BAB II
STUDI PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Sistem jaringan jalan merupakan satu kesatuan jaringan jalan yang terdiri dari sistem jaringan jalan primer dan sistem jaringan jalan sekunder yang terjalin dalam hubungan hierarki. Adanya sistem jaringan jalan yang tersusun secara teratur dapat meningkatkan arus transportasi barang dan jasa. Sistem jaringan jalan disusun dengan mengacu pada rencana tata ruang wilayah dengan memperhatikan keterkaitan antar kawasan dan/atau dalam kawasan perkotaan, dan kawasan pedesaan.

Kondisi jalan yang bagus adalah jalan yang mampu melayani arus barang dan jasa dengan baik, dalam segi kapasitas maupun kualitas jalan tersebut. Secara umum, perencanaan jalan meliput perencanaan geometrik jalan dan perencanaan struktur jalan. Perencanaan struktur jalan, dibagi menjadi 2 macam (*Departemen Pekerjaan Umum, 1987a*), yaitu :

1. Perencanaan perkerasan jalan baru *(New Construction);*
2. Perkuatan perkerasan jalan lama *(Overlay).*

Ada beberapa aspek yang perlu ditinjau dalam rangka perencanaan jalan yang benar, diantaranya:

1. Aspek Lalu Lintas;
2. Aspek Topografi;
3. Aspek Geometrik;
4. Aspek Tanah;
5. Aspek Hidrologi;
6. Aspek Perkerasan.

2.2. Aspek Lalu Lintas

Ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan jalan ditinjau dari segi lalu lintas, yang meliputi:

2.2.1 Ekivalensi Mobil Penumpang

Ekivalensi mobil penumpang merupakan koefisien yang digunakan untuk mengekivalensikan berbagai jenis kendaraan ke dalam satu jenis kendaraan, dalam hal ini mobil penumpang. Ekivalensi mobil penumpang biasanya digunakan sebagai faktor konversi untuk mengkonversikan satuan arus lalu lintas dari kendaraan menjadi satuan mobil penumpang (smp). Nilai konversi dari berbagai jenis kendaraan seperti pada Tabel 2.1, Tabel 2.2, dan Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.1 Ekivalensi Mobil Penumpang (emp) Berdasarkan Jenis *Terrain*

No	Jenis Kendaraan	Datar/Perbukitan	Pegunungan
1	Sedan, Jeep, Station Wagon	1,0	1,0
2	Pick-Up, Bus Kecil, Truk Kecil	1,2-2,4	1,9-3,5
3	Bus dan Truk Besar	1,2-5,0	2,2-5,0

Sumber *: Departemen Pekerjaan Umum, 1997a*

Tabel 2.2 Ekivalensi Kendaraan Penumpang untuk Jalan Dua Lajur – Dua Arah Tak Terbagi (2/2 UD)

Tipe Alinyemen	Arus Total (Kend/jam)	EMP					
		MHV	LB	LT	MC		
					Lebar jalur lalu lintas (m)		
					< 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 *: Departemen Pekerjaan Umum, 1997b*

Tabel 2.3 Ekivalensi Kendaraan Penumpang untuk Jalan Empat - Lajur Dua – Arah

Tipe Alinyemen	Arus Total (Kend/jam)		EMP			
	Jalan terbagi per arah (kend/jam)	Jalan tak terbagi total (kend/jam)	MHV	LB	LT	MC
Datar	0	0	1,2	1,2	1,6	0,5
	1000	1700	1,4	1,4	2,0	0,6
	1800	3250	1,6	1,7	2,5	0,8
	≥ 2150	≥ 3950	1,3	1,5	2,0	0,5
Bukit	0	0	1,8	1,6	4,8	0,4
	750	1350	2,0	2,0	4,6	0,5
	1400	2500	2,2	2,3	4,3	0,7
	≥ 1750	≥ 3150	1,8	1,9	3,5	0,4
Gunung	0	0	3,2	2,2	5,5	0,3
	550	1000	2,9	2,6	5,1	0,4
	1100	2000	2,6	2,9	4,8	0,6
	≥ 1500	≥ 2700	2,0	2,4	3,8	0,3

Untuk kendaraan ringan (LV), Nilai EMP selalu 1,0 untuk semua kendaraan

Sumber *: Departemen Pekerjaan Umum, 1997b*

2.2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Beban Lalu Lintas yang Dipikul

Jalan dibagi dalam kelas-kelas yang penetapannya didasarkan pada kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas yang dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton. Dalam buku *Tata Cara Perencanaan Geometrik untuk Jalan Antar Kota tahun 1997*, pembagian kelas jalan adalah seperti pada Tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.4 Klasifikasi Jalan Menurut Muatan Sumbu Terberat

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat (Ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	III A	8
Kolektor	IIIA	8
	IIIB	8

Sumber *: Departemen Pekerjaan Umum, 1997a*

2.2.3 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-data selama 1 tahun penuh (*Direktorat Perguruan Tinggi Swasta, 1997*)

$$\text{LHRT} = \frac{\text{jumlah lalu lintas dalam satu tahun}}{365 \text{ hari}} \quad \text{.....} \quad (2.1)$$

LHRT dinyatakan dalam smp/hari/2 arah.

LHR adalah jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dibandingkan atau dibagi dengan lamanya pengamatan.

$$\text{LHR} = \frac{\text{jumlah lalu lintas dalam pengamatan}}{\text{lamanya pengamatan}} \quad \text{.....} (2.2)$$

(*Direktorat Perguruan Tinggi Swasta, 1997*)

2.2.4 Volume Jam Rencana

Volume jam rencana adalah jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu-satuan waktu (hari, jam atau menit). Dalam perencanaan digunakan perhitungan volume jam puncak yang dinyatakan dalam volume per jam perencanaan. Perhitungan volume lalu lintas menggunakan rumus dari *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997b).*

$$Q_{DH} = \text{VJR} = \text{LHRT x K} \quad \text{.....} \quad (2.3)$$

Q_{DH} = VJR = Volume Jam Rencana (smp/jam)

LHRT = Lalu lintas harian rata-rata tahunan (smp/hari)

K = Faktor volume lalu lintas jam sibuk (K = 10% - 15%)

2.2.5 Analisis Kecepatan Arus Kendaraan

a. Kecepatan Arus Bebas

Kecepatan arus bebas didefinisikan sebagai kecepatan pada saat tingkat arus nol, sesuai dengan kecepatan yang akan dipilih pengemudi seandainya mengendarai kendaraan bermotor tanpa halangan kendaraan bermotor lain di jalan (yaitu saat arus = 0).

Kecepatan arus bebas diamati melalui pengumpulan data lapangan, darimana hubungan antara kecepatan arus bebas dengan kondisi geometrik dan lingkungan telah ditetapkan dengan cara regresi. Kecepatan arus bebas ringan telah dipilih sebagai kriteria dasar untuk kinerja segmen jalan pada saat arus = 0. Kecepatan arus bebas kendaraan berat, menengah, bus berat, truk besar, dan

sepeda motor juga diberikan sebagai rujukan. Kecepatan arus bebas mobil penumpang biasanya adalah 10 % - 15 % lebih tinggi dari tipe kendaraan ringan.

Berdasarkan *Departemen Pekerjaan Umum (1997b)*, persamaan untuk penentuan kecepatan arus bebas mempunyai bentuk umum sebagai berikut:

$$\mathbf{FV = (F_{VO} + FV_W) \times FFV_{SF} \times FFV_{RC}} \quad .....(2.4)$$

Keterangan :

FV = Kecepatan arus bebas kendaraan ringan pada kondisi lapangan (km/jam)

F_{VO} = Kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan pada jalan dan alinyemen yang diamati

FV_W = Penyesuaian kecepatan akibat lebar jalan (km/jam)

FFV_{SF} = Faktor penyesuaian akibat hambatan samping dan lebar bahu

FFV_{RC} = Faktor penyesuaian akibat kelas fungsi jalan dan guna jalan

b. Kecepatan Arus Bebas Dasar Kendaraan Ringan

Kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan adalah kecepatan arus bebas suatu segmen jalan untuk suatu kondisi ideal yang telah ditentukan sebelumnya. Berdasarkan *Departemen Pekerjaan Umum (1997b)*, nilai kecepatan arus dasar dapat dilihat melalui Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Kecepatan Arus Bebas Dasar (F_{VO})

Tipe Jalan / Tipe Alinyemen	Kecepatan Arus Bebas Dasar (km/jam)				
	Kendaraan Ringan (LV)	Kendaraan Berat Menengah (MHV)	Bus Besar (LB)	Truck Besar (LT)	Sepeda Motor (MC)
6 lajur terbagi					
1 Datar	83	67	86	64	64
2 Bukit	71	56	68	52	58
3 Gunung	62	45	55	40	55
4 lajur terbagi					
1 Datar	78	65	81	62	64
2 Bukit	68	55	66	51	58
3 Gunung	60	44	53	39	55
4 lajur tak terbagi					
1 Datar	74	63	78	60	60
2 Bukit	66	54	65	50	56
3 Gunung	58	43	52	39	53
2 lajur tak terbagi					
1 Datar SDC A	68	60	73	58	55
Datar SDC B	65	57	69	55	54
Datar SDC C	61	54	63	52	53
2 Bukit	61	52	62	49	53
3 Gunung	55	42	50	38	51

Sumber : *Departemen Pekerjaan Umum, 1997b*

c. Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Akibat Lebar Efektif Jalur Lalu Lintas

Penyesuaian kecepatan arus bebas akibat lebar efektif jalur lalu lintas adalah penyesuaian untuk kecepatan arus bebas dasar akibat lebar jalur berdasarkan *Departemen Pekerjaan Umum (1997b)*. Nilai dari faktor ini dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas (FV_W)

Tipe Jalan	Lebar Efektif Jalur Lalu Lintas (Wc)	FV_W (km/jam)		
		Datar : SDC = A,B	Bukit :SDC = A,B,C Datar :SDC = C	Gunung
4-lajur dan 6-lajur terbagi	Per lajur			
	3,00	-3	-3	-2
	3,25	-1	-1	-1
	3,50	0	0	0
	3,75	2	2	2
4-lajur tak terbagi	Per lajur			
	3,00	-3	-2	-1
	3,25	-1	-1	-1
	3,50	0	0	0
	3,75	2	2	2
2-lajur tak terbagi	Total			
	5	-11	-9	-7
	6	-3	-2	-1
	7	0	0	0
	8	1	1	0
	9	2	2	1
	10	3	3	2
	11	3	3	2

Untuk jalan dengan lajur lebih dari 6 lajur, nilai pada Tabel 2.12 untuk jalan 6 lajur terbagi, dapat digunakan.
Sumber : *Departemen Pekerjaan Umum, 1997b*

d. Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Akibat Hambatan Samping

Penyesuaian kecepatan arus bebas akibat hambatan samping adalah faktor penyesuaian untuk kecepatan arus bebas dasar akibat hambatan samping dan lebar bahu jalan. Berdasarkan Departemen Pekerjaan Umum (1997b), nilai dari faktor ini dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Faktor Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Akibat Hambatan Samping (FFV_{SF})

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping (SFC)	Faktor Penyesuaian Akibat Hambatan Samping Dan Lebar Bahu			
		Lebar Bahu Efektif Ws (m)			
		≤ 0,5 m	1,0 m	1,5 m	≥ 2 m
4-Lajur Terbagi (4/2D)	Sangat Rendah	1,00	1,00	1,00	1,00
	Rendah	0,98	0,98	0,98	0,99
	Sedang	0,95	0,95	0,96	0,98
	Tinggi	0,91	0,92	0,93	0,97
	Sangat Tinggi	0,86	0,87	0,89	0,96
4-Lajur Tak Terbagi (4/2 UD)	Sangat Rendah	1,00	1,00	1,00	1,00
	Rendah	0,96	0,97	0,97	0,98
	Sedang	0,92	0,94	0,95	0,97
	Tinggi	0,88	0,89	0,90	0,96
	Sangat Tinggi	0,81	0,83	0,85	0,95
2-Lajur Tak Terbagi (2/2 UD)	Sangat Rendah	1,00	1,00	1,00	1,00
	Rendah	0,96	0,97	0,97	0,98
	Sedang	0,91	0,92	0,93	0,97
	Tinggi	0,85	0,87	0,88	0,95
	Sangat Tinggi	0,76	0,79	0,82	0,93

Untuk jalan dengan 6 lajur dapat ditentukan dengan menggunakan nilai FFV_{SF} bagi jalan 4 lajur dalam Tabel 2.7 dengan modifikasi :

$$\mathbf{FFV}_{6,SF} = \mathbf{1 - 0{,}8 \times (1 - FFV}_{4,SF}\mathbf{)} \quad .....(2.5)$$

Dimana :

$FFV_{6,SF}$ = faktor penyesuaian kecepatan arus bebas untuk 6 lajur

$FFV_{4,SF}$ = faktor penyesuaian kecepatan arus bebas untuk 4 lajur

Sumber : *Departemen Pekerjaan Umum, 1997b*

e. Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Akibat Kelas Fungsional Jalan

Penyesuaian kecepatan arus bebas akibat kelas fungsional jalan adalah faktor penyesuaian untuk kecepatan arus bebas dasar akibat kelas fungsional jalan (arteri, kolektor atau lokal) tata guna lahan. Berdasarkan Departemen Pekerjaan Umum (1997b), nilai dari faktor ini dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Faktor Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Akibat Kelas Fungsional Jalan (FFV_{RC})

Tipe Jalan	Faktor Penyesuaian (FFV_{RC})				
	Pengembangan Samping Jalan (%)				
	0	25	50	75	100
4 Lajur Terbagi					
1 Arteri	1,00	0,99	0,98	0,96	0,95
2 Kolektor	0,99	0,98	0,97	0,95	0,94
3 Lokal	0,98	0,97	0,96	0,94	0,93
4 Lajur Tak Terbagi					
1 Arteri	1,00	0,99	0,97	0,96	0,945
2 Kolektor	0,97	0,96	0,94	0,93	0,915
3 Lokal	0,95	0,94	0,92	0,91	0,895
2 Lajur Tak Terbagi					
1 Arteri	1,00	0,98	0,97	0,96	0,94
2 Kolektor	0,94	0,93	0,91	0,90	0,88
3 Lokal	0,90	0,88	0,87	0,86	0,84

Untuk jalan lebih dari 4 lajur, FFV_{RC} dapat diambil sama seperti untuk jalan 4 lajur pada Tabel 2.14.
Sumber : *Departemen Pekerjaan Umum, 1997b*

2.2.6 Kapasitas Jalan

Kapasitas jalan didefinisikan sebagai arus maksimum yang dapat dipertahankan per satuan jam yang melewati suatu titik pada suatu ruas jalan dalam kondisi yang ada. Besarnya kapasitas jalan menurut *Departemen Pekerjaan Umum (1997b)*, yaitu :

$$\mathbf{C = C_O * FC_W * FC_{SP} * FC_{SF}} \quad \text{.....} \quad (2.6)$$

Dimana :

C = kapasitas (smp/jam)

Co = kapasitas dasar (smp/jam), lihat Tabel 2.9.

FC_W = faktor penyesuaian lebar jalan, lihat Tabel 2.10.

FC_{SP} = faktor penyesuaian pemisah arah (hanya untuk jalan tak terbagi), lihat Tabel 2.11.

FC_{SF} = faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan, lihat Tabel 2.12.

Tabel 2.9 Kapasitas Dasar (Co)

No	Tipe Jalan	Tipe Alinyemen	Kapasitas Dasar Total Kedua Arah	
1	Empat-lajur terbagi	Datar	1900	Smp/jam/lajur
		Bukit	1850	Smp/jam/lajur
		Pegunungan	1800	Smp/jam/lajur
2	Empat-lajur tak terbagi	Datar	1700	Smp/jam/lajur
		Bukit	1650	Smp/jam/lajur
		Pegunungan	1600	Smp/jam/lajur
3	Dua-lajur tak terbagi	Datar	3100	Smp/jam/jalur
		Bukit	3000	Smp/jam/jalur
		Pegunungan	2900	Smp/jam/jalur

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 1997b

Tabel 2.10 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Lajur Lalu-lintas (F_{CW})

No	Tipe Jalan	Lebar Efektif Jalur Lalu - Lintas (m)		F_{CW}
1	Empat-lajur terbagi dan enam-lajur terbagi	Per lajur	3	0,91
			3,25	0,96
			3,5	1
			3,75	1,03
2	Empat-lajur tak terbagi	Per lajur	3	0,91
			3,25	0,96
			3,5	1
			3,75	1,03
3	Dua-lajur tak terbagi	Total kedua arah	5	0,69
			6	0,91
			7	1
			8	1,08
			9	1,15
			10	1,21
			11	1,27

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 1997b

Tabel 2.11 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisahan Arah (FC_{SP})

Pemisahan Arah SP % - %		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FC_{SP}	Dua-lajur 2/2	1	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat-lajur 4/2	1	0,975	0,95	0,925	0,9

untuk jalan terbagi, sedangkan faktor penyesuaian kapasitas akibat pemisahan arah tidak terbagi dapat diterapkan dan bernilai 1,0.

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 1997b

Tabel 2.12 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FC_{SF})

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	Faktor Penyesuaian Akibat Hambatan Samping Lebar Bahu Efektif			
		≤ 0,5	1	1,5	≥ 2,0
Empat-lajur dua arah terbagi	*Very low*	0,99	1	1,01	1,03
	Low	0,96	0,97	0,99	1,01
	Medium	0,93	0,95	0,96	0,99
	High	0,9	0,92	0,95	0,97
	Very high	0,88	0,9	0,93	0,96
Dua-lajur dua arah tak terbagi	*Very low*	0,97	0,99	1	1,02
	Low	0,93	0,95	0,97	1
Empat-lajur dua arah tak terbagi	*Medium*	0,88	0,91	0,94	0,98
	High	0,84	0,87	0,91	0,95
	Very high	0,8	0,83	0,88	0,93

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 1997b

2.2.7 Derajat Kejenuhan (*Degree of Saturation*)

Derajat kejenuhan didefinisikan sebagai ratio arus lalu lintas terhadap kapasitas jalan, digunakan sebagai faktor kunci dalam penentuan perilaku lalu lintas pada suatu simpang dan segmen jalan. Nilai derajat kejenuhan akan menunjukkan apakah segmen jalan itu akan mempunyai suatu masalah dalam kapasitas atau tidak.

Besarnya nilai derajat kejenuhan ditunjukkan pada rumus berikut.

$$\mathbf{DS = Q_{smp}/C} \quad \text{.....(2.7)}$$

Dimana:

DS = derajat kejenuhan

Q_{smp} = arus total (smp/jam), dihitung sebagai berikut:

$Q_{smp} = Q_{kend} \times F_{smp}$

F_{smp} = faktor smp, dihitung sebagai berikut:

$F_{smp} = (emp_{LV} \times LV\% + emp_{HV} \times HV\% + emp_{MC} \times MC\%)/100$

dimana emp_{LV}, LV%, emp_{HV}, HV%, emp_{MC} dan MC% adalah emp dan komposisi lalu lintas untuk kendaraan ringan, kendaraan berat dan sepeda motor

C = kapasitas jalan (smp/jam).

2.3. Aspek Topografi

Topografi merupakan faktor dalam menentukan lokasi jalan dan pada umumnya mempengaruhi penentuan trase jalan, seperti landai jalan, jarak pandang, penampang melintang, dan lain-lainnya. Selain itu, keadaan topografi juga digunakan untuk penentuan klasifikasi medan jalan. Namun dalam pekerjaan peningkatan jalan, keadaan topografi ini hanya berfungsi untuk menentukan bangunan pendukung jalan seperti saluran drainase, hal ini berlaku jika kondisi jalan eksisting belum ada bangunan pendukungnya.

2.4. Aspek Geometrik

Dalam perencanaan jalan, bentuk geometrik jalan harus ditentukan sedemikian rupa sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal pada lalu lintas sesuai dengan fungsinya. Untuk itu perlu diperhatikan batasan – batasan yang telah ditetapkan oleh Bina Marga. Perencanaan geometrik antara lain, meliputi:

2.4.1 Kebutuhan Lajur

Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang, dibatasi oleh marka jalan, memiliki lebar yang cukup unutk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana (*Departemen Pekerjaan Umum, 1997a*). Lebar lajur tidak boleh lebih lebar dari lebar lajur pada jalan pendekat untuk tipe dan kelas jalan yang relevan. Berdasarkan *Departemen Pekerjaan Umum (1997a)*, lebar lajur ideal berdasarkan fungsi dan kelas jalan sesuai Tabel 2.13 berikut ini:

Tabel 2.13 Lebar Lajur Jalan Ideal

Fungsi	Kelas	Lebar Lajur Ideal
Arteri	I	3,75
	II,IIIA	3,50
Kolektor	IIIA,IIIB	3,00
Lokal	IIIC	3,00

Sumber : *Departemen Pekerjaan Umum, 1997a*

2.4.2 Alinyemen Horisontal

Perencanaan alinyemen horisontal merupakan proyeksi sumbu tegak lurus bidang horisontal yang terdiri dari susunan garis lurus dan garis lengkung (*Direktorat Perguruan Tinggi Swasta, 1997*). Alinyemen horizontal terdiri atas

bagian lurus dan bagian lengkung atau disebut juga tikungan. Perencanaan geometrik pada bagian lengkung dimaksudkan untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima kendaraan yang berjalan dengan kecepatan V_R pada saat melewati tikungan (*Departemen Pekerjaan Umum, 1997a*). Gaya sentrifugal ini dapat mendorong kendaraan secara radial ke arah luar lengkung. Gaya ini arahnya tegak lurus terhadap arah laju kendaraan yang mengakibatkan rasa tidak nyaman bagi pengemudi.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan tikungan pada alinyemen horisontal adalah :

a. Superelevasi (e)

Superelevasi adalah kemiringan melintang jalan pada lengkung horizontal yang bertujuan untuk memperoleh komponen berat kendaraan guna mengimbangi gaya sentrifugal. Superelevasi maksimum yang dapat dipergunakan pada suatu jalan raya dibatasi oleh beberapa keadaan (*Sukirman, 1994*), seperti:

1) Keadaan cuaca, seperti turun hujan dan berkabut;
2) Jalan yang berada di daerah yang sering turun hujan atau berkabut, superelevasi maksimumnya lebih rendah daripada jalan yang berada di daerah yang selalu bercuaca baik;
3) Keadaan medan, seperti datar, berbukit-bukit atau pegunungan. Di daerah datar, superlevasi maksimumnya lebih tinggi daripada di daeran berbukit-bukit dan pegunungan.

Dalam hal ini, batasan superlevasi maksimum yang dipilih lebih ditentukan pada tingkat kesukaran dalam pelaksanaan pembuatan jalan.

b. Jari-Jari Tikungan

Tikungan jalan terdiri dari lingkaran dan lengkung peralihan. Penentuan ukuran bagian-bagian tikungan didasarkan pada keseimbangan gaya yang bekerja pada kendaraan yang melintasi tikungan tersebut. Di dalam perancangan geometric jalan, ketajaman lengkung horizontal dapat dinyatakan dalam jari-jari lengkung (R) atau dalam derajat lengkung (D). Besarnya jari-jari minimum (R_{min}) lengkung pada alinyemen horisontal dapat dicari dengan rumus:

$$R_{min} = \frac{(V_R{}^2)}{127(e_{max} + f_{max})} \quad .....(2.8)$$

Keterangan:

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

V_R = kecepatan rencana (km/jam)

e_{max} = superelevasi maksimum (%)

f_{max} = koefisien gesek maksimum untuk perkerasan aspal (f_{max} = 0,24)

untuk V_R < 80 km/jam f_m = - 0,00065 *V_R + 0,192

untuk V_R > 80 km/jam f_m = - 0,00125 * V_R + 0,24

Panjang jari-jari minimum dapat dilihat pada Tabel 2.14 berikut ini.

Tabel 2.14 Panjang Jari - Jari Minimum

Kecepatan Rencana (V_R) (km/jam)	Jari-Jari Minimum R_{min} (m)
120	600
100	350
80	210
60	110
50	80
40	50
30	30
20	15

Sumber : *Departemen Pekerjaan Umum, 1997a*

Besarnya jari-jari yang digunakan untuk merencanakan (R_c) harus lebih besar atau minimal sama dengan jari-jari minimum ($R_c \geq R_{min}$).

c. Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan adalah lengkung transisi pada alinyemen horisontal dan sebagai pengantar dari kondisi lurus ke lengkung penuh secara berangsur-angsur. Pada lengkung peralihan, perubahan kecepatan dapat terjadi secara berangsur-angsur serta memberikan kemungkinan untuk mengatur pencapaian kemiringan (perubahan kemiringan melintang secara berangsur-angsur). Panjang lengkung peralihan dapat dilihat pada Tabel 2.15.

Tabel 2.15 Panjang Lengkung Peralihan (L_s) Dan Panjang Pencapaian Superelevasi (L_e) Untuk Jalan 1 Jalur – 2 lajur – 2 Arah

V_R (km/jam)	Superelevesi, e (%)									
	2		4		6		8		10	
	Ls	Le	Ls	Le	Ls	Le	Ls	Le	Ls	Le
20										
30										
40	10	20	15	25	15	25	25	30	35	40
50	15	25	20	30	20	30	30	40	40	50
60	15	30	20	35	25	40	35	50	50	60
70	20	35	25	40	30	45	40	55	60	70
80	30	55	40	60	45	70	65	90	90	120
90	30	60	40	70	50	80	70	100	100	130
100	35	65	45	80	55	90	80	110	110	145
110	40	75	50	85	60	100	90	120	-	-
120	40	80	55	90	70	110	95	135	-	-

Sumber *: Departemen Pekerjaan Umum, 1997a*

d. Jenis Lengkung Horisontal

Dalam perancangan tikungan, dikenal 2 bentuk lengkung dasar yang sering digunakan yaitu lengkung lingkaran (*circle*) dan lengkung spiral. Lengkung spiral sering digunakan sebagai lengkung peralihan (*Direktorat Perguruan Tinggi Swasta, 1997*). Penggunaan kedua lengkung disesuaikan dengan kebutuhan dan persyaratan teknis, untuk itu dikenal beberapa bentuk tikungan yang digunakan dalam perancangan, yaitu:

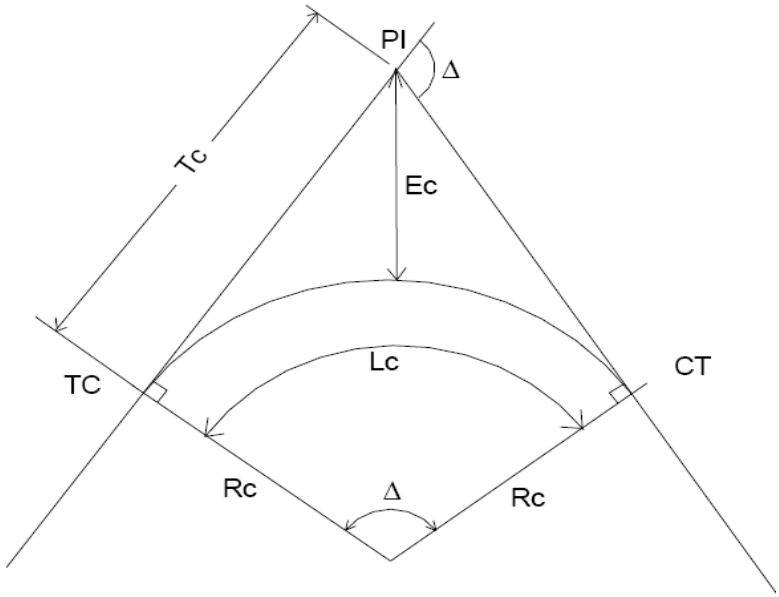
1) *Full Circle*

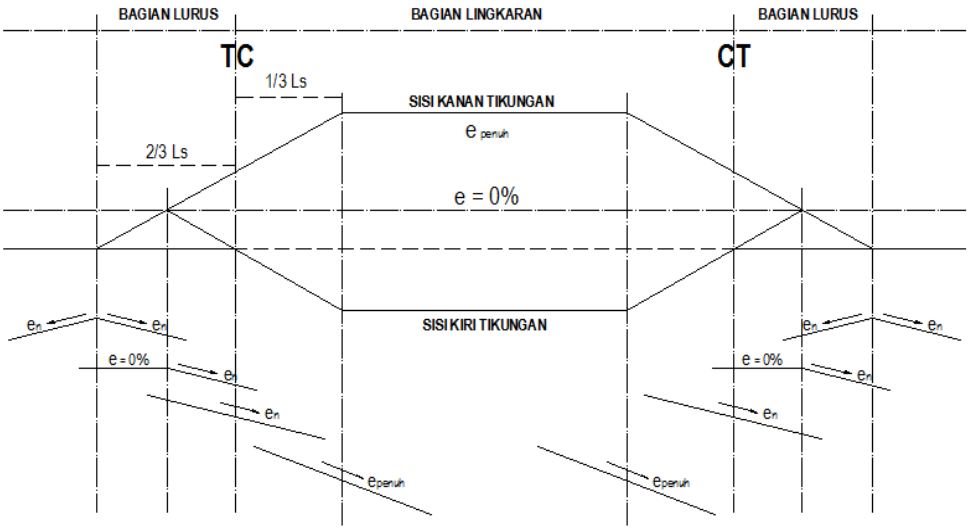
Yaitu tikungan yang berbentuk busur lingkaran penuh. Tikungan ini memiliki satu titik pusat lingkaran dengan jari-jari yang seragam (*Pranowo, et.al., 2004*). Tipe lengkung ini tidak memerlukan lengkung peralihan dan pada umumnya dipakai pada daerah dataran dan mempunyai jari-jari yang besar. Besarnya jari-jari tikungan yang tidak memerlukan lengkung peralihan disajikan pada Tabel 2.16. Gambar 2.1 adalah gambar lengkung *full circle*.

Tabel 2.16 Jari-jari Tikungan Lengkung untuk *Full Circle*

Kecepatan Rencana (km/jam)	Jari – Jari Minimum (m)
120	> 2500
100	> 1500
80	> 900
60	> 500
40	> 250
30	> 130

Sumber *: Departemen Pekerjaan Umum, 1997a*





Gambar 2.1 Lengkung *Full Circle*

Sumber: *Pranowo et.al., 2004.*

Keterangan :

PI = *Point of intersection*

Rc = Jari-jari *circle* (m)

Δ = Sudut *tangent*

TC = *Tangent Circle*, titik perubahan dari *Tangent* ke *Circle*

CT = *Circle Tangent*, titik perubahan dari *Circle* ke *Tangent*

Tc = Jarak antara TC dan PI atau sebaliknya PI dan CT (m)

L_c = Panjang bagian lengkung *circle* (m)

Ec = Jarak PI ke lengkung *circle* (m)

Rumus–rumus yang digunakan :

$TC = R_C \text{ tg } ½ \Delta$ ..... (2.9)

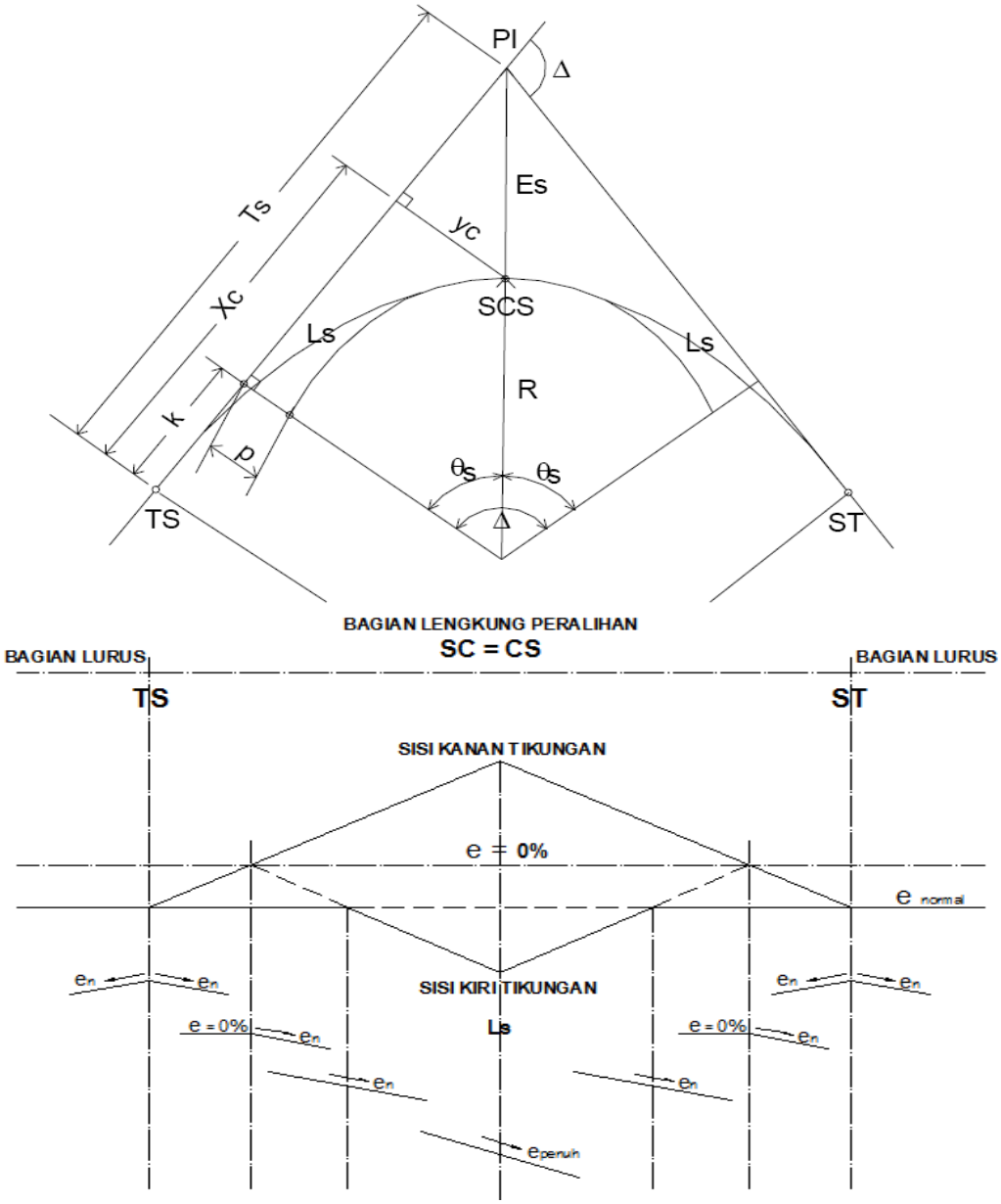
$$E_C = \frac{R_C\,[1 - \cos ½\ \Delta]}{\cos ½\ \Delta} \text{ ..... (2.10)}$$

$E_C = TC \text{ tg } ¼ \Delta$..... (2.11)

2) *Spiral-Spiral (S-S)*

Pada tikungan jenis ini dari arah tangen ke arah *circle* memiliki *spiral* yang merupakan transisi dari bagian lurus ke bagian *circle*. Adanya lengkung *spiral* merupakan lengkung transisi pada alinyemen horisontal yang berfungsi sebagai pengantar dari kondisi lurus ke lengkung penuh secara berangsur-angsur. Pada bagian ini terjadi gaya sentrifugal dari nol sampai dengan maksimum sewaktu kendaraan memasuki dan meninggalkan lengkung.

Berikut ini disajikan gambaran lengkung *spiral-spiral* dalam Gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2 Lengkung *Spiral – Spiral*

Sumber: *Pranowo et.al., 2004.*

Keterangan :

PI = *Point of Intersection*, titik perpotongan garis *tangent* utama

T_S = Jarak antara PI dan ST atau TS (m).

L_S = Panjang bagian lengkung *spiral* (m).

E_S = Jarak PI ke lengkung *spiral* (m).

Δ = Sudut pertemuan antara *tangent* utama

θ_S = Sudut *spiral*

TS = *Tangent Spiral*, titik awal *spiral* (dari *Tangent* ke *Spiral*)

ST = *Spiral Tangent*, titik perubahan dari *Spiral* ke *Tangent*

R_C = Jari-jari *circle* (m)

X_C = Jarak dari TS ke titik proyeksi pusat lingkaran pada *tangent* (m).

Rumus-rumus yang digunakan :

$\theta_S = \frac{1}{2}\Delta$ ..... (2.12)

$L_S = 2\pi / 360 * 2\theta_S$ ..... (2.13)

$L_C = 0$

$X_C = L_S \left(1 - \frac{L_S^2}{40R_C}\right)$ ..... (2.14)

$y_C = \frac{L_S^2}{6R_C}$ ..... (2.15)

$k = L_S - \frac{L_S^3}{40R_C^2} - R_C \sin\theta_s$ ..... (2.16)

$p = \frac{L_S^2}{6R_C} - R_C (1 - \cos\theta_s)$ ..... (2.17)

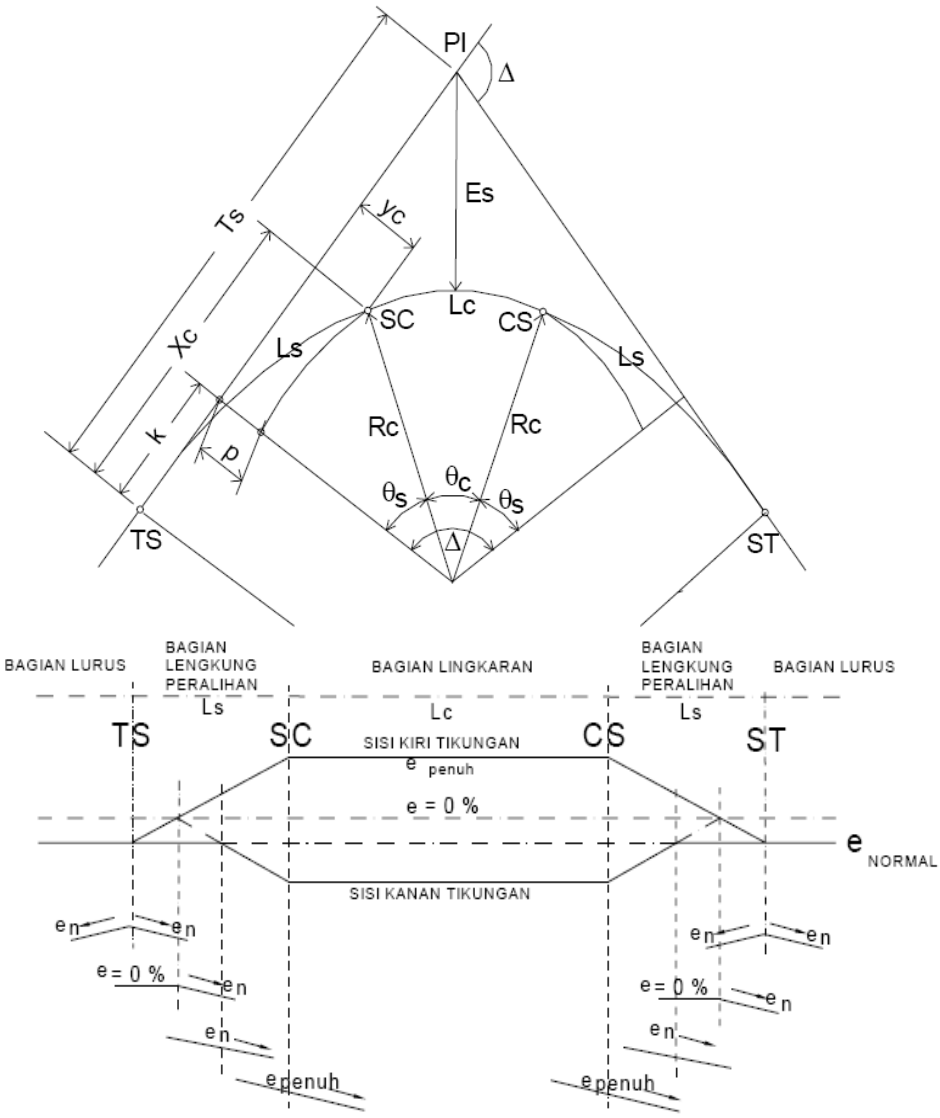
$W = (R_c + \Delta R_c) * tg (1/2\ \Delta)$ ..... (2.18)

$T_s = X_C + W$ ..... (2.19)

$E_S = \left[\frac{R_C + \Delta R_C}{\cos\Delta/2}\right]$ ..... (2.20)

3) *Spiral Circle Spiral* (S-C-S)

Pada tikungan jenis ini dari arah tangen ke arah *circle* memiliki *spiral* yang merupakan transisi dari bagian luar ke bagian *circle*. Adanya lengkung *spiral* merupakan lengkung transisi pada alinyemen horisontal yang berfungsi sebagai pengantar dari kondisi lurus ke lengkung penuh secara berangsur-angsur. Berikut ini, pada Gambar 2.3 disajikan gambaran lengkung *spiral-circle-spiral*.



Gambar 2.3 Lengkung *Spiral-Circle-Spiral*

Sumber: *Pranowo et.al., 2004.*

Keterangan :

PI = *Point of Intersection*, titik perpotongan garis *tangent* utama

TS = *Tangent Spiral*, titik awal spiral (dari *Tangent* ke *Spiral*)

SC = *Spiral Circle*, titik perubahan dari *Spiral* ke *Circle*

ST = *Spiral Tangent*, titik perubahan dari *Spiral* ke *Tangent*

R_C = Jari-jari *circle* (m)

L_C = Panjang lengkung lingkaran (m)

L_S = Panjang lengkung *spiral*, jarak antara TS ke SC (m)

T = Panjang *tangent* utama (m)

E = Panjang eksternal total dari PI ke tengah lengkung lingkaran (m)

X_C = Jarak dari TS ke titik proyeksi pusat lingkaran pada *tangent*

Δ = Sudut pertemuan antara *tangent* utama

θ_s = Sudut *spiral*

X_c, y_c = Koordinat SC atau CS terhadap TS-PI atau PI-TS

Rumus-rumus yang digunakan :

$$L_S = 0{,}022 * \frac{Vr^3}{R*C} - 2{,}727* \frac{Vr*e}{C} \quad \text{.....} (2.21)$$

$$\theta_S = 28{,}648 * \frac{L_s}{R_c} \text{ (derajat)} \quad \text{.....} (2.22)$$

$$L_C = R_C * \pi * \pi/180 \quad \text{.....} (2.23)$$

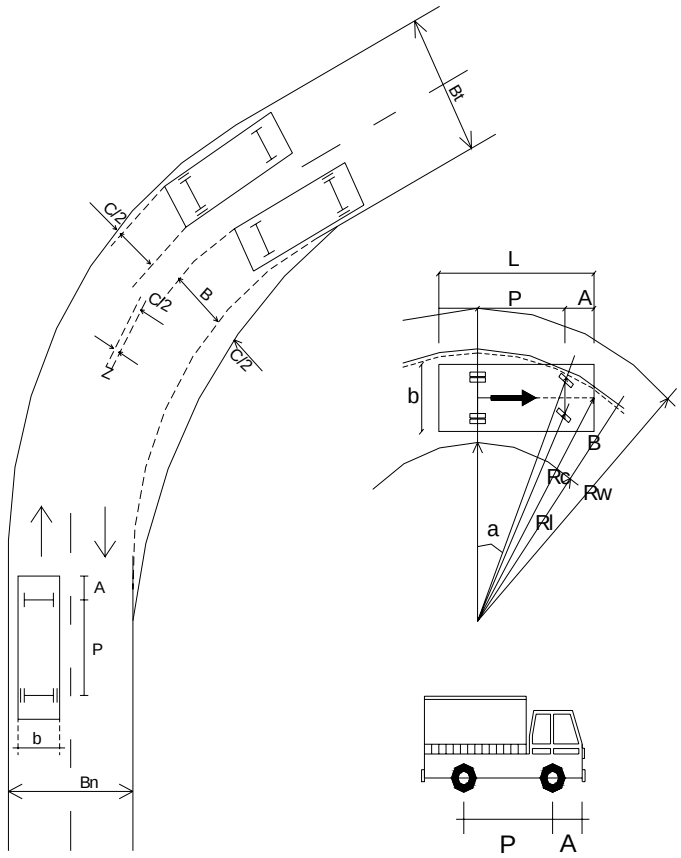
$$\Delta R_C = y_C + R_C (\cos \theta_s - 1) \quad \text{.....} (2.24)$$

$$E = \left[\frac{R_c + \Delta R_c}{\cos \theta_s/2} \right] - R_C \quad \text{.....} (2.25)$$

e. Pelebaran Perkerasan Pada Lengkung Horisontal

Pada saat kendaraan melintasi tikungan, roda belakang kendaraan tidak dapat mengikuti jejak roda depan sehingga lintasannya berada lebih ke dalam dibandingkan dengan lintasan roda depan. Lebar jalan yang dibutuhkan pada daerah tikungan lebih besar agar roda kendaraan tetap berada pada perkerasan. Untuk itu pada bagian ini perlu dibuat pelebaran.

Pada umumnya truk tunggal digunakan sebagai jenis kendaraan rencana untuk penentuan tambahan lebar perkerasan yang dibutuhkan. Tetapi pada jalan-jalan dimana banyak dilewati kendaraan berat, jenis kendaraan semi trailer merupakan kendaraan yang cocok dipilih untuk kendaraan rencana. Pelebaran perkerasan pada tikungan dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4 Pelebaran Perkerasan Pada Tikungan

Detail dari elemen-elemen dari pelebaran perkerasan tikungan di atas adalah sebagai berikut:

1) *Off Tracking*

   Untuk perencanaan geometrik jalan antar kota, Bina Marga memperhitungkan lebar kendaraan rencana (B) dengan mengambil posisi kritis kendaraan yaitu pada saat roda depan kendaraan pertama kali dibelokkan dan tinjauan dilakukan pada lajur sebelah dalam.

2) Kesukaran Dalam Mengemudi di Tikungan

   Semakin tinggi kecepatan kendaraan dan semakin tajam tikungan tersebut, semakin besar tambahan pelebaran akibat kesukaran dalam mengemudi. Hal ini disebabkan kecenderungan terlemparnya kendaran bergerak ke arah dalam gerakan menikung tersebut. Kebebasan samping di kiri dan kanan jalan tetap harus dipertahankan demi keamanan dan tingkat pelayanan jalan. Kebebasan

samping (C) sebesar 0,5m, 1 m, dan 1,25 m cukup memadai untuk jalan dengan lebar lajur 6 m, 7 m, dan 7,50 m.

Persamaan-persamaan yang digunakan dalam perencanaan pelebaran perkerasan pada tikungan adalah sebagai berikut.

$B = R_W - Ri$ .....(2.26)

$Ri + b = \sqrt{(R_w^2 - (p + A)^2}$ .....(2.27)

$R_W = \sqrt{(Ri + b)^2 + (p + A)^2}$ .....(2.28)

$Ri = R_W - B$ .....(2.29)

$R_W - B + b = \sqrt{(R_w^2 - (p + A)^2}$ .....(2.30)

$B = R_W + b - \sqrt{(R_w^2 - (p + A)^2}$ .....(2.31)

$R_C^2 = (Ri + 0,5b)^2 + (p + A)^2$ .....(2.32)

$(Ri + 0,5b)^2 = R_C^2 - (p + A)^2$ .....(2.33)

$(Ri + 0,5b)^2 = \sqrt{(R_w^2 - (p + A)^2}$ .....(2.34)

$Ri = \sqrt{(R_C^2 - (p + A)^2} - 0,5b$ .....(2.35)

$Z = 0,105\ V/R$ .....(2.36)

Keterangan :

b = Lebar kendaraan rencana.

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

R_W = Radius lengkung terluar dari lintasan kendaraan pada lengkung horisontal untuk lajur sebelah dalam.

Besarnya Rw dipengaruhi oleh tonjolan depan (A) kendaraan dan sudut belokan roda depan (α).

R_i = Radius lengkung terdalam dari lintasan kendaraan pada lengkung horisontal untuk lajur sebelah dalam. Besarnya Ri dipengaruhi oleh jarak gandar kendaraan (P).

R_C = Radius lajur sebelah dalam – 0,5 lebar perkerasan + 0,5b.

Z = lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi di tikungan.

V = Kecepatan (km/jam).

R = Radius lengkung (m).

U = B – b

C = lebar kebebasan samping di kiri dan kanan kendaraan.

B_n = lebar total perkerasan pada bagian lurus.

B_t = lebar total perkerasan di tikungan = n (B + C) +Z

n = jumlah lajur.

Δb= tambahan lebar perkerasan di tikungan = $B_t – B_n$

2.4.3 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal terdiri atas bagian landai vertikal dan bagian lengkung vertikal. Ditinjau dari titik awal perencanaan, bagian landai vertikal dapat berupa landai positif (tanjakan), landai negatif (turunan) atau landai nol (datar). Bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cekung atau lengkung cembung.

a. Landai Maksimum

Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaran bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. 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 (*Departemen Pekerjaan Umum, 1997a*). Berikut ini disajikan kelandaian maksimum yang diijinkan untuk berbagai Kecepatan Rencana (V_R) dalam Tabel 2.17.

Tabel 2.17 Kelandaian Maksimum yang Diijinkan

v_R (km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	< 40
Kelandaian Maksimal (%)	3	3	4	5	8	9	10	10

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 1997a

Panjang kritis yaitu panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh V_R. Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak lebih dari satu menit. Panjang kritis dapat ditetapkan dari Tabel 2.18.

Tabel 2.18 Panjang Kritis (m)

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 : *Departemen Pekerjaan Umum, 1997a*

b. Lengkung Vertikal

Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam Lengkung Vertikal adalah:

1) Lengkung vertikal harus disediakan pada setiap lokasi yang mengalami perubahan kelandaian dengan tujuan :
   a) Mengurangi goncangan akibat perubahan kelandaian
   b) Menyediakan jarak pandang henti
2) Lengkung vertikal cembung, dalam tata cara ini ditetapkan berbentuk parabola sederhana
   a) Jika jarak pandangan lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cembung (S<L), panjang lengkung vertikal cembung ditetapkan dengan rumus :

$$L = \frac{S^2 A}{\left[\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2{}^2}\right]^2} \quad \text{.....(2.37)}$$

   b) Jika jarak pandangan lebih besar dari panjang lengkung vertikal cembung (S > L), panjang lengkung vertikal cembung ditetapkan dengan rumus :

$$L = 2S - \frac{2\left[\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}\right]^2}{A} \quad \text{.....(2.38)}$$

   Keterangan :

   L = Panjang lengkung vertikal (m).

   S = Jarak pandangan (m).

   A = Perbedaan aljabar kedua *tangent* atau A= $g_2 - g_1$

   h_1 = Tinggi mata.

   h_2 = Tinggi benda.

g_1 = Kemiringan *tangent* 1

g_2 = Kemiringan *tangent* 2

E = AL/800

3) Lengkung vertikal cekung

Penentuan panjang lengkung vertikal cekung didasarkan pada :

a) Faktor keamanan untuk keadaan pada malam hari yang didasarkan pada penyinaran lampu besar, diukur dengan ketentuan tinggi 0,75 meter dan berkas sinar 1 derajat. Jika jarak pandangan lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cekung (S<L), panjangnya ditetapkan dengan rumus :

$L = AS^2 / (150 + 3{,}5\ S)$ ..... (2.40)

Jika jarak pandangan lebih panjang dari panjang lengkung vertikal cekung (S>L), panjang vertikal cekung ditetapkan dengan rumus:

L = 2S – (150 + 3,5 S) / A.....(2.38)

b) Faktor kenyamanan yang didasarkan pada pengaruh gaya berat oleh gaya sentripetal. Panjang lengkung vertikal :

$$L = \frac{AV^2}{1300\,a} \quad \text{.....(2.41)}$$

Keterangan :

V = kecepatan rencana (km/jam)

a = percepatan sentripetal (m^2/dtk)

4) Panjang lengkung vertikal

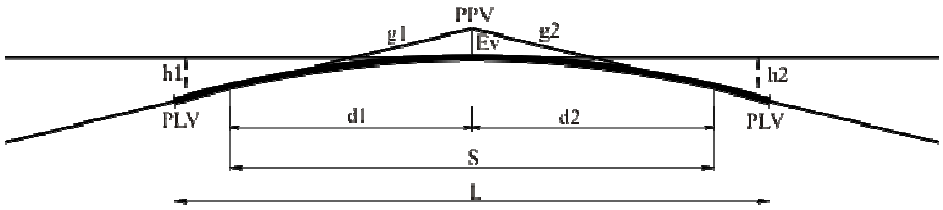
Panjang lengkung vertikal bisa ditentukan langsung sesuai Tabel 2.19, yang didasarkan pada penampilan, kenyamanan dan jarak pandang.

Tabel 2.19 Panjang Minimum Lengkung Vertikal

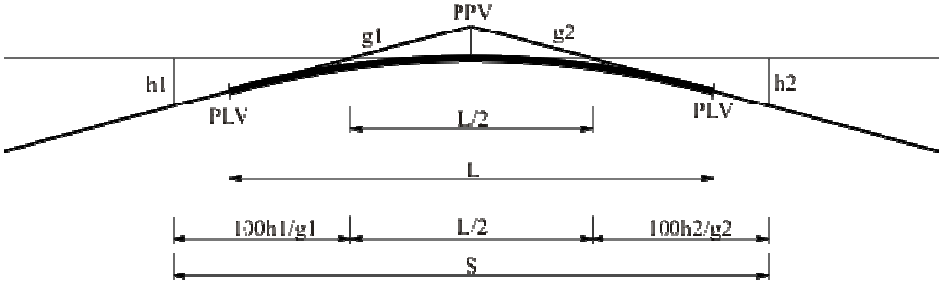
Kecepatan Rencana (km/jam)	Perbedaan Kelandaian Memanjang (%)	Panjang Lengkung (m)
120	1	20-30
100	0,6	40-80
80	0,4	80-150

Sumber : *Departemen Pekerjaan Umum, 1997(a)*

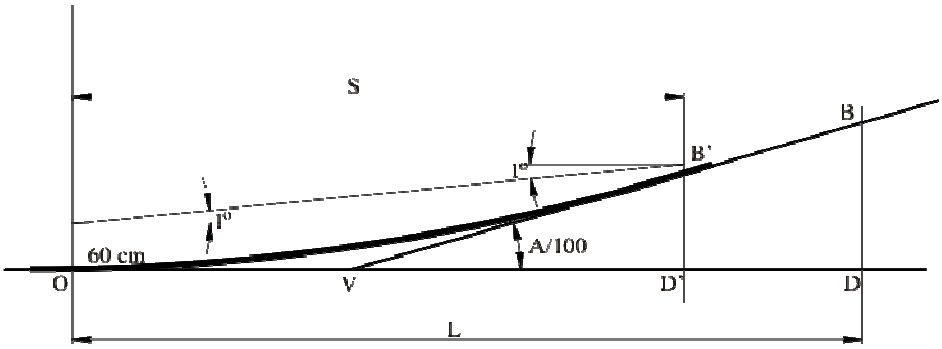
Apabila panjang lengkung vertikal yang dihitung lebih kecil dari panjang minimum lengkung vertikal pada Tabel 2.19, maka panjang lengkung vertikal yang digunakan adalah panjang lengkung vertikal yang bersesuaian dari Tabel 2.19. Berikut disajikan gambaran dari lengkung vertikal cembung dan lengkung vertikal cekung pada Gambar 2.5 ,Gambar 2.6, Gambar 2.7 dan Gambar 2.8.



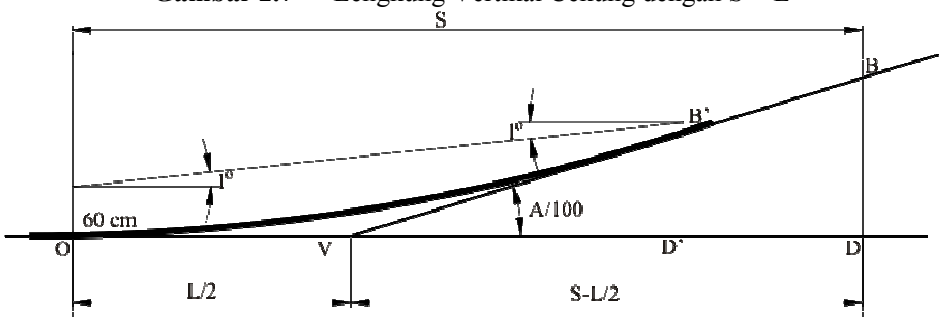
Gambar 2.5 Lengkung Vertikal Cembung dengan S < L



Gambar 2.6 Lengkung Vertikal Cembung dengan S > L



Gambar 2.7 Lengkung Vertikal Cekung dengan S < L



Gambar 2.8 Lengkung Vertikal Cekung dengan S > L

2.5. Aspek Tanah

Tinjauan aspek tanah pada perencanaan jalan ini meliputi tinjauan terhadap data – data tanah berdasarkan hasil penyelidikan tanah sesuai lokasi pekerjaan. Penyelidikan tanah untuk perencanaan struktur jalan dimaksudkan untuk mengetahui daya dukung tanah (DDT) di lokasi pekerjaan dengan penyelidikan CBR tanah dasar dan penyelidikan *test pit* untuk mengetahui karakteristik tanah di lokasi .

Selanjutnya untuk mengetahui jenis, ukuran dan sifat-sifat dari tanah, maka perlu dilakukan pengujian tanah, baik secara visual di lapangan maupun pengetesan di laboratorium mekanika tanah. Pengujian terhadap tanah meliputi pengujian terhadap sifat-sifat fisik (*physical properties*) dan sifat-sifat mekanik (*mechanical properties*) tanah. Parameter *physical properties* yang dicari antara lain: *specific grafity (Gs), bulk density, dry density, atterbeg limit (LL,PL,IP),* kadar air *(w), void ratio (e),* porositas *(n).* Sedangkan parameter *mechanical properties* yang dicari antara lain: nilai kohesi (C), sudut geser tanah (Ø), koefisien konsolidasi (Cv), *compresssion index* (Cc).

2.6. Aspek Perkerasan

Unsur-unsur yang terdapat dalam perencanaan tebal perkerasan supaya tercapai hasil yang optimal adalah:

a. Unsur beban lalu lintas;
b. Unsur perkerasan;
c. Unsur tanah keras

Pada perencanaan perkerasan jalan ruas jalan Congot – Jali – Wawar dipilih tipe perkerasan lentur (*flexible pavement*). Pemilihan ini didasarkan pada kondisi jalan eksisting dan kondisi tanah sekitar lokasi yang cenderung stabil. Berbeda untuk tanah yang senantiasa bergerak digunakan perencanaan perkerasan kaku. Namun dalam penyajian laporan ini, diberikan sedikit penjelasan tentang perkerasan kaku. Penentuan tebal perkerasan lentur jalan didasarkan pada buku *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Metode Analisa Komponen* .

Dasar perhitungan tebal perkerasan lentur adalah sebagai berikut:

a. Menentukan Faktor Regional (FR)

Faktor regional adalah faktor setempat yang menyangkut keadaan lapangan dan iklim, yang dapat mempengaruhi keadaan pembebanan, daya dukung tanah dasar dan perkerasan. Dengan memakai parameter curah hujan, kelandaian jalan and persentase kendaraan berat maka didapat nilai FR. Besarnya nilai Faktor Regional (FR) seperti terlihat pada Tabel 2.20. berikut.

Tabel 2.20 Faktor Regional

Curah Hujan	Kelandaian I (<6%)		Kelandaian II (6-10%)		Kelandaian III (>10%)	
	% Kendaraan Berat					
	≤ 30%	> 30%	≤ 30%	> 30%	≤ 30%	> 30%
Iklim I < 900 mm/th	0,5	1,0 - 1,5	1	1,5 - 2,0	1,5	2,0 - 2,5
Iklim II > 900 mm/th	1,5	2,0 - 2,5	2	2,5 - 3,0	2,5	3,0 - 3,5

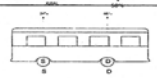
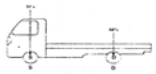
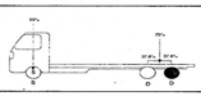
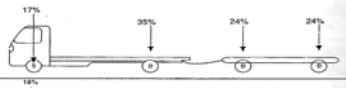
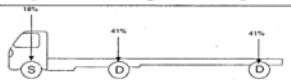
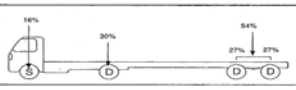
Sumber *: Departemen Pekerjaan Umum, 1987b*

b. Menghitung komposisi lalu lintas LHR awal rencana.

c. Menghitung Jenis Kendaraan dan Konfigurasi Roda Kendaraan

Jenis kendaraan yang beroperasi di jalan raya sangatlah bervariasi dari sedan, pick-up, mini bus sampai dengan truk peti kemas. Konfigurasi roda kendaraan dan as kendaraan umumnya diberi suatu symbol, misalnya 1.2 menyatakan bahwa kendaraan tersebut terdiri dari 2 as depan dan belakang. As depan terdiri dari roda tunggal, sedangkan as belakang terdiri dari roda tunggal. Bina Marga (1979) memberikan patokan jenis kendaraan berikut harga Angka Ekivalen Beban As Standar (=E=EAL) seperti terlihat pada Tabel 2.21 berikut.

Tabel 2.21 Konfigurasi Roda Kendaraan dan Angka Ekivalen 8,16

Konfigurasi Sumbu & Tipe	Berat Kosong (ton)	Beban muatan Maksimum (ton)	Berat Total Maksimum(ton)	AE 8,16 ton (=E) Muatan kosong	AE 8,16 ton (=E) Muatan maksimum	Keterangan : Ⓢ Roda tunggal pada ujung sumbu; Ⓓ Roda ganda pada ujung sumbu
1.1 MP	1,5	0,5	2,0	0,0001	0,0004	
1.2. BUS	3	6	9	0,0037	0,3006	
1,2L Truck	2,3	6	8,3	0,0013	0,2174	
1,2H Truck	4,2	14	18,2	0,0143	5,0264	
1,22 Truck	5	20	25	0,0044	2,7416	
1.2+2.2 Trailer	6.4	25	31,4	0,0085	4,9283	
1.2-2	6.2	20	26,2	0,0192	6,1179	
1.2-22 Trailer	10	32	42	0,0327	10,183	

Sumber : *Departemen Perguruan Tinggi Swasta, 1997*

Pada tabel di atas terlihat besarnya distribusi pembebabanan pada kendaraan untuk masing-masing sumbu/ as kendaraan.

d. Menghitung Lintas Ekivalen Permulaan (LEP)

Jumlah lintas ekivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton pada jalur rencana yang diduga terjadi pada permulaan umur rencana.

Rumus:

$$\mathbf{LEP = C \times LHR_{awal} \times E} \quad \text{.....} (2.42)$$

Keterangan :

C = Koefisien distribusi kendaraan

LHR_{awal} = Lalu lintas harian rata – rata pada awal umur rencana (smp/jam)

E = Angka ekivalen untuk setiap jenis kendaraan

e. Menghitung Lintas Ekivalen Akhir (LEA)

Jumlah lintas ekivalen harian rata – rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton pada jalur rencana yang diduga terjadi pada akhir umur rencana.

Rumus :

$$\mathbf{LEA = C \times LHR_{akhir} \times E} \quad \text{.....} (2.43)$$

Keterangan :

C = Koefisien distribusi kendaraan

LHR_{akhir} = Lalu lintas harian rata-rata (smp/jam)

E = Angka ekivalen untuk setiap jenis kendaraan

f. Menghitung Lintas Ekivalen Tengah (LET)

Jumlah lintas ekivalen harian rata – rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton pada jalur rencana yang diduga terjadi pada tengah rencana.

Rumus :

LET = ½ (LEA + LEP) .....(2.44)

Keterangan :

LEA = Lintas Ekivalen Akhir (smp/jam)

LEP = Lintas Ekivalen Permulaan (smp/jam)

g. Menghitung Lintas Ekivalen Rencana (LER)

Jumlah lintas ekivalen rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton pada jalur rencana yang digunakan dalam perencanaan.

Rumus :

LER = LET x (UR/10) .....(2.45)

= **LET / FP** .....(2.46)

Keterangan :

FP = Faktor penyesuaian

LET = Lintas Ekivalen Tengah (smp/jam)

UR = Umur Rencana (tahun)

h. Menghitung Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan CBR

Daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan grafik korelasi. Daya dukung tanah dasar dapat diperoleh dari nilai CBR atau *Plate Bearing Test*, DCP, dan lain-lain. Penentuan nilai CBR desain berdasarkan dua cara yaitu metode Bina Marga dan Metode Analitis.

1) Metode Bina Marga

Tahapan-tahapan dalam menentukan CBR desain dengan menggunakan metode Bina Marga adalah sebagai berikut:

a) Tentukan harga CBR terendah;

b) Tentukan jumlah harga CBR;

c) Tentukan jumlah harga CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR;

d) Tentukan CBR desain yang mewakili yaitu sebesar 90% dari nilai CBR dengan jumlah yang sama atau lebih.

2) Metode Analitis

Besarnya nilai CBR desain dengan menggunakan metode analitis dapat diperoleh dengan rumus :

CBR desain = CBR rata-rata – SD ..... (2.47)

Keterangan :

CBR desain = nilai CBR rencana yang dicari

CBR rata–rata = nilai CBR rata – rata yang diperoleh dari data yang ada

$$= \frac{\sum_{1}^{n} CBR}{n}$$, n = jumlah data

SD = Standar Deviasi (Simpangan baku)

$$= \sqrt{\frac{n\left(\sum_{1}^{n} CBR^2\right) - \left(\sum_{1}^{n} CBR\right)^2}{n(n-1)}}$$

i. Indeks Permukaan

Indeks Permukaan adalah nilai kerataan/kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat. Dalam menentukan indeks permukaan awal umur rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan/kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana. Besarnya Indeks Permukaan Akhir Umur Rencana seperti terlihat pada Tabel 2.22, sedangkan besarnya Indeks Permukaan Awal Umur Rencana seperti terlihat pada Tabel 2.23 berikut.

Tabel 2.22 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP)

LER*)	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0 - 1,5	1,5	1,5 – 2,0	-
10 - 100	1,5	1,5 – 2,0	2	-
100 - 1000	1,5 - 2,0	2	2,0 – 2,5	-
> 1000	-	2,0 – 2,5	2,5	2,5

Sumber : *Departemen Pekerjaan Umum, 1987b*

Tabel 2.23 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (I Po)

Jenis Lapis Perkerasan	IPo	Roughness *) (Mm/Km)
LASTON	≥ 4	≤ 1000
	3,9 – 3,5	> 1000
LASBUTAG	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
HRA	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
BURDA	3,9 – 3,5	< 2000
BURTU	3,4 – 3,0	< 2000
LAPEN	3,4 – 3,0	≤ 3000
	2,9 – 2,5	> 3000
LATASBUM	2,9 – 2,5	-
BURAS	2,9 – 2,5	-
LATASIR	2,9 – 2,5	-
JALAN TANAH	≤ 2,4	-
JALAN KERIKIL	≤ 2,4	-

Sumber *: Departemen Pekerjaan Umum, 1987b*

j. Menghitung Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Adalah angka yang berhubungan dengan penentuan tebal perkerasan, caranya sebagai berikut.

1) Berdasarkan CBR tanah dasar, dari grafik didapat daya dukung tanah dasar (DDT),
2) Dengan parameter klasifikasi jalan dan besarnya LER, dari Tabel 2.13 didapat indeks permukaan akhir umur rencana.

Berdasarkan lapis perkerasan, dari Tabel 2.23 didapat indeks permukaan awal (IPo). Selanjutnya dengan parameter DDT, IP, FR dan LER dengan memakai nomogram penetapan tebal perkerasan ijin (ITP)

Rumus :

$$\mathbf{ITP = (a_1 \times D_1) + (a_2 \times D_2) + (a_3 \times D_3)} \text{.....(2.48)}$$

Dimana :

a1,a2,a3 = koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan, lihat Tabel 2.24.

D1, D2, D3 = tebal minimum masing-masing perkerasan.

Tabel 2.24 38Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (kg)	Kt (kg)	CBR (%)	
0,4	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,32	-	-	454	-	-	
0,3	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	Lasbutag
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,3	-	-	340	-	-	HRA
0,4	-	-	744	-	-	Laston
0,26	-	-	340	-	-	Aspal Macadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (Mekanis)
0,2	-	-	-	-	-	Lapen (Manual)
-	0,28	-	590	-	-	Laston atas
-	0,26	-	454	-	-	
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (Mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (Manual)
-	0,15	-	-	22	-	Stab. Tanah dg semen
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stab. Tanah dg semen
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Batu Pecah (klas A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu Pecah (klas B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu Pecah (klas C)
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu / pitrun (klas A)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu / pitrun (klas B)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu / pitrun (klas C)
-	-	0,1	-	-	20	Tanah / Lempung kepasiran

Sumber : *Departemen Pekerjaan Umum, 1987b*

Tabel 2.25 Batas-Batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan

a. Lapis Permukaan

ITP	Tebal minimum	Bahan
< 3,00	5	Lapis pelindung : (buras/burtu/burda)
3,00 – 6,70	5	Lapen / aspal macadam, HRA, lasbutag, laston
6,71 – 7,49	7,5	Lapen / aspal macadam, HRA, lasbutag, laston
7,50 – 9,99	7,5	Lasbutag, laston
≥10,00	10	Laston

Sumber : *Departemen Pekerjaan Umum, 1987b*

b. Lapis Pondasi

ITP	Tebal minimum	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen,stabilitas tanah dengan kapur
3,00 – 7,49	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
	10	Laston atas
7,50 – 9,99	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam
	15	Laston atas
10 – 12,14	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas
≥ 12,25	25	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas

Sumber : *Departemen Pekerjaan Umum, 1987b*

c. Lapis Pondasi Bawah

Untuk setiap nilai ITP bila digunakan pondasi bawah, tebal minimum adalah 10 cm.

Sumber *: Departemen Pekerjaan Umum, 1987b*

Perencanaan tebal lapis perkerasan tambahan dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya:

2.6.1. Perencanaan Tebal *Overlay* Menggunakan Metode Analisa Komponen

Langkah-langkah dalam merencanakannya, yaitu:

a) Perlu dilakukan survey penilaian terhadap kondisi perkerasan jalan lama (*existing pavement*), yang meliputi lapis permukaan, lapis pondasi atas, dan lapis pondasi bawah.
b) Tentukan LHR pada awal dan akhir umur rencana;
c) Hitung LEP, LEA, LET dan LER;
d) Cari nilai ITP_R menggunakan nomogram;
e) Cari nilai ITP_P dari jalan yang eksisting;
f) Tetapkan tebal lapis tambahan (D1).

$$\Delta ITP = ITP_R - ITP_P \quad \text{.....(2.49)}$$

Keterangan:

ΔITP = selisih antara ITP_R dan ITP_P .

ITP_R = ITP diperlukan sampai akhir umur rencana.

ITP_P = ITP yang ada.

ΔITP = D1 x a1 .....(2.50)

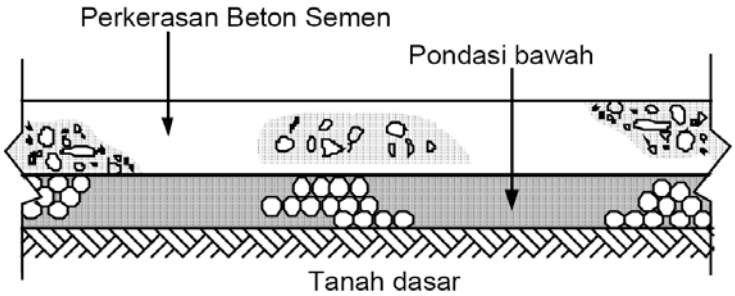
Keterangan:

D1 = tebal lapisan tambahan.

a1 = koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan.

2.6.2. Perencanaan Perkerasan Beton Semen

Perkerasan beton semen adalah struktur yang terdiri atas plat 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. Tipikal struktur perkerasan beton semen secara tipikal sebagaimana terlihat pada Gambar 2.9 berikut.



Gambar 2.9 Tipikal Struktur Perkerasan Beton Semen

Pada perkerasan beton semen, daya dukung perkersan 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.

Dalam perancangan struktur perkerasan beton semen terkadang diperlukan perencanaan struktur lapis pondasi bawah. Namun bila struktur perkerasan beton semen ini diperlukan sebagai struktur tambahan maka tidak perlu direncanakan lapis pondasi bawahnya. Lapis pondasi bawah pada perkerasan beton semen 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.

(Sumber : *Affandi et.al., 2003*)

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.

a. Penentuan Tebal Pelat Beton Semen

Pada pelapisan tambahan, perkerasan jalan eksisting berupa perkerasan lentur. Sedangkan perkersan untuk pelapisan tambahan (*overlay*) berupa perkerasan beton semen. Tebal lapis tambahan perkerasan beton semen di atas perkerasn lentur dihitung dengan cara yang sama seperti pada pembangunan jalan baru. Nilai modulus reaksi tanah dasar (k kg/cm^3) diperoleh dengan melakukan pengujian pembebanan pelat (plate loading test) di atas permukaan perkerasan jalan lama.

Prosedur perencanaan perkerasan beton semen didasarkan atas dua model kerusakan

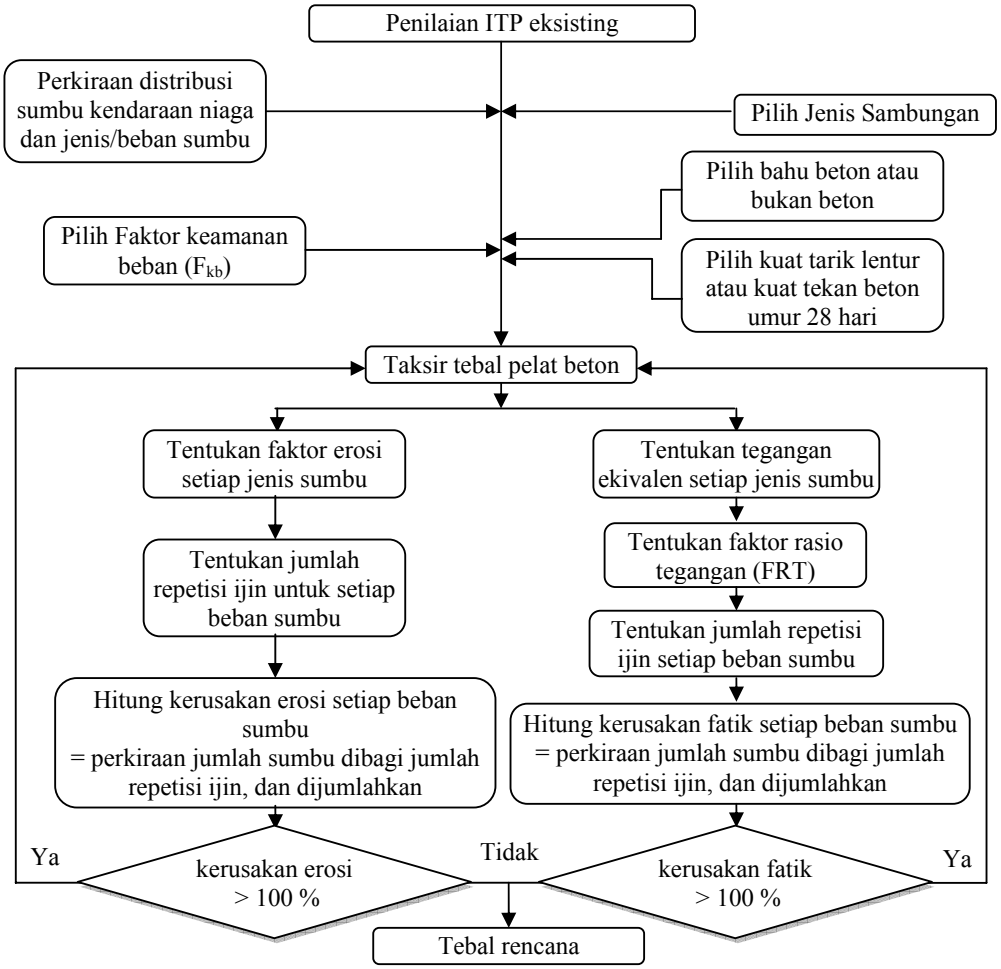
yaitu :

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 seperti terlihat pada gambar 2.10 berikut (*Affandi et.al., 2003*)



Gambar 2.10 Alur Perencanaan Perkerasan Beton Semen

2.7. Aspek Hidrologi

Aspek hidrologi diperlukan dalam menentukan menentukan besarnya hujan yang terjadi di daerah studi agar dapat menentukan atau merencanakan system drainase yang efektif dalam mengairkan air.

2.7.1. Curah Hujan Rencana

Dalam hal ini, digunakan metode yang tepat dalam menghitung curah hujan rencana dengan periode ulang tertentu. Perhitungan hujan rencana ini

menggunakan metode *Gumbel*. Dari metode *Gumbel*, analisa distribusi frekuensi *extreme value* adalah sebagai berikut.

Rumus : $R_t = \mu + YT / a$ ..... (2.51)

Notasi :

R_t = curah hujan rencana.

R = curah hujan maksimal rata-rata.

μ = R – 0,557 / a

a = 1.2825 / Sd1

S_{d1} = standar deviasi normal.

$$= \sqrt{\frac{1}{n-1}\Sigma(xi - \breve{x})^2}$$

YT = -ln (-ln (1 – 1/T))

T = periode ulang.

2.7.2. Perhitungan Drainase

Drainase jalan raya merupakan pelengkap yang sangat penting dalam perencanaan jalan raya. Adapun fungsi dari saluran drainase jalan raya adalah :

a. Menghindari genangan air yang dapat mengganggu transportasi,
b. Menjaga kadar air tanah badan jalan atau pondasi jalan agar jalan tersebut dapat bertahan lama.

1) Perhitungan Debit Rencana

Rumus :

$$Q = 0{,}278 \times I \times C \times A \text{.....} (2.52)$$

$$I = \left(\frac{R}{24}\right) x \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} \longrightarrow t = \frac{L}{V}$$

Metode untuk menentukan Q diatas disebut *Metoda Rasional.*

Keterangan **:**

R = Curah hujan (mm).

L = Panjang saluran (m).

V = Kecepatan pengaliran (V = (1,5 – 2,0) m3/detik).

I = Intensitas curah hujan (mm/jam).

Q = Debit rencana (m^3/detik).

A = Luas Daerah tangkapan hujan (Km^2).

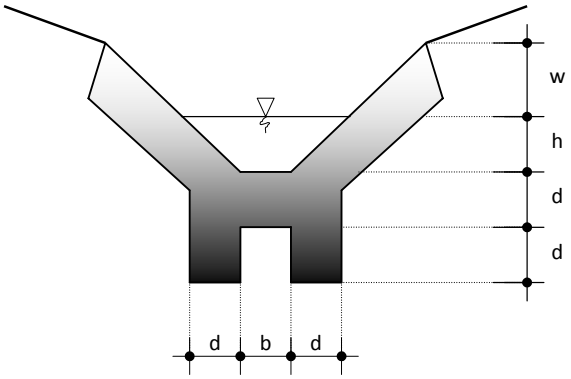
C = Koefisien pengaliran :

- Aspal Ca = 0,95 Ba = 7,50
- Bahu Jalan Cb = 0,65 Bb = 3,50
- Tanah Ct = 0,15 Bt = 5,00

Sumber : *Koefisien Kekasaran Manning*

2) Perhitungan Dimensi Saluran

Model penampang saluran drainase yang direncanakan seperti terlihat pada Gambar 2.11 berikut.



Gambar 2.11 Model Penampang Saluran Drainase

Rumus :

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$A = (m + n) \times h^2$$

$$b = n \times h$$

$$h = \sqrt{\frac{A}{(m + n)}} \quad \text{.... (2.53)}$$

Keterangan :

A = Luas penampang basah (m).

b = lebar (m).

h = tinggi (m).

Nilai hubungan antara Q, V, n, dan m seperti terlihat pada Tabel 2.26., sedangkan nilai tinggi jagaan seperti terlihat pada Tabel 2.27.

Tabel 2.26 Hubungan antara Q, V, n dan m

Q (m³/dt)	V (m/dt)	m	n
0,00 – 0,15	0,25 – 0,30	1	1
0,15 – 0,30	0,30 – 0,35	1	1
0,30 – 0,40	0,35 – 0,40	1	1,5
0,40 – 0,50	0,40 – 0,45	1	1,5
0,50 – 0,75	0,45 – 0,50	1	2
0,75 – 1,50	0,50 – 0,55	1	2
1,50 – 3,00	0,55 – 0,60	1,5	2,5
3,00 – 4,50	0,60 – 0,65	1,5	3
4,50 – 6,00	0,65 – 0,70	1,5	3,5
6,00 – 7,50	0,70	1,5	4
7,50 – 9,00	0,70	1,5	4,5
9,00 – 11,00	0,70	1,5	5

Sumber : *Departemen Pekerjaan Umum, 1986*

Tabel 2.27 Tinggi Jagaan Minimum Untuk Saluran Tanah

Q (m³/dt)	W (m)
< 0,5	0,4
0,5 – 1,5	0,5
1,5 – 5,0	0,6
5,0 – 10,0	0,75
10,0 – 15,0	0,85
> 15,0	1,0

Sumber : *Departemen Pekerjaan Umum, 1986*

Adapun tinggi jagaan minimum untuk saluran pasangan batu pada jalan raya sebesar w = $\sqrt{(0,5h}$

3) Perhitungan kecepatan Aliran :

Rumus :

$$A = [b + (b + 2*m*h)] * \frac{h}{2} \text{ ..... (2.54)}$$

$$A = \frac{Q}{V} \text{ ..... (2.55)}$$

a) Keliling Basah :

$$P = b + 2*h*\sqrt{(m^2 + 1} \quad \text{..... (2.56)}$$

b) Perhitungan Jari-jari Hidrolis :

$$R = \frac{A}{P} \quad \text{..... (2.57)}$$

c) Perhitungan Kemiringan Saluran :

$$I = \frac{V^2}{Kst^2 * R^{4/3}} \quad \text{..... (2.58)}$$

Keterangan :

Kst = Kekasaran *Stickler* (Pasangan batu = 0,60)

2.8. Bangunan Pelengkap Jalan

Untuk mendukung terciptanya arus yang baik pada suatu jalan, maka harus dilengkapi dengan bangunan penunjang. Bangunan-bangunan tersebut antara lain:

2.8.1. Trotoar

Trotoar adalah jalur yang terletak berdampingan dengan jalur lalu lintas yang khusus dipergunakan untuk pejalan kaki (*pedestrian*). Untuk keamanan pejalan kaki, maka trotoar ini harus dibuat terpisah dari jalur lalu lintas oleh struktur fisik berupa kereb. Lebar trotoar yang dibutuhkan, ditentukan oleh volume pejalan kaki, tingkat pejalan kaki yang diinginkan, dan fungsi jalan. Lebar trotoar yang direncanakan berkisar antara 1,50 – 3,00 m (*Sukirman, 1994*).

2.8.2. Median

Median adalah jalur yang terletak di tengah jalan untuk membagi jalan dalam masing-masing arah. Menurut *Sukirman (1994)*, fungsi median antara lain:

a. Menyediakan daerah netral yang cukup lebar bagi pengemudi, sehingga pengemudi masih dapat mengontrol kendaraannya pada saat-saat darurat;
b. Menyediakan jarak yang cukup untuk membatasi/mengurangi kesilauan terhadap lampu besar dari kendaraan yang berlawanan arah;
c. Menambah rasa kelegaan, kenyamanan, dan keindahan bagi setiap pengemudi;
d. Mengamankan kebebasan samping dari masing-masing arah arus lalu lintas.

Lebar median umumnya berkisar antara 1,0 – 1,2 meter. Untuk median dengan lebar sampai 5 meter sebaiknya ditinggikan dengan kereb atau dilengkapi dengan pembatas agar tidak dilanggar kendaraan.

2.8.3. Talud

Talud jalan umumnya dibuat 2H:1V, tetapi untuk tanah-tanah yang mudah longsor, talud jalan harus dibuat sesuai dengan besarnya landai yang aman beradasarkan perhitungan kestabilan lereng. Talud yang dibuat, bias berupa bronjong, tembok penahan tanah, lereng bertingkat (*berm*) ataupun hanya ditanami rumput saja. Hal ini tergantung pada keadaan tanah pada lokasi jalan tersebut

2.8.4. Kereb

Kereb adalah penonjolan atau peninggian tepi perkerasan atau bahu jalan, yang terutam dimaksudkan untuk keperluan-keperluan drainase, mencegah keluarnya kendaraan dari tepi perkerasan, dan memberikan ketegasan tepi perkerasan. Menurut *Sukirman (1994)*, berdasarkan fungsinya, maka kereb dapat dibedakan atas:

a. Kereb peninggi (*mountable curb*) adalah kereb yang direncanakan agar dapat didaki kendaraan, biasanya terdapat di tempat parkir di pinggir jalan/jalur lalu lintas. Tingginya berkisar antara 10-15 cm;
b. Kereb penghalang (*barrier curb*) adalah kereb yang direncanakan untuk menghalangi atau mencegah kendaraan meninggalkan jalur lalu lintas, terutama di median, trotoar, dan pada jalan-jalan yanpa pagar pengaman. Tingginya berkisar antara 25-30 cm;
c. Kereb berparit (*gutter curb*) adalah kereb yang direncanakan unutk membentuk sistem drainase perkerasan jalan. Kereb ini dianjurkan pada jalan yang memerlukan sistem drainase perkerasan lebih baik. Tingginya berkisar antara 10-20 cm;
d. Kereb penghalang berparit (*barrier gutter curb*) adalah kereb penghalang yang direncanakan untuk membentuk sistem drainase perkerasan jalan. Tingginya berkisar antara 20-30 cm.

2.8.5. Lampu Penerang Jalan

Lampu penerang jalan berfungsi untuk menerangi ruas jalan ketika dalam kondisi gelap. Lampu penerangan jalan ini dapat membantu pengemudi ketika mengendarai kendaraan pada saat malam hari atau saat gelap karena mendung. Tinggi lampu penerang jalan harus dibuat melebihi tinggi kendaraan yang direncanakan melewati ruas jalan tersebut. Selain itu jarak antar lampu penerang jalan harus dibuat maksimal agar penerangan jalan bisa berfungsi secara optimal.