

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bagian-Bagian Jalan

Badan jalan adalah bagian jalan yang meliputi jalur lalu-lintas dengan atau tanpa jalur pemisah, dan bahu jalan. Komposisi melintang jalan tersebut terdiri atas (RSNI T-14-2004) :

- a. Jalur lalu-lintas
- b. Bahu jalan
- c. Saluran samping
- d. Median, termasuk jalur tepian
- e. Trotoar/jalur pejalan kaki
- f. Jalur sepeda
- g. Separator/jalur hijau
- h. Jalur lambat

2.1.1 Ruang Penguasaan Jalan

Menurut pasal 33 PP No. 34 Tahun 2006 Tentang Jalan, Ruang Penguasaan jalan dibedakan menjadi 3 yaitu Ruang Manfaat Jalan (RUMAJA), Ruang Milik Jalan (RUMIJA) dan Ruang Pengawasan Jalan (RUWASJA)

a. Ruang Manfaat Jalan (RUMAJA)

Ruang manfaat jalan (RUMAJA) dibatasi oleh:

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

b. Ruang Milik Jalan (RUMIJA)

Ruang milik jalan (RUMIJA) adalah ruang yang dibatasi oleh lebar yang sama dengan ruang manfaat jalan ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1,5 meter.

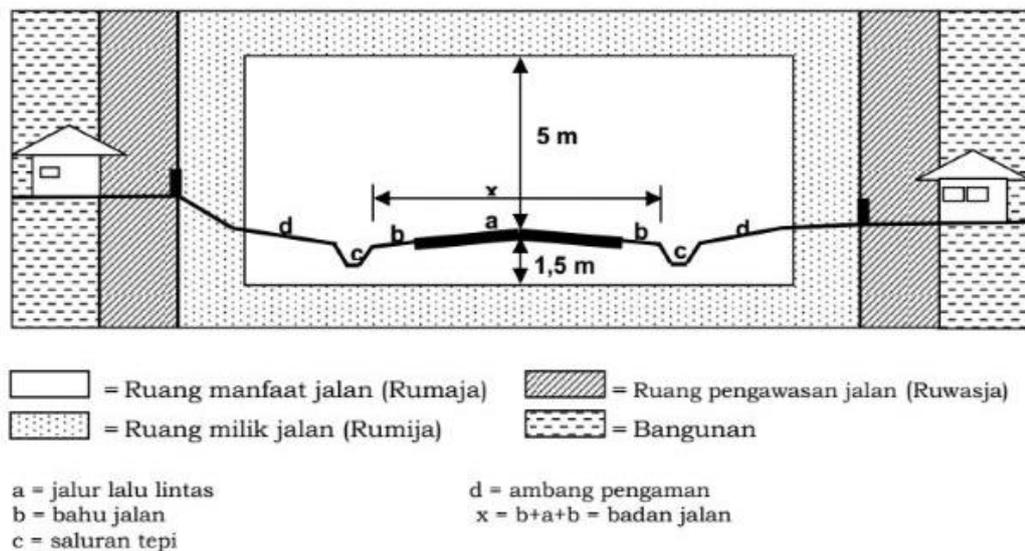
c. Ruang Pengawasan Jalan (RUWASJA)

Ruang pengawasan jalan (RUWASJA) adalah ruang sepanjang jalan diluar daerah manfaat jalan yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu, diukur dari sumbu jalan sebagai berikut:

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

Untuk keselamatan pemakai jalan, Ruwasja di daerah tikungan ditentukan oleh jarak pandang bebas.

(Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997).



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

Gambar 2.1 RUMAJA, RUMIJA, dan RUWASJA

2.1.2 Jalur Lalu Lintas

- a. Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan. Batas Jalur lalu lintas dapat berupa:

1. Median
2. Bahu
3. Trotoar
4. Pulau jalan, dan

5. Separator

b. Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa lajur.

c. Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa tipe :

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), di mana n = jumlah lajur

Keterangan :

TB = Tidak terbagi

B = Terbagi

d. Lebar Jalur

1. Lebar jalur sangat ditentukan oleh jumlah dan lebar lajur permukaannya. Menunjukkan lebar jalur dan bahu jalan sesuai VLHR-nya.
2. Lebar jalur minimum adalah 4,5 meter, memungkinkan 2 kendaraan kecil saling berpapasan. Papasan dua kendaraan besar yang terjadi sewaktu – waktu dapat menggunakan bahu jalan.

(Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Tabel 2.1 Penentuan Lebar Jalur

VLHR (smp/ hari)	Arteri		Kolektor		Lokal	
	Ideal	Minimum	Idelal	Minimum	Ideal	Minimum
	Lebar Jalur (m)					
<3.000	6	4.5	6	4.5	6	4.5
3.000- 10000	7	6	7	6	7	6
10.000- 25.000	7	7	7	**)	–	–
>25.000	2n x 3.5*	2 x 7*	2n x 3.5*	**)	–	–

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

Keterangan :

**) = Mengacu pada persyaratan ideal

*) = 2 Jalur terbagi, masing – masing $n \times 3.5\text{m}$, dimana

N = jumlah lajur perjalur

- = Tidak ditentukan

2.1.3 Lajur dan Kemiringan Melintang jalan

Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan, memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana. Lebar lajur tergantung pada kecepatan dan kendaraan rencana, yang dalam hal ini dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan seperti ditetapkan dalam tabel 2.6.

Jumlah lajur ditetapkan dengan mengacu kepada MKJI berdasarkan tingkat kinerja yang direncanakan, dimana untuk suatu ruas jalan dinyatakan oleh nilai rasio antara volume terhadap kapasitas yang nilainya tidak lebih dari 0,80. Untuk kelancaran drainase permukaan, lajur lalu lintas pada alinyemen lurus memerlukan kemiringan melintang normal sebagai berikut (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997) :

- a. 2–3% untuk perkerasan aspal dan perkerasan beton;
- b. 4–5% untuk perkerasan kerikil

(Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Tabel 2.2 Lebar Jalur Jalan Ideal

Fungsi	Kelas	Lebar Lajur Ideal (m)
Arteri	I	3,75
	II, IIIA	3,50
Kolektor	IIIA, IIIB	3.00
Lokal	IIIC	3.00

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

2.1.4 Bahu Jalan

Bahu jalan adalah bagian jalan yang terletak di tepi jalur lalu lintas dan harus diperkeras. Fungsi bahu jalan adalah sebagai berikut :

- a. Lajur lalu lintas darurat, tempat berhenti sementara, dan atau tempat parkir darurat
- b. Ruang bebas samping bagi lalu lintas, dan
- c. Penyangga sampai untuk kestabilan perkerasan jalur lalu lintas
- d. Lebar bahu jalan dapat dilihat dalam **Tabel 2.4** :

Tabel 2.3 Penentuan Lebar Bahu Jalan

VLHR (smp/hari)	Arteri		Kolektor		Lokal	
	Ideal	Minimum	Ideal	Minimum	Ideal	Minimum
	Lebar Bahu (m)					
<3.000	1.5	1	1.5	1	1	1
3.000-10000	2	1.5	1.5	1.5	1.5	1
10000-25000	2	2	2	**)	-	-
>25000	2.5	2	2	**)	-	-

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

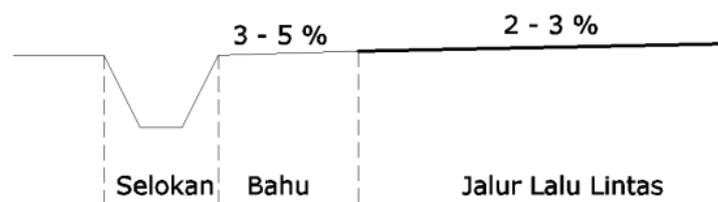
Keterangan :

**) = Mengacu pada persyaratan ideal

*) = 2 Jalur terbagi, masing – masing $n \times 3.5\text{m}$, dimana

n = jumlah lajur perjalur

- = Tidak ditentukan



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

Gambar 2.2 Bahu Jalan

2.2 Klasifikasi Jalan

2.2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi dan Kelas Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan dalam menerima beban lalu-lintas yang dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton, dan kemampuan jalan tersebut dalam melayani lalu-lintas kendaraan dengan dimensi tertentu. Klasifikasi kelas jalan, fungsi jalan dan dimensi kendaraan maksimum kendaraan yang diijinkan melalui jalan tersebut ditunjukkan dalam **Tabel 2.4**.

Tabel 2.4 Klasifikasi jalan menurut kelas, fungsi, dimensi kendaraan dan muatan sumbu terberat

kelas jalan	Fungsi jalan	Dimensi kendaraan maksimum		Muatan sumbu terberat, MST (ton)
		Panjang (m)	Lebar (m)	
I	Arteri	18	2,5	>10
II		18	2,5	10
IIIA		18	2,5	8
IIIA	Kolektor	18	2,5	8
IIIB		12	2,5	8
IIIC	Lokal	9	2,1	9

(sumber :RSNI T-14-2004)

- a. 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.
- b. Jalan kolektor adalah jalan yang melayani angkutan pengumpulan/pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata yang sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- c. Jalan lokal adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

Tabel 2.5 Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam LHR

No	Fungsi	kelas	Lalu lintas harian (smp)
1	Jalan arteri	I	>2000
2	Jalan kolektor	II A II B II C	600-2000 1500-8000 <2000
3	Jalan lokal	III	-

(sumber : TCPGJAK No.038/T/BM/1997)

a. Kelas I

Kelas jalan ini mencakup semua kelas jalan utama dan dimaksudkan untuk dapat melayani lalu lintas cepat dan berat. Dalam kondisi lalu lintasnya tidak terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tak bermotor. Jalan raya dalam kelas jalan ini merupakan jalan-jalan raya berlajur banyak dengan konstruksi perkerasan dari jenis yang terbaik dengan arti tingginya tingkatan pelayanan lalu lintas.

b. Kelas II

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan sekunder. Dalam komposisi lalu lintas terdapat lalu lintas lambat. Kelas jalan ini, selanjutnya berdasarkan komposisi dan sifat lalu lintasnya, dibagi dalam tiga kelas yaitu :

1. Kelas II A

Jalan kelas II A adalah jalan-jalan raya sekunder dua lajur atau lebih dengan konstruksi permukaan jalan dari sejenis aspal beton (*hot mix*) atau yang setara, dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dan tidak bermotor. Untuk lalu lintas lambat disediakan jalur tersendiri.

2. Kelas II B

Jalan kelas II B adalah jalan-jalan raya sekunder dua lajur dengan konstruksi permukaan jalan dari penetrasi berganda atau yang setara

dimana komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat tanpa kendaraan tidak bermotor.

3. Kelas II C

Jalan Kelas II C adalah jalan-jalan dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari penetrasi tunggal dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tidak bermotor.

c. Kelas II

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

2.2.2 Kelas Jalan Menurut Medan Jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan jalan yang diukur tegak lurus garis kontur. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam **Tabel 2.6**.

Tabel 2.6 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

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

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

2.3 Perencanaan Geometrik Jalan

Perencanaan geometrik jalan raya merupakan bagian dari perencanaan jalan yang di titik beratkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas dan sebagai akses ke rumah-rumah.

Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, nyaman, dan 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 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.

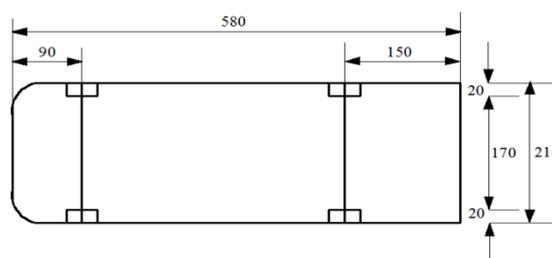
Perencanaan konstruksi jalan raya membutuhkan data – data perencanaan yang meliputi data lalu lintas, data topografi, data penyelidikan tanah, data penyelidikan material dan data penunjang lainnya. Semua data ini sangat diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya, karena data ini memberikan gambaran yang sebenarnya dari kondisi suatu 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.

2.4 Parametere Perencanaan Geometrik

2.4.1 Kendaraan Rencana

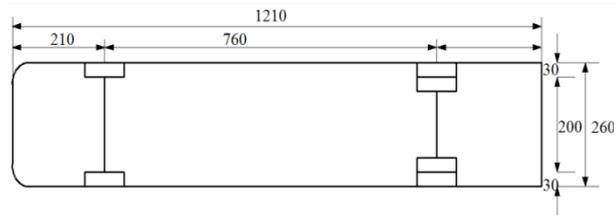
Tabel 2.7 Dimensi Kendaraan Rencana

Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius putar (cm)		Radius tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min	Maks	
Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Sedang	410	260	1.210	210	240	740	1.280	1.410
Besar	410	260	2.100	120	90	290	1.400	1.370



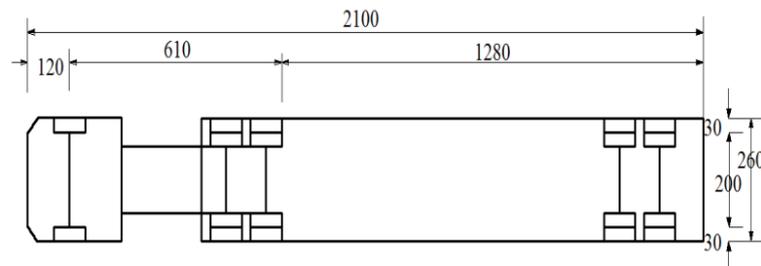
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Kecil



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

Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Sedang



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

Gambar 2.5 Dimensi Kendaraan Besar

2.4.2 Volume Lalu-lintas

Volume lalu-Lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan selama satu satuan waktu (kendaraan/hari dan kendaraan/jam). Volume Lalu-Lintas untuk keperluan desain kapasitas geometrik jalan perlu dinyatakan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP), yaitu dengan menyesuaikan dengan nilai smp pada setiap jenis kendaraan.

Volume yang umumnya dilakukan pada desain kapasitas ruas jalan adalah sebagai berikut :

- Volume Lalu-Lintas Harian Rata-Rata (LHR), yaitu volume total yang melintasi suatu titik atau ruas jalan selama masa beberapa hari pengamatan dibagi dengan jumlah hari pengamatan.
- Volume Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT), ialah jumlah lalu-lintas selama satu tahun dibagi 365 hari.
- Volume Lalu-Lintas Harian Rencana (VLHR), yaitu perkiraan volume lalu-lintas harian untuk masa yang akan datang pada bagian jalan tertentu.

VLHR diperoleh berdasarkan LHR atau LHRT saat ini yang diproyeksikan ke masa yang akan datang sesuai dengan umur rencana dan faktor pertumbuhan lalu-lintas.

- d) Volume Jam Rencana (VJR), yaitu perkiraan volume lalu-lintas perjam pada jam sibuk tahun rencana, dinyatakan dalam satuan smp/jam, dihitung dari perkalian VLHR dengan faktor k, sehingga $VJR = VLHR \times k$. Faktor k ini dikenal dengan faktor jam sibuk ditetapkan oleh penyelenggara jalan yang nilainya disesuaikan dengan fungsi jalan, volume lalu-lintas, dan kondisi lingkungan dimana jalan tersebut berada

2.4.3 Kecepatan Rencana

Kecepatan Rencana (*Desain Speed*) adalah kecepatan kendaraan yang mendasari perencanaan teknis geometri jalan, merupakan kecepatan kendaraan yang dapat dicapai bila melaju tanpa gangguan dan aman.

Tabel 2.8 Kecepatan rencana (VR), sesuai klasifikasi fungsi dan medan jalan

Fungsi jalan	Kecepatan Rencana (VR - Km/jam)		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	70-120	60-80	40-70
Kolektor	60-90	50-60	30-50
Lokal	40-70	30-50	20-30

(sumber : TCPGJAK No.038/T/BM/1997)

2.4.4 Jarak Pandang

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

Jarak pandang dibutuhkan untuk menjamin faktor keamanan bagi pengendara kendaraan. Tersedianya jarak pandang yang cukup akan memungkinkan pengendara mampu mengendalikan kendaraannya menghadapi

hambatan yang ada didepannya. Misalnya adanya penyeberangan orang, rambu – rambu, persimpangan, tikungan, kelandaian dll.

Jarak pandang (*sight distance*) adalah panjang bagian jalan disepan pengemudi kendaraan yang masih dapat dilihat dengan jelas yang diukur dari titik kedudukan pengemudi tersebut dan harus ditentukan oleh desainer dalam batas yang cukup sehingga pengemudi masih dalam batas toleransi pengendalian kendaraan agar terhindar dari timbulnya kecelakaan.

Jarak pandang sangat dipengaruhi oleh 3 faktor penting yaitu :

- a) Waktu PIEV yaitu *Perception Time, Intelection Process, Emotion Process dan Volition*.
 1. *Perception Time*, waktu untuk menelaah rangsangan melalui mata, telinga maupun reaksi fisik badan.
 2. *Intelection Process*, yaitu waktu telah rangsangan disertai dengan proses pemikiran atau perbandingan dengan pengalaman.
 3. *Emotion Process*, yaitu waktu yang dibutuhkan selama proses penanggapan emosional untuk bereaksi setelah *Perception Time* dan *Intelection Process*.
 4. *Volition*, waktu yang dibutuhkan untuk memutuskan kemauan bertindak atas pertimbangan yang ada.
- b) Waktu untuk menghindari keadaan bahaya.
- c) Kecepatan Kendaraan.

Jarak Pandang terdiri dari :

1) Jarak pandang henti (Jh)

Jarak pandang henti adalah jarak pandang minimum yang diperlukan pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman, begitu melihat adanya halangan didepan. Setiap titik disepanjang jalan harus memenuhi jarak pandang henti. Jh diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan. Adapun jarak pandang henti terdiri dari atas 2 komponen jarak yaitu :

a) Jarak tanggap (Jht)

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

b) Jarak pengereman (Jhr)

Jarak pengereman adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti. Jarak minimum ini harus dipehuhi dalam setiap bagian jalan raya.

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

$$J_h = \frac{VR}{3,6} \cdot T + \frac{\left(\frac{VR}{3,6}\right)^2}{2 \cdot g \cdot Fp}$$

Keterangan :

VR = Kecepatan rencana (km/jam)

T = Waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

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

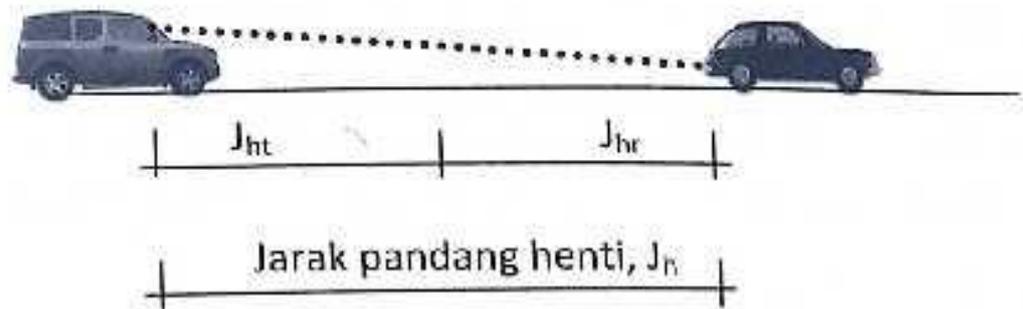
Fp = Koefisien gesek memanjang antara badan kendaraan dengan perkerasan aspal, ditetapkan 0,28 - 0,45 (menurut AASHTO), Fp akan semakin kecil jika kecepatan(VR) semakin tinggi dan sebaliknya (menurut Bina Marga, fp = 0,35-0,55).

Tabel 2.9 Jarak pandang Henti minimum berdasarkan berbagai pedoman

Kecepatan (Km/jam)	AASHTO 2004 (m)	Bina Marga No.038/T/BM/1977 (m)	RSNI T-14- 2014 (m)
20	20	16	
30	35	27	35
40	50	40	50
50	65	55	65
60	85	75	85
70	105		105
80	130	120	130

Kecepatan (Km/jam)	AASHTO 2004 (m)	Bina Marga No.038/T/BM/1977 (m)	RSNI T-14- 2014 (m)
90	160		160
100	185	175	185

(sumber : rsni t-14-2004)



(sumber : dasar-dasar perencanaan geometrik ruas jalan, 2017)

Gambar 2.6 Jarak Pandang Henti

2) Jarak Mendahului (Jd)

Jarak pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula. Jarak pandang mendahului (Jd) diukur berdasarkan asumsi tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm. (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Tabel 2.10 Jarak Kendaraan

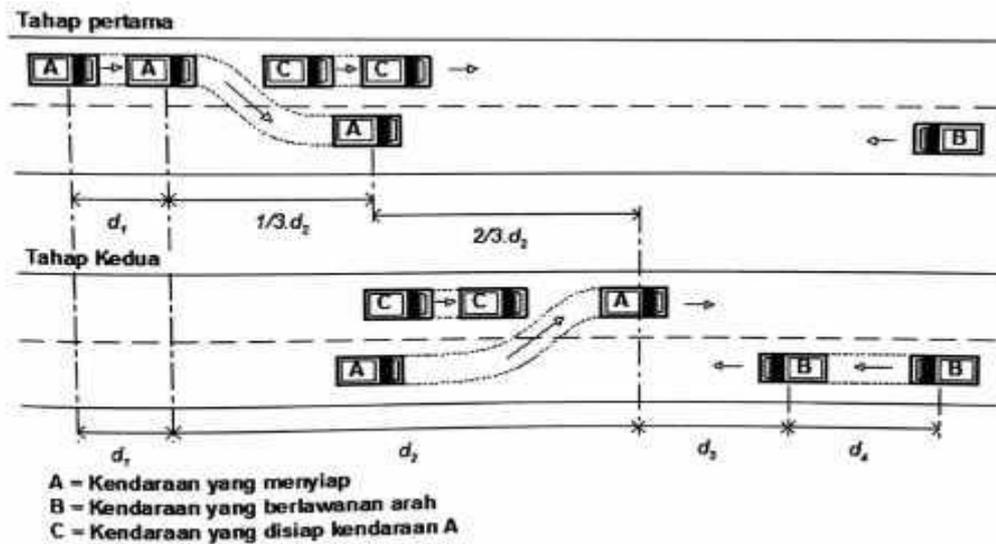
V (Km/Jam)	50-65	65-80	80-95	95-110
Jh Minimum (m)	30	55	75	90

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

Tabel 2.11 Jarak Pandang Mendahului Berdasarkan Vr

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

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



(sumber : dasar-dasar perencanaan geometrik ruas jalan, 2017)

Gambar 2.7 Proses Gerakan mendahului

2.5 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal terdiri atas bagian lurus serta bagian lengkung (disebut pula tikungan). Perencanaan geometrik pada bagian lengkung dimaksudkan untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima oleh kendaraan yang berjalan pada kecepatan VR. Untuk keselamatan pengguna jalan, jarak pandang serta wilayah leluasa samping jalur wajib diperhitungkan.

pada perencanaan alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis bagian jalan, yaitu: bagian lurus dan bagian lengkung (tikungan) antara lain sebagai berikut :

a. Bagian lurus

Panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus dapat ditempuh dalam waktu < 2.5 menit (sesuai VR). Dengan mempertimbangkan keselamatan pengemudi akibat dari kelelahan.

b. Bagian tikungan

2) Jari-Jari Minimum

Kendaraan pada saat melalui tikungan dengan kecepatan (VR) akan menerima gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil.

Untuk mengimbangi gaya sentrifugal tersebut, perlu dibuat sesuatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut dengan superelevasi.

Jari-Jari tikungan minimum (R_{min}) ditetapkan sebagai berikut :

$$R_{min} = \frac{VR^2}{1,27.(e_{maks} + f_{maks})}$$

$$D_{maks} = \frac{127.(e_{maks} + f_{maks})}{v^2}$$

Keterangan :

R_{min} = jari-jari tikungan minimum (m)

VR = Kecepatan Rencana (km/jam)

E_{maks} = superelevasi maksimum (%)

F_{maks} = koefisien gesek (%)

D_{maks} = derajat maksimum

2) Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran ($R = tak$ terhingga $R = R_c$), jadi lengkung peralihan ini diletakan antara bagian lingkaran (*circle*), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran. Lengkung peralihan dengan bentuk *spiral (clotoid)* banyak digunakan juga oleh Bina Marga. Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan jenis SCS.

Panjang lengkung peralihan (L_s), menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Raya Antar Kota (TCPGJRAK) 1997, diambil nilai yang terbesar dari tiga persamaan dibawah ini :

Keterangan :

a) Berdasarkan waktu tempuh maksimum (3 detik) di lengkung peralihan, $L_s = \frac{VR}{3,6} \cdot T$

b) Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal, $L_s = 0,022 \cdot \frac{VR^2}{R.C} - 2,727 \frac{VR.e}{c}$

c) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian , $L_s =$

$$\frac{(em-en)}{3,6.re} . VR$$

Keterangan

T = waktu tempuh (3 detik)

R = jari-jari busur lingkaran

C = perubahan percepatan, 0,3 - 1,0 disarankan 0.4 m/det²

VR = kecepatan rencana

e = superelevasi

em = super elevasi maksimum

re = tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan

Tabel 2.12 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi yang di butuhkan ($e_{maks} = 10\%$ metode Binamarga)

D	R	V=50 km/jam		V=60 km/jam		V=70 km/jam		V=80 km/jam		V= 90 km/jam	
		e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls
0.250	5730	LN	45	LN	50	LN	60	LN	70	LN	75
0.500	2865	LN	45	LN	50	LP	60	LP	70	LP	75
0.750	1910	LN	45	LP	50	LP	60	0.020	70	0.025	75
1.000	1432	LP	45	LP	50	0.021	60	0.027	70	0.033	75
1.250	1146	LP	45	LP	50	0.025	60	0.033	70	0.040	75
1.500	955	LP	45	0.023	50	0.030	60	0.038	70	0.047	75
1.750	819	LP	45	0.026	50	0.035	60	0.044	70	0.054	75
2.000	716	LP	45	0.029	50	0.039	60	0.049	70	0.060	75
2.500	573	0.026	45	0.036	50	0.047	60	0.059	70	0.072	75
3.000	477	0.030	45	0.042	50	0.055	60	0.068	70	0.081	75
3.500	409	0.035	45	0.048	50	0.062	60	0.076	70	0.089	75
4.000	358	0.039	45	0.054	50	0.068	60	0.082	70	0.095	75
4.500	318	0.043	45	0.059	50	0.074	60	0.088	70	0.099	75
5.000	286	0.048	45	0.064	50	0.079	60	0.093	70	0.100	75
6.000	239	0.055	45	0.073	50	0.088	60	0.098	70	Dmaks =5,12	
7.000	205	0.062	45	0.080	60	0.094	60	D maks = 6,82			
8.000	179	0.068	45	0.086	60	0.098	60				
9.000	159	0.074	45	0.091	60	0.099	60				

D	R	V=50 km/jam		V=60 km/jam		V=70 km/jam		V=80 km/jam		V= 90 km/jam	
		e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls
10.000	143	0.079	45	0.095	60	D maks = 9,12					
11.000	130	0.083	45	0.098	60						
12.000	119	0.087	45	0.100	60						
13.000	110	0.091	45	D maks = 12,79							
14.000	102	0.093	45								
15.000	96	0.096	45								
16.000	90	0.097	45								
17.000	84	0.099	45								
18.000	80	0.099	45								
19.000	75	D maks = 18,8									

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

Tabel 2.13 Jari-Jari tidak memerlukan lengkung peralihan

V (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Rmin (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60

(sumber : TCPGJAK No.038/T/BM/1997)

2.5.1 Menentukan Titik Koordinat

Berdasarkan gambar trase jalan rencana yang telah dibuat, setelah itu dapat menentukan posisi titik koordinat. Posisi koordinat titik dari jalan diperoleh menggunakan program *Google Earth* dan *CAD*.

2.5.2 Menghitung Panjang Garis Tangen

Perencanaan geometrik jalan raya merupakan perencanaan bentuk fisik jalan dalam tiga dimensi. Untuk mempermudah dalam penggambaran bagian-bagian perencanaan, maka bentuk fisik jalan digambarkan dalam bentuk alinyemen horizontal atau trase jalan, alinyemen vertikal atau penampang jalan dan potongan melintang.

Adapun perhitungan jarak titik-titik penting yang diperoleh dari pemilihan rencana alinyemen horizontal dapat menggunakan rumus berikut ini :

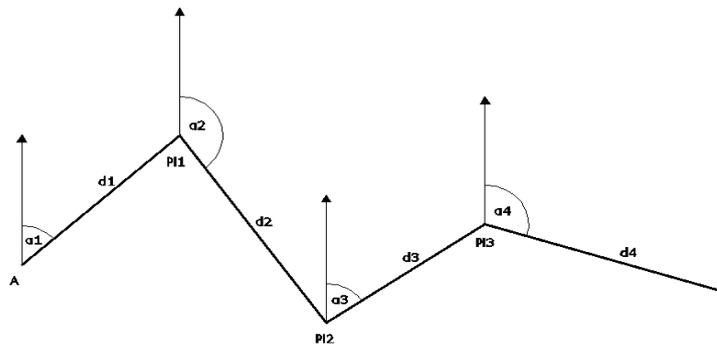
$$d = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + ((Y_2 - Y_1)^2)}$$

Keterangan :

- d = Jarak titik A ke titik P1
- X₂ = Koordinat titik P1.1 pada sumbu X
- X₁ = Koordinat titik A pada sumbu X
- Y₂ = Koordinat titik P1.1 pada sumbu Y
- Y₁ = Koordinat titik A pada sumbu Y

2.5.3 Menghitung Sudut Azimuth dan Sudut Antara Dua Tangen

Setelah menentukan koordinat dan menghitung panjang garis tangen maka selanjutnya ialah menghitung sudut azimuth dan sudut antara dua tangen

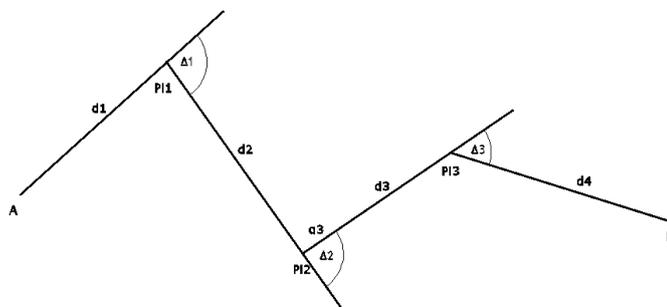


(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Gambar 2.8 Sudut Azimuth (α)

Sudut Azimuth (α) dihitung dengan rumus :

$$\alpha = \arctg \frac{Y_b - Y_a}{X_b - X_a}$$



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

Gambar 2.9 Sudut Bearing (Δ)

Rumus Sudut Bearing (Δ) adalah sebagai berikut :

$$\Delta 1 = (\alpha 2 - \alpha 1)$$

$$\Delta 2 = (\alpha 3 - \alpha 2)$$

$$\Delta 3 = (\alpha 4 - \alpha 3)$$

2.5.4 Tikungan

a. Tikungan *Full Circle* (FC)

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

Rumus yang digunakan pada tikungan *Full Circle* yaitu :

$$F_m = -0,00065 \cdot V_R + 0,192 \text{ (untuk kec. } < 80 \text{ km/jam)}$$

$$\frac{ep + en}{L_s} = \frac{x + en}{\frac{3}{4}L_s}$$

$$X = \frac{(ep + en) \cdot \frac{3}{4}L_s}{L_s} - en$$

$$R_{min} = \frac{v^2}{127(emaks + F_m)}$$

$$D_{max} = \frac{181913,53(emaks + f_{maks})}{v^2}$$

$$D = \frac{1432,4}{R}$$

$$e = -\frac{emaks}{D^2_{max}} D^2 + \frac{2 \cdot emaks}{D_{maks}} D$$

$$\theta_s = \frac{\Delta}{2}$$

$$T_c = R \cdot \tan \frac{1}{2} \theta_s$$

$$E_c = T_c \cdot \tan \frac{1}{4} \theta_s$$

$$L_c = \frac{\pi}{180^\circ} \cdot \Delta \cdot R$$

$$\text{Kontrol} = 2 \cdot T_c > L_c$$

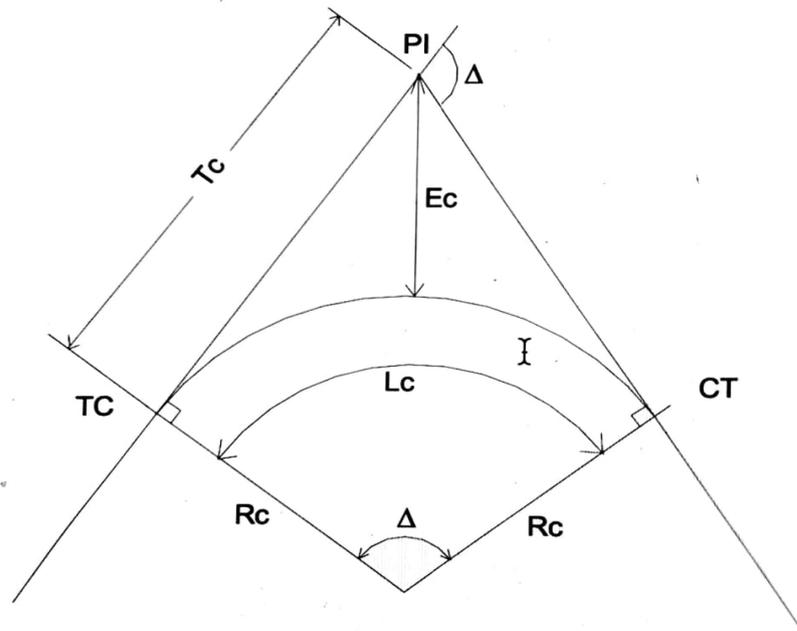
Keterangan :

Δ = Sudut tikungan

O = Titik pusat lingkaran

T_c = Panjang tangen jarak dari T_c ke PI atau PI ke T_c

- R_c = Jari-jari lingkaran
 L_c = Panjang busur lingkaran
 E_c = Jarak luar dan PI ke busur lingkaran



(sumber : RSNi-T-14-2014)

Gambar 2.10 Tikungan *Full Circle* (FC)

b) Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

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

Lengkung *spiral* merupakan peralihan dari bagian lurus ke bagian *circle* (*transition curve*) yang panjangnya diperhitungkan dengan mempertimbangkan bahwa perubahan gaya sentrifugal dari nol sampai mencapai bagian lengkung. Jari-jari yang diambil tikungan *Spiral Circle Spiral* haruslah sesuai dengan kecepatan rencana dan tidak mengakibatkan kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang telah ditentukan. Ketentuan dan rumus yang di gunakan untuk jenis tikungan ini adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 F_m &= -0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk kecepatan } < 80 \text{ km/jam)} \\
 R_{\min} &= \frac{181913,53(e_{\max} + f_{\max})}{v^2} \\
 D &= \frac{1432,4}{R} \\
 e &= -\frac{e_{\max}}{D^2 \max} + D^2 + \frac{2 \cdot e_{\max}}{D \max} D
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan nilai L_s dapat digunakan beberapa pendekatan sebagai berikut:

- Berdasarkan tabel Bina Marga

$$L_{s1} = 50 \text{ m}$$
- Berdasarkan waktu tempuh maksimum 3 detik

$$L_{s2} = \frac{V_R}{3,6} \cdot T$$
- Berdasarkan antisipasi gaya sentrifungsi

$$L_{s3} = 0,022 \frac{V^3}{R \cdot C} - 2,727^v \frac{V \cdot e}{C}$$
- Berdasarkan tingkat pencapaian kelandai

$$L_{s4} = \frac{(e_p - e_n)}{3,6 \cdot r_e} \cdot V$$

Dimana:

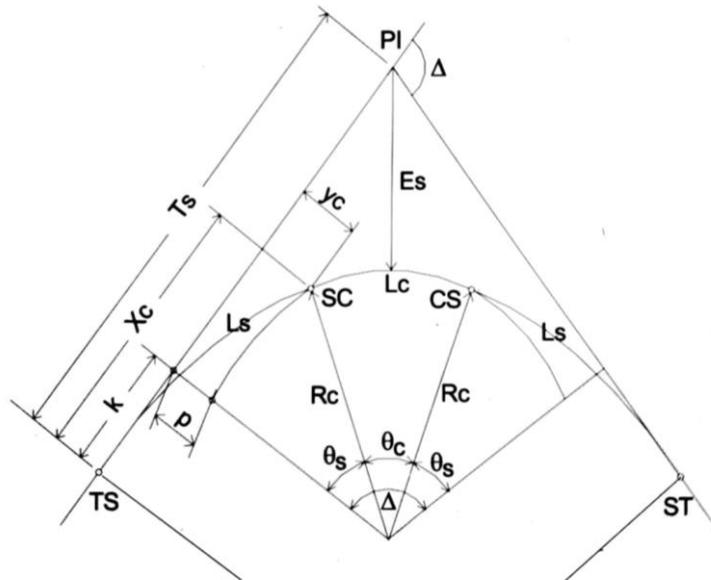
- T = Waktu tempuh (3 detik)
- V_R = Kecepatan rencana (km/jam)
- R_c = Jari-jari lingkaran (m)
- C = Perubahan percepatan (0,3 - 1,0 disarankan 0,4 m/det^3)
- E = Superelevasi (%)
- e_p = Superelevasi penuh (%)
- e_n = Superelevasi normal (%)
- T_e = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan untuk $V_R \leq 70$ km/jam nilai $r_e \max = 0,035$ m/m/det.

Untuk $V_R \max = 0,025$ m/m/det berdasarkan dari L_s Alternatif a,b,c, dan d diambil nilai yang terbesar.

$$\begin{aligned}
\phi S &= \frac{90 \cdot Ls}{\pi \cdot R} \\
\Delta c &= \Delta - 2 \cdot \phi S \\
P &= \frac{Ls^2}{6 \cdot R} - R (1 - \cos \phi S) \\
k &= Ls - \frac{Ls^3}{40 \cdot R} - R \cdot \sin \phi S \\
Ts &= (R+P) \tan \frac{\Delta}{2} + k \\
Es &= \frac{(R+P)}{\cos \frac{\Delta}{2}} - R \\
Lc &= \frac{\Delta - 2 \cdot \phi S}{180} \pi \cdot R \\
Ltotal &= Lc + 2 \cdot Ls \\
Xs &= Ls \left(1 - \frac{Ls^2}{40 \cdot R^2} \right) \\
Ys &= \frac{Ls^2}{6 \cdot R} \\
\text{Kontrol} &= Ltotal < 2 \cdot Ts
\end{aligned}$$

Keterangan:

- Xs = absis titik SC pada garis tangen, jarak titik dari titik TS-SC (jarak lurus lengkung peralihan), (m)
 Ys = koordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, (m)
 Ls = panjang lengkung peralihan (jarak TS-SC atau CS-ST), (m)
 Lc = panjang busur lingkaran (jarak SC-CS atau CS-ST)
 Ts = jarak tangen dari PI ke TS atau ST, (m)
 Es = jarak dari PI ke puncak busur lingkaran, (m)
 Δ = sudut tikungan, ($^{\circ}$)
 Δc = sudut lengkung *circle* ($^{\circ}$)
 ϕS = sudut lengkung *spiral*, ($^{\circ}$)
 R = jari-jari tikungan, (m)
 p = pergeseran tangen terhadap spiral, (m)
 k = absis p pada garis tangen spiral, (m)
 $Ltotal$ = panjang tikungan SCS, (m)



(sumber : RSNI-T-14-2014)

Gambar 2.11 Bentuk Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

c) Tikungan *Spiral-Spiral*

Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan-tikungan yang tajam. Lengkung horizontal berbentuk *spiral-spiral* adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga SC berhimpit dengan titik CS. Adapun rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *spiral-spiral*, yaitu:

$$F_m = -0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk kecepatan } < 80 \text{ km/jam)}$$

$$R_{\min} = \frac{v^2}{127 (e_{\max} + F_m)}$$

$$D_{\max} = \frac{181913,53 (e_{\max} + F_{\max})}{v^2}$$

$$D = \frac{1432,4}{R}$$

$$e = -\frac{e_{\max}}{D^2_{\max}} D^2 = +\frac{2 \cdot e_{\max}}{D_{\max}} D$$

$$\phi_s = \frac{\Delta}{2}$$

Untuk menentukan nilai L_s dapat digunakan beberapa pendekatan sebagai berikut:

- a) Berdasarkan tabel Bina Marga

$$L_{s1} = 50 \text{ m}$$

b) Berdasarkan waktu tempuh maksimum 3 detik

$$L_{s2} = \frac{VR}{3,6} \cdot T$$

c) Berdasarkanantisipasi gaya sentrifugal

$$L_{s3} = 0,022 \frac{V^3}{R.C} - 2,727 \frac{V.e}{C}$$

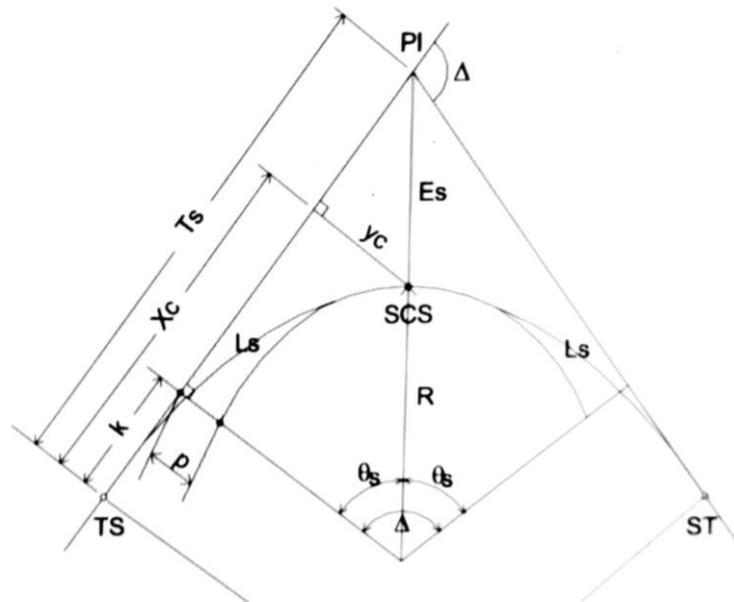
d) Berdasarkan tingkat pencapaian kelandaian

$$L_{s4} = \frac{(ep-en)}{3,6.re} \cdot V$$

L_s yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$]L_{s5} = \frac{\emptyset_s \cdot \pi \cdot R}{90}$$

$L_{s5} > L_s \text{ min}$, maka L_s yang digunakan L_{s5}



(sumber : RSNI-T-14-2014)

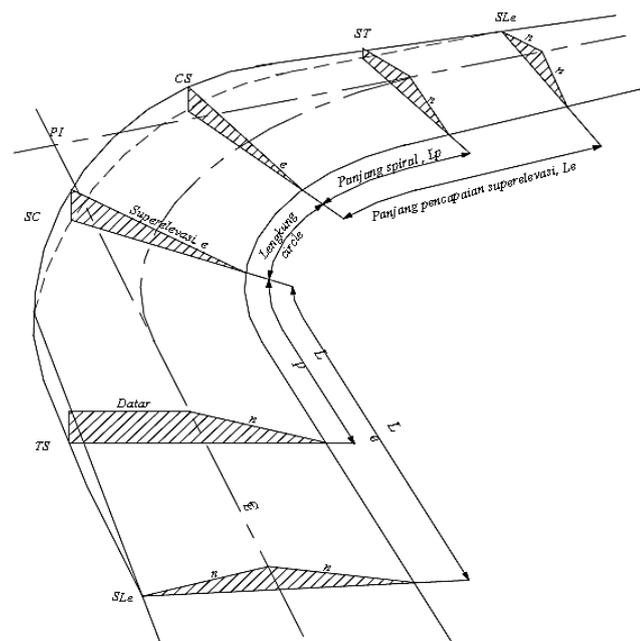
Gambar 2.12 Tikungan *Spiral-Spiral*

2.5.4 Superelevasi

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

1. Pada tikungan SCS, 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).
2. Pada tikungan FC, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bagian lurus sepanjang $2/3 L_s$ sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang $1/3 L_s$.
 3. Pada tikungan S – S, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.
 4. Superelevasi tidak diperlukan jika radius (R) cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LP), atau bahkan tetap lereng normal (LN). (Shirley L. Hendarsin, 2000).



(sumber : dasar - dasar perencanaan geometrik, 2017)

Gambar 2.13 Perubahan Superelevasi

2.5.5 Daerah Kebebasan Samping Di Tikungan

Daerah bebas samping tikungan adalah ruangan untuk menjamin kebebasan pandang ditikungan sehingga J_h dipenuhi. Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan objek-objek penghalang sejauh E (m), diukur dari garis tengah jalur dalam sampai.

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

1) Jik $J_h < J_t$

$$E = R \left(1 - \cos \frac{90.J_h}{R} \right)$$

Keterangan :

E = jarak bebas samping (m)

R = jari-jari tikungan (m)

J_h = jarak pandang henti (m)

L_t = panjang tikungan (m)

2) Jika $J_h > J_t$

$$E = R \left(1 - \cos \frac{90.J_h}{R} \right) + \left(\frac{J_h - L_t}{2} \sin \frac{90.J_h}{R} \right)$$

Keterangan :

E = jarak bebas samping (m)

R = jari-jari tikungan (m)

J_h = jarak pandang henti (m)

L_t = panjang tikungan (m)

2.5.6 Pelebaran Perkerasan Di Tikungan

Kendaraan yang bergerak dari jalan lurus menuju tikungan, seringkali tidak dapat mempertahankan lintasannya pada lajur yang telah disediakan, disebabkan oleh :

- 1) Pada waktu membelok yang diberikan sudut belokan, hanya roda depan, sehingga lintasan roda belakang menjalani lintasan lebih kedalam dari roda depan (*off tracking*).
- 2) Jejak lintasan kendaraan tidak lagi berimpit, karena bumper depan dan belakang kendaraan mempunyai lintasan yang berbeda antara roda depan dan roda belakang.
- 3) Pengemudi akan mengalami kesulitan dalam mempertahankan lintasannya untuk tetap pada lajur jalannya, terutama pada tikungan – tikungan yang tajam atau pada kecepatan yang tinggi. Untuk menghindari hal tersebut,

maka pada tikungan yang tajam perlu diadakan pelebaran perkerasan jalan. Secara praktis, perkerasan harus diperlebar, bila radius lengkungan lebih kecil dari 120 m, untuk menjaga agar pandangan bebas ke arah samping terhadap kendaraan – kendaraan lain sedangkan pelebaran tidak diperlukan lagi apabila kecepatan rencana kurang dari 30 km/jam. (Hamirhan Saodang, 2010).

Rumus yang digunakan untuk adalah sebagai berikut : (TGJAK, 1997)

$$R_c = R - \frac{1}{4}Bn + \frac{1}{2}b$$

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

$$Z = \frac{0,105 \times V}{\sqrt{R}}$$

$$Bt = n(B + C) + P$$

Keterangan :

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 akibat kesukaran dalam mengemudi (m)

R = Radius lengkung (m)

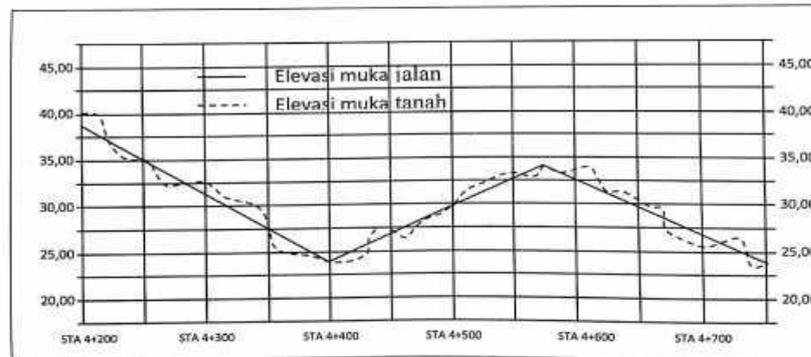
n = Jumlah lajur

C = Kebebasan samping (1,0 m)

2.6 Alinyemen Vertikal

Alinyemen Vertikal didefinisikan sebagai proyeksi sumbu jalan pada bidang vertikal, berbentuk penampang memanjang jalan. Alinyemen vertikal disebut juga penampang memanjang atau profil jalan. Desainer perlu menetapkan desain alinyemen vertikal sebagai transisi antara elevasi jalan diantara dua buah kelandaian. Secara umum dibedakan antara lengkung vertikal cembung dan lengkung vertikal cekung. Permukaan jalan terdiri dari bagian lurus yang disebut bagian Tangen vertikal dan bagian lengkung yang disebut lengkung vertikal jalan.

Lengkung vertikal menghubungkan 2 bagian tangen vertikal yang memiliki kelandaian seperti pada gambar di bawah ini.



(sumber : dasar-dasar perencanaan geometrik ruas jalan, 2017)

Gambar 2.14 Alinyemen Vertikal

Rumus Menghitung Alinyemen Vertikal :

$$g1 = \frac{Elv.PPV1 - Elv.A}{L1} \times 100$$

$$g2 = \frac{Elv.PPV2 - Elv.PPV1}{L2} \times 100$$

$$A = [g2 - g1]$$

$$Ev = \frac{A \cdot Lv}{800}$$

$$y = \frac{A \cdot X^2}{200 \cdot Lv}$$

2.6.1 Kelandaian Alinyemen Vertikal

Berikut ini beberapa faktor yang mempengaruhi kelandaian alinyemen vertikal antara lain :

a. Landai Minimum

Untuk tanah timbunan yang tidak menggunakan kerb, maka lereng melintang jalan dianggap sudah cukup untuk dapat mengalirkan air diatas badan jalan yang selanjutnya dibuang ke lereng jalan.

Untuk jalan-jalan diatas tanah timbunan dengan medan datar dan menggunakan kerb, kelandaian yang dianjurkan adalah sebesar 0,15% yang dapat membantu mengalirkan air dari atas badan jalan dan

membuangnya ke saluran tepi atau saluran pembuangan. Sedangkan untuk jalan-jalan didaerah galian atau jalan yang memakai kerb, kelandaian jalan minimum yang dianjurkan adalah 0,30%-0,50%. Lereng melintang jalan hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh di atas badan jalan, sedangkan landai jalan dibutuhkan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping, untuk membuang air permukaan sepanjang jalan

b. Landai Maksimum

Kelandaian maksimum yang dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti, kelandaian maksimum didasarkan di kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.

Tabel 2.14 Kelandaian Maksimum

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

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

c. Panjang Kritis Suatu Kelandaian

Panjang kritis yaitu panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian, sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh Vr. Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak lebih dari satu menit. (Hamirhan Saodang, 2010)

Tabel 2.15 Panjang Kritis

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 Geometri Jalan Antar kota No.038/T/BM/1997)

d. Lajur Pendakian

Pada jalur jalan dengan rencana volume lalu lintas yang tinggi, maka kendaraan berat akan berjalan pada lajur pendakian dengan kecepatan di bawah kecepatan rencana (VR), sedangkan kendaraan lainnya masih dapat bergerak dengan kecepatan rencana. Dalam hal ini sebaiknya dipertimbangkan untuk membuat lajur tambahan di sebelah kiri lajur jalan.

Tabel 2.16 Lajur pendakian pada Kelandaian Khusus Jalan Luar Kota (2/2 TB)

Panjang	Ambang Arus Lalulintas (Kend/jam) tahun 1, Jam puncak		
	3%	5%	7%
0,5 km	500	400	300
>1 km	325	300	300

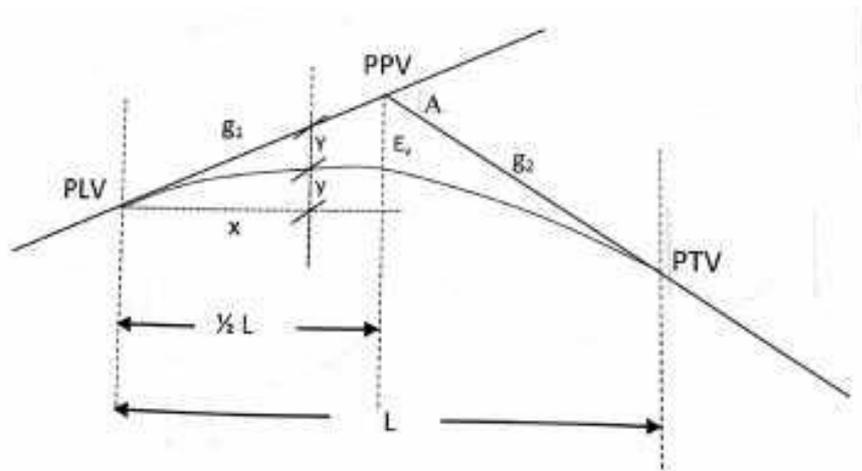
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar kota No.038/T/BM/1997)

2.6.2 Bentuk Lengkung Vertikal

Pergantian dari satu kelandaian ke kelandaian yang lain dilakukan dengan menggunakan lengkung vertikal. Titik perpotongan dua bagian tangen vertikal dinamakan Titik Perpotongan Vertikal (TPV), dikenal dengan nama *Point of Vertical Intersection* (PVI) atau sering disebut Poin Perpotongan Vertikal (PPV).

Lengkung Vertikal berbentuk lengkung parabola sederhana. Penentuan panjang lengkung vertikal dan elevasi setiap titik pada lengkung digunakan asumsi sebagai berikut :

- a) Panjang lengkung vertikal sama dengan proyeksi lengkung vertikal.
- b) Titik PPV terletak di tengah-tengah garis proyeksi lengkung vertikal.



(sumber : dasar-dasar perencanaan geometrik ruas jalan, 2017)

Gambar 2.15 Tipikal lengkung vertikal parabola sederhana

Keterangan :

Titik PLV = Titik Permulaan Lengkung Vertikal.

Titik PTV = Titik Permulaan Tangen Vertikal.

L = Panjang lengkung Vertikal (asumsi)

g_1 = Kelandaian bagian Tangen vertikal sebelah kiri. %

g_2 = Kelandaian bagian tangen vertikal sebelah kanan, %

a = Perbedaan aljabar landai, dinyatakan dalam persen = $g_1 - g_2$

E_v = pergeseran vertikal titik PPV terhadap lengkung vertikal.

1) Lengkung Vertikal Cembung

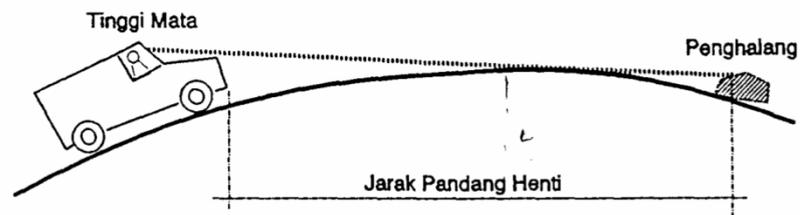
Lengkung vertikal cembung, adalah lengkung dimana titik PPV berada diatas permukaan jalan. Lengkung vertikal cembung dirancang berbentuk parabola, sedangkan panjang lengkung ditentukan dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a. Jarak pandang
- b. Drainase
- c. Kenyamanan

4. Lengkung Vertikal Cekung

Lengkung vertikal cekung, adalah lengkung dimana titik PPV berada dibawah permukaan jalan.

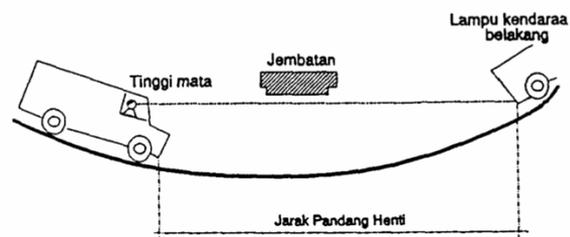
Lengkung Cembung



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

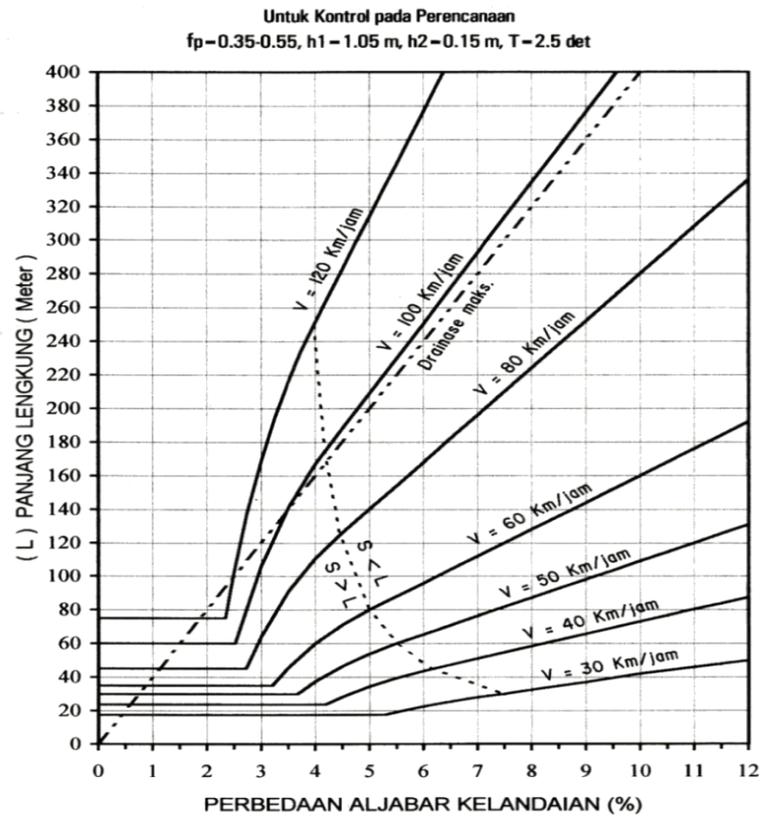
Gambar 2.16 Lengkung Cembung

Lengkung Cekung



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

Gambar 2.17 Lengkung Cekung



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

Gambar 2.18 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

2.7 Perancangan Perkerasan Lentur

Perancangan perkerasan lentur, umumnya ditujukan pada hitungan tebal masing-masing komponen pembentuk strukturnya agar memenuhi syarat pelayanan pada periode waktu rancangan yang ditentukan. Perbedaan mendasar dari perancangan perkerasan bila dibandingkan dengan perancangan bangunan sipil yang lain, adalah pada bangunan sipil, umumnya perancangan didasarkan pada kondisi keruntuhan, pada waktu segera, atau setelah periode waktu tertentu dengan kualitas bahan yang relatif sama dengan kondisi awalnya. Dalam perancangan perkerasan, perancangan dilakukan dengan memperhatikan penurunan kualitas bahan secara berangsur-angsur sejalan dengan berjalannya waktu. Penurunan kualitas tersebut dipengaruhi oleh kualitas material yang digunakan, besarnya beban lalu lintas, berapa kali pengulangan beban lalu-lintasnya, dan kondisi lingkungan.

Perancangan tebal perkerasan lentur dipengaruhi oleh kekuatan tanah-dasar. Jika perkerasan aspal mempunyai kekakuan tinggi, maka dapat berperilaku seperti perkerasan, atau pada sembarang komponen perkerasan yang lain, menjadi hal yang menentukan. Sebagai contoh, dalam kondisi tertentu perkerasan aspal dipakai di seluruh kedalamannya. Tipe perkerasan seperti ini akan seperti perkerasan kaku, sehingga cara klasik perancangan perkerasan lentur tidak dipakai lagi. Agar kesamaan ini berlaku, maka harus digunakan bahan perekat untuk menaikkan stabilitas lapis pondasi atau pondasi bawah.

Perkerasan lentur dapat mempunyai kekakuan yang sama seperti perkerasan beton, jika komponen perkerasannya distabilisasi, atau jika lapisan aspal yang digunakan relatif tebal.

Perancangan tebal perkerasan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu:

- 1) Cara pendekatan empirik yang didasarkan pada hubungan antara perancangan tebal dengan kinerja layanan perkerasan. Cara ini diperoleh dari data uji beban skala penuh, ketika perkerasan berada dalam masa pelayanan. Contoh dari cara ini adalah perancangan dengan metode AASHTO (1993), dimana perancangan secara empirik didasarkan pada kinerja perkerasan di lapangan oleh akibat beban lalu-lintas normal.
- 2) Cara pendekatan mekanistik-empirik yang didasarkan pada hubungan empirik dari keruntuhan perkerasan yang terkait dengan sifat-sifat material (tegangan-regangan), beban-beban yang bekerja dan tegangan termal. salah satu contoh cara ini, adalah metoda PCA (1984) dan Austroads (1972). Pada cara ini, hitungan tebal perkerasan dilakukan dengan menggunakan grafik-grafik dan tabel-tabel. Grafik dan tabel tersebut, dibuat berdasarkan hasil analisis tegangan dan defleksi yang dihitung dengan menggunakan metode elemen hingga. Pada analisis perkerasan lentur dengan cara mekanistik ini, terdapat beberapa anggapan :
 - a) Material perkerasan dianggap homogen, elastis dan isotropik (kecuali untuk material granuler tak terikat dan tanah dasar, keduanya dianggap anisotropik).
 - b) Reaksi terhadap pembebanan dianalisis berdasarkan teori elastik linier.

- c) Reaksi terhadap beban. Lokasi terktitis pada aspal adalah regangan tarik horizontal di dasar lapisan pada material granuler tak tersementasi tidak diperhitungkan; untuk material granuler tersementasi: regangan horizontal didasar lapisan; untuk tanah dasar: regangan tekan vertikal di puncaknya.
- d) Beban gandar standar yang terdiri dari satu gandar dengan 2 ban pada ujung-ujungnya, dengan beban 8,16 ton (18 kip). Untuk perkerasan lentur, reaksi terkritis terhadap beban terjadi pada sumbu vertikal yang terletak dibawah beban tunggal atau sumbu simetri dari sepasang roda. Pengaruh beban roda di lokasi tersebut akibat pasangan beban roda yang lain di abaikan.
- e) Beban sepasang roda (dua ban) diwakili oleh tegangan terbagi rata didalam dua lingkaran dengan luas yang sama, yang terpisah satu sama lain dengan jarak 33 cm.
- f) Tebal dan sifat-sifat material tak tersementasi atau material granuler, sedemikian hingga tegangan tarik tidak akan bekerja pada material ini.

2.7.1 Manual Desain Perkerasan 2017

Dalam perencanaan perkerasan lentur terdapat beberapa parameter yang telah di jelaskan pada MDP 2017 yaitu analisa lalu lintas, CBR tanah dasar, umur perencanaan dan fondasi dasar.

Jumlah waktu yang digunakan dalam kurun waktu satu tahun dimulai dari dibukanya jalan tersebut hingga saat membutuhkan perbaikan dengan skala besar atau pembangunan ulang memiliki istilah yang disebut dengan Umur Rencana (UR).

Kriteria Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur :

- 1) Menentukan Umur Rencana

Tabel 2.17 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun)
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir	20

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun)
	Fondasi jalan	40
	Segala perkerasan untuk daerah yang mustahil dilakukan pelapisan ulang (<i>Overlay</i>), jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan	
	<i>Cemen Treated Based</i> (CTB)	
Perkerasan Kaku	Lapis fondasi atas, bawah, Lapis beton semen, dan fondasi jalan	
Jalan tanpa penutup	segala elemen (termasuk fondasi jalan).	Minimum 10

(Sumber: Manual Desain Perkerasan, 2017)

2) Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Tabel 2.18 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i %)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-Rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor Rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan Desa	1,00	1,00	1,00	1,00

(Sumber : Manual Design Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*) :

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i}$$

Keterangan :

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

I = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = Umur rencana (tahun)

3) Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara analitis dan grafis

1. Cara Analitis

Adapun rumus yang di gunakan pada CBR analitis adalah

$$CBR_{\text{Segmen}} = (CBR_{\text{Rata}} - CBR_{\text{min}}) / R$$

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

Tabel nilai R untuk perhitungan CBR segmen adalah:

Tabel 2.19 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	2,6
9	3,08
>10	3,18

(Sumber : Silvia Sukirman, *Perkerasan Lentur Jalan Raya Nova*, 1999)

2. Cara Grafis

Prosedur perhitungan CBR dengan cara grafis adalah sebagai berikut :

1. Tentukan nilai CBR terendah.
2. Tentukan berapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR kemudian disusun secara tabelaris, mulai dari CBR terkecil sampai yang terbesar.
3. Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain merupakan persentase dari 100%.

4. Diberi grafik hubungan antara harga CBR dengan persentase nilai tadi.

5. Nilai CBR segmen adalah nilai pada keadaan 90%.

4) Pemilihan Struktur Perkerasan

Tabel 2.20 Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0 – 0,5	0,1 – 4	>4 - 10	>10 – 30	>30 - 200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan $CBR \geq 2,5\%$)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1, 2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal ≥ 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1, 2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir	3A	-	1, 2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Fondasi Soil Cement	6	1	1	-	-	-

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0 – 0,5	0,1 – 4	>4 - 10	>10 – 30	>30 - 200
Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

(Sumber : Manual Design Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

5) Lalu Lintas Pada Lajur Rencana

Pada lajur rencana ini, untuk jalan dua arah faktor distribusi arah (DD) yang umumnya 0,50 kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu. Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Pada jalan yang demikian, walaupun sebagian besar kendaraan niaga akan menggunakan lajur luar, sebagian lainnya akan menggunakan lajur-lajur dalam. Faktor distribusi jalan yang ditunjukkan pada **Tabel 2.21**.

Tabel 2.21 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah Lajur Setiap Arah	Kendaraan Niaga pada Lajur Desain (% Terhadap Populasi Kendaraan Niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

(Sumber : Manual Design Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

6) Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

Dalam desain perkerasan, beban lalu lintas dikonversi ke beban standar (ESA) dengan menggunakan Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage*

Factor). Analisis struktur perkerasan dilakukan berdasarkan jumlah kumulatif ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana.

Tabel 2.22 Nilai VDF masing-masing jenis kendaraan niaga

Jenis kendaraan	Sumatera				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua				
	Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	
5B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6A	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,5
6B	4,5	7,4	3,4	4,8	5,3	9,2	4,0	5,1	4,8	8,5	3,4	4,7	4,9	9,0	2,9	4,0	3,0	4,0	2,5	3,0	
7A1	10,1	18,4	5,4	7,4	8,2	14,4	4,7	6,4	9,9	18,3	4,1	5,3	7,2	11,4	4,9	6,7	-	-	-	-	
7A2	10,5	20,0	4,3	5,8	10,2	19,0	4,3	5,8	9,8	17,7	4,2	5,4	9,4	19,1	3,8	4,8	4,9	9,7	3,9	8,0	
7B1	-	-	-	-	11,8	18,2	9,4	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7B2	-	-	-	-	13,7	21,8	12,6	17,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7C1	15,9	29,5	7,0	9,8	11,0	19,8	7,4	9,7	11,7	20,4	7,0	10,2	13,2	25,5	6,5	8,8	14,0	11,9	10,2	8,0	
7C2A	19,8	39,0	6,1	8,1	17,7	33,0	7,8	10,2	8,2	14,7	4,0	5,2	20,2	42,0	6,8	8,5	-	-	-	-	
7C2B	20,7	42,8	6,1	8,0	13,4	24,2	6,5	8,5	-	-	-	-	17,0	28,8	9,3	13,5	-	-	-	-	
7C3	24,5	51,7	6,4	8,0	18,1	34,4	6,1	7,7	13,5	22,9	9,8	15,0	28,7	59,6	6,9	8,8	-	-	-	-	

(Sumber : Manual Design Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

7) Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan sebagai berikut:

Menggunakan VDF masing-masing kendaraan niaga

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R$$

Keterangan :

ESA_{TH-1} = Kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen (*equivalent Standard axle*) pada tahun pertama.

LHR_{JK} = Lintas harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari).

VDF_{JK} = Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*) tiap jenis kendaraan niaga

DD = Faktor distribusi arah.

DL = Faktaqor distribusi lajur

CESAL = Kumulatif beban sumbu standar ekuivalen selama umur rencana.

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

8) Lapis Penopang (*Capsing Layers*)

Tabel 2.25 menunjukkan tebal minimum lapis penopang untuk mencapai CBR desain 6 % yang digunakan untuk Pengembangan Katalog Desain Tebal Perkerasan. Apabila lapis penopang akan digunakan untuk kendaraan konstruksi mungkin diperlukan lapis penopang yang lebih tebal.

Tabel 2.23 Desain Pondasi Jalan Minimum

CBR Tanah dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5)			Stabilisasi Semen ⁽⁶⁾
			< 2	2 - 4	> 4	
Tebal minimum perbaikan tanah dasar						
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Devisi 3 – Pekerjaan Tanah) (pemadatan lapisan ≤ 200 mm tebal gembur)	Tidak diperlukan perbaikan			300
5	SG5		-	-	100	
4	SG4		100	150	200	
3	SG3		150	200	300	
2,5	SG2.5		175	250	350	
Tanah ekspansif (potensi pemuai > 5%)			400	500	600	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
Perkerasan di atas tanah lunak ⁽²⁾	SG1 ⁽³⁾	Lapis penopang ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	1000	1100	1200	
		-atau- lapis penopang dan geogrid ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir ^{(4) (5)}	1000	1250	1500	

(1) Desain harus mempertimbangkan semua hal yang kritikal; syarat tambahan mungkin berlaku.

(2) Ditandai dengan kepadatan dan CBR lapangan yang rendah.

(3) Menggunakan nilai CBR insitu, karena nilai CBR rendaman tidak relevan.

(4) Permukaan lapis penopang di atas tanah SG1 dan gambut diasumsikan mempunyai daya dukung setara nilai CBR 2.5%, dengan demikian ketentuan perbaikan tanah SG2.5 berlaku. Contoh: untuk lalu lintas rencana > 4 jt ESA, tanah SG1 memerlukan lapis penopang setebal 1200 mm untuk mencapai daya dukung setara SG2.5 dan selanjutnya perlu ditambah lagi setebal 350 mm untuk meningkatkan menjadi setara SG6.

(5) Tebal lapis penopang dapat dikurangi 300 mm jika tanah asal dipadatkan pada kondisi kering.

(6) Untuk perkerasan kaku, material perbaikan tanah dasar berbutir halus (klasifikasi A4 sampai dengan A6) harus berupa stabilisasi semen.

(Sumber : Manual Design Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

9) Menentukan Perhitungan Struktur Pondasi

a. Menggunakan cara CTB

Untuk jalan yang melayani lalu lintas sedang dan berat dapat dipilih lapis pondasi CTB, karena dapat menghemat secara signifikan dibandingkan dengan lapis fondasi berbutir. Biaya perkerasan dengan lapis pondasi CTB pada umumnya lebih murah daripada perkerasan beraspal konvensional dengan lapis pondasi berbutir untuk beban sumbu antara 10 – 30 juta ESA.

Ketebalan lapisan aspal dan CTB yang diuraikan pada Bagan Desain - 3 ditetapkan untuk mengurangi retak reflektif dan untuk memudahkan konstruksi.

Tabel 2.24 Desain Perkerasan Lentur Opsi Biaya Minimum dengan CTB

	F1 ²	F2	F3	F4	F5
	Untuk lalu lintas di bawah 10 juta ESA5 lihat bagan desain 3A – 3B dan 3 C				
	Lihat Bagan Desain 4 untuk alternatif perkerasan kaku ³				
Repetisi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ ESA _s)	> 10 - 30	> 30 – 50	> 50 – 100	> 100 – 200	> 200 – 500
Jenis permukaan berpengikat	AC	AC			
Jenis lapis Fondasi	Cement Treated Base (CTB)				
AC WC	40	40	40	50	50
AC BC ⁴	60	60	60	60	60
AC BC atau AC Base	75	100	125	160	220
CTB ³	150	150	150	150	150
Fondasi Agregat Kelas A	150	150	150	150	150

(Sumber : Manual Design Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

Tabel 2.25 Desain Perkerasan Lentur - Aspal dengan lapis Pondasi Berbutir

	STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
	Solusi yang dipilih				Lihat Catatan 2				
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 ESA5)	< 2	$\geq 2 - 4$	> 4 - 7	> 7 - 10	> 10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200
	KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)								
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1		2		3				

(Sumber : Manual Design Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

b. Ketebalan Lapis Perkerasan

Keterbatasan pelaksanaan pemadatan dan segregasi menentukan tebal struktur perkerasan. Perencana harus melihat batasan-batasan tersebut, termasuk ketebalan lapisan yang diizinkan pada Tabel 2.28. Jika pada bagan desain ditentukan bahwa suatu bahan dihamparkan lebih tebal dari yang diizinkan, maka bahan tersebut harus dihamparkan dan dipadatkan dalam beberapa lapisan.

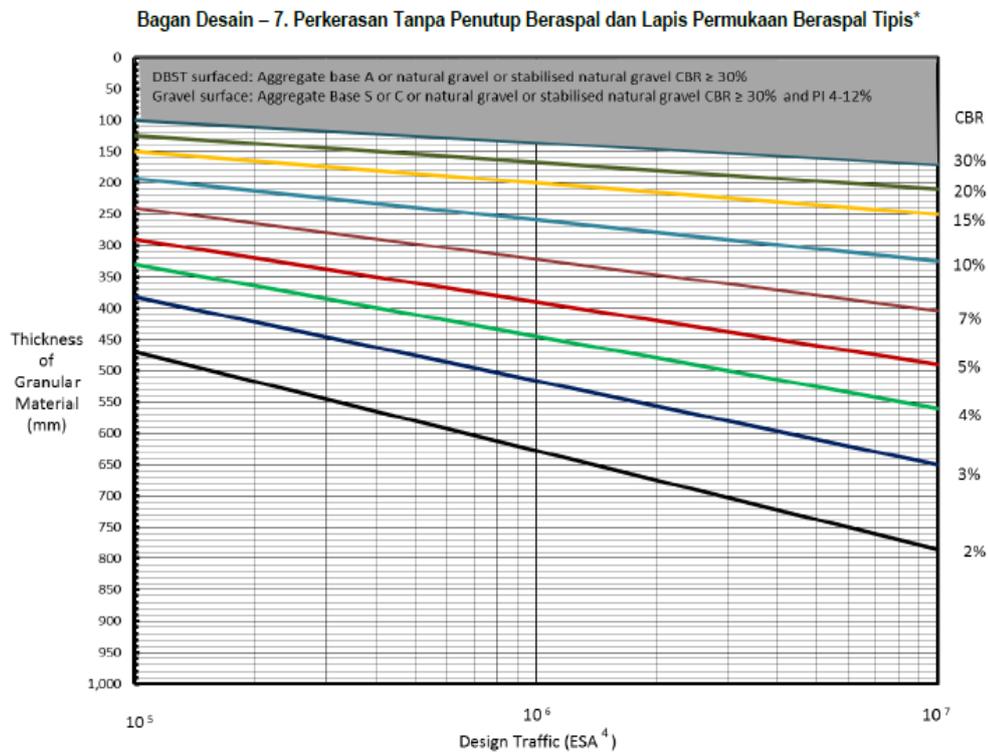
Tabel 2.26 Ketebalan Lapisan yang Diizinkan dan Penghamparan

Bahan	Tebal Minimum (mm)	Tebal yang Diperlukan (mm)	Diizinkan penghamparan dalam beberapa lapis
HRS WC	30	30 - 50	Tidak
HRS Base	35	35 - 50	Ya
AC-WC	40	40 - 50	Tidak
AC-BC	60	60 - 80	Ya
AC-Base	75	80 - 120	Ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas A	120	150 - 200	Ya

Bahan	Tebal Minimum (mm)	Tebal yang Diperlukan (mm)	Diizinkan penghamparan dalam beberapa lapis
(gradasi dengan ukuran maksimum 37.5 mm)			
Lapis Fondasi Agregat Kelas B (gradasi dengan ukuran maksimum 50 mm)	150	150 - 200	Ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas S (gradasi dengan ukuran maksimum 37,5 mm)	120	125 - 200	Ya
CTB (gradasi dengan ukuran maksimum 30 mm) atau LMC	100	150 - 200	Tidak
Stabilisasi tanah atau kerikil alam	100	150 - 200	Tidak
Kerikil alam	100	100 - 200	Ya

(Sumber : Manual Design Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

c. Menentukan Kebutuhan lapisan (*Sealing*) bahu jalan



(Sumber : Manual Design Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

Gambar 2.19 Grafik Desain Perkerasan Tanpa Penutup Beraspal dan Lapis permukaan Beraspal Lapis

d. Tebal Lapis Berbutir

Elevasi tanah dasar untuk bahu harus sama dengan elevasi tanah dasar perkerasan atau setidaknya pelaksanaan tanah dasar badan jalan harus dapat mengalirkan air dengan baik. Untuk memudahkan pelaksanaan, pada umumnya tebal lapis berbutir bahu dibuat sama dengan tebal lapis berbutir perkerasan.

e. Lalu Lintas untuk bahu

Beban lalu lintas desain pada bahu jalan tidak boleh kurang dari 10% lalu lintas lajur rencana, atau sama dengan lalu lintas yang diperkirakan akan menggunakan bahu jalan (diambil yang terbesar). Untuk bahu diperkeras dengan lapis penutup, pada umumnya, hal ini dapat dipenuhi dengan Burda atau penetrasi makadam yang dilaksanakan dengan baik.

f. Bahu Tanpa Pengikat - Lapis Agregat Berbutir Kelas S

Lapis permukaan harus berupa lapis fondasi agregat kelas S, atau kerikil alam yang memenuhi ketentuan dengan Indeks Plastisitas (IP) antara 4% - 12%. Tebal lapis permukaan bahu LFA kelas S sama dengan tebal lapis beraspal tapi tidak lebih tebal dari 200 mm. Jika tebal lapis beraspal kurang dari 125 mm maka tebal minimum LFA kelas S 125 mm.

2.8 Perencanaan Galian dan Timbunan

Di dalam perencanaan jalan antar kota di usahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan.

Langkah-langkah perhitungan galian dan timbunan

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

Tabel 2.27 Perhitungan Galian Timbunan

STA	Luas (m ²)		Jarak (m)	Volume (m ³)	
	Galian	Timbunan		Galian	Timbunan
0+000	A	A	L	$\frac{A + B}{2} \times L = C$	$\frac{A + B}{2} \times L = C$
0+100	B	B		$\frac{A + B}{2} \times L = C$	$\frac{A + B}{2} \times L = C$

STA	Luas (m ²)		Jarak (m)	Volume (m ³)	
	Galian	Timbunan		Galian	Timbunan
JUMLAH				ΣC	ΣC

(sumber : hendra suryadharna, 1999)

2.9 Manajemen Proyek

2.9.1 Barchart

Diagram *barchart* mempunyai hubungan 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.

2.9.2 Kurva S

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.

2.9.3 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.

2.9.4 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan 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 di masing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja. Dalam menyusun anggaran biaya dapat dilakukan dengan dua cara sebagai berikut:

1) Anggaran Biaya Kasar (Taksiran)

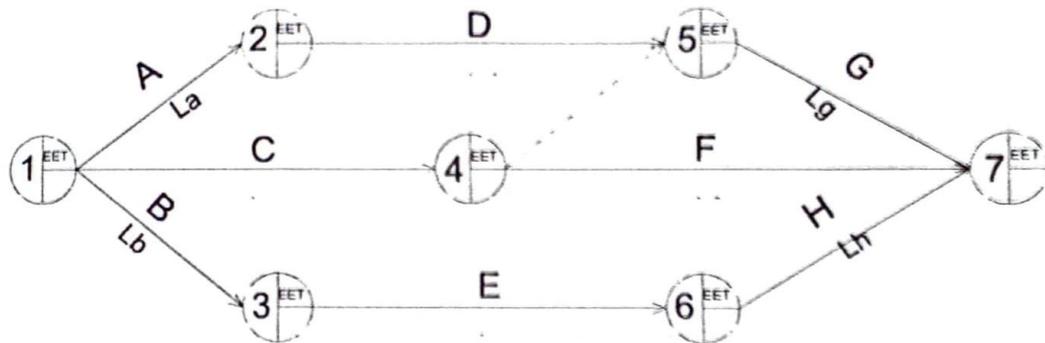
Sebagai pedoman dalam menyusun anggaran biaya kasar digunakan harga satuan tiap meter persegi (m^2) luas lantai. Anggaran biaya kasar dipakai sebagai pedoman terhadap anggaran biaya yang dihitung secara teliti.

2) 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 yang wajar, dan tidak terlalu jauh berbeda dengan harga yang dihitung secara teliti.

2.9.5 NWP

Manajemen proyek adalah suatu perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya, tepat mutu. Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi suatu perencanaan yang tepat di setiap pekerjaan yang ada. Dalam NPWP 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 tergesah-gesah sehingga orang dan alat dapat digeser ke tempat lain.



(sumber : Wulfram I. Ervianto, Manajemen Proyek Konstruksi, 2002)

Gambar 2.20 Sketsa Network Planning

Adapun Kegunaan dari NWP adalah:

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

- 1) Urutan pekerjaan yang logis
Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa yang slack/kelonggaran waktu.
- 2) Biaya untuk mempercepat pekerjaan
Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berada di luar 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:

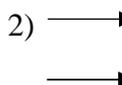
- 1) Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya durasi maupun sumber daya yang dibutuhkan.

- 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 dibatasi mulai dan selesai.
- 5) Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktifitas-aktifitas itu kemudian mengikutinya.
- 6) Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan, biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman.
- 7) Kepala anak panah menjadi arah pedoman dari setiap kegiatan.
- 8) Besar kecilnya lingkaran juga tidak mempunyai arti dalam pengertian penting atau tidaknya suatu peristiwa.

Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP antara lain:

- 1)  (*Arrow*),

Bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Ini adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah *nodes*, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan

- 2)  (*Double Arrow*)

Anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*).

- 3)  (*Node/Arrow*)

Bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan-kegiatan.

- 4)  (*Dummy*)

Bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud 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 jaringan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan antara harga pekerjaan dengan harga total keseluruhan dari jumlah harga penawaran.