

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

Sebelum mengadakan pembahasan lebih lanjut maka penulis perlu mengemukakan suatu analisa bahwa landasan teori merupakan suatu pembahasan dengan dasar buku referensi yang bertujuan untuk memperkuat materi pembahasan yang akan dibahas maupun sebagai dasar penggunaan rumus-rumus tertentu dalam suatu desain struktur jalan. Disamping itu juga untuk memecahkan masalah yang baik untuk menganalisa faktor-faktor dari data pendukung maupun merencanakan konstruksi yang menyangkut dalam perhitungan teknis. Pada bagian ini penulis menguraikan secara garis besar prinsip-prinsip dasar untuk perencanaan jalan raya yang baik aspek lalu-lintas, geometrik, perkerasan, drainase jalan maupun bangunan pelengkapannya.

#### **2.1 Data Perencanaan**

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

##### **2.1.1 Data lalu lintas**

Data arus lalu lintas merupakan informasi dasar bagi perencana dan desain dalam suatu jalan. Data ini mencakup suatu jaringan jalan atau hanya suatu daerah tertentu dengan batasan yang telah ditentukan. Data lalu lintas didapatkan dengan melakukan pendataan kendaraan yang melintasi suatu ruas jalan,

sehingga dari hasil pendataan ini penulis dapat mengetahui volume lalu lintas yang melintasi jalan tersebut. Data volume lalu lintas diperoleh dalam satuan kendaraan per jam (kend/jam).

Jika suatu jalan raya akan ditingkatkan, maka diadakan perhitungan lalu-lintas. Namun untuk suatu lokasi baru, dibuat suatu perkiraan lalu lintas. Kemudian nilai ini diproyeksikan untuk suatu tahun rencana, untuk ditentukan sebagai volume lalu lintas rencana (VLR). VLR dinyatakan dalam lalu lintas harian rata-rata tahunan (VLR tahunan), karena umumnya sukar memperkirakan volume per jam untuk masa depan bagi jalan raya tertentu. Tahun rencana yang direkomendasikan untuk penentuan VLR adalah 10 sampai 20 tahun, namun juga tergantung pada karakteristik dan pentingnya jalan raya tersebut.

VLR dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp) yang didapat dengan mengalikan atau mengkonversikan angka faktor ekivalensi (FE) setiap kendaraan yang melintasi jalan tersebut dengan jumlah kendaraan yang kita peroleh dari hasil pendataan (kend/jam) dengan mengesampingkan kendaraan tak bermotor. Volume lalu lintas dalam smp ini menunjukkan besarnya jumlah lalu- lintas harian rata-rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut.

Tabel 2.1 berikut memuat nilai ekivalensi kendaraan tertentu terhadap mobil penumpang (smp).

Tabel 2.1 Nilai smp untuk Berbagai Jenis Kendaraan

Jenis kendaraan	Rata-rata kemiringan melintang	
	Datar, perbukitan	Pegunungan
Sepeda motor, sedang, jeep, wagon	1	1
Pik up, bus kecil, truk ringan	2	2.5
Bus, truk 2 as	3	4
Truk 3 sumbu, trailer	5	6

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 1990)

### 2.1.2 Data topografi

Pengukuran peta topografi dimaksudkan untuk mengumpulkan data topografi yang cukup untuk kebutuhan perencanaan dan dilakukan pada sepanjang ruas jalan yang direncanakan. Hasil dari pengukuran ini digunakan dalam perencanaan

geometrik. Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan rencana dengan mengadakan tambahan dan pengukuran detail pada tempat-tempat yang memerlukan realinyemen dan tempat-tempat persilangan dengan sungai atau jalan lain, sehingga memungkinkan didapatkannya trase jalan yang sesuai dengan standar.

Pekerjaan pengukuran ini terdiri dari beberapa kegiatan berikut :

- a. Kegiatan perintisan untuk pengukuran, dimana secara garis lurus ditentukan kemungkinan rute alternatif dari trase jalan.
- b. Kegiatan pengukuran yang meliputi :
  - Penentuan titik kontrol vertikal dan horizontal yang dipasang setiap interval 100 meter pada rencana as jalan.
  - Pengukuran situasi selebar sisi kiri kanan *right of way* dari jalan raya yang dimaksud dan disebutkan tata guna tanah sekitar trase jalan.
  - Pengukuran penampang melintang (*cross section*) dan penampang memanjang (*long section*).
  - Perhitungan perencanaan desain jalan dan penggambaran peta topografi berdasarkan data koordinat titik-titik kontrol diatas.

### **2.1.3 Data penyelidikan tanah**

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

#### **1. Penelitian**

Penelitian data tanah yang terdiri dari sifat-sifat indeks, klasifikasi USCS dan AASHTO, pemadatan dan nilai CBR. Pengambilan CBR di lapangan dilakukan sepanjang ruas jalan rencana, dengan interval 200 meter dengan menggunakan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*). Hasil tes DCP ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampakkan hasil dari nilai CBR di setiap titik lokasi. Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk menilai besarnya CBR atau kekuatan daya dukung tanah lapisan tanah dasar.

Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu cara analitis dan cara grafis.

a. Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah :

$$CBR_{\text{Segmen}} = (CBR_{\text{Rata}} - CBR_{\text{Min}}) / R \dots\dots\dots (2.1)$$

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

Pada tabel 2.2 dapat dilihat nilai R untuk perhitungan CBR 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 : Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1995)

b. Cara Grafis

Adapun prosedur yang dilakukan pada cara grafis ini adalah sebagai berikut :

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

## 2. Analisa

Melakukan analisa pada contoh tanah yang terganggu dan tidak terganggu, juga terhadap bahan konstruksi, dengan menggunakan ASTM dan AASHTO maupun standar yang berlaku di Indonesia.

## 3. Pengujian Laboratorium

Uji bahan konstruksi untuk mendapatkan :

a. Sifat-sifat indeks (*indeks properties*) yang meliputi  $G_s$  (*specific gravity*),  $W_n$  (*natural water content*),  $\gamma$  (berat isi),  $e$  (*voidration / angka pori*),  $n$  (porositas),  $S_r$  (derajat kejenuhan).

b. Klasifikasi USCS dan AASHTO

1). Analisa ukuran butir (*Grain Size Analysis*)

- Analisa saringan (*Sieve Analysis*)
- Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)

2). Batas-batas Atterberg

- *Liquid Limit* (LL) = batas cair
- *Plastic Limit* (PL) = batas plastis
- $IP = LL - PL$

3). Pemadatan :  $\gamma_{d_{maks}}$  dan  $W_{opt}$

- Pemadatan standar / Proctor
- Pemadatan modifikasi
- Dilapangan dicek dengan menggunakan sandcone  $\pm 100\% \gamma_{d_{maks}}$

4). CBR laboratorium (CBR rencana), berdasarkan pemadatan  $\gamma_{d_{maks}}$  dan

$W_{opt}$ .

$$\gamma_{wet} = W_t / V_t \quad \longrightarrow \quad \gamma_{d_{wet}} / (1+W)$$

CBR lapangan : DCP  $\longrightarrow$  CBR lapangan

### 2.1.4 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 yang akan dilakukan berdasarkan survey langsung dilapangan maupun dengan pemeriksaan dilaboratorium.
2. Penyelidikan lokasi sumber material yang ada beserta perkiraan jumlahnya untuk pekerjaan-pekerjaan penimbunan pada jalan dan jembatan serta bangunan pelengkap jalan.

### **2.1.5 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.

- Data geologi adalah data yang digunakan sebagai petunjuk keadaan geologi permukaan dan tanah di daerah proyek dan sekitarnya.
- Data fisik adalah data yang digunakan untuk mengetahui kondisi fisik proyek dan keadaan sekitarnya.
- Data iklim adalah data yang digunakan untuk mengetahui jumlah keadaan iklim daerah proyek dan sekitarnya.
- Data curah hujan adalah data yang digunakan untuk menganalisis curah hujan dimusim kemarau dan penghujan yang dipakai untuk menghitung kebutuhan pembangunan/drainase dan debit banjir.

### **2.2 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 pandang, ruang yang cukup bagi manuver kendaraan dan koefisien gesek permukaan jalan yang cukup.

2. Menjamin suatu perencanaan 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 merupakan kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik.

Kendaraan rencana dikelompokkan ke dalam 3 kategori :

- a. Kendaraan kecil, diwakili oleh mobil penumpang.
- b. Kendaraan sedang, diwakili oleh truk 3 as *tandem* dan bus besar 2 as.
- 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 kendaraan disekitarnya
- c. Cuaca
- d. Adanya gangguan dari kendaraan lain
- e. Batasan kecepatan yang diizinkan

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

Tabel 2.3 Kecepatan Rencana ( $V_R$ ) Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Kelas Jalan

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

(Sumber : Departemen PU, Dirjen Mina 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 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 2.4.

Tabel 2.4 Satuan Mobil Penumpang (smp)

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

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

### 4. Volume lalu lintas

Volume Lalu Lintas Harian Rencana (VLHR) adalah prakiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam smp/hari.

## 2.3 Dasar Perencanaan Geometrik

Perencanaan jalan merupakan dari perencanaan yang dititikberatkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yang memberikan pelayanan yang optimal pada arus lalu lintas. Secara umum perencanaan geometrik terdiri dari aspek-aspek perencanaan trase jalan, badan jalan, bahu jalan, tikungan, drainase, kelandaian jalan serta galian dan timbunan.

### 2.3.1 Alinyemen horizontal

Alinyemen horizontal pada jalan raya harus diatur sedemikian rupa tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan teknik dasar semata, juga untuk menyiapkan tempat yang cukup bagi lalu lintas dari para pemakai jalan. Alinyemen horizontal direncanakan dengan mempertimbangkan hal-hal berikut :

- Menghindari sedapat mungkin pekerjaan tanah (galian dan timbunan) yang besar sejauh masih memenuhi ketentuan yang ada.
- Memenuhi semua ketentuan atau standar perencanaan yang ada yaitu PPGJR No. 13/1970 atau Direktorat Jendral Bina Marga.

#### A. Klasifikasi jalan

Klasifikasi jalan merupakan aspek penting yang pertama kali harus didenifikasikan 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 penentuan 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.

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

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

- Dimana :
- $P_n$  = Jumlah kendaraan pada tahun ke-n
  - $P_o$  = Jumlah kendaraan pada awal tahun
  - $i$  = Angka pertumbuhan lalu lintas (%)
  - $n$  = Umur rencana

Setelah didapat nilai LHR yang direncanakan dan dikalikan dengan nilai Satuan Mobil Penumpang (smp) maka didapat klasifikasi jalan tersebut.

1) Klasifikasi menurut fungsi jalan

Klasifikasi menurut fungsi jalan terbagi atas :

- a. Jalan arteri, yaitu jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk yang dibatasi secara efisien.
- b. Jalan kolektor, yaitu jalan yang melayani angkutan pengumpulan/pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- c. Jalan lokal, yaitu jalan yang melayani angkutan pengumpulan/pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

2) Klasifikasi menurut kelas jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton.

Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat tabel 2.5

Tabel 2.5 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

F u n g s i	Kelas	Muatan Sumbu Terberat (ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	

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

- 3) Klasifikasi jalan di Indonesia menurut Bina Marga dalam Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TPGJAK) No. 038/T/BM/1997 dapat dikelompokkan menurut kapasitas lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang dilayani dalam satuan smp dapat dilihat pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 Klasifikasi Jalan Berdasarkan LHR

Klasifikasi Fungsi	Kelas	Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) dalam satuan smp
Utama	I	> 20.000
Sekunder	II A	6000 s/d 20.000
	II B	1500 s/d 8000
	II C	<2000
Penghubung	III	-

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

- 4) Klasifikasi menurut medan jalan
- Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur.
  - Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 2.7 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

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

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

- Keseragaman kondisi medan yang diproyeksikan harus mempertimbangkan keseragaman kondisi medan menurut rencana trase jalan dengan mengabaikan perubahan-perubahan pada bagian kecil dari segmen rencana jalan tersebut.
- 5) Klasifikasi jalan berdasarkan wewenang dan pembinaan jalan
- Pada klasifikasi jalan ini, suatu ruas jalan dapat dibeda-bedakan menjadi beberapa golongan, yaitu :
- Jalan negara, yaitu jalan yang menghubungkan ibu kota-ibu kota provinsi.
  - Jalan provinsi, yaitu jalan yang menghubungkan antar tempat/kota didalam suatu provinsi.

- c. Jalan kabupaten/kotamadya, yaitu jalan yang meliputi lingkungan kabupaten maupun kotamadya.
- d. Jalan desa, yaitu jalan yang ada pada lingkungan suatu desa.

**B. Penentuan trase jalan**

Dalam penentuan trase jalan harus ditetapkan sedemikian rupa, agar dapat memberikan pelayanan yang baik sesuai dengan fungsinya serta keamanan dan kenyamanan pemakainya. Hambatan-hambatan yang mungkin ditemui dalam penentuan trase jalan, antara lain :

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

Dalam membuat jalan baru harus diperhatikan suatu standar yang sesuai dengan keadaan topografi setempat. Dalam hal ini dibagi dalam tiga golongan medan menurut besarnya lereng melintang adalah sebagai berikut :

Tabel 2.8 Golongan Medan

Golongan Medan	Lereng Melintang
Datar (D)	0 – 9,9%
Perbukitan (B)	9,9 – 24,9%
Pegunungan (G)	25%

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

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

**1. Syarat ekonomi**

Dalam perencanaan yang menyangkut syarat-syarat ekonomis yaitu :

- a. Penentuan trase jalan yang tidak terlalu banyak memotong kontur, sehingga dapat menghemat biaya dalam pelaksanaan pekerjaan galian dan timbunan.

- b. Penyediaan material dan tenaga kerja yang tidak terlalu jauh dari lokasi proyek sehingga dapat menekan biaya pemindahan material tersebut.

2. Syarat teknis

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

C. Penentuan arah Utara

Dari peta topografi yang dilengkapi dengan koordinat hasil pengukuran topografi dapat ditentukan arah Utara yang diambil searah dengan sumbu Y (+).

D. Penentuan koordinat dan jarak

Penentuan titik-titik penting yang diperoleh dari penelitian rencana alinyemen horizontal. Titik-titik penting yang perlu ditentukan koordinatnya adalah :

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

Jarak yang harus dihitung setelah penentuan koordinat adalah :

d1 = jarak titik A – titik PI 1

d2 = jarak titik PI 1 – titik PI 2

d3 = jarak titik PI 2 – titik PI 3

d4 = jarak titik PI 3 – titik B

Rumus yang dipakai untuk menghitung jarak adalah :

$$\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \dots\dots\dots (2.3)$$

E. Perencanaan sudut *bearing*

Sudut *bearing* ( $\alpha$ ) ditentukan berdasarkan arah Utara

$$\alpha_1 = \alpha (A - PI_1)$$

$$\alpha_2 = \alpha (PI_1 - PI_2)$$

$$\alpha_3 = \alpha (PI_2 - PI_3)$$

$$\alpha_4 = \alpha (PI_3 - B)$$

Sudut *bearing* ( $\alpha$ ) dihitung dengan rumus :

$$\alpha = \arctg \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a} \dots\dots\dots (2.4)$$

F. Bentuk-bentuk tikungan

Bagian sangat kritis pada alinyemen horizontal adalah bagian tikungan, dimana terdapat gaya yang mendorong kendaraan secara sentrifugal. Gaya sentrifugal ini mendorong kendaraan secara radial keluar jalurnya. Dengan kecepatan rencana dapat ditentukan besarnya nilai gaya jari-jari minimum. Di Indonesia yang sesuai dengan standar Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga, tikungan terbagi menjadi tiga jenis, yaitu :

1. *Full Circle* (FC)

*Full Circle* adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Bentuk lingkaran ini biasanya digunakan pada jalan yang tikungannya berjari-jari besar serta sudut tangen yang relatif kecil. Pembentukan tikungan *full circle* dipengaruhi besarnya sudut tangen, kecepatan rencana dan harus memenuhi jari-jari lengkung minimum.

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

$$L_c = \frac{\beta}{360} 2\mu R \dots\dots\dots (2.5)$$

$$T_c = R \tan 1/2 \beta \dots\dots\dots (2.6)$$

$$E_c = R \left[ \frac{1}{\cos 1/2 \beta} \right] \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

$T_c$  : Panjang tangen jarak dari TC ke PI atau PI ke CT (meter)

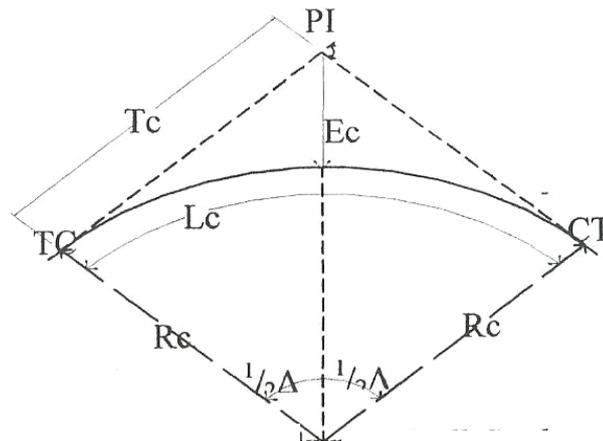
$R_c$  : Jari-jari lingkaran (meter)

$L_c$  : Panjang busur lingkaran (meter)

$E_c$  : Jarak luar dari PI ke busur lingkaran (meter)

$V$  : Kecepatan rencana ditetapkan (km/jam)

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



Gambar 2.1 Tikungan *Full Circle*

## 2. *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 *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 sesuai dengan kecepatan rencana dan tidak mengakibatkan adanya kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang telah

ditentukan. Jari-jari lengkung minimum untuk setiap kecepatan rencana ditentukan berdasarkan :

- Kemiringan tikungan maksimum
- Koefisien gesekan melintang maksimum

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

$$L_s \text{ min} = 0,022 \frac{Vr^3}{Rc \times C} - 2,727 \frac{Vrxe}{C} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$\theta_s = \frac{90L_s}{\pi R_c} = \frac{28,648L_s}{R_c} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$\Delta_c = \Delta - 2 \theta_s \dots\dots\dots (2.10)$$

$$L_c = \frac{\Delta_c}{360} \times 2\pi R_c \dots\dots\dots (2.11)$$

$$p = L_s \cdot p^* = \frac{L_s^2}{6R_c} - R_c(1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots (2.12)$$

$$k = L_s \cdot k^* = L_s - \frac{L_s^3}{40R_c^2} - R_c \sin \theta_s \dots\dots\dots (2.13)$$

$$T_s = (R_c + p) \tan \theta_s + k \dots\dots\dots (2.14)$$

$$E_s = \frac{(R_c + p)}{\cos \theta_s} - R_c \dots\dots\dots (2.15)$$

Syarat Pemakaian :

$$L_s \text{ min} \leq L_s \dots\dots\dots (2.16)$$

Apabila  $R_c$  untuk *circle* tidak memenuhi untuk kecepatan rencana tertentu, maka :

$$\Delta_c > 0$$

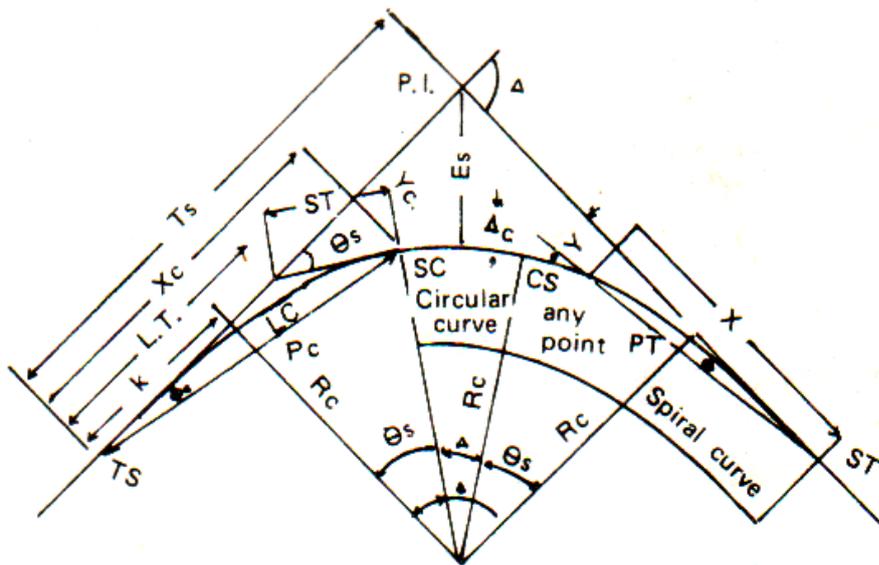
$$L_c > 20 \text{ m}$$

$$L = 2 L_s + L_c < 2 T_s \dots\dots\dots (2.17)$$

Untuk mendapatkan nilai  $p^*$  dan  $k^*$  dapat dilihat pada Tabel Konstruksi Jalan Raya (terlampir) berdasarkan nilai  $\theta_s$  yang didapatkan.

Keterangan :

- $X_s$  = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dan titik TS ke SC
- $Y_s$  = Ordinat titik SC pada garis tegak lurus pada aris tangen
- $L_s$  = Panjang lengkung peralihan (meter)
- $L$  = Panjang busur lingkaran/dari titik SC ke CS (meter)
- $T_s$  = Panjang tangen/dari titik PI ke TS atau ke ST (meter)
- TS = Titik dari tangen ke spiral
- SC = Titik dari spiral ke lingkaran
- $E_s$  = Jarak dari PI ke lingkaran
- $R$  = Jari-jari lengkung
- $p$  = Pergeseran tangen terhadap spiral
- $k$  = Absis dari  $p$  pada garis tangen spiral
- $s$  = Sudut lengkung spiral



Gambar 2.2 Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

### 3. *Spiral-spiral (SS)*

Penggunaan lengkung *spiral-spiral* apabila hasil perhitungan pada bagian lengkung S – C – S tidak memenuhi syarat yang telah ditentukan. Bentuk tikungan ini dipergunakan pada tikungan yang tajam. Untuk *spiral-spiral* ini berlaku rumus :

$$c = 0$$

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta \dots \dots \dots (2.18)$$

Untuk menentukan  $\theta_s$ , dapat menggunakan rumus :

$$L_s = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R c}{90} = \frac{\theta_s \cdot R c}{28,648} \dots \dots \dots (2.19)$$

$$L_c = 2 L_s \dots \dots \dots (2.20)$$

$$P = L_s \cdot p^* = \frac{L_s^2}{6 R c} - R c (1 - \cos \theta_s) \dots \dots \dots (2.21)$$

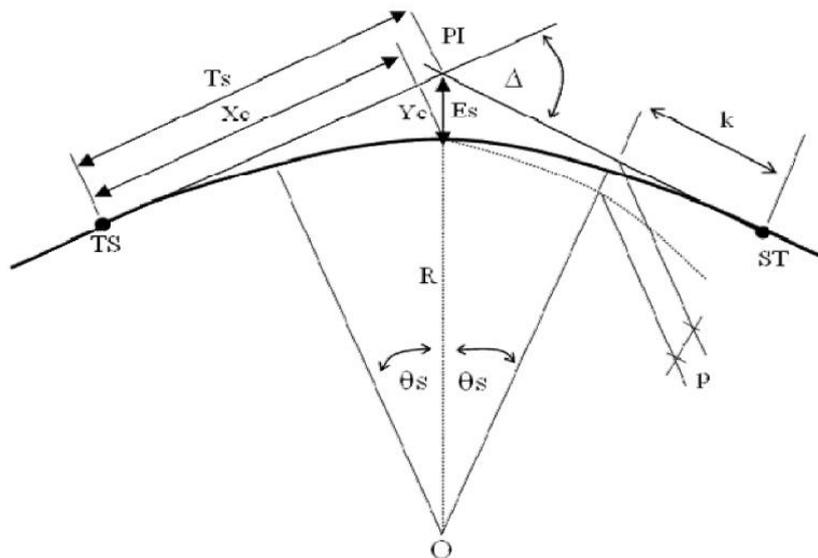
$$K = L_s \cdot k^* = L_s - \frac{L_s^3}{40 R c^2} - R c \sin \theta_s \dots \dots \dots (2.22)$$

$$T_s = (R c + p) \tan \theta_s + k \dots \dots \dots (2.23)$$

$$E_s = \frac{R c + p}{\cos \theta_s} - R c \dots \dots \dots (2.24)$$

Syarat Pemakaian :

$$\text{Kontrol perhitungan } 2 L_s < 2 T_s \dots \dots \dots (2.25)$$



Gambar 2.3 Tikungan *Spiral-spiral*

### G. Kemiringan melintang

Jika kendaraan melintasi suatu lengkungan dan perbatasan berbentuk lingkaran, maka kendaraan akan didorong secara sentrifugal. Gaya sentrifugal diimbangi oleh :

- a. Komponen berat yang diakibatkan oleh kemiringan melintang dari jalan.
- b. Gesekan melintang oleh ban dari kendaraan sebagai berikut :

#### 1. Stadium I

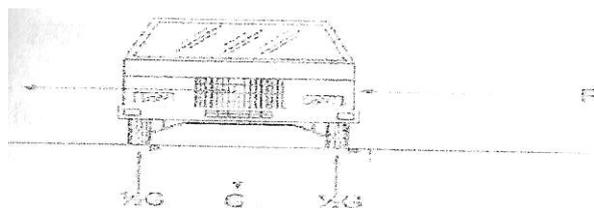
Hanya gaya gesek samping yang mengimbangi atau menahan gaya sentrifugal. Pada stadium ini perkerasan jalan pada tikungan tidak perlu dimiringkan.

Keadaan seimbang :

$$\frac{gv^2}{gR} f.G \longrightarrow f = \frac{V^2}{gR} \dots\dots\dots (2.26)$$

Dimana :

- V = Kecepatan rencana (km/jam)
- Fm = Koefisien gesek maksimum
- R = Jari-jari rencana tikungan (meter)
- G = Gravitasi bumi (9,81 m/jam)



Gambar 2.4 Stadium I

#### 2. Stadium II

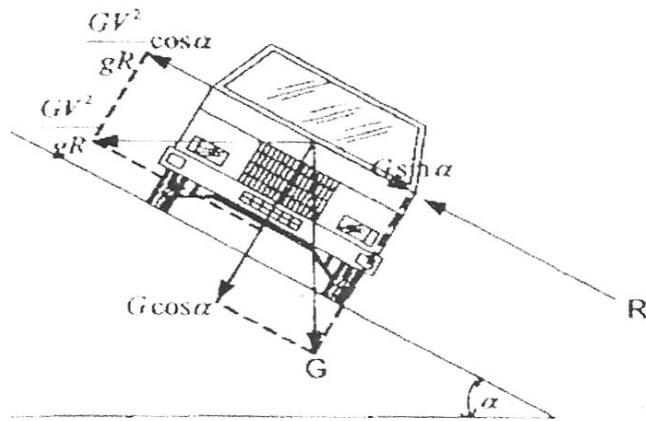
Pada stadium ini hanya jalan sepenuhnya memikul atau mengimbangi gaya sentrifugal yang timbul sehingga tidak akan timbul gesekan. Keadaan ini merupakan keadaan ideal pada tikungan. Kemiringan melintang pada keadaan maksimum pada stadium ini

berbanding lurus pada kecepatan dan berbanding terbalik dengan jari-jari tikungan.

$$\frac{gv^2}{gR} \cos \alpha = G \sin \alpha \dots\dots\dots (2.27)$$

$\alpha$  kecil  $\longrightarrow \cos \alpha = \tan \alpha = e$

$$\frac{V^2}{2R} = e \longrightarrow e = \frac{V^2}{127 R} \dots\dots\dots (2.28)$$



Gambar 2.5 Stadium II

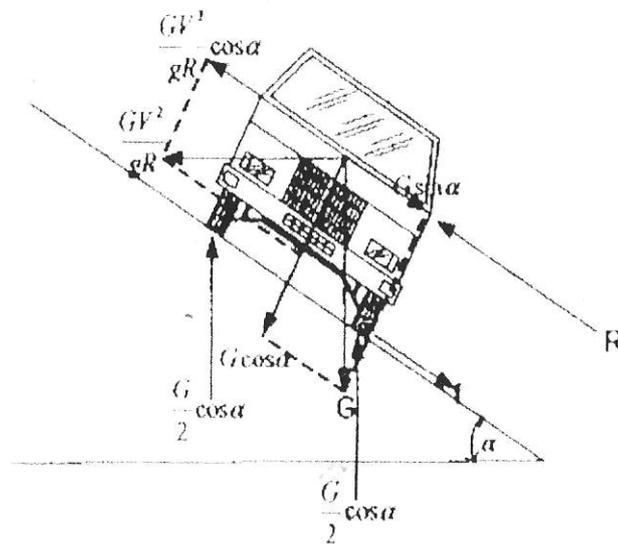
3. Stadium III

Gaya gesekan dan kemiringan maksimum bekerja sama dalam mengimbangi gaya-gaya sentrifugal pada tikungan itu.

$$\frac{gv^2}{2R} \cos \alpha = fG \cos \alpha + G \sin \alpha \dots\dots\dots (2.29)$$

$\alpha$  kecil  $\longrightarrow \cos \alpha = \tan \alpha = e$

$$\frac{V^2}{2R} f + e \longrightarrow e + f = \frac{V^2}{127 R} \dots\dots\dots (2.30)$$



Gambar 2.6 Stadium III

Adapun koefisien gesekan tergantung pada :

- a. Kecepatan rencana
- b. Koefisien ban
- c. Kondisi pekerjaan (kasar/licin)
- d. Kondisi permukaan jalan (kering/basah)

Rumus-rumus stadium diatas dapat dipergunakan untuk menentukan jari-jari minimum tikungan.

#### H. Pelebaran perkerasan pada tikungan

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

Elemen-elemen dari pelebaran perkerasan tikungan terdiri dari :

1. *Off tracking* (untuk lintasan roda belakang yang sedikit keluar lajur).
2. Kesukaran dalam mengemudi di tikungan (Z)

Adapun rumus-rumus untuk mencari lebar perkerasan di tikungan adalah sebagai berikut :

$$R_w = \sqrt{(R_1 + b)^2 + (p + a)^2} \dots\dots\dots (2.31)$$

$$R_i = R_w - B$$

$$R_i = \sqrt{(R_c^2 - (p + A^2)) - \frac{1}{2}b} \dots\dots\dots (2.32)$$

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

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

Dari persamaan  $b \rightarrow a$  :

$$B = \sqrt{\left\{ \sqrt{R_c^2 - (p + A)^2} + \frac{1}{2}b \right\}^2 + (p + A)^2} \dots\dots\dots (2.33)$$

$B$  = Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan di tikungan pada lajur sebelah dalam.

Sehingga untuk mencari lebar perkerasan pada tikungan dapat digunakan rumus :

$$B = \sqrt{\left\{ \sqrt{R_c^2 - 64 + 1,25} \right\}^2 + 64 - \sqrt{R_c^2 - 64 + 1,25}} \dots\dots\dots (2.34)$$

$R_c$  = Radius lajur sebelah dalam -  $\frac{1}{2}$  lebar perkerasan +  $\frac{1}{2}$  lebar kendaraan kesukaran dalam mengemudi tikungan.

$$Z = \frac{0,105V}{R} \dots\dots\dots (2.35)$$

Dimana :

$V$  = Kecepatan (km/jam)

$R$  = Jari-jari tikungan (m)

Sehingga :

$$B_t = n(B+C)+Z \dots\dots\dots (2.36)$$

$$\Delta b = B_t - B_n \dots\dots\dots (2.37)$$

a. Menentukan *stationing*

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

- setiap 100 m, untuk daerah datar
- setiap 50 m, untuk daerah bukit
- setiap 25 m, untuk daerah gunung

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

- 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.
- Patok Km merupakan patok permanen yang dipasang dengan ukuran standar yang berlaku, sedangkan patok STA merupakan patok sementara selama masa pelaksanaan proyek jalan tersebut.

b. Superelevasi

Superelevasi yaitu suatu diagram yang memperlihatkan panjang yang dibutuhkan guna merubah kemiringan melintang jalan pada bagian-bagian tertentu pada suatu tikungan. Superelevasi penuh adalah kemiringan maksimum yang baru dicapai pada suatu tikungan dan tergantung dari kecepatan rencana yang digunakan.

Adapun diagram superelevasi ini terbagi dalam tiga bentuk, yaitu :

a) Tikungan *Full Circle*

$$T_c = R_c \tan \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots (2.38)$$

$$E_c = T_c \tan \frac{1}{4} \Delta \dots\dots\dots (2.39)$$

$$L_c = \frac{\pi}{180} \Delta \cdot R_c \dots\dots\dots (2.40)$$

Dimana :

$\Delta$  = Sudut tangen

$T_c$  = Panjang tangen jarak dari TC ke PI ke CT

$R_c$  = Jari-jari lingkaran

$E_c$  = Jarak luar PI ke busur lingkaran

$L_c$  = Panjang busur lingkaran

Harga  $e_{maks}$  dan  $e_n$  didapat dari tabel berdasarkan harga  $L_s$  yang dipakai (terlampir) :

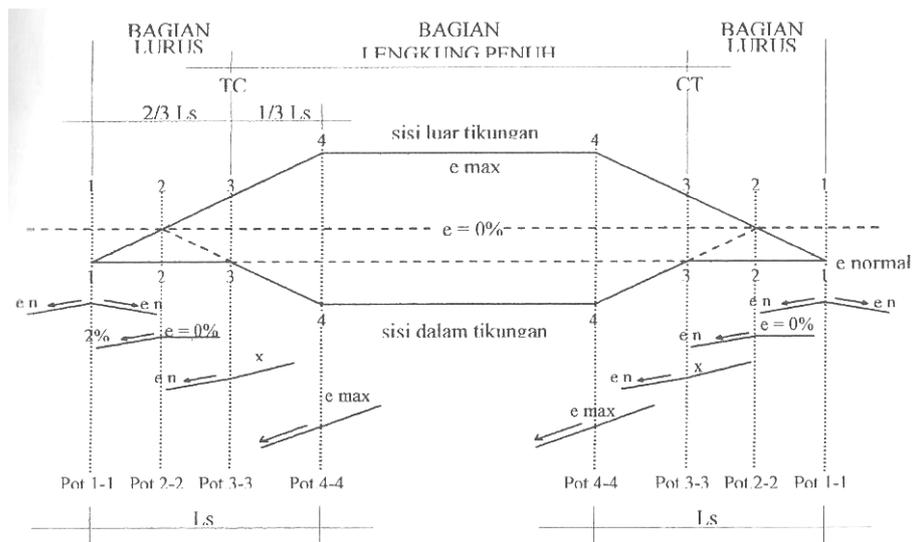
$$L_s' = B \cdot E_m \cdot M \dots\dots\dots (2.41)$$

Dimana :

$L_s$  = Lengkung peralihan

$E_m$  = Kemiringan lengkung melintang maksimum

$M$  = I (landai relatif maksimum antara tepi perkerasan)

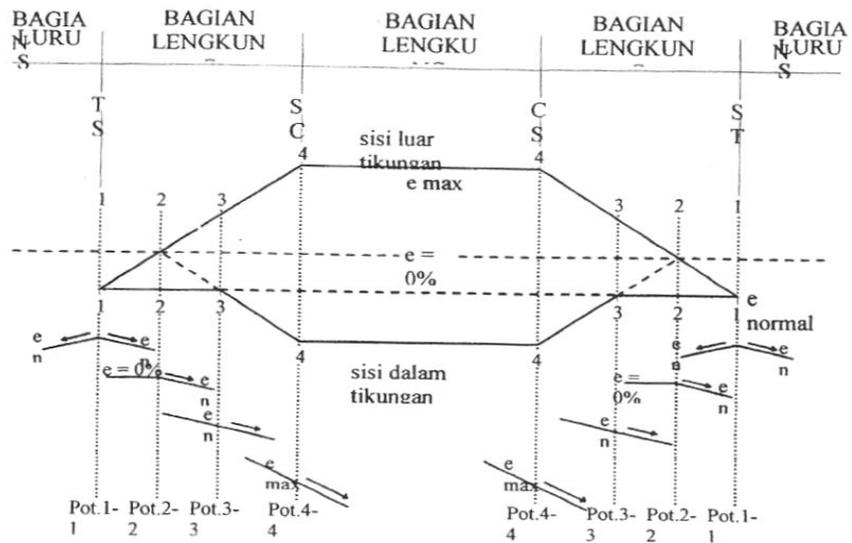


Gambar 2.7 Super Elevasi Full Circle

b) Tikungan *Spiral Circle Spiral*

$$T_s = (R+P) \operatorname{tg} \frac{1}{2} \Delta + K \dots \dots \dots (2.42)$$

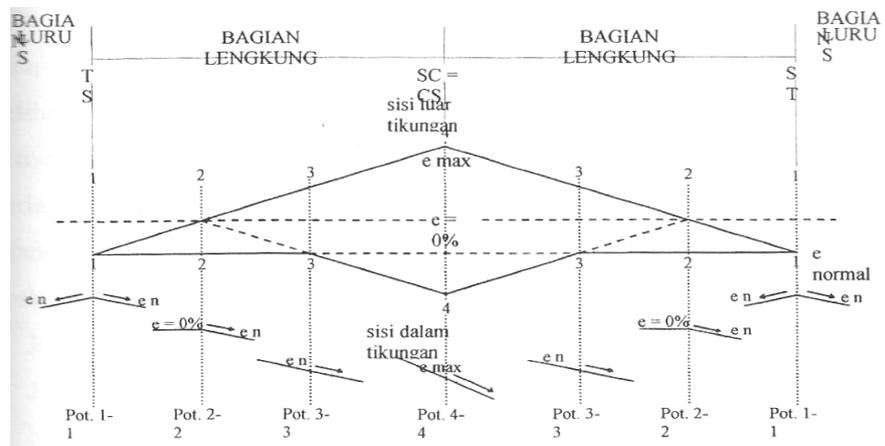
$$E_s = \frac{(R+P)}{\operatorname{Cos} \frac{1}{2} \Delta} - R \dots \dots \dots (2.43)$$



Gambar 2.8 Super Elevasi *Spiral-Circle-Spiral*

c) Tikungan *Spiral-spiral*

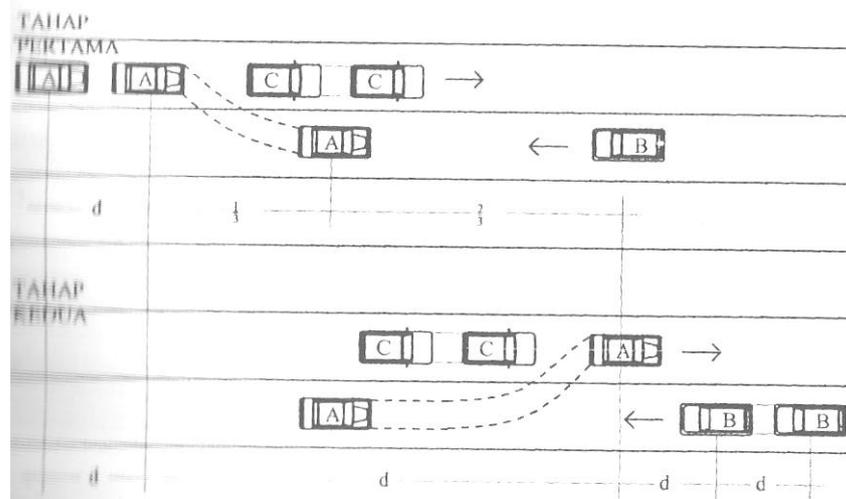
Untuk tikungan jenis ini, kemiringan yang timbul adalah sebesar  $e_n$  seperti terlihat pada diagram super elevasi gambar, yang dihitung berdasarkan rumus-rumus seperti terlihat dalam alinyemen horizontal.



Gambar 2.9 Super Elevasi *Spiral-Spiral*

## I. 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 sesuatu (antisipasi) untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman (Bina Marga, 1997).



Gambar 2.10 Proses Gerakan Mendahului

### a. Jarak pandang henti ( $J_h$ )

Jarak pandang henti adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik disepanjang jalan harus memenuhi ketentuan jarak pandang henti. Jarak pandang henti diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm yang diukur dari permukaan jarak.

Jarak pandang henti terdiri dari 2 elemen, yaitu :

#### - Jarak tanggap ( $J_{ht}$ )

Jarak yang dibutuhkan oleh pengemudi sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.

- Jarak pengereman ( $J_{hr}$ )

Jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

Rumus yang dipakai :

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

$$J_h = \frac{V_R}{3,6} T + \frac{\left(\frac{V_R}{3,6}\right)^2}{2g \cdot f_p} \dots\dots\dots (2.44)$$

Dimana :

$V_R$  = Kecepatan rencana (km/jam)

$T$  = Waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

$G$  = Percepatan gravitasi, ditetapkan 9,8 m/det<sup>2</sup>

$F_p$  = 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,  $f_p = 0,35 - 0,55$ )

Tabel 2.9 Jarak Pandang Henti ( $J_h$ ) Minimum

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

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

b. Jarak menyiap ( $J_d$ )

Jarak pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula.  $J_d$  diukur berdasarkan asumsi tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm.

Rumus yang digunakan :

$$J_d = J_1 + J_2 + J_3 + J_4 \dots\dots\dots (2.45)$$

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 :

$$d_1 = 0,278 T_1 (V_R - m + \frac{a.T_1}{2}) \dots\dots\dots (2.46)$$

$$d_2 = 0,27 V_R \cdot T_1 \dots\dots\dots (2.47)$$

$$d_3 = \text{antara } 30 - 100 \text{ cm} \dots\dots\dots (2.48)$$

Dimana :

$T_1$  = Waktu dalam detik,  $(2,12 + 0,026 V_R)$

$T_2$  = Waktu kendaraan berada di jalur lawan dalam detik  $(6,56 + 0,048 V_R)$

$a$  = Percepatan rata-rata dalam 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)

Tabel 2.10 Panjang Jarak Mendahului

$V_R$ (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jd Min (m)	800	670	550	350	250	200	150	100

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

#### J. Penampang melintang jalan

Penampang melintang jalan merupakan potongan melintang tegak lurus sumbu jalan. Pada potongan melintang jalan dapat melihat bagian-bagian jalan. Bagian-bagian jalan yang utama dapat dikelompokkan sebagai berikut :

1. Bagian yang langsung berguna dengan jalan
  - a. Jalur lalu lintas, merupakan keseluruhan bagian perkerasan jalan yang diperuntukan untuk lalu lintas kendaraan.

- b. Lajur lalu lintas, merupakan bagian dari jalur lalu lintas yang khusus diperuntukan untuk dilewati oleh satu rangkaian kendaraan beroda empat atau lebih dalam satu arah.
  - c. Bahu jalan adalah jalur yang terletak berdampingan dengan jalur lalu lintas yang berfungsi sebagai berikut :
    - 1). Ruang untuk tempat berhenti sementara kendaraan yang mogok atau sekedar berhenti karena pengemudi ingin berorientasi mengenai jurusan yang akan ditempuh atau untuk istirahat.
    - 2). Ruang untuk menghindarkan diri dari saat-saat darurat, sehingga dapat mencegah terjadinya kecelakaan.
    - 3). Ruang pembantu pada waktu mengadakan pekerjaan perbaikan atau pemeliharaan jalan (untuk tempat penempatan alat-alat dan penimbunan bahan material)
  - d. Trotoar merupakan jalur untuk para pejalan kaki yang terletak samping bahu jalan.
  - e. Median merupakan pemisah arus lalu lintas yang berlawanan arah yang terletak di tengah jalan.
2. Bagian yang berguna untuk drainase jalan
- Merupakan usaha pengeringan suatu daerah yang berair di permukaan, baik air tersebut keluar dari dalam tanah maupun keluar dengan cara bantuan. Tujuan dari sistem drainase adalah untuk mencegah kerusakan konstruksi dengan cara selalu menjaga kadar airnya rendah. Usaha ini menyangkut tiga langkah, yaitu :
- a. Pengumpulan dan pembuangan air permukaan dari jalan dan daerah sekitar.
  - b. Pengumpulan dan pembuangan air tanah bagian bawah dan pertemuan bagian bawah dan pertemuan bagian konstruksi tanah dasar.
  - c. Penyalur air, pengeringan baik secara alami dan bantuan yang dikumpulkan, seluruh irigasi dari satu sisi keluar daerah penguasaan jalan tanpa merusak jalan.

Dalam drainase untuk jalan raya dapat kita bagi menjadi dua kelompok, yaitu :

- 1) Drainase bawah tanah (*sub soil drainase*) berfungsi sebagai :
  - a. Menampung dan mengalirkan setiap aliran air bawah tanah pada lapisan dasar tanah.
  - b. Menurunkan muka air tanah
  - c. Mengalirkan air yang terperangkap
- 2) Drainase permukaan (*surface drainase*) terdiri dari :

- a. Saluran samping

Saluran samping berguna untuk mengeluarkan air dari permukaan perkerasan jalan maupun dari bagian luar jalan dan menjaga supaya konstruksi jalan selalu berada dalam keadaan kering tidak terendam air. Umumnya berbentuk trapesium atau empat persegi panjang.

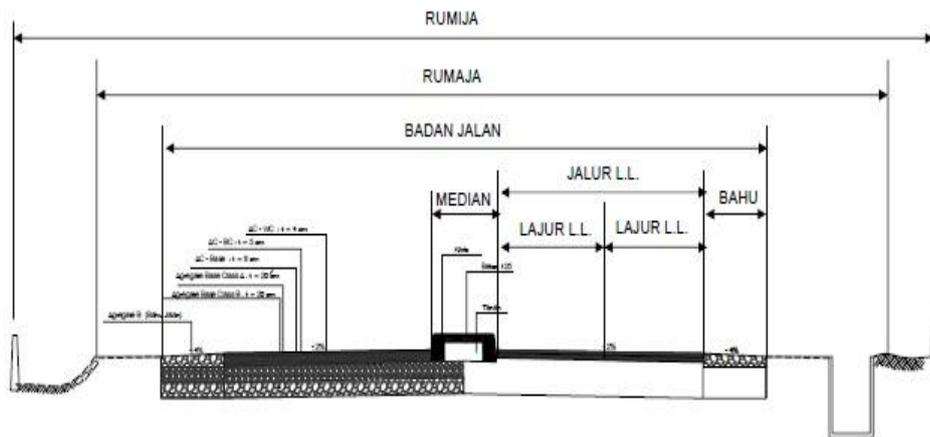
- b. Gorong-gorong (*box culvert*)

Istilah gorong-gorong secara praktis meliputi saluran tertutup yang digunakan untuk keperluan drainase. Gorong-gorong dikelompokkan sebagai produk siap pakai, yang langsung ditempatkan pada lokasi konstruksi jalan sebagai penyaluran air permukaan. Fungsi gorong-gorong adalah untuk menyalurkan air permukaan lewat atau dari permukaan jalan raya ke sistem drainase. Sebagai tambahan fungsi tersebut, dapat juga memikul beban konstruksi di atasnya, beban lalu lintas dan beban tanah. Karena itu perencanaan gorong-gorong melibatkan perencanaan yang baik termasuk konstruksinya. Gorong-gorong biasanya dianggap sebagai konstruksi kecil, tetapi sangat penting untuk drainase sebagai pendukung konstruksi jalan raya. Walaupun dengan biaya gorong-gorong secara individu biasanya relatif kecil tetapi merupakan keseluruhan dari pekerjaan pembangunan jalan. Demikian juga dengan biaya perbaikannya, dalam pemilihan jenis gorong-gorong juga mencakup pemilihan bahan, bentuk dan

jumlah gorong-gorong total tergantung dari pemilihan jenis diatas. Lokasi perencanaan pada dasarnya mencangkup jalur aliran yang terjadi dalam melintasi tegal lurus jalan. Lintasan air ini umumnya digunakan gorong-gorong lurus baik secara normal ataupun menyerong garis tengah sumbu jalan.

### 3) Bagian konstruksi jalan

Bagian ini merupakan lapisan tebal perkerasan jalan yang terdiri dari lapisan permukaan, pondasi atas, lapisan pondasi bawah dan lapisan tanah dasar.



Gambar 2.11 Penampang Melintang Jalan

### 2.3.2 Alinyemen vertikal

Alinyemen vertikal adalah bidang tegak yang melalui sumbu jalan atau proyeksi tegak lurus bidang gambar. Jadi alinyemen ini menyatakan bentuk geometrik jalan dalam arah vertikal. Alinyemen vertikal sangat erat hubungannya dengan besarnya biaya pembangunan, biaya penggunaan kendaraan dan jumlah kecelakaan lalu lintas. Bentuk dari penampang memanjang sangat menentukan lajunya kendaraan yang melewati jalan yang bersangkutan sebab memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap kecepatan dan kemampuan perlambatan, kemampuan untuk berhenti, jarak pandang serta kenyamanan pengemudi kendaraan tersebut. Pada alinyemen vertikal, perhatian tidak hanya ditujukan

kebagian lengkung tetapi justru yang penting adalah bagian yang lurus, pada umumnya merupakan suatu kelandaian. Alinyemen vertikal harus direncanakan sebaik-baiknya dengan mengikuti medan sehingga dapat menghasilkan keindahan jalan yang harmonis dengan alam sekelilingnya.

#### 1. Landai maksimum

Berdasarkan kepentingan arus lalu lintas, landai ideal adalah landai diatas 0%. Sebaliknya ditinjau dari kepentingan drainase jalan, jalan berlandailah yang ideal. Dalam perencanaan disarankan menggunakan :

- a. Landai datar untuk jalan-jalan diatas tanah timbunan yang tidak mempunyai kereb. Lereng melintang jalan dianggap cukup untuk mengalirkan air diatas badan jalan dan kemudian ke lereng jalan.
- b. Landai 0,15% dianjurkan untuk jalan-jalan diatas tanah timbunan dengan medan datar dan menggunakan kereb. Kelandaian ini cukup membantu mengalirkan air hujan ke saluran pembuangan.
- c. Landai maksimum sebesar 0,3% - 0,5% dianjurkan dipergunakan untuk jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kereb. Lereng melintang hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh diatas badan jalan, sedangkan landai jalan dibutuhkan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping.

Tabel 2.11 Kelandaian Maksimum

$V_R$ (km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40
Kelandaian maks	3	3	4	5	8	9	10	10

(Sumber : TPGJAK, 1997)

#### 2. Panjang kritis

Panjang kritis landai adalah panjang yang masih dapat diterima tanpa mengakibatkan gangguan jalannya arus lalu lintas (panjang ini mengakibatkan pengurangan kecepatan maksimum sebesar 25 km/jam). Bila pertimbangan biaya memaksa, maka panjang kritis dapat dilampaui dengan ketentuan bahwa bagian jalan diatas landai kritis disampingnya harus ditambahkan suatu jalur pendakian khusus untuk kendaraan-kendaraan berat.

Tabel 2.12 Panjang Kritis

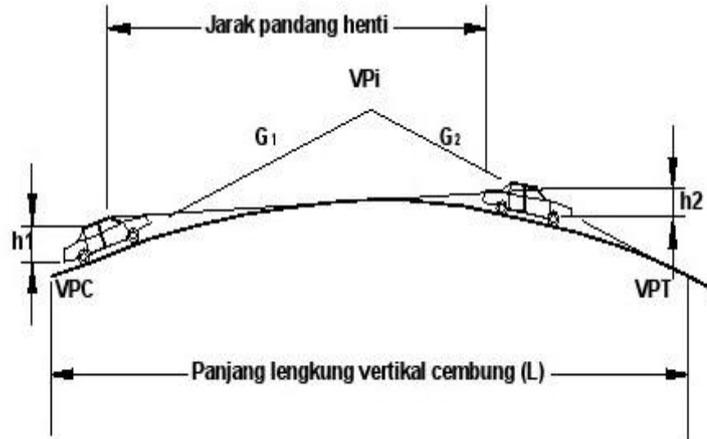
Kecepatan pada awal tanjakan (km/jam)	Kelandaian (%)						
	4	5	6	7	8	9	10
80	630	460	360	270	230	230	220
60	320	210	160	120	110	90	80

(Sumber : TPGJAK, 1997)

3. Lengkung vertikal

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 guncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti yang cukup, untuk kenyamanan dan keamanan.

a. Lengkung vertikal cembung



Gambar 2.12 Lengkung Vertikal Cembung

$$E_v = \frac{A.L_v}{800} \dots\dots\dots (2.49)$$

$$Y = \frac{\Delta}{200.L_v} X^2 \dots\dots\dots (2.50)$$

$$L_v = \frac{\Delta S^2}{200(\sqrt{h_1} + h_2)} : S < L_v \dots\dots\dots (2.51)$$

S = Jarak pandang

Untuk jarak pandang henti :

$$h_1 = 1,25 \text{ m}$$

$$h_2 = 0,10 \text{ m}$$

$$L_v = \frac{200(\sqrt{h_1 + h_2})}{\Delta S^2} : S > L_v \dots\dots\dots (2.52)$$

Untuk jarak pandang menyiap :

$$h_1 = 1,25 \text{ m}$$

$$h_2 = 1,25 \text{ m}$$

Dimana :

$h_1$  = Tinggi mata pengemudi

$h_2$  = Tinggi halangan

Untuk lengkung vertikal cembung :

1. Syarat keamanan berdasarkan :

a. Jarak pandang henti ( $S < L$  atau  $S > L$ ) (Grafik I, terlampir – PPGJR)

b. Jarak pandangan menyiap (Grafik II, terlampir – PPGJR)

2. Kelenturan bentuk

$$L_v = 0,6 \cdot v \text{ (m)}$$

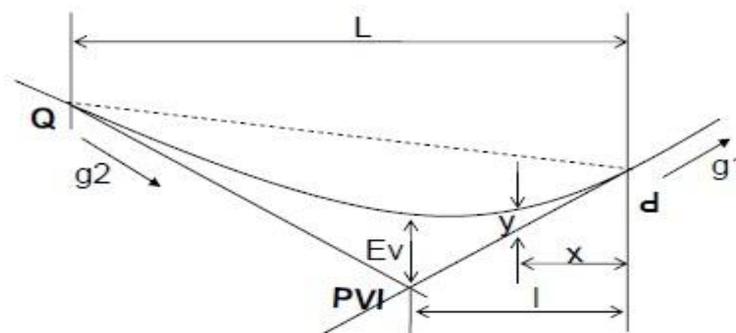
Dimana :  $v$  = kecepatan rencana (km/jam)

3. Syarat drainase

$$L_v = 40$$

Paling ideal diambil  $L_v$  yang terpanjang

b. Lengkung Vertikal Cekung



Gambar 2.13 Lengkung Vertikal Cekung

$$S < L_v \quad L_v = \frac{\Delta S^2}{150 + 3,5S} \dots\dots\dots (2.53)$$

$$S > L_v \quad L_v = \frac{150 + 3,5S}{\Delta S^2} \dots\dots\dots (2.54)$$

Untuk lengkung vertikal cekung :

1. Syarat keamanan (Grafik I Lampiran I)
2. Syarat kenyamanan :

$$L_v = \frac{\Delta H^2}{1300 a} \dots\dots\dots (2.55)$$

Dimana :

a = Percepatan sentripetal

$a \leq 0,3 \text{ m/det}^2$  (umumnya diambil  $a = 0,1 \text{ m/det}^2$ )

3. Kelenturan bentuk

Dimana :

V = Kecepatan rencana (km/jam)

4. Syarat drainase

Dimana :

$L_v = 40$

Paling ideal  $L_v$  yang terpanjang.

### 2.3.3 Perencanaan tebal perkerasan

Konstruksi perkerasan yang umum dipakai dan terdapat di Indonesia adalah konstruksi perkerasan lentur yang terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi sebagai penerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan yang ada dibawahnya.

Beban yang bekerja diatas perkerasan jalan berupa :

1. Muatan kendaraan yang berupa gaya vertikal.
2. Muatan kendaraan yang berupa gaya horizontal.
3. Putaran roda kendaraan yang berupa getaran-getaran.

## A. Jenis lapisan pondasi

Akibat sifat penyebaran gaya yang tidak merata pada setiap lapisan maka tebal tiap lapisan juga berbeda-beda. Muatan yang diterima oleh masing-masing lapisan yang berbeda, semakin kebawah semakin kecil. Adapun lapisan yang terdapat pada konstruksi lentur adalah sebagai berikut :

### 1. Lapisan permukaan (*surface coarse*)

Bahan untuk lapisan permukaan adalah sama dengan bahan untuk lapisan pondasi dengan persyaratan tentu lebih tinggi. Lapisan permukaan adalah bagian perkerasan yang paling atas dan berfungsi untuk menyebarkan beban ke lapisan bawah.

Lapisan permukaan berfungsi sebagai :

- a. Perkerasan untuk menahan gaya lintang dan beban secara langsung.
- b. Lapisan kedap air.
- c. Lapisan aus.

### 2. Lapisan pondasi atas (*base coarse*)

Bahan-bahan umum yang digunakan adalah pasir, batu pecah, stabilitas dengan semen atau kapur. Untuk memenuhi persyaratan dari mutu bahan maka bahan yang digunakan bermutu baik. Adapun fungsi lapisan pondasi atas, antara lain :

- a. Membagi beban lalu lintas dari lapisan permukaan ke tanah dasar.
- b. Sebagai perkerasan yang menahan beban roda.
- c. Sebagai perletakan lapisan permukaan.

### 3. Lapisan pondasi bawah (*sub base coarse*)

Lapisan pondasi bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara pondasi atas dan tanah dasar. Fungsi lapisan pondasi bawah adalah :

- a. Sebagai bahan dari konstruksi perkerasan atau mendukung atau menyebarkan
- b. Mencapai efisien penggunaan material yang relatif murah agar lapisan selebihnya dapat dikurangi.
- c. Untuk mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapisan pondasi.

d. Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar. Sehubungan dengan daya dukung tanah yang lemah terhadap alat-alat besar atau situasi dan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca.

4. Tanah dasar (*sub grade*)

Tanah dasar atau tanah asli adalah permukaan tanah semula atau permukaan galian atau timbunan, yang dipadatkan dan merupakan permukaan untuk perletakkan bagian-bagian perkerasan lainnya.

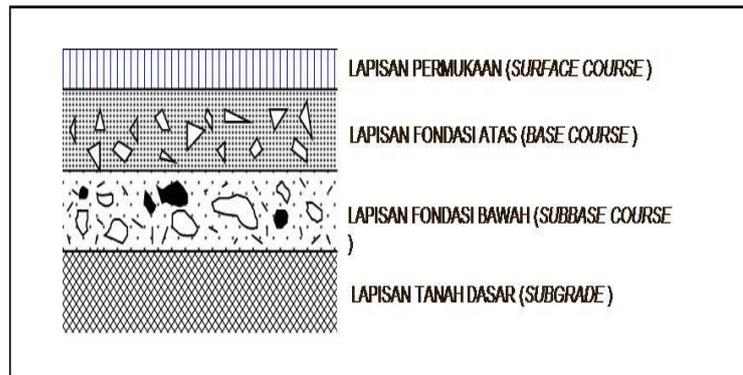
Sifat-sifat daya dukung tanah dasar adalah sebagai berikut :

- a. Perubahan bentuk dan menyusut dari macam-macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.
- b. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
- c. 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.
- d. Lendutan balik sesudah pembebanan.
- e. Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas serta penurunan

B. Jenis perkerasan

Berdasarkan atas sifat kekakuan perkerasan relatif terhadap tanah dasar, maka perkerasan yang dipakai adalah jenis perkerasan lentur. Perkerasan lentur adalah suatu perkerasan yang bahannya terdiri dari campuran aspal, tanah, pasir, serta agregat kasar dan halus. Adapun sifatnya :

1. Permukaan melendut jika terjadi pembebanan
2. Kekuatan tergantung pada kekuatan tanah. Konstruksi tersebut dari campuran aspal.



Gambar 2.14 Perkerasan Lentur

Tahapan dalam mendesain tebal perkerasan yaitu sebagai berikut :

1. Menentukan nilai LHR setiap jenis kendaraan pada awal umur rencana.

Rumus yang digunakan :

$$LHR_n = LHR (1 + i)^n$$

Dimana : n = Umur rencana jalan

i = Angka pertumbuhan lalu lintas (%)

2. Menentukan nilai LHR setiap jenis kendaraan pada akhir umur rencana

Rumus yang digunakan :

$$LHR_n = LHR (1 + i)^n$$

Dimana : n = Umur rencana jalan

i = Angka pertumbuhan lalu lintas (%)

3. Menghitung lintas ekuivalen permulaan (*LEP*)

$$LEP = \sum_{tr.tr}^{mp} .LHR.E.C.(1 + i)^n \dots\dots\dots (2.56)$$

Dimana : C = Koefisien distribusi kendaraan, diperoleh dari tabel

E = Angka ekuivalen setiap kendaraan, didapatkan dari tabel

4. Menghitung lintas ekuivalen akhir (*LEA*)

$$LEA = LHR (1 + i)^n .C.E \dots\dots\dots (2.57)$$

Tabel 2.13 Faktor Regional

Curah Hujan	Kelandaian I		Kelandaian II		Kelandaian III	
	% kendaraan berat		% kendaraan berat		% kendaraan berat	
	< 30%	> 30%	< 30%	> 30%	< 30%	> 30%
Iklim I < 90 mm/thn	0,5	1,0-1,5	1,0	1,5-2,0	1,5	2,0-2,5
Iklim I > 90 mm/thn	1,5	2,0-2,5	2,0	2,5-3,0	2,5	3,0-3,5

(Sumber : SNI No. 1732-1989-F)

Dimana : n = Umur rencana jalan

i = Angka pertumbuhan lalu lintas (%)

5. Menghitung lintas ekuivalen tengah (*LET*)

$$LET = \frac{1}{2} \cdot (LEP + LEA) \dots\dots\dots (2.58)$$

6. Menghitung lintas ekuivalen rencana (*LER*)

$$LER = LET \cdot \frac{UR}{10} \dots\dots\dots (2.59)$$

7. Mencari indeks tebal permukaan (*ITP*)

Nilai ITP diperoleh dari nomogram.

8. Menetapkan tebal perkerasan

$$ITP = (a1.D1) + (a2.D2) + (a3.D3) \dots\dots\dots (2.60)$$

Dimana : a = Koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan

D = Tebal masing-masing perkerasan (cm)

9. Gambar penampang susunan perkerasan yang telah didapat.

Tabel 2.14 Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana

Lintas ekuivalen rencana (LER)	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
<10	1,0-1,5	1,5	1,5-2,0	-
10-100	1,5	1,5-2,0	2,0	-
100-1000	1,5-2,0	2,0	2,0-2,5	-
>1000	-	2,0-2,5	2,5	2,5

(Sumber : SNI No. 1732-1989-F)

Tabel 2.15 Indeks Permukaan pada Awal Umur Rencana

Jenis lapisan perkerasan	IP <sub>0</sub>	Rouness* (mm/km)
LASTON	≥ 4	≤ 1000
	3,9-3,5	> 1000
LASBUTAG	3,9-3,5	≤ 2000
	3,4-3,0	> 2000
HRA	3,9-3,5	≤ 2000
	3,4-3,0	> 2000
BURDA	3,9-3,5	< 2000
BURTU	3,4-3,0	< 2000
LAPEN	3,4-3,0	≤ 3000
	2,9-2,5	> 3000
LATASBUN	2,9-2,5	
BURAS	2,9-2,5	
LATASIR	2,9-2,5	
JALAN TANAH	≤ 2,4	
JALAN KERIKIL	≤ 2,4	

(Sumber : SNI No. 03-1732-1989)

### C. 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 tetap harus dilakukan, seperti pelapisan *nonstructural* yang berfungsi sebagai lapisan aus. Umur rencana yang lebih dari 20 tahun tidak lagi ekonomis, karena perkembangan lalu lintas yang terlalu besar dan sukar mendapatkan ketelitian yang memadai.

## 2.4 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).

#### A. Analisa harga satuan

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

#### B. Volume pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari kapasitas suatu pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan berapa besar kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga satuan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada didalam suatu proyek.

#### C. Rencana anggaran biaya

Rencana anggaran biaya adalah merencanakan biaya dan rincian penggunaannya beserta biaya yang dikeluarkan serta susunan pelaksanaan dalam bidang pembangunan Teknik Sipil. Rencana anggaran biaya perlu dilampirkan analisa bahan dari tiap pekerjaan dan bahan yang digunakan.

#### D. Rekapitulasi

Setelah menghitung kuantitas dan mengalikannya dengan harga satuan maka terbentuklah harga yang diinginkan. Dari masing-masing kuantitas tersebut, setiap pekerjaan yang jenisnya sama dan memiliki kaitan digunakan menjadi satu jenis pekerjaan bersama total yang dibutuhkan.

#### E. Daftar satuan harga dan upah

Daftar harga satuan harga dan upah ini adalah harga yang dikeluarkan oleh daerah PU tempat proyek itu berada, karena tidak setiap daerah memiliki harga standar yang sama. Penggunaan daftar satuan harga dan upah ini juga merupakan pedoman untuk menghitung rincian anggaran biaya dan upah yang dipakai kontraktor.

## F. 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 didapat hasil yang baik, meliputi :

### 1. *Network planning*

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

### 2. *Barchart* dan kurva S

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.