

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Perancangan Geometrik

Perencanaan geometrik adalah perencanaan suatu desain baik itu pembangunan jalan, pelebaran jalan, dan peningkatan jalan pada suatu daerah yang permintaan kebutuhan akan aktivitas dan aksesibilitas yang tinggi pada suatu tempat atau pusat kegiatan dalam tujuan memperlancar perpindahan orang, barang dan jasa. Perencanaan geometrik ini juga merupakan bagian dari perencanaan jalan yang di titik beratkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas dan sebagai akses. Yang menjadi dasar geometrik jalan adalah sifat, gerakan, ukuran kendaraan, karakteristik arus lalu lintas dan sifat pengemudi dalam mengendalikan gerakan kendaraannya. Hal – hal tersebut haruslah menjadi bahan pertimbangan perencana sehingga dihasilkan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan yang memenuhi tingkat keamanan dan kenyamanan yang di harapkan (*Sukirman, 1999*).

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 hasil survei lapangan, kemudian dianalisis berdasarkan acuan persyaratan geometrik yang berlaku. Acuan perencanaan yang dimaksud adalah sesuai dengan standar perencanaan geometrik yang di anut di Indonesia (*Saodang, 2010*).

Dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya harus memiliki data perencanaan diantaranya, data lalu lintas, data topografi, data tanah, dan data penunjang lainnya. Semua data tersebut diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya. Data tersebut diperlukan dalam merencanakan konstruksi jalan raya karena data tersebut dapat memberikan gambaran sebenarnya dari kondisi suatu daerah dimana ruas jalan ini akan dibangun. Dengan adanya data

tersebut, kita dapat menentukan geometrik dan tebal perkerasan yang diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya.

2.1.1 Data Lalu Lintas

Data lalu lintas adalah data utama yang diperlukan dalam perencanaan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan digunakan pada suatu segmen jalan yang akan ditinjau. Besarnya volume atau arus lalu lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar jalan pada satu jalur dalam penentuan karakteristik geometrik, sedangkan jenis kendaraan akan menentukan kelas beban atau muatan sumbu terberat yang akan berpengaruh langsung pada perencanaan konstruksi perkerasan (*Saodang, 2004*).

Data arus lalu lintas merupakan informasi dasar bagi perencanaan desain suatu jalan. Data ini dapat mencakup suatu jaringan jalan atau hanya suatu daerah tertentu dengan batasan yang telah ditentukan. Data lalu lintas didapatkan dengan melakukan pendataan kendaraan atau survei kendaraan yang melintasi suatu ruas jalan, sehingga dari hasil pendataan ini kita dapat mengetahui volume lalu lintas yang melintasi jalan tersebut. Data volume lalu lintas diperoleh dalam satuan kendaraan per jam (kendaraan/jam).

Untuk volume lalu lintas ini, harus diketahui sebelumnya jumlah lalu lintas per hari per tahun serta arah dan tujuan lalu lintas, sehingga diperlukan juga penyelidikan lapangan terhadap semua jenis kendaraan untuk mendapatkan data LHR. Volume lalu lintas menyatakan jumlah lalu lintas per hari dalam satu tahun untuk kedua jurusan yang disebut juga lalu lintas harian rata – rata (LHR). LHR adalah jumlah lalu lintas dalam satu tahun.

Volume lalu lintas dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (SMP) yang didapat dengan mengalikan atau mengonversikan angka faktor ekuivalensi (FE) setiap kendaraan yang melintasi jalan tersebut dengan jumlah kendaraan yang diperoleh dari hasil pendataan (kend/jam). Dengan kata lain dapat disimpulkan juga bahwa LHR dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (SMP).

Satuan mobil penumpang adalah jumlah mobil yang digantikan tempatnya oleh kendaraan lain dalam kondisi jalan, lalu lintas, dan pengawasan yang berlaku. LHR ini memerlukan penyelidikan lapangan selama 24 jam selama satu tahun dan dilaksanakan tiap tahun dengan mencatat tiap jenis kendaraan. Sifat lalu lintas meliputi lambat dan cepatnya kendaraan bersangkutan, sedangkan komposisi lalu lintas menggambarkan jenis kendaraan yang melaluinya. Dari lalu lintas rata – rata (LHR) yang didapatkan kita dapat merencanakan tebal perkerasan.

Untuk merencanakan teknik jalan baru, survei lalu lintas tidak dapat dilakukan karena belum ada jalan. Akan tetapi untuk menentukan dimensi jalan tersebut diperlukan data jumlah kendaraan. Untuk itu hal yang harus dilakukan sebagai berikut :

- a. Survei perhitungan lalu lintas dilakukan pada jalan yang sudah ada, yang diperkirakan mempunyai bentuk, kondisi, dan keadaan komposisi lalu lintas akan serupa dengan jalan yang direncanakan.
- b. Survei asal tujuan yang dilakukan pada lokasi yang dianggap tepat dengan cara melakukan wawancara kepada pengguna jalan untuk mendapatkan gambaran rencana jumlah dan komposisi pada jalan yang direncanakan.

2.1.2 Data Peta Topografi

Pengukuran peta topografi digunakan untuk mengumpulkan data topografi yang cukup guna menentukan perancangan geometrik jalan. Data peta topografi yang didapat akan digunakan untuk menentukan kecepatan sepanjang ruas jalan yang direncanakan dengan daerahnya.

Disamping itu data peta topografi juga merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan lokasi jalan dan pada umumnya mempengaruhi alinyemen sebagai standar perancangan geometrik seperti kelandaian jalan, jarak pandang, penampang melintang, saluran tepi, dan lain sebagainya. Untuk memperkecil biaya pembangunan jalan maka standar perancangan geometrik perlu sekali disesuaikan dengan topografi dan keadaan fisik serta penggunaan daerah yang dilaluinya. Misalnya keadaan tanah dasar yang kurang baik dapat

memaksa perancang untuk memindahkan trase atau mengadakan timbunan yang tinggi (*elevated highway*) dan hal ini juga dapat terjadi bila terdapat tanah dasar dengan permukaan air tanah yang tinggi. Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan rencana dengan mengadakan tambahan dan pengukuran detail pada tempat – tempat persilangan dengan sungai atau jalan lain, sehingga didapatkannya trase jalan yang sesuai dengan standar Berdasarkan hal ini jenis medan dibagi menjadi tiga golongan umum berdasarkan besarnya kelerengan melintang dalam arah kurang lebih tegak lurus sumbu jalan, dapat dilihat pada tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1 Klasifikasi Medan dan Besarnya Kelerengan Melintang

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

(Sumber : *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Dirjen Bina Marga, 1997*)

Pekerjaan pengukuran terdiri dari beberapa kegiatan berikut :

- a. Pekerjaan perintisan berupa merintis atau membuka sebagian daerah yang akan diukur sehingga pengukuran dapat berjalan dengan lancar.
- b. Kegiatan pengukuran meliputi :
 - 1) Penentuan titik – titik kontrol vertikal dan horizontal yang dipasang setiap interval 100 meter pada rencana as jalan.
 - 2) Pengukuran penampang melintang dan penampang memanjang.
 - 3) Pengukuran situasi pada bagian kiri dan kanan dari jalan.
 - 4) Perhitungan perancangan desain jalan dan penggambaran peta topografi berdasarkan titik – titik koordinat kontrol diatas.

2.1.3 Data Penyelidikan Tanah

Data penyelidikan tanah di dapat dengan cara melakukan penyelidikan tanah di lapangan, meliputi pekerjaan :

a. Penelitian

Penelitian data tanah yang terdiri dari sifat – sifat indeks, klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*) dan AASHTO (*The American Assosiation of State Highway and Transportation*), pemadatan dan nilai CBR (*California Bearing Ratio*). Pengambilan data dilapangan dilakukan sepanjang ruas jalan rencana dengan interval 100 meter dengan menggunakan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*). Hasil tes DCP ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampilkan hasil nilai dengan dua cara yaitu dengan cara analitis dan grafis.

1) Cara analitis

Adapun rumus yang digunakan pada analitis adalah :

$$\text{CBR segmen} = \frac{(\text{CBRrata} - \text{CBRmin})}{R} \dots\dots\dots (2.1)$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam satu segmen. Nilai R untuk perhitungan segmen diberikan pada tabel 2.2 di bawah ini :

Tabel 2.2 Nilai R Untuk Perhitungan Segmen

Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,57
7	2,83
8	2,97
9	3,08
> 10	3,18

(Sumber : Silvia Sukirman, *Pekerasan Lentur Jalan Raya*, 1999)

2) Cara Grafis

Prosedur secara grafis adalah sebagai berikut :

- (a) Tentukan nilai CBR terendah.

- (b) Tentukan berapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing – masing nilai CBR, kemudian disusun tabelaris, mulai dari yang terkecil sampai ke yang terbesar.
- (c) Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain merupakan persentase dari 100%.
- (d) Dibuat grafik hubungan antara harga dengan persentase tadi.
- (e) Nilai segmen adalah nilai pada keadaan 90%.

b. Analisa

Membakukan analisa pada contoh tanah yang terganggu dan tidak terganggu juga dilakukan terhadap bahan konstruksi dengan menggunakan ketentuan ASTM dan AASHTO maupun standar lain yang berlaku di Indonesia.

c. Pengujian Laboratorium

Uji bahan konstruksi dilakukan untuk mendapatkan :

- 1) Sifat – sifat indeks (*Index Properties*) yaitu meliputi Gs (*Specific Gravity*), Wn (*Water Natural Content*), γ (Berat Isi), e (*Void Ratio/Angka Pori*), n (Porositas), Sr (Derajat Kejenuhan).
- 2) Klasifikasi USCS dan AASHTO
 - (a) Analisa ukuran butir (*Grain Size Analysis*)
 - (1) Analisa saringan (*Sieve Analysis*)
 - (2) Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)
 - (b) Batas – batas Atterberg (*Atterberg Limits*)
 - (1) *Liquid Limit* (LL) = Batas Cair
 - (2) *Plastic Limit* (PL) = Batas Plastis
 - (3) $IP = LL - PL$
 - (c) Pemadatan : γ_d maks dan wopt
 - (1) Pemadatan standar/*proctor*.
 - (2) Pemadatan Modifikasi.
 - (3) Dilapangan dicek *sandcone* $\pm 100\%$ γ_d maks.

(d) CBR laboratorium (CBR rencana), berdasarkan pemadatan γ_d maks dan w_{opt} .

CBR Lapangan : DCP \rightarrow Lapangan

2.1.4 Data Penyelidikan Material

Data penyelidikan material dilakukan dengan melakukan penyelidikan material, meliputi pekerjaan sebagai berikut :

- a. Mengadakan penelitian terhadap semua data material yang ada selanjutnya melakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut yang akan dilakukan berdasarkan survei langsung dilapangan maupun dengan pemeriksaan di laboratorium.
- b. Penyelidikan lokasi sumber material yang ada beserta perkiraan jumlahnya untuk pekerjaan – pekerjaan penimbunan pada jalan dan jembatan serta bangunan pelengkap jalan.

Pengidentifikasian material secara visual yang dilakukan oleh teknisi tanah dilapangan hanya berdasarkan gradasi butiran dan karakteristik keplastisannya saja yaitu :

- a. Tanah berbutir kasar
Tanah termasuk dalam kelompok ini adalah pasir dan kerikil.
- b. Tanah berbutir halus
Dilapangan tanah kelompok ini sudah dibedakan secara visual antara lempung dan lanau, kecuali dengan perkiraan karakteristik plastisnya (*Hendarsin, 2000*).

2.1.5 Data – Data Penunjang Lainnya

Data – data lain selain dari data diatas yang perlu diperhatikan adalah data tentang drainase. Peninjauan drainase meliputi data meteorologi dan geofisika untuk kebutuhan analisis data dari stasiun yang terletak pada daerah tangkapan. Tetapi pada daerah tangkapan tidak memiliki data curah hujan, maka dapat

dipakai data dari stasiun di luar daerah tangkapan yang dianggap masih dapat mewakili.

Selain itu data penunjang lain yaitu peta topografi, sumbu jalan rencana diplotkan pada peta dasar (peta topografi atau peta rupa bumi), sehingga gambaran topografi daerah yang akan dilalui rute jalan dapat dipelajari. Peta ini juga digunakan untuk memperkirakan luas daerah tangkapan pada sistem sungai sepanjang trase jalan rencana (*Hendarsin, 2000*).

2.2 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan merupakan aspek penting yang pertama kali harus diidentifikasi sebelum melakukan perancangan jalan. Karena kriteria desain suatu rencana jalan yang ditentukan dari standar desain ditentukan oleh klasifikasi jalan rencana. Pada prinsipnya klasifikasi jalan dalam standar desain (baik untuk jalan dalam kota maupun jalan luar kota) didasarkan kepada klasifikasi jalan menurut Undang – Undang dan Peraturan Pemerintah yang berlaku.

2.2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi Jalan

Klasifikasi berdasarkan Undang – Undang Nomor 38 Tahun 2004 mengenai jalan dapat dilihat dibawah ini :

a. Jalan Arteri

Jalan arteri primer adalah ruas jalan yang menghubungkan antar kota jenjang kesatu yang berdampingan atau menghubungkan kota jenjang kesatu dengan kota jenjang kedua. Jika ditinjau dari peranan jalan itu sendiri, ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi oleh jalan arteri primer, yaitu :

- 1) Kecepatan rencana ≥ 60 km/jam.
- 2) Lebar badan jalan ≥ 8 meter
- 3) Kapasitas jalan lebih besar dari besar volume lalu lintas rata – rata.
- 4) Jalan masuk dibatasi secara efisien sehingga kecepatan rencana dan kapasitas jalan dapat tercapai.

5) Tidak boleh terganggu oleh kegiatan lokal, lalu lintas lokal.

6) Jalan primer tidak terputus walaupun memasuki kota.

Jalan arteri sekunder adalah ruas jalan yang menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu atau menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder lainnya atau kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua. Jalan ini memiliki peranan sebagai pelayanan jasa distribusi untuk masyarakat dalam kota dan di daerah perkotaan jalan ini juga disebut jalan protokol. Jika ditinjau dari peranan jalan, maka persyaratan yang harus dipenuhi oleh jalan arteri sekunder adalah :

- 1) Kecepatan rencana ≥ 30 km/jam.
- 2) Lebar jalan ≥ 8 meter.
- 3) Kapasitas jalan lebih besar atau sama dari volume lalu lintas rata – rata.
- 4) Tidak boleh diganggu oleh lalu lintas lambat.

b. Jalan Kolektor

Jalan kolektor primer adalah ruas jalan yang menghubungkan antar kota jenjang kesatu dengan kota jenjang kedua, atau kota jenjang kesatu dengan kota jenjang ketiga. Jika ditinjau dari peranan jalan, maka persyaratan yang harus dipenuhi oleh jalan kolektor primer adalah :

- 1) Kecepatan rencana ≥ 40 km/jam.
- 2) Lebar badan jalan ≥ 7 meter.
- 3) Kapasitas jalan lebih besar atau sama dengan volume lalu lintas rata – rata.
- 4) Jalan masuk dibatasi secara efisien sehingga kecepatan rencana dan kapasitas jalan tidak terganggu.
- 5) Tidak boleh terganggu oleh kegiatan lokal, lalu lintas lokal.
- 6) Jalan kolektor primer tidak terputus walaupun memasuki daerah kota.

Jalan kolektor sekunder adalah ruas yang menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga. Jika ditinjau dari

peranan jalan, maka persyaratan yang harus dipenuhi oleh jalan kolektor sekunder adalah :

- 1) Kecepatan rencana ≥ 20 km/jam.
- 2) Lebar jalan ≥ 7 meter.

c. Jalan Lokal

Jalan lokal primer adalah ruas jalan yang menghubungkan kota jenjang kesatu dengan persil, kota jenjang kedua dengan persil, kota jenjang ketiga dengan kota jenjang ketiga lainnya, kota jenjang ketiga dengan kota jenjang dibawahnya. Jika ditinjau dari peranan jalan, maka persyaratan yang harus dipenuhi oleh jalan lokal primer adalah :

- 1) Kecepatan rencana ≥ 20 km/jam.
- 2) Lebar jalan ≥ 6 meter.
- 3) Jalan lokal primer tidak terputus walaupun memasuki desa.

Jalan lokal sekunder adalah ruas jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, atau kawasan sekunder kedua dengan perumahan, atau kawasan sekunder ketiga dan seterusnya dengan perumahan. Jika ditinjau dari peranan jalan, maka persyaratan yang harus dipenuhi oleh jalan lokal sekunder adalah :

- 1) Kecepatan rencana ≥ 10 km/jam.
- 2) Lebar jalan ≥ 5 meter.

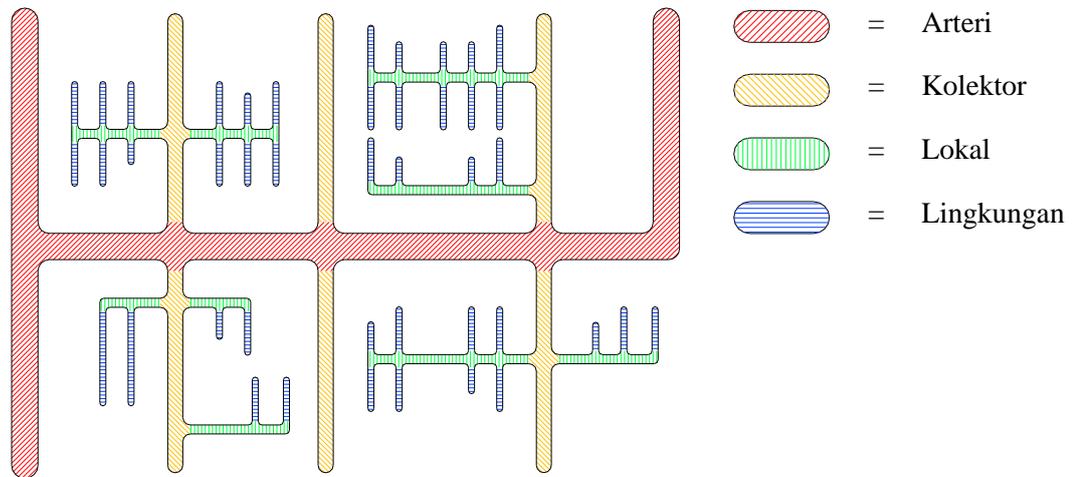
d. Jalan Lingkungan

Jalan lingkungan merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dan hanya dilalui oleh kendaraan – kendaraan kecil. Pembangunan jalan, perbaikan, dan pemeliharaan dapat dilakukan oleh warga sekitar lingkungan dan / atau oleh siapa saja. Adapun ciri – ciri jalan lingkungan seperti pada tabel 2.3 sebagai berikut :

Tabel 2.3 Ciri – Ciri Jalan Lingkungan

Jalan	Ciri – Ciri
Lingkungan	1. Perjalanan jarak dekat
	2. Kecepatan rata – rata rendah

(Sumber : Undang – Undang Nomor 38 Tahun 2004)



Gambar 2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi Jalan

2.2.2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Jalan dikelompokkan dalam beberapa kelas berdasarkan muatan sumbu yang ditetapkan berdasarkan fungsi dan intensitas lalu lintas guna kepentingan pengaturan penggunaan jalan dan daya dukung untuk menerima muatan sumbu terberat. Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton. Muatan sumbu terberat adalah jumlah tekanan maksimum roda terhadap jalan dan ditetapkan untuk mengoptimalkan antara biaya konstruksi dan efisiensi angkutan. Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat pada tabel 2.4 :

Tabel 2.4 Klasifikasi Kelas Jalan dalam MST

No.	Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat (MST) ton
1	Arteri	I	> 10
		II	10
		III A	8
2	Kolektor	III A	8
		III B	8
3	Lokal	III C	-

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Kelas I : Jalan kelas I, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan lebih besar dari 10 ton.

Kelas II : Jalan kelas II, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan adalah 10 ton.

Kelas III A : Jalan kelas III A, yaitu jalan arteri atau kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran tidak melebihi 2500 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan adalah 8 ton.

Kelas III B : Jalan kelas III B, jalan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 12000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan adalah 8 ton.

Kelas III C : Jalan kelas III C, yaitu jalan lokal yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan lebar tidak melebihi 2100 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 9000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan adalah 8 ton.

Dalam penentuan kelas jalan sangat diperlukan adanya data lalu lintas harian rata – rata (LHR), baik itu merupakan data jalan sebelumnya bila jalan yang akan dirancang tersebut merupakan jalan peningkatan, atau merupakan data yang didapat dari jalan sekitar bila jalan yang akan dibuat merupakan jalan baru.

Salah satu penentuannya adalah dengan cara menghitung LHR akhir umur rencana adalah. LHR akhir umur rencana adalah jumlah perkiraan kendaraan dalam satuan mobil penumpang (SMP) yang akan dicapai pada akhir tahun rencana dengan mempertimbangkan perkembangan jumlah kendaraan mulai dan saat merencanakan dan pelaksanaan jalan itu dikerjakan.

Adapun rumus yang akan digunakan dalam menghitung nilai LHR umur rencana yaitu :

$$P_n = P_o + (1 + i)^n \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana : P_n = Jumlah kendaraan pada tahun ke n

P_o = Jumlah kendaraan pada awal tahun

i = Angka pertumbuhan lalu lintas (%)

n = Umur rencana

Setelah didapat nilai LHR yang akan direncanakan dan dikalikan dengan faktor ekuivalensi (FE), maka didapat klasifikasi kelas jalan tersebut. nilai faktor ekuivalensi dapat dilihat pada tabel 2.5 dibawah ini :

Tabel 2.5 Nilai Faktor Ekuivalensi Kendaraan

No.	Jenis Kendaraan	Datar / Perbukitan	Pegunungan
1	Sedan, Jeep, Station Wagon	1,00	1,00
2	Pick-up, Bus Kecil, Truk Kecil	1,20 – 2,40	1,90
3	Bus dan Truk Besar	1,20 – 5,00	2,20 – 6,00

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1997)

Klasifikasi jalan di Indonesia menurut peraturan perencanaan geometrik jalan raya (PPGJR, 1997). Dapat dikelompokkan berdasarkan volume lalu lintas harian rata – rata (VLHR).

Klasifikasi jalan berdasarkan volume lalu lintas harian rata – rata dapat dilihat pada tabel 2.6 :

Tabel 2.6 Klasifikasi Jalan Berdasarkan VLHR

VLHR (SMP/hari)	Faktor – K (%)	Faktor – F (%)
> 50.000	4 – 6	0,90 – 1
30.000 – 50.000	6 – 8	0,80 – 1
10.000 – 30.000	6 – 8	0,80 – 1
5.000 – 10.000	8 – 10	0,60 – 0,80
1.000 – 5.000	10 – 12	0,60 – 0,80
< 1.000	12 - 16	< 0,60

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Kelas jalan sesuai dengan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPGJR 1970) dapat dilihat pada tabel 2.7 :

Tabel 2.7 Klasifikasi Kelas Jalan Berdasarkan LHR dalam Satuan SMP

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 : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

Dalam menghitung besarnya volume lalu lintas untuk keperluan penetapan kelas jalan, kecuali untuk beberapa jenis jalan yang tergolong dalam kelas II C dan III, kendaraan yang tidak bermotor tidak diperhitungkan dan untuk jalan – jalan kelas II A dan I, lalu kendaraan dengan kecepatan rendah (lambat) tidak perlu diperhitungkan.

Khusus untuk perancangan jalan – jalan kelas I sebagai dasar harus digunakan volume lalu lintas pada saat – saat sibuk. Sebagai volume waktu sibuk yang digunakan untuk dasar suatu perencanaan ditetapkan sebesar 15 % dari volume harian rata – rata.

a. Kelas I

Kelas jalan ini mencakup semua jalan utama dan dimaksudkan untuk dapat melayani lalu lintas cepat dan berat. Dalam komposisi lalu lintasnya tidak terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tidak bermotor. Jalan raya dalam kelas ini merupakan jalan – jalan raya yang berjalur banyak dengan konstruksi perkerasan dari jenis yang terbaik dalam arti tingginya tingkatan pelayanan terhadap lalu lintas.

b. Kelas II

Kelas jalan ini mencakup semua jalan – jalan sekunder. Dalam komposisi lalu lintasnya 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.

c. Kelas IIA

Adalah jalan – jalan raya sekunder dua jalur atau lebih dengan konstruksi permukaan jalan dari jenis aspal beton (*hotmix*) atau yang setara, dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat, tetapi tanpa kendaraan yang tidak bermotor.

d. Kelas II B

Adalah jalan – jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan dari penetrasi ganda atau yang setara dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat tetapi tanpa kendaraan tidak bermotor.

e. Kelas II C

Adalah jalan – jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari jenis penetrasi tunggal dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tidak bermotor.

f. Kelas III

Kelas jalan ini mencakup semua jalan – jalan penghubung dan merupakan konstruksi jalan berjalur tunggal atau ganda. konstruksi permukaan jalan yang paling tinggi adalah pelaburan dengan aspal.

2.2.3 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Berdasarkan perhitungan rata – rata dari ketinggian muka tanah lokasi rencana, maka dapat diketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan jalan. Klasifikasi jalan berdasarkan medan jalan dapat dilihat pada tabel 2.8 di bawah ini :

Tabel 2.8 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 : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Dirjen Bina Marga, 1997)

2.3 Kriteria Perancangan Jalan

Dalam perancangan jalan, bentuk geometrik jalan harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal kepada arus lalu lintas sesuai dengan fungsinya. Dalam perancangann geometrik terdapat tiga tujuan utama, yaitu :

- a. Memberikan kemandan dan kenyamanan, seperti jarak pandang, ruang yang cukup bagi manuver kendaraan, dan koefisien gesek permukaan jalan yang cukup.
- b. Menjamin suatu perancangan yang ekonomis.
- c. Memberikan suatu keseragaman geometrik jalan sehubungan dengan jenis medan.

Selain dari pada itu, dalam perencanaan geometrik jalan juga terdapat beberapa parameter perancangan yang harus dipahami seperti kendaraan rencana, kecepatan rencana, volume, dan kapasitas jalan, serta tingkat pelayanan yang diberikan oleh jalan tersebut. Parameter – parameter ini merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan. Berikut adalah parameter kendaraan yang direncanakan dalam perancangan geometrik jalan antara lain :

2.3.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana merupakan kendaraan yang dipakai dimensi dan radius putarnya sebagai acuan dalam perancangan geometrik. Dimensi kendaraan rencana masing – masing kelompok diambil ukuran terbesar untuk mewakili kelompoknya. Kendaraan rencana yang dipilih adalah sebagai dasar perencanaan fungsi jalan, jenis kendaraan dominan yang memakai jalan tersebut, dan pertimbangan biaya. Kendaraan rencana dikelompokkan dalam tiga kategori :

- a. Kendaraan kecil (LV)

Kendaraan bermotor ber as ganda dengan empat roda dengan jarak as 2 – 3 meter (meliputi : mobil penumpang, oplet, mikrobus, *pick up*, dan truk kecil sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga)

b. Kendaraan sedang (MHV)

Kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5 – 5 meter (termasuk bus kecil, truk dua as dengan enam roda, sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga)

c. Kendaraan besar (LB – LT)

1) Bus besar (LB)

Bus dengan dua atau tiga gandar dengan jarak 5 – 6 meter.

2) Truk besar (MC)

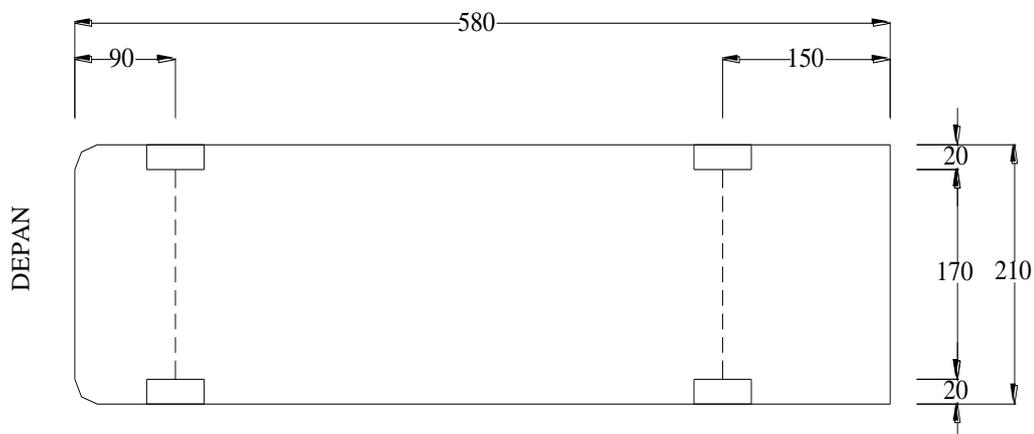
Truk tiga gandar dan truk kombinasi tiga, jarak gandar (gandar pertama dan gandar kedua) < 4,5 (sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga).

Dimensi dasar untuk masing – masing kategori kendaraan rencana ditunjukkan pada tabel 2.9 :

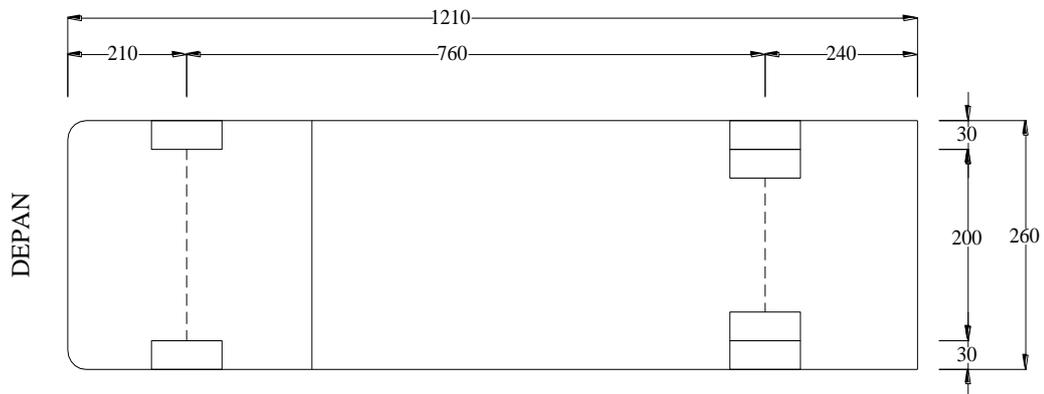
Tabel 2.9 Dimensi Kendaraan Rencana

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	120	90	290	1400	1370

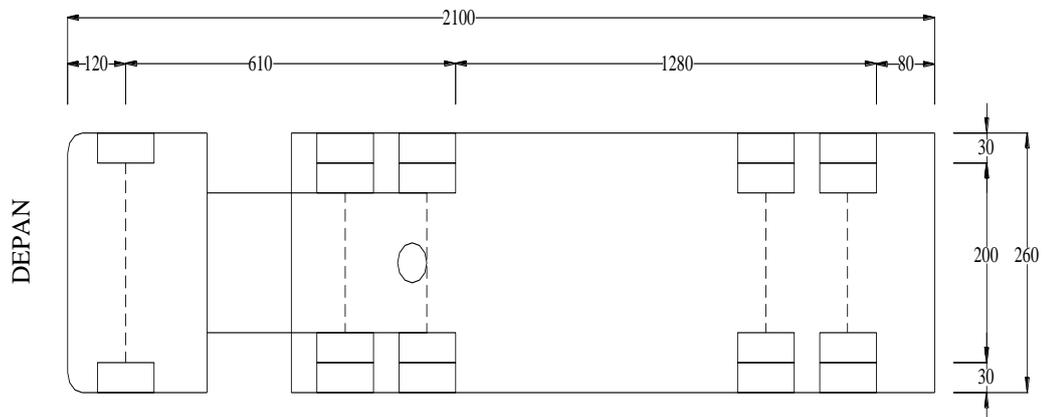
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Dirjen Bina Marga, 1997)



Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Besar

2.3.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana (v_r) pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perancangan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan – kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti. Selain itu kecepatan juga dipilih untuk keperluan perancangan setiap bagian jalan raya seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang, kelandaian jalan, dan lain – lain.

Kecepatan rencana tersebut merupakan kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya tergantung dari bentuk jalan. Untuk kondisi medan yang sulit, kecepatan rencana

suatus segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam. Faktor – faktor yang mempengaruhi besarnya kecepatan rencana antara lain :

- a. Kondisi pengemudi dan kendaraan yang bersangkutan.
- b. Sifat fisik jalan dan keadaan medan sekitarnya.
- c. Sifat dan tingkat penggunaan daerah.
- d. Cuaca.
- e. Adanya gangguan dari kendaraan lain.
- f. Batasan kecepatan yang di izinkan.

Kecepatan rencana ditetapkan berdasarkan klasifikasi jalan dan medan yang akan dilalui, pada medan jalan yang datar kecepatan rencana akan lebih tinggi dari pada kecepatan rencana pada daerah perbukitan ataupun di pegunungan. Persyaratan kecepatan rencana biasanya mengambil angka terendah dengan maksud untuk memberikan kebebasan bagi perancang jalan dalam menetapkan kecepatan rencana yang paling tepat yang disesuaikan dengan kondisi lingkungan agar dicapai kapasitas jalan yang paling optimum. Kecepatan rencana dari masing – masing kendaraan dapat dilihat pada tabel 2.10 :

Tabel 2.10 Kecepatan Rencana (vr) Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Medan Jalan

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana (vr)		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	70 – 120	60 – 80	40 – 70
Kolektor	60 – 90	50 – 60	30 – 50
Lokal	40 – 70	30 - 50	20 – 30

(Sumber : *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Dirjen Bina Marga, 1997*)

2.3.3 Satuan Mobil Penumpang

Satuan mobil penumpang (SMP) adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan dimana mobil penumpang ditetapkan memiliki satu smp atau satuan arus lalu lintas dimana arus dari berbagai tipe kendaraan telah diubah menjadi kendaraan ringan termasuk mobil penumpang dengan menggunakan smp (*Hendarsin, 2000*). SMP untuk jenis kendaraan dapat dilihat pada tabel 2.11 :

Tabel 2.11 Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Jenis Kendaraan	Nilai SMP
Sepeda	0,5
Mobil Penumpang / Sepeda	1,0
Truk Ringan (< 5 ton)	2,0
Truk Sedang (> 5 ton)	2,5
Truk Berat (> 10 ton)	3,0
Bus	3,0
Kendaraan Tidak Bermotor	7,0

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

2.3.4 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas harian rata – rata (VLHR) adalah taksiran atau perkiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam smp/hari.

2.3.5 Tingkat Pelayanan Jalan

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

- a. Tingkat pelayanan A, dengan ciri – ciri :
 - 1) Arus lalu lintas bebas tanpa hambatan.
 - 2) Volume dan kepadatan lalu lintas rendah.
 - 3) Kepadatan kendaraan merupakan pilihan pengemudi.
- b. Tingkat pelayanan B, dengan ciri – ciri :
 - 1) Arus lalu lintas stabil.
 - 2) Kecepatan mulai dipengaruhi oleh kendaraan lalu lintas, tetapi tetap dapat dipilih sesuai kehendak pengemudi.
- c. Tingkat pelayanan C, dengan ciri – ciri :
 - 1) Arus lalu lintas stabil.
 - 2) Kecepatan perjalanan dipengaruhi oleh besarnya volume lalu lintas sehingga pengemudi tidak dapat memilih kecepatannya sendiri.

- d. Tingkat pelayanan D, dengan ciri – ciri :
 - 1) Arus lalu lintas sudah tidak stabil.
 - 2) Volume kira – kira sama dengan kapasitas.
 - 3) Seiring terjadi kemacetan.
- e. Tingkat pelayanan E, dengan ciri – ciri :
 - 1) Arus lalu lintas sudah tidak stabil.
 - 2) Perubahan volume lalu lintas sangat mempengaruhi besarnya kecepatan perjalanan.
- f. Tingkat pelayanan F, dengan ciri – ciri :
 - 1) Arus lalu lintas tertahan pada kecepatan rendah.
 - 2) Sering terjadi kemacetan.
 - 3) Arus lalu lintas rendah.

2.4 Penentuan Trase Jalan

Dalam pembuatan jalan harus ditentukan trase jalan yang harus diterapkan sedemikian rupa, agar dapat memberikan pelayanan yang baik sesuai dengan fungsinya, serta mendapatkan keamanan dan kenyamanan bagi pemakainya. Untuk membuat trase jalan yang baik dan ideal, maka harus memperhatikan syarat – syarat sebagai berikut :

- a. Syarat Ekonomis

Didalam perancangan yang menyangkut syarat – syarat ekonomis sebagai berikut ini :

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

- b. Syarat Teknis

Tujuan dari syarat teknis ini adalah untuk menghasilkan jalan yang dapat memberikan rasa aman dan nyaman bagi pemakai atau pengguna jalan tersebut. Oleh karena itu perlu diperhatikan keadaan topografi pada daerah

tersebut, sehingga dapat dicapai perancangan yang baik sesuai dengan kondisi daerah tersebut.

2.5 Bagian Jalan

Suatu jalan raya terdiri dari bagian – bagian jalan, dimana bagian – bagian jalan tersebut dibedakan berdasarkan :

a. Ruang manfaat jalan (Rumaja)

Ruang manfaat jalan (Rumaja) adalah daerah atau ruang yang meliputi seluruh badan jalan, saluran tepi, dan ambang pengaman. Ruang manfaat jalan hanya diperuntukan bagi median, perkerasan jalan, trotoar, lereng, ambang pengaman, galian dan timbunan, gorong – gorong, perlengkapan jalan, dan bangunan pelengkap lainnya. Ruang manfaat jalan (Rumaja) dibatasi antara lain oleh :

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

b. Ruang milik jalan (Rumija)

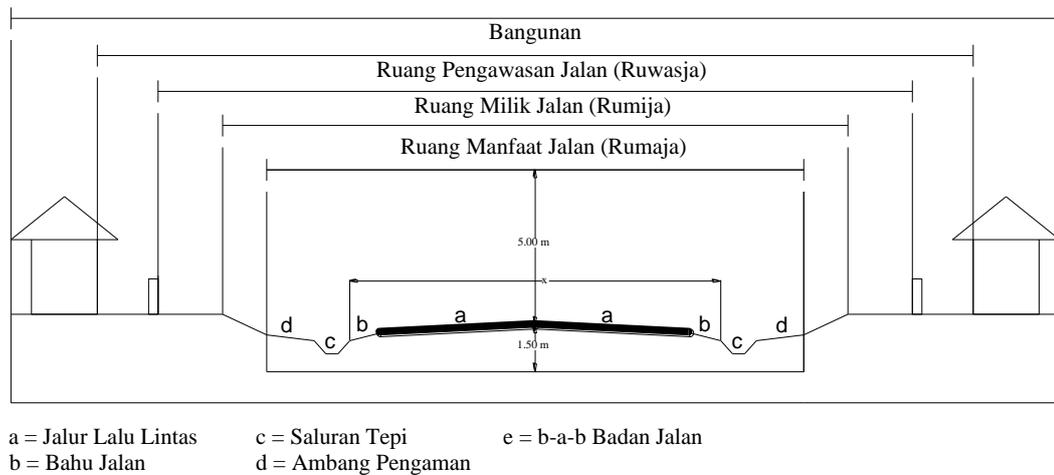
Ruang milik jalan (Rumija) adalah daerah atau ruang yang dibatasi oleh lebar yang sama dengan rumaja di tambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1,5 meter. Rumija diperuntukan bagi rumaja, pelebaran jalan, penambahan jalur lalu lintas di masa mendatang, dan ruangan pengaman jalan.

c. Ruang pengawasan jalan (Ruwasja)

Ruang pengawasan jalan adalah ruang sepanjang jalan diluar rumaja yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu dengan ketentuan sebagai berikut :

- 1) Jalan arterti minimum 20 meter.
- 2) Jalan kolektor minimum 15 meter.
- 3) Jalan lokal minimum 10 meter.

Untuk keselamatan pengguna seperti yang dijelaskan diatas dapat dilihat pada gambar 2.5 dibawah ini :



Gambar 2.5 Bagian – Bagian Jalan

2.6 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung (disebut juga tikungan). Ditinjau secara umum penempatan alinyemen horizontal harus dapat menjamin keselamatan dan kenyamanan bagi pemakai jalan. Untuk itu perlu diperhatikan hal – hal sebagai berikut ini :

- Sebisa mungkin hindari *broken back*, artinya tikungan searah yang hanya dipisah oleh tangen yang sangat pendek yang dapat mengurangi keamanan dan kenyamanan pemakai jalan.
- Pada bagian yang relatif lurus dan panjang jangan sampai tiba – tiba terdapat tikungan tajam yang dapat membahayakan pemakai jalan.
- Apabila tidak terpaksa jangan menggunakan radius minimum, sebab jalan tersebut akan sulit mengikuti perkembangan yang akan terjadi di masa mendatang.
- Apabila terpaksa menghadapi tikungan ganda, maka dalam perancangan harus di usahakan agar jari – jari (R) lebih kecil atau sama dengan jari – jari lengkung kedua (R_2) x 1,5.
- Sebisa mungkin hindarkan lengkung yang berbalik dengan mendadak.
- Hindari lengkung yang tajam pada timbunan yang tinggi.

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 yang dihubungkan dengan garis lengkung. Garis lengkung tersebut terdiri dari busur lingkaran di tambah busur peralihan saja ataupun busur lingkaran saja (*Sukirman, 1999*).

Pada perancangan geometrik jalan terkhusus alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis dari bagian jalan yaitu bagian lurus dan bagian lengkung (tikungan). Dalam perancangan bagian jalan yang lurus perlu 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 vr). Nilai panjang bagian lurus maksimum dapat dilihat pada tabel 2.12. di bawah ini :

Tabel 2.12 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 Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997*)

Pada umumnya ada tiga jenis tikungan yang digunakan pada alinyemen horizontal, yaitu dapat dilihat di bawah ini :

- a. *Full Circle* (FC)
- b. *Spiral – Circle – Spiral* (SCS)
- c. *Spiral – Spiral* (SS)

2.6.1 Penentuan Golongan Medan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Berdasarkan perhitungan rata – rata dari ketinggian muka tanah lokasi rencana yang memiliki keseragaman dengan kondisi medan lokasi, maka dapat diketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan jalan. Klasifikasi golongan medan dapat dilihat pada tabel 2.13 di bawah ini :

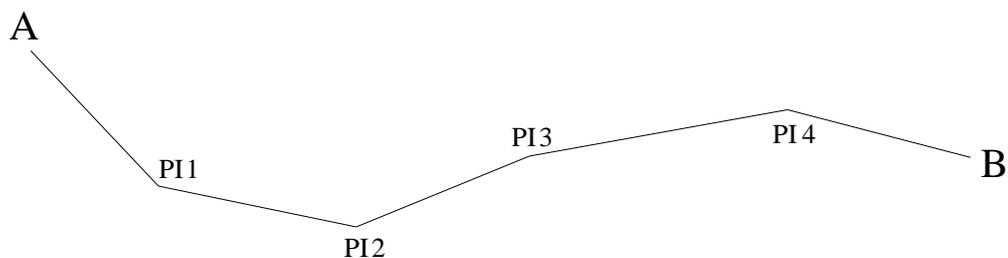
Tabel 2.13 Klasifikasi Golongan Medan

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

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

2.6.2 Menentukan Koordinat dan Jarak

Penentuan titik – titik penting yang diperoleh dari pemilihan rencana alinyemen horizontal. Gambar koodinat dapat dilihat pada gambar 2.6 di bawah ini :



Gambar 2.6 Koordinat dan Jarak

Titik penting yang perlu ditentukan koordinatnya adalah :

- Titik awal proyek dengan simbol A.
- Titik PI 1, PI 2,, PI n sebagai titik potong (*Point of Intersection*) dari dua bagian lurus rencana alinyemen horizontal.
- Titik akhir proyek dengan simbol B.

Jarak yang dihitung setelah penentuan koordinat adalah :

d 1 = Jarak titik A ke titik PI 1.

d 2 = Jarak titik PI 1 ke titik PI 2.

d 3 = Jarak titik PI 2 ke titik PI 3.

d 4 = Jarak titik PI 3 ke titik B.

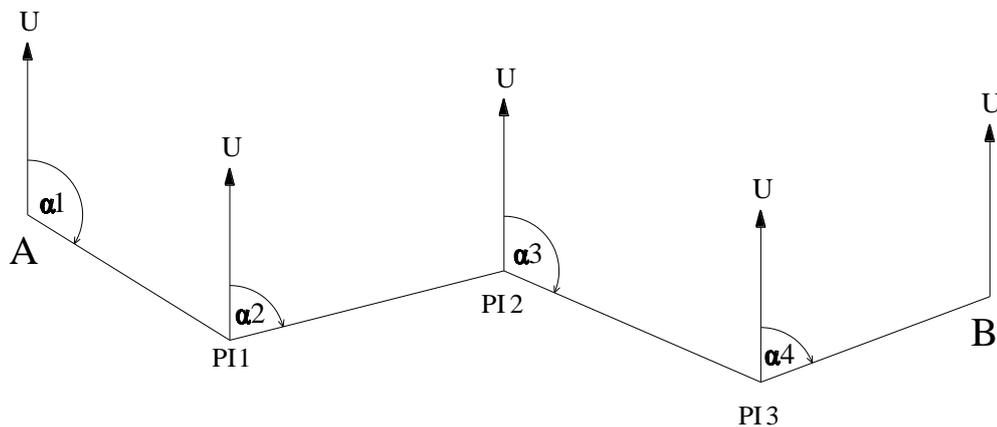
Rumus yang dipakai untuk menghitung jarak adalah :

$$d = \sqrt{(X1 - X2)^2 + (Y1 - Y2)^2} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana : d = Jarak titik A ke titik PI 1
 X_1 = Koordinat titik A pada sumbu X
 X_2 = Koordinat titik PI 1 pada sumbu X
 Y_1 = Koordinat titik A pada sumbu Y
 Y_2 = Koordinat titik PI 1 pada sumbu Y

2.6.3 Menentukan Sudut Jurusan (α) dan Sudut *Bearing* (Δ)

Sudut jurusan (α) ditentukan berdasarkan arah utara. Sudut jurusan suatu sisi dihitung dari sumbu $y+$ (arah utara) lalu berputar searah jarum jam menuju sisi yang lain. Gambar sudut jurusan dapat dilihat pada gambar 2.7 di bawah ini :



Gambar 2.7 Sudut α

$$\alpha_1 = \alpha (A - PI 1)$$

$$\alpha_2 = \alpha (PI 1 - PI 2)$$

$$\alpha_3 = \alpha (PI 2 - PI 3)$$

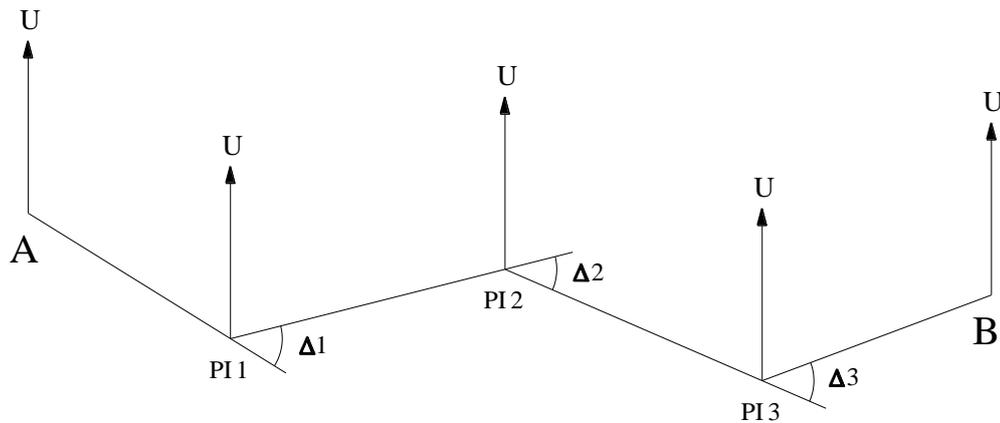
$$\alpha_4 = \alpha (PI 4 - B)$$

Sudut jurusan (α) dihitung dengan rumus :

$$\alpha = \text{arc tg} \frac{(X_{PI1} - X_A)}{(Y_{PI1} - Y_A)} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\alpha = 90 - \text{arc tg} \frac{(Y_{PI1} - Y_A)}{(X_{PI1} - X_A)} \dots\dots\dots (2.5)$$

Sudut (Δ) diperlukan dalam menentukan jenis tikungan yang akan digunakan pada suatu trse jalan. Gambar sudut bearing dapat dilihat pada gambar 2.8 dibawah ini :

Gambar 2.8 Sudut Δ

$$\Delta 1 = (\alpha 1 - \alpha 2)$$

$$\Delta 2 = (\alpha 2 - \alpha 3)$$

$$\Delta 3 = (\alpha 3 - \alpha 4)$$

2.6.4 Tikungan

Bagian yang sangat kritis pada alinyemen horizontal adalah bagian tikungan, dimana terdapat gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Gaya sentrifugal ini mendorong kendaraan secara radial keluar jalur. Atas dasar ini maka perancangan tikungan diperlukan agar dapat memberikan keamanan dan kenyamanan perlu mempertimbangkan hal – hal sebagai berikut :

a. Jari – jari lengkung minimum

Agar kendaraan stabil saat melalui tikungan, maka perlu dibuat suatu kemiringan yang ada pada sisi melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi (e). Pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi tersebut, maka akan terjadi gaya gesekan antara arah melintang jalan antara ban kendaraan dengan permukaan jalan yang menimbulkan gaya gesekan ke arah melintang. Perbandingan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang (f). Untuk pertimbangan perencanaan jari – jari minimum untuk berbagai variasi kecepatan dapat dilihat pada tabel 2.14 :

Tabel 2.14 Panjang Jari – Jari Minimum untuk e maks = 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 Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)

b. Jenis – jenis tikungan

Didalam suatu perancangan garis lengkung, maka perlu diketahui hubungan antara kecepatan rencana dengan kemiringan melintang jalan (superelevasi) karena garis lengkung yang direncanakan harus bisa mengurangi gaya sentrifugal (gaya terpengantol ke arah luar jalan) secara berangsur – angsur mulai dari nol sampai nol kembali. Bentuk tikungan dalam perancangan tersebut adalah :

1) 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 perancangan tikungan dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan raya, dalam merancang tikungan harus memperhatikan hal – hal sebagai berikut :

(a) Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan adalah lengkung yang disisipkan di antara bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan yang memiliki jari – jari tetap (R), hal tersebut berfungsi untuk mengantisipasi perubahan alinyemen jalan dari bentuk lurus (R tidak terhingga) sampai ke bentuk bagian lengkung jalan yang memiliki jari – jari tetap (R) sehingga gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan saat berjalan di tikungan berubah secara berangsur – angsur, baik ketika kendaraan mendekati tikungan maupun meninggalkan tikungan. Bentuk lengkung peralihan dapat berupa parabola atau spiral (*clothoid*).

Panjang lengkung peralihan (L_s') ditetapkan atas pertimbangan bahwa :

- (1) Lama waktu perjalanan di lengkung peralihan perlu dibatasi untuk menghindari kesan perubahan alinyemen yang mendadak, ditetapkan 3 detik
- (2) Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan dapat diantisipasi berangsur – angsur pada lengkung peralihan dengan aman.
- (3) Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan (re) dari bentuk kelandaian normal kelandaian superelevasi penuh tidak boleh melampaui re maks yang di tetapkan sebagai berikut :
 - Untuk $v_r \leq 70$ km/jam, re maks = 0,035 m/s
 - Untuk $v_r \leq 80$ km/jam, re maks = 0,025 m/s
- (4) L_s' ditentukan dari tiga rumus di bawah ini dan di ambil nilai terbesar :

- Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan :

$$L_s' = (v_r / 3,6) \times T \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana : T = Waktu tempuh (3 detik)

v_r = Kecepatan rencana (km/jam)

- Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal :

$$L_s' = 0,22 (v_r^3 / R.C) - 2,727 (v_r.e/C) \dots\dots(2.7)$$

- Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s' = ((e_m - e_n) / 3,6 \times re) \times v_r \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana : v_r = Kecepatan rencana (km/jam)

e_m = superelevasi maksimum

e_n = super elevasi normal

re = tingkat kemiringan melintang

(b) Kemiringan Melintang

Kemiringan melintang atau kelandaian pada penampang jalan diantara tepi perkerasan luar dan sumbu jalan sepanjang lengkung peralihan disebut landai relatif. Pencapaian tikungan jenis *full circle* untuk dapat menggambarkan pencapaian kemiringan dari lereng normal ke kemiringan penuh, kita harus hitung dulu lengkung peralihan fiktif (L_s'). Adapun L_s' dihitung berdasarkan landai relatif maksimum dan L_s' dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$L_s' = (e + en) \cdot B \cdot 1/m \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana : $1/m$ = Landai relatif (%)

e = Superelevasi (%)

en = Kemiringan melintang normal (%)

B = Lebar jalan (m)

(c) Kebebasan Samping

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang atau daerah untuk menjamin kebebasan pandangan pengemudi kendaraan dari halangan benda – benda di sisi jalan (daerah bebas samping). Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan pada saat pengemudi kendaraan berada di tikungan dengan membebaskan obyek – obyek penghalang sejauh M (m), diukur dari garis tengah jalur dalam sampai obyek penghalang pandangan, sehingga persyaratan J_h dipenuhi. Daerah bebas samping tikungan di hitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

(1) Berdasarkan jarak pandang henti :

$$M = R (1 - \cos \theta) \dots\dots\dots (2.10)$$

(2) Berdasarkan jarak pandang mendahului :

$$M = R (1 - \cos \theta) + 0,5(S - L)\sin \theta \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

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

θ = Setengah sudut pusat sepanjang L (°)

R = Radius sumbu lajur sebelah dalam (m)

S = Jarak pandangan (m)

L = Panjang tikungan (m)

Jenis tikungan *full circle* ini merupakan jenis tikungan yang paling ideal ditinjau dari segi keamanan dan kenyamanan pengendara dan kendaraannya, namun apabila ditinjau dari penggunaan lahan dan biaya pembangunannya yang relatif terbatas, jenis tikungan ini merupakan pilihan yang sangat mahal. Adapun batasan dimana dibolehkan menggunakan *full circle* adalah sebagai berikut sesuai tabel 2.15 :

Tabel 2.15 Jari – Jari Minimum yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

v (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jari – Jari Minimum (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60

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

Untuk tikungan yang jari – jarinya lebih kecil dari harga di atas, maka alternatif bentuk tikungan yang dipakai adalah *spiral circle spiral*. Rumus – rumus yang digunakan pada tikungan *full circle* yaitu :

$$R_{\min} = \frac{v^2}{127 (e_{maks} + f_m)} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$D_{maks} = \frac{1432.4}{R_{min}} ; D = \frac{1432.4}{R} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$e = - \frac{e_{maks}}{D^2 maks} D^2 + \frac{2 e_{maks}}{D maks} D \dots\dots\dots (2.14)$$

$$Ls' = (e + en) \cdot \frac{1}{2} \cdot B \cdot m \dots\dots\dots (2.15)$$

$$Ls' = 0,022 \cdot \frac{v^3}{R \cdot c} - 2,727 \cdot \frac{v \cdot e}{c} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$Tc = R \tan \frac{1}{2} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$E_c = T \tan \frac{1}{4} \Delta \text{ (m)} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$L_c = \frac{\pi}{180} \Delta R \text{ (m)} \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana :

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen

R = Jari – jari

T_c = Jarak TC ke PI

E_c = Jarak PI ke busur lingkaran

L_c = Panjang busur lingkaran

L_s' = Lengkung peralihan fiktif

D = Derajat lengkung

v = Kecepatan

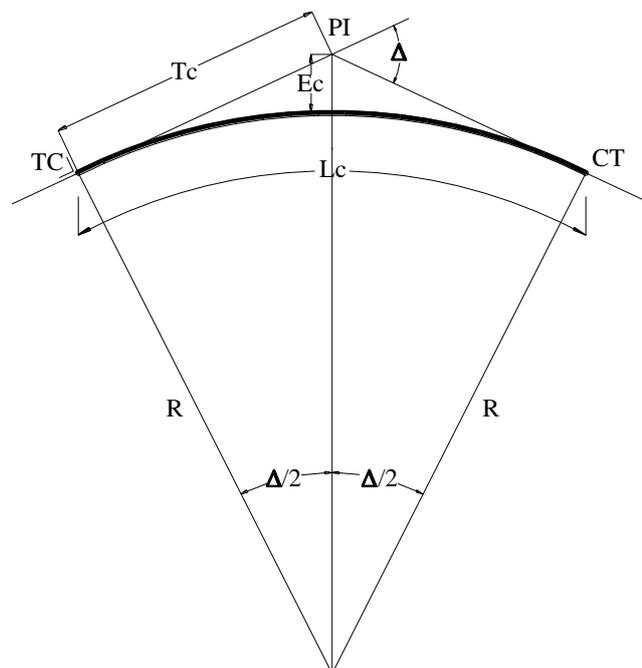
B = Lebar jalan

C = Perubahan Percepatan

f_m = Koefisien gesekan melintang = $0,19 - 0,000625 V$

m = Landai relatif = $2 V + 40$

Komponen – komponen tikungan *full circle* dapat dilihat pada gambar 2.9 dibawah ini :



Gambar 2.9 Tikungan *Full Circle*

2) Tikungan *Spiral – Circle – Spiral* (SCS)

Spiral – circle – spiral adalah salah satu jenis tikungan dari ketiga jenis tikungan yang ada pada alinyemen horizontal. Tikungan ini pada bagian lurus ke *circle* panjangnya diperhitungkan dengan melihat perubahan gaya sentrifugal dari nol sampai ada nilai gaya sentrifugal. Jenis alinyemen horizontal ini sering dipakai dalam perancangan 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 di ambil untuk tikungan *spiral – circle – spiral* ini haruslah sesuai dengan kecepatan dan tidak mengakibatkan adanya kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang di tentukan, yaitu :

(a) Kemiringan maksimum antar jalan kota = 0,10

(b) Kemiringan maksimum jalan dalam kota = 0,08

Jari – jari lengkung maksimum untuk setiap kecepatan rencana ditentukan berdasarkan :

(a) Kemiringan tikungan maksimum.

(b) Koefisien gesekan melintang maksimum.

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 :

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} T \text{ (m)} \dots\dots\dots (2.20)$$

(b) Berdasarkanantisipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus *modifikasi shortt*, sebagai berikut :

$$L_s = 0,022 \frac{V^3}{Rc.C} T - 2,727 \frac{V_R - e}{C} \dots\dots\dots (2.21)$$

(c) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian :

$$L_s = \frac{(em-en)}{3,6 re} v_r (m) \dots\dots\dots (2.22)$$

Dimana : T = Waktu tempuh (3 detik)

Rc = Jari – jari busur lingkaran (m)

C = Perubahan kecepatan 0,3 – 1,0 m/s

re = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan

Untuk $V \leq 70$ km/jam, $re = 0,035$ m/s

Untuk $V_R \geq 80$ km/jam, $re = 0,025$ m/s

Rumus – rumus yang berlaku dalam perancangan tikungan *spiral – circle – spiral* ini adalah :

$$R_{min} = \frac{v^2}{127 (e + fm)} \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana : R = Jari – jari lengkung minimum (m)

e = Kemiringan tikungan (%)

fm = Koefisien gesek melintang maksimum

V = Kecepatan rencana (km/jam)

Adapun harga fm tiap kecepatan seperti tercantum pada tabel 2.16 dibawah ini :

Tabel 2.16 Harga fm

V	30	40	60	80	100	120
fm	0,17125	0,1650	0,1525	0,1400	0,1275	0,115

(Sumber : Geometrik Jalan, Hamirhan Saodang, 2004)

$$D_{max} = \frac{1432.4}{R_{min}} ; D = \frac{1432.4}{R} \dots\dots\dots (2.24)$$

$$e = - \frac{e maks}{D^2 maks} D^2 + \frac{2 e maks}{D maks} D \dots\dots\dots (2.25)$$

$$T_s = (R + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots\dots\dots (2.26)$$

$$E_s = \frac{R+P}{\cos^2 \frac{1}{2} \Delta} - R \dots\dots\dots (2.27)$$

$$L_{tot} = L_c + 2 L_s (m) \dots\dots\dots (2.28)$$

$$L_c = \frac{\Delta}{360} 2 \pi R \dots\dots\dots (2.29)$$

$$2\theta_s = \frac{L_s}{2\pi R} 360 (^{\circ}) \dots\dots\dots (2.30)$$

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_s (^{\circ}) \dots\dots\dots (2.31)$$

$$p = Y_s - R (1 - \cos \theta_s) \text{ (m)} \dots\dots\dots (2.32)$$

$$k = X_s - R \sin \theta_s \text{ (m)} \dots\dots\dots (2.33)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 R} \text{ (m)} \dots\dots\dots (2.34)$$

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40R^2}\right) \text{ (m)} \dots\dots\dots (2.35)$$

Keterangan :

X_s = Absis titik SC pada garis tan, jarak dari TS - SC

Y_s = Ordinat titik SC pada titik tegak lurus garis tan

L_s = Panjang lengkung peralihan

L_c = Panjang busur lingkaran (SC – CS)

T_s = Jarak dari PI ke spiral

E_s = Jarak dari PI ke lingkaran

R_c = Jari – jari lingkaran

p = Pergeseran tangen terhadap spiral

k = Absis dari p pada garis tangen spiral

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen

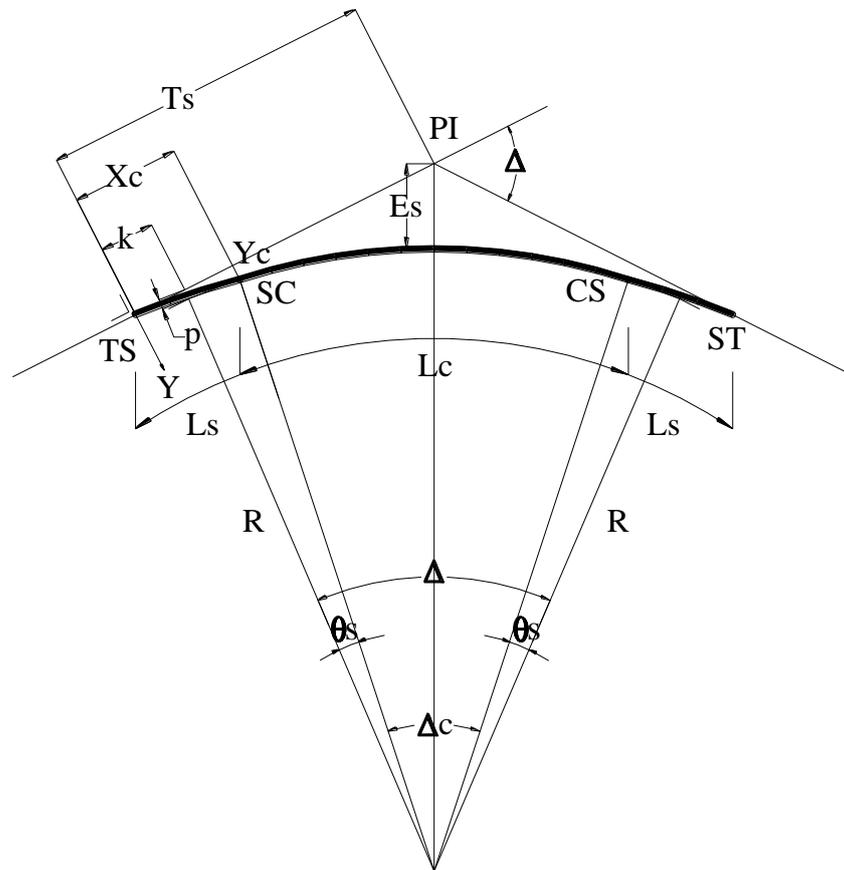
θ_s = Sudut lengkung spiral

Kontrol :

Jika diperoleh $L_c < 20$ meter, maka sebaiknya tidak digunakan untuk tikungan jenis *spiral – circle – spiral*, tetapi gunakan lengkung dari tikungan jenis *spiral – spiral*, yaitu lengkung yang terdiri dari dua buah lengkung peralihan. Jika p yang di hitung dengan rumus :

$$p = \frac{L_s^2}{24 R_c} < 0,25, \text{ maka digunakan tikungan jenis FC}$$

Bentuk tikungan *spiral – circle – spiral* dapat dilihat pada gambar 2.10 di bawah ini :



Gambar 2.10 Tikungan *Spiral Circle Spiral*

3) 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 berhimpit dengan titik CS. Adapun semua rumus dan aturannya adalah sebagai berikut :

$$L_s = \frac{\theta_s}{28.648} R_c \text{ (m)} \dots\dots\dots (2.36)$$

$$T_s = (R + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \text{ (m)} \dots\dots\dots (2.37)$$

$$E_s = \frac{R+P}{\cos^2 \frac{1}{2} \Delta} - R \dots\dots\dots (2.38)$$

$$L = 2 L_s \text{ (m)} \dots\dots\dots (2.39)$$

$$k = k^* L_s \dots\dots\dots (2.40)$$

$$p = p^* L_s \dots\dots\dots (2.41)$$

Keterangan :

Es = Jarak dari PI ke busur lingkaran

Ts = Panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST

Rc = Jari – jari lingkaran

k = Absis dari p pada garis tangen spiral

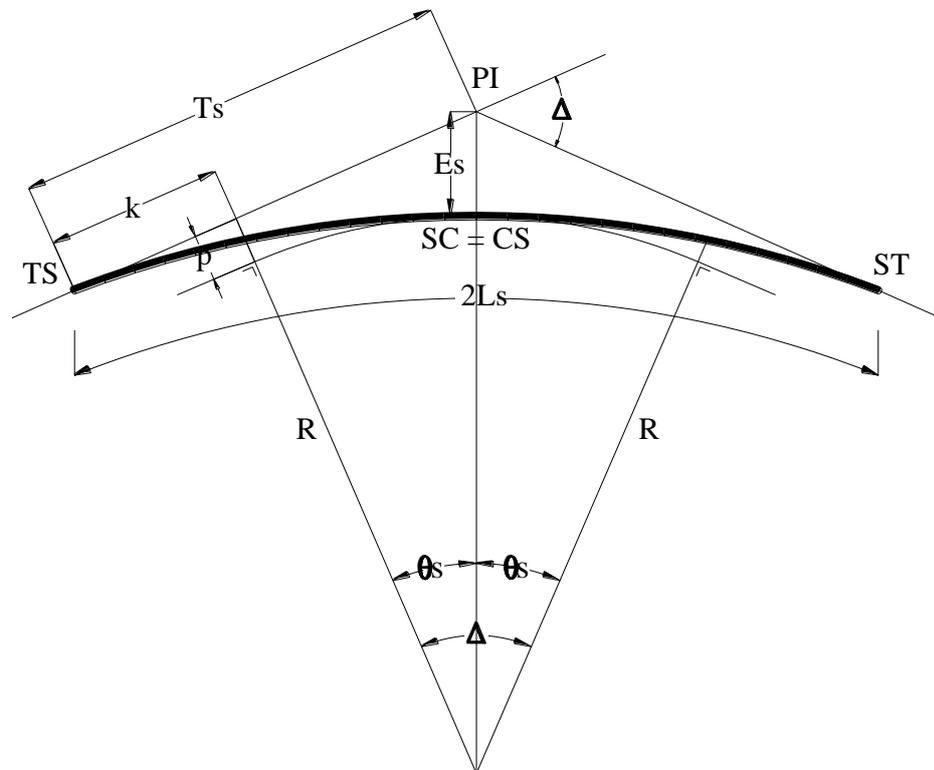
p = Pergeseran tangen terhadap spiral

Tabel untuk menentukan nilai p dan k dapat dilihat pada tabel 2.17 di bawah ini :

Tabel 2.17 Nilai p dan k

qs (°)	p*	k*	qs (°)	p*	k*	qs (°)	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	0,4957934
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	0,4999970	18,0	0,0268238	0,4983146	31,5	0,0492422	0,4945845
5,0	0,0072860	0,4999728	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	0,0102191	0,4997503	205	0,0307662	0,4977983	34,0	0,0537536	0,4936187
7,5	0,0109550	0,4997132	21,0	0,0315644	0,4976861	34,5	0,0546719	0,4934141
8,0	0,0116922	0,4997350	21,5	0,0323661	0,4975708	35,0	0,0555957	0,4932057
8,5	0,0124307	0,4993120	22,0	0,0331713	0,4974525	35,5	0,0562500	0,4929933
9,0	0,0131706	0,4995892	22,5	0,0339801	0,4973311	36,0	0,0574601	0,4927769
9,5	0,0139121	0,4998387	23,0	0,0347926	0,4972065	36,5	0,0584008	0,4925566
10,0	0,0146551	0,4994884	23,5	0,0356088	0,4970788	37,0	0,0593473	0,4923322
10,5	0,0153997	0,4994356	24,0	0,0364288	0,4969479	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	0,4965360	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 : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1997)



Gambar 2.11 Tikungan *Spiral – Spiral*

2.6.5 Kemiringan Melintang

Pada jalan lurus kendaraan banyak bergerak tanpa membutuhkan kemiringan melintang jalan. Namun demikian agar air hujan jatuh menimpa permukaan perkerasan jalan cepat mengalir kesamping dan masuk kedalam saluran samping, maka dibuatkan jalan dengan kemiringan melintang yang disebut dengan kemiringan normal. Besarnya kemiringan melintang normal jalan sangat tergantung kepada jenis lapis permukaan jalan yang digunakan. Semakin kedap air permukaan jalan tersebut, maka kemiringan melintang jalan akan dibuat semakin landai, sebaiknya jenis lapis permukaan jalan yang mudah dirembesi oleh air, harus mempunyai kemiringan melintang jalan yang cukup besar, sehingga kerusakan konstruksi perkerasan jalan dapat dihindari. Besar kemiringan jalan (e_n) berkisar antara (2 - 4)%. Bentuk kemiringan normal jalan pada jalan dengan 2 jalur 2 arah, umumnya berbentuk *crow*n, dan pada jalan mempunyai median, kemiringan melintang dibuat untuk masing-masing jalur.

2.6.6 Menentukan *Stationing*

Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perancangan adalah dengan memberi nomor pada interval – interval tertentu dari awal sampai akhir proyek. Nomor jalan (STA) dibutuhkan sebagai informasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang ditinjau dan sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perancangan. Adapun interval untuk masing – masing penomoran adalah sebagai berikut :

- a. Setiap 100 m, untuk daerah datar.
- b. Setiap 50 m, untuk daerah bukit.
- c. Setiap 25 m, untuk daerah gunung.

2.6.7 Superelevasi

Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan-kemiringan jalan pada bagian tertentu, yang berfungsi untuk mempermudah dalam pekerjaan atau pelaksanaannya dilapangan. Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan normal (*en*) pada jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (*e maks*) pada bagian lengkung.

Pada tikungan *Full Circle* (FC) karena lengkungnya hanya berbentuk busur lingkaran saja, maka pencapaian superelevasinya dilakukan sebagian pada jalan lurus sebagian lagi pada bagian lengkung. Karena bagian lengkung peralihan itu sendiri tidak ada, maka panjang daerah pencapaian kemiringan disebut sebagai panjang peralihan fiktif (*Ls'*). Pada tikungan SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier mulai dari bentuk normal pada bagian lurus sampai bentuk superelevasi penuh pada bagian akhir lengkung peralihan SC. Pada tikungan SS, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.

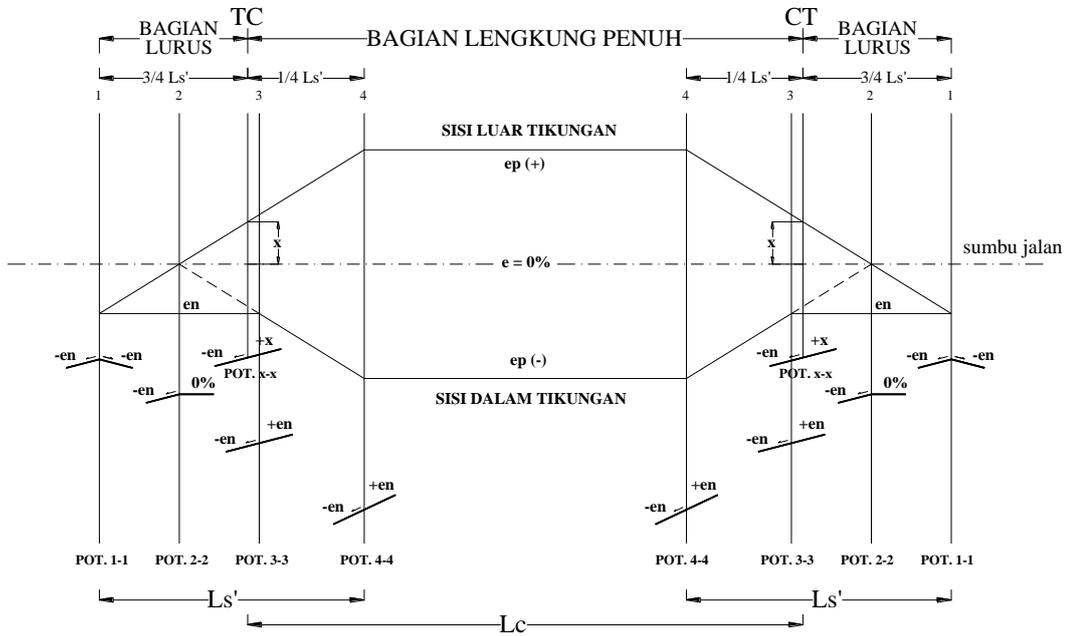
Superelevasi tidak diperlukan jika jari-jari (*R*) cukup besar untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (*LP*) atau bahkan tetap dipertahankan sebesar lereng normal (*LN*). Untuk nilai panjang legkung peralihan minimum dan superelevasi dapat dilihat ditabel dibawah ini :

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

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

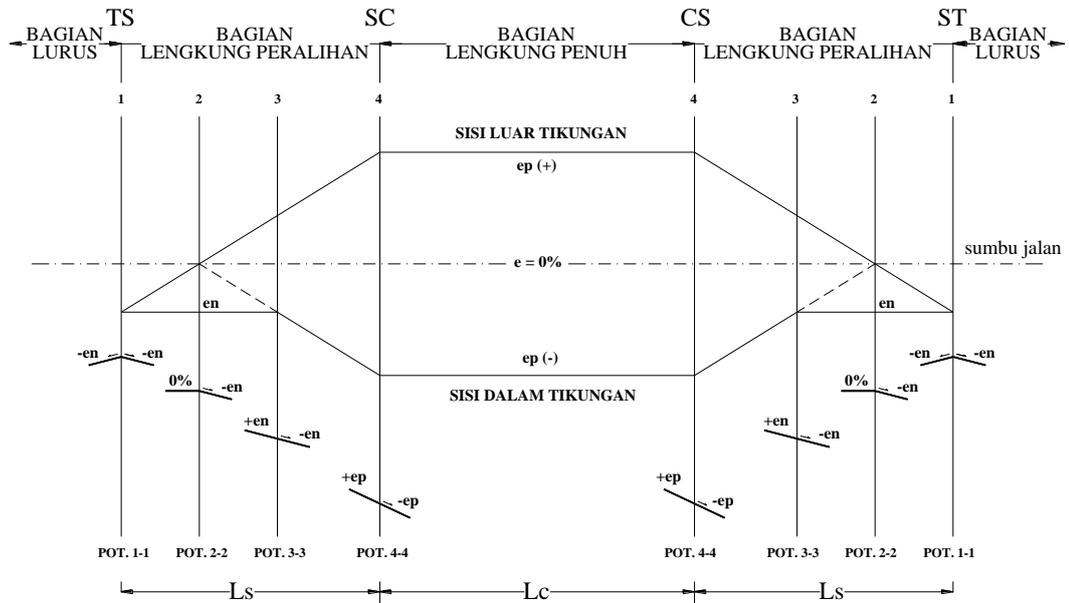
(Sumber : Dasar – Dasar Perencanaan Geometrik , Nova)

Tikungan *Full Circle* dapat dilihat pada gambar 2.12 dibawah ini :



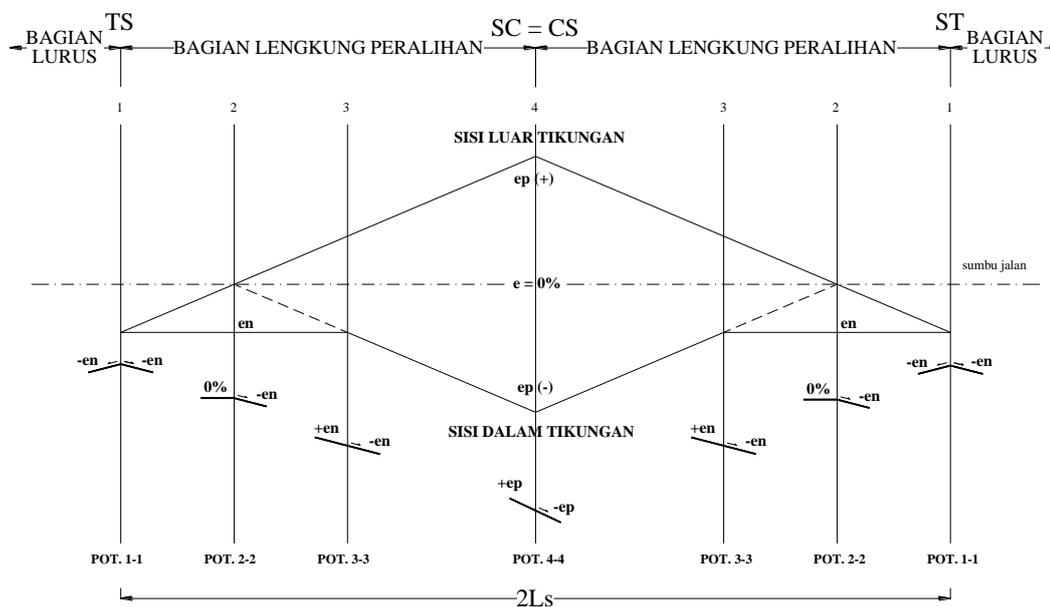
Gambar 2.12 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Full Circle*

Tikungan *Spiral Circle Spiral* dapat dilihat pada gambar 2.13 dibawah ini :



Gambar 2.13 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral – Circle – Spiral*

Tikungan *Spiral – Spiral* dapat dilihat pada gambar 2.14 dibawah ini :



Gambar 2.14 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral – Spiral*

Keterangan :

Potongan I, Kemiringan permukaan perkerasan jalan tersebut bersifat normal, yaitu sebagian miring kearah kiri dan sebagian lagi miring kearah kanan.

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.

Potongan III, Bagian dari sisi luar tikungan terus bergerak keatas sehingga akhirnya segaris (satu kemiringan) dengan sisi dalam. Besarnya kemiringan tersebut menjadi sebesar kemiringan normal.

Potongan IV, Baik sisi luar maupun sisi dalam tikungan sama-sama bergerak naik sehingga mencapai kemiringan sebesar kemiringan maksimum yang ditetapkan pada tikungan tersebut. Setelah melewati titik CS, maka bentuk potongan berangsur – angsur kembali kebentuk potongan III selanjutnya ke potongan II dan akhirnya kembali lagi kebentuk potongan I, yakni bentuk normal.

2.6.8 Pelebaran Perkerasan Jalan pada Tikungan

Pelebaran perkerasan atau jalur lalu lintas di tikungan, 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 :

$$B = \sqrt{\{\sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25\}^2 + 64} - \sqrt{(Rc^2 - 64) + 1,25} \text{ (m)} \dots\dots\dots(2.42)$$

Dimana : B = Lebar perkerasan yang diempati satu kendaraan di tikungan pada lajur sebelah dalam (m)

Rc = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan

Dimana nilai radius lengkung untuk lintasa luar roda depan (Rc) dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$Rc = R - \frac{1}{4} Bn + \frac{1}{2} b \text{ (m)} \dots\dots\dots(2.43)$$

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

Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar kendaraan rencana (m)

$$Bt = n (B + C) + Z \text{ (m)} \dots\dots\dots(2.44)$$

Dimana : n = Jumlah jalur lalu lintas

B = Lebar perkerasan yang ditempati oleh satu kendaraan di tikungan 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 di tikungan (m)

Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

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

$$Z = 0,105 \frac{v}{\sqrt{R}} \text{ (m) } \dots\dots\dots(2.45)$$

Dimana : 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 (dalam diagram superelevasi).

2.6.9 Jarak pandang

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

Keamanan dan kenyamanan pengemudi kendaraan untuk dapat melihat dengan jelas dan menyadari situasi pada saat mengemudi, sangat tergantung pada jarak yang dapat dilihat dari tempat kedudukannya.

Panjang jalan didepan yang masih dapat dilihat dengan jelas diukur dari titik kedudukan pengemudi, disebut dengan jarak pandangan. Jarak pandangan berguna untuk :

- a. Menghindarkan terjadinya tabrakan dapat menyebabkan kendaraan dan manusia akibat adanya benda yang berukuran cukup besar, kendaraan yang sedang berhenti, pejalan kaki, atau hewan-hewan yang berada pada jalur jalan.
- b. Memberi kemungkinan untuk mendahului kendaraan lain yang bergerak dengan kecepatan lebih rendah dengan mempergunakan lajur sebelahnya.
- c. Menambah efisiensi jalan tersebut, sehingga volume pelayanan dapat dicapai semaksimal mungkin.

- d. Sebagai pedoman bagi pengatur lalu – lintas dalam menempatkan rambu-rambu lalu – lintas yang diperlukan pada setiap segmen jalan.

Syarat suatu jarak pandang yang diperlukan dalam perancangan jalan raya ditunjukkan untuk mendapatkan keamanan yang setinggi – tingginya bagi komponen – komponen yang ada pada lalu-lintas. Adapun jarak – jarak pandang tersebut adalah :

- a. Jarak pandang henti (Jh)

Jarak pandang henti adalah jarak pandang minimum yang harus dipenuhi dan diperlukan oleh pengemudi untuk menghentikan kendaraan yang sedang berjalan dengan kecepatan tertentu setelah melihat adanya suatu rintangan pada jalur yang dilewati atau dilaluinya. Jarak pandang henti diformulasikan dengan berdasarkan asumsi tinggi mata pengemudi yaitu 105 cm dan tinggi halangan 15cm diatas permukaan jalan. Jarak pandang henti (Jh) dalam satuan meter untuk jalan datar dapat dihitung dengan rumus :

$$Jh = 0,694 v_R + 0,004 \frac{v_R^2}{f_p} \dots\dots\dots(2.46)$$

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 :

$$Jh = 0,694 v_R + 0,004 \frac{v_R^2}{f_p \pm L} \dots\dots\dots(2.47)$$

Dimana : Jh = 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.

Nilai jarak pandang henti (Jh) minimum dapat dilihat berdasarkan nilai v_R pada tabel 2.19 dibawah ini :

Tabel 2.19 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 Geometrik Jalan Antar Kota No.038/BM/1997)

b. Jarak Pandang Mendahului (Jd)

Jarak pandang mendahului (Jd) adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului atau melalui kendaraan lain yang berada didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke jalurnya semula. Jarak pandang mendahului diukur berdasarkan asumsi tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 15 cm. Jarak kendaraan mendahului dengan kendaraan datang dan jarak pandang mendahului sesuai dengan v_r dapat dilihat pada tabel 2.20 dan 2.21 dibawah ini :

Tabel 2.20 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 Geometrik Jalan Antar Kota No.038/BM/1997)

Tabel 2.21 Panjang Jarak Pandang Mendahului Berdasarkan v_r

v (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jh minimum (m)	800	675	550	350	250	200	150	100

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

Daerah yang mendahului haruslah disebar disepanjang jalan dengan jumlah panjang minimum adalah 30% dari panjang total ruas jalan tersebut.

Adapun beberapa asumsi yang diambil dalam perhitungan adalah :

- 1) Kendaraan yang disalip berjalan dengan kecepatan tetap.
- 2) Sebelum penyiap berada di jalur lawan, ia telah mengurangi kecepatannya selama mengikuti kendaraan yang akan disalip.
- 3) Bila saat penyiapan tiba, penyiap memerlukan waktu berpikir mengenai amannya daerah penyiapan.
- 4) Penyiapan dilakukan dengan “*start* terlambat” dan bersegera untuk kembali ke jalur semula dengan kecepatan rata-rata 10 mph lebih tinggi dari kendaraan yang disalip.
- 5) Pada waktu kendaraan penyiap telah kembali ke jalur asal, masih ada jarak dengan kendaraan lawan.

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

$$Jd = d1 + d2 + d3 + d4 \dots\dots\dots (2.48)$$

$$d1 = 0,278.t_1.\left(V_m + \frac{a_{l_1}}{2}\right) \dots\dots\dots (2.49)$$

$$d2 = 0,278.V.t_2 \dots\dots\dots (2.50)$$

$$d3 = \text{diambil } 30 - 100 \text{ meter} \dots\dots\dots (2.51)$$

(Sukirman,1999)

$$d4 = \frac{2}{3} d2 \dots\dots\dots (2.52)$$

Dimana :

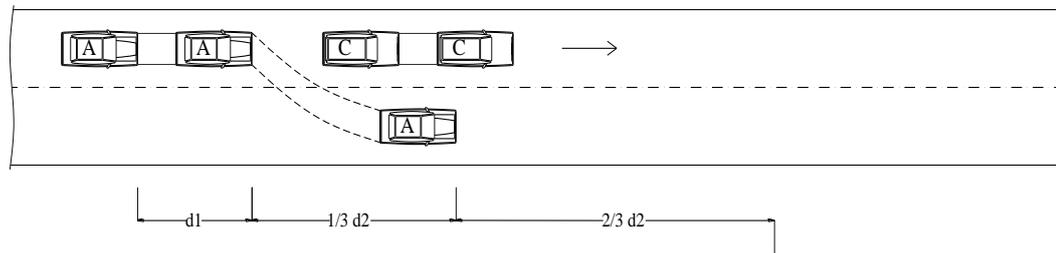
d1 = Jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m).

d2 = Jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke jalur semula (m).

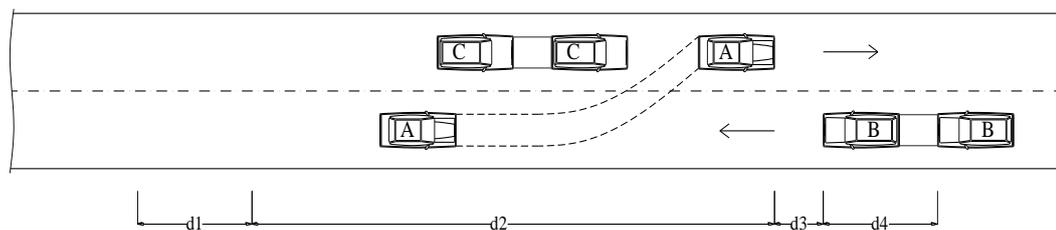
d3 = Jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m).

d4 = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan, yang besarnya diambil sama dengan $\frac{2}{3} d2$ (m).

TAHAP PERTAMA



TAHAP KEDUA



Gambar 2.15 Proses Gerakan Mendahului (2/2 TB)

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.

2.6.10 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 Jh. Daerah bebas samping ditikungan dihitung berdasarkan jarak pandang henti menggunakan rumus sebagai berikut :

a. Jika $J_h < L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 jh}{R'} \right) \dots \dots \dots (2.53)$$

Dimana :

E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari-jari tikungan (m)

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

Jh = Jarak Pandang henti (m)

Lt = Panjang tikungan (m)

Tabel penentuan nilai E dapat dilihat pada tabel 2.22 dibawah ini :

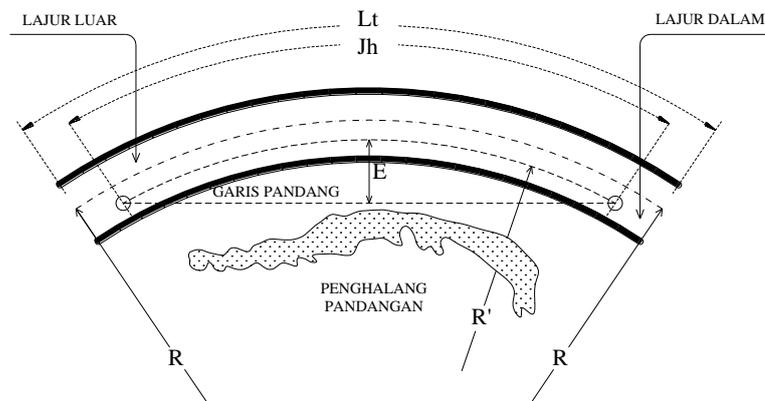
Tabel 2.22 Nilai E untuk $J_h < L_t$

R(m)	V=20	30	40	50	60	80	100	120
	Jh=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 _{min} =500
300					2,3	6,0	R _{min} =350	
250				1,5	2,8	7,2		
200				1,9	3,5	R _{min} =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 _{min} =115			

R(m)	V=20	30	40	50	60	80	100	120
	Jh=16	27	40	55	75	120	175	250
100			2,0	3,8				
90			2,2	4,2				
80			2,5	4,7				
70		1,5	2,8	R _{min} =80				
60		1,8	3,3					
50		2,3	3,9					
40		3,0	R _{min} =50					
30		R _{min} =30						
20	1,6							
15	2,1							
	R _{min} =15							

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

Berikut adalah gambar kebebasan samping jika $J_h < L_t$



Gambar 2.16 Daerah Bebas Samping di Tikungan untuk $J_h < L_t$

b. Jika $J_h > L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 Jh}{R'} \right) + \left(\frac{Jh - L_t}{2} \sin \frac{28,65 Jh}{R'} \right) \dots \dots \dots (2.54)$$

Dimana :

E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari-jari tikungan (m)

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

Jh = Jarak Pandang henti (m)

Lt = Panjang tikungan (m)

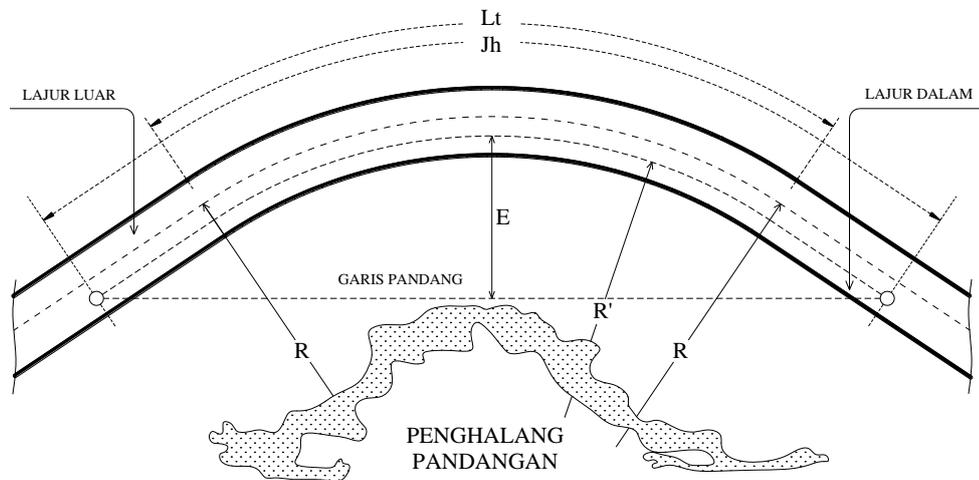
Nilai E (m) dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.23 Nilai E untuk $J_h > L_t$

R(m)	v=20	30	40	50	60	80	100	120
	J _h =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 _{min} =500
300			1,5	2,4	3,9	8,5	R _{min} =350	
250			1,8	2,9	4,7	10,1		
200			2,2	3,6	5,8	R _{min} =210		
175			2,6	4,1	6,7			
150			3,0	4,8	7,8			
130			3,5	5,5	8,9			
120			3,7	6,0	9,7			
110			4,1	6,5	R _{min} =115			
100			4,5	7,2				
90	1,5		5,0	7,9				
80	1,6		5,6	8,9				
70	1,9		6,4	R _{min} =80				
60	2,2		7,4					
50	2,6	5,1	8,8					
40	3,3	6,4	R _{min} =50					
30	4,4	8,4						
20	6,4	R _{min} =30						
15	8,4							
	R _{min} =15							

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

Berikut adalah gambar kebebasan samping jika $J_h > L_t$:



Gambar 2.17 Daerah Bebas Samping di Tikungan untuk $J_h > L_t$

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

$$M = R (1 - \cos \theta) + \frac{1}{2} (S - L) \sin \theta \dots \dots \dots (2.55)$$

Dimana :

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

θ = Setengah sudut pusat sepanjang L ($^{\circ}$)

R = Radius sumbu lajur sebelah dalam (m)

S = Jarak pandangan (m)

L = Panjang tikungan (m)

2.7 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.

Alinyemen vertikal terdiri atas bagian landai vertikal dan bagian lengkung vertikal. Bagian lengkung vertikal memiliki dua jenis lengkung, dapat berupa lengkung cembung atau lengkung cekung.

Pada perencanaan alinyemen vertikal terdapat kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan), sehingga kombinasinya berupa lengkung cembung dan lengkung cekung. Disamping kedua lengkung tersebut terdapat pula kelandaian = 0 (datar)

Kalau pada alinyemen horizontal bagian yang kritis adalah pada tikungan, maka pada alinyemen vertikal bagian kritis justru terdapat pada bagian lurus. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan alinyemen vertikal adalah :

- a. Bila memungkinkan diusahakan agar pada bagian lengkung horizontal (tikungan) tidak terjadi adanya lengkung vertikal (tanjakan dan turunan).
- b. *Grade* (kemiringan memanjang) min = 0,5%
- c. *Grade* (kemiringan memanjang) maksimum dibatasi oleh panjang kritisnya dengan ketentuan sebagai berikut :

Tabel 2.24 Panjang Kritis

<i>Grade</i> (%)	3	4	5	6	7	8	10	12
Panjang kritis (m)	480	330	250	200	170	150	135	120

(Sumber : TPGJAK No.38/T/BM/1997)

- d. Penentuan elevasi jalan rencana harus memperhatikan kemungkinan terjadinya galian dan timbunan serta volume galian dan timbunan diusahakan sama sejauh kriteria perencanaan terpenuhi.

Alinyemen vertikal terdiri atas bagian landai vertikal dan bagian lengkung vertikal. Ditinjau dari titik awal perencanaan, bagian landai vertikal dapat berupa landai positif (tanjakan), atau landai negatif (turunan), atau landai nol (datar). Bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cekung atau lengkung cembung.

2.7.1 Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum yang ditentukan untuk berbagai variasi kecepatan rencana, dimaksudkan agar kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang begitu berarti. Kelandaian maksimum hanya digunakan bila pertimbangan biaya pembangunan sangat memaksa dan hanya untuk jarak pendek. Untuk nilai kelandaian maksimum dapat dilihat pada tabel 2.25 dibawah ini :

Tabel 2.25 Landai Maksimum

Landai Maks. (%)	3	3	4	5	8	9	10	10
v_r (km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

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 (Saodang, 2004). Tabel Panjang kritis dapat dilihat pada tabel 2.26 dibawah ini :

Tabel 2.26 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)

2.7.2 Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal harus disediakan pada setiap lokasi yang mengalami perubahan kelandaian dengan tujuan :

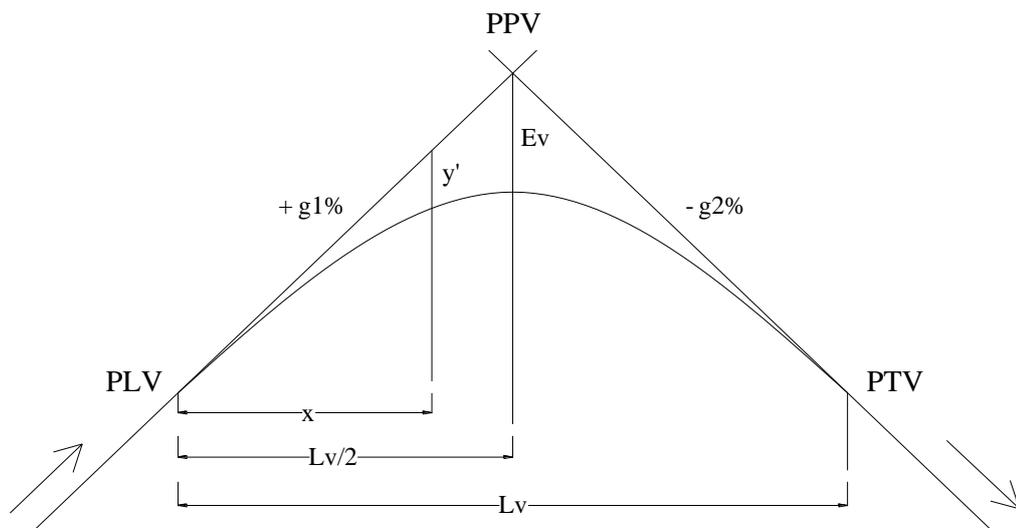
- Mengurangi goncangan akibat perubahan kelandaian
- Menyediakan jarak pandang henti

Panjang lengkung vertikal bisa ditentukan langsung sesuai tabel 2.27 yang didasarkan pada penampilan kenyamanan, dan jarak pandang seperti yang ada dibawah ini :

Tabel 2.27 Panjang Lengkung Vertikal

Kecepatan Rencana (km/jam)	Perbedaan kelandaian Memanjang (%)	Panjang Lengkung (m)
< 40	1	20 – 30
40 – 60	0,6	40 – 80
> 60	0,4	80 – 150

(Sumber : TPGJAK No.38/T/BM/1997)



Gambar 2.18 Lengkung Vertikal

Kelandaian menaik diberi tanda (+) dan kelandaian menurun diberi tanda (-). Kententuan pendakian atau penurunan ditinjau dari kiri ke kanan. Dari gambar diatas, besarnya defleksi (y') antara garis kemiringan (tangen) dan garis lengkung dapat dihitung dengan rumus :

$$y' = \left[\frac{g_2 - g_1}{200 \cdot L} \right] \cdot X^2 \dots\dots\dots (2.56)$$

Dimana :

x = Jarak horizontal dari titik PLV ke titik yang ditinjau (m)

y' = Besarnya penyimpangan (jarak vertikal) antara garis kemiringan dengan lengkungan (m)

g1, g2 = Besar kelandaian (kenaikan/penurunan) (%)

Lv = Panjang lengkung vertikal (m)

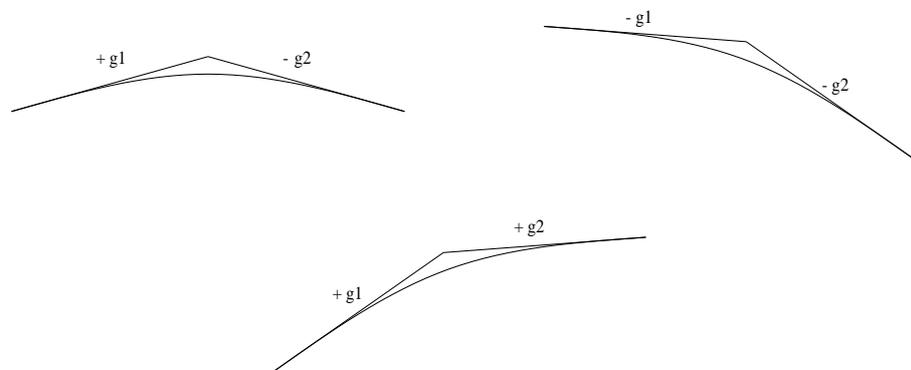
Untuk $x = \frac{1}{2} Lv$, maka $y' = E_v$ dirumuskan sebagai :

$$E_v = \frac{(g_2 - g_1)Lv}{800} \dots\dots\dots (2.57)$$

Lengkung Vertikal dibagi dua macam, yaitu :

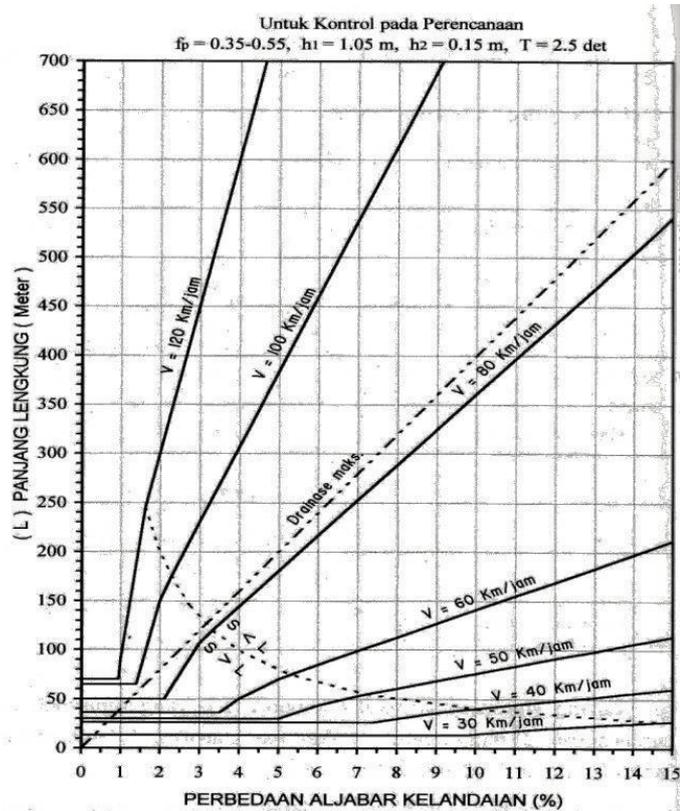
a. Lengkung vertikal cembung

Titik perpotongan antara kedua tangen berada diatas permukaan jalan.

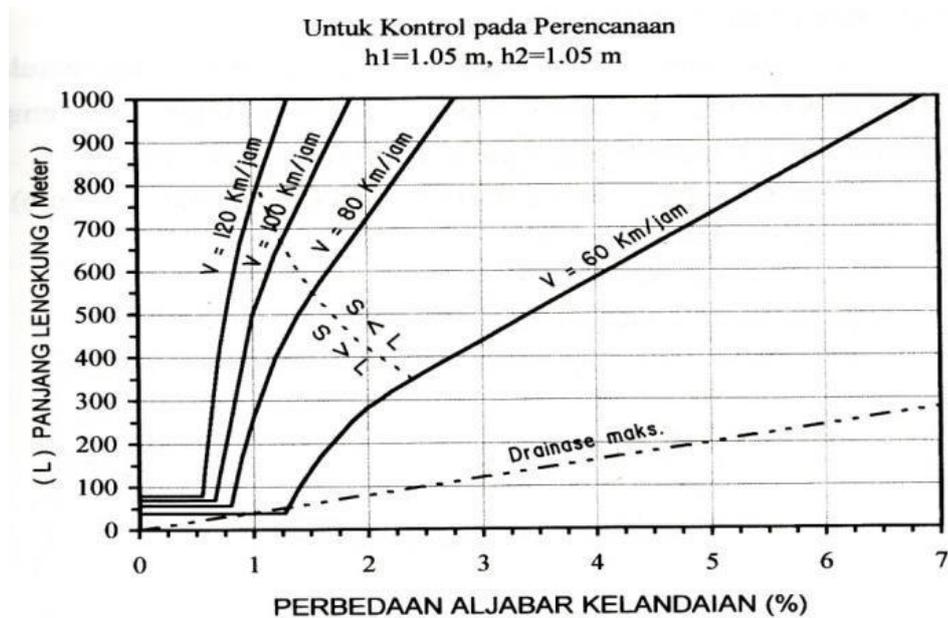


Gambar 2.19 Alinyemen Vertikal Cembung

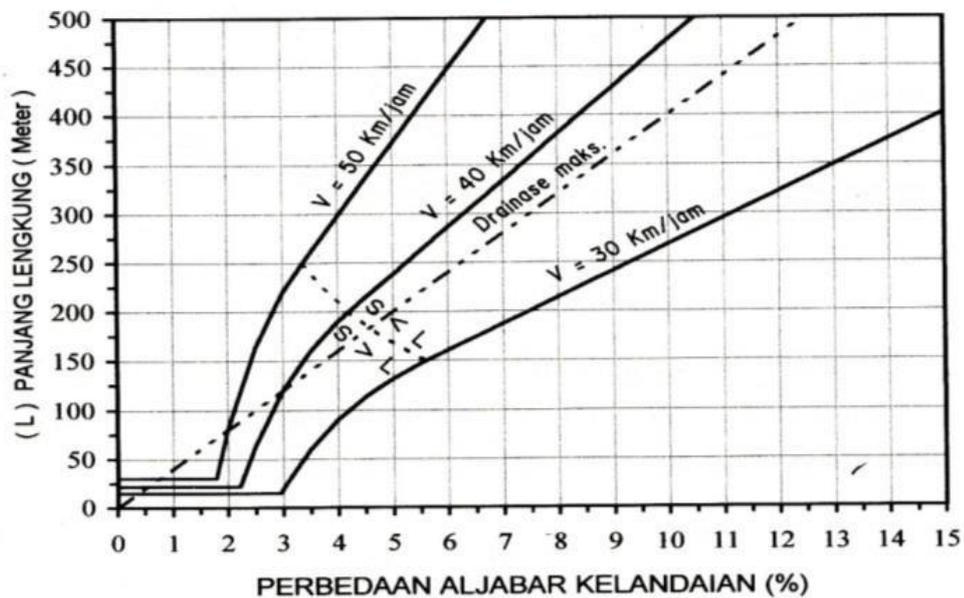
Untuk menentukan panjang lengkung vertikal cembung (Lv) dapat juga ditentukan berdasarkan grafik pada gambar 2.20 (untuk jarak pandang henti) dan grafik pada gambar 2.21 (untuk jarak pandang menyiap) dibawah ini :



Gambar 2.20 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Henti (J_h)



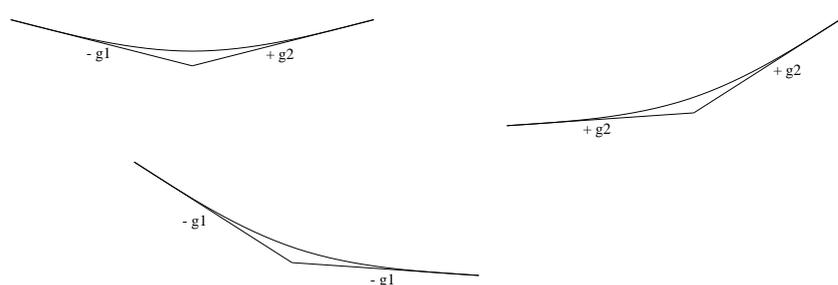
Gambar 2.21 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Pandang Mendahului (J_d)



Gambar 2.22 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan Jarak Pandang Mendahului (J_d)

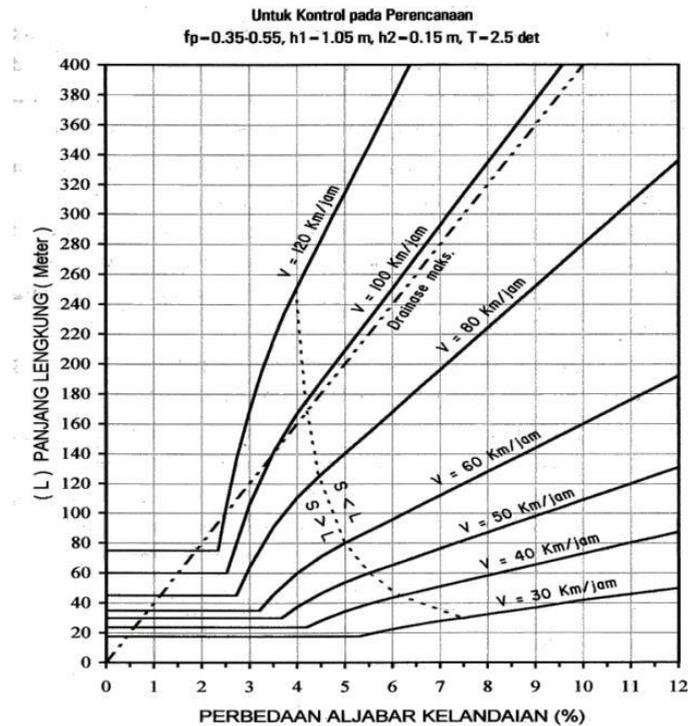
b. Lengkung Vertikal Cekung

Titik perpotongan antara kedua tangen berada dibawah permukaan jalan. Gambar Alinyemen Vertikal Cekung dapat dilihat pada gambar 2.23 dibawah ini :



Gambar 2.23 Alinyemen Vertikal Cekung

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandangan pada waktu malam hari dan syarat drainase sebagaimana yang tercantum dalam grafik pada gambar 2.24 dibawah ini :



Gambar 2.24 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

2.8 Perencanaan Galian dan Timbunan

Dalam perencanaan jalan raya diusahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen vertikal dan horizontal memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan, langkah-langkah dalam perhitungan galian dan timbunan, antara lain :

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

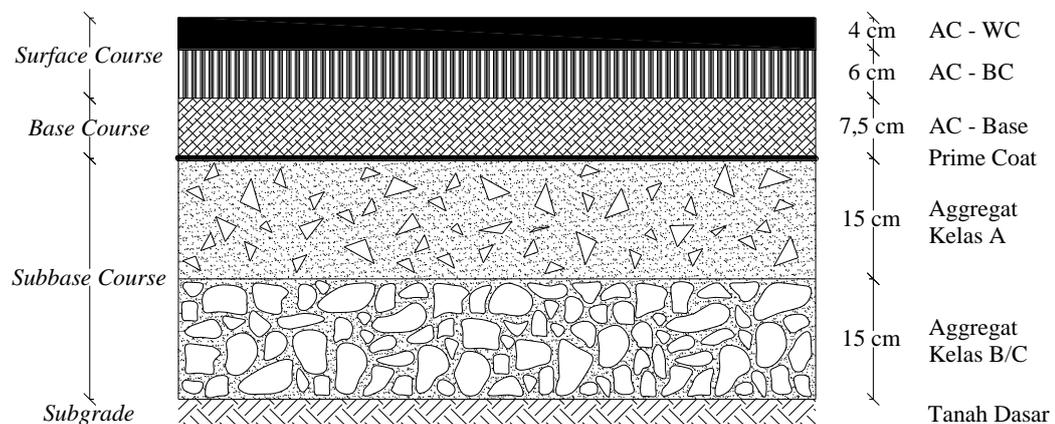
2.9 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan adalah lapisan atas badan jalan yang menggunakan bahan-bahan khusus yang secara konstruktif lebih baik daripada tanah dasar. Berdasarkan suatu bahan ikat, lapisan perkerasan jalan dibagi menjadi tiga kategori, yaitu :

- Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran beton bertulang
- Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dan agregat.
- Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*) yaitu perkerasan dengan memakai dua bahan yang berbeda yaitu aspal dan beton.

2.9.1 Jenis dan Fungsi Kontruksi Perkerasan Lentur

Kontruksi perkerasan terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas permukaan tanah dasar yang telah dipadatkan.



Gambar 2.25 Detail Lapisan Perkerasan Lentur

- Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan merupakan lapisan yang terletak paling atas dari suatu perkerasan yang biasanya terdiri dari lapisan bitumen sebagai penutup lapisan permukaan. Fungsi dari lapisan permukaan ini adalah sebagai berikut :

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

Untuk memenuhi fungsi diatas, pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan lama.

b. Lapisan Pondasi (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas merupakan lapisan utama dalam yang menyebarkan beban badan. Adapun fungsi dari lapisan pondasi atas adalah :

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

c. Lapisan Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)

Lapisan pondasi bawah merupakan lapisan kedua dalam yang menyebarkan beban yang diperoleh dari lapisan yang diatas seperti kerikil alam (tanpa proses). Fungsi dari lapisan pondasi bawah adalah :

- 1) Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
- 2) Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan-lapisan diatasnya dapat dikurangi tebalnya (penghemat biaya konstruksi).
- 3) Untuk mencegah tanah dasar masuk ke lapisan pondasi.
- 4) Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar.

d. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar (*subgrade*) adalah merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan maupun tebal dari lapisan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar ini. tanah dasar ini dapat terbentuk dari tanah asli yang dipadatkan (pada daerah galian) ataupun tanah timbun yang dipadatkan (pada daerah urugan). Mutu dan daya tahan konstruksi perkerasan tak lepas dari sifat tanah dasar. Tanah dasar yang baik untuk konstruksi perkerasan jalan adalah tanah dasar yang berasal dari lokasi itu sendiri serta kemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan walaupun terdapat perbedaan kondisi lingkungan dan jenis tanah setempat. Sifat masing-masing tanah tergantung dari tekstur, kadar air dan kondisi lingkungan.

2.9.2 Metode Perancangan Tebal Perkerasan

Terdapat banyak metode yang telah dikembangkan dan dipergunakan diberbagai negara. Beberapa standar yang telah dikenal adalah :

a. Metode AASTHO, Amerika Serikat

Yang secara terus menerus mengalami perubahan terakhir pada edisi 1986 yang dapat dibaca pada buku “ AASTHO –*Guide For Design of Pavement Structure, 1986*”.

b. Metode *Asphalt Institute*

Yang dapat dibaca pada “*Thickness Design Asphalt Pavement for Higways and Streets, MS-1*”.

c. 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).

2.9.3 Kriteria Perancangan

a. Lalu Lintas

1) 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 2.28 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)

2) 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 2.29 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

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan*		Kendaraan Berat*	
	1 Arah	2 Arah	1 Arah	2 Arah
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

3) 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 :

$$LEF = \frac{W_{t18}}{W_{tx}} \dots \dots \dots (2.58)$$

$$\begin{aligned} \text{Log} \left(\frac{W_{tx}}{W_{t18}} \right) &= 4,79 \log (18+1) - 4,79 \log (L_x + L_2) + 4,33 \log L_2 + \\ &\frac{\text{Log} \left(\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f} \right)}{0,40 + \frac{0,081(L_x + L_2)^{3,23}}{(SN+1)^{5,19} \cdot L_2^{3,23}}} - \frac{\text{Log} \left(\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f} \right)}{0,40 + \frac{0,081(18+1)^{3,23}}{(SN+1)^{5,19}}} \dots (2.59) \end{aligned}$$

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.

W_{tx} = Angka beban sumbu x pada akhir waktu t.

W_{t18} = Angka 18-kip beban sumbu tunggal untuk waktu t.

L_x = 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 struktural, yang merupakan fungsi dari ketebalan dan modulus setiap lapisan dan kondisi drainase dari pondasi dan pondasi bawah.

ΔIP = Perbedaan antara indeks pelayanan awal pada umur rencana (IP0) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana (IPt).

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

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

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

$$W_{18} = 365 \cdot D_L \cdot \hat{w}_{18} \dots\dots\dots(2.60)$$

Keterangan :

W_{18} = Akumulasi lalu lintas pada lajur rencana per tahun.

D_L = Faktor distribusi lajur pada lajur rencana (Tabel 2.29).

\hat{w}_{18} = Akumulasi beban sumbu standar kumulatif per hari,sesuai persamaan dibawah ini.

5) 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 :

$$W_t = W_{18} = w_{18} \cdot \left(\frac{(1+g)^n - 1}{g} \right) \dots\dots\dots(2.61)$$

Keterangan :

- $W_t = W_{18}$ = Jumlah beban sumbu tunggal standar kumulatif pada lajur rencana.
 w_{18} = Beban sumbu standar komulatif selama 1 tahun pada lajur rencana.
 n = Umur rencana pelayanan (tahun).
 g = Perkembangan lalu lintas (%).

b. Tingkat Kepercayaan (*reliabilitas*)

Penyertaan tingkat kepercayaan pada dasarnya merupakan cara untuk memasukkan faktor ketidakpastian ke dalam proses perancangan, yaitu dalam rangka memastikan bahwa berbagai alternatif 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, risiko tidak memperlihatkan kinerja yang diharapkan harus ditekan. Hal ini dapat diatasi dengan memilih tingkat *reliabilitas* yang lebih tinggi. Tabel 2.30 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 % menunjukan jalan lokal.

Reliabilitas kinerja perancangan dikontrol dengan faktor reliabilitas (F_R) yang dikalikan dengan perkiraan lalu lintas (w_{18}) selama umur rencana. Untuk tingkat reliabilitas (R) yang diberikan, faktor reliabilitas merupakan fungsi dari deviasi standar keseluruhan (*overall standard deviation*, S_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, Z_R).

Tabel 2.31 memperlihatkan nilai Z_R untuk tingkat pelayanan tertentu.

Tabel 2.30 Rekomendasi Tingkat Reliabilitas untuk Berbagai Jenis 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 2.31
- Deviasi standar (S_0) harus dipilih yang mewakili kondisi setempat
Rentang nilai s_0 adalah 0,35 – 0,45.

Tabel 2.31 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)

c. 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 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 :

$$t = T_{50} \cdot md \cdot 24 \dots\dots\dots(2.62)$$

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 factor* (T₅₀) ditentukan oleh geometrik dari lapisan drainase. Geometrik lapisan drainase terdiri atas resultan kemiringan (*resultant slope*, SR), resultan panjang pengaliran (*resultant length*, LR) dan ketebalan dari lapisan drainase. Ilustrasi dari geometri jalan disajikan pada gambar 2.26. 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)

Faktor-faktor geometri tersebut dipakai untuk menghitung nilai faktor kemiringan (*slope factor*, S₁) dengan persamaan berikut :

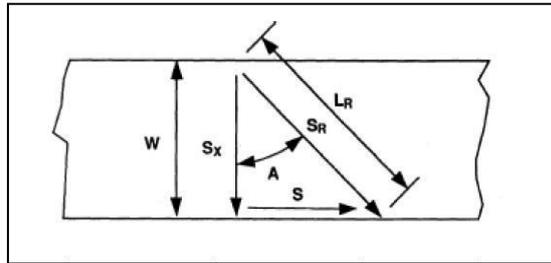
$$S_1 = \frac{L_R \cdot S_R}{H} \dots\dots\dots(2.63)$$

Keterangan :

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

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

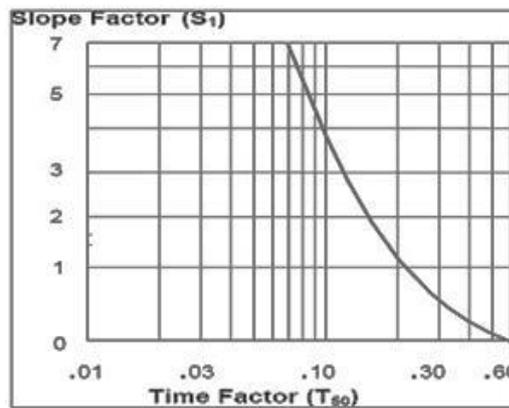
H = Tebal dari lapisan permeable (ft)



(Sumber : Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

Gambar 2.26 Geometri Jalan (ERES-1999 dalam LRRB-2009)

Untuk menentukan nilai T digunakan suatu grafik T_{50} seperti pada Gambar 2.27, grafik ini hanya dapat digunakan untuk satu derajat kejenuhan saja yaitu derajat kejenuhan 50%.



(Sumber : Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

Gambar 2.27 Grafik *Time Factor* untuk Derajat Kejenuhan 50% (FHWA, 2006)

Nilai “ m_d ” pada Persamaan 2.64 dihitung dengan persamaan berikut :

$$m_d = \frac{n_e \cdot L_R^2}{k \cdot H} \dots\dots\dots(2.64)$$

Keterangan :

- n_e = Porositas efektif lapisan drainase
- k = Permeabilitas lapisan drainase dalam ft/hari sesuai persamaan 2.65
- L_R = Resultan panjang (ft)
- H = Tebal lapisan drainase (ft)

$$k = \frac{6,214 \cdot 10^5 \cdot D^{1,478} \cdot n^{6,654}}{P^{200,597}} \dots\dots\dots(2.65)$$

Keterangan :

k = Permeabilitas lapisan drainase (ft/hari).

P_{200} = Berat agregat yang lolos saringan no. 200 dalam persen.

D_{10} = Ukuran efektif atau 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

$$n = 1 - \left(\frac{\gamma_d}{62,4 \cdot G} \right) \dots\dots\dots(2.66)$$

Keterangan:

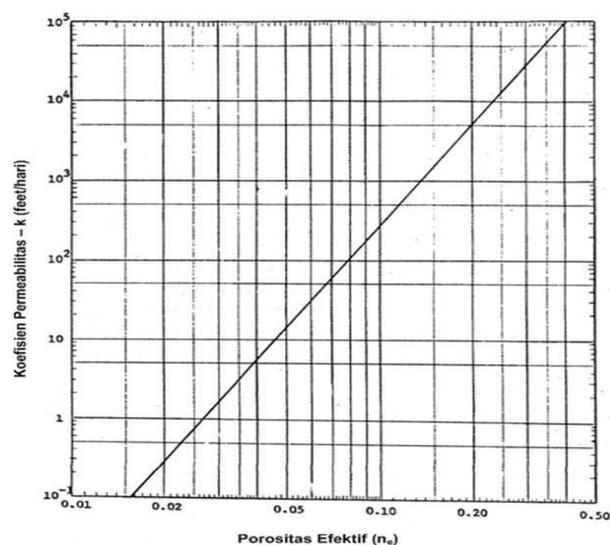
n = Porositas material (tanpa satuan), nilai rasio dari volume relatif dan total volume.

γ_d = Kepadatan kering dalam lb/ft³

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

2) Menghitung porositas efektif lapisan drainase

Nilai porositas efektif (n_e) dapat menggunakan Gambar 2.28



(Sumber : Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

Gambar 2.28 Grafik untuk menetapkan porositas efektif, n_e (FHWA, 1990)

- 3) Menghitung resultan kemiringan (*slope resultant*)

$$S_R = (S^2 + S_x^2)^{1/2} \dots\dots\dots (2.67)$$

Keterangan :

- S_R = Resultan kemiringan (%)
 S = Kemiringan memanjang lapisan drainase (%)
 S_x = Kemiringan melintang lapisan drainase (%)

- 4) Menghitung resultan panjang (*length resultant*)

$$LR = W \left(1 + \left(\frac{S}{S_x} \right)^2 \right)^{1/2} \dots\dots\dots (2.68)$$

Keterangan :

- L_R = Resultan panjang (ft)
 W = Lebar lapisan drainase (ft)
 S = Kemiringan memanjang lapisan drainase (%)
 S_x = Kemiringan melintang lapisan drainase (%)

- 5) Persamaan untuk menghitung *slope factor* (S_1) digunakan persamaan 2.63
 6) Persamaan untuk menghitung faktor “ m_d ” digunakan persamaan 2.64
 7) Persamaan untuk menghitung nilai *time-to-drain* digunakan persamaan 2.62

Langkah-langkah untuk menghitung nilai koefisien drainase (m) adalah sebagai berikut:

- Hitung nilai koefisien permeabilitas (k) dengan menggunakan Persamaan 2.65
- Hitung nilai porositas material (n) dengan menggunakan Persamaan 2.66.
- Hitung nilai porositas efektif lapisan drainase (n_e) dengan Gambar 2.28.
- Hitung resultan kemiringan (*slope resultant*, S_R) dengan menggunakan Persamaan 2.67.

- Hitung resultan panjang (*length resultant*, L_R) dengan menggunakan Persamaan 2.68.
- Hitung faktor kemiringan (*slope factor*, S_1) dengan menggunakan Persamaan 2.63.
- Tentukan nilai *time factor* dengan derajat kejenuhan 50% (T_{50}) dari hasil perhitungan S_1 berdasarkan pada Gambar 2.27.
- Hitung faktor “ m_d ” dengan menggunakan Persamaan 2.64.
- Hitung nilai *Time-to-drain* (t) dengan menggunakan Persamaan 2.62.
- Dari nilai t yang diperoleh kemudian tentukan kualitas drainase dengan mengacu pada Tabel 2.32.
- Nilai koefisien drainase m yang akan digunakan dalam perancangan ditentukan dari kualitas drainase hasil perhitungan di atas dan perkiraan persen waktu perkerasan yang dipengaruhi oleh air mendekati kondisi jenuh sesuai dengan Tabel 2.33.

Koefisien drainase untuk mengakomodasi kualitas sistem drainase yang dimiliki perkerasan jalan dan definisi umum mengenai kualitas drainase disajikan pada Tabel 2.32.

Tabel 2.32 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 : Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

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 2.33 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 2.33 Koefisien Drainase (m) untuk Memodifikasi Koefisien Kekuatan Relatif Material *Untreated Base* dan *Subbase*

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

(Sumber : *Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012*)

d. 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 *AASHTO 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 2.34.

Dalam menentukan indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0), perlu diperhatikan jenis lapis permukaan perkerasan lentur pada awal umur rencana. Pada Tabel 2.35 disajikan indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0) untuk beberapa jenis lapis perkerasan.

Tabel 2.34 Indeks Pelayanan Perkerasan Lentur pada Akhir Umur Rencana

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

(Sumber : Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

Tabel 2.35 Indeks Pelayanan pada Awal Umur Rencana (IP_0)

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)

e. 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 dilapangan.

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.

$$\text{CBR segmen} = \text{CBR rata-rata} - \frac{\text{CBR maks} - \text{CBR min}}{F} \dots\dots\dots(2.69)$$

Keterangan :

CBR segmen = Nilai CBR yang mewakili pada segmen yang ditinjau

CBR maksimum = Nilai CBR tertinggi pada sepanjang segmen yang ditinjau

CBR minimum = Nilai CBR terendah pada sepanjang segmen yang ditinjau

CBR rata-rata = Nilai CBR rata-rata pada sepanjang segmen yang ditinjau

F = Koefisien yang disajikan pada Tabel 2.36

Tabel 2.36 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 dan Klomp) berikut ini dapat digunakan untuk tanah berbutir halus (*fine-grained soil*) dengan nilai CBR terendam 10 % atau lebih kecil.

$$M_R \text{ (psi).} = 1.500 \times \text{CBR} \dots \dots \dots (2.70)$$

Untuk tanah berbutir dengan nilai CBR terendam di atas 10%, gunakan persamaan berikut ini.

$$M_R \text{ (psi).} = 3.000 \times \text{CBR}^{0,65} \dots \dots \dots (2.71)$$

f. 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 2.37.

Tabel 2.37 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)	(x1000psi)							
1. Lapis Permukaan									
Laston modifikasi									
- Lapis aus 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(<i>Cold Mix Recycling Foam Bitumen</i>)					300		0,270		
Beton padat giling	5900	850		70 ⁽³⁾			0,230		
CTB	5350	776		45			0,210		

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)	(x1000psi)							
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 <i>Telford</i>									
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 tekan bebas umur 7 hari dan diameter 7 cm
- Pengujian modulus elastis menggunakan alat UMMATTA pada temperatur 25° C, bebas 2500 N dan *rise time* 60 ms serta pembuatan benda uji dikondisikan sesuai AASHTO *designation* R 30 – 02 (2006).

g. 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 2.38 disajikan pemilihan tipe lapisan beraspal sesuai lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan.

Tabel 2.38 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 ≥ 70 km/jam
< 0,3	Perancangan perkerasan lentur untuk lalu lintas rendah	
0,3 – 1,0	Lapis tipis beton aspal (Lataston/HRS)	Lapis tipis beton aspal (Lataston/HRS)
10 – 30	Lapis beton aspal (Laston/AC)	Lapis beton aspal (Laston/AC)
≥ 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.

h. Ketebalan Minimum Lapisan Perkerasan.

Pada saat menentukan tebal lapis perkerasan, perlu dipertimbangkan keefektivannya dari segi biaya, pelaksanaan konstruksi, dan batasan pemeliharaan untuk menghindari kemungkinan dihasilkannya perancangan yang tidak praktis. Pada Tabel 2.39 disajikan tebal minimum untuk lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

Tabel 2.39 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

Jenis Bahan	Tebal Minimum	
	(Inchi)	(cm)
- 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</i> (LC)	6,0	15,0
- Tanah semen	6,0	15,0
- 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 <i>Telford</i>	6,0	15,0
- Material pilihan (<i>selected material</i>)	6,0	15,0

(Sumber : Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

2.9.4 Prosedur Perancangan Perkerasan Lentur

a. Persamaan Dasar

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

$$\text{Log}(W_{18}) = Z_R \cdot S_0 + 9,36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0,2 + \frac{\log_{10}\left[\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f}\right]}{0,4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \cdot \log_{10}(MR) - 8,07 \dots\dots\dots(2.72)$$

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).

M_r = yaitu modulus resilien tanah dasar efektif (Psi)

IP_f = yaitu indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)

b. Estimasi Lalu lintas

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

c. Tingkat kepercayaan dan pengaruh drainase

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

d. Modulus resilien tanah dasar efektif

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

e. Pemilihan tebal lapisan

$$SN = a_{1.1} \times D_{1.1} + a_{1.2} \times D_{1.2} + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3 \dots\dots\dots (2.73)$$

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.

f. 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 (M_R).
- 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.

Tabel 2.40 Faktor Ekuivalen Beban untuk Sumbu Tunggal dan Ipt = 2,0

<i>Axle Load</i>		<i>Pavement Structural Number (SN)</i>					
(kips)	(kg)	1	2	3	4	5	6
2	908	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
4	1816	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002
6	2724	0,009	0,012	0,011	0,010	0,009	0,009
8	3632	0,03	0,035	0,036	0,033	0,031	0,029
10	4540	0,075	0,085	0,090	0,085	0,079	0,076
12	5448	0,165	0,177	0,189	0,183	0,174	0,168
14	6356	0,325	0,338	0,354	0,350	0,338	0,331
16	7264	0,591	0,613	0,646	0,645	0,623	0,606
18	8172	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20	9080	1,61	1,59	1,56	1,55	1,57	1,59
22	9988	2,49	2,44	2,35	2,31	2,35	2,41
24	10896	3,71	3,62	3,43	3,33	3,40	3,51
26	11804	5,36	5,21	4,88	4,68	4,77	4,96
28	12712	7,54	7,31	6,78	6,42	6,52	6,83
30	13620	10,4	10,0	9,2	8,6	8,7	9,2

<i>Axle Load</i>		<i>Pavement Structural Number (SN)</i>					
(kips)	(kg)	1	2	3	4	5	6
32	14528	14,0	13,5	12,4	11,5	11,5	12,1
34	15436	18,5	17,9	16,3	15,0	15,0	15,6
36	16344	24,2	23,3	21,2	19,3	19,3	19,9
38	17252	31,1	29,9	27,1	24,6	24,6	25,1
40	18160	39,6	38,0	34,3	30,9	30,9	31,2
42	19068	49,7	47,7	43,0	38,6	38,6	38,5
44	19976	61,8	59,3	53,4	47,6	45,7	47,1
46	20884	76,1	73,0	65,6	58,3	55,7	57,0
48	21792	92,9	89,1	80,0	70,9	67,3	68,6
50	22700	113,0	108,0	97,0	86,0	81,0	82,0

(Sumber : Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

Tabel 2.41 Faktor Ekuivalen Beban untuk Sumbu Ganda dan Ipt = 2,0

<i>Axle Load</i>		<i>Pavement Structural Number (SN)</i>					
(kips)	(kg)	1	2	3	4	5	6
2	908	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	1816	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
6	2724	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
8	3632	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002
10	4540	0,007	0,008	0,008	0,007	0,006	0,006
12	5448	0,013	0,016	0,016	0,014	0,013	0,012
14	6356	0,024	0,029	0,029	0,026	0,024	0,023
16	7264	0,041	0,048	0,050	0,046	0,042	0,040
18	8172	0,066	0,077	0,081	0,075	0,069	0,066
20	9080	0,103	0,117	0,124	0,117	0,109	0,105
22	9988	0,156	0,171	0,183	0,174	0,164	0,158
24	10896	0,227	0,244	0,260	0,252	0,239	0,231
26	11804	0,322	0,340	0,360	0,353	0,338	0,329
28	12712	0,447	0,465	0,487	0,481	0,466	0,455
30	13620	0,607	0,623	0,646	0,643	0,627	0,617
32	14528	0,810	0,823	0,843	0,842	0,829	0,819

<i>Axle Load</i>		<i>Pavement Structural Number (SN)</i>					
(kips)	(kg)	1	2	3	4	5	6
34	15436	1,06	1,07	1,08	1,08	1,08	1,07
36	16344	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
38	17252	1,76	1,75	1,73	1,72	1,73	1,74
40	18160	2,22	2,19	2,15	2,13	2,16	2,18
42	19068	2,77	2,37	2,64	2,62	2,66	2,18
44	19976	3,42	3,36	3,23	3,18	3,24	3,31
46	20884	4,20	4,11	3,92	3,83	3,91	4,02
48	21792	5,10	4,98	4,72	4,58	4,68	4,83
50	22700	6,15	5,99	5,64	5,44	5,56	5,77
52	23608	7,37	7,16	6,71	6,43	6,56	6,83
54	24516	8,77	8,51	7,93	7,55	7,69	8,03
56	25424	10,4	10,1	9,3	8,8	9,0	9,4
58	26332	12,2	11,8	10,9	10,3	10,4	10,9
60	27240	14,3	13,8	12,7	11,9	12,0	12,6
62	28148	16,6	16,0	14,7	13,7	13,8	14,5
64	29056	19,3	18,6	17,0	15,8	15,8	16,6
66	29964	22,2	21,4	19,6	18,0	18,0	18,9
68	30872	25,5	24,6	22,4	20,6	20,5	21,5
70	31780	29,2	28,1	25,6	23,4	23,2	24,3
72	32688	33,3	32,0	29,1	26,5	26,2	27,4
74	33596	37,8	36,4	33,0	30,0	29,4	30,8
76	34504	42,8	41,2	37,3	33,8	33,1	34,5
78	35412	48,4	46,5	42,0	38,0	37,0	38,6
80	36320	54,4	52,3	47,2	42,5	41,3	43,0
82	37228	61,6	58,7	52,9	47,6	46,0	47,8
84	38136	68,4	65,7	59,2	53,0	51,2	53,0
86	39044	76,3	73,3	66,0	59,0	56,8	58,6
88	39952	85,0	81,6	73,4	65,5	62,8	64,7
90	40860	94,4	90,6	81,5	72,6	69,4	71,3

(Sumber : Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

2.10 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.

a. Daftar Harga Satuan Alat dan Bahan

Daftar satuan bahan dan upah adalah harga yang dikeluarkan oleh Dinas Perkerjaan Umum Bina Marga tempat proyek berada karena tidak setiap daerah memiliki standar yang sama.

b. Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah menghitung banyaknya volume masing – masing bahan serta besarnya biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan tersebut.

c. Perhitungan Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan.

d. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya adalah merencanakan banyaknya biaya yang akan digunakan serta susunan pelaksanaannya dalam perencanaan anggaran biaya perlu dilampirkan analisa harga satuan bahan dari setiap pekerjaan agar jelas jenis – jenis pekerjaan dan bahan yang digunakan.

e. Rekapitulasi Biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok – pokok pekerjaan beserta biayanya dan waktu pelaksanaannya.

f. Rencana Kerja (*Time Schedule*)

Rencana kerja (*Time Schedule*) adalah pengaturan waktu rencana kerja secara terperinci terhadap suatu item pekerjaan yang berpengaruh terhadap selesainya secara keseluruhan suatu proyek konstruksi.

Adapun jenis – jenis *time schedule* atau rencana kerja :

1) Bagan Balok (*Barchart*)

Barchart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal dan kolom arah horizontal yang menunjukkan skala waktu.

2) Kurva S

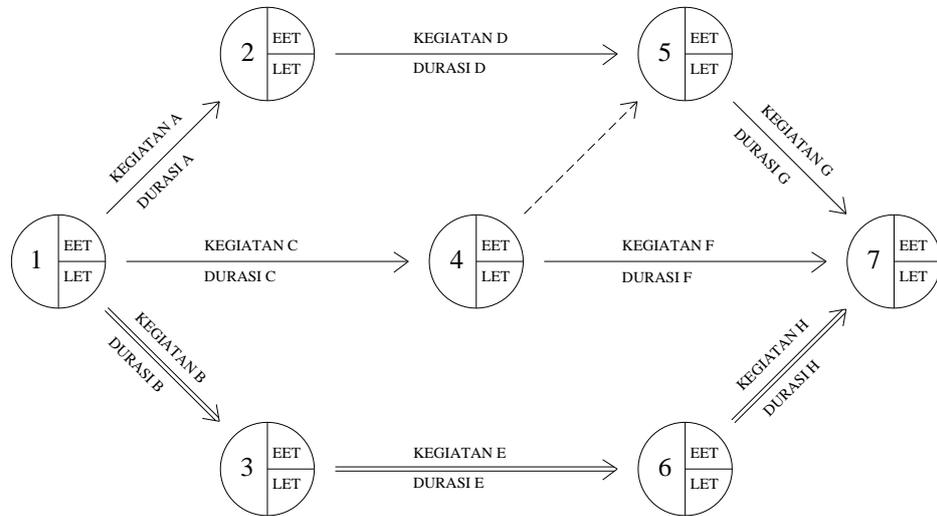
Kurva S adalah kurva yang menggambarkan komulatif *progress* pada setiap satuan waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Bertambah atau tidaknya persentase pembangunan konstruksi dapat dilihat pada kurva S dan dapat dibandingkan dengan keadaan dilapangan.

3) Jaringan kerja / *Network Planning* (NWP)

NWP adalah salah satu cara baru dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Di dalam NWP 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 dan pekerjaan mana yang dapat menunggu. Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

- (a) Merencanakan, *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.
- (b) Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek.
- (c) Mendokumentasikan dan mengomunikasikan secara *scheduling* (waktu) dan alternatif-alternatif lain penyelesaian proyek dengan tambahan waktu.
- (d) Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur-jalur kritis (*critical path*) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.

Gambar *network planning* dapat dilihat pada gambar 2.29 dibawah ini :



Gambar 2.29 Sketsa *Network Planning*

Keterangan :

- (1) *Arrow*, simbol ini merupakan aktivitas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu.
- (2) *Node/ Event*, artinya saat, peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah awal atau akhir dari suatu kegiatan.
- (3) *Double Arrow*, anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis *Critical Path*.
- (4) *Dummy*, bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu yang berarti kegiatan tersebut tidak menekan waktu
- (5) 1, 2, 3,... dst = nomor kejadian.
- (6) EET (*Earliest Event Time*) adalah waktu paling cepat yaitu menjumlahkan durasi dari kejadian yang dimulai dari kejadian awal dilanjutkan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka terbesar. LET (*Lastest Event Time*) adalah waktu yang paling lambat, yaitu mengurangi durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir dilanjutkan kegiatan sebelumnya dengan mengambil angka terkecil.