

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Umum

Jalan sebagai prasarana transportasi yang dibuat untuk menyalurkan berbagai moda transport jalan yang bergerak dari asalnya ke tujuannya. Jalan antar kota adalah jalan-jalan yang menghubungkan simpul-simpul jasa distribusi dengan ciri-ciri tanpa perkembangan yang menerus pada sisi mana pun termasuk desa, rawa, hutan, meskipun mungkin terdapat perkembangan permanen, misalnya rumah makan, pabrik, atau perkampungan (Departemen Pekerjaan Umum,1997:2). Untuk menghasilkan produk perencanaan yang efektif dan efisien, diperlukan suatu perencanaan yang terstruktur sistematis dalam merencanakan suatu jalan.

2.2 Aspek Lalu Lintas

Data lalu lintas adalah data utama yang diperlukan untuk perencanaan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan menggunakan jalan pada suatu segmen jalan yang di tinjau. Adapun aspek lalu lintas sebagai berikut :

2.2.1 Volume lalu lintas (Q)

Volume lalu lintas merupakan jumlah kendaraan yang melewati satu titik tertentu dari suatu segmen jalan selama waktu tertentu. Dinyatakan dalam satuan kendaraan atau satuan mobil penumpang (smp). Sedangkan volume lalu lintas rencana (VLHR) adalah perkiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dan dinyatakan dalam smp/hari. Satuan volume lalu lintas yang umum dipergunakan sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar lajur.

2.2.2 Lalu lintas harian rata-rata

Lalu lintas harian rata-rata adalah volume lalu lintas rata-rata dalam satu hari. Dari cara memperoleh data tersebut dikenal dua jenis lalu lintas harian rata-rata yaitu lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) dan lalu

lintas harian rata-rata (LHR). LHRT adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data selama satu tahun penuh.

$$LHRT = \frac{\text{(Jumlah lalu lintas dalam 1 tahun)}}{365}$$

LHR adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan.

$$LHR = \frac{\text{(Jumlah lalu lintas selama pengamatan)}}{\text{lamanya pengamatan}}$$

2.2.3 Ekivalensi mobil penumpang (emp)

Ekivalensi mobil penumpang yaitu faktor konversi berbagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalu lintas. Untuk mobil penumpang dan kendaraan ringan lainnya, nilai emp adalah 1,0. Sedangkan nilai emp untuk masing-masing kendaraan untuk jalan luar kota adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Ekivalensi kendaraan penumpang (emp) untuk Jalan 2/2 UD

Tipe Alinyemen	Arus total (kend/jam)	EMP					
		MHV	LB	LT	MC		
					<6 m	6 – 8 m	>8 m
Datar	0	1,2	1,2	1,8	0,8	0,6	0,4
	800	1,8	1,8	2,7	1,2	0,9	0,6
	1350	1,5	1,6	2,5	0,9	0,7	0,5
	≥1900	1,3	1,5	2,5	0,6	0,5	0,4
Bukit	0	1,8	1,6	5,2	0,7	0,5	0,3
	650	2,4	2,5	5,0	1,0	0,8	0,5
	1100	2,0	2,0	4,0	0,8	0,6	0,4
	≥1600	1,7	1,7	3,2	0,5	0,4	0,3
Gunung	0	3,5	2,5	6,0	0,6	0,4	0,2
	450	3,0	3,2	5,5	0,9	0,7	0,4
	900	2,5	2,5	5,0	0,7	0,5	0,3
	≥1350	1,9	2,2	4,0	0,5	0,4	0,3

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Keterangan :

- LV (Kendaraan Ringan) : Kendaraan bermotor beroda empat, dengan dua gandar berjarak 2,0-3,0 m (termasuk kendaraan penumpang, oplet, mikro bis, pick-up, dan truk kecil, sesuai sistem klasifikasi bina marga).
- MHV (Kendaraan Berat Menengah) : Kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5-5,0 m (termasuk bis kecil, truk dua as dengan enam roda, sesuai sistem klasifikasi bina marga).
- LT (Truk Besar) : Truk tiga gandar dan truk kombinasi dengan jarak gandar (gandar pertama dan kedua) < 3,5 m (sesuai sistem klasifikasi bina marga).
- LB (Bis Besar) : Bis dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,0 – 6,0 m.
- MC (Sepeda Motor) : Sepeda motor dengan dua atau tiga roda (meliputi sepeda motor dan kendaraan roda tiga sesuai sistem klasifikasi bina marga).

2.2.4 Volume jam rencana

Volume jam rencana (VJR) adalah perkiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam SMP/jam. VJR digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalu lintas lainnya yang diperlukan. VJR dapat dihitung dengan rumus :

$$VJR = VLHR \times K$$

Dimana :

VLHR : Volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana (SMP/hari).

K : Faktor volume lalu lintas jam sibuk.

Tabel 2.2 Penentuan Faktor-K

VLHR	Faktor – K (%)
> 50.000	4-6
30.000 – 50.000	6-8
10.000 – 30.000	6-8
5.000 – 10.000	8-10
1.000 – 5.000	10-12
< 1.000	12-16

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota
No.38/TBM/1997

2.2.5 Pertumbuhan lalu lintas

Perkiraan (*forecasting*) lalu lintas harian rata-rata yang ditinjau dalam waktu 5, 10, 15, atau 20 tahun mendatang. Setelah waktu peninjauan berlalu, maka pertumbuhan lalu lintas ditinjau kembali untuk mendapatkan pertumbuhan lalu lintas yang akan datang. Perkiraan perhitungan pertumbuhan lalu lintas ini digunakan sebagai dasar untuk menentukan kelas jalan dan menghitung perencanaan perkerasan jalan tersebut. Persamaan:

$$Y' = a + b X$$

$$a = \frac{\sum Y_i \times \sum X_i^2 - \sum X_i \times \sum X_i Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$b = \frac{\sum X_i Y_i - \sum X_i \times \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

Dimana :

Y' : Subyek dalam variabel dependen yang diprediksikan (LHR).

a dan b : Konstanta awal energi.

X : Waktu (tahun).

LHR dapat dihitung dengan rumus : $LHR_n = LHR_0 \times (1 + i)^n$.

Dimana :

LHR_n : Besarnya arus lalu lintas pada tahun rencana (pada tahun ke-n).

LHR_0 : Besarnya arus lalu lintas pada awal perencanaan.

i : Faktor pertumbuhan lalu lintas.

n : Umur rencana.

2.2.6 Kapasitas

Dalam penilaian kapasitas adalah pemahaman akan kondisi yang berlaku. Kondisi ideal dapat dinyatakan sebagai kondisi yang mana peningkatan jalan lebih lanjut dan perubahan kondisi cuaca tidak akan menghasilkan pertambahan nilai kapasitas.

Rumus yang digunakan berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, adalah sebagai berikut :

$$C = C_0 \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{SF}$$

Dimana :

- C : Kapasitas (smp/jam).
- C₀ : Kapasitas dasar (smp/jam).
- FC_w : Faktor penyesuaian lebar lajur lalu lintas.
- FC_{SP} : Faktor penyesuaian pemisah arah.
- FC_{SF} : Faktor penyesuaian hambatan samping

a. Kapasitas Dasar (C₀)

Kapasitas dasar adalah volume maksimum perjam yang dapat dilewati kendaraan pada suatu potongan lajur jalan (untuk multi lajur) atau potongan jalan (untuk dua lajur) pada kondisi jalan dan arus ideal. Kapasitas jalan tergantung pada tipe jalan, jumlah lajur dan apakah jalan dipisahkan dengan pemisah fisik atau tidak, seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2.3 Kapasitas Dasar pada Jalur Luar Kota 4-Lajur 2-Arah (4/2)

Tipe Jalan/ Tipe Alinyemen	Kapasitas Dasar Total Kedua Arah (smp/jam/lajur)
Empat-lajur terbagi	
Datar	1900
Bukit	1850
Gunung	1800
Empat-lajur tak terbagi	
Datar	1700
Bukit	1650
Gunung	1600

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Tabel 2.4 Kapasitas Dasar pada Jalur Luar Kota 2-Lajur 2-Arah (2/2)

Tipe Jalan/ Tipe Alinyemen	Kapasitas Dasar Total Kedua Arah (smp/jam/lajur)
Dua– lajur tak terbagi	
Datar	3100
Bukit	3000
Gunung	2900

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia,1997

b. Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas (FC_w)

Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas adalah seperti tabel berikut :

Tabel 2.5 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Jalur Lalu Lintas (FC_w)

Tipe Jalan	Lebar Efektif Jalur Lalu Lintas (m)	FC_w
Empat lajur terbagi Enam lajur terbagi Empat Lajur tak terbagi	Per lajur	
	3,20	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,03
Dua lajur tak terbagi	Total kedua arah	
	5	0,69
	6	0,91
	7	1,00
	8	1,08
	9	1,15
	10	1,21
11	1,27	

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia,1997

c. Faktor penyesuaian pemisah arah (FC_{SP})

Besarnya faktor penyesuaian untuk jalan tanpa pengguna pemisah arah, untuk jalan terbagi faktor penyesuaian kapasitas akibat pemisah arah tidak dapat dan nilainya 1,0.

Tabel 2.6 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah (FC_{SP})

Pemisah arah SP %-%		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FC_{SP}	Dua lajur 2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat lajur 4/2	1,00	0,975	0,95	0,925	0,90

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia,1997

d. Faktor penyesuaian hambatan samping

Faktor penyesuaian hambatan samping berdasarkan pada lebar efektif bahu dan kelas hambatan samping.

Tabel 2.7 Kelas Hambatan Samping

Kelas Hambatan Samping	Kode	Kondisi Khas
Sangat rendah	VL	Pedesaan: pertanian atau belum berkembang
Rendah	L	Pedesaan: beberapa bangunan dan kegiatan samping jalan
Sedang	M	Kampung: kegiatan pemukiman
Tinggi	H	Kampung: beberapa kegiatan pasar
Sangat tinggi	VH	Hampir perkotaan: banyak pasar/kegiatan niaga

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia,1997

Tabel 2.8 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping

(FC_{SF})

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	Faktor penyesuaian akibat hambatan samping (FC_{SF})			
		LEbar bahu efektif (m)			
		<0,5	1,0	1,5	>2,0
4/2 D	VL	0,99	1,00	1,01	1,03
	L	0,96	0,97	0,99	1,01
	M	0,93	0,95	0,96	0,99
	H	0,90	0,92	0,95	0,97
	VH	0,88	0,90	0,93	0,96
2/2 UD	VL	0,97	0,99	1,00	1,02
4/2 UD	L	0,93	0,95	0,97	1,00
	M	0,88	0,91	0,94	0,98
	H	0,84	0,87	0,91	0,95
	VH	0,80	0,83	0,88	0,93

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia,1997

2.2.7 Derajat kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai arus (Q) terhadap kapasitas (C), yang digunakan sebagai faktor utama untuk menentukan tingkat kinerja dan segmen jalan (MKJI,1997). Nilai DS menentukan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak.

$$DS = Q/C$$

Bila derajat kejenuhan (DS) yang didapat $<0,75$ maka jalan tersebut masih memenuhi (layak) dan apabila derajat kejenuhan (DS) yang didapat $>0,75$, maka perlu dilakukan pelebaran.

2.3 Perencanaan geometrik jalan

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yang memberikan kenyamanan yang optimal pada arus lalu lintas sesuai dengan kecepatan yang direncanakan. Secara umum perencanaan geometrik terdiri dari aspek-aspek perencanaan trase jalan, badan jalan yang terdiri dari bahu jalan dan jalur lalu lintas, tikungan, drainase, kelandaian jalan serta galian dan timbunan. Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan rasio tingkat penggunaan/biaya pelaksanaan. (Sukirman, 1999)

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 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).

Dalam Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/TBM/1997 yang dihasilkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga, dalam perencanaan geometrik jalan antar kota terdapat lima tahapan yang berurutan, yaitu:

1. Melengkapi data dasar,
2. Identifikasi lokasi jalan,
3. Penetapan kriteria perencanaan ,
4. Penetapan alinyemen yang optimal,
5. Penggambaran detail perencanaan geometrik dan pekerjaan tanah.

2.3.1 Data dasar

Data dasar yang diperlukan dalam perencanaan geometrik jalan adalah Peta topografi berkontur yang akan menjadi peta dasar perencanaan jalan, dengan skala tidak lebih kecil dari 1 : 10.000 (skala yang lainnya misalnya 1 : 2.500 dan 1 : 5.000, dengan perbedaan tinggi setiap garis kontur yang disarankan tidak lebih dari lima meter. Adapun peta lainnya yang menjadi penunjang perencanaan geometrik seperti, peta geologi yang memuat informasi daerah labil dan daerah stabil, peta tata guna lahan yang memuat informasi ruang peruntukan jalan, dan peta jaringan jalan.

2.3.2 Identifikasi Lokasi Jalan

Dengan data dasar seperti pada sub bab 2.3.1, dilakukan penetapan:

1. Kelas medan jalan.
2. Titik awal dan akhir perencanaan,
3. Melakukan identifikasi pada peta dasar untuk mengetahui daerah-daerah yang layak untuk dilintasi jalan berdasarkan struktur mekanik tanah, struktur geologi, dan pertimbangan lainnya yang dianggap perlu.

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Dalam Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/TBM/1997 klasifikasi medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.9 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 No.38/TBM/1997

2.3.3 Kriteria perencanaan geometrik

Kriteria perencanaan ditetapkan berdasarkan pertimbangan kecenderungan perkembangan transportasi di masa yang akan datang, sehingga jalan yang dibangun dapat memenuhi fungsinya selama umur

rencana yang diinginkan. Penetapan kriteria perencanaan yang diperlukan untuk perencanaan geometrik, yaitu :

a. Klasifikasi jalan

Jalan dibagi dalam kelas-kelas yang penempatannya berdasarkan pada fungsi dan volume lalu lintas. Klasifikasi dan fungsi jalan dibedakan seperti dalam tabel berikut :

Tabel 2.10 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Lalu Lintas Harian Rata-Rata

Fungsi	Kelas	Lalu Lintas Harian Rata-Rata (SMP)
Utama	I	>20000
Sekunder	II A	6000 – 20000
	II B	1500 – 8000
	II C	< 2000
Penghubung	III	-

Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya No.13/1970

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas. Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat pada tabel berikut (Pasal 11, PP No.43/1993).

Tabel 2.11 Klasifikasi Berdasarkan Muatan Sumbu Terberat

Fungsi	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 No.38/TBM/1997

b. Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik, dilihat dari bentuk ukuran dan daya dari kendaraan yang dipergunakan jalan, kendaraan tersebut dikelompokkan jadi tiga kategori:

1. Kendaraan kecil, diwakili oleh mobil penumpang,

2. Kendaraan sedang, diwakili oleh truk 3 As tandem dan bus besar 2 As,
3. Kendaraan besar, diwakili oleh truk dan semi trailer.

Dimensi dasar untuk masing-masing kategori kendaraan rencana ditunjukkan dalam tabel berikut :

Tabel 2.12 Dimensi Kendaraan Rencana

Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan Rencana (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	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.38/TBM/1997

c. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana (V_R), pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lenggang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti. Untuk kondisi medan sulit, V_R suatu segmen dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 Km/jam. Kecepatan rencana untuk masing-masing fungsi jalan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.13 Kecepatan Rencana (V_R), Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Klasifikasi Medan Jalan

Fungsi	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 No.38/TBM/1997

2.3.4 Penampang Melintang

Penampang melintang terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut :

a. Jalur Lalu Lintas

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,
5. Separator.

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 TB),
4. 2 jalur – n lajur – 2 arah (n/2 TB) dimana n = jumlah lajur.

Lebar jalur minimum adalah 4,5 meter, memungkinkan 2 kendaraan kecil saling berpapasan. Papasan 2 kendaraan besar yang terjadi sewaktu-waktu dapat menggunakan bahu jalan, pada tabel dibawah dilihat lebar jalur dan bahu sesuai dengan VLHR-nya.

Tabel 2.14 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan

VLHR (smp/hari)	ARTERI				KOLEKTOR			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Lebar Jalur (m)	Lebar bahu (m)						
<3000	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,5	4,5	1,0
3000-10000	7,0	2,0	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,5
10001-25000	7,0	2,0	7,0	7,0	2,0	**)	**)	-
>25000	2n×3,5*)	2,5	2×7,0*)	2n×3,5*)	2,0	**)	**)	-

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.38/TBM/1997

Tabel 2.15 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan

VLHR (smp/hari)	LOKAL			
	Ideal		Minimum	
	Lebar Jalur (m)	Lebar bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar bahu (m)
<3000	6,0	1,0	4,5	1,0
3000-10000	7,0	1,5	6,0	1,0
10001-25000	-	-	-	-
>25000	-	-	-	-

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.38/TBM/1997

Keterangan :

***) mengacu pada persyaratan ideal.

*) 2 jalur terbagi, masing-masing $n \times 3,5$ m, dimana n = jumlah lajur per jalur tidak ditentukan.

b. Lajur

Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang dibatasi oleh marka jalan, memiliki lebar yang cukup untuk dilewati kendaraan bermotor sesuai dengan kendaraan rencana. Lebar lajur tergantung pada kecepatan dan kendaraan rencana. Jumlah lajur ditetapkan dengan mengacu kepada MKJI berdasarkan tingkat kinerja yang direncanakan. Untuk kelancaran drainase permukaan, lajur lalu lintas pada alinyemen lurus memerlukan kemiringan melintang normal sebagai berikut :

1. 2-3 % untuk perkerasan aspal dan perkerasan beton.
2. 4-5% untuk perkerasan kerikil.

Tabel 2.16 Lebar Jalur Ideal

Fungsi	Kelas	Lebar Lajur Ideal (m)
Arteri	I	3,75
	II, III A	3,5
Kolektor	III A, III B	3,00
Lokal	III C	3,00

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.38/TBM/1997

c. Bahu jalan

Bahu jalan adalah bagian jalan yang terletak di tepi jalur lalu lintas dan harus diperkeras. Kemiringan bahu jalan normal 3-5 % . Fungsi bahu jalan adalah sebagai berikut :

1. Lajur lalu lintas darurat, tempat berhenti sementara, dan atau tempat parkir darurat,
2. Ruang bebas samping bagi lalu lintas,
3. Penyangga sampai untuk kesetabilan perkerasan jalur lalu lintas.

2.3.5 Alinyemen horizontal

Alinyemen horizontal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung (disebut juga tikungan). Perencanaan geometri pada bagian lengkung dimaksudkan untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima oleh kendaraan yang berjalan pada kecepatan rencana (V_R). Untuk keselamatan pemakai jalan, maka perlu dilakukan perhitungan jarak pandang dan daerah bebas samping.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam perencanaan alinyemen horizontal adalah sebagai berikut:

a. Menetapkan panjang bagian lurus

Hal ini dilakukan dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang bagian jalan lurus maksimum harus ditempuh dalam waktu tidak lebih dari 2,5 menit (sesuai V_R). Dalam Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/TBM/1997 penetapan panjang bagian jalan lurus maksimum dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.17 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maksimum		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.38/TBM/1997

b. Merencanakan bagian lengkung

Bagian yang paling kritis dari suatu alinyemen horizontal adalah bagian lengkung (tikungan). Untuk memberikan keamanan dan kenyamanan pengemudi, maka dalam merencanakan tikungan harus memperhatikan hal-hal berikut:

1) Superelevasi

Superelevasi (TPGJAK,1997) adalah suatu kemiringan melintang ditikungan yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima kendaraan pada saat berjalan melalui tikungan pada kecepatan V_R . Nilai superelevasi maksimum ditetapkan 10%.

2) Jari-jari tikungan

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

$$R_{min} = \frac{V_R^2}{127 \times (e_{max} + f)}$$

Dimana :

R_{min} : Jari-jari tikungan minimum (m).

V_R : Kecepatan rencana (Km/jam).

e_{max} : Superelevasi maksimum (%).

f : Koefisien gesek, untuk perkerasan aspal $f = 0,14 - 0,24$

Nilai f dapat juga dihitung dengan rumus :

$$\text{untuk } V < 80 \text{ km/jam} : f = -0,00065 \times V_R + 0,192$$

$$\text{untuk } V > 80 \text{ km/jam} : f = -0,00125 \times V_R + 0,24$$

Dalam Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/TBM/1997, tabel berikut dapat dipakai untuk menetapkan R_{min} .

Tabel 2.18 Panjang Jari-jari Minimum

V_R (Km/Jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R_{min} (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.38/TBM/1997

3) Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan (TPGJAK,1997) adalah lengkung yang disisipkan di antara bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan berjari-jari tetap R, hal ini berfungsi mengantisipasi perubahan alinyemen jalan dari betuk lurus (R tak terhingga) sampai bagian lengkung jalan berjari-jari tetap R sehingga gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan pada saat berjalan di tikungan berubah secara bertahap, baik ketika kendaraan mendekati tikungan maupun meninggalkan tikungan. Lengkung peralihan (L_s) ditentukan dari tiga rumus di bawah ini dan diambil nilai yang terbesar :

(a). Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan :

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} \times T$$

Dimana :

T : Waktu tempuh pada lengkung peralihan, ditetapkan 3 detik.

V_R : Kecepatan rencana (Km/jam).

(b). Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal :

$$L_s = 0,002 \times \frac{V_R}{R \times C} - 2,727 \times \frac{V_R \times e}{C}$$

Dimana :

R : Jari-jari busur lingkaran (m).

C : Perubahan kecepatan, 0,3-1,0 m/dt³ (disarankan 0,4 m/dt³).

e : Superelevasi

V_R : Kecepatan rencana (Km/Jam).

(c). Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian :

$$L_s = \frac{(e_m - e_n) \times V_R}{3,6 \times r_e}$$

Dimana :

e_m : Superelevasi maksimum.

e_n : Superelevasi normal.

r_e : Tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan (m/m/detik)

- Untuk $V \leq 70$ km, $r_e = 0,035$ m/m/detik

- Untuk $V \geq 80$ km, $r_e = 0,025$ m/m/detik

V_R : Kecepatan rencana (Km/jam).

Untuk lengkung dengan R lebih besar atau sama dengan yang ditunjukkan tabel berikut, tidak memerlukan lengkung peralihan.

Tabel 2.19 Jari-jari Tikungan yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

V_R (Km/Jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R_{min} (m)	25000	1500	900	500	350	250	130	60

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.38/TBM/1997

Untuk menentukan R, Ls, dan e dapat juga digunakan tabel yang terdapat pada lampiran (Tabel 1).

4) Bentuk bagian lengkung dapat berupa :

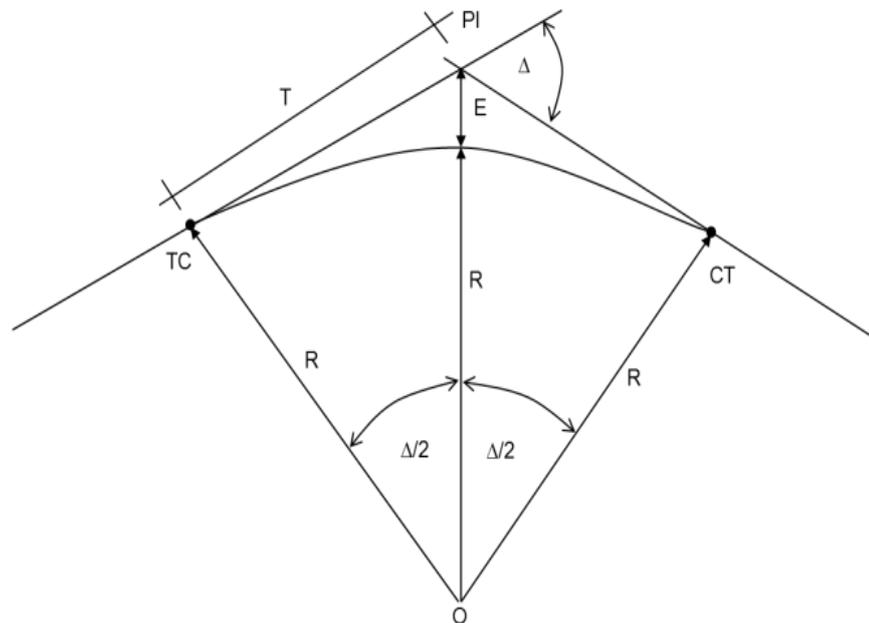
(a). *Full Circle* (FC)

Tikungan ini hanya terdiri dari bagian lingkaran tanpa adanya bagian peralihan, lengkung ini digunakan pada tikungan yang memiliki jari – jari besar dan sudut tangen yang relatif kecil, jenis tikungan ini merupakan yang paling ideal ditinjau dari segi keamanan dan kenyamanan pengemudi dan keadaannya, namun bila ditinjau dari penggunaan lahan dan biaya pembangunannya yang relative terbatas. Adapun rumus yang digunakan untuk merencanakan tikungan FC adalah sebagai berikut :

$$T = R \times \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$E = T \times \tan \frac{\Delta}{4} = \sqrt{R^2 + T^2} - R = R \left(\sec \frac{\Delta}{2} - 1 \right)$$

$$L_c = \frac{\Delta}{180} \times \pi \times R = 0,01745 \times \Delta \times R$$



Gambar 2.1 Bentuk Tikungan *Full Circle*

Dimana :

- Δ : Sudut tikungan, ($^{\circ}$).
- E : Jarak PI ke puncak busur lingkaran, (m).
- O : Titik pusat lingkaran.
- L : Panjang lengkung (CC-TC), (m).
- R : Jari-jari potongan antara dua garis tangen, (m).
- T : Jarak TC-PI atau PI-TC.

(b). *Spiral – Circle – Spiral (SCS)*

Lengkung ini terdiri atas bagian lingkaran (*circle*) dan bagian lurus. Lengkung *spiral* merupakan peralihan bagian lurus ke bagian *circle* yang berfungsi mengurangi gaya sentrifugal. Adapun rumus yang digunakan dalam merencanakan tikungan SCS adalah sebagai berikut:

$$X_s = L_s \times \left(1 - \frac{L_s^2}{40 \times R^2} \right)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 \times R}$$

$$\theta_s = \frac{90}{\pi} \times \frac{L_s}{R}$$

$$\Delta_c = \Delta - 2 \times \theta_s$$

$$p = \frac{LS^2}{6 \times R} - R \times (1 - \cos \theta_s)$$

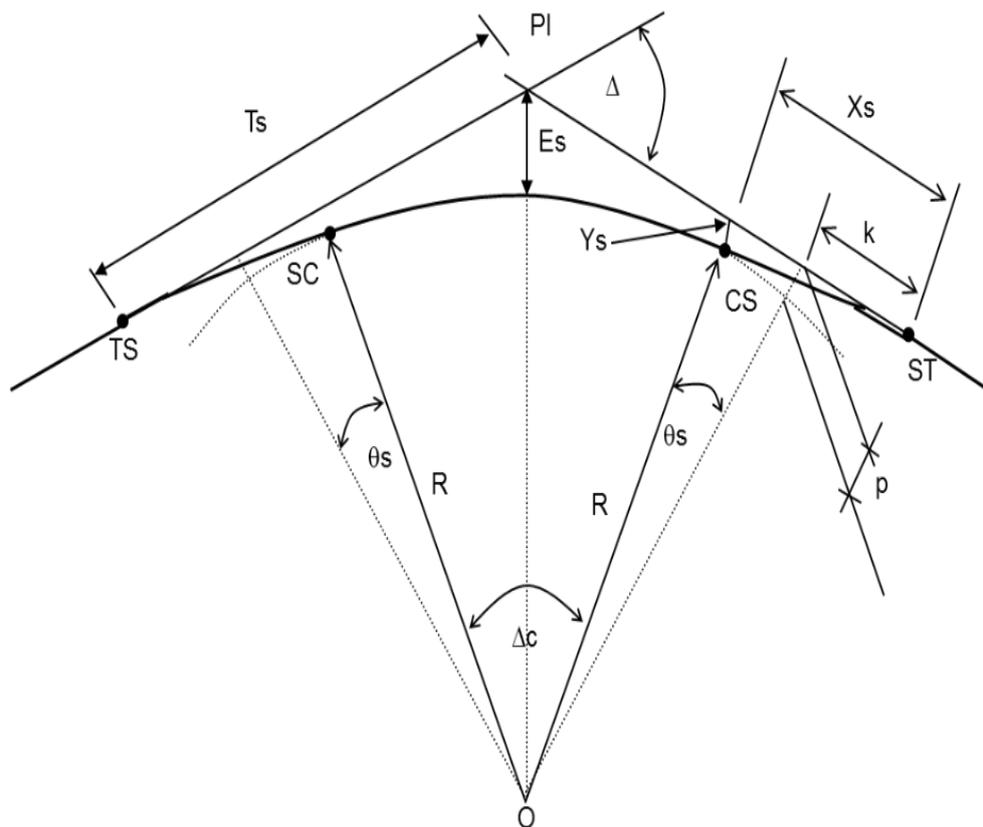
$$k = L_s - \frac{L_s^2}{40 \times R} - R \times \sin \theta_s$$

$$L_c = \frac{\Delta_c}{180} \times \pi \times R$$

$$T_s = (R + p) \times \tan \frac{\Delta}{2} - R$$

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

$$L = L_c + 2 \times L_s$$



Gambar 2.2 Bentuk Tikungan *Spiral Circle Spiral*

Dimana :

X_s : Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS-SC, (m).

Y_s : Ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, (m).

L_S : Panjang lengkung peralihan (jarak TS-SC atau SC-ST), (m).

L_c : Panjang busur lingkaran (jarak SC-CS), (m).

T_s : Jarak tangen dari PI ke TS atau ST, (m).

E_s : Jarak PI ke puncak busur lingkaran, (m)

Δ : Sudut tikungan, ($^\circ$).

Δ_c : Sudut lengkung circle, ($^\circ$).

θ_s : Sudut lengkung spiral, ($^\circ$).

R : Jari-jari tikungan, (m).

P : Pergeseran tangen terhadap spiral, (m).

k : Absis p pada garis tangen spiral, (m).

L : Panjang tikungan SCS. (m).

(c). *Spiral – Spiral* (SS)

Lengkung ini terdiri dari bagian *spiral* saja. Jenis lengkung ini dipergunakan untuk tikungan yang tajam, dengan sudut Δ yang relative besar dan jari-jari yang relative kecil. Adapun rumus yang digunakan dalam merencanakan tikungan SS adalah sebagai berikut:

$$\theta_s = \frac{1}{2} \times \Delta$$

$$L_c = 0$$

$$L_s = \frac{2 \times \pi \times R}{360} \times 2\theta_s \quad \text{atau} \quad L_s = \frac{\theta_s \times R}{28,648}$$

$$T_s = (R+p) \times \tan \frac{\Delta}{2} + K$$

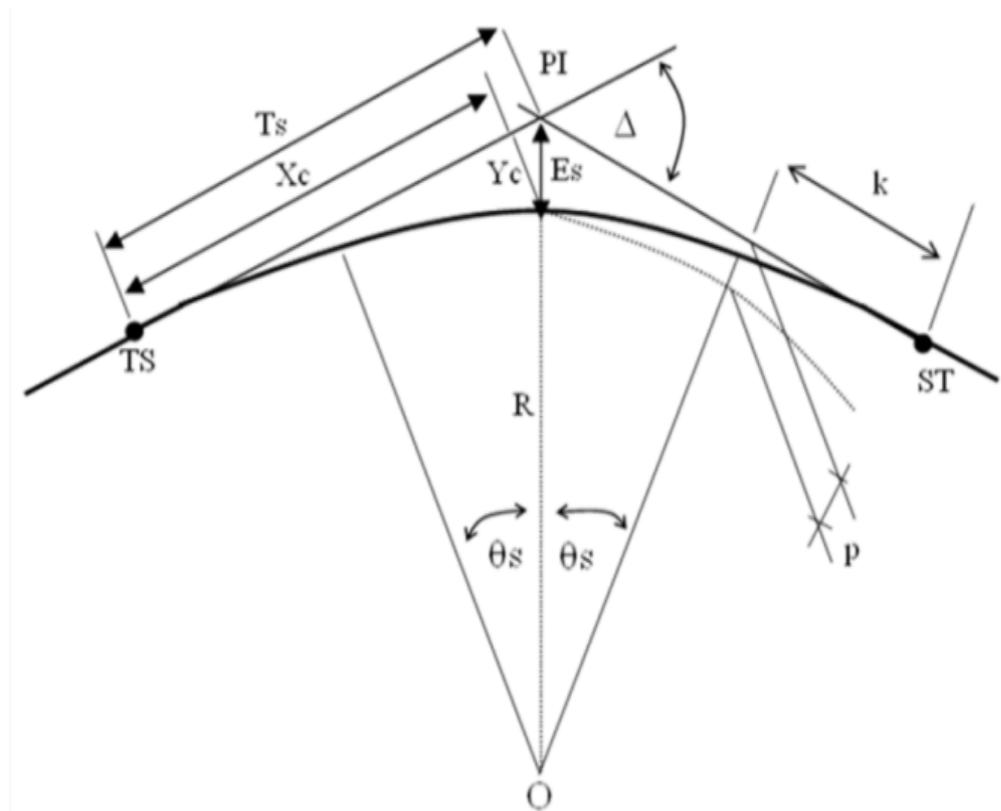
$$E_s = (R+p) \times \sec \frac{\Delta}{2} - R$$

$$L = 2 \times L_s$$

$$K = k^* \times L_s$$

$$p = p^* \times L_s$$

Untuk nilai k^* dan p^* dapat dilihat pada tabel yang ada di lampiran (Tabel 2) untuk $L_s=1$.



Gambar 2.3 Bentuk Tikungan *Spiral Spiral*

Dimana :

- L_s : Panjang lengkung peralihan, (m)
- T_s : Jarak tangen dari PI ke TS atau ST, (m)
- E_s : Jarak PI ke puncak busur lingkaran, (m)
- Δ : Sudut tikungan, ($^\circ$)
- θ_s : Sudut lengkung spiral, ($^\circ$)
- R : Jari-jari tikungan, (m)
- p : Pergeseran tangen terhadap spiral, (m)
- k : Absis p pada garis tangen spiral, (m)
- L : Panjang tikungan SS. (m)

5) Pelebaran jalur lalu lintas di tikungan

Pelebaran pada tikungan dimaksudkan untuk mempertahankan konsistensi geometrik jalan agar kondisi operasional lalu lintas di tikungan sama dengan di bagian lurus. Pelebaran jala di tikungan mempertimbangkan :

- (a). kesulitan pengemudi untuk menempatkan kendaraan tetap pada lajurnya.
- (b). Penambahan lebar (ruang) lajur yang dipakai saat kendaraan melakukan gerakan melingkar. Dalam segala hal pelebaran di tikungan harus memenuhi gerak perputaran kendaraan rencana sedemikian sehingga proyeksi kendaraan tetap pada lajurnya.
- (c). Pelebaran di tikungan ditentukan oleh radius belok kendaraan rencana.
- (d). Pelebaran yang lebih kecil dari 0,6 meter dapat diabaikan.

Adapun rumus yang digunakan untuk memperhitungkan pelebaran pada tikungan adalah sebagai berikut :

$$B = \sqrt{\left\{ \sqrt{R_C^2 - 64 + 1,25} \right\}^2 + 64 - \sqrt{R_C^2 - 64 + 1,25}}$$

$$R_C = R - \frac{1}{4} B_n + \frac{1}{2} b$$

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

$$B_t = n (B + C) + Z$$

$$\Delta b = B_t - B_n$$

Dimana :

- B : Lebar kendaraan rencana, (m)
- R_C : Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan yang besarnya dipengaruhi oleh sudut α , (m)
- R : Radius lajur sebelah dalam / jari-jari tikungan, (m)
- V : Kecepatan rencana, (Km/jam)
- Z : Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi ditikungan,
- B_t : Lebar total perkerasan di tikungan, (m)

- Bn : Lebar total perkerasan pada bagian lurus, (m)
 C : Kebebasan samping. 0,5 untuk lebar jalur 6 m, 1,0 untuk lebar jalur 7m, dan 1,25 untuk lebar jalur 7,5m,
 Δb : Tambahan lebar perkerasan di tikungan. (m)

6) Kebebasan samping

Daerah kebebasan samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga jarak pandang henti dipenuhi. Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan objek-objek penghalang sejauh E (m), yang diukur dari garis tengah lajur dalam sampai ke objek penghalang sehingga memenuhi persyaratan Jh. Daerah bebas samping dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

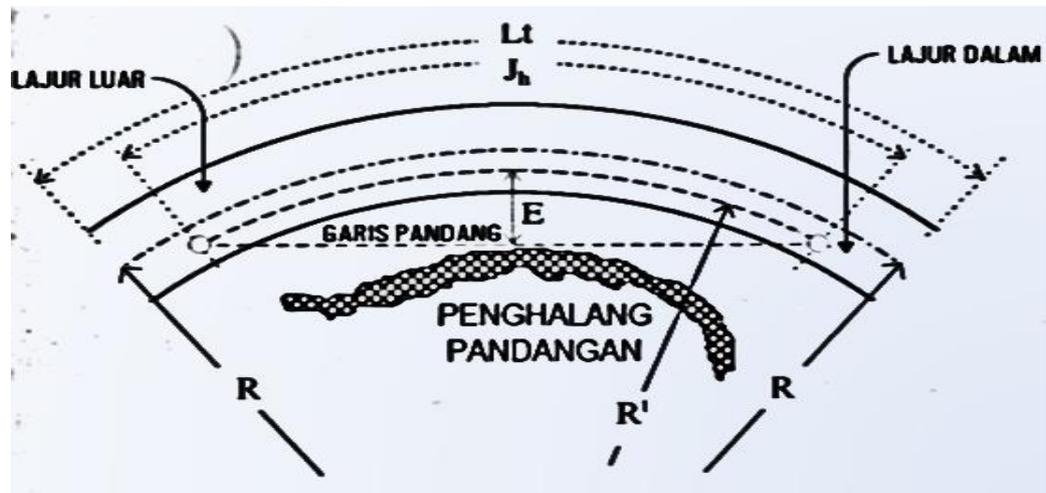
$$R' = R - \frac{1}{4} \times B$$

(a). Jika $Jh < Lt$.

$$E = R' \times \left(1 - \cos \frac{28,65 \times Jh}{R'} \right)$$

Dimana :

- E : Jarak bebas samping, (m)
 R' : Jari-jari sumbu lajur dalam, (m)
 R : jari-jari tikungan, (m)
 Jh : Jarak pandang henti, (m)
 Lt : Panjang tikungan, (m)
 B : Lebar total jalur. (m)



Gambar 2.4 Daerah Bebas Samping Tikungan untuk $J_h < L_t$

(b). Jika $J_h > L_t$

$$E = R' \times \left(1 - \cos \frac{28,65 \times J_h}{R'} \right) + \left(\frac{J_h - L_t}{2} \times \sin \frac{28,65 \times J_h}{R'} \right)$$

Dimana :

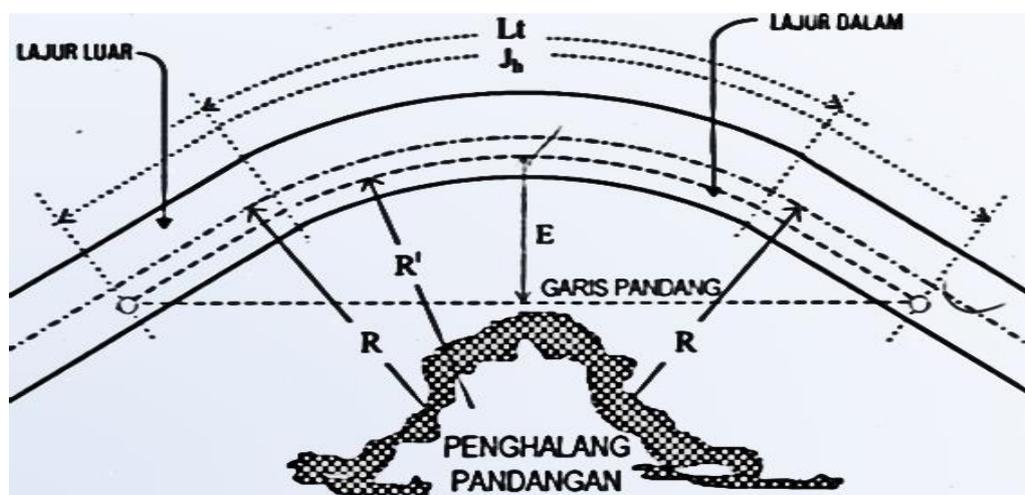
E : Jarak bebas samping, (m).

R' : Jari-jari sumbu lajur dalam, (m).

R : jari-jari tikungan, (m).

J_h : Jarak pandang henti, (m).

L_t : Panjang tikungan, (m).

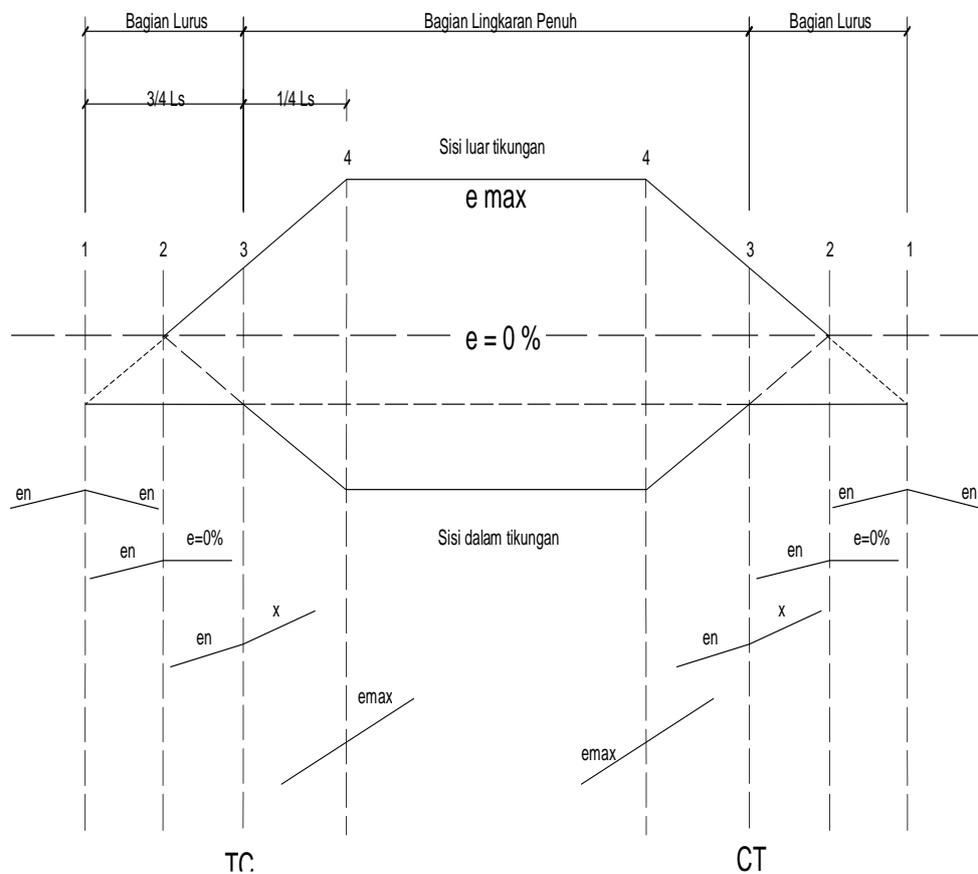


Gambar 2.5 Daerah Bebas Samping di Tikungan, untuk $J_h > L_t$

7) Pencapaian superelevasi

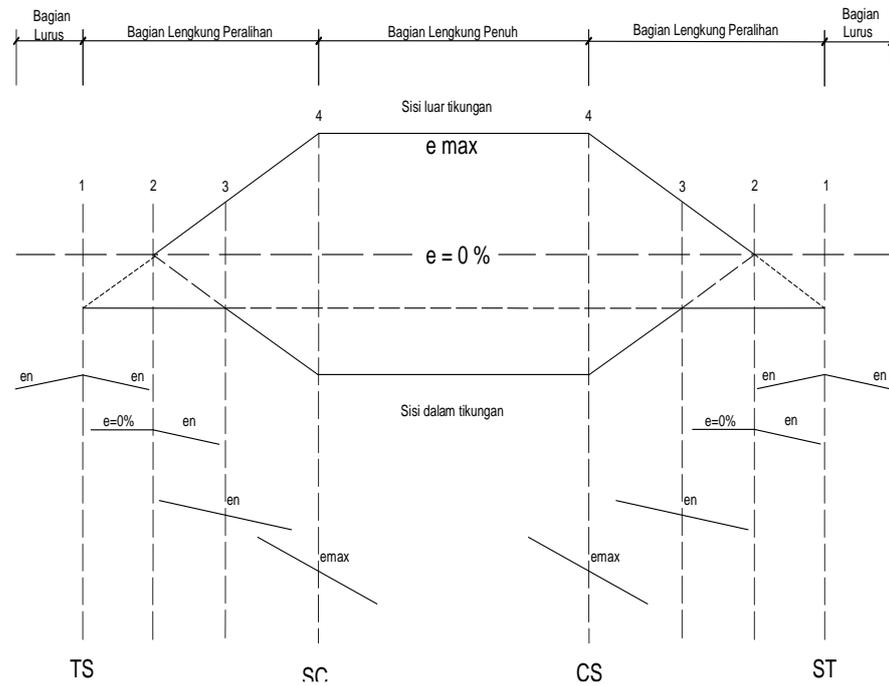
Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian yang lurus sampai ke miring penuh (Superelevasi) pada bagian lengkung. Adapun pencapaian superelevasi dilakukan sebagai berikut:

(a). Pada tikungan FC, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear.



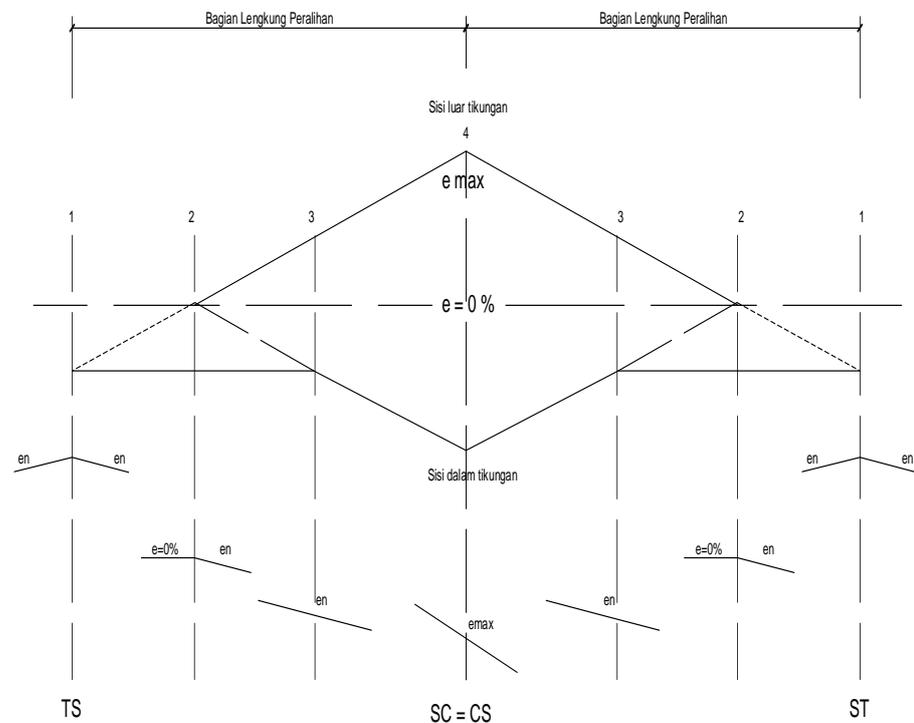
Gambar 2.6 Metoda Pencapaian Superelevasi Tikungan Tipe FC

(b). Pada tikungan SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bentuk normal sampai awal lengkung peralihan (TS) pada bagian lurus, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan (SC).



Gambar 2.7 Metoda Pencapaian Superelevasi Tikungan Tipe SCS

(c). Pada tikungan SS, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian *spiral*.



Gambar 2.8 Metoda Pencapaian Superelevasi Tikungan Tipe SS

2.3.6 Alinyemen vertikal

Alinyemen vertikal terdiri atas bagian landai vertikal dan bagian lengkung vertikal. Landai vertikal dapat berupa landai positif (tanjakan), atau landai negatif (turunan), atau landai nol (datar). Landai vertikal dapat berupa lengkung cekung atau lengkung cembung.

a. Landai maksimum

Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997:

- 1) Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti.
- 2) Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.
- 3) Kelandaian maksimum untuk berbagai V_r .

Tabel 2.19 Landai Maksimum

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

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.38/TBM/1997

b. Lengkung vertikal

Lengkung vertikal harus disediakan pada setiap lokasi yang mengalami perubahan kelandaian dengan tujuan :

- 1) Mengurangi goncangan akibat perubahan kelandaian.
- 2) Menyediakan jarak pandang henti.

Lengkung vertikal adalah garis yang menghubungkan antara dua kelandaian arah memanjang jalan agar tidak terjadi patahan, yang bertujuan untuk memenuhi keamanan, kenyamanan bagi pengguna jalan serta penyediaan drainase yang baik. Bentuk lengkung vertikal adalah parabola dengan asumsi sederhana sehingga elevasi sepanjang lengkung didapat dengan perbandingan dari offset vertikal dari PPV

yang bernilai tertentu. Kelandaian menaik diberi tanda (+) dan kelandaian menurun diberi tanda (-). Ketentuan pendakian atau penurunan ditinjau dari kiri ke kanan. Dari gambar diatas, besarnya defleksi (y') antara garis kemiringan (tangen) dan garis lengkung dapat dihitung dengan rumus :

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

$$A = g_2 - g_1$$

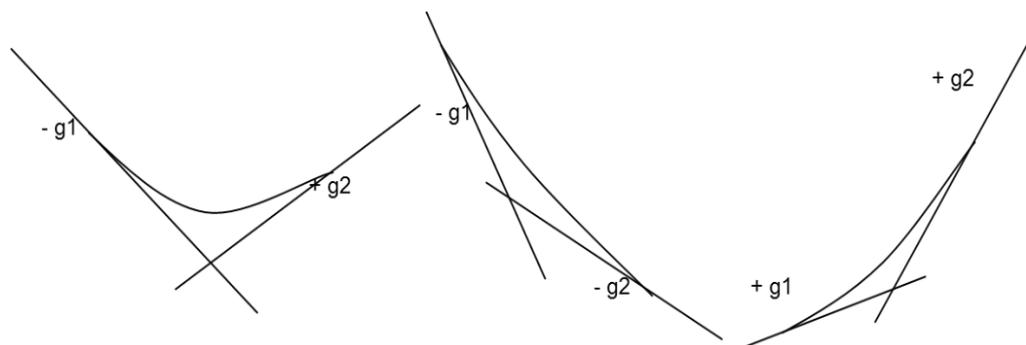
$$JH = 0,694 \times V_r + 0,004 \times \frac{V_r^2}{f_p}$$

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

$$y' = \frac{A \times x^2}{200 \times L_v}$$

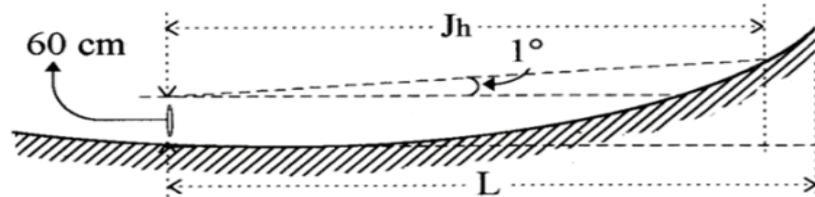
(a) Lengkung Vertikal Cekung

Lengkung vertikal cekung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada diatas permukaan jalan.

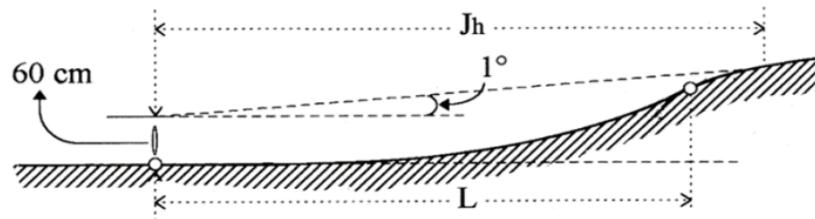


Gambar 2.9 Lengkung Vertikal Cekung

Penentuan panjang lengkung vertikal cekung dilakukan dengan mempertimbangkan empat kriteria, yaitu jarak sinar lampu besar dari kendaraan, kenyamanan pengemudi, ketentuan drainase, penampilan secara umum.

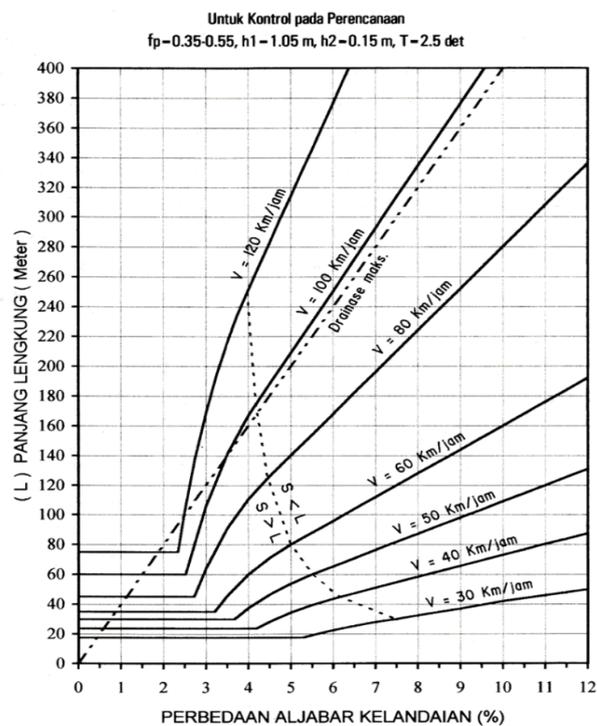


Gambar 2.10 Lengkung Vertikal Cekung untuk $J_h < L$



Gambar 2.11 Lengkung Vertikal Cekung untuk $J_h > L$

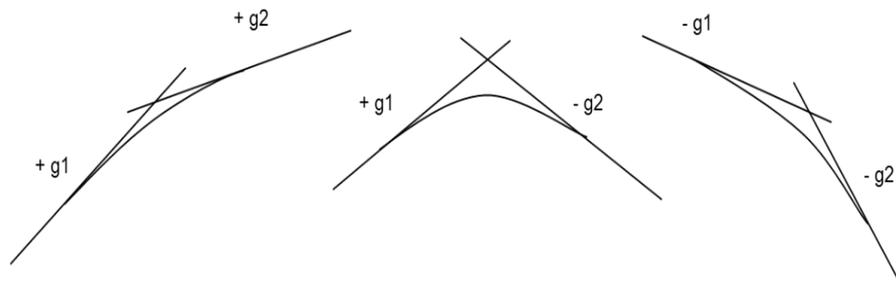
Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandangan pada waktu malam hari dan syarat drainase, sebagaimana tercantum dalam gambar 2.12.



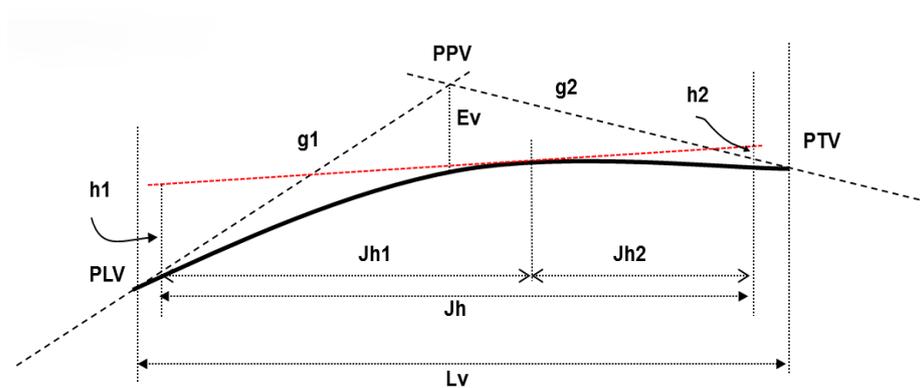
Gambar 2.12 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung Berdasarkan Jarak Pandang Henti (J_h)

(b) Lengkung Vertikal Cembung

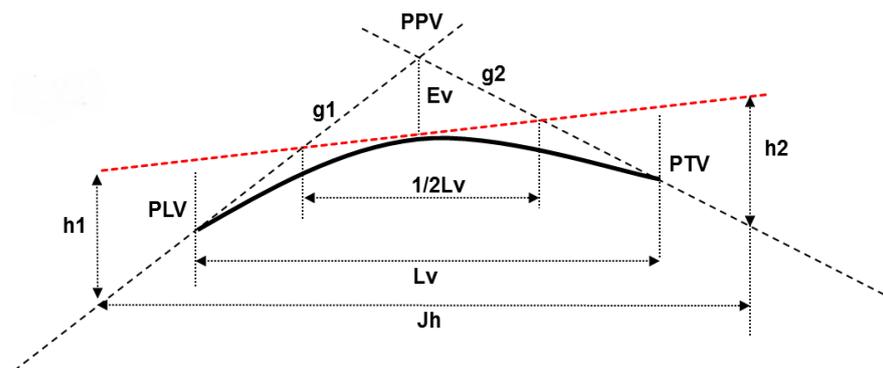
Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada diatas permukaan jalan.



Gambar 2.13 Lengkung Vertikal Cembung



Gambar 2.14 Lengkung Vertikal Cembung untuk $J_h < L_v$



Gambar 2.15 Lengkung Vertikal Cembung untuk $J_h > L_v$.

Dimana :

J_h = jarak pandang henti (m)

J_d = jarak pandang mendahului/menyiap (m)

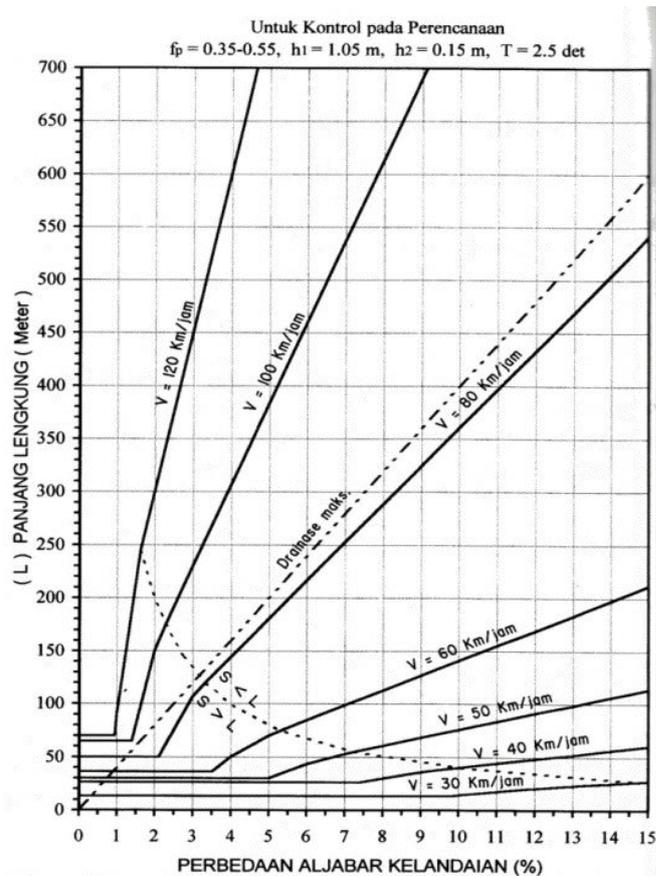
g_1, g_2 = kemiringan / tangen (%)

L_v = panjang lengkung (m)

A = perbedaan aljabar untuk kelandaian (%) dimana

$$A = g_1 \pm g_2$$

Panjang lengkung vertikal cembung, L_v ditentukan berdasarkan Grafik pada Gambar 2.16 (untuk jarak pandang henti). Untuk memperoleh harga L_v yang sesuai pada grafik tersebut, dengan cara tetapkan kecepatan rencana, V (kph), tentukan harga $A = [g_2 - g_1]$, Dari harga A yang diperoleh, pilih angka yang sama pada sumbu-x grafik (Perbedaan aljabar landai (%)), tarik garis vertikal dari skala pada angka tersebut sehingga memotong kurva V , pada titik potong tersebut, tarik garis horizontal ke kanan sehingga memotong sumbu y (panjang lengkung), dan lihat angka yang ditunjukkan pada skala yang merupakan harga L_v .



Gambar 2.16 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Pandang Henti (Jh)

2.3.7 Perhitungan 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. Langkah-langkah dalam perhitungan galian dan timbunan, antara lain, penentuan *stationing* (jarak patok) sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase jalan), gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan beda tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana, gambar potongan melintang (*cross section*) pada titik *stationing*, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan, hitung volume galian dan timbunan dengan mengalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.

Tabel 2.20 Perhitungan Galian dan Timbunan

Sta	Luas (m ²)		Jarak (m)	Volume (m ³)	
	Galian	Timbunan		Galian	Timbunan
0+000	A	D	L ₁	$\frac{A+B}{2} \times L_1 = G$	$\frac{D+E}{2} \times L_1 = T$
0+100	B	E		L ₂	$\frac{B+C}{2} \times L_2 = G$
0+200	C	F			
JUMLAH				$\sum G, \dots, N$	$\sum T, \dots, N$

Sumber : Hendra Suryadharna, 1999

2.4 Perencanaan perkerasan jalan beton semen

Dalam pedoman perencanaan perkerasan jalan beton semen Pd T-14-2003, metode perencanaan didasarkan pada :

- Perkiraan lalu-lintas dan komposisi selama umur rencana.
- Kekuatan tanah dasar yang dinyatakan dengan CBR (%).
- Kekuatan beton yang digunakan.
- Jenis bahu jalan, perkerasan dan penyaluran beban

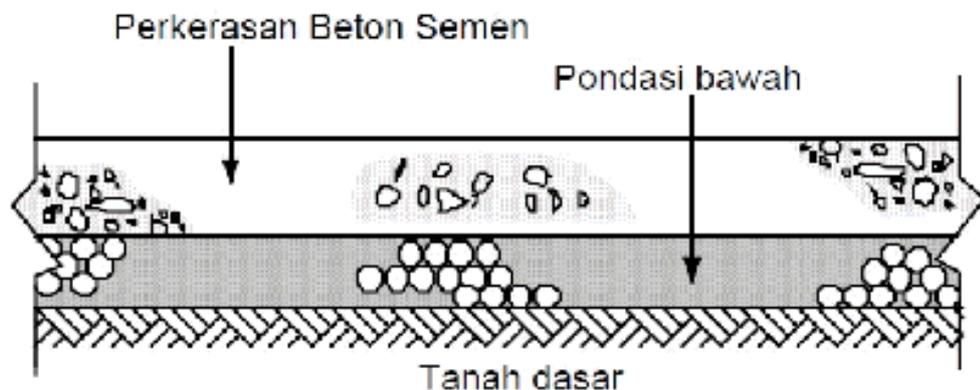
2.4.1 Jenis perkerasan beton semen

Perkerasan jalan adalah suatu bagian konstruksi jalan yang terletak diatas tanah dasar yang bertujuan untuk melewati lalu lintas dengan aman dan nyaman serta menerima dan meneruskan beban lalu lintas ke tanah dasar.

Perkerasan beton semen dibedakan ke dalam 4 jenis :

- a. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan,
- b. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan,
- c. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan,
- d. Perkerasan beton semen pra-tegang.

Perkerasan beton semen adalah struktur yang terdiri atas pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan, terletak di atas lapis pondasi bawah atau tanah dasar, tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal. Struktur perkerasan beton semen secara tipikal sebagai mana terlihat pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Tipikal Struktur Perkerasan Beton Semen

Pada perkerasan beton semen, daya dukung perkerasan terutama diperoleh dari pelat beton. Sifat daya dukung dan keseragaman tanah dasar sangat mempengaruhi keawetan dan kekuatan perkerasan beton semen. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan adalah kadar air pemadatan, kepadatan dan perubahan kadar air selama masa pelayanan.

Lapis pondasi bawah pada perkerasan beton semen adalah bukan merupakan bagian utama yang memikul beban, tetapi merupakan bagian yang berfungsi sebagai berikut :

- a. Mengendalikan pengaruh kembang susut tanah dasar.
- b. Mencegah intrusi dan pemompaan pada sambungan, retakan dan tepi-tepi pelat.
- c. Memberikan dukungan yang mantap dan seragam pada pelat.
- d. Sebagai perkerasan lantai kerja selama pelaksanaan.

Pelat beton semen mempunyai sifat yang cukup kaku serta dapat menyebarkan beban pada bidang yang luas dan menghasilkan tegangan yang rendah pada lapisan-lapisan di bawahnya. Bila diperlukan tingkat kenyamanan yang tinggi, permukaan perkerasan beton semen dapat dilapisi dengan lapis campuran beraspal setebal 5 cm.

2.4.2 Tanah dasar

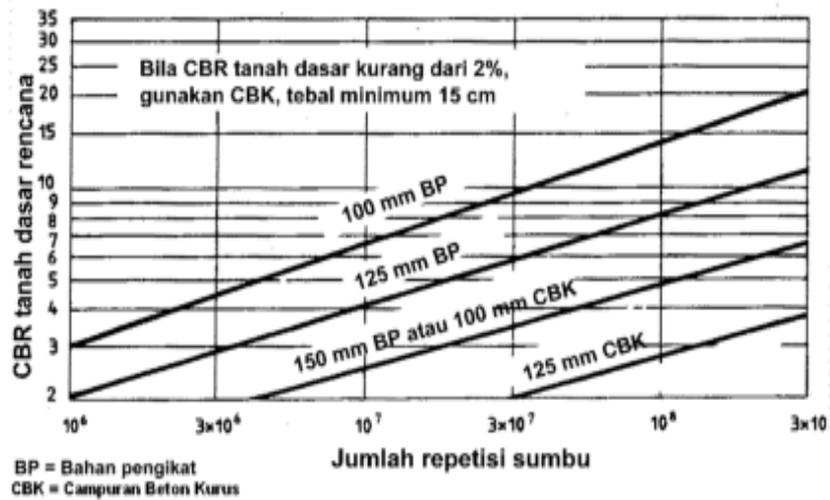
Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR (Pd T-14-2003). Apabila tanah dasar mempunyai nilai CBR lebih kecil dari 2 %, maka harus dipasang pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean-Mix Concrete*) setebal 15 cm yang dianggap mempunyai nilai CBR tanah dasar efektif 5 %.

2.4.3 Pondasi bawah

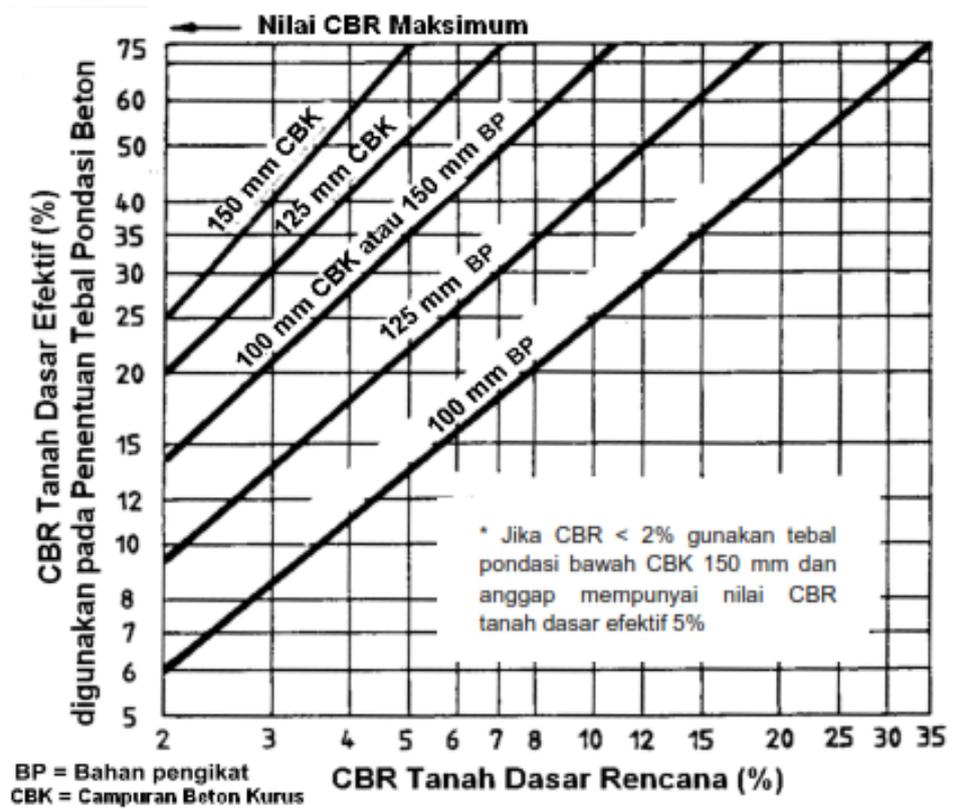
Bahan pondasi bawah dapat berupa :

- a. Bahan berbutir.
- b. Stabilitas atau dengan beton kurus giling padat (*Lean Roller Concrete*).
- c. Campuran beton kurus (*Lean-Mix Concrete*).

Lapis pondasi bawah perlu diperlebar sampai 60 cm diluar tepi perkerasan beton semen dan tebal lapis pondasi minimum 10 cm. Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus menggunakan campuran beton kurus (CBK). Tebal lapis pondasi bawah minimum dapat dilihat pada gambar 2.18 dan tanah dasar efektif didapat dari gambar 2.19.



Gambar 2.18 Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Perkerasan Beton Semen



Gambar 2.19 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah

2.4.4 Pondasi bawah material berbutir

Dalam pedoman perencanaan perkerasan jalan beton semen (Pd T-14-2003), persyaratan dan gradasi pondasi bawah harus sesuai dengan kelas B, ketebalan pondasi bawah minimum untuk tanah dasar dengan CBR minimum 5% adalah 15 cm.

a. Pondasi bawah dengan bahan pengikat (*Bound Sub-base*)

Pondasi bawah dengan bahan pengikat (BP) dapat menggunakan salah satu dari :

- 1) Stabilitas material berbutir dengan kadar bahan pengikat yang sesuai dengan hasil perencanaan. Jenis bahan pengikat dapat meliputi semen, kapur, serta abu terbang dan/atau slag yang dihaluskan.
- 2) Campuran beraspal bergradasi rapat (*dense – graded asphalt*)
- 3) Campuran beton kurus giling padat yang harus mempunyai kuat tekan pada umur 28 hari minimum 5,5 MPa (55 kg/cm²).

b. Pondasi bawah dengan campuran beton kurus (*Lean-Mix Concrete*)

Campuran beton kurus (CBK) harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum 5 MPa (50 kg/cm²) tanpa menggunakan abu terbang, atau 7 MPa (70 kg/cm²) bila menggunakan abu terbang, dengan tebal minimum 10 cm.

2.4.5 Beton semen

Kuat tekan beton semen (F_c') umur 28 hari ditetapkan sesuai pada spesifikasi pekerjaan (jika ada dalam spesifikasi) atau umumnya di Indonesia digunakan $F_c' = 30$ MPa ($\sigma_{bk}' = K350$ kg/cm²), nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 hari yang didapat dari pengujian balok dengan pembebanan tiga titik yang besarnya sekitar 3-5 MPa (30-50 kg/cm²) atau umumnya flexural strength (S_c') = 45 kg/cm². Kuat tarik lentur beton yang diperkuat dengan bahan serat penguat seperti serat baja, aramit atau serat karbon, harus mencapai kuat tarik lentur 5-5,5 MPa (50-55 kg/cm²). Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 MPa (50-55 kg/cm²) terdekat.

Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik-lentur beton dapat didekati dengan rumus berikut :

$$F_{cf} = K \times (F_c')^{0,50} \text{ dalam MPa}$$

$$F_{cf} = 3,13 \times K \times (F_c')^{0,50} \text{ dalam kg/cm}^2.$$

Dimana :

F_c' = Kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm^2)

F_{cf} = Kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm^2)

K = konstanta, 0,7 untuk agregat tidak pecah dan 0,75 untuk agregat pecah

2.4.6 Lalu-lintas

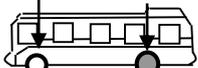
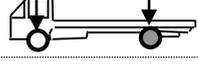
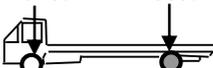
Penentuan beban lalu-lintas rencana untuk perkerasan beton semen, dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga, sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana. Lalu-lintas harus dianalisis berdasarkan volume lalu-lintas dan konfigurasi sumbu, menggunakan data terakhir atau data 2 tahun terakhir.

Kendaraan yang ditinjau untuk perencanaan perkerasan beton semen adalah yang mempunyai berat total minimum 5 ton. Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri atas 4 jenis kelompok sumbu sebagai berikut :

- 1) Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
- 2) Sumbu tunggal roda ganda (STRG)
- 3) Sumbu tandem roda ganda (STdRG)
- 4) Sumbu tridem roda ganda (STrRG)

Berikut konfigurasi beban sumbu

Tabel 2.20 Konfigurasi Beban Sumbu

KONFIGURASI SUMBU & TIPE	BERAT KOSONG (ton)	BEBAN MUATAN MAKSIMUM (ton)	BERAT TOTAL MAKSIMUM (ton)	UE 18 KSAL KOSONG	UE 18 KSAL MAKSIMUM	
1,1 HP	1,5	0,5	2,0	0,0001	0,0005	 50% 50%
1,2 BUS	3	6	9	0,0037	0,3006	 34% 66%
1,2L TRUK	2,3	6	8,3	0,0013	0,2174	 34% 66%
1,2H TRUK	4,2	14	18,2	0,0143	5,0264	 34% 66%
1,22 TRUK	5	20	25	0,0044	2,7416	 25% 75%
1,2+2,2 TRAILER	6,4	25	31,4	0,0085	3,9083	 18% 28% 27% 27%
1,2-2 TRAILER	6,2	20	26,2	0,0192	6,1179	 18% 41% 41%
1,2-2,2 TRAILER	10	32	42	0,0327	10,1830	 18% 28% 54%

Sumber : Manual Perkerasan Jalan dengan alat Benkelman beam No. 01/MN/BM/83

2.4.7 Lajur rencana dan koefisien distribusi

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari ruas jalan raya yang menampung lalu-lintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka lajur dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai tabel berikut.

Tabel 2.21 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi (C)

Lebar Perkerasan (Lp)	Jumlah lajur (n)	Koefisien Distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5,50 \text{ m}$	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq L_p \leq 8,25 \text{ m}$	2 lajur	0,70	0,50
$8,25 \text{ m} \leq L_p \leq 11,23 \text{ m}$	3 lajur	0,50	0,475
$11,23 \text{ m} \leq L_p \leq 15,00 \text{ m}$	4 lajur	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq L_p \leq 18,75 \text{ m}$	5 lajur	-	0,425
$18,75 \text{ m} \leq L_p \leq 22,00 \text{ m}$	6 lajur	-	0,40

Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003

2.4.8 Umur rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu-lintas serta nilai ekonomis jalan yang bersangkutan. Umumnya perkerasan beton semen dapat direncanakan dengan umur rencana (UR) 20 tahun sampai 40 tahun.

2.4.9 Pertumbuhan lalu-lintas

Volume lalu-lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai tahap di mana kapasitas jalan dicapai dengan faktor pertumbuhan lalu-lintas yang dapat ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut:

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

Dimana :

R : Faktor pertumbuhan lalu-lintas

I : Laju pertumbuhan lalu-lintas per tahun dalam %

UR : Umur rencana (tahun)

Faktor pertumbuhan lalu-lintas (R) dapat juga ditentukan berdasarkan tabel berikut :

Tabel 2.22 Faktor Pertumbuhan Lalu – lintas (R)

Umur Rencana (Tahun)	Laju Pertumbuhan (i) per tahun (%)					
	0	2	4	6	8	10
5	5	5,2	5,4	5,6	5,9	6,1
10	10	10,9	12	13,2	14,5	15,9
15	15	17,3	20	23,3	27,2	31,8
20	20	24,3	29,8	36,8	45,8	57,3
25	25	32	41,6	54,9	73,1	98,3
30	30	40,6	56,1	79,1	113,3	164,5
35	35	50	73,7	111,14	172,3	271
40	40	60,4	95	154,8	259,1	442,6

Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003

2.4.10 Lalu-lintas rencana

Lalu- lintas rencana adalah jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut :

$$JKSN = JKSNIH \times 365 \times R \times C$$

Dimana :

- JKSN : Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana.
- JKSNIH : Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari pada saat jalan dibuka.
- R : Faktor pertumbuhan komulatif.
- C : Koefisien distribusi kendaraan.

2.4.11 Faktor keamanan beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (F_{KB}). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya berbagai tingkat realibilitas perencanaan seperti terlihat pada tabel 2.26.

Tabel 2.23 Faktor Keamanan Beban (F_{KB})

No.	Penggunaan	Nilai F_{KB}
1	Jalan bebas hambatan utama (<i>major freeway</i>) dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu-lintas dari hasil survai	1,2
2	Jalan bebas hambatan (<i>freeway</i>) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah.	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah.	1,0

Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003

2.4.12 Bahu

Bahu dapat terbuat dari bahan lapisan pondasi bawah dengan atau tanpa lapisan penutup beraspal atau lapisan beton semen. Perbedaan kekuatan antara bahu dengan jalur lalu-lintas akan memberikan pengaruh pada kinerja perkerasan. Hal tersebut dapat diatasi dengan bahu beton semen, sehingga akan meningkatkan kinerja perkerasan dan mengurangi tebal pelat

Yang dimaksud dengan bahu beton semen dalam pedoman ini adalah bahu yang dikunci dan diikatkan dengan lajur lalu-lintas dengan lebar minimum 1,50 m, atau bahu yang menyatu dengan lajur lalu-lintas selebar 0,60 m, yang juga dapat mencakup saluran dan kereb.

2.4.13 Sambungan

Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk membatasi tegangan dan pengendalian retak yang disebabkan oleh penyusutan, pengaruh lenting serta beban lalu-lintas, memudahkan pelaksanaan, dan mengakomodasi gerakan pelat. Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan antara lain sambungan memanjang, sambungan melintang, dan sambungan isolasi.

Semua sambungan harus ditutup dengan bahan penutup (*joint sealer*), kecuali pada sambungan isolasi terlebih dahulu harus diberi bahan pengisi (*joint filler*).

1) Sambungan susut memanjang

Sambungan susut memanjang dapat dilakukan dengan salah satu dari dua cara ini, yaitu menggergaji atau membentuk pada saat beton masih plastis dengan kedalaman sepertiga dari tebal pelat.

2) Sambungan susut melintang

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 6 dan 7. Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4 - 5 m, sedangkan untuk perkerasan beton bersambung dengan tulangan 8 - 15 m dan untuk sambungan perkerasan beton menerus dengan tulangan sesuai dengan kemampuan pelaksanaan. Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas pada saat pelat beton menyusut. Setengah panjang ruji polos harus dicat atau dilumuri dengan bahan anti lengket untuk menjamin tidak ada ikatan dengan beton. Diameter ruji tergantung pada tebal pelat beton sebagaimana terlihat pada Tabel.

Tabel 2.24 Diameter Ruji

No	Tebal Pelat Beton, h (mm)	Diameter Ruji (mm)
1	$125 < h \leq 140$	20
2	$140 < h \leq 160$	24
3	$160 < h \leq 190$	28
4	$190 < h \leq 220$	33
5	$220 < h \leq 250$	36

Sumber : *Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003*

2.4.14 Prosedur perencanaan

Prosedur perencanaan perkerasan beton semen didasarkan atas dua model kerusakan yaitu :

- 1) Retak fatik (lelah) tarik lentur pada pelat.
- 2) Erosi pada pondasi bawah atau tanah dasar yang diakibatkan oleh lendutan berulang pada sambungan dan tempat retak yang direncanakan.

Prosedur ini mempertimbangkan ada tidaknya ruji pada sambungan atau bahu beton. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan dianggap sebagai perkerasan bersambung yang dipasang ruji. Data lalu-lintas yang diperlukan adalah jenis sumbu dan distribusi beban serta jumlah repetisi masing-masing jenis sumbu/kombinasi beban yang diperkirakan selama umur rencana.

Tebal pelat taksiran dipilih dan total fatik serta kerusakan erosi dihitung berdasarkan komposisi lalu-lintas selama umur rencana. Jika kerusakan fatik atau erosi lebih dari 100%, tebal taksiran dinaikan dan proses perencanaan diulangi.

Tebal rencana adalah tebal taksiran yang paling kecil yang mempunyai total fatik dan atau total kerusakan erosi lebih kecil atau sama dengan 100%. Langkah-langkah perencanaan tebal pelat diperlihatkan pada Gambar dan Tabel.

Tabel 2.26 Langkah-langkah Perencanaan Tebal Perkerasan Beton Semen

Langkah	Uraian Kegiatan
1	Pilih jenis perkerasan beton semen, bersambung tanpa ruji, bersambung dengan ruji, atau menerus dengan tulangan.
2	Tentukan apakah menggunakan bahu beton atau bukan.
3	Tentukan jenis dan tebal pondasi bawah berdasarkan nilai CBR rencana dan perkiraan jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana sesuai dengan Gambar 2.18
4	Tentukan CBR efektif berdasarkan nilai CBR rencana dan pondasi bawah yang dipilih sesuai dengan Gambar 2.19,
5	Pilih kuat tarik lentur atau kuat tekan beton pada umur 28 hari (F_{cf})

Langkah	Uraian Kegiatan
6	Pilih faktor keamanan beban lalu lintas (F_{KB})
7	Taksir tebal pelat beton
8	Tentukan tegangan ekuivalen (TE) dan faktor erosi (FE) untuk STRT dari Tabel 2 atau Tabel 3 pada lampiran.
9	Tentukan faktor rasio tegangan (FRT) dengan membagi tegangan ekuivalen (TE) oleh kuat tarik-lentur (F_{cf}).
10	Untuk setiap rentang beban kelompok sumbu tersebut, tentukan beban per roda dan kalikan dengan faktor keamanan beban (F_{kb}) untuk menentukan beban rencana per roda. Jika beban rencana per roda ≥ 65 kN (6,5 ton), anggap dan gunakan nilai tersebut sebagai batas tertinggi pada Gambar 1 sampai Gambar 3 pada lampiran.
11	Dengan faktor rasio tegangan (FRT) dan beban rencana, tentukan jumlah repetisi ijin untuk fatik dari Gambar 1 pada lampiran, yang dimulai dari beban roda tertinggi dari jenis sumbu STRT tersebut.
12	Hitung persentase dari repetisi fatik yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
13	Dengan menggunakan faktor erosi (FE), tentukan jumlah repetisi ijin untuk erosi, dari Gambar 2 atau 3 pada lampiran.
14	Hitung persentase dari repetisi erosi yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
15	Ulangi langkah 11 sampai dengan 14 untuk setiap beban per roda pada sumbu tersebut sampai jumlah repetisi beban ijin yang terbaca pada Gambar 1 dan Gambar 2 atau Gambar 3 pada lampiran yang masing-masing menapai 10 juta dan 100 juta repetisi.
16	Hitung jumlah total fatik dengan menjumlahkan persentase fatik dari setiap beban roda pada STRT tersebut. Dengan cara yang sama hitung jumlah total erosi dari setiap beban roda pada STRT tersebut.
17	Ulangi langkah 8 sampai dengan langkah 16 untuk setiap jenis kelompok sumbu lainnya.
18	Hitung jumlah total kerusakan akibat fatik dan jumlah total kerusakan akibat erosi untuk seluruh jenis kelompok sumbu.
19	Ulangi langkah 7 sampai dengan langkah 18 hingga diperoleh ketebalan tertipis yang menghasilkan total kerusakan akibat fatik dan erosi $\leq 100\%$. Tebal tersebut sebagai tebal perkerasan beton semen yang direncanakan.

Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003

2.5 Perencanaan drainase jalan

Pada pedoman perencanaan drainase jalan Pd T-02-206-B, bahwa ketentuan dalam perencanaan tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Perencanaan sistem drainase jalan didasarkan pada keberadaan air permukaan dan bawah permukaan, sehingga perencanaan dibagi menjadi dua yaitu drainase permukaan dan drainase bawah permukaan.
- b. Keberadaan sungai dan bangunan air lainnya yang terdapat di lokasi harus diperhatikan. Badan sungai yang terpotong oleh rute jalan harus ditanggulangi dengan perencanaan gorong – gorong.
- c. Langkah umum perencanaan sistem drainase jalan :
 - 1) Perencanaan dimulai dengan memplot rute jalan yang akan menentukan batas-batas daerah layanan maupun data-data lain untuk mengenal/ mengetahui daerah layanan, sehingga dapat diperkirakan kebutuhan penempatan bangunan drainase penunjang, menentukan penempatan awal bangunan seperti saluran samping jalan, fasilitas penahan air hujan dan bangunan pelengkap.
 - 2) Perencanaan sistem drainase jalan harus memperhatikan pengaliran air yang ada di permukaan (drainase permukaan) maupun yang ada di bawah permukaan.

2.5.1 Drainase permukaan

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan drainase permukaan diuraikan di bawah ini :

- a. Plot rute jalan di peta topografi (L)

Plot rute jalan rencana pada topografi diperlukan untuk mengetahui gambaran topografi atau daerah kondisi sepanjang jalan yang akan dilalui dapat dipelajari.
- b. Inventaris data bangunan drainase (gorong-gorong, jembatan, dll)

Eksisting meliputi lokasi, dimensi, arah aliran pembangunan dan kondisi. Data ini digunakan agar perencanaan sistem drainase jalan tidak mengganggu sistem drainase yang telah ada.

c. Segmen panjang segmen saluran (L)

Penentuan segmen panjang saluran didasarkan pada kemiringan rute jalan, adanya tempat buangan air seperti badan air (misalnya sungai, waduk, dll). Langkah coba-coba, sehingga dimensi saluran paling ekonomis.

d. Luas daerah layanan (A)

- 1) Perhitungan luas daerah layanan didasarkan pada panjang segmen jalan yang ditinjau.
- 2) Luas daerah layanan (A) untuk saluran samping jalan perlu diketahui agar dapat diperkirakan daya tampungnya terhadap curah hujan atau untuk memperkirakan volume limpasan permukaan yang akan ditampung saluran samping jalan.
- 3) Luas daerah layanan terdiri atas luas setengah badan jalan (A_1), luas bahu jalan (A_2) dan luas daerah di sekitar (A_3).
- 4) Batasan luas daerah layanan tergantung dari daerah sekitar dan topografi dan daerah sekelilingnya. Panjang daerah pengaliran yang diperhitungkan terdiri atas setengah lebar jalan (l_1), lebar bahu jalan (l_2), dan daerah sekitar (l_3) yang terbagi atas daerah perkotaan yaitu ± 10 m dan untuk daerah luar kota yang didasarkan pada topografi daerah tersebut.

e. Koefisien pengaliran (C)

Koefisien pengaliran (C) dipengaruhi kondisi permukaan tanah (tata guna lahan) pada daerah layanan dan kemungkinan perubahan tata guna lahan. Angka ini akan mempengaruhi debit yang mengalir, sehingga dapat diperkirakan daya tampung saluran. Untuk ini diperlukan peta topografi dan melakukan survai lapangan agar corak topografi daerah proyek dapat lebih diperjelas.

f. Faktor limpasan (fk)

Merupakan faktor atau angka yang dikalikan dengan koefisien pengaliran dengan tujuan agar kinerja saluran tidak melebihi kapasitasnya akibat daerah pengaliran yang terlalu luas. Harga faktor limpasan (fk)

disesuaikan dengan kondisi permukaan tanah, dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.27 Harga Koefisien Pengaliran (C) dan Harga Faktor Limpasan (fk)

No.	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)	Faktor Limpasan (fk)
BAHAN			
1	Jalan beton & jalan aspal	0,70 – 0,90	-
2	Jalan kerikil & jalan tanah	0,40 – 0,70	-
3	Bahu Jalan :		
	Tanah berbutir halus	0,40 – 0,65	-
	Tanah berbutir kasar	0,10 – 0,20	-
	Batuan masif keras	0,70 – 0,85	-
	Batu masif lunak	0,60 – 0,75	-
TATA GUNA LAHAN			
1	Daerah perkotaan	0,70 – 0,95	2,0
2	Daerah pinggiran kota	0,60 – 0,70	1,5
3	Daerah industri	0,60 – 0,90	1,2
4	Pemukiman padat	0,40 – 0,60	2,0
5	Pemukiman tidak padat	0,40 – 0,60	1,5
6	Taman dan kebun	0,20 – 0,40	0,2
7	Persawahan	0,45 – 0,60	0,5
8	Perbukitan	0,70 – 0,80	0,4
9	Pegunungan	0,75 – 0,90	0,3

Sumber : Pedoman Perencanaan Drainase Jalan, 2006

g. Waktu konsentrasasi (Tc)

Waktu terpanjang yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan aliran air secara simultan setelah melwati titik-titik tertentu.

Waktu konsentrasi terbuka dihitung dengan rumus berikut :

$$T_c = t_1 + t_2$$

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times l_0 \times \frac{nd}{\sqrt{i_s}} \right)^{0,167}$$

$$t_2 = \frac{L}{60 \times V}$$

Dimana :

T_c : Waktu konsentrasasi (menit)

t_1 : Waktu untuk mencapai awal saluran dari titik terjauh (menit)

t_2 : Waktu aliran dalam saluran sepanjang L dari ujung saluran (menit)

l_0 : Jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

L : Panjang saluran (m)

n_d : Koefisien hambatan

i_s : Kemiringan saluran memanjang

V : Kecepatan air rata – rata pada saluran drainase (m/detik)

Tabel 2.28 Koefisien (n_d) Berdasarkan Kondisi Permukaan

No	Kondisi Lapis Permukaan	n_d
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan licin dan kedap air	0,020
3	Permukaan licin dan kotor	0,100
4	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,200
5	Padang rumput dan rerumputan	0,400
6	Hutan gundul	0,600
7	Hutan rimbum dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	0,800

Sumber : *Pedoman Perencanaan Drainase Jalan, 2006*

h. Analisis hidrologi

1) Data curah hujan

Merupakan data curah hujan harian maksimum dalam setahun dinyatakan dalam mm/hari. Data curah hujan ini diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) yaitu stasiun curah hujan yang terletak pada daerah layanan saluran samping jalan. Jika layanan daerah tidak memiliki data curah hujan, maka dapat digunakan data dari stasiun di luar daerah layanan yang dianggap masih dapat mewakili. Jumlah data curah hujan yang diperlukan minimal 10 tahun.

2) Periode ulang

Karakteristik hujan menunjukkan bahwa hujan yang besar tertentu mempunyai periode ulang tertentu. Periode ulang untuk pembangunan saluran drainase ditentukan 5 tahun.

3) Intensitas curah hujan

Ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Intensitas curah hujan (I) mempunyai satuan mm/jam, berarti tinggi air persatuan waktu, misalnya dalam kurun waktu menit, jam atau hari

4) Debit aliran air (Q)

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C \times I \times A$$

Dimana :

- Q : Debit aliran air (m³/detik)
 C : Koefisien pengairan rata – rata dari C₁, C₂, dan C₃
 I : Intensitas curah hujan (mm/jam)
 A : Luas daerah layanan (km²) terdiri atas A₁, A₂, dan A₃

2.5.2 Saluran terbuka

Perencanaan saluran terbuka secara hidrolika, jenis aliran yang terjadi adalah aliran terbuka, yaitu pengaliran air dengan permukaan bebas. Perencanaan ini digunakan untuk perencanaan saluran samping jalan maupun gorong-gorong. Bahan bangunan saluran ditentukan oleh besarnya kecepatan rencana aliran air yang mengalir di saluran samping jalan tersebut.

Tabel 2.29 Kecepatan Aliran Air yang Di ijinakan Berdasarkan Jenis Material

No.	Jenis Bahan	Kecepatan Aliran Air yang Diiijinkan (m/detik)
1	Pasir halus	0,45
2	Lempung kepasiran	0,50
3	Lanau alluvial	0,60
4	Kerikil halus	0,75
5	Lempung kokoh	0,75
6	Lempung padat	1,10
7	Kerikil kasar	1,20
8	Batu – batu besar	1,50
9	Pasangan batu	1,50

No.	Jenis Bahan	Kecepatan Aliran Air yang Diiijinkan (m/detik)
10	Beton	1,50
11	Beton Bertulang	1,50

Sumber : Pedoman Perencanaan Drainase Jalan, 2006

2.5.3 Komponen perhitungan penampang saluran

Komponen penampang saluran yang diperhitungkan ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 2.30 Komponen Penampang Saluran

No.	Komponen	Jenis Penampang		
		Trapesium	Segi empat	Lingkaran/ gorong-gorong
Dimensi				
1	Lebar atas (b)	$b + 2 \times z$	B	$2 \times (h - 0,5D) \tan \theta$
2	Tinggi permukaan air (h)	H	H	H
3	Faktor kemiringan (z)	$1 : 1 \rightarrow z = h$ $1 : 1,5 \rightarrow z = 1,5 h$ $1 : 2 \rightarrow z = 2h$	-	$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{h - 0,5D}{0,5D} \right)$
4	Luas (F)	$(b + z) \times h$	$b \times h$	$\frac{\pi D^2}{4} \left(1 - \frac{\theta}{180} \right) + (h - 0,5D)^2 \times \tan \theta$
5	Keliling (P)	$B + 2 \times h \sqrt{1 + z^2}$	$b + 2 \times h$	$\pi D \left(1 - \frac{\theta}{180} \right)$
6	Jari – jari hidrolis (R)	$\frac{(b + z) \times h}{h + 2h \sqrt{1 + z^2}}$	$\frac{b \times h}{b + 2h}$	$4\pi D \left(1 - \frac{\theta}{180} \right)$
7	Kecepatan (V)	$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2}$	$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2}$	$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2}$

Sumber : Pedoman Perencanaan Drainase Jalan, 2006

Dimana :

B : Lebar saluran (m)

h : Kedalaman saluran yang tergenang air (m)

r : Jari-jari lingkaran (m)

R : Jari-jari hidrolis = luas penampang basah/keliling penampang basah

D : Diameter saluran bentuk lingkaran (m)

n : Angka perkerasan *Manning*

z : Perbandingan kemiringan talud

θ : Besar sudut dalam radian

Tabel 2.31 Kemiringan Talud Berdasarkan Debit

No.	Debit air, Q (m ³ /detik)	Kemiringan talud
-----	--------------------------------------	------------------

		(1: m)
1	0,00 – 0,75	1 : 1
2	0,75 – 15	1 : 1,5
3	15 – 80	1 : 2

Sumber : Pedoman Perencanaan Drainase Jalan, 2006

2.5.4 Langkah perhitungan

a. Langkah perhitungan debit aliran rencana (Q)

- 1) Plot rute jalan di peta topografi.
- 2) Tentukan panjang segmen, daerah pengaliran, luas (A), kemiringan lahan (i_p) dari peta topografi.
- 3) Identifikasi jenis bahan permukaan daerah pengaliran.
- 4) Tentukan koefisien aliran (C) berdasarkan kondisi permukaan kemudian kalikan dengan harga faktor limpasan.
- 5) Hitung koefisien aliran rata-rata dengan rumus berikut:

$$C = \frac{C_1 \times A_1 + C_2 \times A_2 + C_3 \times A_3 \times fk}{A_1 + A_2 + A_3}$$

- 6) Tentukan kondisi permukaan berikut koefisien hambatan, nd.
- 7) Hitung waktu konsentrasi (T_c) dengan rumus (1), (2), dan (3).
- 8) Siapkan data curah hujan dari Badan Meteorologi dan Geofisika Tentukan periode ulang rencana untuk saluran drainase, yaitu 5 tahun.
- 9) Hitung intensitas curah hujan sesuai pada buku SNI 03-2415-1991 Metode perhitungan debit banjir.
- 10) Hitung debit air (Q).

b. Perhitungan dimensi dan kemiringan saluran serta gorong-gorong

- 1) Perhitungan dimensi saluran dapat disesuaikan dengan kondisi yang ada yaitu berdasarkan tabel 2.34

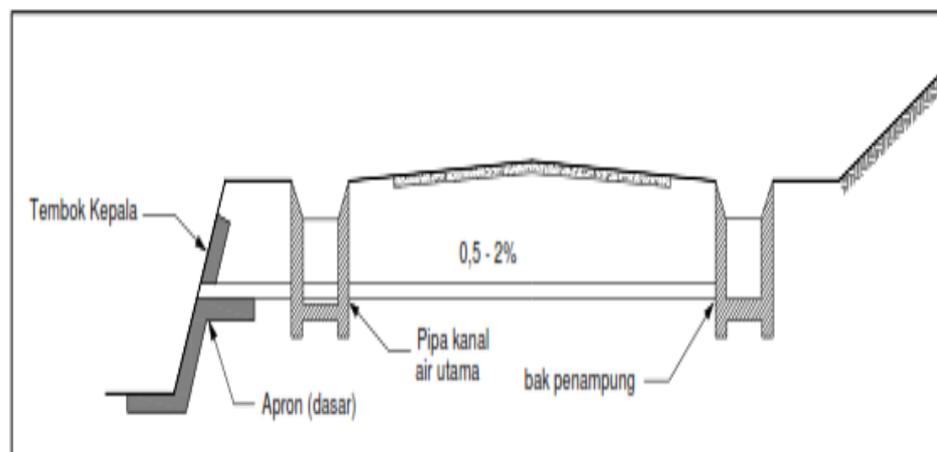
- 2) Penentuan awal bahan saluran

Tentukan bahan saluran dan kecepatan (V) pada saluran yang diijinkan dan penentuan kemiringan saluran. Tentukan Kecepatan saluran < kecepatan saluran yang diijinkan, Hitung tinggi jagaan (W)

saluran dengan rumus berikut : $W = \sqrt{0,5 \times d}$

2.5.5 Gorong-gorong

- a. Ditempatkan melintang jalan yang berfungsi untuk menampung air dari hulu saluran drainase dan mengalirkannya
- b. Harus cukup besar untuk melewati debit air secara maksimum dari daerah pengaliran secara efisien.
- c. Harus dibuat dengan tipe permanen (lihat Gambar 2.24). Adapun pembangunan gorong-gorong terdiri dari tiga konstruksi utama, yaitu:
 - 1) pipa kanal air utama yang berfungsi untuk mengalirkan air dari bagian hulu ke bagian hilir secara langsung;
 - 2) apron (dasar) dibuat pada tempat masuk untuk mencegah terjadinya erosi dan dapat berfungsi sebagai dinding penyekat lumpur
 - 3) bak penampung diperlukan pada kondisi pertemuan antara gorong-gorong dan saluran tepi pertemuan lebih dari dua arah aliran.



Gambar 2.21 Bagian Kontruksi Gorong-gorong

- d. Jarak gorong-gorong pada daerah datar maksimum 100 meter. Untuk daerah pegunungan besarnya bisa dua kali lebih besar.
- e. Kemiringan gorong-gorong antara 0,5% - 2% dengan pertimbangan faktor-faktor lain yang dapat mengakibatkan terjadinya pengendapan erosi di tempat air masuk dan pada bagian pengeluaran.
- f. Tipe dan bahan gorong-gorong yang permanen (lihat Tabel 15) dengan *design* umur rencana untuk periode ulang atau kala ulang hujan untuk

perancangan gorong-gorong disesuaikan dengan fungsi jalan tempat gorong-gorong berlokasi :

Jalan Tol : 25 tahun

Jalan Arteri : 10 tahun

Jalan Kolektor : 7 tahun

Jalan Lokal : 5 tahun

- g. Untuk daerah-daerah yang berpasir, bak kontrol dibuat/direncanakan sesuai dengan kondisi setempat.
- h. Perhitungan dimensi gorong-gorong mengambil asumsi sebagai saluran terbuka. Perhitungan dimensi gorong-gorong harus memperkirakan debit-debit yang masuk gorong-gorong tersebut.
- i. Dimensi gorong-gorong minimum dengan diameter 80 cm; Kedalaman gorong-gorong yang aman terhadap permukaan jalan, tergantung tipe (Lihat Tabel 15) dengan kedalaman minimum 1m -1,5 m dari permukaan jalan.
- j. Kecepatan minimum dalam gorong-gorong 0,7 m/detik agar tidak terjadi sedimentasi.

2.6 Rencana Anggaran Biaya dan Manajemen Proyek

2.6.1 Daftar harga satuan bahan dan upah

Daftar satuan bahan dan upah adalah harga yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga, tempat proyek ini 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 satuan harga yang termasuk pajak-pajak.

2.6.2 Analisa satuan harga pekerjaan

Yang dimaksud dengan analisa satuan harga adalah perhitungan-perhitungan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam satu proyek. Guna dari satuan harga ini agar kita dapat

mengetahui harga-harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat didalam analisa satuan harga ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya. Adapun yang termasuk didalam analisa satuan harga ini adalah :

a. 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 hubungan dengan daftar harga satuan bahan dan upah.

b. Analisa Satuan Alat Berat

Perhitungan analisa satuan alat berat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu :

- 1) 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 didapat dari pengamatan observasi lapangan.
- 2) Pendekatan *off the job*, yaitu pendekatan yang dipakai untuk memperoleh hasil perhitungan berdasarkan standar yang biasanya ditetapkan oleh pabrik pembuat.

2.6.3 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.

2.6.4 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 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 sebagai berikut :

a. 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.

b. 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. Sedangkan penyusunan anggaran biaya yang dihitung dengan teliti, didasarkan atau didukung oleh :

1) Bestek

Gunanya untuk menentukan spesifikasi bahan dan syarat-syarat

2) Gambar Bestek

Gunanya untuk menentukan menghitung besarnya masing-masing volume pekerjaan.

3) Harga Satuan Pekerjaan

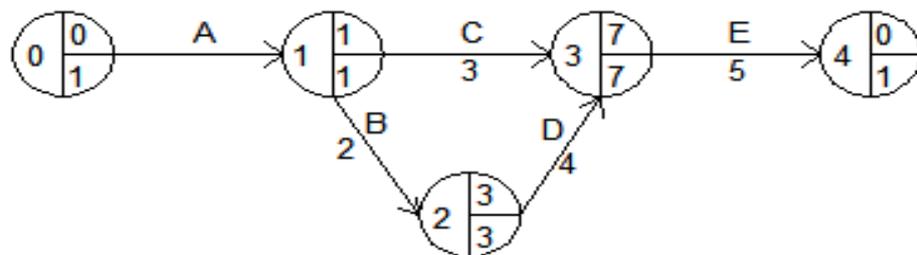
Didapat dari harga satuan bahan dan harga satuan upah berdasarkan perhitungan analisa SNI.

2.6.5 Rekapitulasi Biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya.

2.6.6 Manajemen Proyek

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi suatu perencanaan yang tepat untuk menyelesaikan tiap-tiap pekerjaan yang ada. Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram network, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan lain atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ke tempat lain.



Gambar 2.23 Sketsa *Network Planning*

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

- Merencanakan, *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.
- Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek.
- Mendokumentasikan dan mengkomunikasikan rencana *scheduling* (waktu), dan alternatif-alternatif lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya.
- 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:

- Urutan pekerjaan yang logis.

Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa yang slack/kelonggaran waktu.

b. 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.

c. 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. kemudian mengikutinya.
- 6) Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan, biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Jika proyek itu baru sama sekali biasanya diberikan.
- 7) Kepala anak panah menjadi arah pedoman dari setiap kegiatan.
- 8) Besar kecilnya lingkaran juga tidak mempunyai arti dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa.

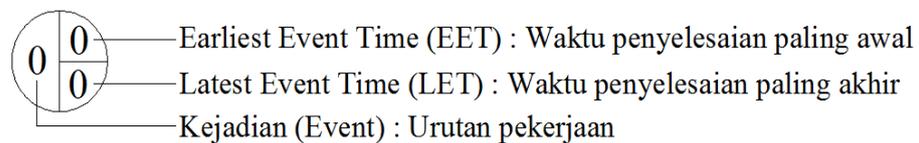
d. Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP :

(a) \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.

(b) \Longrightarrow (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan

dilintasan kritis (*critical path*). waktu.

- (c) ○ (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan-kegiatan
- (d) — — ► (*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.



Gambar 2.24 Simbol Kejadian

2.6.7 Barchart

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.

2.6.8 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.