

BAB II

TINJAUAN UMUM

2.1 Dasar Perencanaan Geometrik

2.1.1 Pengertian

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 survey lapangan, kemudian di analisis berdasarkan acuan perencanaan geometrik yang berlaku. Acuan perencanaan yang dimaksud adalah sesuai dengan standar perencanaan geometrik yang dianut di Indonesia. (Hamiran Saodang, 2010)

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

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

Yang menjadi dasar perencanaan geometrik jalan adalah sifat gerakan dan ukuran kendaraan, sifat pengemudi dalam mengendalikan gerak kendaraannya, dan karakteristik arus lalu lintas. Hal tersebut haruslah menjadi bahan pertimbangan perencana sehingga dihasilkan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan yang memenuhi tingkat kenyamanan dan keamanan yang diharapkan. (Silvia Sukarman, 1999)

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

2.1.2 Data peta topografi

Keadaan topografi dalam penetapan trase jalan memegang peranan penting, karena akan mempengaruhi penetapan alinyemen, kelandaian jalan, jarak pandang, penampang melintang, saluran tepi dan lain sebagainya. (Hamirhan Saodang, 2004)

Pengukuran peta topografi dimaksudkan untuk mengumpulkan data topografi yang cukup untuk digunakan dalam perencanaan geometrik. Data peta topografi di gunakan untuk menentyukan kecepatan sesuai dengan daerahnya. Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan rencana.

Pekerjaan pengukuran terdiri dari beberapa kegiatan berikut :

- a. Pekerjaan Perintisan berupa merintis atau membuka sebagian daerah yang akan diukur sehingga pengukuran dapat berjalan lancar.

b. Kegiatan Pengukuran yang meliputi :

1. Penentuan titik-titik kontrol vertikal dan horizontal yang di pasang setiap interval 100 meter pada rencana as jalan.
2. Pengukuran penmpang melintang dan penampang memanjang.
3. Pengukuran situasi pada bagian kiri dan kanan dari jalan yang di maksud dan sisebutkan serta tata guna tanah di sekitar trase.
4. Perhitungan perencanaan desain jalan dan pengambaran peta topografi berdasarkan titik-titik koordinat kontrol diatas.

2.1.3 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 menggunakan 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 kontruksi perkerasan. (Hamirhan Saodang, 2004)

Data arus lalu lintas merupakan informasi dasar bagi perncanaan dan 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 survey 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 (kend/jam).

Volume lalu lintas dinyatakan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP) yang didapat dengan mengalikan atau mengkonversikan angka faktor eqivalensi (FE) setiap kendaraan yang melintasi jalan tersebut dengan

jumlah kendaraan yang diperoleh dari hasil pendataan (kend/jam). Volume lalu lintas dalam SMP ini menunjukkan besarnya Jumlah Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut. Dari Lalu Lintas Rata-rata (LHR) yang didapatkan kita dapat merencanakan tebal perkerasan.

Untuk merencanakan teknik jalan baru, survey 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 :

1. Survey 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.
2. Survey 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. (L. Herdarsin, 2000)

2.1.4 Data penyelidikan tanah

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

1. Penelitian

Penelitian data tanah yang terdiri dari sifat-sifat indeks, klasifikasi USCS dan AASHTO, pemadatan dan nilai CBR. Pengambilan data CBR di lapangan 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 CBR di setiap titik lokasi. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara analisis dan grafis.

a. Cara analisis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analisis adalah :

$$CBR_{\text{segmen}} = (CBR_{\text{rata-rata}} - CBR_{\text{min}}) / R$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam suatu segmen. Nilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada tabel 2.1 di bawah ini:

Tabel 2.1 Nilai R untuk perhitungan CBR segmen

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

(Sumber : Silvia Sukarman, *Perkerasan lentur jalan raya*, 1995)

b. Cara Grafis

Prosedur adalah sebagai berikut :

1. Tentukan nilai CBR terendah.
2. Tentukan berapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR kemudian disusun pada tabel, mulai dari CBR terkecil sampai yang terbesar.
3. Angka terbanyak diberi nilai 100 %, angka yang lain merupakan persentase dari 100 %.
4. Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dengan persentase nilai tadi.
5. Nilai CBR segmen adalah nilai pada keadaan 90 %.

2. Analisa

Melakukan analisa pada contoh tanah terganggu dan tidak terganggu, juga terhadap bahan kontruksi, dengan menggunakan ketentuan ASTM dan AASTHO maupun standar yang berlaku di indonesia.

3. Pengujian Laboratorium

Uji bahan kontruksi untuk mendapatkan :

- a. Sifat-sifat Indeks (*indeks Properties*) yaitu meliputi G_s (*Specific gravity*), W_N (*Water Natural Content*), γ (berat isi), e (angka pori), n (*Porositas*), S_r (derajat kejenuhan).
- b. Klasifikasi USCS dan AASTHO
 1. Analisa ukuran butir (*Grain Size Analysis*)
 - a. Analisa Saringan (*sieve Analysis*)
 - b. Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)
 2. Batas-batas Atteberg (*Atteberg Limits*)
 - a. *Liquid Limit* (LL) = batas cair
 - b. *Plastic Limit* (PL) = batas plastis
 - c. *Indeks Plastis* (IP) = LL-PL
 3. Pemadatan : γ_d maks dan W_{opt}
 - a. Pemadatan standar
 - b. Pemadatan modifikasi
 - c. Dilapangan di cek dengan sandcone $\pm 100\%$ γ_d maks
 4. CBR laboratorium (CBR rencana), berdasarkan pemadatan γ_d maks dan W_{opt}
 - a. CBR lapangan : DCP $\rightarrow$ CBR lapangan

2.1.5 Data penyelidikan material

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

1. Mengadakan penelitian terhadap semua data material yang ada selanjutnya melakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut akan

dilakukan berdasarkan survey langsung dilapangan maupun dengan pemeriksaan laboratorium.

2. Penyelidikan lokasi sumber material yang ada beserta perkiraan jumlahnya untuk pekerjaan-pekerjaan penimbunan pada jalan dan jembatan serta bangunan pelengkap.

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

- a. Tanah berbutir kasar

Tanah yang termasuk dalam kelompok butiran kasar contohnya adalah kerikil dan pasir.

- b. Tanah berbutir halus

Dilapangan tanah kelompok ini sudah dibedakan secara virtual antara lempung dan lanau, kecuali dengan cara perkiraan karakteristik plastisnya. (L. Hendarsin Shirley, 2000)

2.2 Klasifikasi Jalan

2.2.1 Klasifikasi jalan menurut fungsi jalan

Klasifikasi berdasarkan Undang-undang No. 38 mengenai jalan dapat dilihat dibawah ini :

1. 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. (R. Desutama. 2007)

Jika ditinjau dari peranan jalan itu sendiri, ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi oleh Jalan Arteri Primer adalah :

- 1) Kecepatan rencana > 60 km/jam.
- 2) Lebar badan jalan $> 8,0$ m.
- 3) Kapasitas jalan lebih besar dari 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.

Jika ditinjau dari peranan jalan maka persyaratan yang harus dipenuhi oleh Jalan Arteri Sekunder adalah :

- 1) Kecepatan rencana > 30 km/jam.
- 2) Lebar jalan $> 8,0$ m.
- 3) Kapasitas jalan lebih besar atau sama dari volume lalu lintas rata-rata.
- 4) Tidak boleh diganggu oleh lalu lintas lambat.

2. Jalan Kolektor

Jalan Kolektor Primer adalah ruas jalan yang menghubungkan antar kota kedua dengan kota jenjang kedua, atau kota jenjang kesatu dengan kota jenjang ketiga. (R. Desutama. 2007)

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 $> 7,0$ m.
- 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 jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder lainnya atau 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 $> 7,0$ m.

3. 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 di bawahnya. (R. Desutama, 2007)

Jika ditinjau dari peranan jalan maka persyaratan yang harus dipenuhi oleh Jalan Lokal Primer adalah :

- 1) Kecepatan rencana > 20 km/jam.
- 2) Lebar badan jalan $> 6,0$ m.
- 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 > 5,0 m.

4. Jalan Lingkungan

Jalan Lingkungan adalah merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri-ciri seperti pada Tabel 2.2 sebagai berikut :

Tabel 2.2 Ciri-ciri Jalan Lingkungan

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

(Sumber : UU No.38 Tahun 2004)

2.2.2 Klasifikasi menurut kelas jalan

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

Salah satu penentuannya adalah dengan cara menghitung LHR akhir umur rencana. 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 :

$$P_n = P_o + (1+i)^n \dots\dots\dots(2.1)$$

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 di dapat nilai LHR yang direncanakan dan dikalikan dengan faktor equivalensi (FE), maka didapat klasifikasi kelas jalan tersebut. Nilai faktor equivalensi dapat dilihat pada tabel 2.3 dibawah ini :

Tabel 2.3 Nilai Faktor Equivalensi 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)

Kelas jalan sesuai dengan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPGJR 1997) dapat dilihat pada tabel 2.4 dibawah ini :

Tabel 2.4 Klasifikasi Kelas Jalan

No	Klasifikasi Jalan	Kelas	Lalulintas Harian (smp)
1.	Jalan utama	I	> 20.000
2.	Jalan sekunder	II A	6000 – 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 jalan-jalan yang tergolong dalam kelas II C dan III, kendaraan yang tidak bermotor tak diperhitungkan dan untuk jalan-jalan kelas II A dan I, kendaraan lambat tak diperhitungkan.

Khusus untuk perencanaan 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 tak terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tak 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 II A

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

d. Kelas II B

Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan dari penetrasi berganda atau yang setarap dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat tapi tanpa kendaraan tak 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 tak bermotor.

f. Kelas III

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

2.2.3 Klasifikasi jalan menurut medan jalan

Berdasarkan perhitungan rata-rata dari ketinggian muka tanah lokasi rencana, maka dapat diketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan. Klasifikasi jalan berdasarkan medan jalan dapat dilihat pada tabel 2.5 dibawah ini :

Tabel 2.5 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

No	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan medan (%)
1	Datar	pD	< 3
2	Perbukitan	B	3-25
3	Pengunungan	G	> 25

sumber : Tata cara perencanaan geometrik jalanantar kota, dirjen binamarga, 1997

2.3 Kriteria Perencanaan Jalan

Dalam perencanaan 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 perencanaan geometrik jalan terdapat tiga tujuan utama yaitu :

1. Memberikan keamanan dan kenyamanan, seperti jarak pandang, ruang yang cukup bagi manuver kendaraan dan koefisien gesek permukaan jalan yang cukup.
2. Menjamin suatu perencanaan yang ekonomis.
3. Memberikan suatu keseragaman geometrik jalan sehubungan dengan jenis medan.

Berikut ini adalah parameter kendaraan yang direncanakan dalam perencanaan geometrik jalan antara lain :

2.3.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana merupakan kendaraan yang dipakai dimension dan radius putarnya sebagai acuan dalam perencanaan geometrik.

Kendaraan rencana dikelompokkan kedalam 3 kategori :

- a. Kendaraan kecil, diwakilkan mobil penumpang
- b. Kendaraan sedang, diwakilkan oleh truk as 3 tandem dan bus besar 2 as
- c. Kendaraan besar, diwakilkan oleh truk semi trailer

Dimensi dasar untuk masing-masing kategori kendaraan rencana ditunjukkan pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 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 jalanantar kota, dirjen binamarga, 1997)

2.3.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih untuk keperluan perencanaan 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.

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 inilah yang dipergunakan untuk perencanaan geometrik (alinyemen). Kecepatan rencana dari masing-masing kendaraan dapat ditetapkan pada tabel 2.7.

Tabel 2.7 Kecepatan rencana (V_r) sesuai klasifikasi fungsi dan medan jalan.

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana V (km/jam)		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	70 – 120	60 – 80	40 – 70
Kolektor	60 – 90	50 – 60	30 – 50
Lokal	40 – 70	30 – 50	20 – 30

(sumber : Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, dirjen binamarga, 1997)

2.4 Penentuan trase jalan

Dalam pembuatan jalan harus ditentukan trase jalan yang harus diterapkan sedemikian ruas , 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 sabagai berikut :

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

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

2.5 Alinyemen horizontal

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

Pada perencanaan alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis dari bagian jalan yaitu bagian lurus dan bagian lengkung (tikungan). Dalam perencanaan 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 V_r). Nilai panjang bagian lurus maksimum dapat dilihat pada tabel 2.8 dibawah ini :

Tabel 2.8 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 sering digunakan yaitu dapat dilihat dibawah ini :

1. Full Circle (FC)
2. Spiral Circle Spiral (SCS)
3. Spiral-Spiral (SS)

2.5.1 Penentuan Golongan Medan

Berdasarkan perhitungan rata-rata dari ketinggian muka tanah lokasi rencana, maka dapat diketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan. Klasifikasi golongan medan dapat dilihat pada tabel 2.9 dibawah ini.

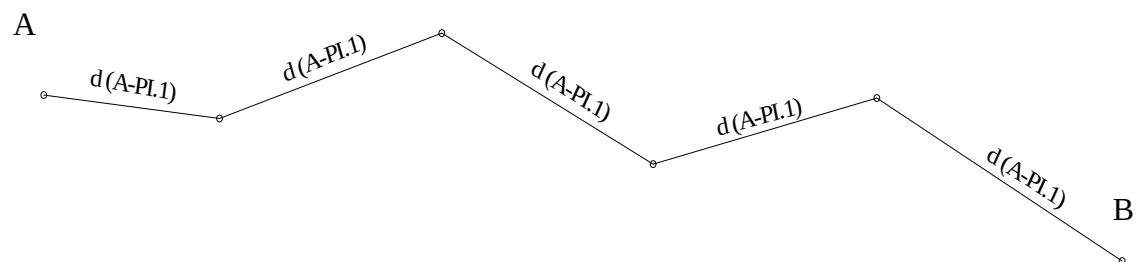
Tabel 2.9 Klasifikasi golongan medan

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

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

2.5.2 Menentukan Koordinat dan Jarak

Penentuan titik-titik penting yang diperoleh dari pemilihan rancana alinyemen horizontal. Gambar koordinat dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini :



Gambar 2.1 Koordinat dan jarak

Titik penting yang perlu ditentukan koordinatnya adalah :

1. Titik awal proyek dengan simbol A.
2. Titik PI 1, PI 2,..... PI n sebagai titik potong (*Point of Intersection*) dari dua bagian lurus rencana alinyemen horizontal.
3. 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 :

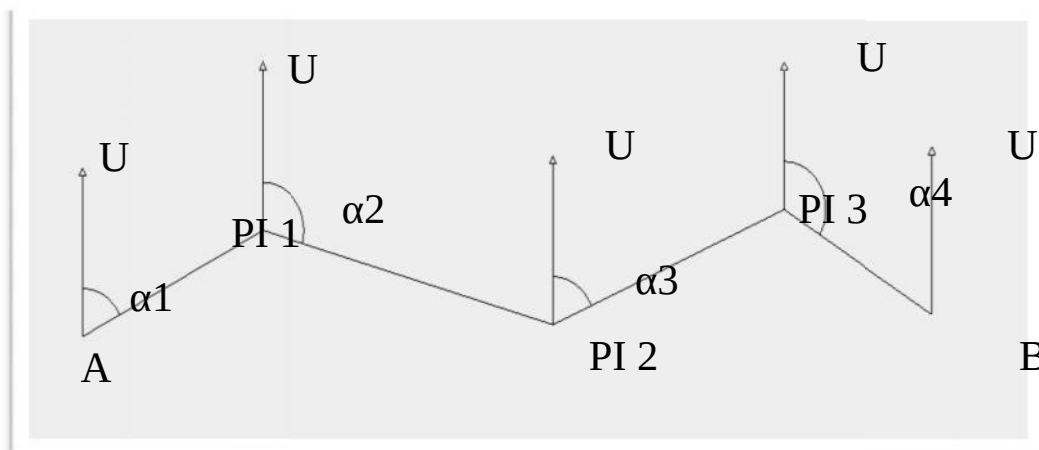
$$d = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

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

2.5.3 Menentukan Sudut Jurusan (α) dan Sudut Bearing (Δ)

Sudut jurusan (α) ditentukan berdasarkan arah utara. Gambar sudut jurusan dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini :



Gambar 2.2 Sudut jurusan (α)

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

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

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

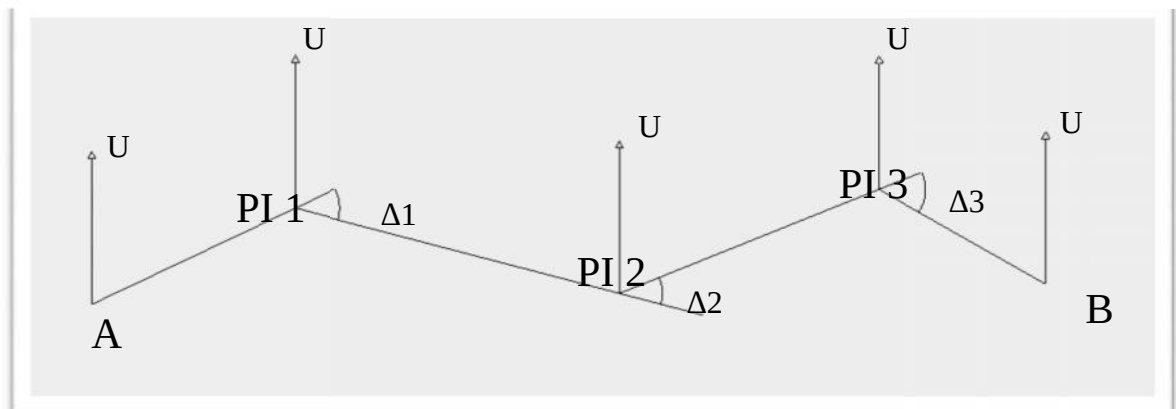
$$\alpha_4 = \alpha(PI\ 4 - B)$$

Sudut jurusan (α) dihitung dengan rumus :

$$\alpha = \arctan \frac{(X_{PI.1} - X_A)}{(Y_{PI.1} - Y_A)} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\alpha = 90 - \arctan \frac{(Y_{PI.1} - Y_A)}{(X_{PI.1} - X_A)} \dots\dots\dots(2.4)$$

Sudut Bearing (Δ) diperlukan dalam menentukan tikungan. Gambar sudut bearing dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini :



Gambar 2.3 Sudut Bearing (Δ)

$$\Delta_1 = (\alpha_2 - \alpha_1)$$

$$\Delta_2 = (\alpha_3 - \alpha_2)$$

$$\Delta_1 = (\alpha_4 - \alpha_3)$$

2.5.4 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 perencanaan tikungan agar dapat memberikan keamanan dan kenyamanan perlu mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut :

1. Jari-jari lengkung minimum

Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu ditentukan jari-jari minimum untuk superelevasi maksimum 10%. Nilai panjang jari-jari minimum dapat dilihat pada tabel 2.10 dibawah ini :

Tabel 2.10 Panjang Jari-jari Minimum untuk emaks = 10%

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

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

2. Bentuk-bentuk tikungan

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

a. Tikungan *full circle*

Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan yang mempunyai jari-jari besar dan sudut tangen yang relatif kecil. Atas dasar ini maka perencanaan tikungan dapat memberikan keamanan dan

kenyamanan bagi pengguna jalan raya, dalam merencanakan tikungan harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

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

Jenis tikungan *full circle* ini merupakan jenis tikungan yang paling ideal ditinjau dari segi keamanan dan kenyamanan bagi pengemudi dan kendaraannya, karena sudut tikung dari tikungan ini tidak terlalu tajam. Namun apabila ditinjau dari penggunaan lahan dan biaya pembangunannya yang relatif terbatas, jenis tikungan ini merupakan pilihan yang sangat mahal.

Adapun batasan dimana diperbolehkan menggunakan tikungan jenis *full circle* adalah sebagai berikut sesuai dengan tabel 2.11 di bawah ini :

Tabel 2.11 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 diatas, maka bentuk tikungan yang harusnya dipakai adalah tikungan *spiral-circle-spiral*.

Disamping ketentuan jari-jari lengkung minimum diatas ada ketentuan lain yang harus dipenuhi, berikut adalah rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *full circle*, yaitu :

$$T_c = R \tan \frac{1}{2} \Delta \quad (\text{m}) \dots \dots \dots (2.5)$$

$$E_c = T \tan \frac{1}{4} \Delta \quad (\text{m}) \dots \dots \dots (2.6)$$

$$L_c = \frac{p}{180} \Delta R \quad (\text{m}) \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana : Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen (derajat).

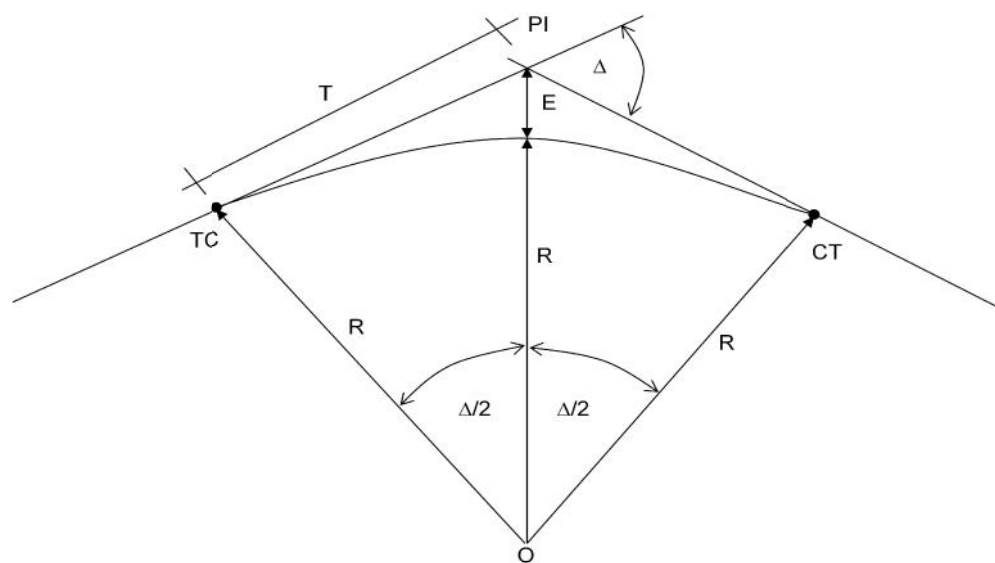
T_c = Panjang tangent dari TC ke PI atau PI ke CT (m).

R_c = Jari-jari lingkaran (m).

L_c = Panjang busur lingkaran (m).

E_c = Jarak luar dari PI ke busur lingkaran (m).

Bentuk Tikungan *Full Circle* dapat dilihat pada gambar 2.4 dibawah ini :



Gambar 2.4 Tikungan *Full Circle*

Keterangan :

- Δ = Sudut tikungan atau sudut tangent (derajat).
- T_c = Panjang tangent dari TC ke PI atau PI ke CT (m).
- R_c = Jari-jari lingkaran (m).
- L_c = Panjang busur lingkaran (m).
- E_c = Jarak luar dari PI ke busur lingkaran (m).

b. Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

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

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

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

a. Lengkung Peralihan

Pada bentuk spiral ini merupakan transmisi dan bagian lurus ke bagian circle, kemudian dikenal dengan istilah Transmition Curve :

1. Menjaga agar perubahan sentrifugal yang timbul pada saat kendaraan memasuki atau meninggalkan tikungan, dapat terjadi secara berangsur-angsur. Dengan demikian dapat

melintasi jalur yang telah disediakan dan tidak melintasi jalur lain.

2. Untuk memungkinkan mengadakan perubahan dari lereng jalan normal ke kemiringan sebesar super elevasi yang diperhitungkan.

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

1. Berdasarkan waktu tempuh maksimum (3 detik), untuk melintasi lengkung peralihan, maka panjang lengkung ;

$$L_s = \frac{V_R}{3.6} T \quad (\text{m}) \dots \dots \dots (2.8)$$

2. Berdasarkan antipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus *modifikasi short*, sebagai berikut ;

$$L_s = 0,022 \frac{V_R^3}{R_c.C} T - 2,727 \frac{V_R - e}{C} \quad (\text{m}) \dots \dots \dots (2.9)$$

3. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian ;

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3.6re} V_R \quad (\text{m}) \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana :

T = Waktu tempuh (3 detik)

R_c = Jari-jari busur lingkaran (m)

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

Γ_e = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan

Untuk $V \leq 70$ km/jam, $\Gamma_e = 0,035$ m/m/dt

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

b. *Circle*

Radius circle diambil berdasarkan kecepatan rencana dan tidak mengakibatkan kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum. Besar jari-jari minimum ditentukan berdasarkan rumus dibawah ini :

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127 \cdot (e + fm)} \dots\dots\dots(2.11)$$

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 2.12 dibawah ini :

Tabel 2.12 Harga fm

V	30	40	60	80	100	120
fm	0.17125	0.1650	0.1525	0.14	0.1275	0.115

(sumber : geometrik jalan, Hamirhan Soedang 2004)

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

1. Kemiringan maksimum untuk jalan antar kota = 0,10
2. Kemiringan maksimum untuk jalan dalam kota = 0,08

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

- a. Kemiringan tikungan maksimum
- b. Koefisien gesekan melintang maksimum

Rumus-rumus yang berlaku dalam perencanaan tikungan spiral-circle-spiral ini adalah :

$$T_s = (R + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \quad (\text{m}) \dots \dots \dots (2.12)$$

$$E_s = \frac{R + P}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \quad (\text{m}) \dots \dots \dots (2.13)$$

$$L_{\text{tot}} = L_c + 2 L_s \quad (\text{m}) \dots \dots \dots (2.14)$$

$$L_c = \frac{\Delta}{360} \cdot 2\pi R \quad (\text{m}) \dots \dots \dots (2.15)$$

$$2\theta_s = \frac{L_s}{2\pi R} \times 360 \quad (^\circ) \dots \dots \dots (2.16)$$

$$\Delta c = \Delta - 2\theta_s \quad (^\circ) \dots \dots \dots (2.17)$$

$$p = Y_s - R (1 - \cos \theta_s) \quad (\text{m}) \dots \dots \dots (2.18)$$

$$k = X_s - R \sin \theta_s \quad (\text{m}) \dots \dots \dots (2.19)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6R} \quad (\text{m}) \dots \dots \dots (2.20)$$

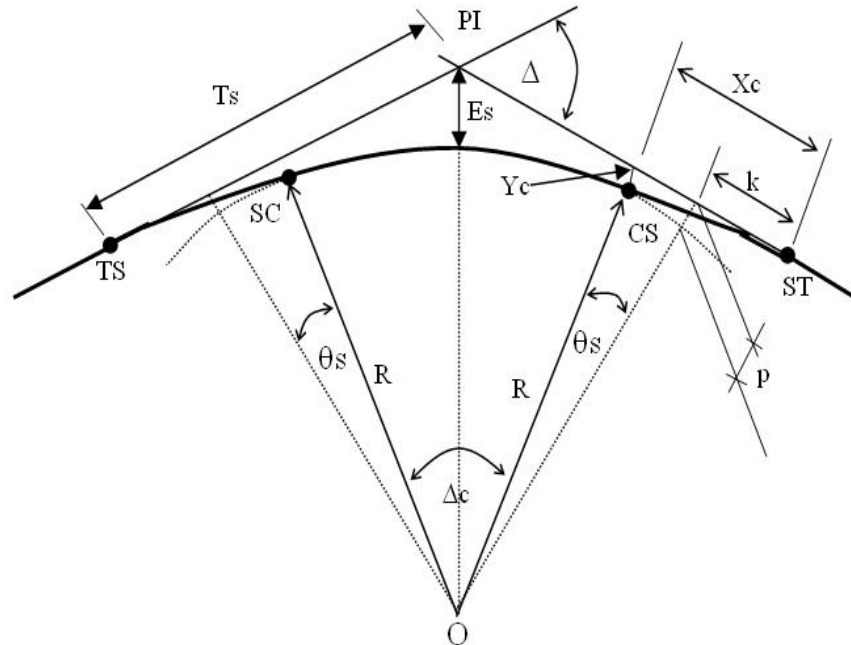
$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40R^2} \right) \quad (\text{m}) \dots \dots \dots (2.21)$$

Kontrol :

Jika diperoleh $L_c < 25 \text{ m}$, maka sebaiknya tidak digunakan untuk SCS, tetapi digunakan lengkung SS, yaitu lengkung yang terdiri dari 2 lengkung peralihan. Jika p yang dihitung dengan rumus ;

$p = L_s^2 / 24.R_c < 0.25$ maka digunakan tikungan jenis FC

Bentuk tikungan Spiral-Circle-Spiral dapat dilihat pada gambar 2.5 dibawah ini :



Gambar 2.5 Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

Keterangan :

- X_s = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC
- Y_s = Ordinat titik SC pada titik tegak lurus pada garis tangen
- L_s = Panjang lengkung peralihan
- L' = Panjang busur lingkaran (dari titik SC ke CS)
- T_s = Panjang Tangen (dari titik PI ke TS atau ke ST)
- TS = Titik dari tangen ke spiral
- SC = Titik dari spiral ke tangen
- Es = 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

c. Tikungan *Spiral-Spiral*

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

Rumus yang digunakan

$$L_s = \frac{\theta_s}{28,648} \cdot R_c \quad (\text{m}) \dots\dots\dots (2.22)$$

$$T_s = (R + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \quad (\text{m}) \dots\dots\dots (2.23)$$

$$E_s = \frac{R + P}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \quad (\text{m}) \dots\dots\dots (2.24)$$

$$L = 2 \cdot L_s \quad (\text{m}) \dots\dots\dots (2.25)$$

$$K = k^* \cdot L_s \dots\dots\dots (2.26)$$

$$P = p^* \cdot L_s \dots\dots\dots (2.27)$$

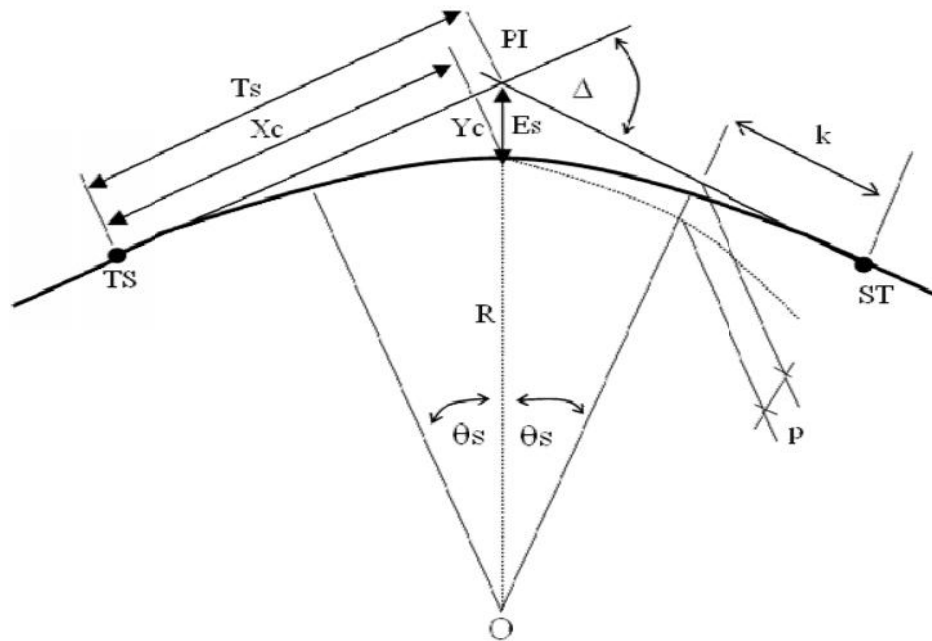
Tabel untuk menentukan nilai p dan k dapat dilihat pada tabel 2.13 dibawah ini :

Tabel 2.13 : TABEL p dan k UNTUK LS = 1

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	0.4957834
1.5	0.0021820	0.4999886	15.0	0.0221896	0.4988381	28.5	0.0439946	0.4956227
2.0	0.0029098	0.4999797	15.5	0.0229553	0.4987580	29.0	0.0448572	0.4954585
2.5	0.0036378	0.4999683	16.0	0.0237236	0.4986750	29.5	0.0457245	0.4952908
3.0	0.0043663	0.4999543	16.5	0.0244945	0.4985892	30.0	0.0465966	0.4951196
3.5	0.0050953	0.4999377	17.0	0.0252681	0.4985005	30.5	0.0474735	0.4949448
4.0	0.0058249	0.4999187	17.5	0.0260445	0.4984090	31.0	0.0483550	0.4947665
4.5	0.0065551	0.4998970	18.0	0.0268238	0.4983146	31.5	0.0492422	0.4945845
5.0	0.0072860	0.4998728	18.5	0.0276060	0.4982172	32.0	0.0501340	0.4943988
5.5	0.0080178	0.4998461	19.0	0.0283913	0.4981170	32.5	0.0510310	0.4942094
6.0	0.0094843	0.4998167	19.5	0.0291797	0.4980137	33.0	0.0519333	0.4940163
6.5	0.0102191	0.4997848	20.0	0.0299713	0.4979075	33.5	0.0528408	0.4938194
7.0	0.0102191	0.4997503	20.5	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	0.4995862	22.5	0.0339801	0.4973311	36.0	0.0574601	0.4927769
9.5	0.0139121	0.4995387	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)

Bentuk tikungan spiral-spiral dapat dilihat pada gambar 2.6 dibawah ini :



Gambar 2.6 Tikungan *Spiral- Spiral*

Keterangan :

- Es = Jarak dari PI ke busur lingkaran
- Ts = Panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST
- TS = Titik dari tangen ke spiral
- SC = Titik dari spiral ke lingkaran
- Rc = Jari-jari lingkaran
- k = Absis dari p pada garis tangen spiral
- p = pergeseran tangen terhadap spiral

2.5.5 Kemiringan melintang

Pada jalan lurus kendaraan bergerak tanpa membutuhkan kemiringan melintang jalan. Tetapi agar air hujan yang jatuh ke atas permukaan jalan cepat mengalir ke samping dan masuk kedalam selokan, maka dibuatkan kemiringan melintang jalan yang umum disebut sebagai kemiringan melintang normal. Besarnya kemiringan melintang normal ini sangat tergantung dari jenis lapis permukaan yang dipergunakan. Semakin kedap

air muka jalan tersebut semakin landai kemiringan melintang jalan yang dibutuhkan, sebaliknya lapisan permukaan yang mudah dirembesi oleh air harus mempunyai kemiringan melintang jalan yang cukup besar, sehingga kerusakan kontruksi perkerasan dapat dihindari. Besarnya kemiringan melintang berkisar antara 2 % - 4 %.

2.5.6 Menentukan Stationing (STA)

Penomoran (stationing) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah dengan memberi nomor pada interval-interval tertentu dari awal sampai akhir proyek. Nomor jalan (STA) dibutuhkan sebagai sarana informasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang ditinjau dan sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Adapun interval untuk masing-masing penomoran jika tidak adanya perubahan arah tangent pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal adalah sebagai berikut :

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

2.5.7 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 (superelevasi) pada bagian lengkung.

Pada tikungan Full Circle (FC) karena lengkung hanya berbentuk busur lingkaran saja, maka pencapaian superelevasi dilakukan sebagian pada jalan lurus dan sebagian lagi pada bagian lengkung. Karena bagian lengkung peralihan itu sendiri tidak ada, maka panjang daerah pencapaian kemiringan disebut sebagai panjang peralihan fiktif (L_s'). Bina Marga

menempatkan $3/4 L_s'$ di bagian lurus (kiri TC atau kanan CT) dan $1/4 L_s'$ ditempatkan di bagian lengkung (kanan TC atau kiri CT). Sedangkan AASHTO menempatkan $2/3 L_s'$ di bagian lurus (kiri TC atau kanan CT) dan $1/3 L_s'$ ditempatkan di bagian lengkung (kanan TC atau kiri CT).

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 lengkung peralihan minimum dan superelevasi dapat dilihat di tabel dibawah ini :

Tabel 2.14 : Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi yang dibutuhkan (e maks = 10 %, metode Bina Marga)

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

LN = lereng jalan normal, diasumsikan 2 %

LP = lereng luar putar sehingga perkerasan superelevasi sebesar lereng jalan normal

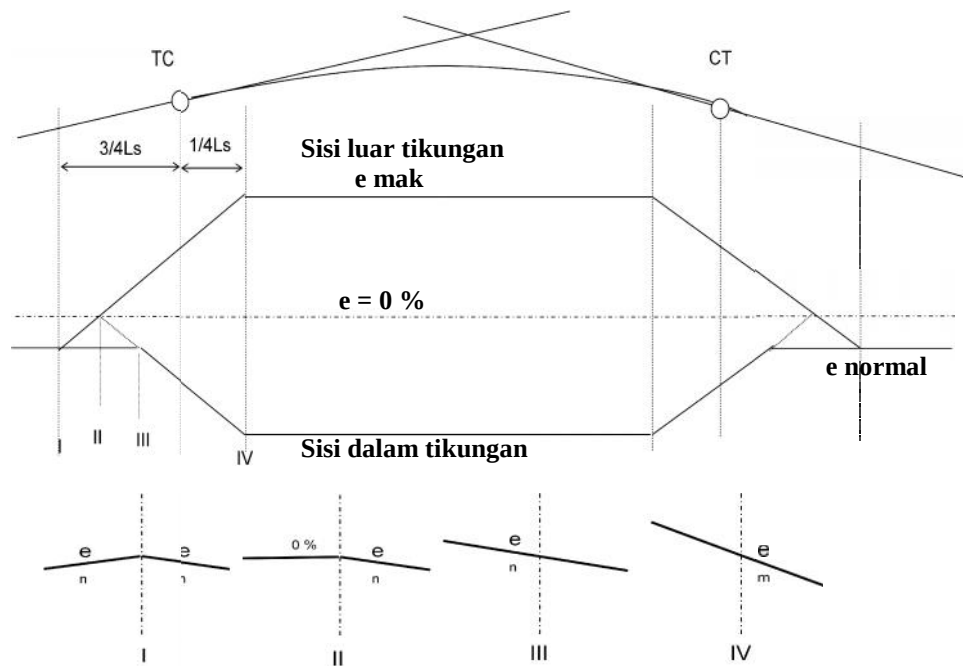
Ls = diperhitungkan dengan mempertimbangkan modifikasi *Shortt* landai relative maksimum tempuh 3 detik, dan lebar perkerasan 2

Sumber : Dasar – dasar Perencanaan Geometri Jalan

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

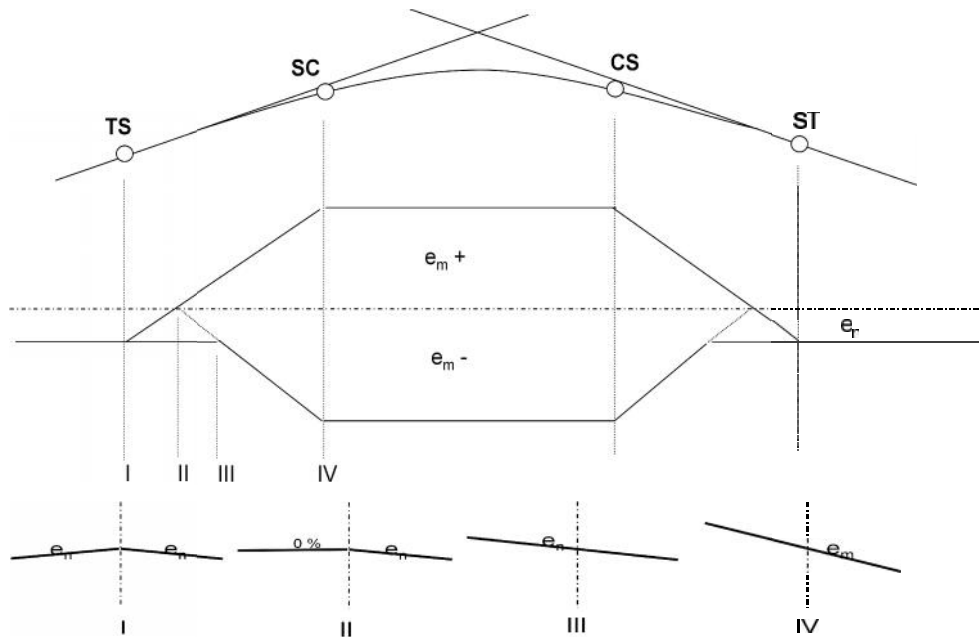
Sumber : Dasar – dasar Perencanaan Geometrik Jalan, Nova

Tikungan Full Circle dapat dilihat pada gambar 2.7 dibawah ini :



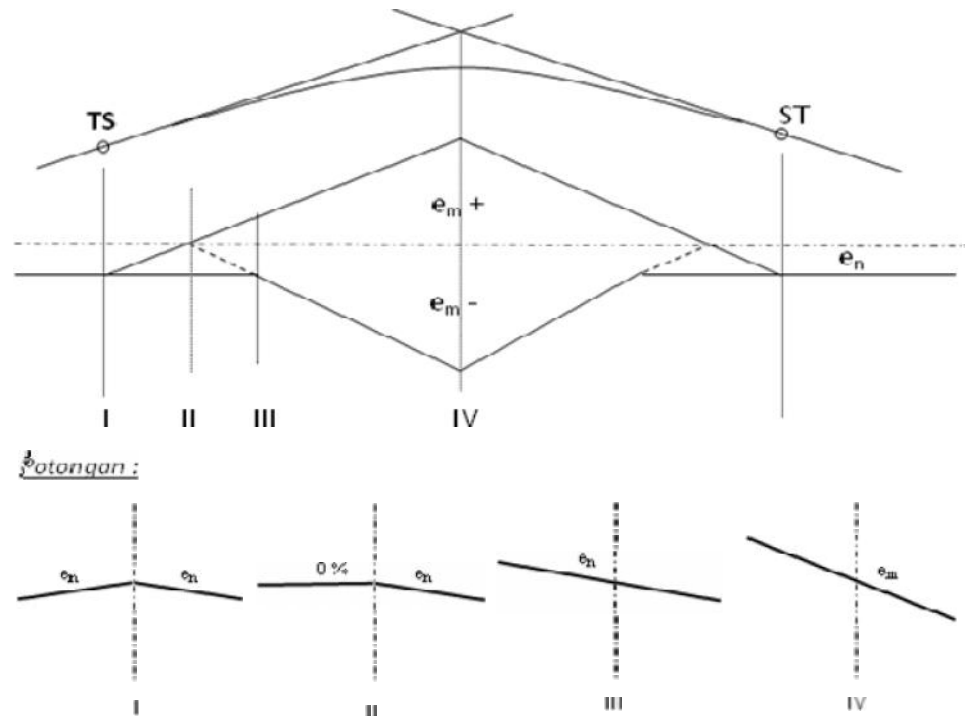
Gambar 2.7 Metode pencapaian superelevasi pada tikungan FC

Tikungan Spiral-Circle-Spiral dapat dilihat pada gambar 2.8 dibawah ini :



Gambar 2.8 Metode pencapaian superelevasi pada tikungan SCS

Tikungan Spiral-Spiral dapat dilihat pada gambar 2.9 dibawah ini :



Gambar 2.9 Metode pencapaian superelevasi pada tikungan SS

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 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.

2.5.8 Perlebaran perkerasan jalan pada tikungan

Perlebaran 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 :

$$B = \sqrt{\left\{\sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25\right\}^2 + 64} - \sqrt{(Rc^2 - 64) + 1,25} \quad (m) \dots\dots\dots (2.28)$$

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

Rc = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan

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

$$Rc = R - \frac{1}{4} Bn + \frac{1}{2} b \quad (m) \dots\dots\dots (2.29)$$

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

Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar kendaraan rencana (m)

$$Bt = n (B + C) + Z \quad (m) \dots\dots\dots (2.30)$$

Dimana : n = Jumlah jalur lalu lintas

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

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

Z = Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi di tikungan (m)

$\Delta b = B_t - B_n$

Δb = Tambahan lebar perkerasan di tikungan (m)

B_n = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

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

$$Z = 0,015 \frac{V}{\sqrt{R}} \quad (\text{m}) \dots\dots\dots (2.31)$$

Dimana : V = Kecepatan rencana (km/jam)

R = Jari-jari tikungan

Perlebaran 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).

2.5.9 Jarak pandang

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

Syarat jarak pandang yang diperlukan dalam perencanaan jalan raya ditunjukan untuk mendapatkan keamanan yang setinggi-tingginya bagi lalu lintas. Adapun jarak-jarak pandang tersebut adalah :

a. Jarak pandang henti

Jarak pandang henti adalah jarak pandang minimum yang diperlukan pengemudi untuk menghentikan kendaraan yang sedang berjalan setelah melihat adanya rintangan pada jalur yang dilaluinya.

Jarak pandang henti diformulasikan dengan berdasarkan asumsi tinggi mata pengemudi 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diatas permukaan jalan. Jarak Pandang Henti (J_h) dalam satuan meter untuk jalan datar dapat dihitung dengan rumus:

$$J_h = 0,694 V_R + 0,004 \frac{V_R^2}{f_p} \dots\dots\dots (2.32)$$

Dimana :

V_R = kecepatan rencana (km/jam)

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

Untuk jalan dengan kelandaian tertentu :

$$J_h = 0,694 V_R + 0,004 \frac{V_R^2}{f_p \pm L} \dots\dots\dots (2.33)$$

Dimana :

J_h = Jarak pandang henti (m)

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

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

L = Landai jalan dalam (%) dibagi 100.

Nilai Jarak pandang henti (J_h) minimum dapat dilihat berdasarkan nilai V_r pada tabel 2.15 dibawah ini :

Tabel 2.15 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/T/BM/1997)

b. Jarak Pandang Mendahului (Jd)

Jarak pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula. Jarak pandang mendahului di ukur berdasarkan asumsi tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm. Jarak kendaraan mendahului dengan kendaraan datang dan jarak pandang mendahului sesuai dengan Vr dapat dilihat pada tabel 2.16 dan 2.17 dibawah ini:

Tabel 2.16 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/T/BM/1997)

Tabel 2.17 Panjang jarak Pandang Mendahului berdasarkan Vr

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

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

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

$$Jd = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots \dots \dots (2.34)$$

$$d_1 = 0,278 t_1 \left(V - m + \frac{at_1}{2} \right) \dots \dots \dots (2.35)$$

$$d_2 = 0,278.V. t_2 \dots \dots \dots (2.36)$$

d_3 = diambil 30 - 100 meter

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

$$d_4 = \frac{2}{3} d_2 \dots \dots \dots (2.37)$$

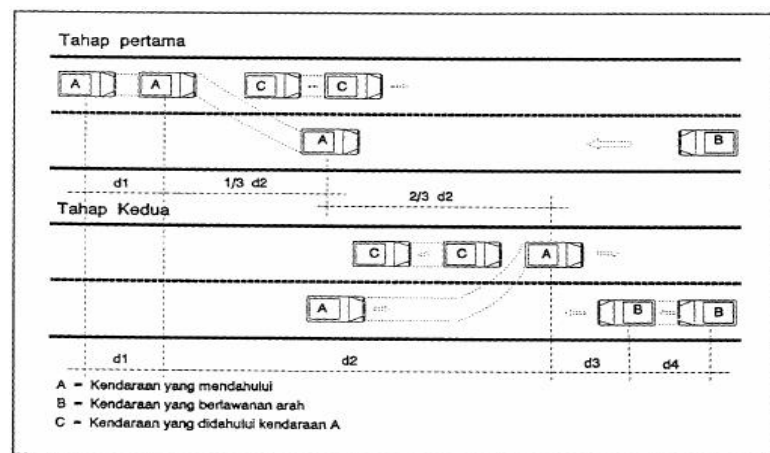
Dimana :

d_1 = jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m),

d_2 = jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m),

d_3 = jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m).

d_4 = jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan, yang besarnya diambil sama dengan $\frac{2}{3} d_2$ (m).



Gambar II.17 Jarak Pandang Mendahului

Gambar 2.10 Jarak Pandang Mendahului

c. Ketentuan untuk mengukur jarak pandangan

Jarak diukur dari mata pengemudi ke puncak penghalang. Untuk jarak pandang henti, ketinggian mata pengemudi 125 cm dan ketinggian

penghalang 15 cm, sedangkan untuk jarak pandang menyiap ketinggian penghalang 125 cm.

2.5.10 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 di tikungan dihitung berdasarkan jarak pandang henti menggunakan rumus-rumus sebagai berikut:

a. Jika $J_h < L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R'} \right) \dots \dots \dots (2.38)$$

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)

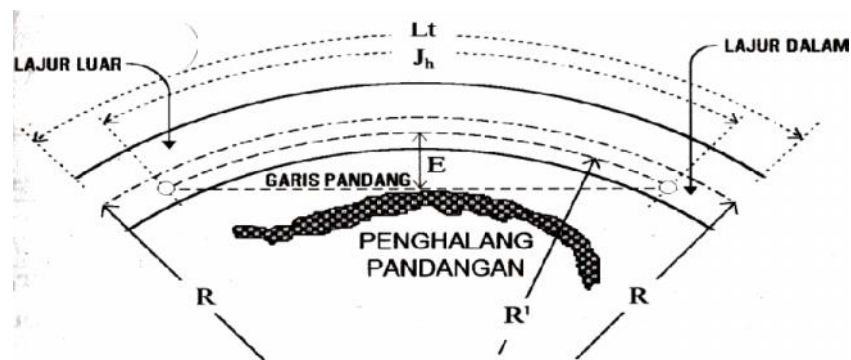
Tabel penentuan nilai E dapat dilihat pada tabel 2.18 dibawah ini :

Tabel 2.18 Nilai E untuk $J_h < L_t$

R (m)	$V_R=20$	30	40	50	60	80	100	120
	$J_h=16$	27	40	55	75	120	175	250
5000								1.6
3000								2.6
2000							1.9	2.9
1500							2.6	3.2
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	2.6	5.4			
120			1.7	3.1	5.8			
110			1.8	3.4	$R_{min}=115$			
100			2.0	3.8				
90			2.2	4.3				
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	$R_{min}=30$					
30	1.6							
20	2.1							
15	$R_{min}=15$							

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

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



Gambar 2.11 Daerah bebas samping di tikungan untuk $J_h < L_t$

b. Jika $J_h > L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R'} \right) + \left(\frac{J_h - L_t}{2} \sin \frac{28,65 J_h}{R'} \right) \dots \dots \dots (2.39)$$

Dimana :

E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari-jari tikungan (m)

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

J_h = Jarak Pandang henti (m)

L_t = Panjang tikungan (m)

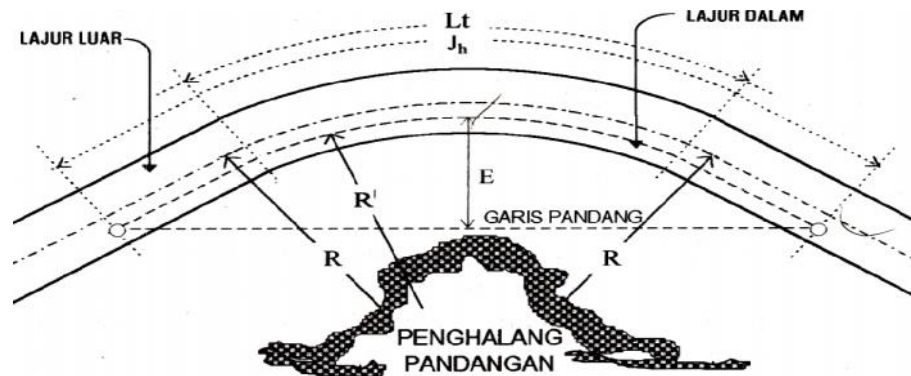
Nilai E (m) dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.19 Nilai E untuk $J_h > L_t$

$R(m)$	$V_R=20$	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		1,5	2,6	4,1	6,7			
150		1,7	3,0	4,8	7,8			
130		2,0	3,5	5,5	8,9			
120		2,2	3,7	6,0	9,7			
110		2,4	4,1	6,5	$R_{min}=115$			
100		2,6	4,5	7,2				
90	1,5	2,9	5,0	7,9				
80	1,6	3,2	5,6	8,9				
70	1,9	3,7	6,4	$R_{min}=80$				
60	2,2	4,3	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.038/T/BM/1997)

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



Gambar 2.12 Daerah bebas samping di tikungan untuk $J_h > L_t$

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

$$M = R (1 - \cos \theta) + \frac{1}{2} (S - L) \sin \theta \quad \dots\dots\dots (2.40)$$

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)

2.6 Alinyemen Vertikal

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

2.6.1 Kelandaian maksimum

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

pendek. Untuk nilai kelandaian maksimum dapat dilihat pada tabel 2.20 di bawah ini :

Tabel 2.20 Landai Maksimum

Landai Max (%)	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,1997)

Panjang kritis adalah panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatan sedemikian rupa, sehingga penurunan kecepatan yang terjadi tidak lebih dari separuh kecepatan rencana (V_R). Lama perjalanan tersebut tidak lebih dari satu menit. (Hamirhan Saodang,2004). Tabel Panjang kritis dapat dilihat pada tabel 2.21 dibawah ini:

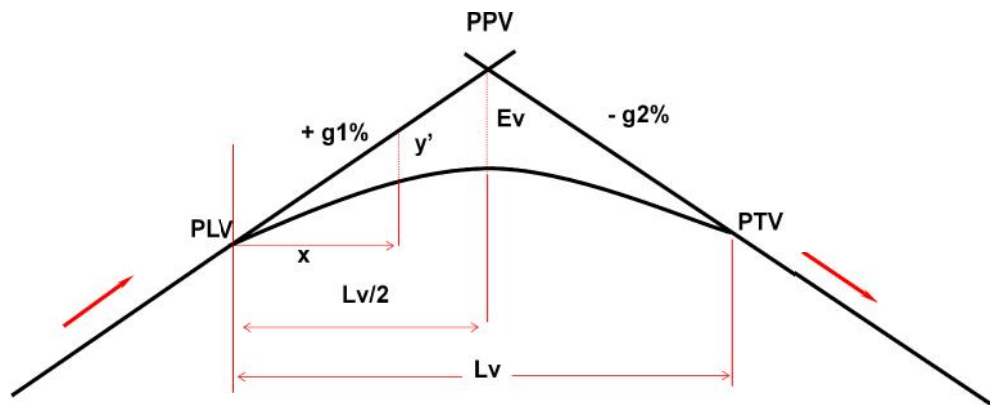
Tabel 2.21 Tabel Panjang Kritis

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

(Sumber:Geometrik jalan, Hamirhan Saodang, 2004)

2.6.2 Lengkung Vertikal

Pada setiap penggantian landai harus dibuat lengkung vertikal yang memenuhi keamanan, kenyamanan dan drainase yang baik. Lengkung vertikal adalah lengkung yang dipakai untuk mengadakan peralihan secara berangsur-angsur dari suatu landai ke landai berikutnya. Gambar lengkung vertikal dapat dilihat pada gambar 2.13 dibawah ini :



Gambar 2.13 Lengkung Vertikal

Kelandaian menaik diberi tanda (+) dan kelandaian menurun diberi tanda (-). Ketentuan 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;

$$Y' = \left[\frac{g_2 - g_1}{200.L} \right] . X^2 \dots\dots\dots (2.41)$$

Dimana :

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

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

g_1, g_2 = besar kelandaian (kenaikan/penurunan) (%).

L_v = panjang lengkung vertikal (m).

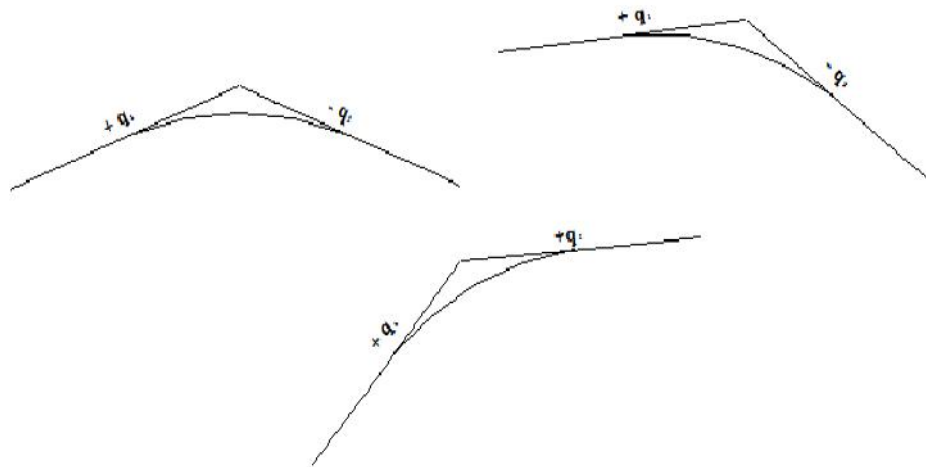
Untuk $x = \frac{1}{2} l_v$, maka $y' = E_v$ dirumuskan sebagai;

$$E_v = \frac{(g_2 - g_1)L_v}{800} \dots\dots\dots (2.42)$$

Lengkung vertikal dibagi dua macam, yaitu ;

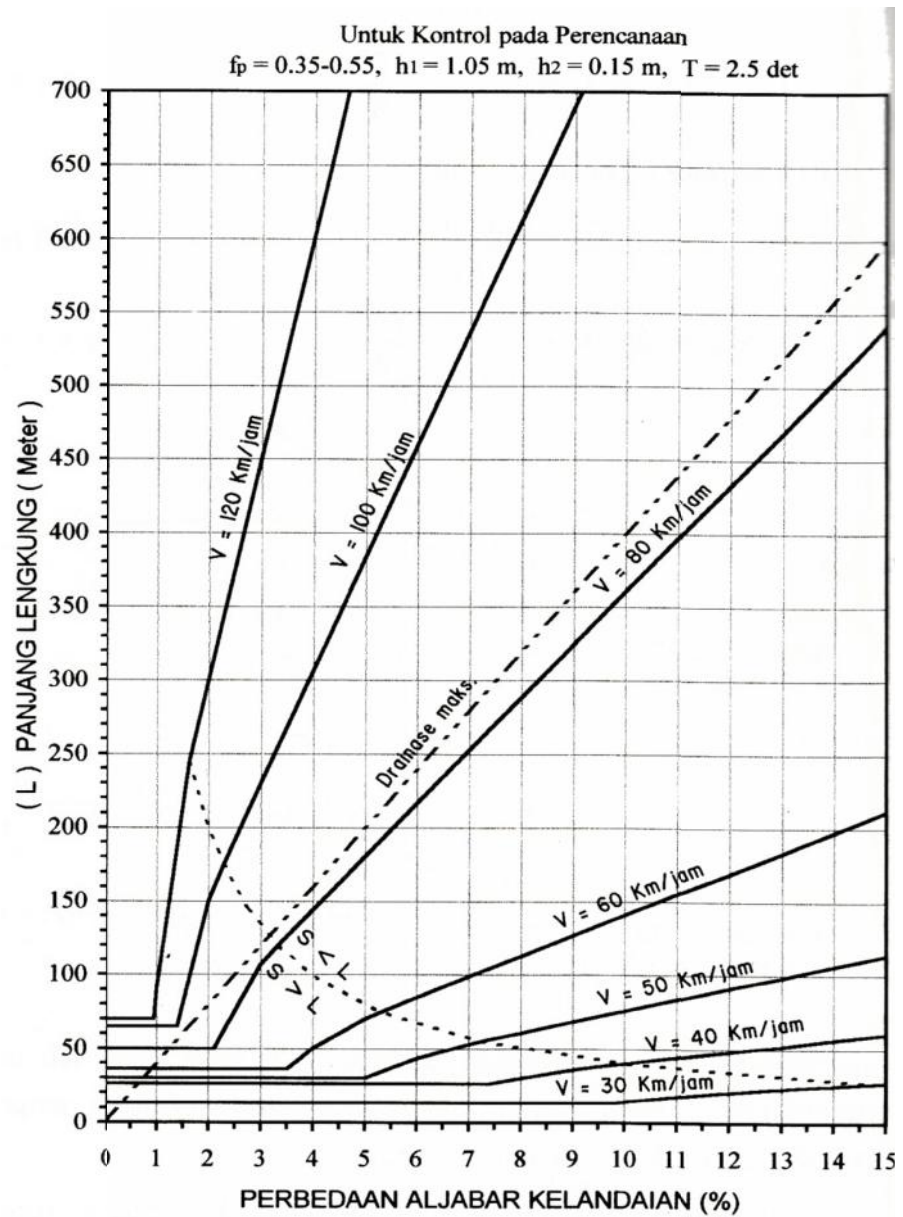
a. Lengkung vertikal cembung.

Titik perpotongan antara ke 2 tangen berada di atas permukaan jalan.

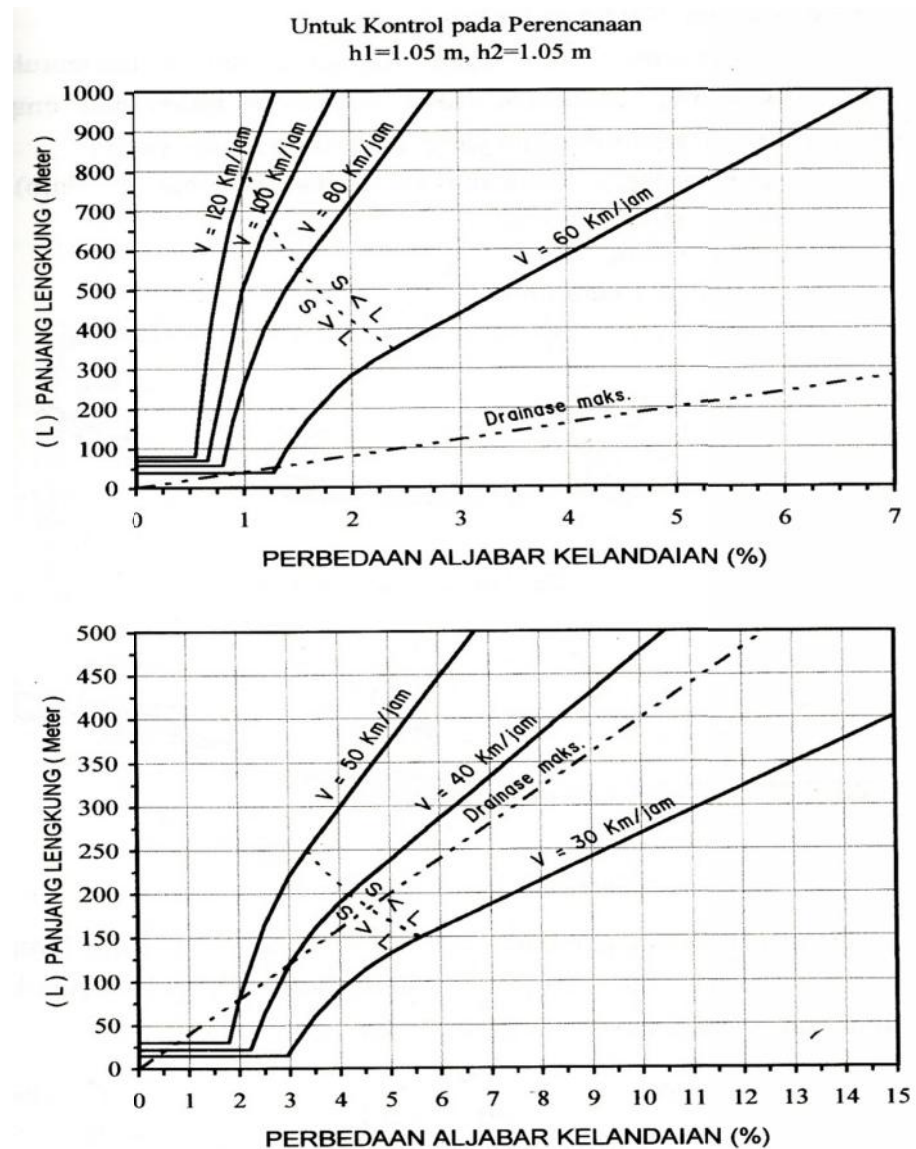


Alinyemen Vertikal Cembung
Gambar 2.14 Alinyemen Vertikal Cembung

Untuk menentukan Panjang lengkung vertikal cembung (L_v) dapat juga ditentukan berdasarkan Grafik pada Gambar 2.15 (untuk jarak pandang henti) dan Grafik pada Gambar 2.16 (untuk jarak pandang menyiap) di bawah ini :



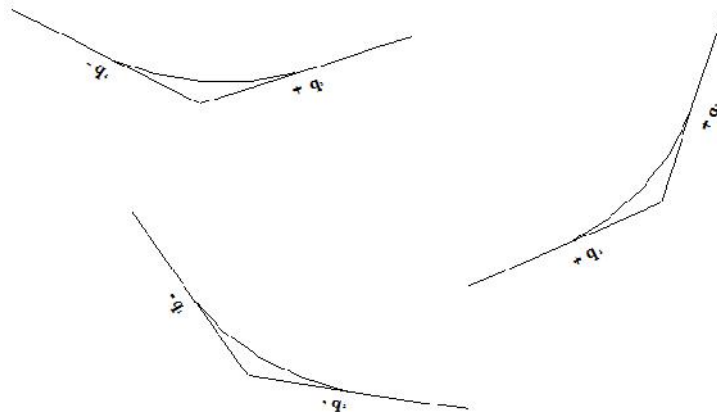
Gambar 2.15 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan Jarak Pandang Henti (J_h)



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

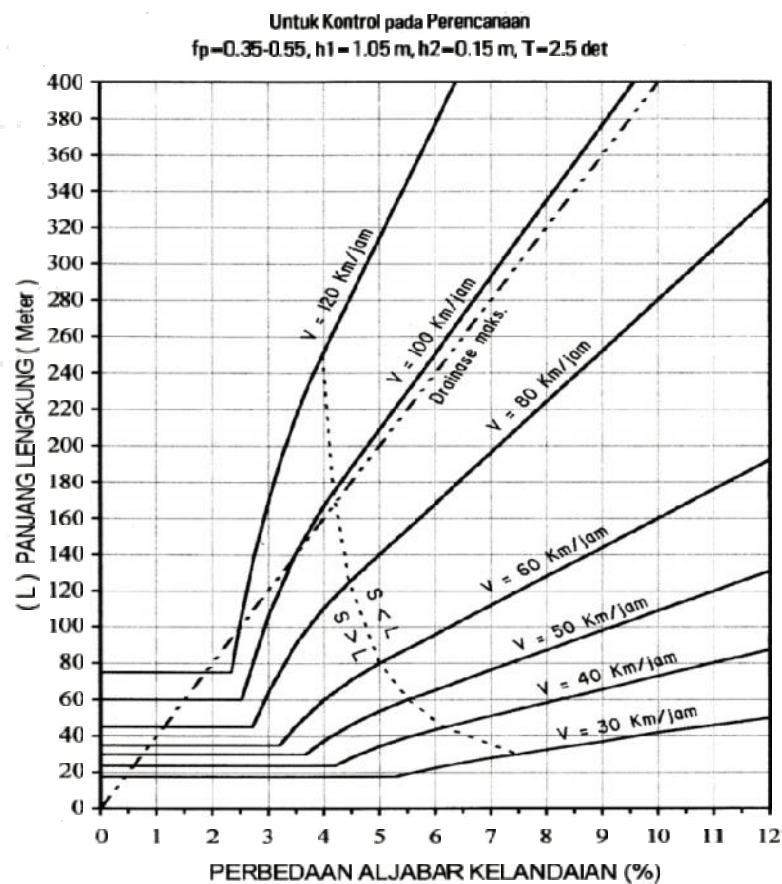
b. Lengkung vertikal cekung.

Titik perpotongan antara ke 2 tangen berada di bawah permukaan jalan. Gambar Alinyemen Vertikal Cekung dapat dilihat pada gambar 2.17 dibawah ini :



Gambar 2.17 Alinyemen Vertikal Cekung

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



Gambar 2.18 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

2.7 Perencanaan Galian dan Timbunan

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

Langkah-langkah perhitungan galian dan timbunan :

1. Penentuan stationing sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase).
2. Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) untuk memperlihatkan perbedaan tinggi muka tanah asli dengan tinggi muka perkerasan yang akan direncanakan.
3. Gambarkan profil melintang pada tiap titik stationing sehingga dapat luas penampang galian dan timbunan.
4. Hitung volume galian dan timbunan dengan mengkalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak antar patok.

2.8 Perencanaan Tebal Perkerasan

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

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

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

1. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

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

2. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

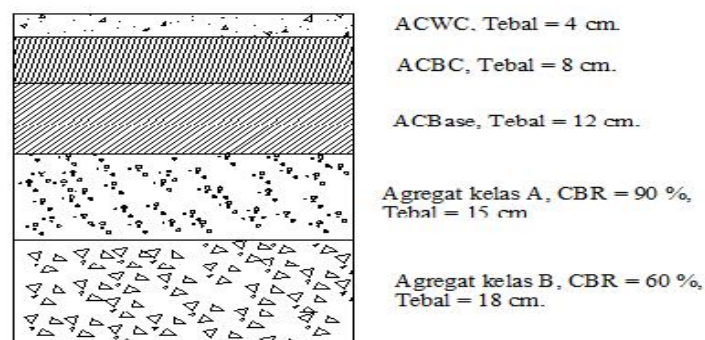
Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dan agregat atau bahan-bahan yang bersifat tidak kaku/lentur.

3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

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

2.8.1 Jenis dan Fungsi Konstruksi Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan terdiri dari lapisan – lapisan yang diletakkan diatas permukaan tanah dasar yang telah dipadatkan. Gambar lapisan perkerasan lentur dapat dilihat pada gambar 2.21 dibawah ini :



Gambar 2.19 Lapisan Perkerasan Lentur

- a. 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 menahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi menahan beban roda selama masa pelayanan.

2. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh tidak meresap ke lapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan – lapisan tersebut.
3. Lapis 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 yang lama

b. Lapisan Pondasi (*Base Course*)

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

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

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 (penghematan biaya konstruksi).
3. Untuk mencegah tanah dasar masuk ke dalam 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.

2.8.2 Kriteria Perancangan

1. Jumlah lajur dan lebar lajur rencana

Lajur rencana merupakan alah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan, yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, jumlah lajur ditentukan dari tabel lebar perkerasan berikut.

Tabel 2.22 Jumlah Lajur berdasarkan lebar perkerasan

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

2. Distribusi kendaraan per lajur rencana

Tabel 2.23 koefisien distribusi kendaraan per lajur rencana (D_L)

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

Keterangan : *) Mobil Penumpang

**) Truk dan Bus

3. Tingkat kepercayaan (reliabilitas)

Tabel 2.24 Tingkat reliabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan

Klasifikasi jalan	Rekomendasi tingkat reliabilitas	
	Perkotaan	Antar kota
Bebas hambatan	85-99.9	80-99.9
Arteri	80-99	75-95
Kolektor	80-100	75-95

Penerapan konsep reliabilitas harus memperhatikan langkah – langkah berikut :

- Devinisikan klasifikasi fungsional jalan dan tentukan apakah merupakan jalan perkotaan atau jalan antar kota.
- Pilih tingkat reliabilitas dari rentang yang diberikan pada tabel 2.25
- Pilih deviasi standar (S_0) yang harus mewakili kondisi setempat. Rentang nilai S_0 adalah 0,35-0,45.

Tabel 2.25 Deviasi normal standar Z_R untuk berbagai tingkat kepercayaan (R)

Tingkat kepercayaan R (%)	Deviasi normal standar, Z_R	Tingkat kepercayaan R (%)	Deviasi normal standar, Z_R	Tingkat kepercayaan R (%)	Deviasi normal standar, Z_R
50,000	-0,000	90,000	-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

4. Drainase

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

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

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

Kualitas drainase menurut AASHTO 1993 maupun ENCHRP 1-37A adalah berdasarkan pada metode *time-to-drain*. *time-to-drain* adalah waktu yang dibutuhkan oleh sistem perkerasan untuk mengalirkan air dari keadaan jenuh sampai pada derajat kejenuhan 50%.

Nilai dari *time-to-drain* ditentukan dengan persamaan dibawah ini:

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

Keterangan :

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

T_{50} = time factor

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

Faktor – faktor geometrik yang dipakai untuk menghitung nilai faktor kemiringan slope factor (S_1) dengan persamaan berikut:

$$S_1 = (L_R \times S_R) / H$$

Keterangan :

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

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

H = Tebal dari lapisan permeable (ft)

Nilai “ m_d ” dihitung dengan persamaan :

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

Keterangan :

n_e = porositas efektif lapisan drainase

k = permeabilitas lapisan drainase dalam feet/ hari

L_R = resultan panjang (feet)

H = tebal lapisan drainase dalam feet

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

K = permeabilitas lapisan drainase dalam feet/ hari

P_{200} = berat agregat yang lolos saringan no 200 dalam %

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 :

a. Menghitung porositas material

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

keterangan :

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

γ_d = kepadatan kering dalam lb/ft³

G = berat jenis curah (bulk), biasanya sekitar 2,5 – 2,7

b. Menghitung resultan kemiringan (Slope resultant)

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

Keterangan :

S_R = resultan kemiringan (%)

S = kemiringan memanjang lapisan drainase (%)

S_x = kemiringan melintang lapisan drainase (%)

c. Menghitung resultan panjang (length resultant)

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

keterangan :

L_R = resultan panjang (feet)

W = lebar lapisan drainase (feet)

S = kemiringan memanjang lapisan drainase (%)

S_x = kemiringan melintang lapisan drainase (%)

Koefisien drainase untuk mengakomodasi kualitas sistem drainase yang memiliki perkerasan jalan dan definisi umum mengenai kualitas drainase.

Tabel 2.26 Definisi kualitas drainase

kualitas drainase	air hilang dalam
baik sekali	2 jam
baik	1 hari
sedang	1 minggu
jelek	1 bulan
jelek sekali	air tidak akan mengalir

Tabel 2.27 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	1,4-1,35	1,35-1,30	1,30-1,20	1,20
baik	1,35-1,25	1,25-1,15	1,15-1	1,00
sedang	1,25-1,15	1,15-1,05	1-0,8	0,80
jelek	1,15-1,05	1,05-0,8	0,8-0,6	0,60
jelek sekali	1,05-0,95	0,95-0,75	0,75-0,4	0,40

5. Kinerja perkerasan

Dalam menentukan indeks pelayanan perkerasan lentur pada akhir umur rencana (IP_t), perlu dipertimbangkan fakto – faktor klasifikasi fungsional jalan sebagaimana diperlihatkan pada tabel 2.28.

Tabel 2.28 indeks pelayanan perkerasan lentur pada akhir umur rencana (IP_t)

Klasifikasi jalan	indeks pelayanan perkerasana akhir umur rencana (IP_t)
Bebas hambatan	$\geq 2,5$
Arteri	$\geq 2,5$
Kolektor	$\geq 2,0$

Dalam menentukan indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_o) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan perkerasan lentur pada awal umur rencana, pada tabel 2.29 disajikan indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_o) untuk beberapa lapisan perkerasan.

Tabel 2.29 indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_o)

jenis lapis perkerasan	IP_o
lapis beton aspal (Laston/AC) dan lapis beton aspal modifikasi (Laston modifikasi/AC-mod)	≥ 4
lapis tipis beton aspal (Lataston/HRS)	≥ 4

2.8.3 Metode perencanaan tebal perkerasan

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

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

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

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

2.8.4 Metode Perencanaan Tebal Perkerasan

- a. Koefisien kekuatan relative (a)

Koefisien kekuatan relative bahan jalan , baik campuran beraspal sebagai lapis permukaan (lapis aus dan lapis permukaan antara), lapis pondasi serta lapis pondasi bawah disajikan pada table 10. Apabila ada

bahan perkerasan baru atau Pembina jalan dan perancang menetapkan kekuatan bahan minimum berbeda dengan table 10, maka nilai kekuatan relative bahan (a) dapat menggunakan referensi seperti pada gambar C.1 sampai dengan gambar C.6 pada lampiran C

Tabel 2.30 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 (%)	a1	a2	a3
	(MPa)	(x 1000 psi)							
1. Lapis Permukaan									
Laston Modifikasi									
- Lapis aus modifikasi	3.200 ⁽⁵⁾	460	1000				0,414		
- Lapis antara modifikasi	3500 ⁽⁵⁾	508	1000				0,360		
- Laston									
- Lapis Aus	3.000 ⁽⁵⁾	435	800				0,400		
- Lapis Antara	3.200 ⁽⁵⁾	464	800				0,344		
- Lataston									
- Lapis Aus	2.300 ⁽⁵⁾	340	800				0,350		
2. Lapis Pondasi									
- Lapis Pondasi Laston Modifikasi	3.700 ⁽⁵⁾	536	2250 ⁽²⁾					0,305	
- Lapis Pondasi Laston	3.300 ⁽⁵⁾	480	1800 ⁽²⁾					0,290	
- Lapis Pondasi Lataston	2.400 ⁽⁵⁾	350	800						
- Lapis Pondasi Lapen								0,190	
- CMRFB (Cold Mix Recycling					300			0,270	

Foam Bitumen)									
Beton Padat Giling	5.900	850		70 ⁽³⁾				0,230	
CTB	5.350	776		45				0,210	
CTRB	4.450	645		35				0,170	
CTSB	4.450	645		35				0,170	
CTRSB	4.270	619		30				0,160	
Tanah Semen	4.000	580		24 ⁽⁴⁾				0,145	
Tanah Kapur	3.900	566		20 ⁽⁴⁾				0,140	
Agregat Kelas A	200	29				90		0,135	
3. Lapis Pondasi Bawah									
Agregat Kelas B	125	18				60			0,125
Agregat Kelas C	103	15				35			0,112
Konstruksi Telford									
Pemadatan Mekanis						52			0,104
Pemadatan Manual						32			0,074
Material Pilihan	84	12				10			0,080

Keterangan:

1. 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 aditif campuran seperti asbuton butir), termasuk asbuton campuran panas.
2. Diameter benda uji 6 inchi
3. Kuat tekan beton untuk umur 28 hari
4. Kuat tekan bebas umur 7 hari dan diameter 7 cm
5. Pengujian modulus elastis menggunakan alat UMATTA pada temperature 25° c, beban 2500 N dan rise time 60 ms serta pembuatan benda uji dikondisikan sesuai AASHTO designation R 30 – 02 (2006)

b. 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 2.24 disajikan pemilihan tipe lapisan beraspal sesuai lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan.

Tabel 2.31 Pemilihan tipe lapisan beraspal berdasarkan lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan

Lalu Lintas Rencana (juta)	Tipe Lapisan Beraspal	
	Kecepatan kendaraan 20 – 70 km/jam	Kecepatan kendaraan ≥ 70 km/jam
< 0,3	Perancangan perkerasan lentur untuk lalu lintas rendah	
0,3 – 1,0	Lapis tipis beton aspal (Laston/HRS)	Lapis tipis beton aspal (Laston/HRS)
10 – 30	Lapis Beton Aspal (Laston/AC)	Lapis Beton Aspal (Laston/AC)
≥ 30	Lapis Beton Aus Modifikasi (Laston Mod/AC-Mod)	Lapis Beton Aspal (Laston/AC)

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

c. Ketebalan Minimum Lapisan Perkerasan

Pada saat menentukan tebal lapis perkerasan, perlu dipertimbangkan keefektifannya dari segi biaya, pelaksanaan konstruksi, dan batasan pemeliharaan untuk menghindari kemungkinan dihasilkannya perancangan yang tidak praktis. Pada tabel 2.35 disajikan tabel minimum untuk lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

Tabel 2.32 Tebal minimum Lapisan Perkerasan

Jenis Bahan	Tebal Minimum	
	(inchi)	(cm)
1. Lapis Permukaan		
Laston Modifikasi		
- Lapis aus modifikasi	1,6	4,0
- Lapis antara modifikasi	2,4	6,0
Laston		
- Lapis Aus	1,6	4,0
- Lapis Antara	2,4	6,0
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	6,0	15,0
CTRB	6,0	15,0
CMRFB	6,0	15,0
CTSB	6,0	15,0
CTRSB	6,0	15,0
Beton Padat Giling	6,0	15,0
Beton Kurus	6,0	15,0
Tanah Semen	6,0	15,0
Tanah Kapur	6,0	15,0
4. Lapis Pondasi Bawah		

Agregat Kelas B	6,0	15,0
Agregat Kelas C	6,0	15,0
Konstruksi Telford	6,0	15,0
Material Pilihan (selected Material)	6,0	15,0

d. Persamaan dasar

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

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

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

W_{18} (W_t) adalah volume kumulatif lalu lintas selama umur rencana.

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

S_0 adalah gabungan standard error untuk perkiraan lalu lintas dan kinerja.

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

MR adalah modulus resilien tanah dasar efektif (psi).

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

e. Estimasi lalu lintas

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

f. Tingkat kepercayaan dan pengaruh drainase

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

g. Modulus resilien tanah dasar efektif

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

h. Perhitungan

$$SN = a_{1.1} \times D_{1.1} + a_{1.2} \times D_{1.2} + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times M_3$$

Keterangan :

$a_1 a_2 a_3$ adalah koefisien kekuatan lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah

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

$m_1 m_2$ adalah 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.

i. Analisis perancangan tebal perkerasan.

Perlu dipahami bahwa untuk perkerasan lentur, struktur perkerasan terdiri atas beberapa lapisan bahan yang perlu dirancang dengan seksama. Struktur perkerasan hendaknya dirancang menurut prinsip yang ditunjukkan pada Gambar 10. Tahapan perhitungan adalah sebagai berikut:

1. Tetapkan umur rencana perkerasan dan jumlah lajur lalu lintas yang akan dibangun.
2. Tetapkan indeks pelayanan akhir (IPT) dan susunan struktur perkerasan rancangan yang diinginkan.
3. Hitung CBR tanah dasar yang mewakili segmen, kemudian hitung modulus reaksi tanah dasar efektif (MR)

4. Hitung lalu lintas rencana selama umur rencana yang telah ditetapkan, yaitu berdasarkan volume, beban sumbu setiap kelas kendaraan, perkembangan lalu lintas. Untuk menganalisis lalu lintas selama umur rencana diperlukan coba – coba nilai SN dengan indeks pelayanan akhir (IPT) yang telah dipilih. Hasil iterasi selesai apabila prediksi lalu lintas rencana relatif sama dengan (sedikit di bawah) kemampuan konstruksi perkerasan rencana yang diinterpretasikan dengan lalu lintas
5. Tahap berikutnya adalah menentukan nilai structural seluruh lapis perkerasan di atas tanah dasar. Dengan cara yang sama, selanjutnya menghitung nilai structural bagian perkerasan di atas lapis pondasi bawah dan di atas lapis pondasi atas, dengan menggunakan kekuatan lapis pondasi bawah dan lapis pondasi atas. Dengan menyelisihkan hasil perhitungan nilai struktural yang diperlukan di atas 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 structural perkerasan di atas tanah dasar dikurangi dengan nilai bagian perkerasan di atas lapis pondasi bawah. Dengan cara yang sama, maka nilai structural lapisan yang lain dapat ditentukan.

Perlu diperhatikan bahwa prosedur tersebut hendaknya tidak digunakan untuk menentukan nilai structural yang dibutuhkan oleh bagian perkerasan yang terletak di atas lapis pondasi bawah atau lapis pondasi atas dengan modulus resilien lebih dari 40.000 psi atau sekitar 270 MPa. Untuk kasus tersebut, tebal lapis perkerasan di atas lapisan yang mempunyai modulus elastis tinggi harus ditentukan berdasarkan pertimbangan efektivitas biaya serta tebal minimum yang praktis

Tabel 2.33 Faktor ekuivalen beban untuk sumbu tunggal dan IPt = 2,5

Axle Load		Pavement Structural Number (SN)					
(kips)	(kg)	1	2	3	4	5	6
2	908	0.0004	0.0004	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
4	1816	0.003	0.004	0.004	0.003	0.002	0.002
6	2724	0.011	0.017	0.017	0.013	0.01	0.009
8	3632	0.032	0.047	0.051	0.041	0.034	0.031
10	4540	0.078	0.102	0.118	0.102	0.088	0.08
12	5448	0.168	0.198	0.229	0.213	0.189	0.176
14	6356	0.328	0.358	0.399	0.388	0.36	0.342
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	1.57	1.49	1.47	1.51	1.55
22	9988	2.48	2.38	2.17	2.09	2.18	2.30
24	10896	3.69	3.49	3.09	2.89	3.03	3.27
26	11804	5.33	4.99	4.31	3.91	4.09	4.48
28	12712	7.49	6.98	5.90	5.21	5.39	5.98
30	13620	10.3	9.50	7.90	6.80	7.00	7.80
32	14528	13.9	12.80	10.50	8.80	8.90	10.00
34	15436	18.4	16.90	13.70	11.30	11.20	12.50
36	16344	24.0	22.00	17.70	14.40	13.90	15.50
38	17252	30.9	28.30	22.60	18.10	17.20	19.00
40	18160	39.3	35.90	28.50	22.50	21.10	23.00
42	19068	49.3	45.00	35.60	27.80	25.60	27.70
44	19976	61.3	55.90	44.00	34.00	31.00	33.10
46	20884	75.5	68.80	54.00	41.40	37.20	39.30
48	21792	92.2	83.90	65.70	50.10	44.50	46.50
50	22700	112.0	102.00	79.00	60.00	53.00	55.00

Tabel 2.34 Faktor ekuivalen beban untuk sumbu ganda dan IPt = 2,5

Axle Load		Pavement Structural Number (SN)					
(kips)	(kg)	1	2	3	4	5	6
2	908	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
4	1816	0.0005	0.0005	0.0004	0.0003	0.0003	0.0002
6	2724	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001
8	3632	0.004	0.006	0.005	0.004	0.003	0.003
10	4540	0.008	0.013	0.011	0.009	0.007	0.006
12	5448	0.015	0.024	0.023	0.018	0.014	0.013
14	6356	0.026	0.041	0.042	0.033	0.027	0.024
16	7264	0.044	0.065	0.070	0.057	0.047	0.043
18	8172	0.070	0.097	0.109	0.092	0.077	0.070
20	9080	0.107	0.141	0.162	0.141	0.121	0.110
22	9988	0.160	0.198	0.229	0.207	0.180	0.166
24	10896	0.231	0.273	0.315	0.292	0.260	0.242
26	11804	0.327	0.370	0.420	0.401	0.364	0.342
28	12712	0.451	0.493	0.548	0.534	0.495	0.470
30	13620	0.611	0.648	0.703	0.695	0.658	0.633
32	14528	0.813	0.843	0.889	0.887	0.857	0.834
34	15436	1.06	1.08	1.11	1.11	1.09	1.08
36	16344	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	17252	1.75	1.73	1.69	1.68	1.70	1.73
40	18160	2.21	2.16	2.06	2.03	2.08	2.14
42	19068	2.76	2.67	2.49	2.43	2.51	2.61

44	19976	3.41	3.27	2.99	2.88	3.00	3.16
46	20884	4.18	3.98	3.58	3.40	3.55	3.79
48	21792	5.08	4.80	4.25	3.98	4.17	4.49
50	22700	6.12	5.76	5.03	4.64	4.86	5.28
52	23608	7.33	6.87	5.93	5.38	5.63	6.17
54	24516	8.72	8.14	6.95	6.22	6.47	7.15
56	25424	10.3	9.6	8.1	7.2	7.4	8.2
58	26332	12.1	11.3	9.4	8.2	8.4	9.4
60	27240	14.2	13.1	10.9	9.4	9.6	10.7
62	28148	16.5	15.3	12.6	10.7	10.8	12.1
64	29056	19.1	17.6	14.5	12.2	12.2	13.7
66	29964	22.1	20.3	16.6	13.8	13.7	15.4
68	30872	25.3	23.3	18.9	15.6	15.4	17.2
70	31780	29.0	26.6	21.5	17.6	17.2	19.2
72	32688	33.0	30.3	24.4	19.8	19.2	21.3
74	33596	37.5	34.4	27.6	22.2	21.3	23.6
76	34504	42.5	38.9	31.1	24.8	23.7	26.1
78	35412	48.0	43.9	35.0	27.8	26.2	28.8
80	36320	54.0	49.4	39.2	30.9	29.0	31.7
82	37228	60.6	55.4	43.9	34.4	32.0	34.8
84	38136	67.8	61.9	49.0	38.2	35.3	38.1
86	39044	75.7	69.1	54.5	42.3	38.8	41.7
88	39952	84.3	76.9	60.6	46.8	42.6	45.6
90	40860	98.7	85.4	67.1	51.7	46.8	49.7

Tabel 2.35 Faktor ekuivalen beban untuk sumbu triple dan IPt = 2,5

Axle Load		Pavement Structural Number (SN)					
(kips)	(kg)	1	2	3	4	5	6
2	908	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	1816	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001
6	2724	0.0006	0.0007	0.0005	0.0004	0.0003	0.0003
8	3632	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
10	4540	0.003	0.004	0.003	0.002	0.002	0.002
12	5448	0.005	0.007	0.006	0.004	0.003	0.003
14	6356	0.008	0.012	0.010	0.008	0.006	0.006
16	7264	0.012	0.019	0.018	0.013	0.011	0.010
18	8172	0.018	0.029	0.028	0.021	0.017	0.016
20	9080	0.027	0.042	0.042	0.032	0.027	0.024
22	9988	0.038	0.058	0.060	0.048	0.040	0.036
24	10896	0.053	0.078	0.084	0.068	0.057	0.051
26	11804	0.072	0.103	0.114	0.095	0.080	0.072
28	12712	0.098	0.133	0.151	0.128	0.109	0.099
30	13620	0.129	0.169	0.195	0.170	0.145	0.133
32	14528	0.169	0.213	0.247	0.220	0.191	0.175
34	15436	0.219	0.266	0.308	0.281	0.246	0.228
36	16344	0.279	0.329	0.379	0.352	0.313	0.292
38	17252	0.352	0.403	0.461	0.436	0.393	0.368
40	18160	0.439	0.491	0.554	0.533	0.487	0.459
42	19068	0.543	0.594	0.661	0.644	0.597	0.567

44	19976	0.666	0.714	0.781	0.769	0.723	0.692
46	20884	0.811	0.854	0.918	0.911	0.868	0.836
48	21792	0.979	1.015	1.072	1.069	1.033	1.005
50	22700	1.17	1.20	1.24	1.25	1.22	1.20
52	23608	1.40	1.41	1.44	1.44	1.43	1.41
54	24516	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66
56	25424	1.95	1.93	1.90	1.90	1.91	1.93
58	26332	2.29	2.25	2.17	2.16	2.20	2.24
60	27240	2.67	2.60	2.48	2.44	2.51	2.58
62	28148	3.09	3.00	2.82	2.76	2.85	2.95
64	29056	3.57	3.44	3.19	3.10	3.22	3.36
66	29964	4.11	3.94	3.61	3.47	3.62	3.81
68	30872	4.71	4.49	4.06	3.88	4.05	4.30
70	31780	5.38	5.11	4.57	4.32	4.52	4.84
72	32688	6.12	5.79	5.13	4.80	5.03	5.41
74	33596	6.93	6.54	5.74	5.32	5.57	6.04
76	34504	7.84	7.37	6.41	5.88	6.15	6.71
78	35412	8.83	8.28	7.14	6.49	6.78	7.43
80	36320	9.92	9.28	7.95	7.15	7.45	8.21
82	37228	11.1	10.4	8.8	7.9	8.2	9.0
84	38136	12.4	11.6	9.8	8.6	8.9	9.9
86	39044	13.8	12.9	10.8	9.5	9.8	10.9
88	39952	15.4	14.3	11.9	10.4	10.6	11.9
90	40860	17.1	15.8	13.2	11.3	11.6	12.9

2.9 Manajemen Proyek

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

1. Daftar Harga Satuan Alat dan Bahan

Daftar satuan bahan dan upah adalah harga yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga tempat proyek berada karena tidak setiap daerah memiliki standart yang sama. Penggunaan daftar upah ini juga merupakan pedoman untuk menghitung perancangan anggaran biaya pekerjaan dan upah yang dipakai kontraktor. Adapun harga satuan dan upah adalah harga yang termasuk pajak - pajak.

2. Analisa Satuan Harga Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan ialah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat dipasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja didapat dilokasi, dikumpulkan dan dicatat dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah.

Analisa bahan suatu pekerjaan ialah menghitung banyaknya volume masing – masing bahan serta besarnya biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan tersebut.

3. 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 agar didapat harga satuan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada didalam suatu proyek tersebut.

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 jalan dari alinyemen horizontal (trase jalan),
- b. Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan beda tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.
- c. Gambarkan 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.

4. 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.

5. Rekapitulasi Biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya dan waktu pelaksanaannya. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling menggagu pelaksanaan pekerjaan.

6. 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 :

a. Bagan Balok (*Barchart*)

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

b. Kurva S

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

c. Jaringan Kerja / *Network planning* (NWP)

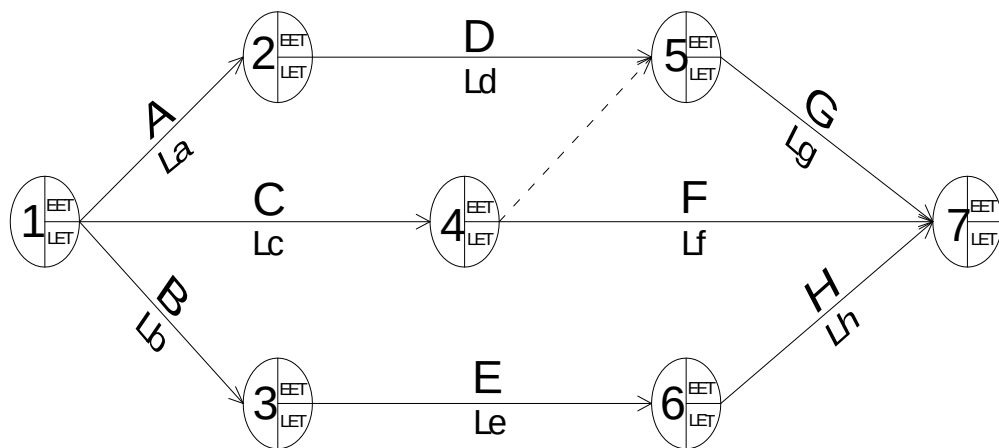
NWP adalah salah satu cara baru dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian – bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram network, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian – bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan dan pekerjaan mana yang dapat menunggu.

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

1. Merencanakan, *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.
2. Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek.
3. Mendokumenkan dan mengkomunikasikan secara *scheduling* (waktu) dan alternatif-alternatif lain penyelesaiannya proyek dengan tambahan waktu.

4. 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 2.22 dibawah ini :

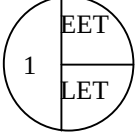


Gambar 2.20 Sketsa *Network planning*

Keterangan :

1. $\longrightarrow$ (Arrow), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan *resources* tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak – anak panah menunjukan urutan – urutan waktu.
2. $\bigcirc$ (Node / event), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan
3. $\Longrightarrow$ (Double arrow), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critikcal path*).

4. -----► (Dummy), bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.

5.  1 = Nomor kejadian
 EET (*Earliest Event Time*) = waktu yang paling cepat yaitu menjumlahkan durasi dari kejadian yang dimulai dari kejadian awal dilanjutkan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka yang terbesar.
 LET (*Laetest Event Time*) = waktu yang paling lambat, yaitu mengurangi durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir dilanjutkan kegiatan sebelumnya dengan mengambil angka terkecil.

6. A, B, C, D, E, F, G, H merupakan kegiatan, sedangkan La, Lb, Lc, Ld, Le, Lf, Lg dan Lh merupakan durasi dari kegiatan tersebut.