

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **1.1. Perencanaan Geometrik**

Perencanaan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar, yang didapatkan dari hasil survei lapangan, kemudian dianalisis berdasarkan acuan persyaratan perencanaan yang geometrik yang berlaku. (Ir. Hamirhan Saodang M.Sc.E, 2004). Acuan perencanaan yang dimaksud adalah sesuai standar perencanaan geometrik yang dianut di Indonesia. Standar perencanaan tersebut, dibuat oleh Direktorat Jenderal Bina Marga yang disesuaikan dengan klasifikasi jalan berdasarkan peruntukan jalan raya, yaitu :

1. Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya No. 013/1990.
2. Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, 1992
3. Peraturan Perencanaan Geometrik untuk Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997.

Dalam penentuan rute suatu ruas jalan, sebelum sampai pada suatu keputusan akhir perancangan, banyak faktor internal yang perlu ditinjau seperti:

1. Tata ruang di mana jalan akan dibangun,
2. Data perancangan sebelumnya pada lokasi atau di sekitar lokasi tingkat kecelakaan yang pernah terjadi akibat permasalahan geometrik,
3. Tingkat perkembangan lalu lintas,
4. Alternatif rute selanjutnya dalam rangka pengembangan jaringan jalan,
5. Faktor lingkungan yang mendukung dan mengganggu faktor ketersediaan bahan tenaga dan peralatan,
6. Aktor pengembangan ekonomi,
7. Biaya pemeliharaan,
8. Dan lain sebagainya.

Sedangkan menurut Shirley L. Hendarsin, hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan geometrik adalah sebagai berikut:

1. Kelengkapan dan data dasar yang harus dipersiapkan sebelum mulai melakukan perhitungan / perencanaan, yaitu:
  - a. Peta planimetri dan Peta lainnya (geologi dan tata guna lahan)
  - b. Kriteria perencanaan
2. Ketentuan Jarak Pandang dan beberapa pertimbangan diperlukan sebelum memulai perencanaan, selain didasarkan pada teoritis, juga untuk praktisnya.
3. Elemen dalam perencanaan geometrik jalan, yaitu:
  - a. Alinyemen horizontal (*situasi/plan*)
  - b. Alinyemen vertikal (*potongan memanjang/profile*)
  - c. Potongan melintang (*cross section*)
  - d. Penggambaran

#### 1.1.1. Data Lalu-lintas

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

1. Survei perhitungan lalu lintas (*traffic counting*) dilakukan pada jalan yang sudah ada (sudah dipakai), yang diperkirakan mempunyai bentuk, kondisi dan keadaan komposisi lalu lintas akan serupa dengan jalan yang direncanakan.
2. Survei asal tujuan (*origin destination survey*), yang dilakukan pada lokasi yang dianggap tepat (dapat mewakili), dengan cara melakukan wawancara kepada pengguna jalan untuk mendapatkan gambaran rencana jumlah dan komposisi kendaraan pada jalan yang direncanakan.
3. Pembuatan model dengan program komputer (misalnya KAJI, dan Lain-lain).

### 1.1.2. Data Peta Topografi

Maksud survei topografi dalam perencanaan teknik jalan raya yaitu pengukuran rute yang dilakukan dengan tujuan memindahkan kondisi permukaan bumi dari lokasi yang diukur pada kertas yang berupa peta planimetri. Peta ini akan digunakan sebagai peta dasar untuk *plotting* perencanaan geometrik jalan raya, dalam hal ini perencanaan *Alinyemen* horizontal. Kegiatan pengukuran rute ini juga mencakup pengukuran penampang.

Pengukuran rute yang dilakukan sepanjang *trase* jalan rencana (*route* hasil survei *reconnaissance*) dengan menganggap sumbu jalan rencana pada *trase* ini sebagai garis kerangka poligon utama. Dengan demikian, sebaiknya yang melakukan pemasangan BM setiap 1 Km dan tanda PI pada rute terpilih adalah regu survei pendahuluan, pada saat survei rute. (PI = *Point of Intersection* titik belok, yaitu titik perpotongan antara dua tangen). (Shirley L. Hendarsin, 2000)

**Tabel 2.1** Klasifikasi Medan dan Besarnya

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

(Sumber : Silvia Sukirman, *Dasar - Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*, 1999)

### 1.1.3. Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan dapat dibedakan berdasarkan fungsi jalan adalah sebagai berikut :

#### 1. Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi Jalan

Klasifikasi jalan menurut fungsinya dibagi menjadi tiga, yaitu :

a. Jalan Arteri

Jalan arteri adalah jalan yang melayani lalu lintas khususnya melayani angkutan jarak jauh dengan kecepatan rata-rata tinggi serta jumlah akses yang dibatasi.

b. Jalan Kolektor

Jalan kolektor adalah jalan yang melayani lalu lintas terutama melayani angkutan jarak sedang dengan kecepatan rata-rata sedang serta jumlah akses yang masih dibatasi.

c. Jalan Lokal

Jalan lokal adalah jalan yang melayani angkutan setempat terutama angkutan jarak pendek dan kecepatan rata-rata rendah serta akses yang tidak dibatasi.

2. Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan dapat dibagi sebagai berikut :

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

**Tabel 2.2** Klasifikasi Kelas Jalan dalam Muatan Sumbu Terberat

Fungsi	Kelas	MST (ton)
Jalan Arteri	I	>10
	II	10
	III A	8
Jalan Kolektor	III A	8
	III B	8

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

- b. Klasifikasi menurut kelas jalan berdasarkan volume lalu lintas harian rata-rata.

**Tabel 2.3** Klasifikasi Kelas Jalan dalam Lalu Lintas Harian Rata-rata

Klasifikasi Fungsi	Kelas	LHR (SMP)
Jalan Arteri	I	> 20.000
Jalan Kolektor	II A	6.000 - 20.000
	II B	1.500 - 8.000
	II C	< 2.000
Jalan Lokal	III	-

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (Bina Marga 1970))

#### 1.1.4. Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

Untuk menentukan baik atau tidaknya perencanaan geometrik yang akan dilakukan maka terdapat beberapa parameter yang harus dipahami karena menyangkut kenyamanan bagi pengendara.

##### a. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan maksimum yang diizinkan di sepanjang bagian tertentu pada jalan raya tersebut, jika kondisi yang beragam tersebut menguntungkan dan terjaga oleh keistimewaan perencanaan jalan, dalam arti tidak menimbulkan bahaya, inilah yang digunakan untuk perencanaan geometrik. Suatu kecepatan rencana haruslah sesuai dengan tipe jalan dan sifat lapangan. Kecepatan rencana merupakan faktor utama untuk menentukan elemen-elemen geometrik jalan raya.

**Tabel 2.4** Kecepatan Rencana yang Diisyaratkan Berdasarkan Fungsi Jalan

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

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

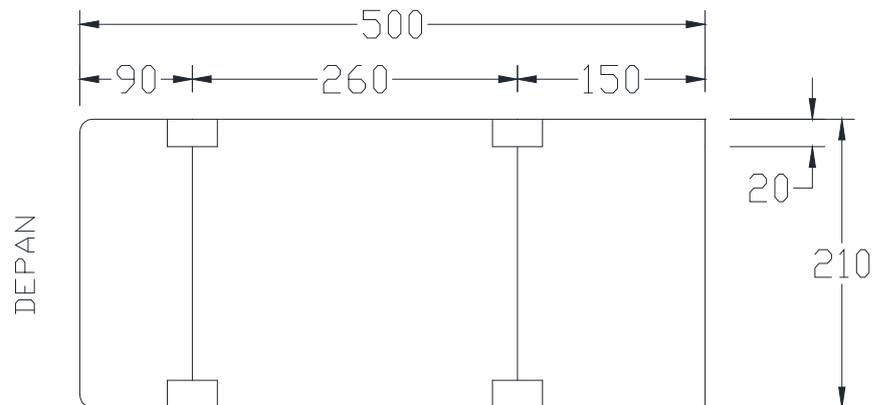
b. Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang merupakan wakil dari kelompoknya yang digunakan untuk merencanakan bagian-bagian dari jalan, ukuran lebar kendaraan rencana akan mempengaruhi lebar jalur yang dibutuhkan. Sifat membelok kendaraan akan mempengaruhi perencanaan tikungan dan lebar median di mana mobil diperkenankan untuk memutar (*U-turn*).

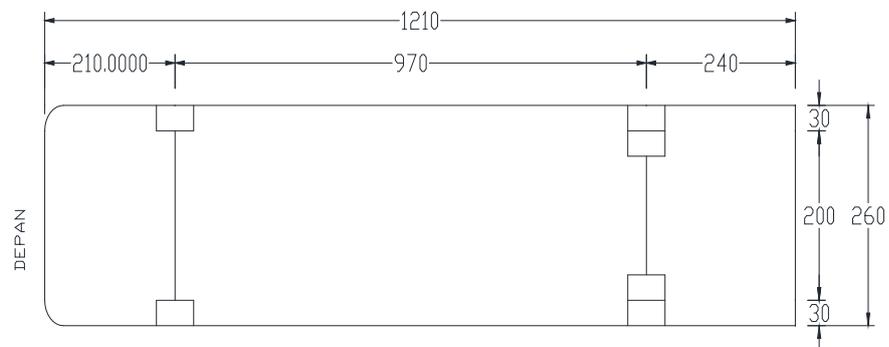
**Tabel 2.5** Dimensi Kendaraan Rencana

KATEGORI KENDARAAN RENCANA	DIMENSI KENDARAAN (cm)			TONJOLAN (cm)		RADIUS PUTAR		RADIUS TONJOLAN (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Minimum	Maksimum	
Kendaraan Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Kendaraan Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Kendaraan Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

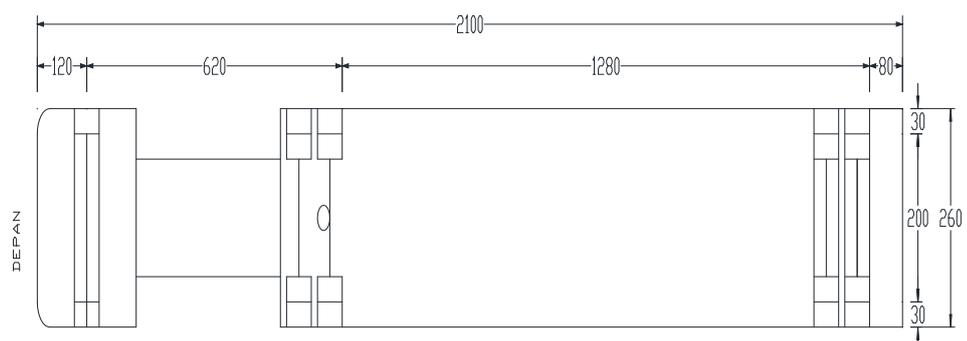
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/BM/1997)



**Gambar 2.1 Dimensi Kendaraan Kecil**



**Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Sedang**



**Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Besar**

Kendaraan rencana dikelompokkan menjadi 8 kategori menurut Bina Marga antara lain:

1. Golongan 1 tergolong ke dalam sepeda motor (MC) dengan 2 atau 3 roda (meliputi sepeda motor dan kendaraan roda 3 sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
2. Golongan 2 tergolong ke dalam sedan, *jeep* dan *station wagon* (sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
3. Golongan 3 tergolong ke dalam oplet, *pick-up*, *combi* dan minibus (sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
  - a. Kecuali *combi*, umumnya sebagai kendaraan penumpang umum, *maksimum* 12 tempat duduk, seperti : mikrolet, angkot, minibus.
  - b. *Pick-up* yang diberi penaung, kanvas / pelat dengan rute dalam kota atau angkutan pedesaan.
4. Golongan 4 tergolong ke dalam *pick-up*, *micro* truk dan mobil hantaran atau *pick-up box* (sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
  - a. Umumnya sebagai kendaraan barang, *maksimal* beban sumbu belakang 3,5 ton dengan bagian belakang sumbu tunggal roda tunggal (STRT).
5. Golongan 5a tergolong ke dalam bus kecil.
  - a. Sebagai kendaraan penumpang umum dengan tempat duduk 16 – 26 buah seperti : kopaja, metromini, *elf* dengan bagian belakang sumbu tunggal roda ganda (STRG), panjang kendaraan *maksimal* 9 m, dengan sebutan bus  $\frac{3}{4}$ .
6. Golongan 5b tergolong ke dalam bus besar.
  - a. Sebagai kendaraan penumpang umum dengan tempat duduk 30 – 56 buah seperti : bus malam, bus kota, bus antar kota dengan bagian belakang sumbu tunggal roda ganda (STRG)
7. Golongan 6a tergolong ke dalam truk 2 sumbu 4 roda.
  - a. Kendaraan barang dengan muatan sumbu terberat 5 ton (MST – 5, STRT) pada sumbu belakang dengan as depan 2 roda dan as belakang 2 roda.
8. Golongan 6b tergolong ke dalam truk 2 sumbu 6 roda.
  - a. Kendaraan barang dengan muatan sumbu terberat 8 – 10 ton (MST 8 – 10, STRG) pada sumbu belakang dengan as depan 2 roda dan as belakang 4 roda.
9. Golongan 7a tergolong ke dalam truk 3 sumbu.

- a. Kendaraan barang dengan 3 sumbu yang tata letaknya STRT (sumbu tunggal roda tunggal) dan SGRG (sumbu ganda roda ganda)
- 10. Golongan 7b tergolong ke dalam truk gandengan.
  - a. Kendaraan nomor 6 atau 7 yang diberi gandengan bak truk dan dihubungkan dengan batang besi segitiga disebut juga *Full Trailer Truck*.
- 11. Golongan 7c tergolong ke dalam truk semi trailer.
  - a. Atau disebut truk tempelan, adalah kendaraan yang terdiri dari kepala truk dengan 2 – 3 sumbu pula.
- 12. Golongan 8 termasuk ke dalam kendaraan bertenaga manusia atau hewan di atas roda (meliputi : sepeda, becak, kereta kuda, dan kereta dorong sesuai sistem klasifikasi Bina Marga). Catatan: dalam hal ini kendaraan bermotor tidak dianggap sebagai unsur lalu-lintas, tetapi sebagai unsur hambatan samping.

### c. Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tertentu pada suatu jalan dalam satu satuan waktu (detik, menit, jam, hari). Volume lalu lintas berguna untuk menentukan jumlah dan lebar lajur yang dibutuhkan untuk memenuhi tuntutan lalu lintas juga untuk menentukan tebal lapisan perkerasan.

#### 1. Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Satuan mobil penumpang adalah satuan kendaraan di dalam arus lalu lintas yang disetarakan dengan kendaraan ringan/mobil penumpang, dengan menggunakan ekivalensi mobil penumpang (EMP) atau faktor pengali berbagai jenis kendaraan menjadi satu satuan yaitu SMP, di mana besaran SMP dipengaruhi oleh tipe/jenis kendaraan, dimensi kendaraan, dan kemampuan olah gerak.

**Tabel 2.6** Satuan Mobil Penumpang

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

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

## 2. Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP)

Ekuivalensi mobil penumpang adalah unit untuk mengkonversikan satuan arus lalu lintas dari kendaraan/jam menjadi satuan mobil penumpang SMP/jam.

**Tabel 2.7** Ekuivalensi Mobil Penumpang

<b>Jenis Kendaraan</b>	<b>Datar/Bukit</b>	<b>Gunung</b>
Seda, Jeep, Wagon	1,0	1,0
Pickup, Bus Kecil, Truk Kecil	1,2 - 2,4	1,9 - 3,5
Bus dan Truk Besar	1,2 - 5,0	2,2 - 6,0

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

### 2.1.5. Jarak Pandang

Jarak Pandang adalah jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi, sehingga pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan dan dapat menghindari halangan tersebut. Jarak pandang juga merupakan panjang bagian jalan di depan pengemudi yang masih dapat dilihat dengan jelas, diukur dari titik kedudukan pengemudi tersebut.

Menurut Silvia Sukirman, jarak pandang dapat berfungsi untuk :

- a. Menghindari terjadinya tabrakan yang dapat membahayakan kendaraan dan manusia akibat adanya benda yang berukuran cukup besar seperti: kendaraan berhenti, pejalan kaki atau hewan pada lajur lainnya.
- b. Memberikan kemungkinan untuk menghindari kendaraan yang lain dengan menggunakan lajur di sebelahnya.
- c. Menambah efisien jalan, dan volume pelayanan dapat maksimal.
- d. Sebagai pedoman bagi pengatur lalu lintas dalam menempatkan rambu-rambu lalu lintas yang diperlukan pada segmen jalan.

#### 2.1.5.1. Jarak Pandang Henti

1.  $J_h$  adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik di sepanjang jalan harus memenuhi  $J_h$ .
2.  $J_h$  diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan.
3.  $J_h$  terdiri atas 2 elemen jarak, yaitu:
  - a. Jarak tanggap ( $J_{ht}$ ) adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem; dan
  - b. Jarak pengereman ( $J_{hp}$ ) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti. (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997).

**Tabel 2.8** Jarak Pandang Henti

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

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

### 2.1.5.2. Jarak Pandang Mendahului

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

**Tabel 2.9** Jarak Pandang Mendahului

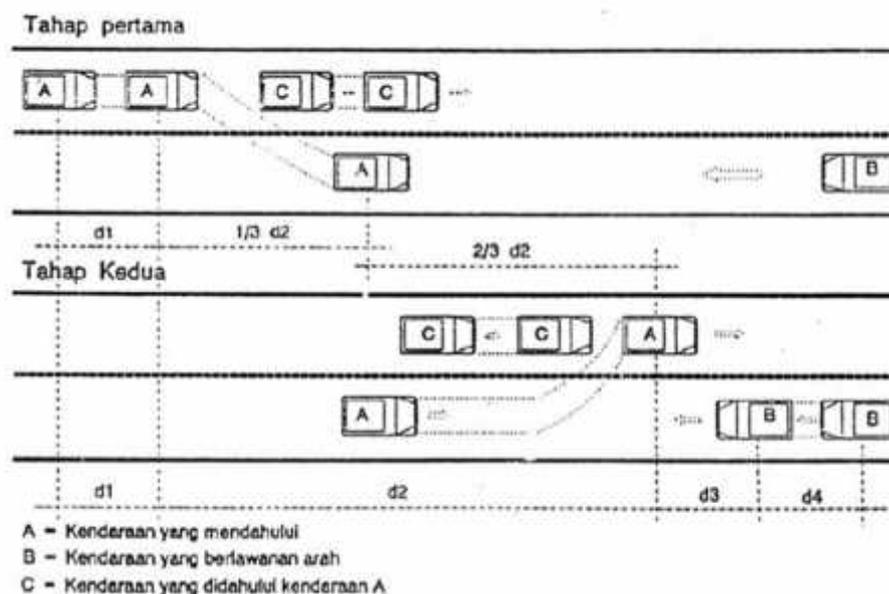
$V_R$ (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
$J_d$ (m)	800	670	550	350	250	200	150	100

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

**Tabel 2.10** Jarak Kendaraan Mendahului dengan Kendaraan Datang

$V_R$ (km/jam)	50 - 65	65 - 80	80 - 95	95 - 110
$J_d$ (m)	30	55	75	90

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



**Gambar 2.4** Jarak Pandang Mendahului

#### 2.1.6. Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal dikenal juga dengan sebutan "situasi jalan". Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis-garis lengkung tersebut terdiri dari busur lingkaran ditambah busur peralihan, busur peralihan saja, ataupun busur lingkaran saja.

Sedangkan menurut Direktorat Jenderal Bina Marga pada Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (1997) yaitu Alinyemen horizontal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung (disebut juga tikungan). Perencanaan geometrik pada bagian lengkung dimaksudkan untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima oleh kendaraan yang berjalan pada kecepatan  $V_R$ . Untuk keselamatan pemakai jalan, jarak pandang dan daerah bebas samping jalan harus diperhitungkan.

##### 2.1.6.1. Penentuan Trase

Trase jalan adalah arah atau tujuan garis yang menjadi tempat jejak dari jalan berada. Trase jalan dipilih dengan berdasarkan berbagai pertimbangan, antara lain: pertimbangan teknis, ekonomi, sosial, lingkungan dan sebagainya. Suatu trase jalan memiliki garis lurus (*tangent*), merupakan bagian yang lurus dan garis lengkung disebut juga tikungan.

##### 2.1.6.2. Bagian Lurus

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu tidak lebih dari 2,5 menit (sesuai  $V_R$ ). (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997).

**Tabel 2.11** Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Arteri	3000	2500	2000
Kolektor	2000	1750	1500

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

#### 2.1.6.3. Bagian Lengkung

Bagian yang paling kritis dari suatu Aliynemen horizontal ialah bagian lengkung (tikungan). Hal ini disebabkan oleh adanya suatu gaya sentrifugal yang akan melemparkan kendaraan keluar daerah tikungan tersebut. Atas dasar ini, untuk memberikan keamanan dan kenyamanan, dalam merencanakan tikungan harus memperhatikan hal-hal berikut:

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

#### 2.1.6.4. Lengkung Peralihan

Pada perencanaan garis lengkung, perlu diketahui hubungan garis dengan kecepatan rencana dan hubungan keduanya dengan kemiringan melintang jalan (*superelevasi*), karena lengkung peralihan ini bertujuan menciptakan suasana aman dan nyaman dengan cara mengurangi gaya sentrifugal secara perlahan.

Lengkung peralihan ini memiliki jari-jari kelengkungan yang secara bertahap berkurang dari suatu nilai tak hingga ( $R = \infty$ ) sampai dengan suatu nilai yang sama dengan nilai jari-jari tikungan ( $R=R_c$ ).

Keuntungan dipergunakannya lengkung peralihan :

- a. Memungkinkan pengemudi mengikuti jalur dengan mudah dan tidak mendadak.
- b. Mempertinggi keamanan dan kenyamanan pengendara.

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan Alinyemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran. ( $R = \infty \rightarrow R = R_c$ ), jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lurus dan bagian lingkaran (*circle*), yaitu sebelum dan setelah bagian *circle* tersebut. Lengkung peralihan dengan bentuk spiral (*chlotoid*) banyak digunakan oleh Bina Marga.

Panjang lengkung peralihan ( $L_s$ ) menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (1997) diambil nilai yang terbesar dari ketiga persamaan di bawah ini;

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

$$L_s = \frac{V_R}{3.6} T$$

- b. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus Modifikasi *Short*, sebagai berikut;

$$L_s = 0.022 \frac{V_R^3}{R_c \cdot C} - 2.727 \frac{V_R - e}{C}$$

- c. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian;

$$L_s = \frac{(e_{maks} - e_n)}{3.6 \Gamma e} V_R$$

Di mana:

T= Waktu Tempuh (=3 detik)

Rc = Jari-jari Busur Lingkaran (m)

C = Perubahan Kecepatan, 0.3 – 1.0 m/dt<sup>3</sup> (disarankan 0.4 m/dt<sup>3</sup>)

e = Tingkat Pencapaian Perubahan Kelandaian Melintang Jalan;

untuk V 70 Km/jam, e = 0.035 m/m/dt

untuk VR 80 Km/jam, e = 0.025 m/m/dt

e = *Superelevasi*

*emaks* = *Superelevasi Maksimum*

*en* = *Superelevasi Normal* (= 2%)

**Tabel 2.12** Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan *Superelevasi* yang Dibutuhkan

D (o)	R (m)	V = 50 Km/jam		V = 60 Km/jam		V = 70 Km/jam		V = 80 Km/jam		V = 90 Km/jam	
		e	Ls								
0,25	5730	LN	45	LN	50	LN	60	LN	70	LN	75
0,5	2865	LN	45	LN	50	LP	60	LP	70	LP	75
0,75	1910	LN	45	LP	50	LP	60	0,02	70	0,025	75
1	1432	LP	45	LP	50	0,021	60	0,027	70	0,033	75
1,25	1146	LP	45	LP	50	0,025	60	0,033	70	0,04	75
1,5	955	LP	45	0,023	50	0,03	60	0,038	70	0,047	75
1,75	819	LP	45	0,026	50	0,035	60	0,044	70	0,054	75
2	716	LP	45	0,029	50	0,039	60	0,049	70	0,06	75
2,5	573	0,026	45	0,036	50	0,047	60	0,059	70	0,072	75
3	477	0,03	45	0,042	50	0,055	60	0,068	70	0,081	75
3,5	409	0,035	45	0,048	50	0,062	60	0,076	70	0,089	75
4	358	0,039	45	0,054	50	0,068	60	0,082	70	0,095	75
4,5	318	0,043	45	0,059	50	0,074	60	0,088	70	0,099	75
5	286	0,048	45	0,064	50	0,079	60	0,093	70	0,1	75
6	239	0,055	45	0,073	50	0,088	60	0,098	70	D maks = 5,12	
7	205	0,062	45	0,08	50	0,094	60	D maks = 6,82			
8	179	0,068	45	0,086	50	0,098	60				
9	159	0,074	45	0,091	60	0,099	60				
10	143	0,079	45	0,095	60	D maks = 9,12					
11	130	0,083	45	0,098	60						
12	119	0,087	45	0,1	60						
13	110	0,091	50	D maks = 12,79							
14	102	0,093	50								
15	95	0,096	50								
16	90	0,097	50								
17	84	0,099	60								
18	80	0,099	60								
19	75	D maks 18,85									

(Sumber: *Dasar-dasar Perencanaan Geomterik*, 1999)

#### 2.1.6.5. Kemiringan Melintang Pada Tikungan

Suatu kendaraan yang melintas pada sebuah tikungan maka kendaraan tersebut cenderung akan “dilempar” keluar secara radial oleh gaya sentrifugal.

Gaya sentrifugal tersebut dapat diimbangi oleh:

- a. Berat sendiri kendaraan dan komponen berat tersebut akibat adanya kemiringan melintang (superelevasi) jalan.
- b. Gesekan samping (*side friction*) antara ban kendaraan dan perkerasan jalan.

#### 2.1.6.6. Jenis Tikungan

##### 1. Jari-jari Minimum

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

**Tabel 2.13** Panjang Jari-jari Minimum untuk *emaks* = 10%

$V_R$ (Km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Rmin (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

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

## 2. Jenis-jenis Tikungan

### a. Full - Circle (FC)

Tikungan ini hanya terdiri dari bagian lingkaran tanpa adanya bagian peralihan. Lengkung ini digunakan pada tikungan yang memiliki jari-jari besar dan sudut tangen yang relatif kecil. Jenis tikungan ini merupakan jenis yang paling ideal ditinjau dari segi keamanan dan kenyamanan pengemudi dan kendaraannya; namun apabila ditinjau dari penggunaan lahan dan biaya pembangunannya yang relatif terbatas, jenis tikungan ini merupakan pilihan yang sangat mahal. Biasanya tikungan *Full - Circle* ini hanya digunakan untuk R yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil akan diperlukan superelevasi yang besar.

Adapun Rumus-rumus yang digunakan dalam tikungan *Full - Circle*, yaitu :

$$T = R \tan \frac{\Delta}{2} \dots\dots\dots (2.15)$$

$$E = T \tan \frac{\Delta}{4} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$Lc = \frac{\Delta}{4} \pi \tan R \dots\dots\dots (2.17)$$



$$M = \text{Landai Relatif} = 2.V + 40$$

b. Spiral - Circle - Spiral (SCS)

Lengkung ini terdiri atas bagian lingkaran (*circle*) dan bagian yang lurus. Lengkung spiral merupakan peralihan bagian lurus ke bagian *circle* yang berfungsi mengurangi pengaruh gaya sentrifugal.

Adapun Rumus-rumus yang digunakan dalam tikungan *Spiral - Circle - Spiral* (SCS), yaitu :

$$2\theta_s = \frac{L_s}{2\pi R} \times 360 \dots\dots\dots (2.18)$$

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_s \dots\dots\dots (2.19)$$

$$L_c = \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi R \dots\dots\dots (2.20)$$

$$Y_c = \frac{L_s^2}{6R} \dots\dots\dots (2.21)$$

$$X_c = L_s - \frac{L_s^2}{40 \times R^2} \dots\dots\dots (2.22)$$

$$P = Y_c - R(1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots (2.23)$$

$$k = X_c - R \sin \theta_s \dots\dots\dots (2.24)$$

$$T_s = (R + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + K \dots\dots\dots (2.25)$$

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



c. Spiral - Spiral (SS)

Lengkung ini hanya terdiri dari bagian spiral saja. Jenis lengkung ini dipergunakan untuk tikungan yang tajam, dengan sudut  $\Delta$  relatif besar dan jari-jari yang relatif kecil.

Adapun Rumus-rumus yang digunakan dalam tikungan Spiral -Spiral (SS), yaitu :

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta \quad \dots\dots\dots (2.27)$$

$$L_s = \frac{2\pi R}{360} \times 2 \times \theta_s \quad \dots\dots\dots (2.28)$$

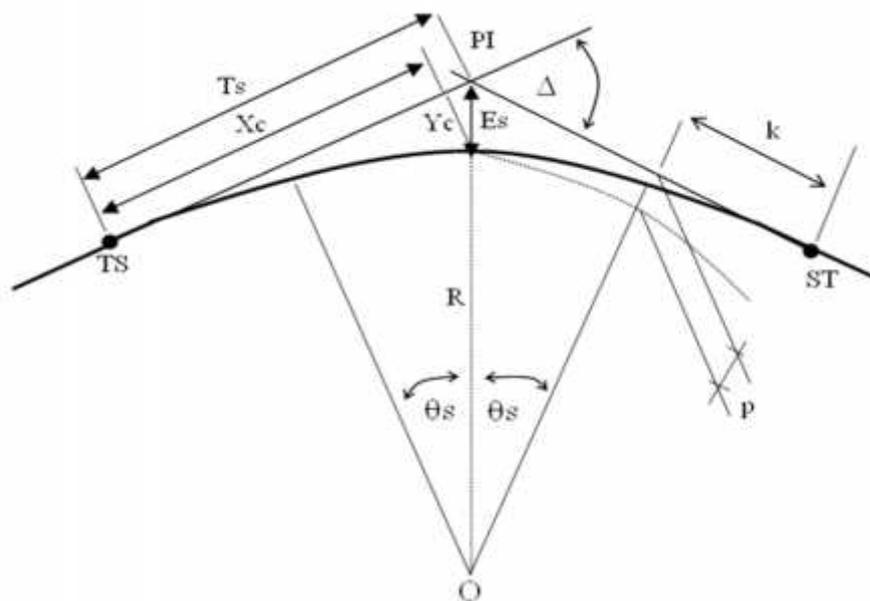
$$P = P' \times L_s \quad \dots\dots\dots (2.29)$$

$$k = k' \times L_s \quad \dots\dots\dots (2.30)$$

$$T_s = (R + L_s) \tan \frac{\Delta}{2} + k \quad \dots\dots\dots (2.31)$$

$$E_s = (R + p) \sec \frac{\Delta}{2} - R \quad \dots\dots\dots (2.32)$$

$$L_{tot} = 2 \times L_s \quad \dots\dots\dots (2.33)$$



**Gambar 2.7** Bentuk Tikungan Spiral - Spiral

Keterangan :

	= Sudut tikungan atau sudut tangen
Ts	= Titik perubahan dari tangen ke Spiral
R	= Jari-jari
Es	= Jarak PI ke Busur Lingkaran
Lc	= panjang Busur Lingkaran
Ls'	= Lengkung Peralihan Fiktif
D	= Derajat Lengkung
V	= Kecepatan
B	= Lebar Jalan
C	= Perubahan Percepatan
Fm	= Koefisien Gesekan Melintang = 0,19 – 0,000625 V
m	= Landai Relatif = 2.V + 40V

### 3. Superelevasi

Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan jalan pada bagian tertentu, yang berfungsi untuk mempermudah dalam pekerjaannya atau pelaksanaannya di lapangan.

#### a. Pencapaian Elevasi

Superelevasi dapat dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan lurus sampai kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.

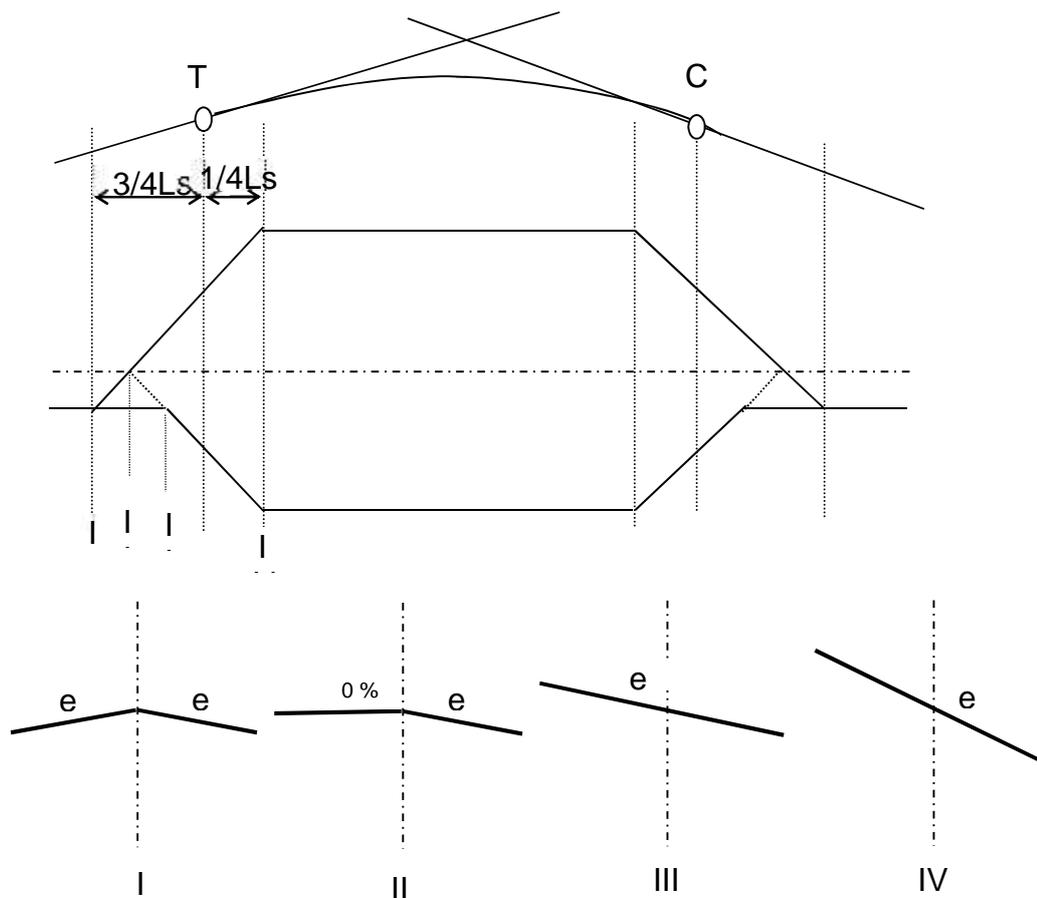
- 1) Pada Tikungan *Spiral – Circle - Spiral*, Pencapaian Superelevasi dilakukan secara Linier, diawali dari bentuk normal sampai lengkung

peralihan (Ts) yang berbentuk pada bagian jalan lurus, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan.

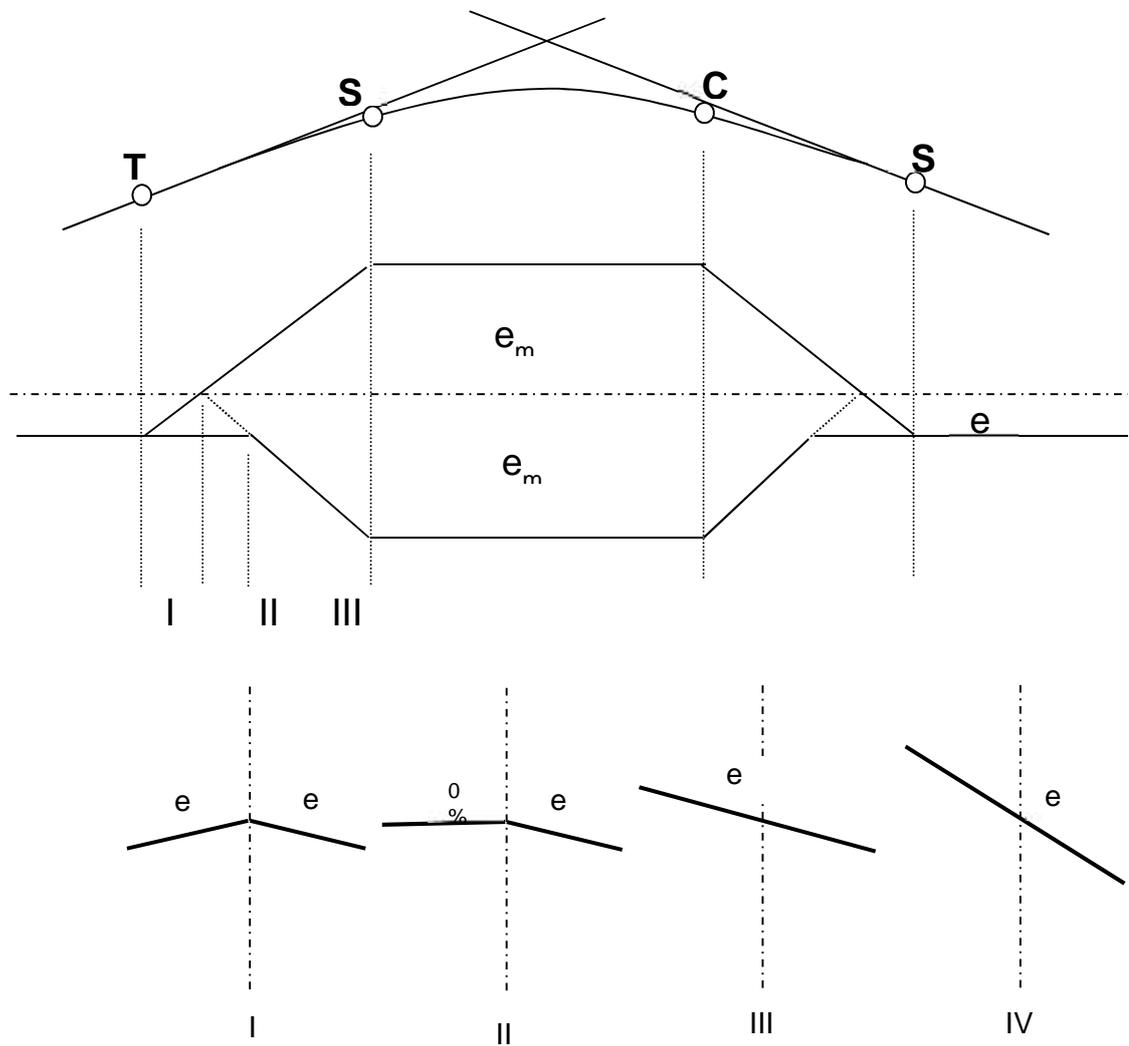
- 2) Pada bagian *Full - Circle* Pencapaian superelevasi dilakukan secara Linier, diawali dari bagian lurus jalan sepanjang  $2/3 L_s$  sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang  $1/3 L_s$ .
- 3) Pada tikungan *Spiral - spiral*, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.
- 4) Superelevasi Tidak diperlukan jika radius cukup besar, untuk itu cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LN) atau bahkan tetap lereng normal (LN)

b. Diagram Super Elevasi

1) Tikungan *Full - Circle* (FC)

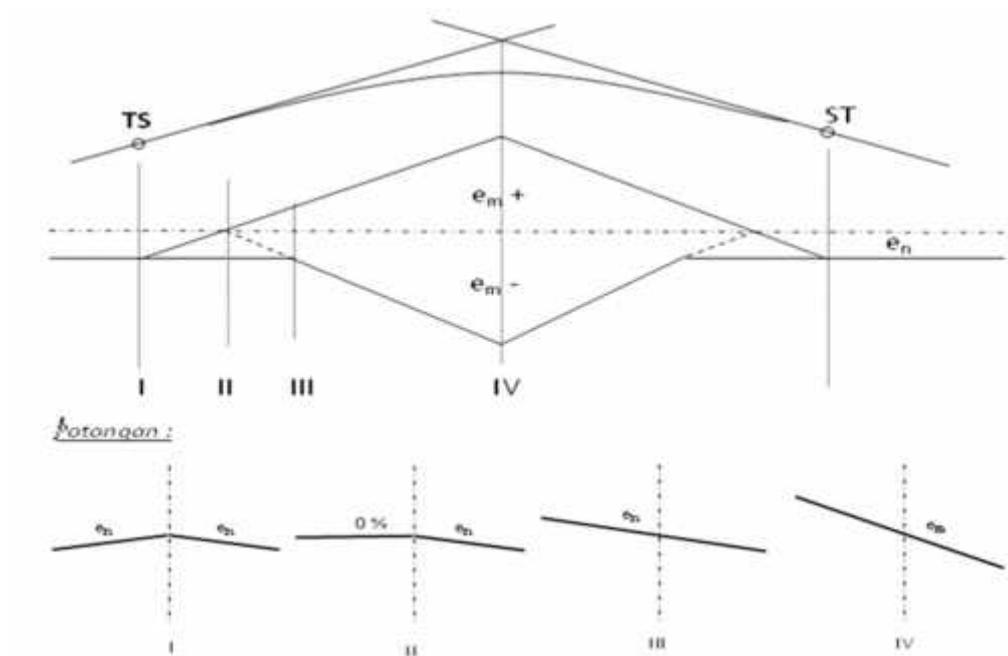


**Gambar 2.8** Diagram Superelevasi Tikungan *Full - Circle* (FC)

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

**Gambar 2.9** Diagram Superelevasi Tikungan *Spiral* – *Circle* - *Spiral* ( SCS )

### 3) Tikungan Spiral - Spiral (SS)



**Gambar 2.10** Diagram Superelevasi Tikungan *Spiral - Spiral* ( SS )

#### 2.1.6.7. Pelebaran Perkerasan Pada Tikungan

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

Penentuan lebar pelebaran jalur lalu lintas di tikungan ditinjau dari elemen-elemen ; keluar jalur (*off tracking*) dan kesukaran dalam mengemudi di tikungan. (Shirley L. Hendarsin, 2000).

#### 2.1.7. Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan untuk jalan 2 lajur 2 arah atau melalui tepi dalam masing-masing perkerasan untuk jalan dengan median. Sering

kali disebut juga sebagai penampang memanjang jalan. Alinyemen vertikal disebut juga penampang memanjang jalan yang terdiri dari garis-garis lurus dan garis-garis lengkung. Garis lurus tersebut bisa datar, mendaki atau menurun, biasa disebut berlandai. Landai dinyatakan dengan persen.

Profil ini menggambarkan tinggi rendahnya permukaan jalan terhadap muka tanah asli yang akan menggambarkan kemampuan kendaraan truk (sebagai kendaraan standar) yang bermuatan penuh untuk melakukan penanjakan. Alinyemen vertikal berkaitan erat dengan besarnya biaya pembangunan jalan, biaya operasional kendaraan serta jumlah lalu-lintas.

Kendaraan kecil selain truk umumnya tidak mempunyai masalah apabila harus menanjak sampai kemiringan 10 % tanpa perbedaan yang mencolok dengan jalan datar, bahkan pada 3% sedikit sekali pengaruhnya. Namun untuk jenis truk, karena beratnya yang besar akan memiliki pengaruh yang besar bila harus mendaki. Pada pendakian yang cukup panjang, truk akan kehabisan tenaga yang mengakibatkan penurunan kecepatan yang sangat besar. Oleh sebab itu, untuk perencanaan Alinyemen vertikal, biasanya kendaraan truk digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam menentukan kelandaian jalan.

#### 2.1.7.1. Landai Minimum

Lereng melintang jalan hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh di badan jalan, sedangkan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping, yang berfungsi membuang air permukaan sepanjang jalan diperlukan suatu kelandaian minimum.

Dalam menentukan landai minimum ini, terdapat dua tinjauan, yaitu:

1. Kepentingan lalu lintas, yang ideal 0%
2. Kepentingan drainase, yang ideal jalan berlandai

Dari tinjauan tersebut, maka dalam perencanaan Alinyemen vertikal sangat dianjurkan;

1. Landai datar, untuk jalan di atas timbunan tanpa kerb.
2. Landai 0,15%, untuk jalan di atas timbunan, medan datar dengan kerb.
3. Landai min 0,3 - 0,5%, untuk jalan pada daerah galian dengan kerb.

#### 2.1.7.2. Landai Maksimum

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. Kelandaian maksimum untuk berbagai  $V_R$  dapat dilihat dalam tabel 2.14

**Tabel 2.14** Kelandaian Maksimum

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

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

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. Panjang kritis yang ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga pada Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (1997) dapat dilihat pada tabel 2.15.

**Tabel 2.15** Panjang Kritis Kelandaian

Kecepatan Pada Awal Tanjakan (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 : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

### 2.1.7.3. 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.

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

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (1997), lengkung vertikal dibagi dua macam, yaitu;

- a. Lengkung vertikal cembung yaitu di mana titik perpotongan antara ke 2 tangen berada di atas permukaan jalan.
- b. Lengkung vertikal cekung yaitu di mana titik perpotongan antara ke 2 tangen berada di bawah permukaan jalan.

Keterangan:

PLV = titik awal lengkung parabola

PPV = titik perpotongan kelandaian  $g_1$  dan  $g_2$

PTV = titik akhir lengkung parabola

G = kemiringan tangen ; (+) naik; (-) turun

- = perbedaan aljabar landai  $(g_1 - g_2)\%$
- Ev = pergeseran vertikal titik tengah busur lingkaran  $(PV_1 - m)$  meter
- Lv = panjang lengkung vertikal
- V = kecepatan rencana (Km/jam)
- Jh = jarak pandang henti
- f = koefisien gesek memanjang menurut Bina Marga,  $f = 0,35$

Panjang lengkung vertikal bisa ditentukan langsung sesuai tabel 2.16 yang didasarkan pada penampilan, kenyamanan, dan jarak pandang.

**Tabel 2.16** Panjang Lengkung Vertikal

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

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

Adapun rumus-rumus yang digunakan dalam lengkung vertikal:

$$g = \frac{(\text{elevasi awal} - \text{elevasi akhir})}{(\text{STA awal} - \text{STA akhir})} \times 100\%$$

$$A = g_1 - g_2$$

$$J_h = \frac{v_r}{3} \times 6T + \frac{\frac{v_r}{3} \times 6^2}{2gf}$$

$$E_v = \frac{A \cdot L_v}{800}$$

$$x = \frac{L_v \cdot g_1}{A}$$

$$y = \frac{Ax\left(\frac{1}{4Lv}\right)^2}{200.Lv}$$

Panjang Lengkung Vertikal ( $L_v$ )

- 1) Syarat keluwesan bentuk

$$L_v = 0,6 \times V$$

- 2) Syarat drainase

$$L_v = 40 \times A$$

- 3) Syarat kenyamanan

$$E_v = \frac{A.V^2}{380}$$

#### 2.1.7.4. Perencanaan Galian dan Timbunan

Untuk alasan ekonomis, maka dalam merencanakan suatu ruas jalan raya diusahakan agar pada pekerjaan tanah dasar volume galian seimbang dengan volume timbunan. Hal ini bertujuan agar jumlah kebutuhan tanah timbunan dapat dipenuhi oleh tanah dari hasil galian yang ada di lokasi tersebut. Namun perlu diingat bahwa asumsi demikian hanya berlaku apabila kualitas tanahnya memenuhi kriteria yang disyaratkan.

Dengan Menggabungkan Alinyemen horizontal dan Alinyemen vertikal, yang dilengkapi dengan bentuk penampang melintang jalan yang direncanakan, memungkinkan kita untuk menghitung besarnya volume galian dan timbunan.

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (1997), untuk memperoleh hasil perhitungan yang logis, ada beberapa langkah yang perlu dilakukan, yaitu:

1. Penentuan jarak patok (*Stationing*), sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari Alinyemen horizontal.
2. Penggambaran profil memanjang (Alinyemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan elevasi muka tanah asli dengan muka perkerasan yang direncanakan.

3. Penggambaran profil melintang (*cross section*) pada setiap titik *Stationing*, sehingga memungkinkan untuk menghitung luas bagian galian ataupun timbunan yang ada pada potongan tersebut. Pengukuran tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan alat bantu planimetri.
4. Penghitungan volume galian dan timbunan, yaitu dengan mengalikan luas rata-rata dari penampang galian atau timbunan dengan jarak antar *Stationing* tersebut.

#### 2.1.7.5. Stationing

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai penentuan *Stationing*, profil memanjang, profil melintang, serta menentukan volume galian dan timbunan.

##### 1. Penentuan *Stationing*

Panjang horizontal jalan dapat dilakukan dengan membuat titik-titik *Stationing* (Patok-patok Km) di sepanjang ruas jalan. Ketentuan umum untuk pemasangan Patok-patok tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Untuk daerah datar dan lurus, jarak antar patok 100 m.
- b. Untuk daerah bukit, jarak antar patok 50 m
- c. Untuk daerah gunung, jarak antar patok 25 m.
- d. Untuk daerah sepanjang tikungan, jarak antar patok per-setiap perubahan superelevasi.

##### 2. Profil Memanjang

Sebagaimana telah disebutkan pada bagian Alinyemen vertikal, profil memanjang ini memperlihatkan kondisi elevasi dari muka tanah yang asli dan permukaan tanah dasar jalan yang direncanakan.

Profil memanjang digambarkan dengan menggunakan skala horizontal 1:1000 dan skala vertikal 1:100, di atas kertas standar Bina Marga. Gambar dari profil memanjang ini merupakan penampakan dari *trase* jalan (Alinyemen horizontal) yang telah digambar sebelumnya.

### 3. Profil Melintang

Profil melintang (*cross section*) digambarkan untuk setiap titik *Stationing* (patok) yang telah ditetapkan. Profil ini menggambarkan bentuk permukaan tanah asli dan rencana jalan dalam arah tegak lurus as jalan secara horizontal. Kondisi permukaan tersebut diperlihatkan sampai sebatas minimal separuh dari daerah penguasaan jalan ke arah kiri dan kanan as jalan tersebut.

Dengan menggunakan data-data yang tercantum di dalam standar (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997); antara lain lebar perkerasan, lebar bahu, lebar saluran (drainase), lereng melintang perkerasan dan lereng melintang bahu maka bentuk rencana badan jalan secara keseluruhan pada titik tersebut dapat diperlihatkan.

Informasi yang dapat diperoleh dari hasil penggambaran profil melintang ini adalah luas dari bidang-bidang galian dan/atau timbunan yang harus dikerjakan pada titik tersebut.

### 4. Menghitung Volume Galian dan Timbunan

Untuk menghitung volume galian dan timbunan diperlukan data luas penampang baik galian maupun timbunan dari masing-masing potongan dan jarak dari kedua potongan tersebut.

Masing-masing potongan dihitung luas penampang galian dan/atau timbunannya. Perhitungan tersebut dapat dilakukan dengan alat planimetri atau dengan cara membagi-bagi setiap penampang menjadi bentuk-bentuk bangun sederhana, misalnya bangun segitiga, segi empat dan trapesium, kemudian dijumlahkan.

Perhitungan volume galian dan timbunan ini dilakukan secara pendekatan. Semakin kecil jarak antar STA, maka harga volume galian dan juga timbunan semakin mendekati harga yang sesungguhnya. Sebaliknya semakin besar jarak antar STA, maka semakin jauh akurasi hasil yang diperoleh.

Ketelitian dan ketepatan dalam menghitung besarnya volume galian dan timbunan akan sangat berpengaruh terhadap biaya yang akan dikeluarkan pada

waktu pelaksanaan lapangan nantinya. Pekerjaan tanah yang terlalu besar akan berdampak terhadap semakin mahal biaya pembuatan jalan yang direncanakan.

Oleh sebab itu, faktor-faktor yang perlu diperhatikan guna menghindari pemborosan tersebut perlu diperhatikan sejak dini. Faktor-faktor tersebut antara lain:

- 1) pengambilan data lapangan oleh surveyor harus seakurat mungkin dan didukung dengan peralatan yang berfungsi baik,
- 2) penuangan data lapangan ke dalam bentuk gambar harus seakurat mungkin baik skala maupun ukuran yang digunakan
- 3) perhitungan luas penampang harus seteliti mungkin
- 4) penentuan jarak antar STA harus sedemikian rupa sehingga informasi-informasi penting, seperti perubahan elevasi, dapat dideteksi dengan baik.

#### 2.1.8. Data Penunjang Lainnya

Data-data lain yang perlu diperhatikan di antaranya data tentang drainase. Peninjauan drainase meliputi data meteorologi dan geofisika untuk kebutuhan analisis data dari stasiun yang terletak pada daerah tangkapan tidak memiliki data curah hujan, maka dapat dipakai data dari stasiun di luar daerah tangkapan yang dianggap masih dapat mewakili.

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

## 2.2. Perencanaan Perkerasan

Menurut Shirley L. Hendarsin, perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun di atas lapisan tanah dasar (*subgrade*), yang berfungsi untuk menopang beban lalu lintas. Jenis konstruksi perkerasan jalan pada umumnya ada dua jenis, yaitu:

1. Perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan
2. Perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Selain dari dua jenis tersebut, sekarang telah banyak digunakan jenis gabungan (*composite pavement*), yaitu perpaduan antara lentur dan kaku.

### 2.2.1. Jenis dan Fungsi Konstruksi Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan terdiri dari lapisan-lapisan dengan urutan sebagai berikut:

1. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapis permukaan merupakan lapis paling atas dari struktur perkerasan jalan, yang fungsi utamanya sebagai:

- a. Lapis penahan beban vertikal dari kendaraan, oleh karena itu lapisan harus memiliki stabilitas tinggi selama masa pelayanan.
- b. Lapis AUS (*wearing course*) karena menerima gesekan dan getaran roda dari kendaraan yang mengerem.
- c. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atas lapis permukaan tidak meresap ke lapis di bawahnya yang berakibat rusaknya struktur perkerasan jalan.
- d. Lapis yang menyebarkan beban ke lapisan pondasi.

Lapis permukaan perkerasan lentur menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapis yang kedap air, berstabilitas tinggi, dan memiliki daya tahan selama masa pelayanan. Namun demikian, akibat kontak langsung dengan roda kendaraan, hujan, dingin, dan panas, lapis

paling cepat menjadi aus yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat, disebut lapis permukaan antara (*binder course*), berfungsi memikul beban lalu lintas dan mendistribusikannya ke lapis pondasi. Dengan demikian lapis permukaan dapat dibedakan menjadi:

- a. *Laston* lapis aus (*asphalt concrete wearing course*), merupakan lapis permukaan yang kontak dengan roda kendaraan dan perubahan cuaca.
- b. *Laston* lapis permukaan antara (*asphalt concrete binder course*), merupakan lapis permukaan yang terletak di bawah lapis aus dan di atas lapis pondasi.
- c. *Laston* lapis pondasi (*asphalt concrete base*) merupakan lapis permukaan yang tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu memiliki stabilitas untuk menahan beban lalu lintas yang disebarkan melalui roda kendaraan.

## 2. Lapis Pondasi (*Base Course*)

Lapis perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan dinamakan lapis pondasi (*base course*). Jika tidak digunakan lapis pondasi bawah, maka lapis pondasi diletakkan langsung di atas permukaan tanah dasar.

Lapis pondasi berfungsi sebagai:

- a. Bagian struktur perkerasan yang menahan gaya vertikal dari beban kendaraan dan disebarkan ke lapis di bawahnya
- b. Lapis peresap untuk lapis pondasi bawah
- c. Bantalan atau perletakan lapis permukaan.

Material yang digunakan untuk lapis pondasi adalah material yang cukup kuat dan awet sesuai syarat teknik dalam spesifikasi pekerjaan. Lapis pondasi dapat dipilih lapis berbutir tanpa pengikat atau lapis dengan aspal sebagai pengikat.

### 3. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan dinamakan lapis pondasi (*base course*). Jika tidak digunakan lapis pondasi bawah, maka lapis pondasi diletakkan langsung di atas permukaan tanah dasar.

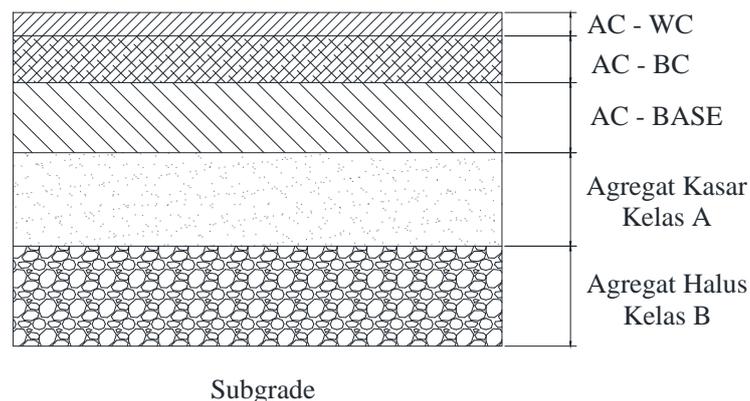
Lapis pondasi berfungsi sebagai:

- Bagian struktur perkerasan yang menahan gaya vertikal dari beban kendaraan dan disebarkan ke lapis di bawahnya.
- Lapis peresap untuk lapis pondasi bawah.
- Bantalan atau perletakan lapis permukaan.

Material yang digunakan untuk lapis pondasi adalah material yang cukup kuat dan awet sesuai syarat teknik dalam spesifikasi pekerjaan. Lapisan pondasi dapat dipilih lapis berbutir tanpa pengikat atau lapis dengan aspal sebagai pengikat.

### 4. Lapis Tanah Dasar (*Subgrade/Roadbed*)

Lapis tanah setebal 50 -100 cm di atas mana diletakkan lapis pondasi bawah dan atau lapis pondasi dinamakan lapis tanah dasar atau *subgrade*. Mutu persiapan lapis tanah dasar sebagai perletakan struktur perkerasan jalan sangat menentukan ketahanan struktur dalam menerima beban lalu lintas selama masa pelayanan.



**Gambar 2.11** Lapisan Perkerasan Lentur

### 2.2.2. Metode Perencanaan Tebal Perkerasan

Berikut ini beberapa metode yang sudah dikenal dalam perencanaan tebal perkerasan dan telah diakui secara spesifik sebagai standar perencanaan tebal perkerasan di negara yang bersangkutan.

#### a. Metode AASHTO

Yang secara terus menerus mengalami perubahan sesuai dengan penelitian yang telah diperoleh. Perubahan terakhir dilakukan pada edisi 1986 yang dapat dibaca pada buku “AASHTO – *Guide For Design to Pavement Structure, 1986*” digunakan sebagai standar perkerasan Amerika Serikat.

#### b. Metode NAASRA

Yang dapat dibaca pada buku “*Interin Guide to Pavement Thickness Design*” digunakan sebagai standar perkerasan Australia.

#### c. Metode *Road Note 29* dan *Road Note 31*

*Road Note 29* diperuntukkan bagi perencanaan tebal perencanaan tebal perkerasan di Inggris, sedangkan *Road Note 31* diperuntukkan bagi perencanaan tebal perkerasan di negara-negara beriklim subtropis dan tropis digunakan sebagai standar perkerasan Inggris.

#### d. Metode *Asphalt Institute*

Yang dapat dibaca pada *Thickness Design Asphalt Pavement for Highways and Street, MS-1*.

#### e. Metode Bina Marga

Yang merupakan modifikasi AASHTO 1972 revisi 1981. Metode ini dapat dilihat pada buku petunjuk perencanaan tebal perkerasan jalan raya dengan metode analisa komponen, SKBI-2.3.26.1987 UDC : 625.73(02).

### 2.2.3. Langkah-langkah Perencanaan Tebal Perkerasan

#### a. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Dalam buku Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Departemen Pekerjaan Umum, Koefisien Kekuatan Relatif (a) masing-masing bahan dan kegunaannya sebagai lapis permukaan, pondasi, pondasi bawah, ditentukan

secara korelasi sesuai nilai *Marshall Test* (untuk bahan dengan aspal), kuat tekan (untuk bahan yang distabilisasi dengan semen atau kapur), atau CBR (untuk bahan lapis pondasi bawah). Jika alat *Marshall Test* tidak tersedia, maka kekuatan (stabilitas) bahan beraspal bisa diukur dengan cara lain seperti *Hveem Test*, *Hubbard Field*, dan *Smith Triaxial*.

Berdasarkan jenis dan fungsi material lapis perkerasan, estimasi koefisien kekuatan relatif dikelompokkan ke dalam 5 kategori, yaitu: beton aspal (*asphalt concrete*), lapis pondasi *granular* (*granular base*), lapis pondasi bawah *granular* (*granular subbase*), *cement treated base* (CTB), dan *asphalt treated base* (ATB).

b. Pemilihan Tipe Lapisan Beraspal

Sebaiknya untuk pemilihan tipe lapisan beraspal disesuaikan dengan kondisi jalan yaitu sesuai dengan lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan. Pemilihan tipe lapisan beraspal berdasarkan lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan dapat dilihat pada tabel 2.15.

**Tabel 2.17** Pemilihan tipe lapisan beraspal berdasarkan lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan

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

(Sumber : Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2002)

c. Ketebalan Minimum Perkerasan

Ketika menentukan tebal lapis perkerasan, perlu dipertimbangkan agar efektif dari segi pelaksanaan konstruksi, biaya, serta batasan pemeliharaannya untuk menghindari kemungkinan perencanaan yang tidak praktis.

d. Indeks Permukaan (IP)

Indeks Permukaan ini menyatakan nilai daripada kerataan/kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat.

Adapun beberapa nilai IP beserta artinya adalah seperti yang tersebut di bawah ini:

1. IP = 1,0 adalah menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan.
2. IP = 1,5 adalah tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus).
3. IP = 2,0 adalah tingkat pelayanan rendah bagi jalan yang masih mantap.
4. IP = 2,5 adalah menyatakan permukaan jalan yang masih cukup stabil dan baik.

**Tabel 2.18** Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana (IPt)

Klasifikasi Jalan

Klasifikasi Jalan			
Lokal	Kolektor	Arteri	Bebas Hambatan
1,0 - 1,5	1,5	1,5 - 2,0	-
1,5	1,5 - 2,0	2, 0	-
1,5 - 2,0	2, 0	2,0 - 2,5	-
-	2,0 - 2,5	2,5	2,5

(Sumber : Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2002)

Dalam menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IP0) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan pada awal umur rencana sesuai dengan tabel 2.19.

**Tabel 2.19** Indeks Permukaan pada Awal Umur Rencana (IP0)

Jenis Lapis Perkerasan	IP0	Ketidakrataan (IRI,m/Km)
LASTON	$\geq 4$	$\leq 1,0$
	3,9 - 3,5	$> 1,0$
LASBUTAG	3,9 - 3,5	$\leq 2,0$
	3,4 - 3,0	$> 2,0$
LAPEN	3,4 - 3,0	$\leq 3,0$
	2,9 - 2,5	$> 3,0$

(Sumber : Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2002)

e. Persamaan Dasar

Penentuan nilai struktur perkerasan lentur digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Log}(W18) = & Z_r \times S_0 + 9,36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0,2 \\ & + \frac{\log_{10} \frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f}}{0,4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \times \log_{10}(MR) - 8,07 \end{aligned}$$

Di mana:

W18 (Wt) : Adalah volume total lalu lintas selama umur rencana

ZR : Adalah deviasi standar sebagai fungsi dari tingkat kepercayaan (R), yaitu dengan menganggap bahwa semua parameter masukan yang digunakan adalah nilai rata-ratanya

S0	: Gabungan standar eror untuk perkiraan lalu lintas dan kinerja
IPO	: Adalah indeks pelayanan awal
IPt	: Adalah indeks pelayanan akhir
IP	: Adalah perbedaan antara indeks pelayanan pada akhir umur rencana (IPt)
MR	: Adalah <i>modulus resilien</i> tanah dasar efektif (psi)
IPf	: Adalah indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)

f. Tingkat Kepercayaan

Konsep reliabilitas merupakan upaya untuk menyertakan derajat kepastian (*degree of certainty*) ke dalam proses perencanaan untuk menjamin bermacam-macam alternatif perencanaan akan bertahan selama selang waktu yang direncanakan (umur rencana). Faktor perencanaan reliabilitas memperhitungkan kemungkinan variasi perkiraan lalu-lintas ( $w_{18}$ ) dan karenanya memberikan tingkat reliabilitas (R) di mana seksi perkerasan akan bertahan selama selang waktu yang direncanakan. Pada umumnya, dengan meningkatnya volume lalu-lintas dan kesukaran untuk mengalihkan lalu-lintas, resiko tidak memperlihatkan kinerja yang diharapkan harus ditekan.

**Tabel 2.20** Rekomendasi Tingkat Reliabilitas untuk Berbagai Klasifikasi Jalan

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

Kolektor	80 - 95	75 - 95
Lokal	50 - 80	50 - 80

(Sumber : Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2002)

Penerapan konsep *reliability* harus memperhatikan langkah-langkah berikut ini:

1. Definisikan klasifikasi fungsional jalan dan tentukan apakah merupakan jalan perkotaan atau jalan antar kota.
2. Pilih tingkat reliabilitas dari rentang yang diberikan pada tabel 2.120
3. Deviasi Standar (S0) harus dipilih yang mewakili kondisi setempat.

**Tabel 2.21** Nilai Penyimpangan Normal Standar (*Standard Normal Deviate*) untuk Tingkat Reliabilitas Tertentu

Reliabilitas (R) (%)	<i>Standard Normal Deviate</i> (ZR)
50	0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,090
99,99	-3,750

(Sumber : Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2002)

## g. Koefisien Drainase

Faktor yang digunakan untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif sebagai fungsi yang menyatakan seberapa baiknya struktur perkerasan dapat mengatasi pengaruh negatif masuknya air ke dalam struktur perkerasan.

**Tabel 2.22** Definisi Kualitas Drainase

Kualitas Drainase	Air hilang dalam
Baik Sekali	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Jelek	1 bulan
Jelek Sekali	Air tidak mengalir

(Sumber: Perancangan Tebal Perkerasan

Lentur, 2002)

Kualitas drainase pada perkerasan lentur diperhitungkan dalam perencanaan dengan menggunakan koefisien kekuatan relatif yang dimodifikasi.

**Tabel 2.23** Koefisien drainase (m) untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif material *untreated base* dan *subbase* pada perkerasan lentur

Kualitas Drainase	Persen Waktu Struktur Perkerasan Dipengaruhi oleh Kadar Air yang Mendekati Jenuh			
	< 1%	1 - 5%	5 - 25%	> 25%
Baik Sekali	1,40 - 1,30	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1,2
Baik	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 - 1,00	1
Sedang	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,00 - 0,80	0,8
Jelek	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0,6
Jelek Sekali	1,05 - 0,95	0,80 - 0,75	0,60 - 0,40	0,4

(Sumber : Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2002)

#### h. Modulus Resilien

*Modulus resilien* adalah perbandingan antara nilai *deviator stress*, yang menggambarkan repetisi beban roda dan *recoverable strain*. (Silvia Sukirman, 2010).

#### i. Analisis Perencanaan Tebal Perkerasan

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

- 1) Tetapkan umur rencana perkerasan dan jumlah lajur lalu lintas yang akan dibangun.
- 2) Tetapkan indeks pelayanan akhir (IPt) dan susunan struktur perkerasan rancang yang diinginkan.
- 3) Tetapkan CBR tanah dasar yang mewakili segmen, kemudian hitung *modulus* reaksi tanah dasar efektif (MR).
- 4) Hitung lalu lintas rencana selama umur rencana yang telah ditetapkan, yaitu berdasarkan volume, beban sumbu setiap kelas kendaraan, perkembangan lalu lintas. Untuk menganalisis lalu lintas selama umur rencana diperlukan coba-coba nilai SN dengan indeks pelayanan akhir (IPt) yang telah dipilih. Hasil iterasi selesai apabila prediksi lalu lintas rencana relatif sama dengan (sedikit di bawah) kemampuan konstruksi perkerasan rencana yang diinterpretasikan dengan lalu lintas.
- 5) Tahap berikutnya adalah menentukan nilai struktural seluruh lapis perkerasan di atas tanah dasar. Dengan cara yang sama, selanjutnya menghitung nilai struktural bagian perkerasan di atas lapis pondasi bawah dan di atas lapis pondasi atas, dengan menggunakan kekuatan lapis pondasi bawah dengan lapis pondasi atas. Dengan menyelisihkan hasil perhitungan nilai struktural yang diperlukan di atas setiap lapisan, maka tebal maksimum yang diizinkan untuk

suatu lapisan dapat dihitung. Contoh, nilai struktural *maksimum* yang diizinkan untuk lapis pondasi bawah akan sama dengan nilai struktural perkerasan di atas dasar dikurangi dengan nilai bagian perkerasan di atas lapisan pondasi bawah. Dengan cara yang sama, maka nilai struktural lapisan yang lain dapat ditentukan.

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

### **2.3. Data - Data Tanah**

Data-data tanah meliputi data penyelidikan tanah dan data penyelidikan material. Data tanah sangat diperlukan untuk perencanaan struktur perkerasan jalan. Data tanah didapat dengan cara survei langsung di lapangan maupun dengan pemeriksaan di laboratorium. Data material diperoleh dari penyelidikan material.

#### **2.3.1. Data Penyelidikan Tanah**

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

1. Penelitian terhadap semua data tanah yang ada, selanjutnya diadakan penyelidikan proyek jalan tersebut, dilakukan berdasarkan survei langsung di lapangan maupun dengan pemeriksaan di laboratorium. Pengambilan data CBR di lapangan dilakukan sepanjang ruas rencana, dengan interval 200 meter dengan menggunakan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*). Hasil tes DCCP ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampakkan hasil nilai CBR di

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

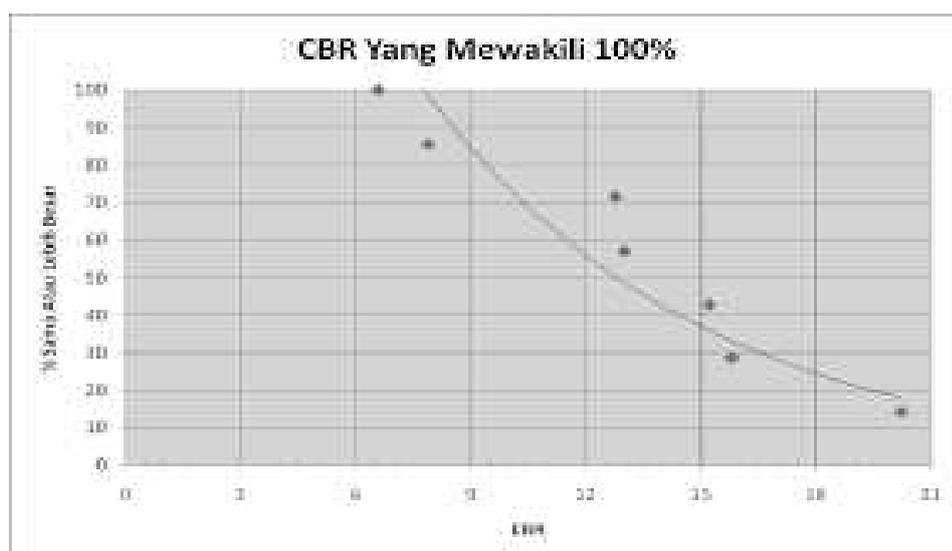
Cara Analitis:

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah:

$$\text{CBR segmen} = \frac{\text{CBR rata-rata} - (\text{CBR maks} - \text{CBR min.})}{R}$$

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

(Silvia Sukirman, 1999)



**Gambar 2.12** CBR cara grafis

Cara Grafis:

Prosedurnya adalah sebagai berikut:

- 1) Tentukan 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%.

**Tabel 2.24 Contoh Tabulasi Nilai CBR**

No.	CBR	Jumlah yang sama atau lebih besar	Persentase yang sama atau lebih besar (%)
1	2	8	$(8/8) \times 100\% = 100\%$
2	3	7	$(7/8) \times 100\% = 87,5\%$
3	4	6	$(6/8) \times 100\% = 75\%$
4	6	2	$(2/8) \times 100\% = 25\%$
5	8	1	$(1/8) \times 100\% = 12,5\%$

(Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1999)

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

3. Uji bahan konstruksi untuk mendapatkan:
  - a. Sifat-sifat indeks (*indeks properties*) Gs, Wn, J, e, n, Sr.
  - b. Klasifikasi (*Classification of soil*):
    - i. Analisa ukuran butir (*Grain Size Analysis*)

Analisa saringan (*Sieve Analysis*)

Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)

- ii. Batas-batas Atterberg (*Atterberg Limits*)

*Liquid Limit* (LL) = Batas Cair

*Plasticity Limit* (PL) = Batas Plastis

$$IP = LL - PL$$

iii. Pemasatan:  $\gamma_d$  maks dan W optimum.

Pemasatan standar / *proctor*.

Pemasatan modifikasi.

Di lapangan dicek dengan *sand cone test* +93%  $\gamma_d$  maks.

iv. CBR Laboratorium (CBR rencana)

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

CBR lapangan : DCP  $\rightarrow$  CBR lapangan.

### 2.3.2. Data Penyelidikan Material

Data penyelidikan material diperoleh dengan melakukan penyelidikan material. Adapun pekerjaan-pekerjaan menyelidiki material meliputi:

1. Mengadakan penelitian terhadap semua data material yang ada selanjutnya melakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut yang akan dilakukan berdasarkan survei di lapangan maupun dengan pemeriksaan laboratorium.

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

Menurut Shirley L. Hendarsin (2000), pengidentifikasian material secara visual yang dilakukan oleh teknisi tanah di lapangan hanya berdasarkan gradasi butiran dan karakteristik keplastisannya saja yaitu:

- a. Tanah berbutir kasar

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

- b. Tanah berbutir halus

Di lapangan tanah kelompok ini sudah untuk dibedakan secara visual antara lempung dan danau, kecuali dengan cara perkiraan karakteristik plastisnya.

## **2.4. Manajemen Proyek**

Manajemen Proyek adalah suatu perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, serta koordinasi dari awal mulanya suatu proyek hingga berakhirnya proyek tersebut demi menjamin pelaksanaan proyek agar sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan (tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu).

### **2.4.1. Daftar Harga Satuan Alat dan Bahan**

Daftar harga satuan bahan dan upah 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 oleh kontraktor. Adapun harga satuan dan upah adalah harga yang termasuk pajak-pajak.

### **2.4.2. Analisa Harga Satuan Pekerjaan**

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

### 2.4.3. Perhitungan Volume Pekerjaan

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

Dalam perencanaan jalan raya diusahakan agar volume galian dengan volume timbunan mendekati sama. Dengan mengkombinasikan *Alinyemen* vertikal dan horizontal memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume 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.

### 2.4.4. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya (RAB) 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.

### 2.4.5. Rekapitulasi Biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam

rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya dan waktu pelaksanaannya. Di samping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan. (Wulfram I. Erfianto, 2005).

#### 2.4.6. Rencana Kerja

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

Adapun jenis-jenis rencana kerja adalah:

a. Bagan Balok (*Barchart*)

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

b. Kurva S

Kurva S adalah grafik hubungan antara waktu pelaksanaan proyek dengan nilai akumulasi progres pelaksanaan proyek mulai dari awal hingga proyek selesai.

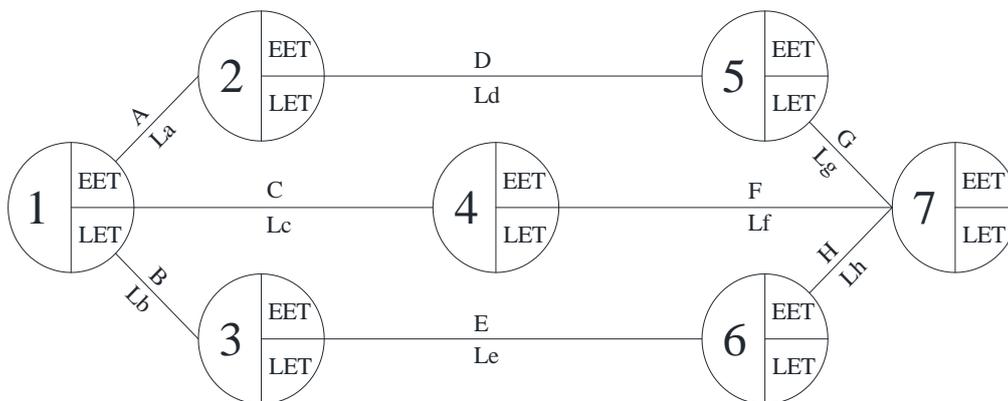
c. Jaringan Kerja (*Network Planning*)

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

Adapun kegunaan NWP ini adalah:

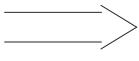
- 1) Merencanakan, *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.
- 2) Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek.

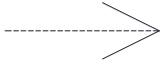
- 3) Mendokumentasikan dan mengkomunikasikan secara *scheduling* (waktu) dan alternatif-alternatif lain penyelesaiannya proyek dengan tambahan waktu.
- 4) Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur-jalur kritis (*critical path*) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.



**Gambar 2.13** Sketsa Network Planning

(Wulfran I.Ervianto, *Manajemen Proyek Konstruksi*, 2012)

1. (*Arrow*), Bentuk ini merupakan Anak panah yang artinya aktivitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas di mana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan *Resource* tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah *nodes*, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.
2. (*Node/Event*), Bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan.
3.  (*Double Arrows*), Arah panah sejajar merupakan kegiatan dilintasi kritis (*Critical Path*).

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

5.  1 = Nomor Kejadian, EET (*Earliest Event Time*) = Waktu yang paling cepat yaitu menjumlahkan durasi dari kegiatan yang di mulai dari kejadian awal dilanjutkan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka yang terbesar, LET (*Latest Event Time*) = Waktu yang paling lambat, yaitu mengurangi waktu durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir dilanjutkan kegiatan sebelumnya dengan mengambil angka terkecil.
6. A, B, C, D, E, F, G, H, merupakan kegiatan, sedangkan La, Lb, Lc, Ld, Le, Lf, Lg, Lh, merupakan durasi dari kegiatan tersebut.  
(Wulfram I. Ervianto, 2005)