

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Perencanaan Geometrik Jalan Raya

2.1.1 Umum

Perencanaan geometrik adalah bagian dari perencanaan jalan dimana bentuk dan ukuran yang nyata dari suatu jalan yang direncanakan beserta bagian bagiannya disesuaikan dengan kebutuhan serta sifat lalu lintas yang ada. Dengan perencanaan geometrik ini diharapkan dapat diciptakan hubungan yang harmonis antara waktu dan ruang sehubungan dengan kendaraan yang bersangkutan, sehingga dapat menghasilkan efisiensi, keamanan dan kenyamanan yang optimal dalam batas-batas ekonomi yang layak (PPGJR No. 13/1970).

Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infra struktur yang aman, efisien pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan rasio tingkat penggunaan biaya pelaksanaan ruang.

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

Perencanaan konstruksi jalan raya membutuhkan data – data perencanaan yang meliputi data lalu lintas, data topografi, data penyelidikan tanah, data penyelidikan material dan data penunjang lainnya. Semua data ini sangat diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya, karena data ini memberikan gambaran yang sebenarnya dari kondisi surtu daerah dimana ruas jalan ini akan dibangun. Dengan adanya data-data ini, kita dapat menentukan geometrik dan tebal perkerasan yang diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya (Sukirman, 1999).

2.2 Klasifikasi Jalan Raya

Klasifikasi jalan merupakan aspek penting yang pertama kali harus diidentifikasi sebelum melakukan perancangan jalan. Karena kriteria desain suatu rencana jalan yang ditentukan dari standar desain ditentukan oleh klasifikasi jalan rencana. Klasifikasi jalan dibagi dalam beberapa kelompok (TPGJAK, 1997), yaitu :

a. Klasifikasi menurut fungsi jalan, terbagi atas:

- Jalan Arteri

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

- Jalan Kolektor

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

- Jalan Lokal

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

- Jalan Lingkungan.

Adalah jalan yang melayani lingkungan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

b. 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 dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

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

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

c. 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 2.2.

Tabel 2.2. Klasifikasi Menurut Medan Jalan

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

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota,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.

d. Klasifikasi Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaannya sesuai PP. No.26/1985 adalah jalan nasional, jalan provinsi, jalan kabupaten/kotamadya, jalan desa, dan jalan khusus.

- Jalan nasional merupakan jalan arteri dan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibu kota propinsi dan jalan strategis nasional serta jalan tol.
- Jalan provinsi adalah jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibu kota propinsi dan ibu kota kabupaten.
- Jalan kabupaten adalah jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibu kota kabupaten dengan ibu kota kecamatan serta jalan umum dalam jaringan jalan sekunder dalam suatu wilayah kabupaten.
- Jalan kota merupakan jalan umum dalam sistem jaringan sekunder yang fungsinya menghubungkan pusat pelayanan dalam kota, pusat pelayanan dengan persil serta antar permukiman dalam kota.
- Jalan desa adalah jalan umum yang berfungsi menghubungkan wilayah pemukiman dalam desa.
- Jalan khusus adalah jalan yang dibangun oleh instansi, badan usaha, perseorangan, atau kelompok masyarakat untuk kepentingan sendiri.

2.3 Kriteria Perencanaan

Dalam perancangan jalan, bentuk geometrik jalan terdapat parameter-parameter perencanaan yang merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan.

2.3.1 Kendaraan rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Untuk perencanaan, setiap kelompok diwakili oleh satu ukuran standar. Dan ukuran kendaraan rencana untuk masing-masing kelompok adalah ukuran terbesar yang mewakili kelompoknya.

Berdasarkan dari bentuk, ukuran, dan daya dari kendaraan-kendaraan yang mempergunakan jalan kendaraan-kendaraan tersebut dikelompokkan menjadi tiga kategori (TPGJAK, 1997) :

- a. Kendaraan Kecil, diwakili oleh mobil penumpang

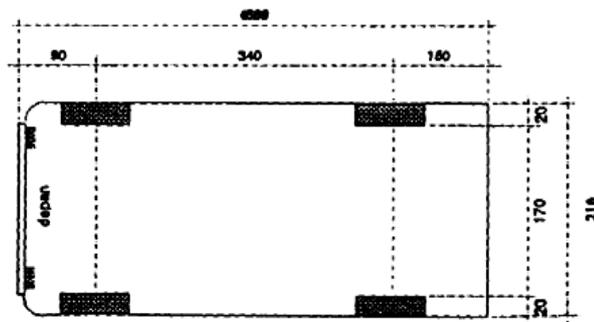
- b. Kendaraan Sedang, diwakili oleh truk 3 as tandem dan bus besar 2 as
 c. Kendaraan Besar, diwakili oleh truk-semi-trailer

Tabel 2.3. Dimensi Kendaraan Rencana

Kategori Radius Putar	Dimensi Kendaraan			Tonjolan		Radius Putar		Radius Tonjolan
	(cm)			(cm)		Min	Maks	
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang			(cm)
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	1.2	90	290	1400	1370

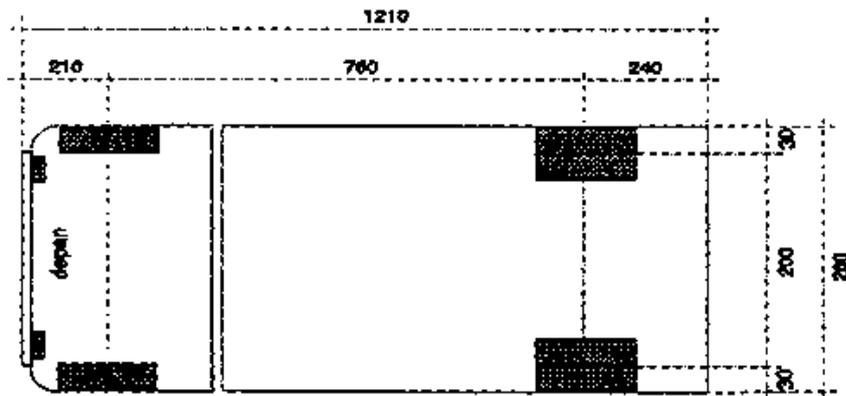
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Dimensi dasar untuk masing-masing kategori kendaraan rencana ditunjukkan dalam tabel 2.3. gambar 2.1 sampai dengan gambar 2.3 menampilkan sketsa dimensi kendaraan rencana tersebut.

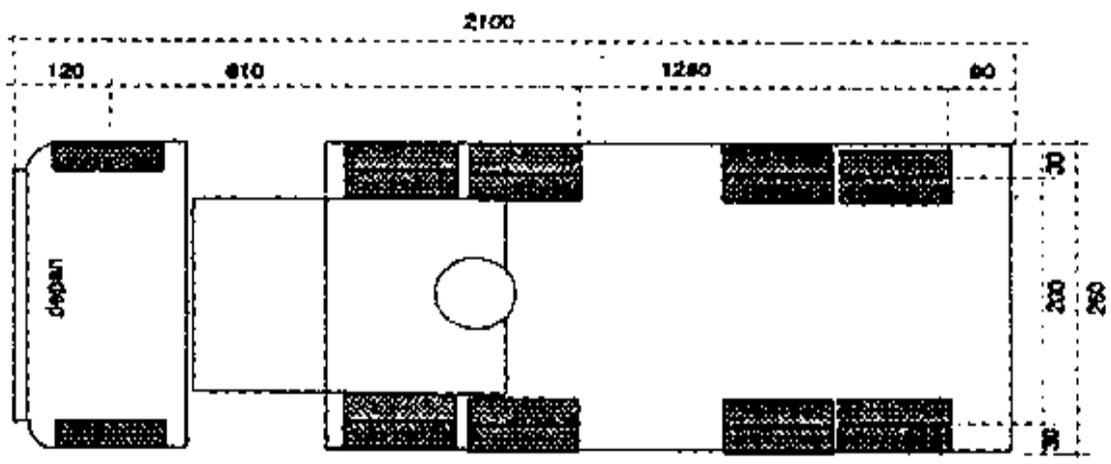


Gambar 2.1 Dimensi Kendaraan Kecil

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

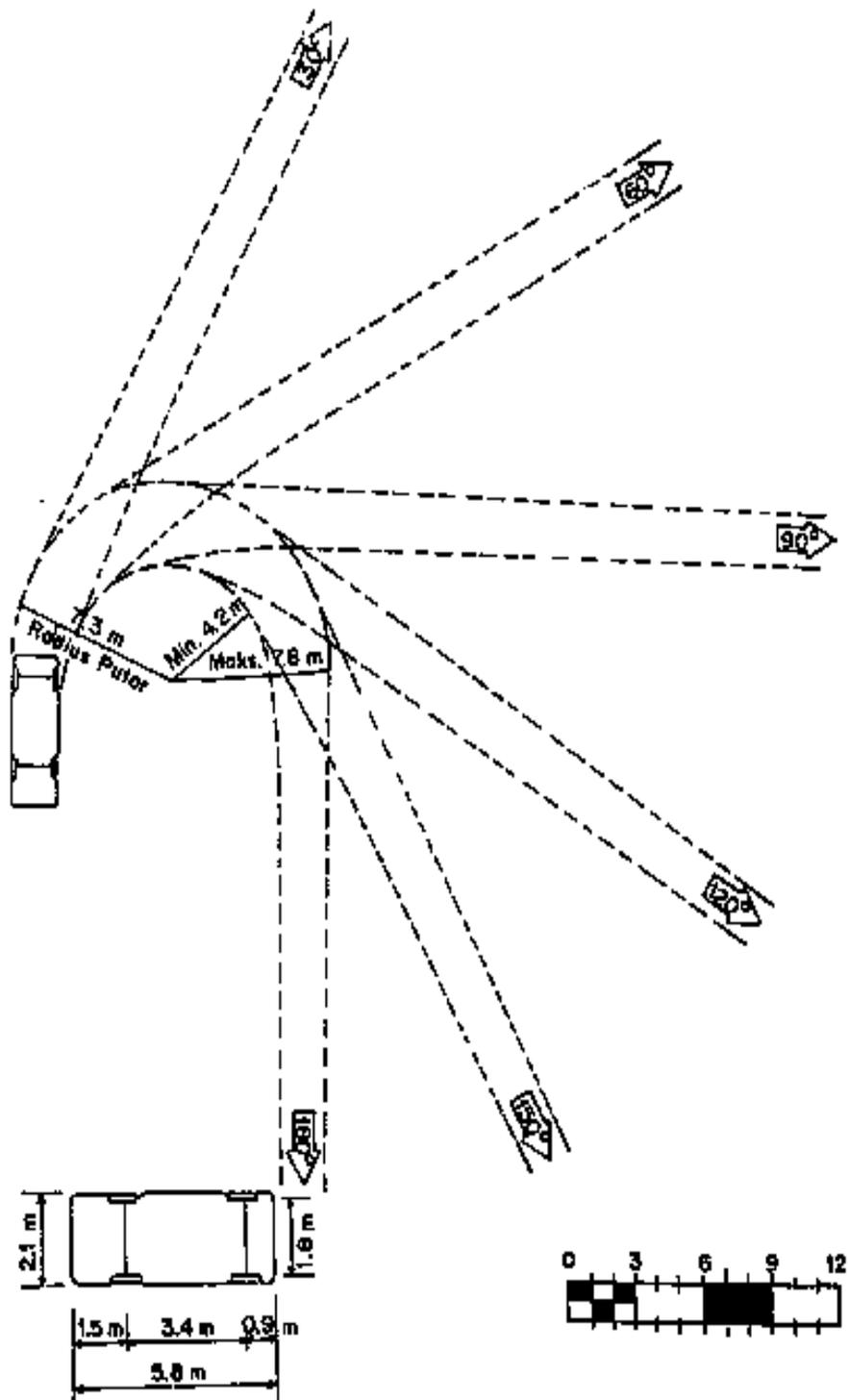


Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Sedang
(Sumber : *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997*)

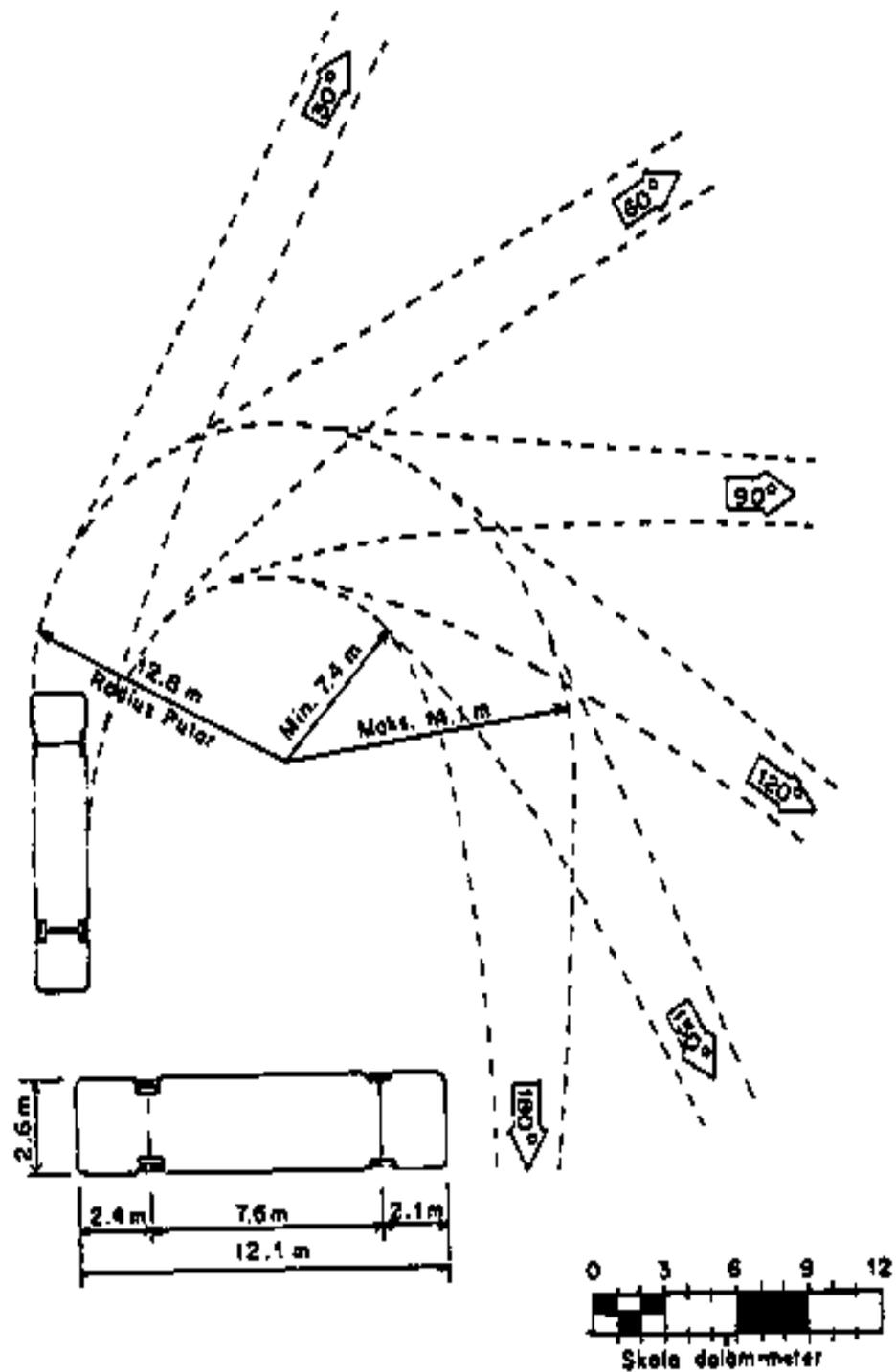


Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Besar
(Sumber : *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997*)

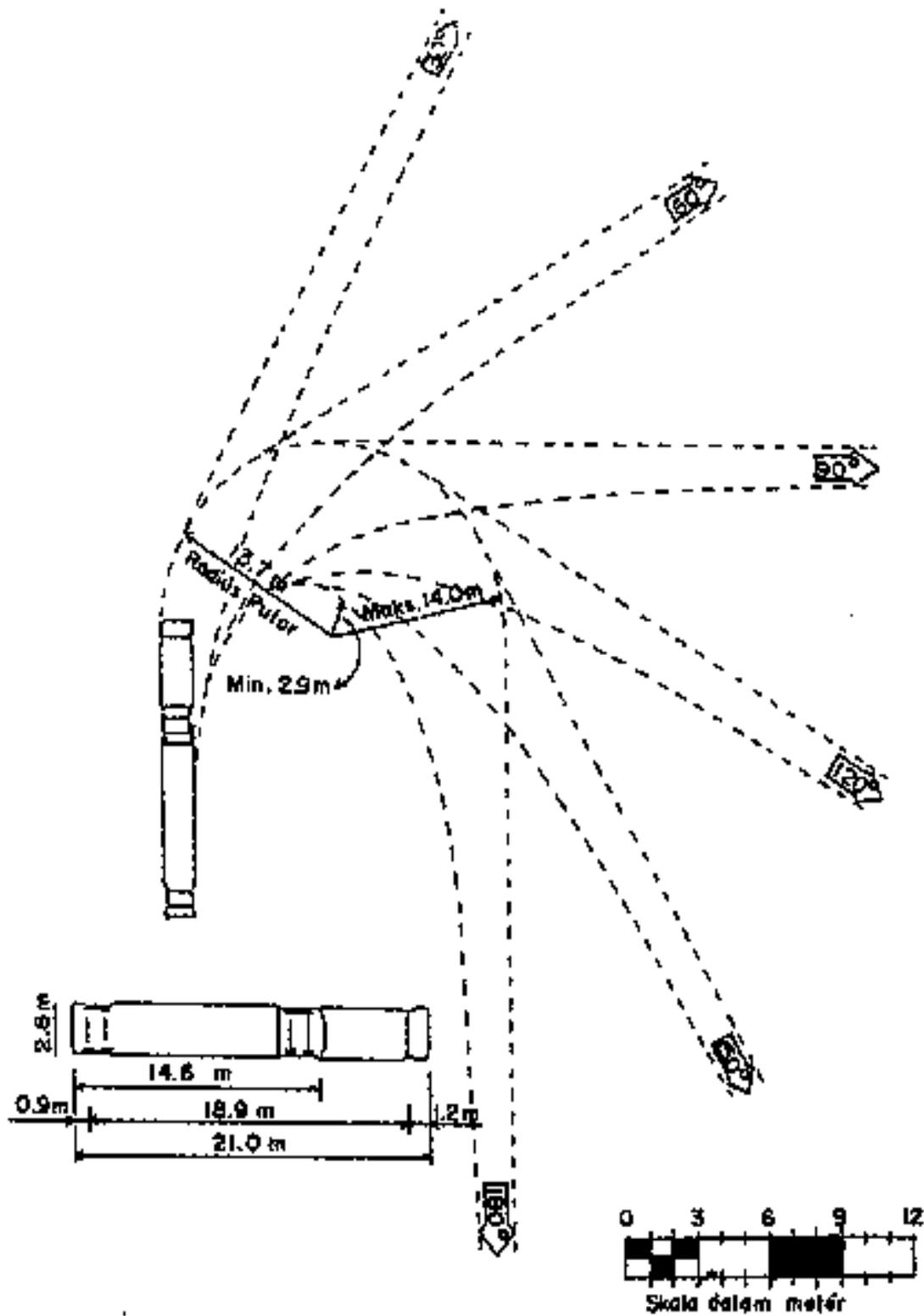
Gambar 2.4 sampai dengan 2.6 menunjukkan radius putar dengan batas maksimal dan minimum jarak putar dari berbagai sudut untuk setiap ukuran kendaraan. Untuk perencanaan geometrik jalan, ukuran lebar kendaraan rencana akan mempengaruhi lebar lajur yang dibutuhkan. Sifat membelok kendaraan akan mempengaruhi perencanaan tikungan, dan lebar median dimana kendaraan diperkenankan untuk memutar atau *U Turn* (Sukirman, 1999).



Gambar 2.4 Jari-Jari Manuver Kendaraan Kecil
 (Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)



Gambar 2.5 Jari-Jari Manuver Kendaraan Sedang
 (Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)



Gambar 2.6 Jari-Jari Manuver Kendaran Sedang
 (Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota,1997)

2.3.2 Kecepatan rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih untuk keperluan perencanaan setiap bagian jalan raya seperti : tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang, kelandaian jalan, dan lain–lain. Kecepatan rencana tersebut merupakan kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya bergantung dari bentuk jalan.

Kecepatan rencana tergantung kepada :

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

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

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

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana (V_R), km/jam		
	Datar	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)

2.3.3 Satuan Mobil Penumpang (SMP)

SMP adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan, dimana setiap mobil penumpang memiliki satu SMP. SMP untuk jenis kendaraan dan kondisi medan lainnya dapat dilihat pada tabel 2.3. Detail nilai SMP dapat dilihat pada buku Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) No. 036/TBM/1997.

Tabel 2.5 Ekuivalen Mobil Penumpang (Emp)

No	Jenis Kendaraan	Datar / Perbukitan	Pegunungan
1	Sedan, Jeep, station wagon	1,0	1,0
2	Pick up, bus kecil, truck kecil	1,2 – 2,4	1,9 -3,5
3	Bus dan truck besar	1,2 – 5,0	2,2 – 6,0

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

2.3.4 Volume lalu lintas

Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). Volume lalu lintas dalam SMP ini menunjukkan besarnya jumlah Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut. Dari Lalu Lintas Rata-rata (LHR) yang didapatkan kita dapat mengklasifikasi jalan tersebut seperti terlihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.6 Klasifikasi Kelas Jalan

No	Klasifikasi Jalan	Kelas	Lalulintas Harian (smp)
1	Jalan utama	I	> 20.000
2	Jalan sekunder	II A	6000 – 20.000
		II B	1.500 – 8.000
		II C	< 2.000
3	Jalan penghubung	III	-

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

a. Lalu lintas Harian Rata – rata Tahunan (LHRT)

Lalu lintas yang menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan selama 24 jam dalam satu tahun penuh.

Rumus umum :

$$\text{LHRT} = \frac{\text{Jumlah lalu – lintas dalam satu tahun}}{365} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

LHRT = lalu lintas harian rata – rata tahunan

365 = Jumlah hari dalam setahun

b. Lalu lintas Harian Rata – rata (LHR)

Jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dibagi lamanya pengamatan itu sendiri.

Rumus umum :

$$\text{LHR} = \frac{\text{Jumlah lalu – lintas dalam satu tahun}}{\text{Lamanya pengamatan}} \dots\dots\dots (2.2)$$

2.3.5 Data peta 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 yakni:

1. Kegiatan perintisan untuk pengukuran, dimana secara garis lurus ditentukan kemungkinan rute alternatif dari trase jalan.
2. Kegiatan pengukuran yang meliputi:

- a. Penentuan titik kontrol vertikal dan horizontal yang dipasang setiap interval 100 m pada rencana as jalan.
- b. Pengukuran situasi selebar kiri kanan *right of way* dari jalan yang dimaksud dan disebutkan tata guna tanah sekitar trase jalan.
- c. Pengukuran penampang melintang (*cross section*) dan penampang memanjang (*long section*).
- d. Perhitungan perencanaan design jalan dan penggambaran peta topographi berdasarkan atas koordinat titik-titik kontrol diatas.

2.3.6 Tingkat pelayanan jalan

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

1. Tingkat pelayanan A, dengan ciri-ciri :
 - Arus lalu lintas bebas tanpa hambatan
 - Volume dan kepadatan lalu lintas rendah
 - Kepadatan kendaraan merupakan pilihan pengemudi
2. Tingkat pelayanan B, dengan ciri-ciri :
 - Arus lalu lintas stabil
 - Kecepatan mulai dipengaruhi oleh kendaraan lalu lintas, tetapi tetap dapat dipilih sesuai kehendak pengemudi
3. Tingkat pelayanan C, dengan ciri-ciri :
 - Arus lalu lintas masih stabil
 - Kecepatan perjalanan dan kebebasan bergerak sudah
 - Dipengaruhi oleh besarnya volume lalu lintas sehingga pengemudi tidak dapat lagi memilih kecepatan yang diinginkannya.
4. Tingkat pelayanan D, dengan ciri-ciri :
 - Arus lalu lintas sudah mulai tidak stabil
 - Perubahan volume lalu lintas sangat mempengaruhi besarnya kecepatan perjalanan.

5. Tingkat pelayanan E, dengan ciri-ciri :
 - Arus lalu lintas sudah tidak stabil
 - Volume kira-kira sama dengan kapasitas
 - Sering terjadi kemacetan
6. Tingkat pelayanan F, dengan ciri-ciri :
 - Arus lalu lintas tertahan pada kecepatan rendah
 - Sering terjadi kemacetan
 - Arus lalu lintas rendah

2.3.7 Data penyelidikan tanah

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

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

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

Cara pemeriksaan dengan alat DCP ini dilaksanakan dengan mencatat jumlah pukulan (*blow*) dan penetrasi dari kerucut logam yang tertanam pada tanah dasar karena pengaruh jatuhan pemberat. Pemeriksaan akan memberikan catatan yang menerus dari kekuatan daya dukung tanah sampai kedalaman 90 cm di bawah permukaan tanah dasar (*subgrade*) yang ada. Kemudian dengan menggunakan tabel korelasi, pembacaan penetrometer diubah menjadi pembacaan yang setara dengan CBR.

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

a) Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah :

$$CBR_{\text{Segmen}} = (CBR_{\text{Rata}} - CBR_{\text{Min}}) / R \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

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

Tabel 2.7 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: Sukirman, 2010)

b) Cara Grafis

Nilai CBR_{segmen} dengan menggunakan metode grafis merupakan nilai persentil ke 90 dari data CBR yang ada dalam satu segmen. CBR_{segmen} adalah nilai CBR dimana 90% dari data yang ada dalam segmen memiliki nilai CBR lebih besar dari nilai CBR_{segmen} .

Langkah – langkah menentukan CBR_{segmen} menggunakan metode grafis (Sukirman, 2010):

1. Tentukan nilai CBR terkecil.

2. Susunlah nilai CBR dari yang terkecil ke yang terbesar, dan tentukan jumlah data dengan nilai CBR yang sama atau lebih besar dari setiap nilai CBR. Pekerjaan ini disusun secara tabelaris.
3. Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain merupakan persentase dari 100%.
4. Gambarkan hubungan antara nilai CBR dan persentase dari butir 3.
5. Nilai CBR_{segmen} adalah nilai pada angka 90% sama atau lebih besar dari nilai CBR yang tertera.

2.3.8 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 (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997).

a. Jarak pandang henti (Jh)

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 (Jht)

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

- Jarak Pengereman (Jhr)

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

Rumus yang dipakai :

$$J_h = J_{ht} + J_{hr} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$J_h = \frac{V_R}{3,6} T \frac{\left(\frac{V_R}{3,6}\right)^2}{2g \cdot f_p} \dots\dots\dots (2.5)$$

- Persamaan (2.5) dapat disederhanakan menjadi :

- Untuk jalan datar

$$J_h = 0,278 \times V_r \times T + \frac{V_r^2}{254 \cdot f_p} \dots\dots\dots (2.6)$$

- Untuk jalan dengan kelandaian tertentu

$$J_h = 0,278 \times V_r \times T + \frac{V_r^2}{254 \cdot f_p \pm L} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

V_r = kecepatan rencana (km/jam).

T = waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik.

G = percepatan gravitasi, ditetapkan $9,8 \text{ m/det}^2$.

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

L = landai jalan dalam (%) dibagi 100.

Syarat untuk menentukan jarak pandang henti minimum dapat dilihat pada tabel 2.8.

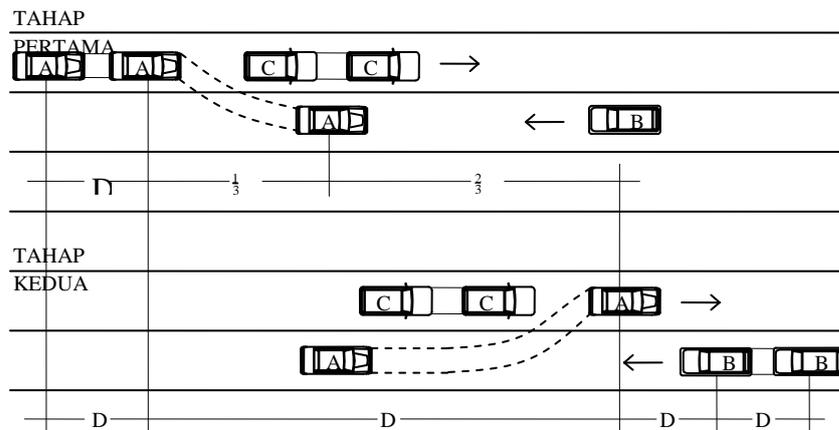
Tabel 2.8 Jarak pandang henti (J_h) minimum

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

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

b. Jarak mendahului (J_d)

Jarak pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan 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.



Gambar 2.7 Proses Gerakan Mendahului

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

Rumus yang digunakan :

$$J_d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

- d₁ = jarak yang ditempuh selama waktu pengamatan (m).
- d₂ = jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali lajur semula (m).
- d₃ = jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m).

Rumus :

$$d_1 = 0,278 T_1 \left(V_R - m + \frac{a \cdot T_1}{2} \right) \dots\dots\dots (2.9)$$

$$d_2 = 0,27 V_R \cdot T_1 \dots\dots\dots (2.10)$$

$$d_3 = \text{antara } 30 - 100 \text{ m} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$d_4 = \frac{2_1}{3} x d_2 \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

T₁ = waktu dalam detik, ~ 2,12 + 0,026 V_R.

T₂ = waktu kendaraan berada di jalur lawan (detik), ~ 6,56 + 0,048 V_R.

a = percepatan rata-rata (km/jam/detik), ~ 2,052 + 0,036 V_R.

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

Syarat untuk menentukan jarak pandang mendahului minimum dapat dilihat pada tabel 2.9.

Tabel 2.9 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, 1997)

2.3.9 Alinyemen horizontal

Alinyemen horizontal adalah garis proyeksi sumbu jalan tegak lurus bidang datar peta (trase). Trase jalan biasa disebut situasi jalan, secara umum menunjukkan arah dari jalan yang bersangkutan. (Sukirman, 1999).

Desain alinyemen horizontal sangat dipengaruhi oleh kecepatan rencana yang ditentukan berdasarkan tipe dan kelas jalan. Pada perencanaan alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis bagian jalan, yaitu bagian lurus dan bagian lengkung. Umumnya tikungan terdiri dari tiga jenis tikungan, yaitu :

- a. Tikungan *Full Circle* (F-C)

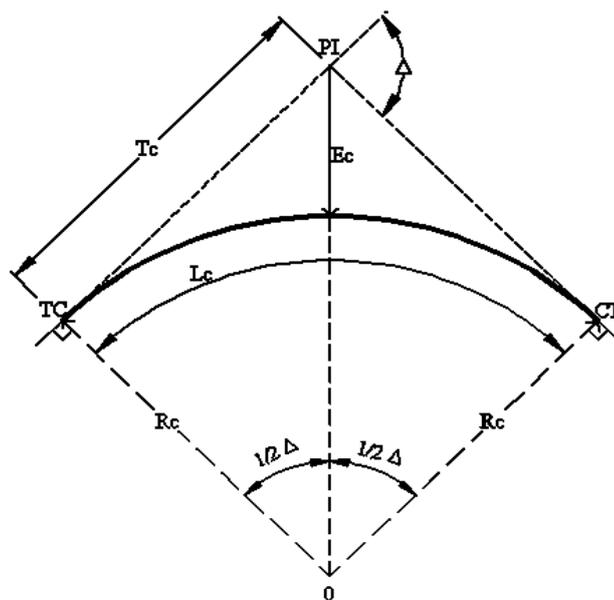
Full circle adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan *full circle* hanya digunakan untuk R (jari-jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka

diperlukan superelevasi yang besar. Jari-jari tikungan untuk tikungan jenis *full circle* ditunjukkan pada tabel 2.10.

Tabel 2.10 Jari-jari Tikungan yang tidak memerlukan Lengkung Peralihan

V_R (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R_{min} (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60

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



Gambar 2.8 Tikungan *Full Circle*

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

Rumus yang digunakan pada tikungan *full circle* yaitu :

$$T_c = R_c \tan^{1/2} \Delta \dots\dots\dots (2.13)$$

$$E_c = T_c \tan^{1/4} \Delta \dots\dots\dots (2.14)$$

$$L_c = \frac{\pi}{180} \cdot \Delta \cdot R_c \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana :

Δ = sudut tangen ($^{\circ}$).

T_c = panjang tangen jarak dari TC ke PI atau PI ke CT (m).

R_c = jari-jari lingkaran (m).

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

L_c = panjang busur lingkaran (m).

b. Tikungan *Spiral – Circle – Spiral* (S-C-S)

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

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

$$Q_s = \frac{90 L_s}{\pi R_c} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$L_c = \frac{\Delta}{360} 2\pi R \dots\dots\dots (2.17)$$

$$L = L_c + 2L_s \dots\dots\dots (2.18)$$

$$E_s = \frac{(R + \rho)}{\cos 1/2\Delta} - R \dots\dots\dots (2.19)$$

$$T_s = (R_c + P) \tan 1/2 \Delta + k \dots\dots\dots (2.20)$$

Keterangan:

X_s = absis titik SC pada garis tangen, jarak dan titik TS ke SC (m).

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

L_s = panjang lengkung peralihan (m).

L' = panjang busur lingkaran (dari titik SC ke CS) (m).

T_s = panjang tangen (dan titik PI ke TS atau ke ST) (m).

TS = titik dari tangen ke spiral (m).

SC = titik dari spiral ke lingkaran (m).

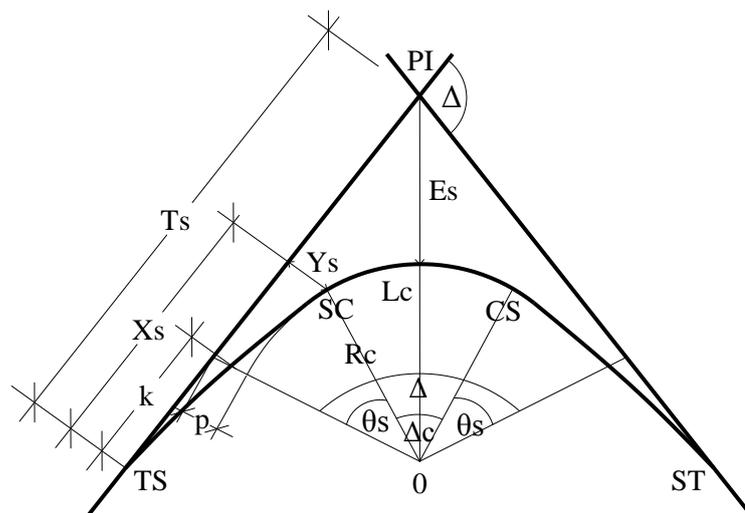
E_s = jarak dari PI ke lingkaran (m).

R = jari-jari lingkaran (m).

P = pergeseran tangen terhadap spiral (m).

k = absis dari p pada garis tangen spiral (m)..

S = sudut lengkung spiral ($^\circ$)



Gambar 2.9 Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

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

c. Tikungan *Spiral – Spiral*

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

$$L_s = \frac{\theta_s}{28,648} \cdot R \dots\dots\dots (2.21)$$

$$T_s = (R+P) \cdot \text{Tg}.1/2 \Delta + K \dots\dots\dots (2.22)$$

$$E_s = \frac{(R+P)}{\text{Cos}1/2\Delta} - R \dots\dots\dots (2.23)$$

$$L = 2 \cdot L_s \dots\dots\dots (2.24)$$

Keterangan :

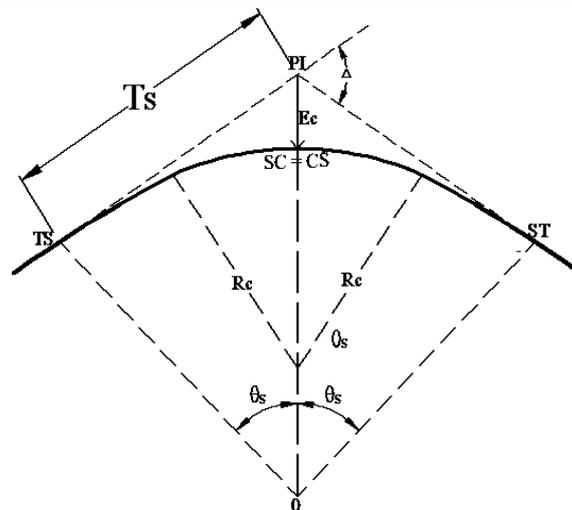
Es = Jarak dan PI ke busur lingkaran (m).

Ts = Panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST(m)

TS = Titik dari tangen ke spiral (m).

SC= Titik dari spiral ke lingkaran (m).

Rc = Jari-jari lingkaran (m).



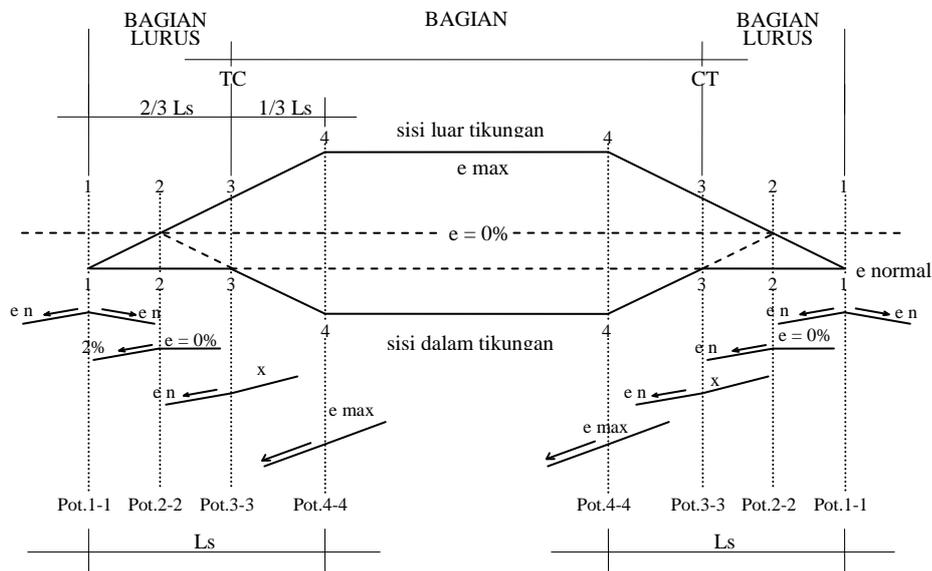
Gambar 2.10 Tikungan *Spiral-Spiral*
 (Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

d. 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 harus dicapai pada suatu tikungan dan tergantung dari kecepatan rencana yang digunakan, dan nilai superelevasi maksimum ditetapkan 10%.

Adapun diagram superelevasi ini terbagi dalam tiga bentuk, yaitu :

1. Tikungan *Full Circle*



Gambar 2.11 Diagram Superelevasi pada Tikungan Tipe FC
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

$$d = \frac{e_{mak} + e_n}{2s} B \dots\dots\dots (2.25)$$

Dimana :

- d = lebar jalan (m).
- s = kemiringan jalan
- B = perubahan pelebaran jalan (m).

$$e_{normal} = e_{mak} = \frac{1/2b}{1/2b + b'} \dots\dots\dots (2.26)$$

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

$$L_s' = B \cdot e_m \cdot m \dots\dots\dots (2.27)$$

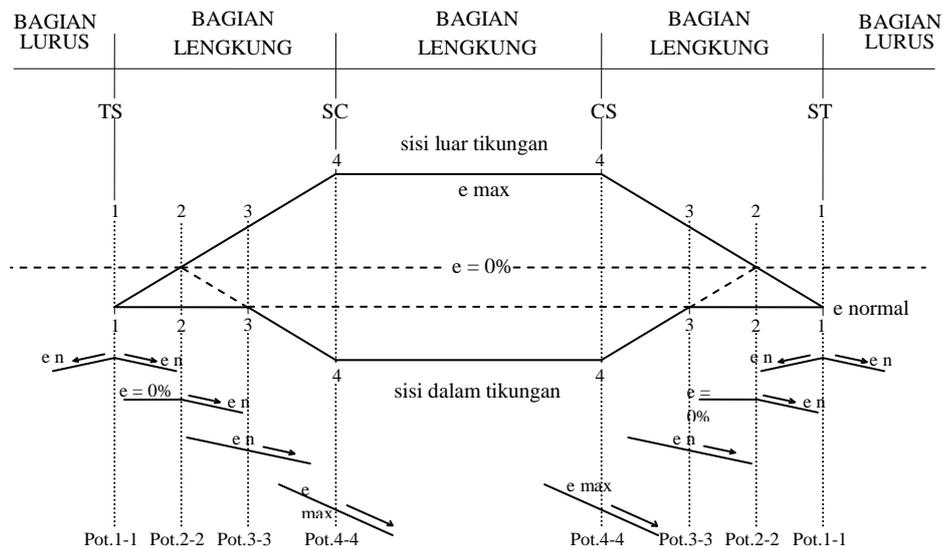
Dimana :

L_s = lengkung peralihan (m).

e_m = kemiringan lengkung melintang maksimum (%).

m = 1:landai relatif maksimum antara tepi perkerasan (harga ini tergantung kecepatan, lihat Daftar II pada PPGJR No. 13/1970)

2. Tikungan *spiral-circle-spiral*



Gambar 2.12 Diagram Superelevasi pada Tikungan Tipe SCS
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

$$s = \frac{e_{maks} + e_n}{2d} \dots\dots\dots (2.28)$$

Dimana:

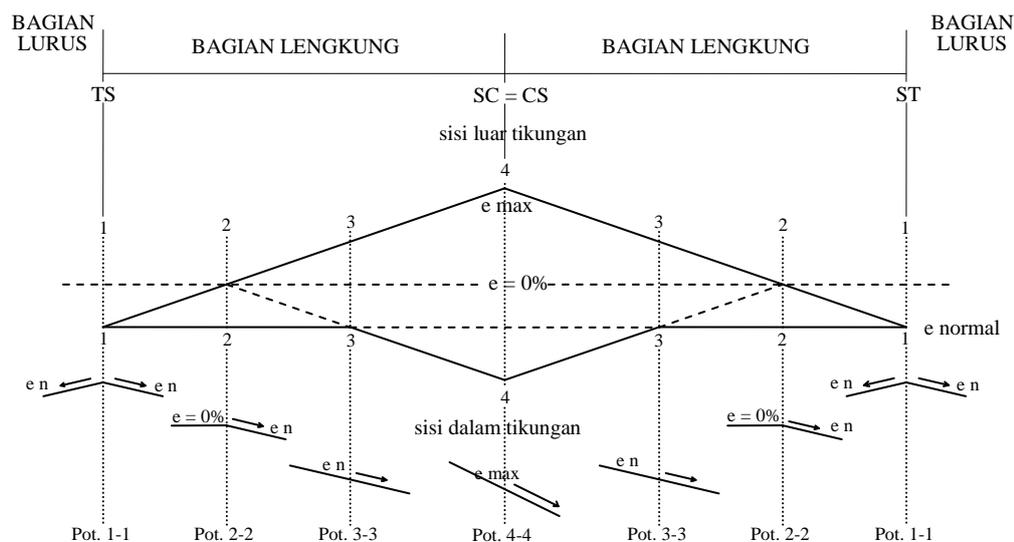
s = pencapaian kemiringan

$$d = \frac{e_n + b}{2_s} \dots\dots\dots (2.29)$$

Harga e_{maks} dan e_n didapat dari tabel berdasarkan harga L_s yang dipakai.

3. Tikungan *spiral-spiral*

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



Gambar 2.13 Diagram Superelevasi pada Tikungan Tipe SS
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Adapun ketentuan-ketentuan dalam pencapaian superelevasi untuk semua jenis tikungan tersebut antara lain :

- 1) Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.
- 2) Pada tikungan S - C - S, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bentuk normal () sampai awal lengkung peralihan (TS) yang berbentuk () pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh () pada akhir bagian lengkung peralihan (SC).
- 3) Pada tikungan F - C, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bagian lurus sepanjang $\frac{2}{3}L_s$ sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang $\frac{1}{3}L_s$.

- 4) Pada tikungan S - S, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.
- 5) Superelevasi tidak diperlukan jika radius (R) cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LP), atau bahkan tetap lereng normal (LN).
- e. Pelebaran perkerasan jalan pada tikungan

Pelebaran perkerasan atau jalur lalu lintas di tikungan, dilakukan untuk mempertahankan kendaraan tetap pada lintasannya (lajurnya) sebagaimana pada bagian lurus. Hal ini terjadi karena pada kecepatan tertentu kendaraan pada tikungan cenderung untuk keluar lajur akibat posisi roda depan dan roda belakang yang tidak sama, yang tergantung dari ukuran kendaraan (Shirley, 2000).

Pelebaran perkerasan jalan pada tikungan sangat tergantung pada :

R = jari-jari tikungan

Δ = sudut tangent

V = kecepatan rencana

Adapun rumus-rumus yang berlaku untuk menghitung pelebaran pada tikungan :

$$Rc = R - \frac{1}{4}Bn + \frac{1}{2}b \quad \dots\dots\dots (2.30)$$

$$B = \sqrt{\sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25^2} + 64 - \sqrt{\sqrt{Rc^2 - 64} - 1,25} \quad \dots\dots\dots (2.31)$$

$$Z = \frac{0,105 \times V}{\sqrt{R}} \quad \dots\dots\dots (2.32)$$

$$Bt = n(B + C) + Z \quad \dots\dots\dots (2.33)$$

Dimana :

B = lebar perkerasan pada tikungan (m)

Bn = lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = lebar kendaraan rencana (m)

- Rc = radius lengkung untuk lintasan luar roda depan (m)
 Z = lebar tambahan akrobat kesukaran dalam mengemudi (m)
 R = radius lengkung (m)
 n = jumlah lajur
 C = kebebasan samping (1,0 m)

Pelebaran perkerasan pada tikungan ini dimaksudkan untuk mengurangi kemungkinan kendaraan akan keluar dari jalurnya karena kecepatan yang terlalu tinggi. Pelebaran ini dilakukan sepanjang pencapaian superelevasi dalam diagram superelevasi gambar 2.11, 2.12, dan 2.13.

f. Kebebasan samping pada tikungan

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandangan pengemudi dari halangan benda-benda di sisi jalan (daerah bebas samping). Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh E (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan J_h dipenuhi. Pada tikungan ini tidak selalu harus dilengkapi dengan kebebasan samping (jarak pembebasan). Hal ini tergantung pada :

- a) Jari-jari tikungan (R).
- b) Kecepatan rencana (V_r) yang langsung berhubungan dengan jarak pandang (S).
- c) Keadaan medan lapangan.

Seandainya pada perhitungan diperlukan adanya kebebasan samping akan tetapi keadaan memungkinkan, maka diatasi dengan memberikan atau memasang rambu peringatan sehubungan dengan kecepatan yang diizinkan.

Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

- 1) Berdasarkan jarak pandang henti ($J_h < L_t$)

$$E = R' \left\{ 1 - \cos \left(\frac{90^\circ J_h}{\pi R} \right) \right\} \dots \dots \dots (2.34)$$

2) Berdasarkan jarak pandang mendahului

$$E = R \left\{ 1 - \cos \left(\frac{90^\circ \cdot J_d}{\pi \cdot R} \right) \right\} + \frac{1}{2} (J_d - L_t) \sin \left(\frac{90^\circ \cdot J_d}{\pi \cdot R} \right) \dots \dots \dots (2.35)$$

Dimana :

E = jarak dari penghalang ke sumbu lajur sebelah dalam (m)

R = radius sumbu lajur sebelah dalam (m)

J_h = jarak pandangan henti (m)

J_d = jarak pandangan menyiap (m)

L_t = panjang tikungan (m)

g. Penentuan *stationing*

Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (Sta jalan) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang dibicarakan, selanjutnya menjadi panduan untuk lokasi suatu tempat. Nomor jalan ini sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Disamping itu dari penomoran jalan tersebut diperoleh informasi tentang panjang jalan secara keseluruhan. Setiap Sta jalan dilengkapi dengan gambar potongan melintangnya.

Adapun interval untuk masing-masing penomoran jika tidak adanya perubahan arah tangen pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal adalah sebagai berikut :

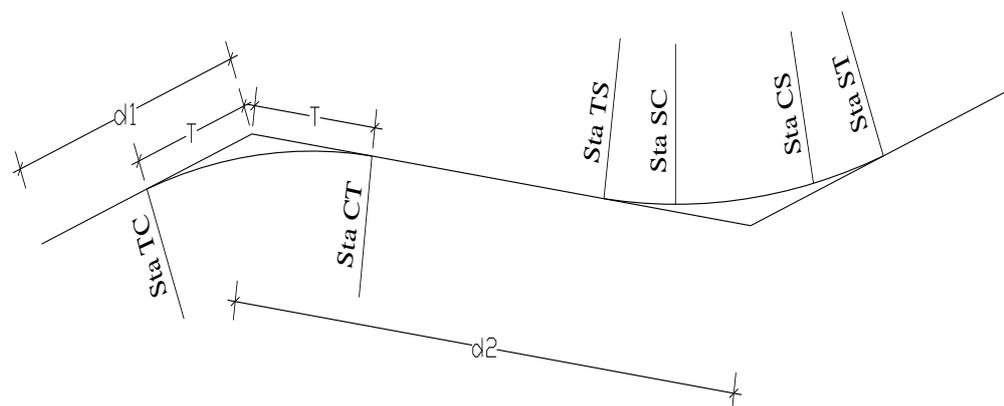
- Setiap 100 m, untuk daerah datar
- Setiap 50 m, untuk daerah bukit
- Setiap 25 m, untuk daerah gunung

Nomor jalan (Sta jalan) ini sama fungsinya dengan patok-patok km disepanjang jalan, namun juga terdapat perbedaannya antara lain :

a. Patok km merupakan petunjuk jarak yang diukur dari patok km 0, yang umumnya terletak di ibukota provinsi atau kotamadya, sedangkan patok Sta merupakan petunjuk jarak yang diukur dari awal sampai akhir pekerjaan.

- b. Patok km berupa patok permanen yang dipasang dengan ukuran standar yang berlaku, sedangkan patok Sta merupakan patok sementara selama masa pelaksanaan proyek jalan tersebut (Sukirman, 1999).

Sistem penomoran jalan pada tikungan dapat dilihat pada gambar 2.14.



Gambar 2.14 Sistem Penomoran Jalan

2.3.10 Alinyemen vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal yang melalui sumbu jalan atau proyeksi tegak lurus bidang gambar. Profil ini menggambarkan tinggi rendahnya jalan terhadap keadaan muka tanah asli, sehingga memberikan gambaran terhadap kemampuan kendaraan dalam keadaan naik dan bermuatan penuh (untuk itu truk digunakan sebagai kendaraan standar).

Alinyemen vertikal sangat erat hubungannya dengan biaya konstruksi jalan, biaya penggunaan kendaraan dan jumlah lalu lintas. Jika pada alinyemen horizontal (bagian tikungan), maka pada alinyemen vertikal yang merupakan bagian kritis justru pada bagian yang lurus. Kemampuan pendakian dari kendaraan truk dipengaruhi oleh panjang pendakian (panjang kritis landai) dan juga besarnya landai (Sukirman, 1999).

Dalam perencanaan alinyemen vertikal harus dipertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

- Kondisi tanah dasar.
- Keadaan medan.
- Fungsi jalan.

- Muka air banjir.
- Muka air tanah.
- Kelandaian yang masih memungkinkan.

a. Landai maksimum dan panjang 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 :

- 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.
- 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.
- 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 : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota,1997)

Panjang kritis landai adalah panjang yang masih dapat diterima tanpa mengakibatkan gangguan lalu lintas (panjang ini mengakibatkan pengurangan kecepatan maksimum sebesar 25 km/jam). Panjang kritis untuk kelandaian maksimum dapat dilihat pada tabel 2.12.

Tabel 2.12 Panjang Kritis

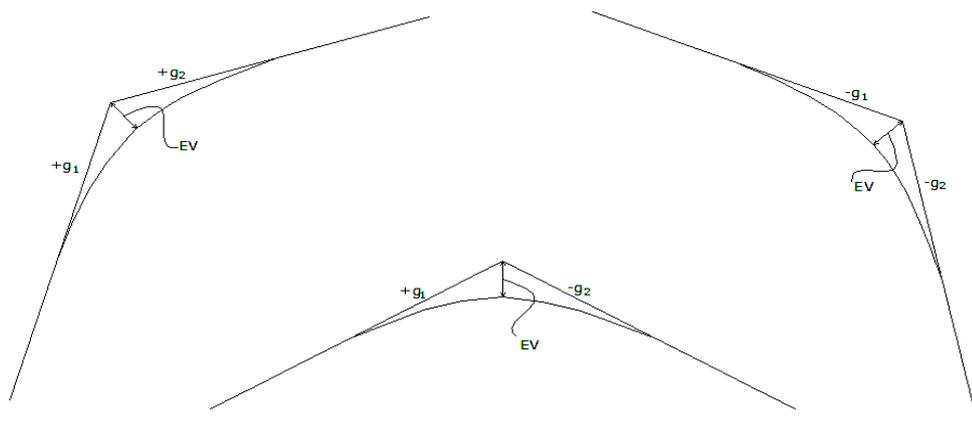
landai Max (%)	3	4	5	6	7	8	10	12
Panjang Kritis (m)	480	330	250	200	170	150	135	120

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

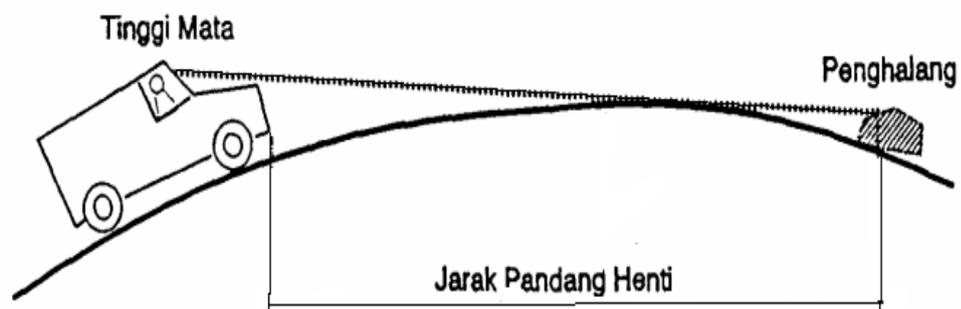
b. Lengkung Vertikal

Pada setiap penggantian landai harus dibuat lengkungan vertikal yang harus memenuhi keamanan, kenyamanan, dan drainase yang baik. Adapun lengkung vertikal yang digunakan adalah lengkung parabola sederhana (Sukirman,1999).

- Lengkung vertikal cembung

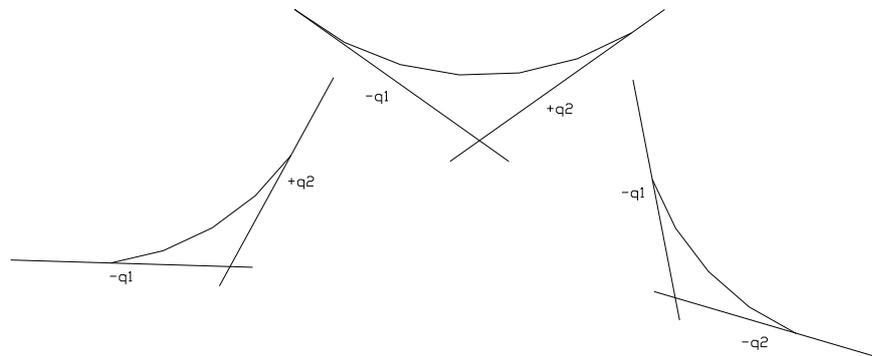


Gambar 2.15 lengkung vertikal cembung dilihat dari titik perpotongan tangen
(Sumber: Sukirman, 1999)

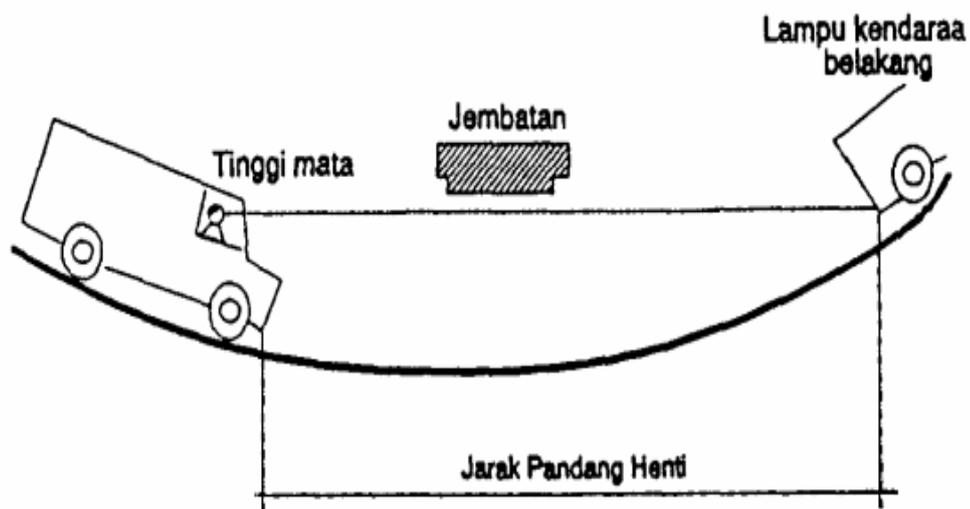


Gambar 2.16 Contoh Lengkung vertikal cembung di lapangan
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

- Lengkung vertikal cekung



Gambar 2.17 lengkung vertikal cembung dilihat dari titik perpotongan tangen
(Sumber : Sukirman, 1999)



Gambar 2.18 Contoh Lengkung vertikal cembung di lapangan
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

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.

2.4 Bagian – Bagian Jalan

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

a. Daerah manfaat jalan (Damaja)

Daerah manfaat jalan (Damaja) yaitu daerah yang meliputi seluruh badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengamanannya. Badan jalan meliputi jalur lalu lintas dengan tanpa jalur pemisah dan bahu jalan.

Daerah manfaat jalan (Damaja) dibatasi antara lain oleh :

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

b. Daerah milik jalan (Damija)

Daerah milik jalan (Damija) adalah ruang yang dibatasi oleh lebar yang sama dengan Damaja ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1,5 meter. Biasanya pada jarak tiap 1 km dipasang patok Damija berwarna kuning.

Sejalur tanah tertentu diluar daerah manfaat jalan tetapi didalam daerah milik jalan dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan keluasan keamanan penggunaan jalan antara lain untuk keperluan pelebaran daerah manfaat jalan dikemudian hari.

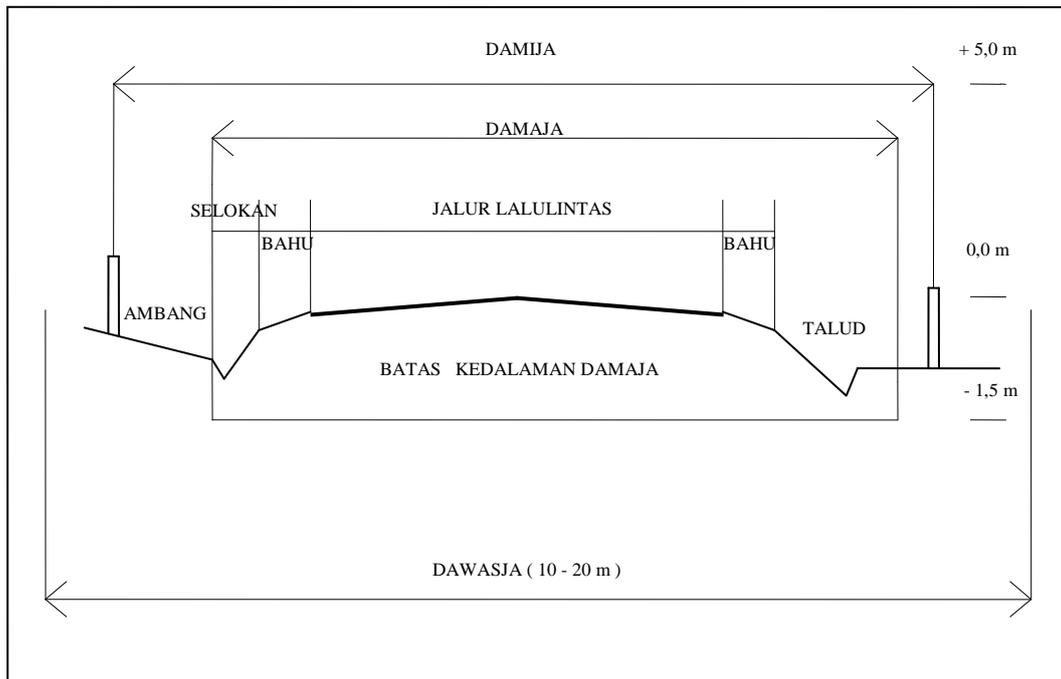
c. Daerah pengawasan jalan (Dawasja)

Daerah pengawasan jalan (Dawasja) adalah ruang sepanjang jalan diluar Damaja yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu.

Adapun ketentuan untuk Dawasja adalah sebagai berikut :

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

Untuk keselamatan pengguna jalan Dawasja di daerah tikungan ditentukan oleh jarak pandang bebas. Gambar bagian-bagian jalan seperti yang dijelaskan diatas dapat dilihat pada gambar 2.19.



Gambar 2.19 Damaja, Damija, dan Dawasja

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

Penampang melintang jalan merupakan bagian-bagian jalan yang terdiri dari :

a. Jalur lalu lintas

Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan. Lebar jalur lalu lintas sangat ditentukan oleh jumlah dan lebar lajur peruntukannya, lebar jalur minimum adalah 4,5 meter, dengan lebar tersebut akan memungkinkan dua kendaraan kecil dapat saling berpapasan. Papasan dua kendaraan besar yang terjadi sewaktu-waktu dapat menggunakan bahu jalan.

Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa tipe yaitu :

- 1) 1 jalur - 2 lajur - 2 arah (2/2 TB)
- 2) 1 jalur - 2 lajur - 1 arah (2/1 TB)
- 3) 2 jalur - 4 lajur - 2 arah (4/2 B)
- 4) 2 jalur - n lajur - 2 arah (n/2 B)

Pada jalur lalu lintas terdiri dari beberapa lajur yang terletak memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan dan memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana. Untuk kelancaran drainase permukaan, lajur lalu lintas pada alinyemen lurus memerlukan kemiringan melintang normal sebagai berikut :

- 2 – 3% untuk perkerasan aspal dan perkerasan beton
- 4 – 5% untuk perkerasan kerikil

Lebar lajur tergantung pada kecepatan dari kendaraan rencana, yang dalam hal ini dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan seperti dalam tabel 2.13.

Tabel 2.13 Lebar Lajur Jalan Ideal

Fungsi	Kelas	Lebar Lajur Ideal (m)
Arteri	I	3,75
	II, III A	3,50
Kolektor	IIIA, III B	3,00
Lokal	III C	3,00

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

b. Median

Median adalah bagian bangunan jalan yang secara fisik memisahkan dua jalur lalu lintas yang berlawanan arah. Secara fisiknya median dapat dibedakan atas median yang direndahkan dan median yang ditinggikan. Lebar minimum median terdiri atas jalur tepian selebar 0.25 – 0.50 meter.

Adapun fungsi dari median tersebut antara lain :

- Memisahkan dua aliran lalu lintas yang berlawanan arah
- Ruang lapak tunggu penyeberang jalan
- Penempatan fasilitas jalan
- Tempat prasarana kerja sementara
- Penghijauan
- Mengurangi silau dari sinar lampu kendaraan dari arah yang berlawanan

c. Bahu jalan

Bahu jalan adalah bagian daerah manfaat jalan yang terletak ditepi jalur lalu lintas dan harus diperkeras yang berdampingan dengan jalur lalu lintas untuk menampung kendaraan yang berhenti, keperluan darurat, dan untuk pendukung samping bagi lapis pondasi bawah, lapis pondasi, dan lapis permukaan dengan kemiringan normal antara 3 – 5%.

d. Jalur pejalan kaki

Jalur pejalan kaki merupakan fasilitas yang berfungsi memisahkan pejalan kaki dari jalur lalu lintas kendaraan guna menjamin keselamatan pejalan kaki dan kelancaran lalu lintas.

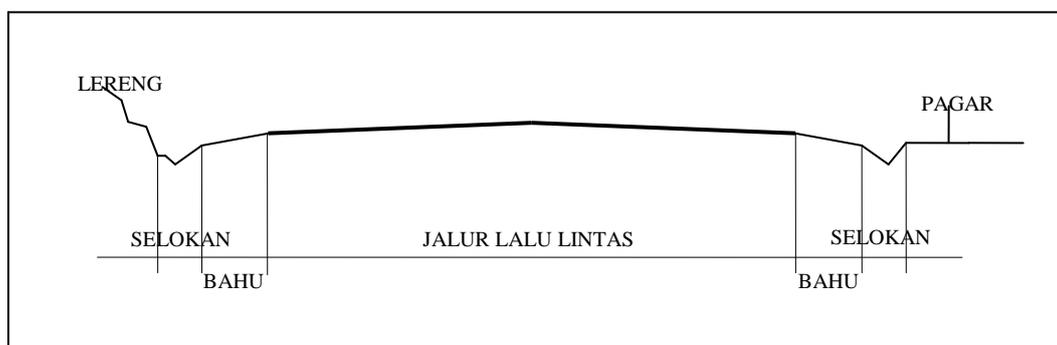
e. Selokan

Selokan dibuat untuk mengendalikan air (limpasan) permukaan akibat air hujan dan bertujuan untuk memelihara agar jalan tidak tergenang air hujan dalam waktu yang cukup lama (yang akan mengakibatkan kerusakan konstruksi jalan).

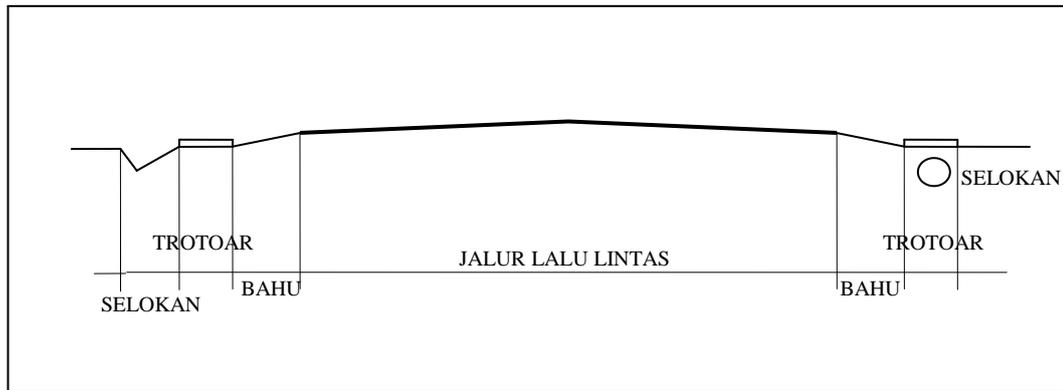
f. Lereng

Lereng merupakan bagian dari kondisi alam yang tidak terkena pengaruh dari perencanaan suatu ruas jalan. Lereng alam ini biasanya berupa bukit yang harus diperkuat untuk melindungi lereng timbunan atau galian dan menahan gerusan air.

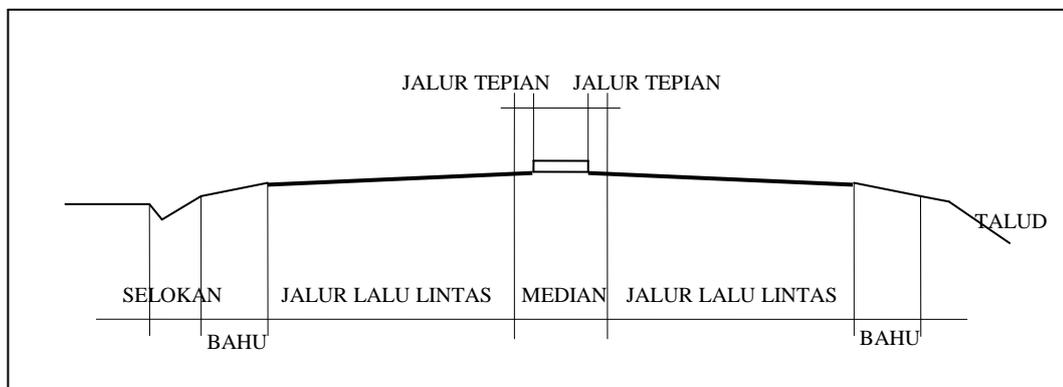
Gambar penampang melintang jalan dengan tipikal-tipikal diatas dapat dilihat pada gambar 2.20, 2.21, dan 2.22.



Gambar 2.20 Tipikal Penampang Melintang Jalan
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)



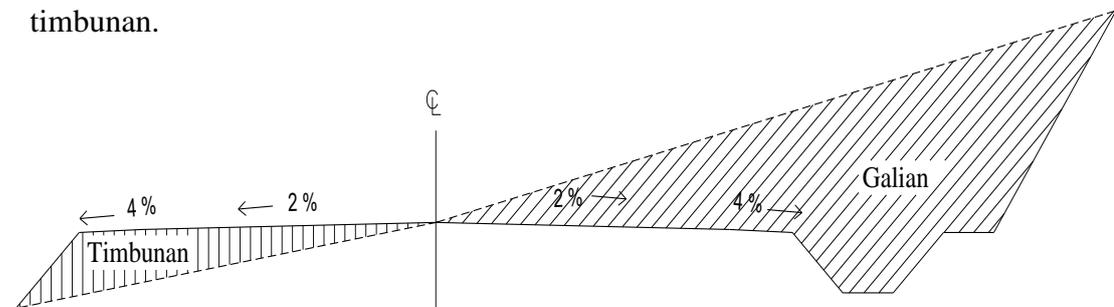
Gambar 2.21 Tipikal Penampang Melintang Jalan yang dilengkapi Trotoar
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)



Gambar 2.22 Tipikal Penampang Melintang Jalan yang dilengkapi Median
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Ditjen Bina Marga, 1997)

2.5 Perencanaan Galian dan Timbunan

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



Gambar 2.23 Galian dan Timbunan

Langkah-langkah dalam perhitungan galian dan timbunan, antara lain :

- a. Penentuan *stationing* (jarak patok) sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase jalan). Ketentuan umum untuk pemasangan patok-patok tersebut adalah sebagai berikut :
 - Untuk daerah datar dan lurus, jarak antara patok 100 m.
 - Untuk daerah bukit, jarak antara patok 50 m.
 - Untuk daerah gunung, jarak antara patok 25 m.
- b. Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan beda tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.
- c. Gambar potongan melintang (*cross section*) pada titik *stationing*, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan.
- d. Hitung volume galian dan timbunan dengan mengalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.

Adapun rumus perhitungan galian dan timbunan dapat dilihat pada tabel 2.14.

Tabel 2.14 Perhitungan Galian dan Timbunan

Sta	Luas (m ²)		Jarak (m)	Volume (m ³)	
	Galian	Timbunan		Galian	Timbunan
0+000	A ₁	A ₂	L	$\frac{A+B}{2} \times L = C$	$\frac{A+B}{2} \times L = C$
0+100	B ₁	B ₂			
JUMLAH				$\sum C, \dots, N$	$\sum C, \dots, N$

(Sumber : Hendra Suryadharna, 1999)

2.6 Perencanaan Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberi pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanan diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Lapisan perkerasan jalan adalah suatu struktur konstruksi yang terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas yang berada diatasnya menyebar kelapisan dibawahnya.

Beban lalu lintas yang bekerja di atas konstruksi perkerasan meliputi :

1. Beban/gaya vertikal (berat kendaraan dan berat muatannya).
2. Beban/gaya horisontal (gaya rem kendaraan).
3. Getaran-getaran roda kendaraan.

2.6.1 Jenis konstruksi perkerasan

Berdasarkan bahan pengikat yang digunakan untuk membentuk lapisan atas, perkerasan jalan dibedakan menjadi 3 yaitu (Sukirman, 2010):

1. Perkerasan lentur (*flexible pavement*)

Yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya.

2. Perkerasan kaku (*rigid pavement*)

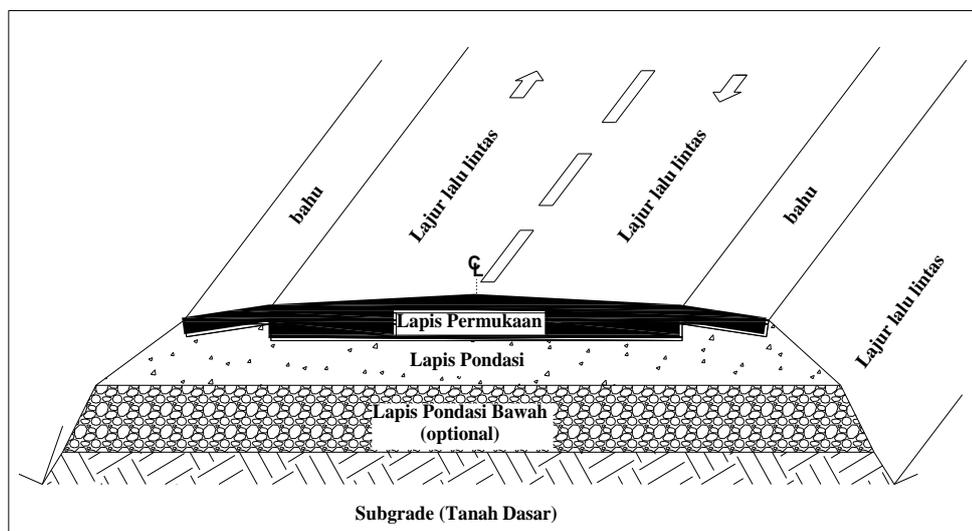
Yaitu perkerasan yang menggunakan semen *portland*

3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dapat perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

2.6.2 Perkerasan lentur

Konstruksi perkerasan lentur yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalulintas ke tanah. Adapun susunan lapisan-lapisan tersebut dapat dilihat pada gambar 2.24.



Gambar 2.24 Struktur perkerasan lentur
(Sumber : Sukirman, 2010)

Konstruksi perkerasan lentur dipandang dari keamanan dan kenyamanan berlalu lintas haruslah memenuhi syarat, seperti permukaan yang rata, tidak bergelombang, tidak melendut dan tidak berlubang dan permukaan yang cukup kaku sehingga tidak berubah bentuk akibat beban yang bekerja di atasnya.

Struktur perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapisan-lapisan yang makin kebawah memiliki daya dukung yang semakin kecil. Lapisan-lapisan tersebut adalah (Sukirman, 2010) :

1. Lapis permukaan (*surface course*)

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

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

Lapis permukaan perkerasan lentur menggunakan bahan pengikat aspal 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 atas cepat menjadi aus dan rusak, sehingga disebut lapis aus.

Dengan demikian lapisan permukaan dapat dibedakan menjadi :

- a. Lapis aus (*wearing course*), merupakan lapis permukaan yang kontak dengan roda kendaraan dan perubahan cuaca.
- b. Lapis permukaan antara (*binder course*), merupakan lapis permukaan yang terletak dibawah lapis aus dan di atas lapis pondasi.

Berbagai jenis lapis permukaan yang umum digunakan di Indonesia adalah:

- Laburan aspal
- Lapis tipis aspal pasir (Latasir)
- Lapis tipis beton aspal (Lataston)
- Lapis beton aspal (Laston)
- Lapis penetrasi macadam (Lapen)
- Lapis asbuton agregat (Lasbutag)

2. Lapis pondasi atas (*base course*)

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

Lapis pondasi atas berfungsi sebagai :

- Bagian struktur perkerasan yang menahan gaya vertikal dari beban kendaraan dan disebarkan ke lapis dibawahnya.
- 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.

Lapis pondasi dapat dipilih lapis berbutir tanpa pengikat atau lapis dengan aspal sebagai pengikat.

Berbagai jenis lapis pondasi yang umum digunakan di Indonesia adalah:

- Laston lapis pondasi (*asphalt concrete base = AC-Base*)
- Lasbutag lapis pondasi
- Lapis penetrasi macadam (lapen)
- Lapis pondasi agregat
- Lapis pondasi tanah semen
- Lapis pondasi agregat semen (LFAS)

3. Lapis pondasi bawah (*Subbase course*)

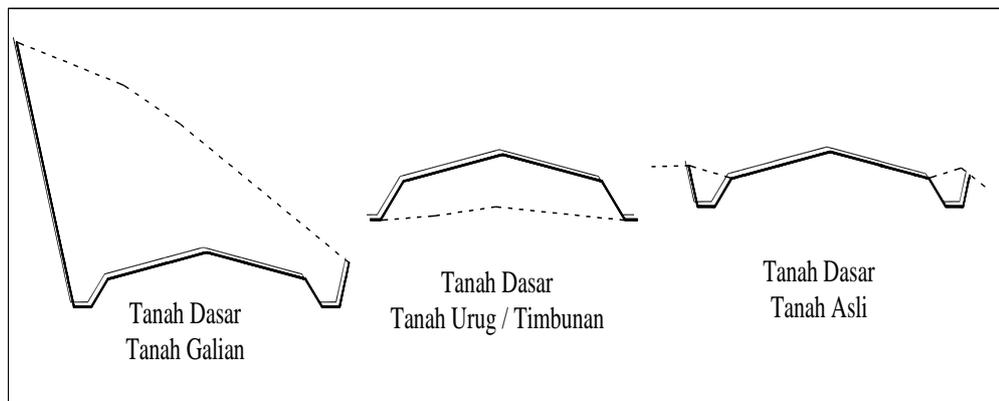
Lapis perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi dan tanah dasar dinamakan lapis pondasi bawah (*subbase*).

Lapis pondasi bawah berfungsi sebagai :

- Bagian dari struktur perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban kendaraan ke lapis tanah dasar.
- Efisiensi penggunaan material yang relatif murah, agar lapis di atasnya dapat dikurangi tebalnya.
- Lapis peresap, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
- Lapis pertama, agar pelaksanaan pekerjaan dapat berjalan lancar, sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca. Atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda alat berat.
- Lapis *filter* untuk mencegah partikel - partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi.

4. Lapis tanah dasar (*subgrade course*)

Tanah dasar atau tanah asli adalah permukaan tanah semula sebelum dilakukan pelaksanaan galian dan timbunan yang merupakan perletakan bagian - bagian perkerasan lainnya. Adapun jenis - jenis lapis tanah dasar dapat dilihat pada gambar 2.25.



Gambar 2.25 Jenis lapis tanah dasar dilihat dari elevasi muka tanah asli
(Sumber : Sukirman, 2010)

Berdasarkan elevasi muka tanah dimana struktur perkerasan jalan diletakan, lapis tanah dasar dibedakan menjadi :

- Lapis tanah dasar tanah asli adalah tanah dasar yang merupakan muka tanah asli di lokasi jalan tersebut. Pada umumnya lapis tanah dasar ini disiapkan hanya dengan membersihkan, dan memadatkan lapis atas setebal 30 – 50 cm dari muka tanah dimana struktur perkerasan direncanakan akan diletakan.
- Lapis tanah dasar tanah urug atau tanah timbunan adalah lapis tanah dasar yang lokasinya terletak di atas muka tanah asli.
- Lapis tanah dasar tanah galian adalah lapis tanah dasar yang lokasinya terletak di bawah muka tanah asli.

Keuntungan menggunakan perkerasan lentur yaitu (Sukirman, 2010) :

1. Dapat digunakan pada daerah dengan penurunan (*differential statement*) terbatas.
2. Mudah diperbaiki
3. Tambahan lapisan perkerasan dapat dilakukan kapan saja.
4. Memiliki tahanan geser yang baik.
5. Warna perkerasan memberikan kesan tidak silau bagi pemakai jalan.
6. Dapat dilaksanakan bertahap, terutama pada kondisi biaya pembangunan terbatas atau kurangnya data untuk perencanaan.

Selain keuntungan, terdapat juga kerugian dalam menggunakan perkerasan lentur yaitu (Sukirman, 2010) :

1. Tebal total struktur perkerasan lebih tebal daripada perkerasan kaku.
2. Kelenturan dan sifat kohesi berkurang selama masa pelayanan.
3. Frekuensi pemeliharaan lebih sering daripada menggunakan perkerasan kaku.
4. Tidak baik digunakan jika sering tergenang air.
5. Membutuhkan agregat lebih banyak.

2.6.3 Kriteria konstruksi perkerasan jalan

Konstruksi perkerasan jalan harus dapat memberikan rasa aman, nyaman kepada pengguna jalan, oleh karena itu harus dipenuhi syarat sebagai berikut (Sukirman, 1995):

1. Syarat untuk lalu lintas
 - a. Permukaan harus rata, tidak bergelombang, tidak melendut dan tidak berlubang.
 - b. Permukaan cukup kaku, tidak mudah mengalami deformasi akibat beban yang bekerja.
 - c. Permukaan cukup memiliki kekesatan sehingga mampu memberikan tahanan gesek yang baik antara ban kendaraan dan permukaan jalan.
 - d. Permukaan jalan tidak mengkilap (tidak menyilaukan jika terkena sinar matahari).
2. Syarat kekuatan struktural
 - a. Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
 - b. Kedap terhadap air sehingga air tidak mudah meresap ke lapisan dibawahnya.
 - c. Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang ada dipermukaan jalan dapat cepat dialirkan.
 - d. Kekakuan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi permanen.

2.7 Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Pt T-01-2002-B

Metode Pt T-01-2002-B mengacu kepada metode AASHTO 1993. Bagan alir perencanaan tebal perkerasan sama dengan bagan alir perencanaan tebal perkerasan dengan metode AASHTO 1993. Hampir keseluruhan tabel yang digunakan pada metode Pt T-01-2002-B merupakan adopsi identik dengan metode AASHTO 1993. Metode AASHTO 1993 sendiri adalah salah satu metoda perencanaan untuk tebal perkerasan jalan yang sering digunakan di Indonesia

Metode ini dikembangkan pertama kali oleh *American Association of State Highway Officials* (AASHO). AASHO berdiri November 1914 dan karena perkembangan yang terjadi dalam dunia transportasi, maka pada tahun 1973 AASHO berubah menjadi *American Association of State Highway Officials* (AASHTO).

Metode ini sudah dipakai secara umum di seluruh dunia untuk perencanaan serta di adopsi sebagai standar perencanaan di berbagai negara. Metode AASHTO 1993 ini pada dasarnya adalah metoda perencanaan yang didasarkan pada metoda empiris.

Akan tetapi meskipun metode Pt T-01-2002-B identik dengan metode AASHTO 1993 terdapat perbedaan yang dapat kita lihat pada tabel 2.15.

Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan pada metode Pt T-01-2002-B adalah (Sukirman, 2010) :

1. Penggunaan satuan yang tak lazim digunakan di Indonesia yaitu satuan imperial. Tebal lapis perkerasan dinyatakan dalam satuan inci.
2. Jenis lapis permukaan yang dipilih dapat bukan beton aspal, sehingga IP_o memiliki variasi nilai. Rumus empiris yang dihasilkan oleh AASHTO 1993 hanya untuk lapis beton aspal.
3. Kinerja perkerasan jalan di akhir umur rencana (IP_t) sesuai dengan AASHTO 1993 hanya terdiri dari 3 nilai 2; 2,5; dan 3. Sedangkan IP_t pada metode Pt T-01-2002-B ada yang kurang dari 2. Tabel angka ekivalen yang disediakan tidak ada untuk nilai IP_t kurang dari 2.

4. Daya dukung tanah dasar dinyatakan dengan M_R sebagai hasil dari pengujian sesuai AASHTO T274. Nilai M_R diperoleh dengan memperhatikan kondisi muka air tanah dan untuk perencanaan digunakan M_R efektif.
5. Untuk nilai CBR kurang dari 10 %, kedua metode memberikan korelasi M_R dengan nilai CBR.
6. Koefisien kekuatan relative ditentukan berdasarkan nilai modulus dari setiap jenis lapis perkerasan.

Tabel 2.15 Perbedaan metode AASHTO 1993 dengan metode Pt T-01-2002-B

Keterangan	AASHTO 1993	Pt T-01-2002-B
Indeks Permukaan Awal	$p_o = 4,2$	IP_o bervariasi antara $\leq 2,4$ sampai dengan ≥ 4 , sesuai dengan jenis lapis permukaan yang dipilih
Indeks Permukaan Akhir	$p_o = 2, 2,5; \text{ atau } 3,0$	IP_o bervariasi antara $\leq 1,0; 1,5; 2,0; \text{ atau } 2,5$, berdasarkan fungsi jalan
	Disediakan dalam bentuk tabel	Disediakan dalam bentuk tabel, tetapi tidak ada untuk $IP_t = 1,5$ dan $1,0$
Angka Ekuivalen	E Sumbu tunggal tidak dibedakan antara sumbu tunggal roda tunggal dengan sumbu tunggal roda ganda	E Sumbu tunggal roda tunggal dihitung dengan rumus khusus.
Angka Struktural	SN dalam inci	SN dalam inci

(Sumber : Sukirman, 2010)

2.7.1 Parameter - parameter metode Pt T-01-2002-B

Adapun parameter-parameter yang ada dalam merencanakan tebal suatu perkerasan menggunakan metode Pt T-01-2002-B adalah sebagai berikut :

a. Repetisi beban lalu lintas

Dalam metode Pt T-01-2002- B ini beban lalu lintas yang dipakai mengacu pada metode AASHTO 1993 yaitu dinyatakan dalam repetisi lintasan sumbu standar selama umur rencana (W_{18}).

$$W_{18} = \Sigma LHR_i \times E_i \times D_A \times D_L \times 365 \times N \dots\dots\dots (2.36)$$

$$W_{18} = 365 \times D_L \times \hat{W}_{18} \dots\dots\dots (2.37)$$

$$\hat{W}_{18} = \sum_i^n BS_i LEF_i \dots\dots\dots (2.38)$$

Keterangan :

- W_{18} = Repetisi beban lalu lintas selama umur rencana (iss/umur rencana/lajur rencana)
- LHR = Lalu lintas Harian Rata-rata (kendaraan/hari/2 arah)
- \hat{W}_{18} = akumulasi beban sumbu standar kumulatif per hari
- LEF = angka ekivalen jenis kendaraan i
- D_A = Faktor distribusi arah, digunakan untuk menunjukkan distribusi ke masing-masing arah.
- D_L = faktor distribusi lajur, digunakan untuk menunjukkan distribusi kendaraan ke lajur rencana.
- 365 = jumlah hari dalam satu tahun
- N = faktor umur rencana

b. Umur rencana

Umur rencana dinyatakan sebagai faktor umur rencana yaitu angka yang dipergunakan untuk menghitung repetisi lalu lintas selama umur rencana dari awal umur rencana.

$$N = \frac{[(1+g)^{UR}-1]}{g} \dots\dots\dots (2.39)$$

Dimana :

UR = umur rencana (tahun)

g = pertumbuhan lalu lintas pertahun (%/tahun)

c. Koefisien distribusi kendaraan per lajur rencana (D_L)

Faktor distribusi lajur ditentukan jumlah lajur dan lajur rencana. Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan, yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, jumlah lajur ditentukan dari lebar perkerasan sesuai tabel 2.16.

Tabel 2.16 Faktor distribusi lajur (D_D)

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

(Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum, 2012)

Dan faktor distribusi lajur dapat ditentukan dari tabel 2.17.

Tabel 2.17 Faktor distribusi lajur (D_L)

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

(Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum, 2012)

d. Faktor distribusi arah (D_A)

Digunakan untuk menunjukkan distribusi ke masing - masing arah. Jika data lalu lintas yang digunakan adalah data satu arah, maka $D_A = 1$. Jika volume lalu lintas yang tersedia dalam dua arah, D_A berkisar antara 0,3 - 0,7. Untuk perencanaan umumnya D_A diambil sama dengan 0,5.

e. Beban sumbu dan konfigurasi beban sumbu

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

$$W_t = W_{18} = w_{18} \times \frac{[(1+g)^{UR}-1]}{g} \dots\dots\dots (2.40)$$

Dimana :

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

f. Faktor ekuivalen beban sumbu kendaraan (LEF)

Faktor ekuivalen beban sumbu kendaraan (*Load Equivalency Factor*, LEF) setiap kelas kendaraan adalah sesuai dengan beban sumbu setiap kelas kendaraan, yaitu konfigurasi sumbu tunggal, sumbu ganda (tandem), dan sumbu tiga (*triple*).

$$LEF = 1 / \left(\frac{W_{t18}}{W_{tx}} \right) \dots\dots\dots (2.41)$$

$$\frac{W_x}{W_{18}} = \left[\frac{L_{18}+L_{2s}}{L_x+L_{2x}} \right]^{4,79} \left[\frac{10^{G/\beta_{1,3}}}{10^{G/\beta_x}} \right] [L_{2x}]^{4,33} \dots\dots\dots (2.42)$$

$$\beta_x = 0,40 + \frac{0,081(L_x+L_{2x})^{3,23}}{(SN+1)^{5,19} L_{2x}^{3,23}} \dots\dots\dots (2.43)$$

$$G = \frac{IP_o - IP_t}{4,2 - IP_f} \dots\dots\dots (2.44)$$

Dimana :

- w_x = angka beban sumbu x pada akhir waktu t
- w_{18} = angka 18-kip (80k kN) beban sumbu tunggal untuk waktu t
- L_x = beban dalam kip pada satu sumbu tunggal atau pada sumbu ganda (tandem), atau satu sumbu tridem

- L_{2x} = kode beban (1 untuk poros tunggal, 2 untuk poros tandem dan 3 untuk as roda tridem)
 IP_f = indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)
 β_x = faktor desain dan variasi beban sumbu
 G = faktor perbandingan kehilangan tingkat pelayanan

Faktor angka ekuivalen untuk konfigurasi sumbu lainnya ditentukan dengan menggunakan tabel angka ekuivalen yang dikeluarkan AASHTO 1993.

g. *Structural Number* (SN)

SN adalah angka yang menunjukkan jumlah tebal lapis perkerasan yang telah disetarakan kemampuannya sebagai bagian kinerja jalan.

SN digunakan untuk menentukan tebal lapis perkerasan jalan dapat ditentukan dengan nomogram yang dikeluarkan AASHTO 1993 atau dapat dicari dengan rumus :

$$\text{Log} (W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9,36 \times \log (SN+1) - 0,20 + \frac{\text{Log} \left[\frac{\Delta \text{PSI}}{4,2-1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \times \log (M_R) - 8,07 \dots \dots \dots (2.45)$$

Keterangan :

- W_{18} = repetisi beban lalu lintas selama umur rencana (iss/umur rencana/lajur rencana)
 Z_R = simpangan baku normal
 S_0 = deviasi standar keseluruhan, bernilai antara 0,4 – 0,5
 SN = *Structural Number*, angka struktural relatif perkerasan (inci)
 ΔPSI = perbedaan *serviceability index* di awal dan akhir umur rencana
 M_R = modulus resilient tanah dasar (psi)
 365 = jumlah hari dalam satu tahun
 N = faktor umur rencana

SN asumsi digunakan untuk menentukan angka ekuivalen (E), dan jika SN yang telah dicari dengan rumus 2.40 atau dengan nomogram tidak sama

dengan SN yang dicari dengan rumus 2.41, maka penentuan angka ekuivalen harus diulang kembali dengan menggunakan nilai SN baru.

$$SN = a_1D_1 + a_2m_2D_2 + a_3m_3D_3 \dots\dots\dots (2.46)$$

Keterangan :

- SN = *Structural Number*, angka struktural relatif perkerasan (inci)
 a_1 = koefisien kekuatan relatif lapis permukaan
 a_2 = koefisien kekuatan relatif lapis pondasi
 a_3 = koefisien kekuatan relatif lapis pondasi bawah
 D_1 = tebal lapis permukaan (inci)
 D_2 = tebal lapis pondasi (inci)
 D_3 = tebal lapis pondasi bawah (inci)
 $M_{2,3}$ = koefisien drainase untuk lapis pondasi dan pondasi bawah

h. Indeks Permukaan (*Serviceability Index*)

Indeks Permukaan digunakan untuk menyatakan kinerja struktur perkerasan jalan dalam menerima beban untuk melayani arus lalu selama umur rencana dan kondisi kinerja diakhir umur rencana.

Dalam menentukan indeks permukaan (IP) pada awal umur rencana (IP_o) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan perkerasan pada awal umu rencana sesuai dengan tabel 2.18.

Tabel 2.18 Indeks Permukaan (IP_o)

Jenis Lapis Permukaan	IP_o	Roughness (IRI, m/km)
Laston	≥ 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 : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002)

Dan dalam menentukan indeks permukaan (IP) pada akhir umur rencana (IP_t) perlu diperhatikan kinerja struktur perkerasan di akhir umur rencana. Nilai IP_t dilihat pada tabel 2.19.

Tabel 2.19 Indeks Permukaan (IP_t)

Klasifikasi Jalan			
Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
1,0 – 1,5	1,5	1,50 – 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 : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002)

i. Reliabilitas (R)

Reliabilitas adalah tingkat kepastian atau probabilitas bahwa struktur perkerasan mampu melayani arus lalu lintas selama umur rencana sesuai dengan proses penurunan kinerja struktur perkerasan yang dinyatakan dengan *serviceability* yang direncanakan. Kemungkinan (*probability*) bahwa jenis kerusakan tertentu atau kombinasi jenis kerusakan pada struktur perkerasan akan tetap lebih rendah atau dalam rentang yang diizinkan selama umur rencana. Lengkung distribusi normal menggambarkan hubungan antara frekuensi dicapainya p_t pada repetisi beban lalu lintas tertentu. Reliabilitas digunakan untuk mengalikan repetisi beban lalu lintas yang diperkirakan selama umur rencana dengan faktor reliabilitas (F_R) ≤ 1 . Efek adanya faktor reliabilitas dalam perencanaan adalah meningkatkan ESAL yang digunakan untuk merencanakan tebal perkerasan jalan.

$$F_R = 10^{-Z_R(S_0)} \dots\dots\dots (2.47)$$

Keterangan :

F_R = faktor reliabilitas

S_0 = deviasi standar keseluruhan dari distribusi normal sehubungan dengan kesalahan yang terjadi pada perkiraan lalu lintas dan

kinerja perkerasan, bernilai antara 0,35 – 0,45

Z_R = Z-statistik (sehubungan dengan lengkung normal)

Untuk menentukan nilai reliabilitas (R) dapat kita ambil dari tabel 2.20.

Tabel 2.20 Nilai reliabilitas (R) sesuai fungsi jalan

Fungsi Jalan	Rekomendasi	
	Urban	Rural
Bebas Hambatan	85-99,9	80-99,9
Arteri	80-99	75-95
Kolektor	80-95	75-95
Lokal	50-80	50-80

(Sumber : Sukirman, 2010)

Hubungan nilai reliabilitas (R), S_0 , dan F_R dapat dilihat dari tabel 2.21. dari tabel ini nilai F_R dapat langsung diketahui.

Tabel 2.21 Nilai reliabilitas, Z_R , dan S_0

Reliabilitas (%)	Standard Normal Deviate (Z_R)
50	0.00
60	-0.25
70	-0.52
75	-0.67
80	-0.84
85	-1.04
90	-1.28
91	-1.34
92	-1.41
93	-1.48
94	-1.56
95	-1.65
96	-1.75
97	-1.88
98	-2.05
99	-2.33
99,9	-3.09
99,99	-3.75

(Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum, 2012)

j. Modulus *Resilient* (M_R)

Modulus *resilient* adalah perbandingan antara nilai *deviator stress*, yang menggambarkan repetisi beban roda dan *recobale strain*. Nilai M_R dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kadar air, derajat kejenuhan, kepadatan, temperatur, jumlah butir halus, dan gradasi. Setelah nilai CBR telah dihitung dengan menggunakan rumus 2.3 maka nilai M_R dapat dihitung.

$$M_R = 1500 \times \text{CBR} \dots\dots\dots (2.48)$$

Keterangan:

M_R = modulus *resilient* (psi)

CBR = nilai $\text{CBR}_{\text{segmen}}$ (%)

k. Koefisien drainase

Koefisien drainase adalah faktor yang digunakan untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif sebagai fungsi yang menyatakan seberapa baiknya struktur perkerasan dapat mengatas pengaruh negatif masuknya air ke dalam struktur perkerasan. Untuk perencanaan tebal perkerasan jalan kualitas drainase ditentukan berdasarkan kemampuan menghilangkan air dari struktur perkerasan.

Tabel 2.22 Kelompok 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 : Sukirman, 2010)

Pengaruh kualitas drainase dalam proses perencanaan tebal lapisan perkerasan dinyatakan dengan menggunakan koefisien drainase (m).

Tabel 2.23 Koefisien drainase

Kualitas drainase	Persen waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh			
	< 1%	1-5%	5-25%	>5%
Baik sekali	1,40 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1,20
Baik	1,40 - 1,36	1,25 - 1,15	1,15 - 1,00	1,00
Sedang	1,40 - 1,37	1,15 - 1,05	1,00 - 0,80	0,80
Jelek	1,40 - 1,38	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0,60
Jelek sekali	1,40 - 1,39	0,95 - 0,75	0,75 - 0,40	0,40

(Sumber : Sukirman, 2010)

1. Koefisien kekuatan relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif adalah angka penyetaraan berbagai jenis lapis perkerasan yang dipengaruhi oleh mutu dari jenis lapisan yang dipilih. Koefisien kekuatan relatif lapis permukaan ditentukan dengan menggunakan tabel 2.24 berdasarkan nilai modulus elastisitas, E_{AC} (psi) beton aspal.

Tabel 2.24 Koefisien kekuatan relatif bahan jalan (a)

Jenis Bahan	Kekuatan Bahan					Koefisien Kekuatan Relatif			
	Modulus Elastis		Stabilitas Marshall (kg)	Kuat tekan Bebas (kg/cm ²)	ITS (kPa)	CBR (%)	a ₁	a ₂	a ₃
	(MPa)	(x1000 psi)							
1. Lapis Permukaan									
Laston Modifikasi ¹									
- Lapis Aus Modifikasi	3200 ⁽⁵⁾	460	1000			0,414			
- Lapis Antara Modifikasi	3500 ⁽⁵⁾	508	1000			0,360			
Laston									
- Lapis Aus	3000 ⁽⁵⁾	435	800			0,400			
- Lapis Antara	3200 ⁽⁵⁾	464	800			0,344			
Lataston									
- Lapis Aus	2300 ⁽⁵⁾	340	800			0,350			
2. Lapis Fondasi									
Lapis Fondasi Laston Modifikasi	3700 ⁽⁵⁾	536	2250 ⁽²⁾				0,305		
Lapis Fondasi Laston	3300 ⁽⁵⁾	480	1800 ⁽²⁾				0,290		
Lapis Fondasi Lataston	2400 ⁽⁵⁾	350	800						
Lapis Fondasi LAPEN							0,190		
CMRFB (<i>Cold Mix Recycling Foam Bitumen</i>)					300		0,270		
Beton Padat Giling (BPG/RCC)	5900	850		70 ⁽³⁾			0,230		
CTB	5350	776		45			0,210		
CTRB (<i>Cement Treated Recycling Base</i>)	4450	645		35			0,170		
CTSB (<i>Cement Treated Subbase</i>)	4450	645		35			0,170		

Lanjutan 1...

CTRSB (<i>Cement Treated Recycling Subbase</i>)	4270	619		30				0,160	
Tanah Semen	4000	580		24 ⁽⁴⁾				0,145	
Tanah Kapur	3900	566		20 ⁽⁴⁾				0,135	
Agregat Kelas A	200	29				90			
3. Lapis Fondasi Bawah									
Agregat Kelas B	125	18				60			0,125
Agregat Kelas C	103	15				35			0,112
Konstruksi Telford									
- Pemadatan Mekanis						52			0,104
- Pemadatan Manual						32			0,074
Material Pilihan (<i>Selected material</i>)	84	12				10			0,080

(Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum, 2012)

m. Tebal minimum setiap lapisan

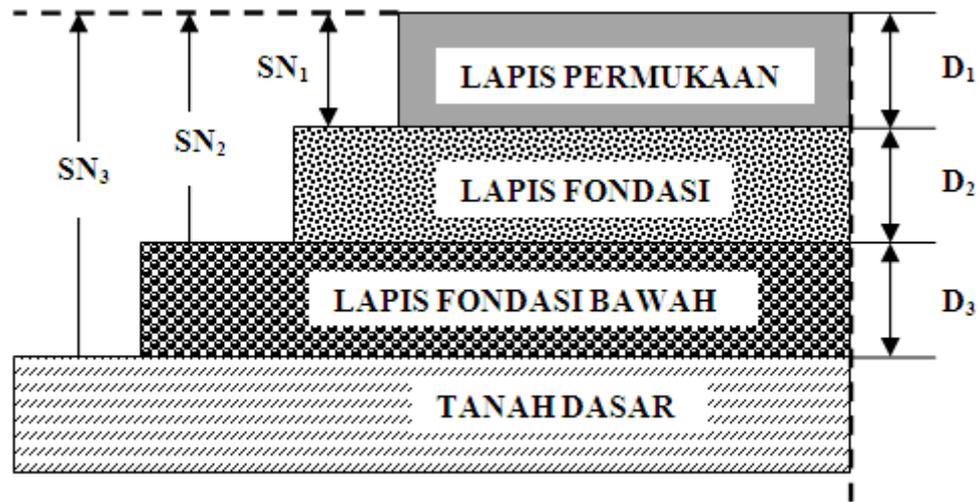
Pada saat menentukan tebal lapis perkerasan, perlu dipertimbangkan keefektifannya dari segi biaya, pelaksanaan konstruksi, dan batasan pemeliharaan untuk menghindari kemungkinan dihasilkannya perancangan yang tidak praktis. Pada tabel 2.25 disajikan tebal minimum untuk lapis permukaan, lapis fondasi dan lapis fondasi bawah.

Tabel 2.25 Tebal minimum lapisan perkerasan

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

(Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum, 2012)

Tebal minimum setiap lapis perkerasan ditentukan berdasarkan mutu daya dukung lapis dibawahnya seperti diilustrasikan oleh gambar 2.26.



Gambar 2.26 Penentuan tebal minimum setiap lapis perkerasan.
(Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum, 2012)

Untuk menentukan tebal minimal masing-masing perkerasan digunakan rumus 2.49 sampai dengan 2.47.

$$D_1^* \geq \frac{SN_1}{a_1} \dots\dots\dots (2.49)$$

$$SN_1^* = a_1 D_1^* \geq SN_1 \dots\dots\dots (2.50)$$

$$D_2^* \geq \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 m_2} \dots\dots\dots (2.51)$$

$$SN_2^* = a_2 m_2 D_2^* \dots\dots\dots (2.52)$$

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2 \dots\dots\dots (2.53)$$

$$D_3^* \geq \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 m_3} \dots\dots\dots (2.54)$$

2.7.2 Langkah-langkah perencanaan tebal perkerasan

Metode Pt T-01-2002-B adalah sebagai berikut (Kementerian Pekerjaan Umum, 2012):

- a. Tetapkan umur rencana perkerasan dan jumlah lajur lalu lintas yang akan dibangun.
- b. Tetapkan indeks pelayanan akhir (IPt) dan susunan struktur perkerasan rancangan yang diinginkan.
- c. Hitung CBR tanah dasar yang mewakili segmen, kemudian hitung modulus reaksi tanah dasar efektif (MR) dengan menggunakan Persamaan 1 atau 2.
- d. 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.
- e. 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 fondasi bawah dan di atas lapis fondasi atas, dengan menggunakan kekuatan lapis fondasi bawah dan lapis fondasi 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 fondasi bawah akan sama dengan nilai struktural perkerasan di atas tanah dasar dikurangi dengan nilai bagian perkerasan di atas lapis fondasi bawah. Dengan cara yang sama, maka nilai struktural lapisan yang lain dapat ditentukan.

2.8 Pengelolaan Proyek

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi yang tepat diperlukan adanya hubungan ketergantungan antar bagian-bagian pekerjaan dengan pekerjaan lainnya. Oleh karena itu dengan adanya pengelolaan proyek maka pekerjaan yang akan dikerjakan akan dapat sesuai dengan sasaran dan tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya. Pengelolaan proyek harus diatur secara baik agar pelaksanaan proyek berjalan sesuai dengan aturan, maka dari itu diperlukan pengaturan manajemen proyek dan perhitungan anggaran biaya proyek.

Manajemen proyek adalah penerapan ilmu pengetahuan, keahlian dan keterampilan, cara teknis yang terbaik dan dengan sumber daya yang terbatas, untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil yang optimal dalam hal kinerja biaya, mutu dan waktu, serta keselamatan kerja (Abrar Husen, 2008).

Tahapan dalam menghitung Rencana Anggaran Biaya, antara lain:

1. Daftar harga satuan bahan dan upah

Daftar 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 rancangan anggaran biaya pekerjaan dan upah yang dipakai kontraktor. Adapun harga satuan bahan dan upah adalah harga yang termasuk pajak-pajak.

2. Analisa satuan harga pekerjaan

Analisa satuan harga adalah perhitungan-perhitungan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Gunanya agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat di dalam analisa satuan harga ini nantinya akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

Adapun yang termasuk di dalam analisa satuan harga ini adalah :

- Analisa harga satuan pekerjaan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan-perhitungan biaya pada setiap pekerjaan yang ada pada suatu proyek. Dalam menghitung analisa satuan pekerjaan, sangatlah erat hubungannya dengan daftar harga satuan bahan dan upah.

- Analisa satuan alat berat

Perhitungan analisa satuan alat berat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu:

- a. Pendekatan *on the job*, yaitu pendekatan yang dimaksudkan untuk mendapatkan hasil perhitungan produksi berdasarkan data yang diperoleh dari data hasil lapangan dan data ini biasanya di dapat dari pengamatan/observasi lapangan.
- b. Pendekatan *off the job*, yaitu pendekatan yang dipakai untuk memperoleh hasil perhitungan berdasarkan standar yang biasanya ditetapkan oleh pabrik pembuat.

3. Perhitungan volume pekerjaan

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

4. Perhitungan rencana anggaran biaya

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda dimasing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

Dalam menyusun anggaran biaya dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu :

- Anggaran biaya kasar (taksiran)
Sebagai pedoman dalam menyusun anggaran biaya kasar digunakan harga satuan tiap meter persegi (m^2) luas lantai. Anggaran biaya kasar dipakai sebagai pedoman terhadap anggaran biaya yang dihitung secara teliti.
- Anggaran biaya teliti
Yang dimaksud dengan anggaran biaya teliti, ialah anggaran biaya bangunan atau proyek yang dihitung dengan teliti dan cermat, sesuai dengan ketentuan dan syarat-syarat penyusunan anggaran biaya. Pada anggaran biaya kasar sebagaimana diuraikan terdahulu, harga satuan dihitung berdasarkan harga taksiran setiap luas lantai m^2 . Taksiran tersebut haruslah berdasarkan harga wajar, dan tidak terlalu jauh berbeda dengan harga yang dihitung secara teliti. Sedangkan penyusunan anggaran biaya yang dihitung dengan teliti, didasarkan atau didukung oleh:
 - a) Bestek
Gunanya untuk menentukan spesifikasi bahan dan syarat-syarat.
 - b) Gambar bestek
Gunanya untuk menentukan/menghitung/ besarnya masing-masing volume pekerjaan.
 - c) Harga satuan pekerjaan
Didapat dari harga satuan bahan dan harga satuan upah berdasarkan perhitungan analisa BOW.

5. Perhitungan rekapitulasi biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikan dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya. Biasanya untuk pekerjaan yang dilaksanakan oleh Instansi Pemerintah dalam rekap tersebut sudah dimasukkan pajak serta keuntungan dari kontraktor.

2.8.1 Rencana kerja

Rencana kerja yaitu suatu pembagian waktu secara rinci yang disediakan untuk masing-masing bagian pekerjaan dari pekerjaan awal sampai pekerjaan akhir.

Manfaat dan kegunaan rencana kerja sebagai berikut :

1. Alat koordinasi bagi pemimpin
2. Pedoman kerja para pelaksana
3. Penilaian kemajuan pekerjaan
4. Evaluasi hasil pekerjaan

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi diperlukan suatu perencanaan yang tepat untuk menyelesaikan tiap-tiap pekerjaan yang ada. Maka dibuatlah suatu *network planning* yang digunakan sebagai kerangka penyelesaian proyek secara keseluruhan, ataupun masing-masing pekerjaan yang menjadi bagian dari penyelesaian proyek secara keseluruhan. Di dalam *Network Planning* (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, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan lain atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ke tempat lain.

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

1. Merencanakan, *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.
2. Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek.
3. Mendokumenkan dan mengkomunikasikan rencana *scheduling* (waktu), dan alternatif-alternatif lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya.
4. Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur-jalur kritis (*critical path*) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah :

1. Urutan pekerjaan yang logis.

Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa yang kemudian mengikutinya.

2. Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan.

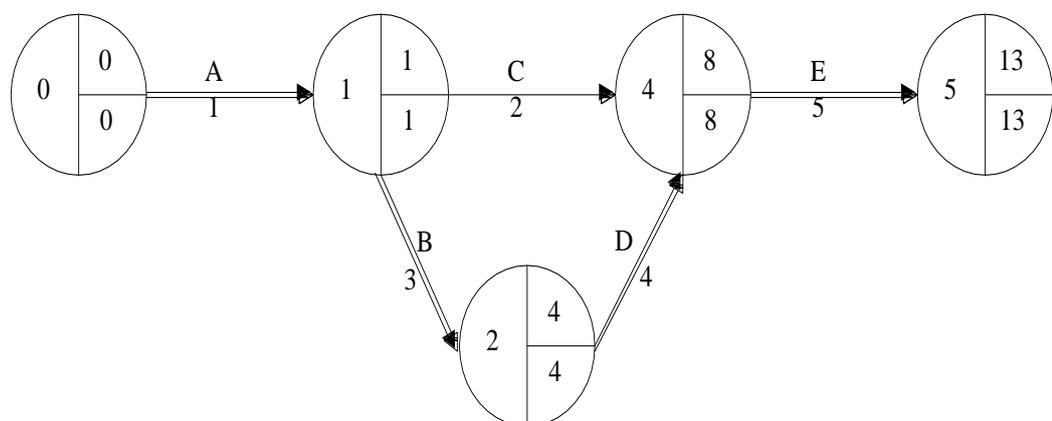
Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Kalau proyek itu baru sama sekali biasanya diberi *slack*/kelonggaran waktu.

3. Biaya untuk mempercepat pekerjaan

Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berada di jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya : biaya-biaya lembur, biaya menambah tenaga kerja dan sebagainya.

Sebelum menggambar diagram NWP ada beberapa hal yang perlu kita perhatikan, antara lain :

1. Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya *duration* maupun *resources* yang dibutuhkan.
2. Aktifitas-aktifitas apa yang mendahului dan aktifitas-aktifitas apa yang mengikuti.
3. Aktifitas-aktifitas apa yang dapat dilakukan bersama-sama.
4. Aktifitas-aktifitas itu di batasi mulai dan selesai.
5. Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktifitas-aktifitas itu.
6. Kepala anak panah menjadi arah pedoman dari setiap kegiatan.
7. Besar kecilnya lingkaran juga tidak mempunyai arti dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa.



Gambar 2.27 Sketsa *Network Planning*



Gambar 2.28 Simbol Kejadian

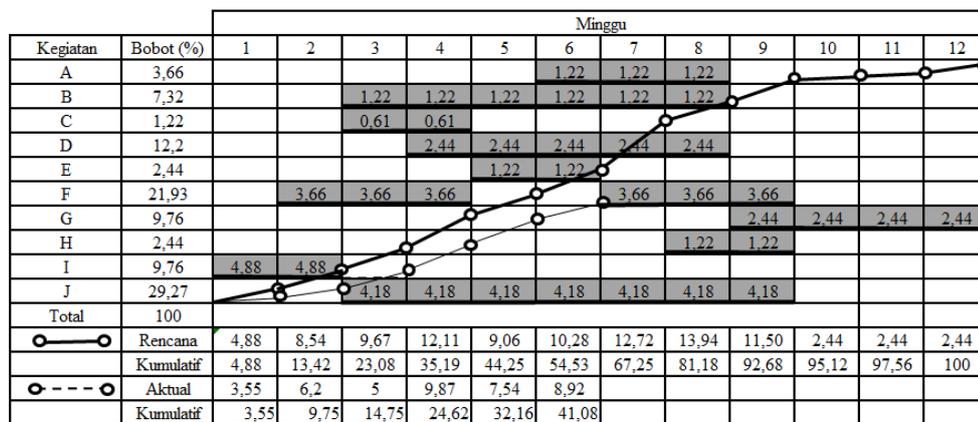
Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP :

- \longrightarrow (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Ini adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan *resources* tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.
- \bigcirc (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan-kegiatan.
- \Longrightarrow (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*).
- $-----\rightarrow$ (*Dummy*), bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu. Aktifitas semu hanya boleh dipakai bila tidak ada cara lain untuk menggambarkan hubungan-hubungan aktifitas yang ada dalam suatu *network*.

2.8.2 Barchart dan kurva S

Diagram *barchart* mempunyai hubungan yang erat dengan *network planning*. *Barchart* ditunjukkan dengan diagram batang yang dapat menunjukkan lamanya waktu pelaksanaan. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

Kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dari tahap pertama sampai berakhirnya pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan antara harga pekerjaan dengan harga total keseluruhan dari jumlah harga penawaran. Dan contoh *barchart* dan kurva S ini dapat dilihat pada gambar 2.29.



Gambar 2.29 Barchart dikombinasi dengan Kurva S
(Sumber : Abrar Husen, 2008)