

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan Geometrik Jalan

Perencanaan Geometrik jalan adalah perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, meliputi beberapa elemen yang disesuaikan dengan kelengkapan dan data dasar yang ada atau tersedia dari hasil *survey* lapangan dan telah dianalisis serta mengacu kepada ketentuan/standar yang berlaku. Tujuan dari perencanaan geometrik jalan ialah menghasilkan infrastruktur yang aman, nyaman, dan efisien pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan rasio tingkat penggunaan biaya pelaksanaan ruang.

Secara arti bahasa geometrik mempunyai arti ilmu ukur atau pengukuran. Maka dari itu sebelum benar-benar membuat jalan harus memiliki data perencanaan. Dengan melakukan *survey* tempat terlebih dahulu mencari elevasi tiap titik, dan sudut horizontal (aplikasi ilmu ukur tanah). Setelah data lapangan didapat, kemudian data tersebut dikonversi kedalam bentuk peta topografi agar bisa menganalisis dan merencanakan bagaimanakah bentuk jalan. Dari peta kita bisa mengetahui secara geografis tentang kelayakan atau tidaknya, mudah atau sukar pengerjaannya, mahal atau ekonomisnya biaya, terhadap daerah itu untuk dilalui.

2.2 Data Lalu Lintas

Data lalu lintas adalah data utama yang diperlukan untuk perencanaan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan menggunakan jalan pada suatu segmen jalan yang ditinjau.

Besarnya volume atau arus lalu lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar lajur pada suatu jalur jalan dalam penentuan karakteristik geometrik, sedangkan jenis kendaraan akan menentukan kelas beban atau MST (Muatan Sumbu Terberat) yang berpengaruh langsung pada perencanaan konstruksi perkerasan. Analisis data lalu lintas pada intinya

dilakukan untuk menentukan kapasitas jalan, akan tetapi harus dilakukan bersamaan dengan perencanaan geometrik dan lainnya, karena saling berkaitan satu sama lain. (L.Hendarsin Shirley, 2000)

2.3 Data Peta Topografi

Pengukuran peta topografi dalam pekerjaan ini adalah mengumpulkan data koordinat dan ketinggian permukaan tanah sepanjang rencana trase jalan didalam koridor yang ditetapkan untuk penyiapan peta topografi dengan skala 1:1000 yang akan digunakan untuk perencanaan geometrik jalan.

Kegiatan pengukuran untuk rencana teknik jalan raya ini sama dengan pengukuran untuk rencana bangunan teknik sipil lainnya yang intinya adalah melakukan pengukuran sudut dan jarak (horizontal) serta pengukuran beda tinggi (vertikal). Akan tetapi pengukuran untuk rencana teknik jalan raya ini mempertimbangkan pula jarak yang panjang, sehingga pengaruh bentuk lengkung permukaan bumi juga diperhitungkan.(L.Hendarsin Shirley, 2000)

Berdasarkan besarnya lereng melintang dengan arah kurang lebih tegak lurus sumbu jalan raya jenis medan dibagi menjadi tiga golongan umum yaitu datar, perbukitan dan gunung.

Tabel 2.1 Klasifikasi Medan dan Besarnya

Golongan Medan	Lereng Melintang
Datar (D)	0% - 9,9%
Perbukitan (B)	10% - 24,9%
Gunung (G)	$\geq 25\%$

(Sumber: Spesifikasi standar untuk perencanaan geometrik jalan luar kota, No.13/BM/1970)

2.4 Data Penyelidikan Tanah

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

1. Mengadakan penelitian terhadap semua data tanah yang ada, selanjutnya diadakan penyelidikan disepanjang proyek jalan tersebut, dilakukan berdasarkan survey langsung dilapangan maupun dengan pemeriksaan

dilaboratorium. Pengambilan data CBR lapangan dilakukan sepanjang ruas jalan rencana, dengan interval 200 meter dengan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*). Hasil tes DCP ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampakkan hasil nilai CBR di setiap titik lokasi. Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk menilai besarnya CBR atau kekuatan daya dukung tanah lapisan tanah dasar. Cara pemeriksaan dengan alat DCP ini dilaksanakan dengan mencatat jumlah pukulan (*blow*) dan penetrasi dari kerucut logam yang tertanam pada tanah dasar karena pengaruh jatuhnya pemberat. Pemeriksaan akan memberikan catatan yang menerus dari kekuatan daya dukung tanah sampai kedalam 90 cm dibawah permukaan tanah dasar (*subgrade*) yang ada. Kemudian dengan menggunakan tabel korelasi, pembacaan penetrometer diubah menjadi pembacaan yang setara dengan CBR. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu cara analitis dan cara grafis adalah:

a. Cara analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah:

$$\text{CBR segmen} = \frac{\text{CBR rata-rata} - \text{CBR min}}{R} \dots\dots\dots (2.1)$$

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

Tabel 2.2 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 Sukirman, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, 1993)

b. Cara Grafis

Prosedurnya adalah sebagai berikut:

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

Contoh hasil pengamatan di sepanjang jalan didapat nilai CBR sebagai berikut : 3; 4; 3; 6; 6; 5; 11; 10; 6; 6; dan 4

1. Analisa ukuran butir (*Grain Size Analysis*)
2. Analisa saringan (*Sieve Analysis*)
3. Hydrometer (*Hydrometer Analysis*)
4. Batas-batas Atterbeg (*Atterbeg Limits*)

Liquid Limit (LL) = Batas cair

Plastic Limit (PL) = Batas Plastis

$$IP = LL - PL \dots\dots\dots (2.2)$$

- c) Pemadatan : γ_d maks dan W_{opt}

Pemadatan standar /proctor

Pemadatan modifikasi

Dilapangan dicek dengan sandcone $\pm 93\%$ γ_d maks

- d) CBR Laboraturium (CBR rencana)

$$W_{et} = W_t / V_t \rightarrow \gamma_d \text{ wet} / (1+W) \dots\dots\dots (2.3)$$

CBR lapangan : DCP \rightarrow CBR lapangan

2.5 Data Penyelidikan Material

Data-data yang perlu diambil selama survey ini adalah data lokasi dimana material itu berada, nama daerah dan perkiraan jumlah serta peta lokasi sumber material sangat berguna. Tujuannya untuk mengetahui informasi mengenai bahan-bahan perkerasan yang dapat dipakai untuk pelaksanaan pekerjaan konstruksi pada ruas-ruas jalan yang dikerjakan.

Adapun pekerjaan-pekerjaan penyelidikan material meliputi:

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

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

1) Tanah berbutir kasar

Tanah yang termasuk dalam kelompok ini adalah kerikil, pasir, dan dominan kerikil.

2) Tanah berbutir halus

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

2.6 Data Penunjang

Data-data lain yang perlu diperhatikan diantaranya data tentang drainase, Peninjauan drainase meliputi: keadaan geologi, fisik daerah proyek, keadaan iklim, dan curah hujan.

- a. Data geologi adalah data yang digunakan sebagai petunjuk keadaan geologi permukaan dan tanah didaerah proyek dan sekitarnya.
- b. Data fisik adalah data yang digunakan untuk mengetahui kondisi fisik proyek dan keadaan sekitarnya.
- c. Data iklim adalah data yang digunakan untuk mengetahui keadaan iklim didaerah proyek dan sekitarnya
- d. Data curah hujan adalah data yang digunakan untuk menganalisis curah hujan dimusim kemarau dan penghujan yang dipakai untuk menghitung kebutuhan pembuangan/drainase dan debit banjir.

2.7 Kriteria Perencanaan

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

1. Memberikan keamanan dan kenyamanan, seperti jarak pandangan, ruang yang cukup bagi manuver kendaraan dan koefisien gesek permukaan jalan yang cukup.
2. Menjamin suatu perancangan ekonomis.
3. Memberikan suatu keseragaman geometrik jalan sehubungan dengan jenis medan (*terrain*).

Berikut ini adalah parameter yang digunakan dalam perencanaan geometrik jalan raya antara lain:

1. Kendaraan rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik.

Kendaraan Rencana dikelompokkan kedalam 3 kategori:

- a. Kendaraan Kecil, diwakili oleh mobil penumpang.
- b. Kendaraan Sedang, diwakili oleh truk 3 as tandem atau oleh bus besar 2
- c. Kendaraan Besar, diwakili oleh truk-semi-trailer.

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 bergantung dari bentuk jalan.

Kecepatan rencana tergantung kepada:

- a. Kondisi pengemudi dan kendaraan yang bersangkutan
- b. Sifat fisik jalan dan keadaan medan disekitarnya
- c. Cuaca
- d. Adanya gangguan dari kendaraan lain
- e. Batasan kecepatan yang diijinkan

Kecepatan rencana inilah yang dipergunakan untuk dasar perencanaan geometrik (alinyemen). Kecepatan rencana dari masing-masing kendaraan dapat ditetapkan pada tabel 2.4.

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

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana (V_r), km/jam		
	Datar	Bukti	Pegunungan
Arteri	70-120	60-80	40-70
Kolektor	60-90	50-60	30-50
Lokal	40-70	30-50	20-30

(Sumber: Departemen PU, Dirjen Bina Marga, 1997)

3. Satuan Mobil Penumpang (smp)

Satuan mobil penumpang (smp) adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan dimana mobil penumpang ditetapkan memiliki satu smp. atau satuan arus lalu lintas dimana arus dari berbagai tipe kendaraan telah diubah menjadi kendaraan ringan termasuk mobil penumpang dengan menggunakan smp. Smp untuk jenis-jenis kendaraan dapat dilihat dalam tabel 2.5.

Tabel 2.5 Satuan Mobil Penumpang (smp)

Jenis Kendaraan	Nilai smp
Sepeda	0,5
Mobil Penumpang/Sepeda Motor	1,0
Truk Ringan (<5ton)	2,0
Truk Sedang (>5ton)	2,5
Truk Berat (>10ton)	3,0
Bus	3,0
Kendaraan tak bermotor	7,0

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

4. Volume lalu lintas rencana

Volume lalu lintas harian rencana (VLHR), adalah prakiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas, yang dinyatakan dalam SMP/hari.

2.8 Klasifikasi Jalan

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

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

2.8.1 Klasifikasi jalan menurut fungsi jalan

Klasifikasi jalan menurut fungsi jalan terbagi atas:

1. Jalan Arteri

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

2. Jalan Kolektor

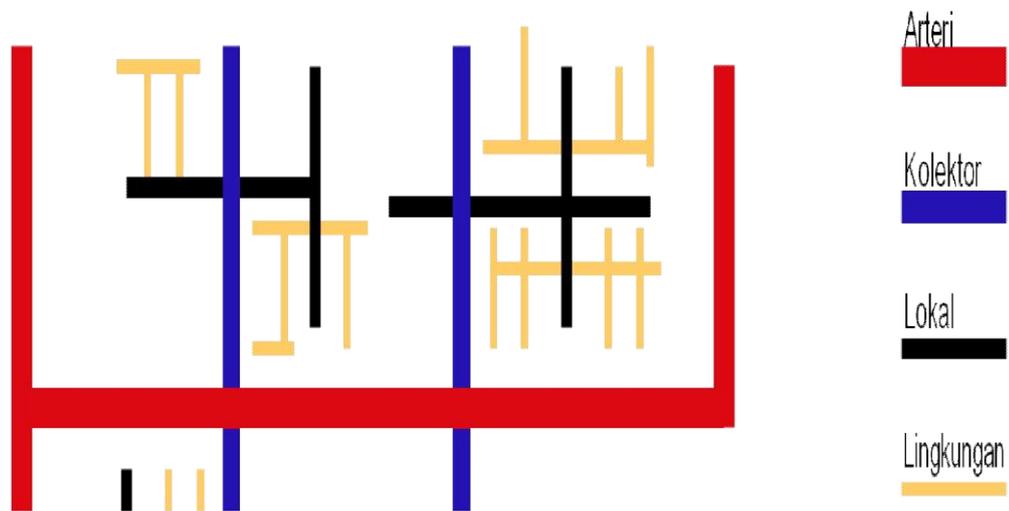
Jalan kolektor merupakan jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

3. Jalan lokal

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

4. Jalan lingkungan

Jalan lingkungan merupakan jalan angkutan lingkungan (jarak pendek, kecepatan rendah).



Gambar 2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi Jalan

2.8.2 Klasifikasi jalan menurut kelas jalan

Klasifikasi jalan menurut kelasnya, terbagi menjadi 2, yaitu klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam MST, dan klasifikasi kelas jalan dalam LHR.

1. Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam MST

Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam MST (Muatan Sumbu Terberat), merupakan penentuan kelas jalan berdasarkan kemampuan suatu jalan untuk menerima beban lalu lintas. MST ini dinyatakan dalam satuan ton.

Klasifikasi jalan menurut kelas jalan ini dapat dilihat pada tabel 2.6

Tabel 2.6 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan dalam MST

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

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, 1997)

2. Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam LHR

Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam LHR, merupakan penentuan kelas jalan berdasarkan kapasitas Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) yang dilayani dalam satuan smp. Klasifikasi kelas jalan dalam LHR dapat dilihat pada tabel 2.7.

Tabel 2.7 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan dalam LHR

No	Fungsi	Kelas	Lalu Lintas Harian Rata – rata (LHR) dalam satuan smp
1	Arteri	I	>20.000
2	Kolektor	II A	6.000 – 20.000
		II B	1500 – 8000
		II C	<2000
3	Lokal	III	

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

2.8.3 Klasifikasi menurut medan jalan

Klasifikasi jalan menurut medan jalan merupakan pengelompokkan jalan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Klasifikasi medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat pada tabel 2.8.

Tabel 2.8 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
Datar	D	< 3
Perbukitan	B	3 - 25
Pegunungan	G	>25

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

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

2.8.4 Klasifikasi jalan menurut wewenang dan pembinaan jalan

Klasifikasi jalan menurut wewenang dan pembinaan jalan diatur menjadi beberapa golongan, berdasarkan pendanaan dari pemerintah, yaitu:

- a. Jalan negara, yaitu jalan yang menghubungkan ibukota–ibukota provinsi
- b. Jalan provinsi, merupakan jalan yang menghubungkan antar tempat/kota di dalam suatu provinsi
- c. Jalan kabupaten/kota, merupakan jalan yang meliputi lingkungan kabupaten maupun kotamadya
- d. Jalan desa, merupakan jalan yang ada di lingkungan suatu desa.

2.9 Alinyemen Horizontal

Alinemen horizontal adalah proyeksi dari sumbu jalan pada bidang yang horizontal (denah). Alinemen horizontal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung. Kontrol atau ketentuan umum yang biasa di jadikan sebagai acuan perencanaan geometrik jalan khususnya alinemen horizontal adalah sebagai berikut :

- a. Alinemen sebaiknya sependek dan selangsung mungkin tapi serasi dengan keadaan topografi (mengikuti countourse yang ada) namun juga jangan terlalu berkelok kelok trasenya (Σ tikungan di usahakan seminimal mungkin).
 - b. Jari-jari tikungan yang digunakan diusahakan lebih besar dari jari-jari minimum (batas standar).
 - c. Alinemen sebaiknya konsisten, jangan memberikan perubahan yang tiba-tiba (misalnya, tikungan tajam diakhir bagian lurus)
 - d. Perencanaan alinemen horizontal sebaiknya di kordinasikan dengan alinemen vertikal (untuk menghindarkan penampilan yang “buruk”).
- (W Sony Sulaksono, 2001)

2.9.1 Penentuan Trase Jalan

Dalam penentuan trase jalan harus diterapkan sedemikian rupa, agar dapat memberikan pelayanan yang baik sesuai dengan fungsinya serta keamanan dan kenyamanan pemakainya. Disamping ketentuan tersebut, hambatan-hambatan yang mungkin ditemui:

- a. Keadaan topografi seperti bukit, sungai dan gunung yang mempunyai lereng curam
- b. Keadaan tanah yang sulit seperti rawa
- c. Muka air tanah yang sangat dekat dengan permukaan tanah.

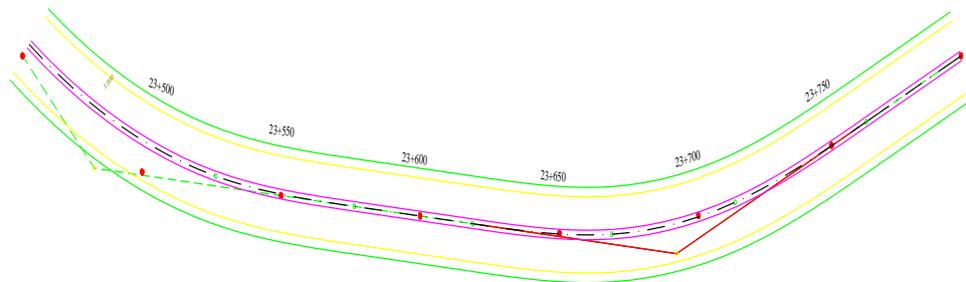
Untuk membuat trase jalan yang baik dan ideal, maka harus memperhatikan syarat-syarat sebagai berikut:

1. Syarat Ekonomis

- a. Penentuan 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 adalah untuk mendapatkan jalan yang memberikan rasa keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan. Oleh karena itu perlu diperhatikan keadaan topografi daerah tersebut, sehingga dapat dicapai perencanaan yang baik sesuai dengan keadaan daerah tersebut.



Gambar 2.2 Bentuk Trase Jalan

2.9.2 Bentuk-Bentuk Tikungan

Bagian yang sangat kritis pada alinyemen horizontal adalah bagian tikungan, dimana terdapat gaya sentrifugal ini mendorong kendaraan secara radial keluar jalur. Atas dasar ini maka perencanaan tikungan agar dapat memberikan keamanan dan kenyamanan perlu memperhatikan hal-hal berikut:

1. Jari-Jari Minimum

Untuk jari-jari minimum, kendaraan pada saat melalui tikungan dengan kecepatan (v) akan menerima gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Untuk mengimbangi gaya sentrifugal tersebut, perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang dinamakan superelevasi (e).

Pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi, akan terjadi gesekan arah melintang jalan antara ban kendaraan dengan permukaan perkerasan yang menimbulkan gaya gesek melintang. Perbandingan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang (f).

Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu ditentukan jari-jari minimum untuk superelevasi maksimum dapat dilihat pada tabel 2.9

Tabel 2.9 Jari-Jari Minimum

Vr (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jari-jari R Minimum Rmin (m)	600	370	210	110	80	50	30	15
Jari-jari R Minimum tanpa lengkung Peralihan (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60
Jari-jari R Minimum tanpa Superelevasi (m)	5000	2000	1250	700	-	-	-	-

(Sumber: Tata Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Departemen PU Bina Marga, 1997)

2. Jenis-Jenis Tikungan

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

a) Tikungan *Full Circle* (FC)

Full circle adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkungan saja. Tikungan ini hanya digunakan untuk jari-jari tikungan yang besar agar tidak terjadi patahan, apabila dengan jari-jari kecil maka diperlukan superelevasi yang besar.

Rumus yang digunakan :

$$T_c = R_c \tan \frac{1}{2} \Delta \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

$$E_c = R_c \tan \frac{1}{4} \Delta \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

$$L_c = \frac{\Delta 2\pi R_c}{360^\circ} \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

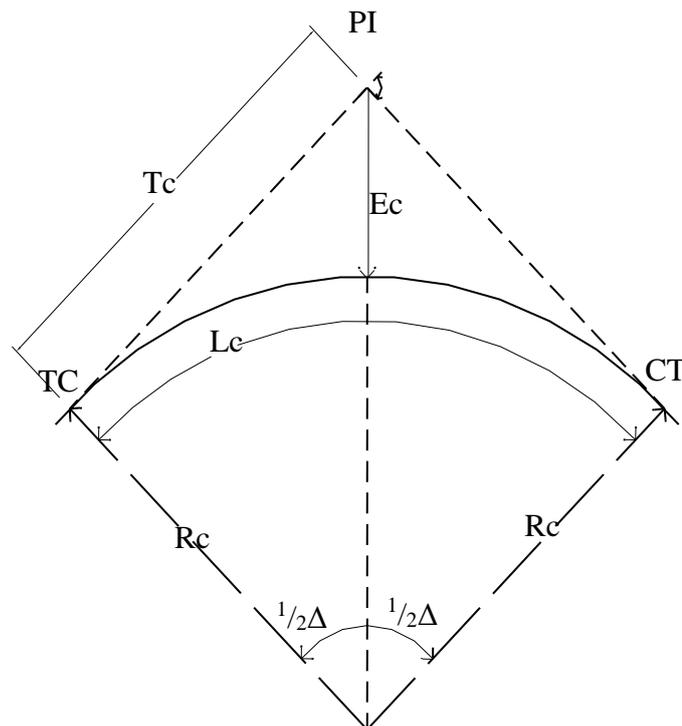
Dimana :

Δ = sudut tangen ($^{\circ}$)

T_c = panjang tangen (m)

R_c = jari-jari lingkaran (m)

L_c = panjang busur lingkaran (m)



Gambar 2.3 Bentuk Tikungan *Full Circle*

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

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

Lengkung *spiral* merupakan peralihan dari suatu bagian lurus ke bagian lingkaran (*circle*) yang panjangnya diperhitungkan dengan mempertimbangkan bahwa perubahan gaya sentrifugal dari nol sampai mencapai bagian lengkung. Jari-jari yang diambil untuk tikungan spiral-circle-spiral haruslah dengan kecepatan rencana dan

tidak mengakibatkan adanya kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang telah ditentukan.

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

$$\Theta = \frac{90 L_s}{\pi R_c} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$L_c = \frac{\Delta}{180} \times \pi \times R \dots\dots\dots (2.8)$$

$$L = L_c + 2L_s \dots\dots\dots (2.9)$$

$$E_s = \frac{(R+P)}{\cos \frac{1}{2}\Delta} - R \dots\dots\dots (2.10)$$

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

Keterangan :

X_s = absis titik SC pada garis tangen (m)

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

L_s = panjang lengkung peralihan (m)

T_s = panjang tangen (m)

SC = titik *spiral* ke lingkaran (m)

ES = jarak dari PI ke lingkaran (m)

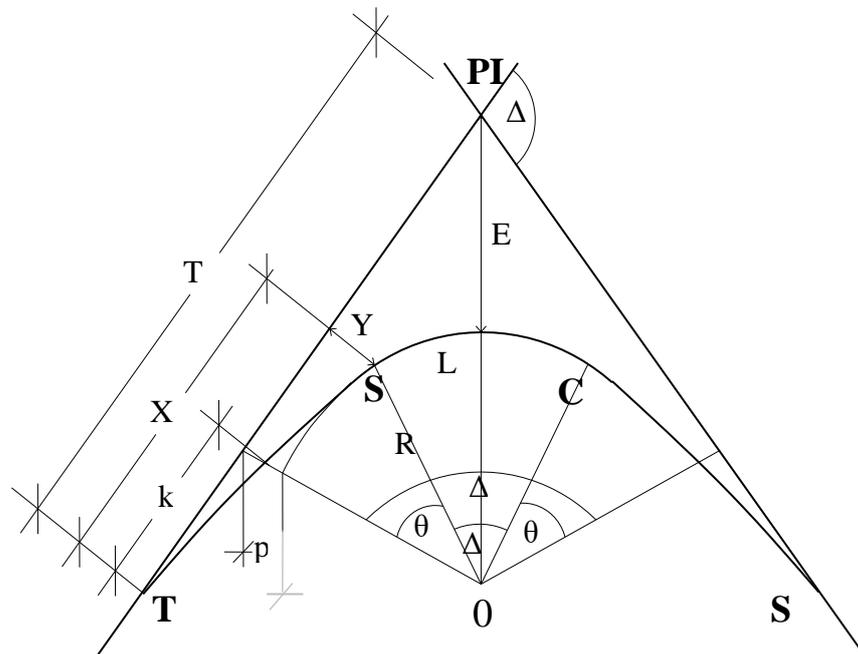
TS = titik tangen ke *spiral*

R = jari-jari lingkaran (m)

P = pergeseran tangen terhadap *spiral* (m)

K = absis dari p pada garis tangen *spiral*

S = sudut lengkung *spiral* (°)



Gambar 2.4 Bentuk Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

c) Tikungan *Spiral-Spiral* (SS)

Lengkung Horizontal berbentuk spiral-spiral adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga titik SC berimpit dengan titik CS. Panjang busur lingkaran $L_c = 0$ dan $\theta_s = \frac{1}{2}\beta \cdot R_c$ yang dipilih harus sedemikian rupa sehingga L_s yang dibutuhkan lebih besar dari L_s yang menghasilkan landai relatif minimum yang disyaratkan. Jadi dalam hal ini hanya dipergunakan untuk menentukan besarnya superelevasi yang dibutuhkan saja. Panjang lengkung peralihan L_s yang dipergunakan haruslah diperoleh dari persamaan, sehingga bentuk lengkung adalah spiral dengan sudut $\theta_s = \frac{1}{2}\beta$.

Bentuk tikungan ini dipergunakan pada tikungan yang sangat tajam. Adapun semua rumus dan aturannya sama seperti rumus *spiral-circle-spiral*, cuma ada perbedaan pemakaiannya.

$$L_c = 0 \text{ dan } \theta_s = 1/2 \Delta$$

$$L_{\text{tot}} = 2L_s \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

$$\theta_s = \frac{90}{\pi} \frac{L_s}{Rc} \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

Untuk menentukan θ_s , dapat menggunakan rumus:

$$L_s = \frac{(\theta_s \cdot \pi \cdot Rc)}{90} \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

P, k, Ts, dan Es, dapat menggunakan rumus-rumus:

$$P = P^* \cdot L_s \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

$$K = K^* \cdot L_s \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

$$T_s = (Rc + p) \tan 1/2 \Delta + k \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

$$E_s = (Rc + p) \sec 1/2 \Delta - Rc \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana:

Ts = panjang tangen (m)

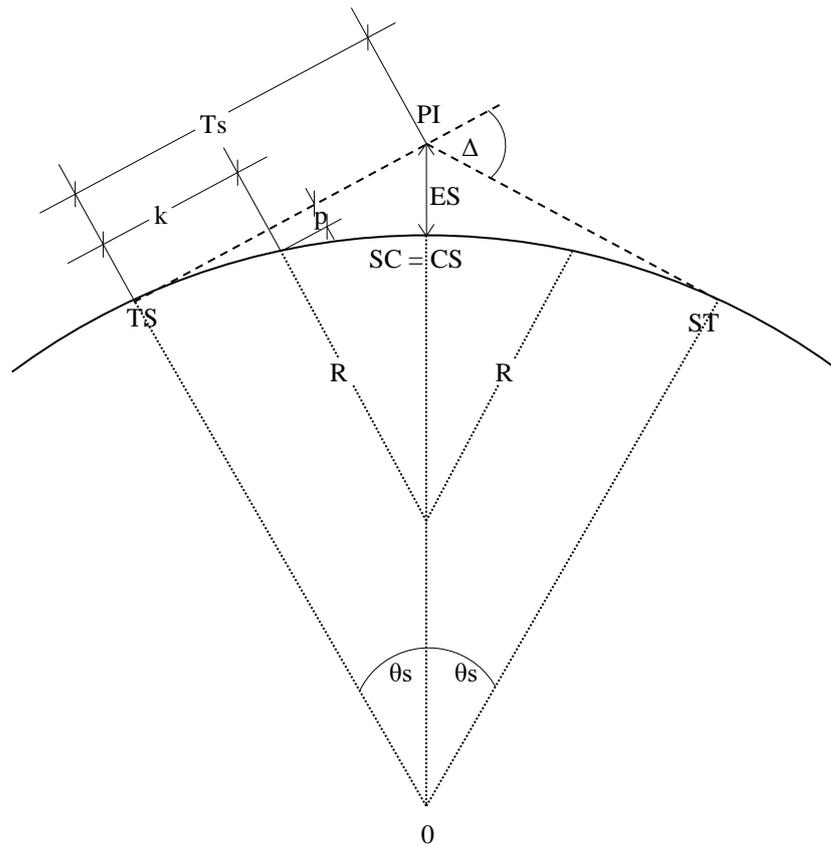
Es = jarak dari PI ke lingkaran (m)

R = jari-jari lingkaran (m)

Tabel untuk menentukan nilai p dan k dapat dilihat pada tabel 2.10 dibawah ini :

Tabel 2.10 Tabel p dan k untuk $L_s = 1$

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	0.4996735	21.5	0.0323661	0.4975708	35.0	0.0555957	0.4932057
8.5	0.0124307	0.4996312	22.0	0.0331713	0.4974525	35.5	0.0565200	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			



Gambar 2.5 Bentuk Tikungan *Spiral-Spiral*

2.9.3 Kemiringan Melintang

Bila kendaraan melintasi suatu tikungan, maka pastikan kendaraan tersebut akan terdorong secara sentrifugal. Oleh karena itu gaya sentrifugal dapat kita imbangin dengan

- a. Bobot kendaraan yang diakibatkan oleh kemiringan melintang dari jalan.
- b. Gesekan antara ban kendaraan dengan perkerasan jalan.

Sebagai tinjauan dari hal diatas, maka dibuat suatu pembagian keadaan yang disebut stadium ini terbagi menjadi:

1. Stadium I

Hanya gaya gesek samping yang mengimbangi atau menahan gaya sentrifugal. Pada stadium ini perkerasan jalan pada tikungan tidak perlu dimiringkan.

Keadaan seimbang:

$$\frac{gv^2}{gR} f.G$$

$$f = \frac{v^2}{gR} \dots\dots\dots (2.19)$$

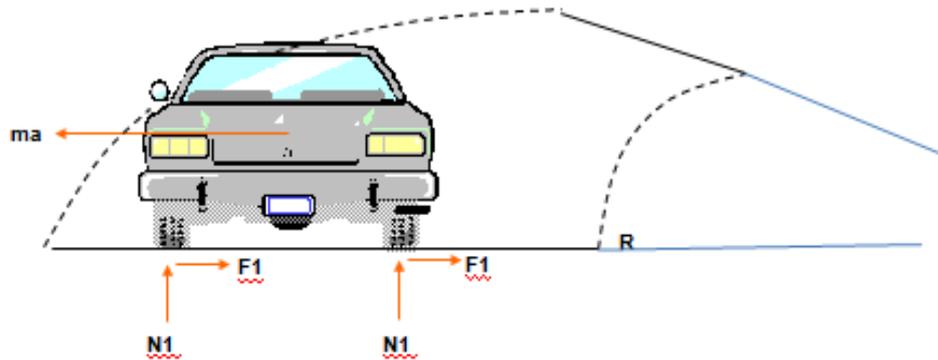
Dimana :

V = kecepatan rencana (Km/ Jam)

R = jari – jari tikungan (m)

Fm = koefisien gesek minimum

G = 9,8 m / dt² = 9,8 x 10⁻³ km / dt² = 127008 km / jam²



Gambar 2.6 Stadium I

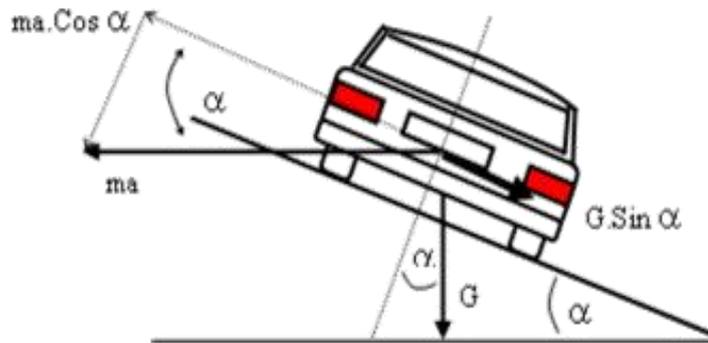
2. Stadium II

Pada stadium ini hanya jalan yang sepenuhnya memikul atau mengimbangi gaya sentrifugal yang ditumbul sehingga tidak akan timbul gesakan. Keadaan ini merupakan keadaan ideal pada tikungan. Kemiringan melintang pada keadaan maksimum pada stadium ini berbanding lurus pada kecepatan dan berbanding terbalik dengan jari-jari tikungan.

$$\frac{gv^2}{2R} \cos \alpha = G \sin \alpha \dots\dots\dots (2.20)$$

$$\alpha \text{ kecil} \rightarrow \cos \alpha = \tan \alpha = e$$

$$\frac{v^2}{2R} = e \rightarrow e = \frac{v^2}{127R} \dots\dots\dots (2.21)$$



Gambar 2.7 Stadium II

3. Stadium III

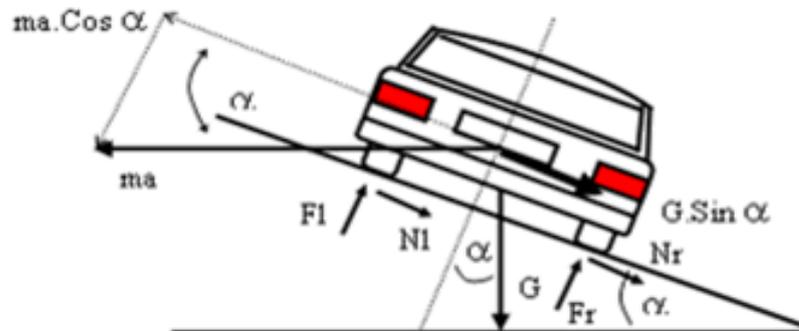
Gaya gesekan dan kemiringan maksimum bekerja sama dengan mengimbangi gaya – gaya *sentrifugal* pada tikungan. Adapun koefisien gesekan tergantung pada :

1. Kecepatan kendaraan
2. Kondisi ban
3. Kondisi pekerjaan (kasar / licin)
4. Kondisi permukaan (basah / kering)

$$\frac{gv^2}{2R} \cos \alpha = fG \cos \alpha + G \sin \alpha \quad \dots\dots\dots (2.22)$$

$$\alpha \text{ kecil} \rightarrow \cos \alpha = \tan \alpha = e$$

$$\frac{v^2}{2R} f + e \rightarrow e + f = \frac{v^2}{127R} \quad \dots\dots\dots (2.23)$$



Gambar 2.8 Stadium III

2.9.4 Menentukan *Stasioning*

Penomoran panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberi nomor pada interval-interval tertentu dari awal sampai akhir proyek. Nomor jalan (STA) jalan 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 alinyement horizontal maupun alinyement vertikal adalah sebagai berikut:

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

Nomor jalan atau STA ini sama fungsinya dengan patok-patok Km disepanjang jalan, namun juga terdapat perbedaannya yaitu:

- a) Patok Km merupakan petunjuk jarak yang diukur dari patok Km 0, yang umumnya terletak di Ibu Kota Provinsi atau Kotamadya, sedangkan patok STA merupakan petunjuk yang diukur dari bawah sampai akhir proyek.
- b) Patok Km merupakan patok permanen yang dipasang dengan ukuran standar yang berlaku, sedangkan patok STA merupakan patok sementara selama masa pelaksanaan proyek jalan tersebut.

2.9.5 Superelevasi

Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan–kemiringan jalan pada bagian tertentu, yang berfungsi untuk mempermudah dalam pekerjaannya atau pelaksanaannya dilapangan. Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan normal (e_n) 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').

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 untu 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 pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.11 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	L_s	e	L_s	e	L_s	e	L_s	e	L_s
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	0,085	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									

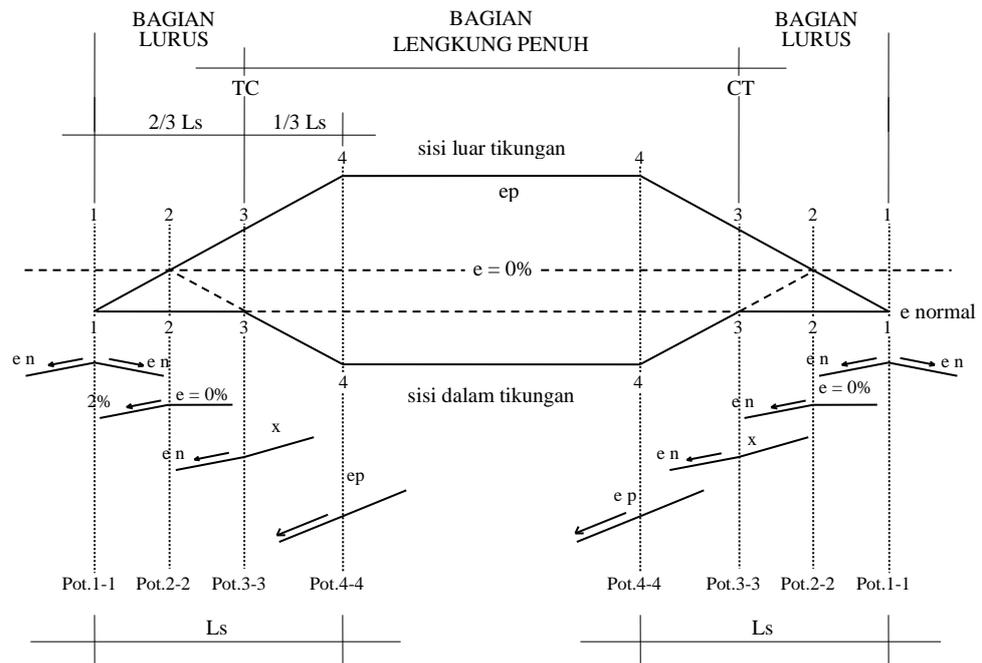
LN = lereng jalan normal, diasumsikan 2 %
 LP = lereng luar putar sehingga perkerasan mendapat superelevasi sebesar lereng jalan normal 2 %
 L_s = diperhitungkan dengan mempertimbangkan rumus modifikasi Shortt landai relative maksimum, jarak tempuh 3 detik, dan lebar perkerasan 2 x 3,75 m

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

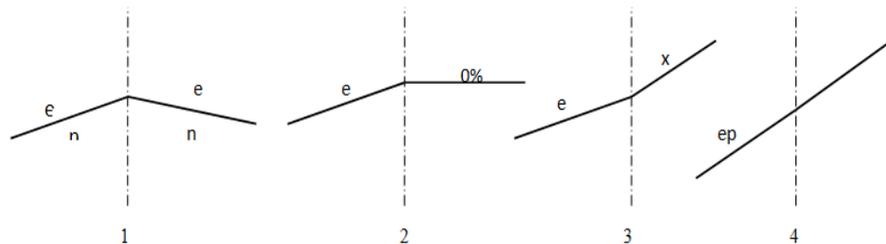
Ada tiga cara untuk superelevasi yaitu :

1. Memutar perkerasan jalan terhadap profil sumbu
2. Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah dalam
3. Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah luar

Adapun diagram pencapaian superelevasi pada tikungan *Full Circle* dapat dilihat pada gambar 2.8

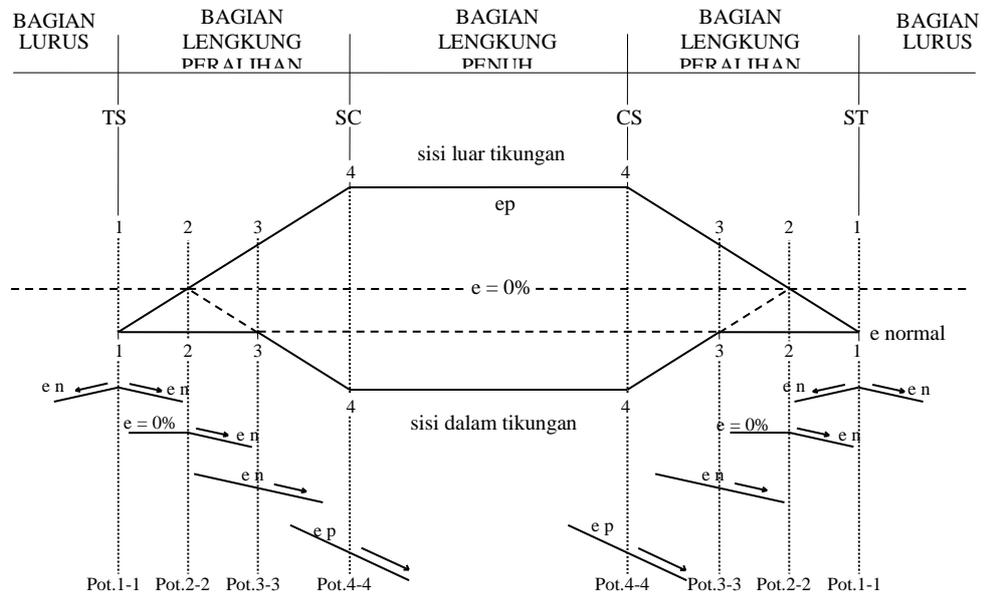


Gambar 2.9 Metoda Pencapaian Superelevasi pada Tikungan *Full Circle* (contoh untuk tikungan ke kiri)

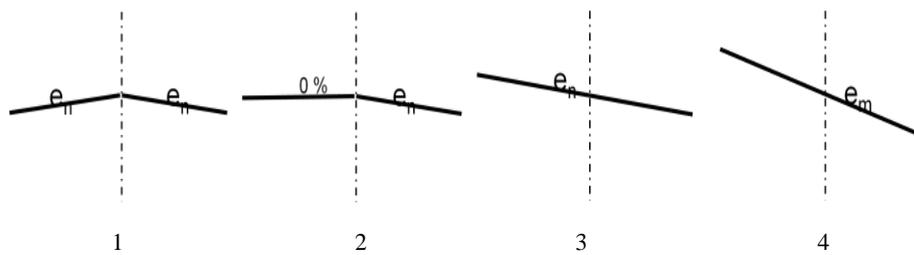


Gambar 2.10 Potongan Superelevasi Full Circle

Untuk tikungan *Spiral circle Spiral*, diagram pencapaian superelevasi dapat dilihat pada gambar 2.10

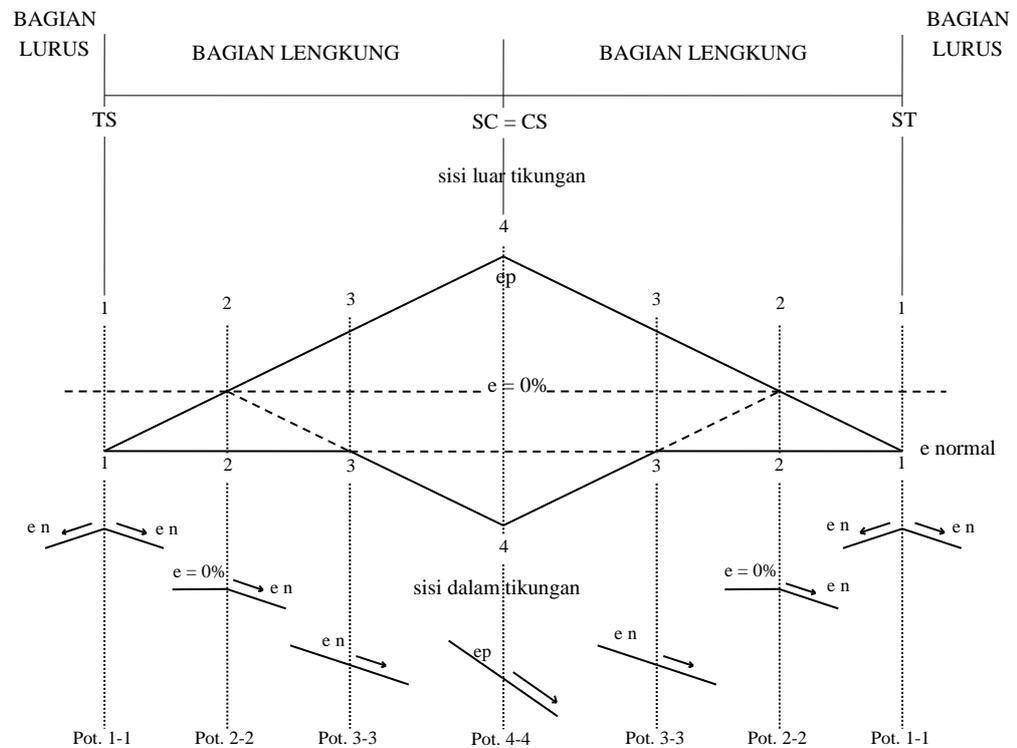


Gambar 2.11 Metoda Pencapaian Superelevasi pada Tikungan *Spiral – Circle – Spiral* (contoh untuk tikungan ke kanan)

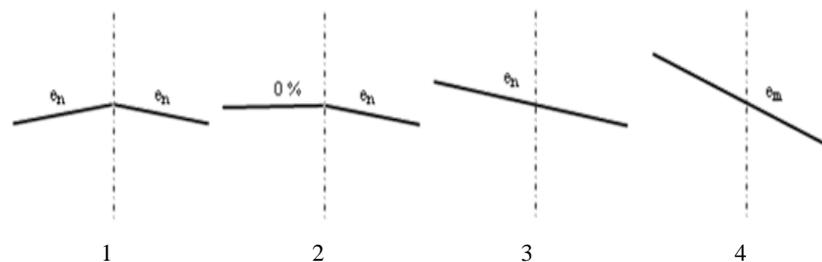


Gambar 2.12 Potongan Superelevasi *Spiral Circle Spiral*

Untuk tikungan *spiral - spiral*, diagram pencapaian superelevasi dapat dilihat pada gambar 2.12



Gambar 2.13 Metoda Pencapaian Superelevasi pada Tikungan *Spiral - Spiral* (contoh untuk tikungan ke kanan)



Gambar 2.14 Potongan Superelevasi *Spiral Spiral*

Keterangan:

1. Potongan I, kemiringan permukaan perkerasan jalan bersifat normal, yaitu sebagian miring kekiri dan sebagian lagi miring kekanan.
2. Potongan II, pada kondisi ini, bagian sisi luar sudah bergerak keatas dari posisi awal seperti pada potongan I menjadi rata (datar) dengan

kemiringan sebesar 0%. Dengan demikian bentuk permukaan jalan menjadi rata sebelah.

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

Tabel 2.12 Panjang Lengkung Peralihan (L_p) dan panjang pencapaian superelevasi (L_e) untuk jalan ljalur-2lajur-2arah

V_R	Superelevasi, e (%)									
	2		4		6		8		10	
	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
20										
30										
40	10	20	15	25	15	25	25	30	35	40
50	15	25	20	30	20	30	30	40	40	50
60	15	30	20	35	25	40	35	50	50	60
70	20	35	25	40	30	45	40	55	60	70
80	30	55	40	60	45	70	65	90	90	120
90	30	60	40	70	50	80	70	100	10	130
100	35	65	45	80	55	90	80	110	0	145
110	40	75	50	85	60	100	90	120	11	-
120	40	80	55	90	70	110	95	135	0	-
									-	-

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

2.9.6 Pelebaran Perkerasan Jalan Pada Tikungan

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

Elemen-elemen dari pelebaran perkerasan tikungan terdiri dari:

- Off tracking* (Untuk lintasan roda belakang agak keluar lajur)
- Kesukaran dalam mengemudi ditikungan (Z)

Rumus untuk mencari lebar perkerasan ditikungan adalah sebagai berikut:

$$R_w = \sqrt{(R_1 + b)^2 + (p + \alpha)^2} \dots\dots\dots (2.24)$$

$$R_i = R_w - B$$

$$R_i = \sqrt{(R_c^2 - (p + A)^2) - 1/2 b} \dots\dots\dots (2.25)$$

R_w = Radius lengkung terluar dari lintasan kendaraan pada lengkung horizontal untuk lajur sebelah dalam.

R_i = Radius lengkung terdalam dari lintasan kendaraan pada lengkung untuk lajur sebelah dalam. Besarnya R_i dipengaruhi oleh jarak ganda kendaraan (p)

Dari persamaan $b \rightarrow a$:

$$B = \sqrt{\left\{ \sqrt{(R_c^2 - (p + A)^2) + \frac{1}{2} b} \right\}^2 + (p + A)^2} \dots\dots\dots (2.26)$$

B = lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan ditikungan pada lajur sebelah dalam

Sehingga untuk mencari lebar perkerasan pada tikungan dapat digunakan rumus:

$$B = \sqrt{\left\{ \sqrt{(R_c^2 - 64 + 1,25)} \right\}^2 + 64 - \sqrt{(R_c^2 - 64 + 1,25)} \dots\dots\dots (2.27)$$

R_c = radius lajur sebelah dalam - 1/2 lebar perkerasan + 1/2 lebar kendaraan kesukaran dalam mengemudi ditikungan

$$Z = \frac{0,105V}{R} \dots\dots\dots (2.28)$$

Dimana :

V = Kecepatan (km/jam)

R = Jari-jari tikungan (m)

Sehingga :

$$B_t = n(B+C)+Z \dots\dots\dots (2.29)$$

$$\Delta = B_t - B_n \dots\dots\dots (2.30)$$

2.9.7 Jarak Pandang

Jarak pandang adalah jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian rupa, sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman (Bina Marga, 1997)

Jarak pandang berguna untuk:

1. Menghindari terjadinya tabrakan yang dapat membahayakan kendaraan dan manusia akibat adanya benda yang berukuran cukup besar, kendaraan yang sedang berhenti, pejalan kaki, atau hewan-hewan yang berada di jalur jalan.
2. Memberi kemungkinan untuk mendahului kendaraan lain yang bergerak dengan kecepatan lebih rendah dengan mempergunakan lajur sebelahnya.
3. Menambah efisiensi jalan tersebut, sehingga volume pelayanan dapat dicapai semaksimal mungkin.
4. Sebagai pedoman pengatur lalu lintas yang diperlukan pada setiap segmen jalan.

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

a) Jarak pandang henti (Jh)

Jarak pandang henti adalah jarak pandang minimum yang diperlukan pengemudi untuk menghentikan kendaraan yang sedang berjalan setelah melihat adanya rintangan pada jalur yang dilaluinya. Setiap titik disepanjang jalan harus memenuhi ketentuan jarak henti. Jarak pandang henti diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jarak.

Jarak pandang henti (Jh) terdiri dari 2 elemen yaitu:

1. Jarak tanggap (Jht)

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

2. Jarak pengereman (Jhr)

Jarak pengereman adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti. Jarak pengereman ini dipengaruhi oleh faktor ban, sistim pengereman itu sendiri, kondisi muka jalan, dan kondisi perkerasan jalan.

Rumus yang dipakai :

$$J_h = J_{ht} + J_{hr}$$

$$J_h = \frac{V_R}{3,6} T \frac{\left(\frac{V_R}{3,6}\right)^2}{2g \cdot f_p} \dots\dots\dots (2.31)$$

Dimana:

V_r = Kecepatan rencana (km/jam)

T = Waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

G = Percepatan gravitasi, ditetapkan 9,8 m/det²

F_p = Koefisien gesek memanjang, antara ban kendaraan dengan perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,28 - 0,45, f_p akan semakin kecil jika kecepatan (V_R) semakin tinggi dan sebaliknya (menurut Bina Marga 1997, $F_p = 0,35-0,55$)

Nilai jarak pandang henti (J_h) minimum dapat dilihat berdasarkan nilai V_R pada tabel 2.13 dibawah ini:

Tabel 2.13 Jarak Pandang Henti (J_h) Minimum

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

(Sumber : Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)

b) Jarak Pandang Mendahului (J_d)

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 diukur berdasarkan asumsi tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm. Jarak kendaraan mendahului dengan kendaraan datang dan jarak pandang mendahului sesuai dengan V_R dapat dilihat pada tabel 2.14 dan 2.15 dibawah ini :

Tabel 2.14 Jarak Kendaraan Mendahului dengan Kendaraan Datang

V (km/jam)	50 – 65	65 - 80	80 - 95	95 – 100
J_h Minimum (m)	30	55	75	90

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

Tabel 2.15 Panjang Jarak Pandang Mendahului berdasarkan V_R

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

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

Rumus yang digunakan:

$$J_d = J_1 + J_2 + J_3 + J_4 \quad \dots\dots\dots (2.32)$$

Dimana:

d_1 = Jarak yang ditempuh selama waktu (m)

d_2 = Jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali lajur semula (m)

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

Rumus:

$$d_1 = 0,278 T_1 (V_R - m + \frac{a.T_1}{2}) \dots\dots\dots (2.33)$$

$$d_2 = 0,27 V_R \cdot T_1 \dots\dots\dots (2.34)$$

$$d_3 = \text{antara } 30 - 100 \text{ cm} \dots\dots\dots (2.35)$$

Dimana:

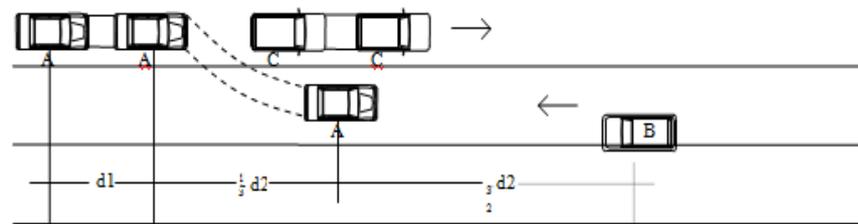
T_1 = waktu dalam detik $2,12 + 0,026 V_R$

T_2 = waktu kendaraan berada dijalur lawan (detik) $6,56 + 0,048 V_R$

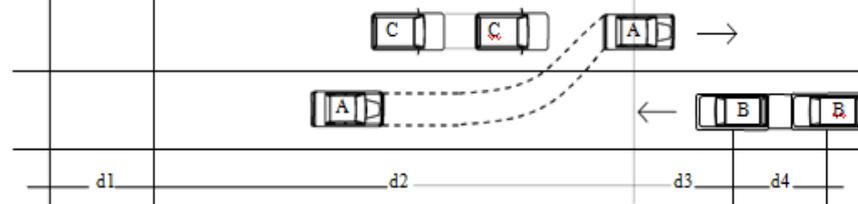
a = Percepatan rata-rata (km/jam/detik) $2,052 + 0,036 V_R$

m = Perbedaan kecepatan dari kendaraan yang menyiap dan kendaraan yang disiap (biasanya diambil 10-15 km/jam)

TAHAP PERTAMA



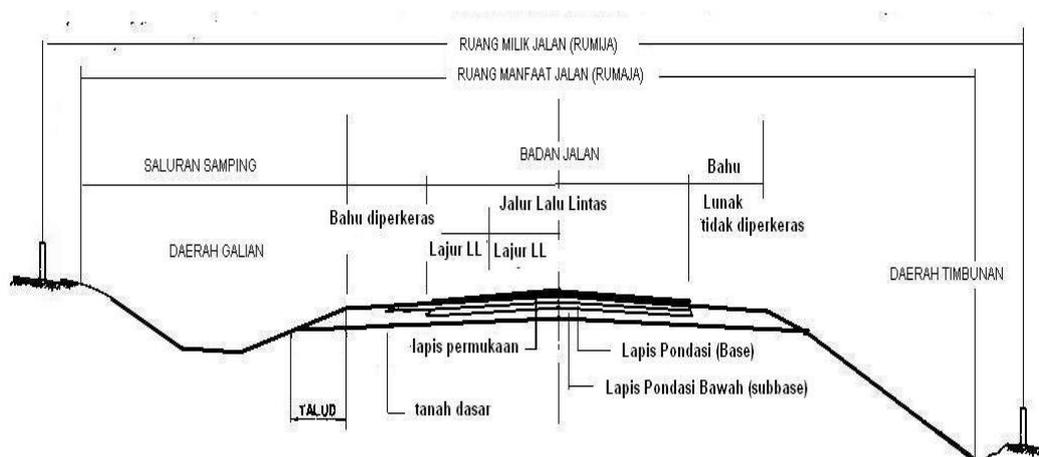
TAHAP KEDUA



Gambar 2.15 Diagram Jarak Pandang Mendahului

2.9.8 Penampang Melintang Jalan

Penampang melintang jalan merupakan potongan melintang tegak lurus sumbu jalan. pada potongan melintang dapat melihat bagian-bagian jalan.



Gambar 2.16 Bagian Penampang Melintang Jalan

2.10 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah proyeksi dari sumbu jalan pada suatu bidang vertikal yang melalui sumbu jalan tersebut. Alinyemen vertikal terdiri atas bagian landai vertikal dan bagian lengkung vertikal. Ditinjau dari titik awal perencanaan, alinyemen vertikal berupa tanjakan (landai positif), turunan (landai negatif), dan datar (landai nol). Maka lengkung vertikal dan perancangannya adalah :

- a. Diadakan pada disetiap pergantian kelandai.
- b. Cara untuk memenuhi kriteria keamanan, kenyamanan, drainase dan keindahan bentuk.
- c. Lengkung yang digunakan bisa lingkaran, parabola tingkat 2 (sederhana) atau parabola tingkat 3. Yang paling sering digunakan (juga sebagai standar di indonesia) adalah parabola tingkat 2, yang memberikan perubahan yang konstan sebanding dengan jaraknya.

- d. Lengkung vertikal dapat berupa lengkung vertikal cembung (*crest*) dan lengkung vertikal cekung (*sag*). (W Sulaksono Sony: 2001)

2.10.1 Faktor-faktor yang mempengaruhi Alinyemen Vertikal :

1. Kondisi tanah dasar,berhubungan dengan besarnya penurunan dan perbedaan penurunan terutama pada jalan yang dibangun diatas tanah lunak.
2. Keadaan medan, muka jalan sebaiknya sedikit diatas muka tanah asli, sehingga memudahkan pembuatan drainase, mengurangi pekerjaan tanah,walau mungkin menjadikan jumlah tikungan lebih banyak.
3. Kelandaian yang masih memungkinkan,pendakian dan penurunan memberikan pengaruh terhadap gerak kendaraan.
4. Fungsi jalan,berhubungan dengan persyaratan yang harus dipenuhi sesuai fungsi jalannya, sehingga perlu direncanakan untuk jangka yang panjang sehingga dapat mengikuti perkembangan lingkungan.
5. Muka air tanah dan muka air banjir,pada daerah yang sering terjadi banjir,penampang memanjang jalan sebaiknya diatas elevasi muka air banjir.

2.10.2 Kelandaian Maksimum

Landai maksimum adalah kelandaian maksimum yang ditetapkan untuk berbagai variasi kecepatan rencana dimaksudkan agar kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh mampu bergerak dengan kecepatan tidak kurang separuh dari kecepatan semula tanpa harus berpindah ke gigi rendah. seperti pada tabel berikut:

Tabel 2.16 Kelandaian Maksimum

Vr (Km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40
Kelandaian Maksimum (%)	3	3	4	5	8	9	10	10

(Sumber : Dari TPGJAK 1997)

2.10.3 Panjang Kritis suatu Kelandaian

Panjang kritis landai adalah panjang kelandaian yang mengakibatkan pengurangan kecepatan kendaraan tidak lebih dari separuh kecepatan rencananya. Lama perjalanan pada panjang kritis tidak lebih dari 1 menit. (Hamdi, 2013)

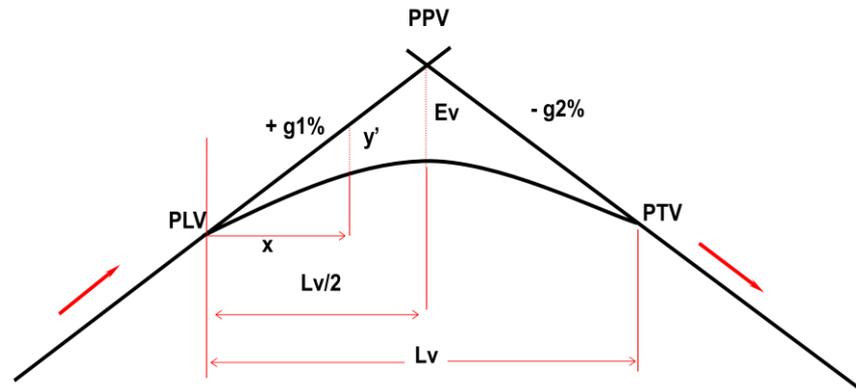
Tabel 2.17 Panjang Kritis (m)

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

(Sumber : Dari TPGJAK 1997)

2.10.4 Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal adalah garis yang menghubungkan antara dua kelandaian arah memanjang jalan agar tidak terjadi patahan, yang bertujuan untuk memenuhi keamanan, kenyamanan bagi pengguna jalan serta penyediaan drainase yang baik.



Gambar 2.17 bentuk lengkung vertikal

Bentuk lengkung vertikal adalah parabola dengan asumsi sederhana sehingga elevasi sepanjang lengkung didapat dengan perbandingan dari offset vertikal dari PPV yang bernilai tertentu.

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 :

$$y' = \frac{(g_2 - g_1)}{200 \cdot L_v} \cdot x^2 \dots\dots\dots (2.36)$$

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:

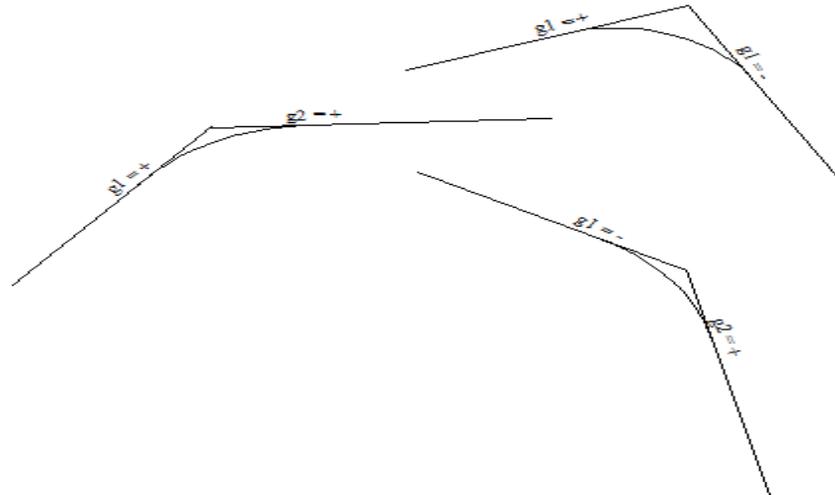
$$E_v = \frac{(g_2 - g_1)L_v}{800} \dots\dots\dots (2.37)$$

Lengkung vertikal direncanakan untuk merubah secara bertahap perubahan dari dua macam kelandaian arah memanjang jalan pada setiap lokasi yang diperlukan. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi goncangan

akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti yang cukup, untuk keamanan dan kenyamanan. Lengkung vertikal terdiri dari dua jenis yaitu:

a. Lengkung vertikal cembung

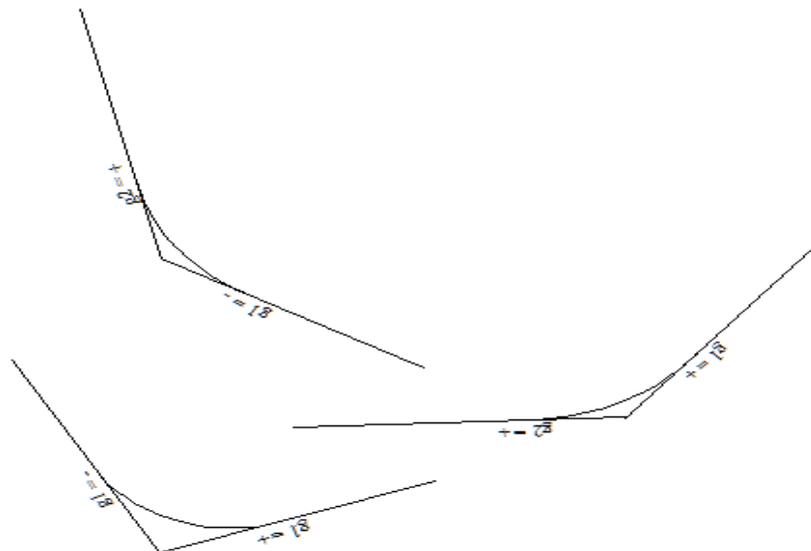
Titik perpotongan antara ke 2 tangen berada di atas permukaan jalan.



Gambar 2.18 Lengkung Vertikal Cembung

b. Lengkung vertikal cekung

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

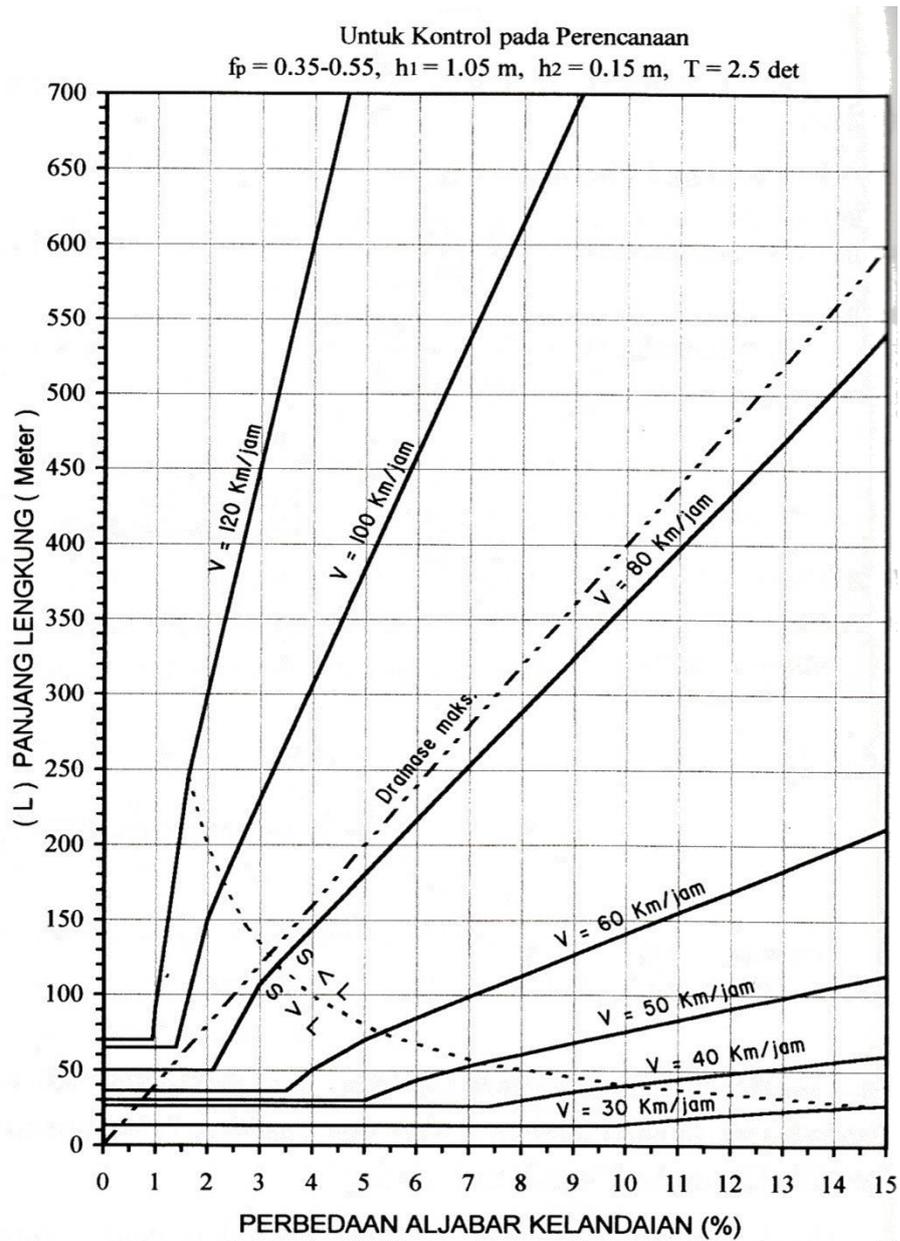


Gambar 2.19 Lengkung Vertikal Cekung

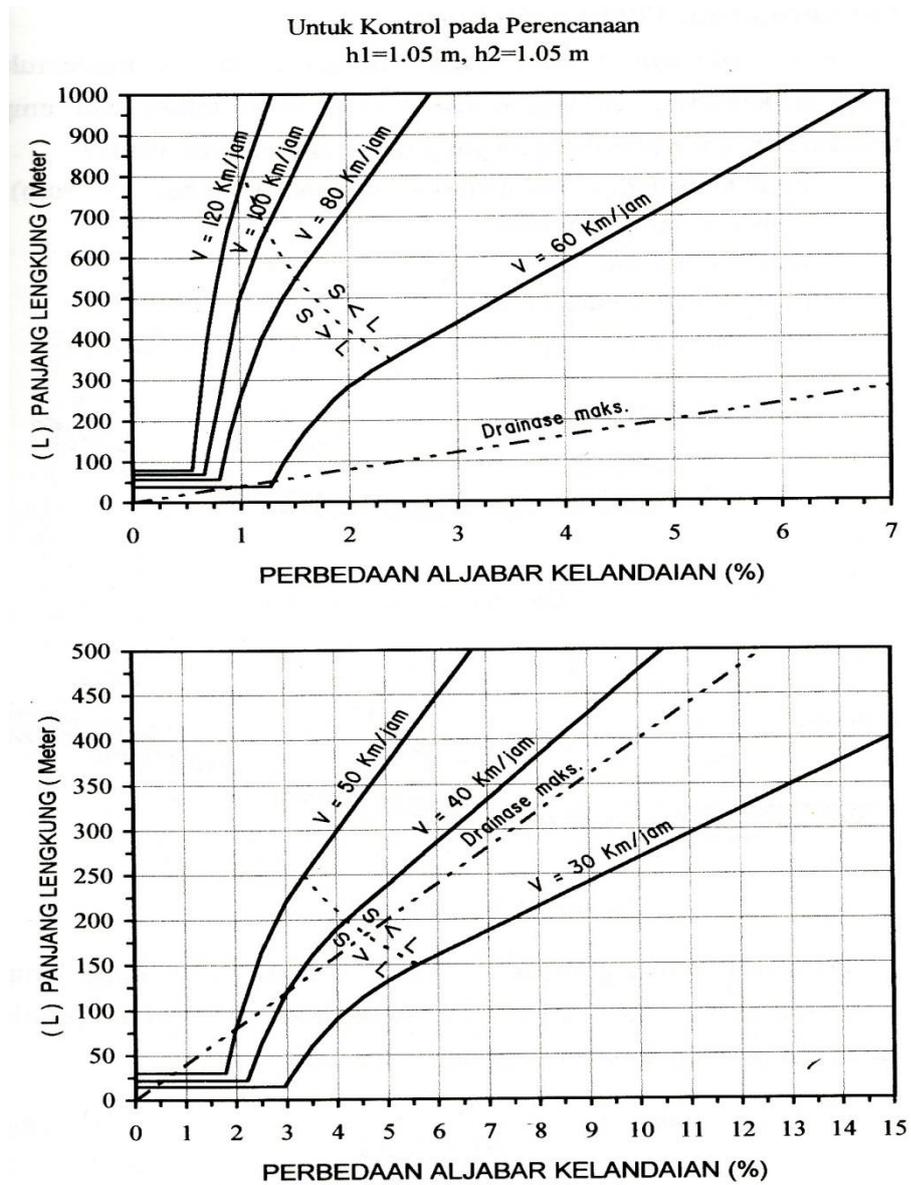
Panjang lengkung vertikal cembung, L_v dapat juga ditentukan berdasarkan Grafik I pada Gambar 2.20 (untuk jarak pandang henti) dan Grafik II dan III pada Gambar 2.21 (untuk jarak pandang menyiap).

Untuk memperoleh harga L_v yang sesuai pada grafik tersebut, caranya adalah:

- a. Tetapkan kecepatan rencana, V (kph)
- b. Tentukan harga $A = [g_2 - g_1]$
- c. Dari harga A yang diperoleh, pilih angka yang sama pada sumbu-x grafik (Perbedaan aljabar landai (%)).
- d. Tarik garis vertikal dari skala pada angka tersebut sehingga memotong kurva V
- e. Pada titik potong tersebut, tarik garis horizontal ke kanan sehingga memotong sumbu y (panjang lengkung), dan lihat angka yang ditunjukkan pada skala yang merupakan harga L_v .

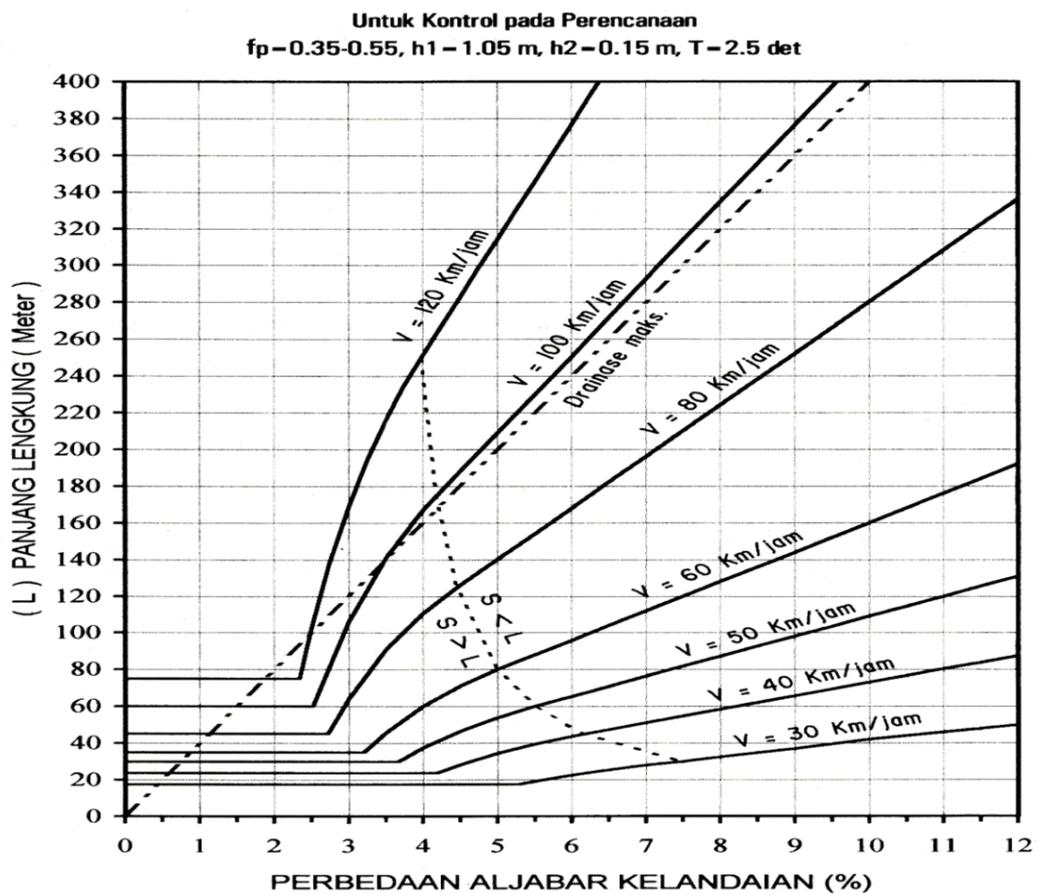


Gambar 2.20 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung
 Berdasarkan Jarak pandang henti (J_h)



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

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandangan pada waktu malam hari dan syarat drainase sebagaimana tercantum dalam Grafik IV pada Gambar 2.22



Gambar 2.22 Penentuan Panjang Lengkung Vertikal Cekung Berdasarkan Jarak Pandang Henti, Jd.

2.11 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan adalah lapisan atas badan jalan yang menggunakan bahan-bahan khusus yang secara konstruksi 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 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*)

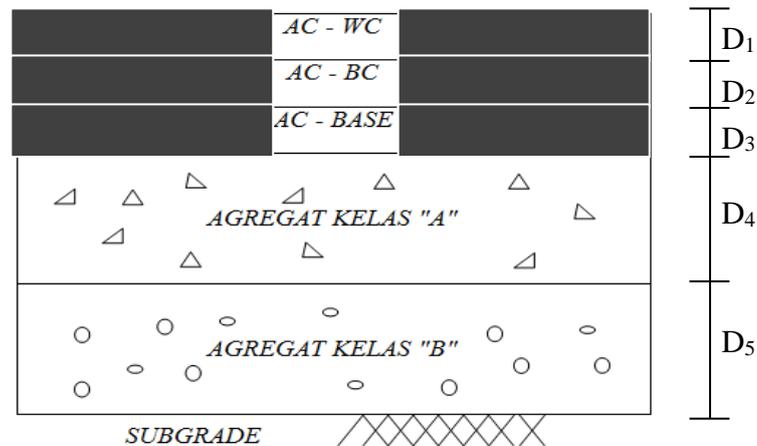
Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dan agregat atau bahan-bahan yang bersifat tidak kaku/lentur.

2.12 Jenis dan Fungsi Konstruksi Perkerasan Lentur

Konstruksi jalan terdiri dari tanah dan perkerasan jalan. Penempatan besaran rencana tanah dasar dan material-material yang akan menjadi bagian dari konstruksi perkerasan, harus didasarkan atas penilaian hasil survey dan penyelidikan laboratorium oleh seorang ahli.

Bagian perkerasan jalan umumnya meliputi :

- a. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)
- b. Lapisan Pondasi (*Base Course*)
- c. Lapisan Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)
- d. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)



Gambar 2.23 Lapisan Perkerasan Jalan

2.12.1 Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

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

- 1) Lapisan perkerasan penahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi menahan beban roda selama masa pelayanan.
- 2) 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.

2.12.2 Lapisan Pondasi Atas (*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.

2.12.3 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:

- a. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
- b. Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan–lapisan diatasnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
- c. Untuk mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapisan pondasi.
- d. Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar.

2.12.4 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.

Sifat-sifat daya dukung tanah dasar adalah sebagai berikut:

1. Perubahan bentuk dan menyusut dari macam-macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.
2. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
3. Daya dukung tanah yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam-macam tanah dimana sangat berbeda sifat dan kedudukannya atau akibat dari pelaksanaannya.
4. Lendutan baik sesudah pembebanan
5. Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas serta penurunan

2.13 Kriteria Perancangan

2.13.1 Lalu lintas

- a. Jumlah lajur dan lebar lajur rencana

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, jumlah lajur ditentukan dari lebar perkerasan sesuai tabel 2.19

Tabel 2.19 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

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

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

b. Distribusi kendaraan per lajur rencana

Distribusi kendaraan ringan dan berat yang lewat pada lajur rencana adalah sesuai dengan jumlah lajur dan arah. Distribusi kendaraan ringan dan berat pada lajur rencana dipengaruhi oleh volume lalu lintas, sehingga untuk menentukannya diperlukan survey. Namun koefisien distribusi kendaraan (D_L) dapat menggunakan pendekatan sesuai tabel 2.20

Tabel 2.20 Koefisien Distribusi Kendaraan per Lajur Rencana (DL)

Lajur	Kendaraan Ringan		Kendaraan Berat	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,600	0,500	0,700	0,500
3	0,400	0,400	0,500	0,475
4	0,300	0,300	0,400	0,450
5	-	0,250	-	0,425
6	-	0,200	-	0,400

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

c. Faktor ekuivalen beban sumbu kendaraan (LEF)

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

$$LEF = \frac{wt18}{wtx} \dots\dots\dots (2.38)$$

$$\text{Log} = \left(\frac{wt18}{wtx} \right) = 4,79 \log (18+1) - 4,79 \log (Lx + L2) + 4,33 \log L2 +$$

$$\frac{\log\left(\frac{(\Delta IP)}{IP_o - IP_f}\right)}{0,40 + 0,801(Lx + L2)^{3,23}} - \frac{\log\left(\frac{(\Delta IP)}{IP_o - IP_f}\right)}{0,40 + 0,801(18 + 1)^{3,23}} \dots\dots\dots (2.39)$$

$$\frac{\log\left(\frac{(\Delta IP)}{IP_o - IP_f}\right)}{(SN + 1)^{5,19} L2^{3,23}} - \frac{\log\left(\frac{(\Delta IP)}{IP_o - IP_f}\right)}{(SN + 1)^{5,19}}$$

Dimana:

LEF = angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan bebas sumbu standar

W_{tx} = adalah angka sumbu x pada akhir waktu t

W_{18} = angka 18-kip (80kn) beban sumbu tunggal

L_x = beban dalam kip pada suatu sumbu tunggal atau pada sumbu ganda (tandem)/satu sumbu triple

L_2 = Kode beban (1 untuk poros tunggal, 2 untuk poros tandem, 3 untuk poros triple)

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

ΔIP = Perbedaan antara indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0) dengan indeks pelayanan pada akhir rencana (IP_t)

IP_t = Indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,50)

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

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

$$(W_{18}) = 365 \times D_L \times W_{18} \dots\dots\dots(2.40)$$

Keterangan:

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

DL = adalah faktor distribusi lajur pada lajur rencana (Tabel 2.20)

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

$$W_{18} = \sum_1^n B_{si} \cdot LEF_i \dots\dots\dots (2.41)$$

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

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

$$W_t = W_{18} = W_{18} \left(\frac{(1+g)^{n-1}}{g} \right) \dots\dots\dots (2.42)$$

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

W_{18} adalah beban sumbu standar kumulatif selama 1 tahun pada lajur rencana

n = adalah umur rencana (tahun)

g = adalah perkembangan lalu lintas (%)

2.13.2 Tingkat Kepercayaan (Reabilitas)

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

Tabel 2.21 Tingkat reliabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan

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

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

Penerapan konsep reliabilitas harus memperhatikan langkah-langkah berikut ini:

1. Definisi klasifikasi fungsional jalan dan tentukan apakah merupakan jalan perkotaan.
2. Pilih tingkat reliabilitas dari rentang yang diberikan pada tabel 2.22
3. Pilih deviasi standar (S_o) yang harus mewakili kondisi setempat, rentang nilai S_o adalah 0,35-0,45

Tabel 2.22 Deviasi normal standar (Z_R) untuk berbagai tingkat kepercayaan (R)

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

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

2.13.3 Drainase

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

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

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

$$t = T50 \times m_d \times 24 \dots\dots\dots(2.43)$$

Keterangan:

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

T50 = adalah time factor

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

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

$$S_1 = \frac{LR \times SR}{H} \dots\dots\dots (2.44)$$

Nilai m_d pada rumus 2.43 dihitung dengan rumus:

$$M_d = \frac{ne - LR^2}{KH} \dots\dots\dots (2.45)$$

Keterangan:

- n_e = adalah porositas efektif lapisan drainase
- L_R = adalah resultan panjang (feet)
- H = adalah tebal lapisan drainase dalam feet
- k = adalah permeabilitas lapisan drainase dalam feet/hari
sesuai rumus dibawah ini:

$$K = \frac{6,214 \times 10^5 \times D_{10}^{1478} \times n^{6,654}}{P_{200}^{0,597}} \dots\dots\dots (2.46)$$

Keterangan:

- k adalah permeabilitas lapisan drainase dalam *feet*/hari
- P_{200} adalah berat agregat yang lolos saringan no. 200 dalam persen
- D_{10} adalah ukuran efektif atau ukuran butir agregat 10% berat lolos saringan
- n adalah porositas material (tanpa satuan), nilai rasio dari volume relatif dan total volume

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

Tabel 2.23 Koefisien Drainase (m) untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif material *untreated base* dan *subbase*

Kualitas Drainase	Persen Waktu Struktur Perkerasan Dipengaruhi Oleh			
	< 1%	1-5%	5-25%	>25%
Baik sekali	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Baik	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Sedang	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Jelek	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Jelek sekali	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

2.13.4 Kinerja Perkerasan

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

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

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

Dalam menentukan indeks pelayanan perkerasan lentur pada akhir umur rencana (IPt), perlu di pertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan sebagaimana diperlihatkan pada tabel 2.24

Sedangkan dalam menentukan indeks pelayanan pada awal umur rencana (IPo), perlu diperhatikan jenis lapis permukaan perkerasan lentur pada awal umur rencana. Pada tabel 2.25 terdapat indeks pelayanan pada awal umur rencana (IPo) untuk nenerapa jenis lapis perkerasan.

Tabel 2.24 Indeks pelayanan perkerasan lentur pada akhir umur rencana (IPt)

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

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

Tabel 2.25 Indeks pelayanan pada awal umur rencana (IPo)

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

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

2.13.5 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif bahan jalan, baik campuran beraspal sebagai lapis permukaan (lapis aus dan lapis permukaan antara), lapis pondasi serta lapis pondasi bawah disajikan pada tabel 2.26

Tabel 2.26 Koefisien kekuatan relatif bahan jalan (a)

Jenis Bahan	Kekuatan Bahan					Koefisien			
	Modulus Elastisitas		Stabilitas Marshal (kg)	Kuat Tekan Bebas (kg/cm ²)	ITS (kPa)	CBR (%)	a ₁	a ₂	a ₃
	(MPa)	(x1000 psi)							
1. Lapis									
Laston									
- Lapis Aus Modifikasi 1	3.200	460	1000			0,414			
- Lapis Antara Modifikasi 1	3.500	508	1000			0,36			
Laston									
- Lapis Aus	3.000	435	800			0,400			
- Lapis Antara	3.200	464	800			0,344			
Lataston									
- Lapis Aus	2.300	340	800			0,350			
2. Lapis Pondasi									
Lapis Pondasi Laston modifikasi	3.700	536	2250				0,305		
Lapis Pondasi	3.300	480	180				0,290		
Lapis Pondasi Lataston	2.400	350	800						
Lapis Pondasi LAPEN							0,190		
CMRFB (<i>Cold Mix Recycling foam bintumen</i>)							0,270		

Beton Padat Giling	5.900	850		70				0,230	
CTB	5.350	776		45				0,210	
CTRB (<i>Cement Treated Recycling Base</i>)	4.450	645		35				0,170	
CTSB (<i>Cement Treated Subbase</i>)	4.450	645		30				0,170	
CTRSB (<i>Cement Treated Recycling Subbase</i>)	4.270	619		30				0,160	
- Tanah Semen	4.000	580		24				0,145	
- Tanah Kapur	3.900	566		20				0,140	
- Agregat Kelas A	200	29				90		0,135	
3. Lapis Pondas Bawah									
Agregat Kelas B	125	18				60		0,125	
Agregat Kelas C	103	15				35		0,112	
Konstruksi Telford									
-Pemadatan						52		0,104	
-Pemadatan						32		0,074	
Material Pilihan	8 4	12				10		0,080	

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

2.13.6 Pemilihan Tipe Lapisan Beraspal

Tipe lapisan beraspal yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan kondisi jalan yang akan dibuat, yaitu sesuai dengan lalu lintas rencana serta kecepatan kendaraan (terutama truk) seperti tabel 2.27

Tabel 2.27 Pemilihan tipe lapisan beraspal berdasarkan lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan

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

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

2.13.7 Ketebalan Minimum Lapisan Perkerasan

Pada saat menentukan tebal lapis perkerasan, perlu dipertimbangkan keefektifannya dari segi biaya, pelaksanaan konstruksi dan batasan pemeliharaan untuk menghindari kemungkinan dihasilkannya perancangan yang tidak praktis.

Tabel 2.28 Tebal minimum lapisan perkerasan

Jenis Bahan	Tebal Minimum	
	(inci)	(cm)
1. Lapis Permukaan		
Laston Modifikasi		
-Lapis Aus Modifikasi	1,	4,0
-Lapis Antara Modifikasi	2,	6,0
Laston		
-Lapis Aus	1,6	4,0
-Lapis Antara	2,4	6,01
Lataston		
-Lapis Aus	1,2	3,0
2. Lapis Pondasi		
Lapis Pondasi Laston Modifikasi	2,9	7,5
Lapis Pondasi Laston	2,9	7,5
Lapis Pondasi Lataston	1,4	3,5
Lapis Pondasi LAPEN	2,5	6,5
Agregat A	4,0	10,0
CMRFB (Cold Mix Recycling Foam Bitumen)	6,0	15,00
Beton Padat Giling (BPG/RCC)	6,0	15,00
CTB	6,0	15,00
CTRB (Cement Treated Recycling Base)	6,0	15,00
CTSB (Cement Treated Subbase)	6,0	15,00
CTRSB (Cement Treated Recycling Subbase)	6,0	15,00
Tanah Semen	6,0	15,00
Tanah Kapur	6,0	15,00
3. Lapis Pondasi Bawah		
Agregat Kelas B	6,0	15,00
Agregat Kelas C	6,0	15,00
Konstruksi Telford	6,0	15,00
Material Pilihan (Selected Material)	6,0	15,00

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

2.14 Umur Rencana

Umur rencana adalah jumlah tahun dari jalan itu dibuka untuk lalu lintas kendaraan sampai diperlukan perbaikan yang bersifat struktural. Selama umur rencana tersebut, pemeliharaan perkerasan jalan harus tetap dilakukan, seperti pelapisan *nonstructural* yang berfungsi sebagai lapis aus. Umur rencana yang lebih besar dari 20 tahun tidak lagi ekonomis, karena perkembangan lalu lintas yang terlalu besar dan sukar mendapatkan ketelitian yang memadai.

Perbaikan terdiri dari pelapisan ulang, penambahan, atau peningkatan.

- a. Lapisan perkerasan aspal baru, 20–25 tahun
- b. Lapisan perkerasan kaku baru, 20–40 tahun
- c. Lapisan tambahan (aspal, 10–15 tahun) dan (batupasir, 10–20 tahun)

2.15 Estimasi Biaya Proyek

Estimasi biaya proyek adalah jumlah keseluruhan dari biaya-biaya setiap pekerjaan yang ada didalam proyek. Guna dari perhitungan estimasi biaya proyek ini adalah sebagai patokan untuk menyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB).

2.15.1 Analisa Satuan Harga

Analisa satuan harga adalah harga yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga tempat proyek berada karena tidak setiap daerah memiliki standar 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.

2.15.2 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.

2.15.3 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.

2.15.4 Rekapitulasi Biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung kuantitas 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 mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

2.15.5 Analisa Satuan Harga Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan ialah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. 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.

2.15.6 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah cara-cara penyusunan langkah-langkah pelaksanaan pekerjaan yang ada didalam proyek tersebut. Dengan adanya manajemen proyek yang baik dan sesuai, maka diharapkan pelaksanaan pekerjaan-pekerjaan yang ada dapat berjalan dengan lancar sehingga didapatkan hasil yang baik, meliputi:

1. Net Work Planing (NWP)

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi diperlukan suatu perencanaan yang tepat untuk menyelesaikan tiap-tiap pekerjaan yang akan dikerjakan. Dalam NWP juga dapat diketahui ketergantungan antara pekerja yang lain.

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah:

a) Merencanakan, *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.

- b) Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek.
- c) Mendokumentasikan dan mengkomunikasikan secara *scheduling* (waktu) dan alternatif-alternatif lain penyelesaiannya proyek dengan tambahan waktu.

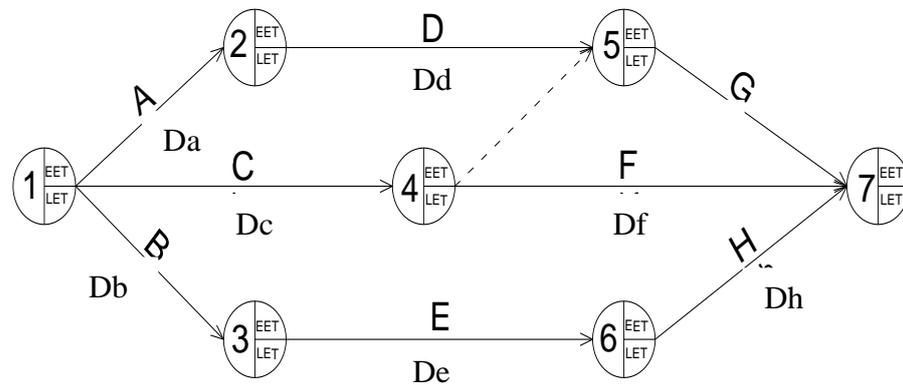
pekerjaan dapat dilihat dengan diagram panah untuk membentuk gambar dari rencana network tersebut perlu digunakan simbol-simbol, antara lain:

—→ (*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* (tenaga, alat, material dan biaya). Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.

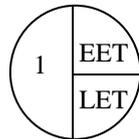
○ (*Node / event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan.

====> (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critikcal path*).

----> (*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.



Gambar 2.20 Sketsa Network Planing



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.

A, B, C, D, E, F, G, H merupakan kegiatan, sedangkan Da, Db, Dc, Dd, De, Df, Dg dan Dh merupakan durasi dari kegiatan tersebut.

2. Barchart dan Kurva S

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

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.

Kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dari tahap pertama sampai dengan harga total keseluruhan dari jumlah harga penawaran tanpa persentase yang didapat dari perbandingan antara harga pekerjaan berakhirnya pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan antara harga pekerjaan dengan harga total keseluruhan dari jumlah harga penawaran tanpa pajak.