

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 TINJAUAN UMUM

Studi Pustaka dilakukan untuk memperkuat materi pembahasan maupun sebagai dasar untuk menggunakan rumus-rumus tertentu dalam mendesain suatu jalan raya melalui suatu pembahasan yang berdasarkan pada bahan-bahan buku referensi.

Pada bagian ini kami menguraikan secara global pemakaian rumus-rumus dan persamaan-persamaan yang akan digunakan untuk pemecahan masalah guna memecahkan problem yang ada baik untuk menganalisa faktor-faktor dan data pendukung maupun untuk merencanakan suatu konstruksi yang menyangkut cara analisis perhitungan teknis maupun analisis tanah. Untuk memberikan gambaran terhadap proses perencanaan maka diuraikan studi pustaka sebagai berikut :

- ◆ Aspek Lalu Lintas.
- ◆ Aspek Geometri.
- ◆ Aspek Perkerasan.
- ◆ Aspek Bangunan Penunjang dan Pelengkap.

2.2 ASPEK LALU LINTAS

2.2.1 Klasifikasi Jalan

2.2.1.1 Klasifikasi Fungsional

Klasifikasi fungsional seperti dijabarkan dalam Peraturan Pemerintah No.26 tahun 1985 pada pasal 4 dan 5 dibagi dalam dua sistem jaringan yaitu :

1. Sistem Jaringan Jalan Primer.

Sistem jaringan jalan primer disusun mengikuti ketentuan peraturan tata ruang dan struktur pengembangan wilayah tingkat nasional, yang menghubungkan simpul-simpul jasa distribusi.

Simpul-simpul distribusi yang dihubungkan tersebut adalah :

- ◆ Dalam suatu wilayah pengembangan menghubungkan secara menerus kota jenjang kesatu, kota jenjang kedua, kota jenjang ketiga dan kota jenjang di bawahnya sampai persil.

- ◆ Menghubungkan kota jenjang kesatu dengan kota jenjang kesatu antar satuan wilayah pengembangan.

Fungsi jalan dalam sistem jaringan jalan primer dibedakan sebagai berikut :

a. Jalan Arteri Primer.

Jalan Arteri Primer menghubungkan kota jenjang kesatu yang terletak berdampingan atau menghubungkan kota jenjang kesatu dengan kota jenjang kedua.

b. Jalan Kolektor Primer.

Jalan Kolektor Primer menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang kedua atau menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang ketiga.

c. Jalan Lokal Primer.

Jalan Lokal Primer menghubungkan kota jenjang kesatu dengan persil atau menghubungkan kota jenjang kedua dengan persil atau menghubungkan kota jenjang ketiga dengan kota jenjang ketiga, kota jenjang ketiga dengan kota jenjang dibawahnya, kota jenjang ketiga dengan persil atau di bawah jenjang ketiga sampai persil.

2. Sistem Jaringan Jalan Sekunder.

Sistem jaringan jalan sekunder disusun mengikuti ketentuan tata ruang kota yang menghubungkan kawasan-kawasan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder kesatu, fungsi sekunder kedua dan seterusnya sampai perumahan.

Fungsi jalan dalam sistem jaringan jalan sekunder dibedakan sebagai berikut :

a. Jalan Arteri Sekunder.

Jalan arteri sekunder menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu atau menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kesatu atau kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua.

b. Jalan Kolektor Sekunder.

Jalan kolektor sekunder menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder kedua atau kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga.

c. Jalan Lokal Sekunder.

Jalan lokal sekunder menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, kawasan sekunder kedua dengan perumahan, kawasan sekunder ketiga dengan perumahan dan seterusnya.

2.2.1.2. Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Klasifikasi menurut medan jalan berdasarkan kondisi kemiringan medan yang diukur tegak lurus dengan garis kontur. Klasifikasi menurut medan jalan dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

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

Sumber : *Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan. 1992.*

2.2.1.3. Klasifikasi Perencanaan

Menurut jenis hambatannya, klasifikasi jalan dapat dibagi dalam dua tipe yaitu :

- Tipe I (Pengaturan Jalan Secara Penuh)

Klasifikasi perencanaan jalan tipe I dapat dilihat pada Tabel 2.2 sebagai berikut :

Tabel 2.2 Klasifikasi Perencanaan Jalan Tipe I

Fungsi		Klas
Primer	Arteri	1
	Kolektor	2
Sekunder	Arteri	2

Sumber : *Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan 1992.*

- Tipe II (Sebagian atau Tanpa Pengaturan Jalan Masuk)

Klasifikasi perencanaan jalan tipe II dapat dilihat pada Tabel 2.3 sebagai berikut :

Tabel 2.3 Klasifikasi Perencanaan Jalan Tipe II

Fungsi	LHR	Kelas
Primer	Arteri	1
	Kolektor ≥ 10.000 < 10.000	1
		2
Sekunder	Arteri ≥ 20.000 < 20.000	1
		2
	Kolektor ≥ 6.000 < 6.000	2
		3
	Lokal ≥ 500 < 500	3
		4

Sumber : Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan 1992.

Adapun dasar dari klasifikasi jalan tersebut adalah sebagai berikut :

- Tipe I, kelas 1 : jalan dengan standar tertinggi dalam melayani lalu lintas cepat antar regional atau antar kota dengan pengaturan jalan masuk secara penuh.
- Tipe I, kelas 2 : jalan dengan standar tertinggi dalam melayani lalu lintas cepat antar regional atau didalam melayani lalu lintas cepat antar regional atau di dalam kota-kota metropolitan dengan sebagian atau tanpa pengaturan jalan masuk.
- Tipe II, kelas 1 : standar tertinggi bagi jalan dengan 4 lajur atau lebih, memberikan pelayanan angkutan cepat bagi angkutan antar kota atau dalam kota, dengan kontrol.
- Tipe II, kelas 2 : standar tertinggi bagi jalan-jalan dengan 2 atau 4 lajur dalam melayani angkutan cepat antar kota dan dalam kota, terutama untuk persimpangan tanpa lampu lalu lintas.
- Tipe II, kelas 3 : standar menengah bagi jalan dengan 2 lajur untuk melayani angkutan dalam distrik dengan kecepatan sedang untuk persimpangan tanpa lampu lalu lintas.
- Tipe II, kelas 4 : standar terendah bagi jalan-jalan satu arah yang melayani hubungan dengan jalan-jalan lingkungan.

2.2.2 Nilai Konversi Kendaraan

Disamping adanya klasifikasi fungsional, maka untuk mengetahui klasifikasi suatu ruas jalan, harus dihitung nilai Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) dari jalan tersebut.

Perhitungan nilai LHR dilakukan dengan menghitung jumlah jalan kendaraan yang lewat berdasarkan jenis dan nilai konversi kendaraan. Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, dalam menentukan Satuan Mobil Penumpang (SMP) dibedakan menjadi 3 yaitu:

1. Kendaraan Ringan (*Light Vehicle*), selalu diambil = 1,00
Yaitu kendaraan bermotor dua as beroda 4 dengan jarak as 2,0 – 3,0 m
(termasuk mobil penumpang, opelet, *mickrobus*, *pick up*, dan *micro truck* sesuai sistem klasifikasi Bina Marga)
2. Kendaraan Berat (*Heavy Vehicle*)
Yaitu kendaraan bermotor dengan jarak as lebih dari 3,5 m, biasanya beroda lebih dari 4 (termasuk *bus*, *truck 2 as*, *truck 3 as*, dan truk kombinasi sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
3. Sepeda Motor (*Motor Cycle*)
Yaitu kendaraan bermotor beroda dua atau tiga.

Nilai konversi jenis kendaraan terhadap Ekvivalen Mobil Penumpang (Emp) dapat dilihat pada Tabel 2.4 dan Tabel 2.5 sebagai berikut :

Tabel 2.4 Ekvivalen Mobil Penumpang untuk Jalan Tak Terbagi.

Tipe Jalan : Jalan Tak Terbagi (Tanpa Median)	Arus Lalu Lintas Total Dua Arah (kend/jam)	Emp		
		HV	MC	
			Lebar Jalur Lalu Lintas Wo (m)	
			≤ 6	> 6
Dua lajur tak terbagi (2/2 UD)	0	1,3	0,5	0,4
	≥ 1800	1,2	0,35	0,25
Empat lajur tak terbagi (4/2 UD)	0	1,3	0,4	
	≥ 3700	1,2	0,25	

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997.

Tabel 2.5 Ekvivalen Mobil Penumpang untuk Jalan Perkotaan Terbagi dan Satu Arah.

Tipe Jalan : Jalan Satu Arah, dan Jalan Terbagi	Arus Lalu Lintas Per lajur (kend/jam)	Emp	
		HV	MC

Dua lajur satu arah (2/1) dan Empat lajur terbagi (4/2 D)	0 ≥ 1050	1,3 1,2	0,40 0,25
Tiga lajur satu arah (3/1) dan Enam lajur terbagi (6/2 D)	0 ≤ 1100	1,3 1,2	0,40 0,25

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997.

2.2.3 Volume Lalu Lintas

2.2.3.1 LHR (Lalu Lintas Harian Rata-rata)

Lalu Lintas Harian Rata-rata adalah volume lalu lintas rata-rata dalam satu hari.

Dari metode pemerolehan data tersebut dikenal dua jenis :

- ◆ Lalu Lintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT)

LHRT adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati suatu jalan tertentu selama 24 jam an diperoleh data selama satu tahun penuh.

$$\text{LHRT} = \frac{\text{Jumlah Lalu lintas dalam satu tahun}}{365}$$

LHRT dinyatakan dalam smp/hari/2 arah atau kendaraan/hari/2 arah untuk jalan dua lajur dua arah, dan smp/hari/arah atau kendaraan/hari/arah untuk jalan berlajur banyak dengan median.

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

$$\text{LHR} = \frac{\text{Jumlah Lalu lintas selama pengamatan}}{\text{Lamanya pengamatan}}$$

2.2.3.2 Pertumbuhan Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah banyaknya kendaraan yang melintas suatu titik di ruas jalan pada interval waktu tertentu yang dinyatakan dalam satuan kendaraan atau satuan mobil penumpang (smp). Volume lalu lintas rencana adalah perkiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dan dinyatakan dalam smp/hari. Hasil perhitungan LHR digunakan sebagai dasar perencanaan jalan, observasi dalam evaluasi volume pada masa yang akan datang.

Pertumbuhan lalu lintas harian rata-rata (LHR), dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain :

1. Jumlah penduduk.

Jumlah penduduk berpengaruh terhadap pergerakan lalu lintas karena setiap aktifitas kota secara langsung akan menimbulkan pergerakan lalu lintas, dimana subyek dari aktifitas tersebut adalah penduduk.

2. Jumlah kepemilikan kendaraan.

Meningkatnya pertumbuhan ekonomi di suatu daerah menuntut terpenuhinya sarana angkutan yang memadai. Hal ini tercermin dari adanya peningkatan jumlah kepemilikan kendaraan yang ada. Akibatnya akan terjadi peningkatan jumlah arus lalu lintas.

3. Produk Domestik Regional Bruto (PDRB).

Merupakan tolak ukur keberhasilan pembangunan dibidang ekonomi.

Dalam perhitungan perkembangan lalu lintas tiap tahun digunakan rumus :

1. Regresi Linier Sederhana.

Menurut F.D. Hobbs 1995, rumus regresi linier sederhana adalah :

$$Y = a + bX$$

Dimana :

Y = Besarnya nilai yang akan diketahui.

a = Konstanta.

b = Koefisien variabel X.

X = Data sekunder dari periode awal.

Sedangkan harga a dan b dapat dicari dari persamaan :

$$\Sigma Y = n \cdot a + b \cdot \Sigma X$$

$$\Sigma XY = a \cdot \Sigma X + b \cdot \Sigma X^2$$

2. Distribusi Lalu Lintas

Teknik untuk menentukan volume lalu lintas yang kita harapkan pada jalan baru dapat menggunakan teknik beban lalu lintas Newtown. Atas dasar bahwa lalu lintas selalu mencari lintasan yang lebih cepat, maka Laboratorium Penelitian Jalan membebaskan lalu lintas kepada lintasan lama atau lintasan baru atas daerah nisbah perjalanan antara lintasan lama dan lintasan baru.

$$T_A = T_o \left[0,87 + 0,13 \left(\frac{V}{C} \right)^4 \right]$$

Dimana :

TA = Waktu perjalanan setelah jalan digunakan.

To = Waktu perjalanan sebelum jalan dibuka.

V = Pengaturan volume.

C = Kapasitas jalan.

$$P = \frac{100}{1 + t_R^6}$$

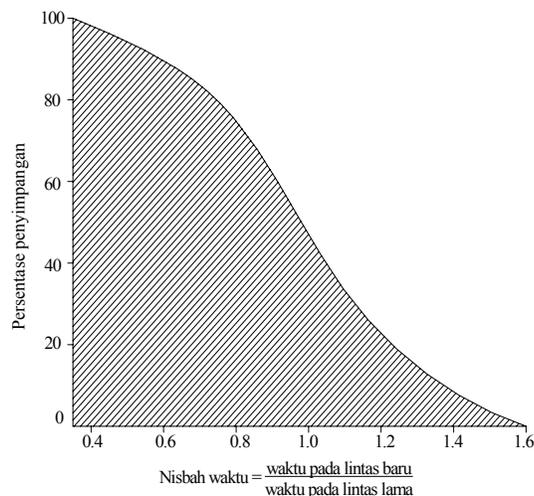
Dimana :

P = Prosentase lalu lintas yang melalui jalan baru.

t_R = Perbandingan waktu perjalanan.

$$\text{Nisbah waktu } (t_R) = \frac{\text{Waktu perjalanan pada lintasan baru}}{\text{Waktu perjalanan pada lintasan lama}}$$

Nisbah waktu ini kemudian dihubungkan dengan prosentase penyimpangan lalu lintas sesuai dengan kurva penyimpangan guna pembebanan lalu lintas. Kurva penyimpangan guna pembebanan lalu lintas dapat dilihat pada Gambar 2.1 sebagai berikut :



Gambar 2.1 Kurva Penyimpangan Lalu Lintas.

Untuk memperkirakan pertumbuhan lalu lintas dimasa yang akan datang digunakan metode “*Statistic Forecasting*”. Perkiraan lalu lintas untuk tahun yang akan datang dihitung dengan rumus :

$$\mathbf{LHRn = LHRo * (1+i)^n.}$$

$$i = \sqrt[n]{\frac{LHR_n}{LHR_0} - 1}$$

Dimana :

LHR_n = Lalu lintas harian rata-rata tahun n.

LHR₀ = Lalu lintas harian rata-rata awal tahun rencana.

i = Laju pertumbuhan lalu lintas.

n = Umur rencana.

2.2.3.3. Volume Jam Perencanaan

Volume jam perencanaan adalah prakiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas dan dinyatakan dalam smp/jam. Arus rencana bervariasi dari jam ke jam berikut dalam satu hari, oleh karena itu akan sesuai jika lalu lintas dalam satu jam dipergunakan dalam perencanaan. VJP dapat dihitung dengan rumus :

$$VJP = LHRT \times \text{Faktor K.}$$

Dimana :

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

Faktor K = Faktor volume lalu lintas pada jam sibuk.

Penentuan faktor K dapat dilihat pada Tabel 2.6 sebagai berikut :

Tabel 2.6 Penentuan faktor K.

Lingkungan Jalan	Jumlah Penduduk Kota	
	> 1 juta	≤ 1 juta
Jalan di daerah komersial dan jalan arteri.	0.07 – 0.08	0.08 – 0.10
Jalan di daerah pemukiman.	0.08 – 0.09	0.09 – 0.12

Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997.*

2.2.4. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang ditetapkan untuk perencanaan dimana korelasi segi-segi fisiknya akan mempengaruhi operasi kendaraan. Kecepatan yang dimaksud adalah kecepatan maksimum yang dapat dipertahankan sehingga kendaraan yang bergerak seakan-akan diarahkan dalam pergerakannya. Kecepatan rencana untuk jalan perkotaan dapat dibedakan berdasarkan tipe dan kelasnya yang dapat dilihat pada Tabel 2.7 sebagai berikut :

Tabel 2.7 Kecepatan Rencana.

Tipe jalan	Kelas Jalan	Kecepatan (km/jam)
Tipe I	Kelas I	100 atau 80
	Kelas II	100 atau 60
Tipe II	Kelas I	60
	Kelas II	60 atau 50
	Kelas III	40 atau 30
	Kelas IV	30 atau 20

Sumber : Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan 1992.

2.2.5. Hambatan Samping

Merupakan faktor penyesuaian untuk kapasitas dasar akibat hambatan samping sebagai fungsi dari lebar bahu, menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 kelas hambatan samping ditentukan pada Tabel 2.8 sebagai berikut :

Tabel 2.8 Kelas Hambatan Samping untuk Jalan Perkotaan.

Kelas hambatan samping (SFC)	Kode	Jumlah berbobot kejadian per 200 m per jam (dua sisi)	Kondisi khusus
Sangat rendah	VL	< 100	Daerah permukiman; jalan dengan jalan samping.
Rendah	L	100 – 299	Daerah permukiman; beberapa kendaraan umum.dsb.
Sedang	M	300 – 499	Daerah industri, beberapa toko disisi jalan
Tinggi	H	500 – 899	Daerah komersial, aktivitas jalan tinggi.
Sangat Tinggi	VH	> 900	Daerah komersial dengan aktivitas pasar di samping jalan

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997.

2.2.6. Analisa Kecepatan Arus

2.2.6.1 Kecepatan Arus Bebas

Penentuan kecepatan arus bebas mempunyai bentuk umum sebagai berikut

$$FV = (FV_0 + FV_w) \times FFV_{SF} \times FFV_{CS}$$

Dimana :

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

FV_o = Kecepatan bebas dasar kendaraan ringan (km/jam)

FV_w = Penyesuaian lebar lajur lalu lintas efektif (km/jam).

FFV_{SF} = Faktor penyesuaian kondisi hambatan samping.

FFV_{CS} = Faktor penyesuaian ukuran kota.

2.2.6.2 Kecepatan Arus Bebas Dasar Kendaraan Ringan

Kecepatan arus bebas dasar adalah kecepatan bebas suatu segmen jalan untuk suatu kondisi ideal yang telah ditentukan sebelumnya, berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 nilai kecepatan arus dasar dapat dilihat pada Tabel 2.9 sebagai berikut :

Tabel 2.9 Kecepatan Arus Bebas Dasar (FV_o) untuk Jalan Perkotaan.

Tipe jalan	Kecepatan arus bebas dasar (FV_o) (km/jam)			
	Kendaraan ringan LV	Kendaraan berat HV	Sepeda motor MC	Semua kendaraan (rata-rata)
Enam lajur terbagi (6/2 D) atau Tiga lajur satu arah (3/1)	61	52	48	57
Empat lajur terbagi (4/2 D) atau Dua lajur satu arah (2/1)	57	50	47	55
Empat lajur tak terbagi (4/2 UD)	53	46	43	51
Dua lajur tak terbagi (2/2 UD)	44	40	40	42

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997.

2.2.6.3. Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Akibat Lebar Efektif Jalur Lalu Lintas (FV_w)

Penyesuaian kecepatan arus bebas akibat lebar efektif jalur lalu lintas adalah penyesuaian untuk kecepatan arus bebas dasar akibat lebar jalur, berdasarkan Manual

Kapasitas Jalan Indonesia 1997 nilai dari faktor ini dapat dilihat pada Tabel 2.10 sebagai berikut :

Tabel 2.10 Penyesuaian untuk Pengaruh Lebar Jalur Lalu Lintas (FVw) pada Kecepatan Arus Bebas Kendaraan Ringan pada Jalan Perkotaan.

Tipe Jalan	Lebar Jalur Lalu Lintas Efektif (we) (meter)	FVw (km/jam)
Empat lajur terbagi atau jalan satu arah (dengan median)	Per lajur	
	3,00	-4
	3,25	-2
	3,50	0
	3,75	2
Empat lajur tak terbagi (tanpa median)	4,00	4
	Per lajur	
	3,00	-4
Empat lajur tak terbagi (tanpa median)	3,25	-2
	3,50	0
	3,75	2
Empat lajur tak terbagi (tanpa median)	4,00	4
	Total	
Dua lajur tak terbagi (tanpa median)	5	-9,5
	6	-3
	7	0
	8	3
	9	4
	10	6
	11	7

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997.

2.2.6.4. Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas untuk Hambatan Samping (FFV_{SF})

Penyesuaian kecepatan arus bebas untuk hambatan samping adalah faktor penyesuaian untuk kecepatan arus bebas akibat adanya hambatan samping. Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 nilai faktor ini dapat dilihat pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Faktor Penyesuaian Untuk Pengaruh Hambatan Samping dan Lebar Bahu (FFV_{SF}) Pada Kecepatan Arus Bebas Kendaraan Ringan Untuk Jalan Perkotaan.

Tipe jalan	Kelas hambatan samping (SFC)	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu			
		Lebar bahu efektif rata-rata W_s (m)			
		$\leq 0,5$ m	1,0 m	1,5 m	≥ 2 m
Empat lajur terbagi 4/2 D	Sangat rendah	1,02	1,03	1,03	1,04
	Rendah	0,98	1,00	1,02	1,03
	Sedang	0,94	0,97	1,00	1,02
	Tinggi	0,89	0,93	0,96	0,99
	Sangat tinggi	0,84	0,88	0,92	0,96
Empat lajur tak terbagi 4/2 UD	Sangat rendah	1,02	1,03	1,03	1,04
	Rendah	0,98	1,00	1,02	1,03
	Sedang	0,93	0,96	0,99	1,02
	Tinggi	0,87	0,91	0,94	0,98
	Sangat tinggi	0,80	0,86	0,90	0,95
Dua lajur tak terbagi 2/2 UD atau Jalan satu arah	Sangat rendah	1,00	1,01	1,01	1,01
	Rendah	0,96	0,98	0,99	1,00
	Sedang	0,90	0,93	0,96	0,99
	Tinggi	0,82	0,86	0,90	0,95
	Sangat tinggi	0,73	0,79	0,85	0,91

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997.

2.2.6.5. Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas untuk Ukuran Kota (FFV_{CS})

Penyesuaian kecepatan arus bebas untuk ukuran kota adalah faktor penyesuaian untuk pengaruh kota pada kecepatan arus bebas kendaraan ringan jalan perkotaan. Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 nilai dari faktor ini dapat dilihat pada Tabel 2.12.

Tabel 2.12 Faktor Penyesuaian untuk Pengaruh Ukuran Kota pada Kecepatan Arus Bebas Kendaraan Ringan Jalan Perkotaan (FFV_{CS}).

Ukuran kota (juta penduduk)	Faktor penyesuaian untuk ukuran kota
< 0,1	0,90
0,1 – 0,5	0,93

0,5 – 1,0	0,95
1,0 – 3,0	1,00
> 3,0	1,03

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997.

2.2.7. Kapasitas

Kapasitas arus lalu lintas didefinisikan sebagai arus maksimum melalui suatu titik di jalan yang dapat dipertahankan per satuan jam pada kondisi tertentu. Untuk jalan dua lajur dua arah, kapasitas ditentukan untuk arus dua arah tetapi untuk jalan dengan banyak lajur arus dipisahkan per arah dan kapasitas ditentukan per lajur. Kapasitas dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp), menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 rumusan kapasitas untuk jalan perkotaan adalah :

$$C = C_O * FC_{SP} * FC_W * F_{CS} * FC_{SF}$$

Dimana :

C = Kapasitas (smp/jam).

C_O = Kapasitas dasar (smp/jam).

FC_W = Faktor penyesuaian lebar jalan jalur lalu lintas.

FC_{SP} = Faktor penyesuaian pemisah arah (hanya untuk jalan tak terbagi).

FC_{CS} = Faktor penyesuaian ukuran kota.

FC_{SF} = Faktor penyesuaian hambatan samping.

2.2.7.1 Kapasitas Dasar (C_o)

Kapasitas dasar adalah kapasitas suatu segmen jalan untuk suatu kondisi yang ditentukan sebelumnya (geometri, pola arus lalu lintas, dan faktor lingkungan). Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 nilai kapasitas dasar dapat dilihat pada Tabel 2.13 sebagai berikut :

Tabel 2.13 Kapasitas Jalan Perkotaan

Tipe jalan	Kapasitas dasar (smp/jam)	Catatan
Empat lajur terbagi atau Jalan satu arah	1650	Per lajur

Empat lajur tak terbagi	1500	Per lajur
Dua lajur tak terbagi	2900	Total dua arah

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997.

2.2.7.2.Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Pemisahan Arah (FC_{SP})

Merupakan faktor penyesuaian untuk kapasitas dasar akibat pemisah arah dan hanya diperuntukkan buat jalan dua arah tak terbagi, menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 nilai dari faktor ini dapat dilihat pada Tabel 2.14 sebagai berikut :

Tabel 2.14 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk 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	0,985	0,97	0,955	0,94

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997.

2.2.7.3.Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Lebar Jalur Lalu Lintas untuk Jalan Perkotaan (FC_w)

Merupakan faktor penyesuaian kapasitas dasar akibat lebar jalur lalu lintas, menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 nilai faktor ini dapat dilihat pada Tabel 2.15 sebagai berikut :

Tabel 2.15 Nilai Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas (FC_w)

Tipe Jalan	Lebar Jalur Lalu Lintas Efektif (W_c) (m)	FC_w
Empat lajur terbagi atau Jalan satu arah (dengan median)	Per lajur	
	3	0,92
	3,25	0,96
	3,5	1
	3,75	1,04
Empat lajur tak terbagi (tanpa median)	4	1,08
	Per lajur	
	3	0,91
	3,25	0,95
	3,5	1

Lanjutan Tabel 2.15 Nilai Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas (FC_w)

Tipe Jalan	Lebar Jalur Lalu Lintas Efektif (W_c) (m)	FC_w
	3,75	1,05
	4	1,09

Dua lajur tak terbagi (tanpa median)	Total	
	5	0,56
	6	0,87
	7	1
	8	1,14
	9	1,25
	10	1,29
11	1,34	

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997.

2.2.7.4. Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Hambatan Samping (FC_{SF})

Merupakan faktor penyesuaian untuk kapasitas dasar akibat hambatan samping sebagai fungsi lebar bahu, menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 nilai dari faktor ini dapat dilihat pada Tabel 2.16 sebagai berikut

Tabel 2.16 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Hambatan Samping (FC_{SF}).

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu (FC_{SF})			
		Lebar bahu efektif W_s			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
4/2 D	VL	0,96	0,98	1,01	1,03
	L	0,94	0,97	1,00	1,02
	M	0,92	0,95	0,98	1,00
	H	0,88	0,92	0,95	0,98
	VH	0,84	0,88	0,92	0,96
4/2 UD	VL	0,96	0,99	1,01	1,03
	L	0,94	0,97	1,00	1,02
	M	0,92	0,95	0,98	1,00
	H	0,87	0,91	0,94	0,98
	VH	0,80	0,86	0,90	0,95
2/2 UD atau Jalan satu arah.	VL	0,94	0,96	0,99	1,01
	L	0,92	0,94	0,97	1,00
	M	0,89	0,92	0,95	0,98
	H	0,82	0,86	0,90	0,95
	VH	0,73	0,79	0,85	0,91

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997.

2.2.7.5. Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Ukuran Kota (FC_{CS})

Merupakan faktor penyesuaian untuk kapasitas dasar akibat penyesuaian kapasitas untuk ukuran kota sebagai fungsi jumlah penduduk, menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 nilai dari faktor ini dapat dilihat pada Tabel 2.17 sebagai berikut :

Tabel 2.17 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Ukuran Kota (FC_{CS}).

Ukuran kota (juta penduduk)	Faktor penyesuaian untuk ukuran kota
< 0,1	0,86
0,1 – 0,5	0,90
0,5 – 1,0	0,94
1,0 – 3,0	1,00
> 3,0	1,04

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997.

2.2.8. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan jalan adalah kemampuan suatu jalan untuk melayani lalu lintas yang lewat. Sedangkan volume pelayanan adalah volume maksimum yang dapat ditampung oleh suatu jalan sesuai dengan tingkat pelayanannya. Untuk menetapkan tingkat pelayanannya digunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 yang menggunakan istilah kinerja jalan dengan menggunakan indikator Derajat Kejenuhan (DS) atau *Degree Of Saturation*, kecepatan dan waktu tempuh.

Derajat kejenuhan (*Degree Of Saturation*, DS) didefinisikan sebagai rasio arus terhadap kapasitas, digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan.

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 besarnya derajat kejenuhan (DS) dapat dicari dengan rumus :

$$DS = Q / C$$

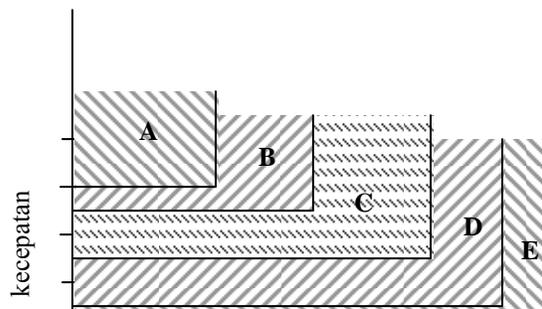
Dimana :

Q = Volume kendaraan (smp/jam).

C = Kapasitas Jalan (smp/jam)

Bila nilai derajat kejenuhan yang didapat < 0,75, maka jalan tersebut masih memenuhi/layak dan bila nilai derajat kejenuhan > 0,75 maka harus jalan tersebut perlu ditinjau kembali (dilakukan pelebaran).

Tingkatan pelayanan jalan juga merupakan kondisi gabungan yang ditunjukkan dari hubungan antara v/c dan kecepatan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Tingkat Pelayanan Jalan

Sumber : Silvia Sukirman, *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik*

High Way Capacity Manual membagi tingkat pelayanan jalan atas keadaan yaitu :

Tingkat pelayanan A, dengan ciri-ciri :

- Arus lalu lintas bebas tanpa hambatan
- Volume dan kepadatan lalu lintas rendah.
- Kecepatan kendaraan merupakan pilihan pengemudi.

Tingkat pelayanan B, dengan ciri-ciri :

- Arus lalu lintas stabil.
- Kecepatan mulai dipengaruhi oleh keadaan lalu lintas tetapi tetap dapat dipilih sesuai kehendak pengemudi.

Tingkat pelayanan C, dengan ciri-ciri :

- Arus lalu lintas masih stabil.
- Kecepatan perjalanan dan kebebasan bergerak sudah dipengaruhi oleh besarnya volume lalu lintas sehingga pengemudi tidak dapat lagi memiliki kecepatan yang diinginkan.

Tingkat pelayanan D, dengan ciri-ciri :

- Arus lalu lintas sudah tidak stabil.
- Perubahan volume lalu lintas sangat mempengaruhi besarnya kecepatan perjalanan.

Tingkat pelayanan E, dengan ciri-ciri :

- Arus lalu lintas sudah tidak stabil.
- Volumennya kira-kira sama dengan kapasitasnya.
- Sering terjadi kemacetan.

Tingkat pelayanan F, dengan ciri-ciri :

- Arus lalu lintas tertahan pada kecepatan rendah.
- Sering terjadi kemacetan.
- Arus lalu lintas rendah.

2.2.9. PERSIMPANGAN

Persimpangan adalah bagian yang terpenting dari jalan sebab sebagian dari efisiensi, keamanan, kecepatan, biaya operasi dan kapasitas lalu lintas tergantung pada perencanaan persimpangan. Setiap persimpangan mencakup pergerakan lalu lintas menerus dan lalu lintas yang saling memotong pada satu atau lebih dari kaki persimpangan dan mencakup juga pergerakan perputaran. Pergerakan lalu lintas ini dikendalikan dengan berbagai cara, tergantung pada jenis persimpangannya.

2.2.9.1 Geometrik Persimpangan

Dalam evaluasi geometrik persimpangan menggunakan buku referensi “Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan Tahun 1992” Ditjen Bina Marga Direktorat Pembinaan Jalan. Untuk perencanaan jalan raya, bentuk geometriknya harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal terhadap lalu lintas sesuai dengan fungsinya. Jenis-jenis persimpangan yang ada pada setiap jalan raya adalah cukup beragam, yang ditinjau dari segi struktural dan fungsional. Adapun ragam jenis persimpangan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Persimpangan jalan raya-jalan raya
 - a. Persimpangan sebidang
 - Persimpangan tanpa lampu (*Unsignalised Intersection*)
 - Persimpangan dengan lampu (*Signalised Intersection*)
 - b. Persimpangan tidak sebidang
2. Persimpangan jalan raya-jalan rel
 - a. Persimpangan sebidang
 - b. Persimpangan tidak sebidang

2.2.9.2 Persimpangan Sebidang Jalan Raya

Persimpangan yang dimaksud adalah persimpangan pada satu bidang antara dua jalur atau lebih jalan raya. Pada daerah persimpangan ini terjadi gerakan membelok atau memotong arus lalu lintas lain, dan arus lalu lintas yang saling berpotongan ini jenisnya sama yaitu arus lalu lintas jalan raya.

Pertimbangan-pertimbangan yang perlu diperhatikan dalam perencanaan alinyemen untuk persimpangan sebidang antara dua jalur jalan raya adalah sebagai berikut:

- a. Keadaan topografi dan geografi sekitarnya.
- b. Kemantapan alinyemen persimpangan.
- c. Koordinasi alinyemen horisontal dan alinyemen vertikal.
- d. Perspektif yang dapat disetujui.
- e. Keamanan bagi pengemudi, penumpang dan pejalan kaki.
- f. Keterbatasan pelaksanaan pembangunan.
- g. Keterbatasan alokasi dana.

Adapun alinyemen yang diperhitungkan dalam perencanaan persimpangan adalah sebagai berikut:

1. Jarak pandang pada persimpangan

Merupakan jarak pandang yang diperlukan oleh pengemudi agar dapat bergerak secara aman pada waktu memasuki persimpangan jalan pada kecepatan tertentu., sesuai dengan kecepatan rencana dan kondisi jalan yang bersangkutan maupun jenis kontrol lalu lintasnya, sehingga jarak pandang pada persimpangan sebaiknya lebih besar dari uraian pada Tabel.2.18 sebagai berikut :

Tabel 2.18 Jarak Pandang Pada Persimpangan

Kecepatan rencana (km/jam)	Jarak pandang minimum (m)	
	Signal control	Stop control
60	170	105
50	130	80
40	100	55
30	70	35
20	40	20

Sumber: *Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan 1992*

2. Jari-jari persimpangan

Jari-jari minimum as jalan di sekitar persimpangan sesuai dengan kecepatan rencana dan jenis kontrol lalu lintas adalah seperti yang disajikan pada Tabel 2.19.

Tabel 2.19 Jari-jari Persimpangan

Kecepatan rencana (km/jam)	Jalan utama (m)	
	Standar minimum (m)	Jalan yang menyalang (m)
80	280	-
60	150	60
50	100	40
40	60	30
30	30	15
20	10	15

Sumber: *Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan 1992*

3. Pulau-pulau lalu lintas (*Chanalization*)

Bagian dari persimpangan yang ditinggikan dengan kerb, yang dibangun sebagai pengarah lalu lintas serta merupakan tempat untuk pejalan kaki pada saat menunggu kesempatan menyeberang biasa dinamakan pulau-pulau lalu lintas. Pulau-pulau lalu lintas ini dibagi menjadi tiga kelompok yaitu:

a. Pulau kanal

Pulau kanal adalah pulau yang merupakan bagian dari persimpangan sebidang yang khusus disediakan untuk membeloknya kendaraan yang berfungsi mengatur dan memperlancar arus lalu lintas.

Adapun kegunaan kanalisasi adalah:

- Kendaraan dapat dibatasi hanya pada lintasan tertentu.
- Sudut perpotongan dua aliran lalu lintas dapat dibuat lebih baik, makin mendekati sudut 90^0 adalah makin baik.
- Pengemudi dapat diarahkan agar bergabung ke dalam aliran gerakan lalu lintas dengan sudut tumpul dan kecepatan yang cukup.
- Dapat dilakukan pengendalian kecepatan kendaraan yang akan memasuki perpotongan.
- Gerakan membelok pada daerah larangan dapat dicegah.

- Tersedia tempat berlindung yang cukup aman bagi kendaraan atau pejalan kaki yang menyeberang jalan.
 - Titik konflik dapat dipisahkan sehingga pengemudi hanya dihadapkan pada suatu keputusan sesuai kanal.
- b. Pulau Pemisah (*Division Island*)
- Pulau pemisah adalah pulau yang berfungsi untuk memisahkan arus lalu lintas yang searah atau berlawanan arah.
- c. Pulau Pengaman (*Refuge Island*)
- Pulau pengaman adalah pulau yang berfungsi memberi rasa aman bagi pejalan kaki.

2.2.10 Persinyalan

- Fase Sinyal

Untuk merencanakan fase sinyal dilakukan dengan berbagai alternatif untuk evaluasi. Sebagai langkah awal dilakukan kontrol dengan dua fase. Jumlah fase yang baik adalah fase yang menghasilkan kapasitas besar dan rata-rata tundaan rendah.

Bila arus belok kanan dari satu kaki dan atau arus belok kanan dari kiri lawan arah terjadi pada fase yang sama, arus ini dinyatakan sebagai terlawan (*opossed*), sedangkan arus belok kanan yang dipisahkan fasenya dengan arus lurus atau belok kanan tidak diijinkan, maka arus ini dinyatakan sebagai terlindung (*protected*).

- Waktu merah semua (*all red*) dan *Lost Time* (LT)

Dalam analisa perencanaan, waktu antara hijau (*intergreen*) dapat diasumsikan berdasarkan nilai pada Tabel 2.20 sebagai berikut :

Tabel 2.20 Nilai normal waktu antar hijau

Ukuran Persimpangan	Lebar jalan Rata-rata (m)	Nilai Lost Time (LT) (detik/fase)
Kecil	6 – 9	4
Sedang	10 – 14	5
Besar	> 15	>6

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Waktu merah semua dapat ditentukan dengan formula sebagai berikut:

$$\text{Merah semua} = \left[\frac{L_{EV} + I_{EV}}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \right]$$

keterangan :

L_{EV} dan L_{AV} : jarak dari garis henti ke titik konflik untuk masing-masing kendaraan yang berangkat dan yang datang (m).

I_{EV} : panjang kendaraan yang berangkat (m).

V_{EV} dan V_{AV} : kecepatan masing-masing kendaraan yang berangkat dan yang datang (m/dt).

Periode merah semua antar fase harus sama atau lebih besar dari LT setelah waktu *All red* ditentukan, total waktu hilang (LT) dapat dihitung sebagai penjumlahan periode waktu antara hijau (IG).

$$LTI = \Sigma(\text{Merah Semua} + \text{Kuning})_i = \Sigma IG_i$$

- Pemilihan tipe pendekat (*approach*)

Pemilihan tipe pendekat/*approach* yaitu termasuk tipe terlindung/*protected* (P) atau atau tipe terlawan/*opossed* (O).

Lebar efektif pendekat/*approach* ($W_e = \text{Width effective}$)

Untuk semua tipe pendekat (P dan O)

Jika $W_{L\text{TOR}} > 2.0$ meter, maka $W_e = W_{\text{masuk}}$, tidak termasuk belok kiri.

Jika $W_{L\text{TOR}} < 2.0$ meter, maka $W_e = W_A$, termasuk gerakan belok kiri.

keterangan :

W_A : lebar pendekat

$W_{L\text{TOR}}$: lebar pendekat dengan belok kiri langsung

Untuk tipe pendekat P

Jika $W_{\text{keluar}} < W_e \times (1 - P_{RT} - P_{L\text{TOR}})$, W_e sebaiknya diberi nilai baru = W_{keluar} .

keterangan :

P_{RT} : rasio kendaraan belok kanan

$P_{L\text{TOR}}$: rasio kendaraan belok kiri langsung

- Arus jenuh dasar (S_o)

Untuk tipe pendekat P

$$S_o = 600 \times W_e$$

Untuk tipe pendekat O

So ditentukan berdasarkan grafik untuk pendekat tanpa lajur belok kanan terpisah dan grafik untuk pendekat dengan lajur kanan terpisah, sebagai fungsi dari lebar efektif (W_e), arus belok kanan dari arah diri (Q_{RT}) dan arus belok kanan dari arah lawan (Q_{RTO}).

- Faktor Koreksi

Penetapan faktor koreksi untuk nilai arus lalu lintas dasar kedua tipe *approach* (*protected dan opposed*) pada simpang dapat dilihat pada Tabel 2.21 dan Tabel 2.22 sebagai berikut:

Tabel 2.21 Faktor koreksi ukuran kota (F_{CS}) untuk simpang

Jumlah Penduduk (dalam juta)	Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{CS})
> 3,0	1,05
1,0 - 3,0	1,00
0,5 - 1,0	0,94
0,1 - 1,0	0,83
< 0,1	0,82

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Tabel 2.22 Faktor koreksi gangguan samping (F_{SF})

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	$\geq 0,25$
Komersial (COM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,81
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Kecil	Terlawan	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Pemukiman	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72

(RES)	Sedang	Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,89	0,86	0,84
		Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
		Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85
		Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses Terbatas (RA)	Tinggi/Sedan	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,90	0,75
	g /Kecil	Terlindung	1,00	0,98	0,98	0,93	0,90	0,88

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Faktor koreksi parkir (F_P) ditentukan oleh formula:

$$F_P = \frac{L_p}{3} - \frac{(W_A - 2) \times \left(\frac{L_p}{3} - g \right)}{W_A}$$

keterangan :

F_P : Faktor koreksi parkir

L_p : Jarak antara garis henti dan kendaraan yang parkir pertama.

W_A : lebar pendekat/*approach*

g : waktu hijau

- Faktor koreksi belok kanan (F_{RT}) untuk tipe pendekat (P) tanpa median, jalan dua arah dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk, dihitung dengan rumus:

$$F_{RT} = 1.0 + P_{RT} \times 0.26$$

- Faktor koreksi belok kiri (F_{LT}) untuk tipe pendekat (P) tanpa LTOR dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk, dihitung dengan rumus:

$$F_{LT} = 1.0 - P_{LT} \times 0.16$$

keterangan :

P_{RT} : rasio belok kanan

P_{LT} : rasio belok kiri

- Perhitungan untuk menentukan nilai arus jenuh (S) menggunakan formula:

$$S = S_O \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$$

keterangan :

- S_O : arus jenuh dasar
- F_{CS} : faktor koreksi ukuran kota
- F_{SF} : faktor koreksi hambatan samping
- F_G : faktor koreksi kelandaian
- F_P : faktor koreksi parkir
- F_{RT} : faktor koreksi belok kanan
- F_{LT} : faktor koreksi belok kiri

Perbandingan arus lalu lintas dengan arus jenuh faktor koreksi

Perbandingan keduanya menggunakan rumus berikut:

$$FR = Q/S$$

- Arus kritis dihitung dengan rumus:

$$PR = (FR_{erit}) / IFR$$

keterangan :

IFR : perbandingan arus simpang $\Sigma(FR_{erit})$

Q : arus lalu lintas (spm/jam)

S : arus jenuh (spm/jam)

- Waktu siklus sebelum penyesuaian (c_{ua}) dan waktu hijau (g)

Waktu siklus dihitung dengan rumus:

$$c_{ua} = \frac{(1,5xLTI + 5)}{(1 - IFR)}$$

keterangan :

c_{ua} : waktu siklus pra penyesuaian sinyal (detik)

LTI : total waktu hilang per siklus (detik)

Adapun waktu siklus yang layak untuk simpang adalah seperti terlihat pada Tabel 2.23 sebagai berikut :

Tabel 2.23 Waktu siklus yang layak untuk simpang

Tipe pengaturan	Waktu siklus (det)
2 fase	40 - 80
3 fase	50 - 100
4 fase	60 - 130

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Waktu hijau (*green time*) untuk masing-masing fase menggunakan rumus :

$$g_i = (c_{ua} - LTI) \times PR_i$$

Sedangkan waktu siklus yang telah disesuaikan (*c*) berdasarkan waktu hijau yang diperoleh dan telah dibulatkan dan waktu hilang (*LTI*) dihitung dengan rumus :

$$c = \Sigma g + LTI$$

keterangan :

g_i : waktu hijau dalam fase-i (detik)

LTI : total waktu hilang per siklus (detik)

PR_i : perbandingan fase $FR_{kritis} / \Sigma(FR_{kritis})$

1. Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

a. Kapasitas untuk tiap lengan dihitung dengan rumus :

$$C = S \times g/c$$

keterangan :

C : kapasitas (smp/jam)

S : arus jenuh (smp/jam)

g : waktu hijau (detik)

c : waktu siklus yang disesuaikan (detik)

b. Derajat kejenuhan (*DS*) dihitung dengan rumus :

$$DS = Q/C$$

keterangan :

Q : arus lalu lintas (smp/jam)

C : kapasitas (smp/jam)

2. Perilaku Lalu Lintas

a. Jumlah antrian

Nilai dari jumlah antrian (NQ_1) dapat dicari dengan formula:

1. Bila $DS > 0,5$, maka:

$$NQ_1 = 0.25 \times C \times \left\{ (DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8x(DS - 0,5)}{C}} \right\}$$

2. Bila $DS < 0,5$, maka:

$$NQ_1 = 0$$

Jumlah antrian kendaraan dihitung, kemudian dihitung jumlah antrian satuan mobil penumpang yang datang selama fase merah (NQ_2) dengan formula:

$$NQ_2 = c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

keterangan :

NQ_2 : jumlah antrian smp yang datang selama fase merah

DS : derajat kejenuhan

Q : volume lalu lintas (smp/jam)

c : waktu siklus (detik)

GR : g_i/c

Untuk antrian total (NQ) dihitung dengan menjumlahkan kedua hasil tersebut yaitu NQ_1 dan NQ_2 :

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

Panjang antrian (QL) dihitung dengan formula:

$$QL = NQ_{\max} \times \frac{20}{W_{masuk}}$$

b. Kendaraan terhenti

Angka henti (NS) sebagai jumlah rata-rata per smp untuk perancangan dihitung dengan rumus di bawah ini:

$$NS = \frac{(0,9 \times NQ)}{(Q \times C)} \times 3600$$

Perhitungan jumlah kendaraan terhenti (N_{SV}) masing-masing pendekatan menggunakan formula:

$$N_{SV} = Q \times NS$$

Sedangkan angka henti total seluruh simpang dihitung dengan rumus :

$$NS_{\text{total}} = \Sigma N_{SV} / \Sigma Q$$

c. Tundaan (*Delay*)

Tundaan lalu lintas rata-rata tiap pendekat dihitung dengan menggunakan formula:

$$DT = (A \times c) + \frac{(NQ_1 \times 3600)}{C}$$

keterangan :

DT : rata-rata tundaan lalu lintas tiap pendekat (detik/smp)

c : waktu siklus yang disesuaikan (detik)

A : $1,5 \times (1 - GR)^2 / (1 - GR \times DS)$

C : kapasitas (smp/jam)

NQ₁ : jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (smp/jam)

Tundaan geometrik rata-rata (DG) masing-masing pendekat :

$$DG = \frac{(1 - P_{SV}) \times (P_T \times 6)}{(P_{SV} \times 4)}$$

keterangan :

P_{SV} : rasio kendaraan berhenti dalam kaki simpang (= NS)

P_T : rasio kendaraan berbelok dalam kaki simpang

Tundaan rata-rata tiap pendekat (D) adalah jumlah dari tundaan lalu lintas rata-rata dan tundaan geometrik masing-masing pendekat :

$$D = DT + DG$$

Tundaan total pada simpang adalah :

$$D_{tot} = D \times Q$$

Sedangkan tundaan persimpangan rata-rata adalah :

$$D = \Sigma(Q \times D) / \Sigma Q$$

Tingkat pelayanan pada simpang ditentukan dalam Tabel 2.24, sebagai perbandingan dengan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997.

Tabel 2.24 Tingkat Pelayanan Simpang

Tingkat pelayanan	Delay/tundaan (menit)
A	> 5
B	5,1 - 15
C	15,1 - 5
D	40,1 - 60

E	> 60
---	------

Sumber: Indonesian Highway Capacity Manual 1997

2.3. ASPEK GEOMETRI

2.3.1. Perencanaan Trase

Untuk dapat merencanakan desain suatu jalan raya, sebagian besar karakteristik desain secara umum diperlihatkan metode pendekatan terhadap desain tersebut, yaitu standarisasi yang cukup luas dengan alasan-alasan yang tepat. Hal ini dapat diuraikan sebagai berikut :

- Keinginan untuk memenuhi standar minimal terhadap angka keamanan.
- Kesamaan syarat-syarat suatu situasi ke situasi lain.
- Untuk mendapatkan petunjuk terhadap aspek-aspek yang memerlukan pertimbangan.

Segi-segi desain yang utama sebuah jalan adalah lokasi dan penampang melintangnya. Lokasi sebagian ditentukan dengan alinyemen horisontal, yaitu posisi dalam bidang horisontal relatif terhadap suatu koordinat sumbu. Alinyemen horisontal dikenal dengan nama situasi jalan atau trase jalan. Desain ini juga ditentukan oleh alinyemen vertikal, yaitu perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan atau melalui tepi jalan dan sering disebut dengan penampang memanjang jalan.

2.3.2. Penampang Melintang Jalan

Penampang melintang jalan merupakan potongan melintang tegak lurus sumbu jalan. Pada potongan melintang jalan dapat dilihat bagian-bagian jalan. Bagian-bagian jalan yang utama dapat dikelompokkan sebagai berikut :

A. Bagian yang berguna untuk lalu lintas.

1. Jalur lalu lintas.

Jalur lalu lintas (*travel way / carriage way*) adalah keseluruhan bagian perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk lalu lintas kendaraan.

2. Lajur lalu lintas.

Lajur lalu lintas terdiri dari satu atau beberapa lajur kendaraan (*lane*). Lajur kendaraan yaitu bagian dari jalur lalu lintas yang khusus diperuntukkan untuk

dilewati oleh satu rangkaian kendaraan beroda empat atau lebih dalam satu arah. Lebar minimum lajur lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 2.25 sebagai berikut :

Tabel 2.25 Lebar minimum lajur lalu lintas.

Kelas Perencanaan		Lebar lajur (m).
Tipe I	Kelas 1	3,75
	Kelas 2	3,50
Tipe II	Kelas 1	3,75
	Kelas 2	3,50
	Kelas 3	3,00

Sumber : Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan 1992.

3. Bahu Jalan.

Bahu jalan adalah bagian jalan yang terletak berdampingan dengan jalur lalu lintas. Besarnya lebar bahu jalan sangat dipengaruhi oleh :

- Fungsi jalan.
- Volume lalu lintas.
- Kegiatan disekitar jalan.
- Ada tidaknya trotoar.
- Biaya yang tersedia untuk pembebasan tanah dan biaya untuk konstruksi.

Lebar minimum bahu jalan dapat ditentukan seperti pada Tabel 2.26 berikut :

Tabel 2.26 Lebar Minimum Bahu Jalan.

Kelas Perencanaan		Lebar Bahu Kanan / Dalam (m)
Tipe I	Kelas 1	1,0
	Kelas 2	0,75
Tipe II	Kelas 1	0,5
	Kelas 2	0,5
	Kelas 3	0,5
	Kelas 4	0,5

Sumber : Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan 1992

4. Median

Pada arus lalu lintas yang tinggi seringkali dibutuhkan median, guna memisahkan arus yang lalu lintas berlawanan arah. Jadi median adalah bagian jalan yang terletak ditengah jalan yang membagi jalan dalam masing-masing arah. Lebar

median bervariasi antara 1 – 12 m, tergantung dari biaya yang tersedia dan fungsi jalan tersebut, yang dapat dilihat pada Tabel 2.27 berikut :

Tabel 2.27 Lebar Median Jalan.

Kelas Perencanaan		Lebar Minimum Standar (m)	Lebar Minimum Khusus (m)
Tipe I	Kelas 1	2,5	2,5
	Kelas 2	2,0	2,0
Tipe II	Kelas 1	2,0	1,0
	Kelas 2	2,0	1,0
	Kelas 3	1,5	1,0

Sumber : Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan 1992.

5. Trotoar.

Trotoar atau jalur pejalan kaki (*side walk*) adalah bagian jalan yang terletak berdampingan dengan jalur lalu lintas yang khusus dipergunakan untuk pejalan kaki (*pedestrian*). Perlu atau tidaknya trotoar disediakan tergantung dari volume *pedestrian* dan volume lalu lintas pemakai jalan tersebut. Lebar trotoar yang dibutuhkan ditentukan oleh volume *pedestrian*, tingkat pelayanan *pedestrian* yang diinginkan, dan fungsi jalan. Untuk lebar 1,5 – 3 m merupakan nilai minimum yang dipergunakan.

B. Bagian yang berguna untuk drainase jalan.

1. Saluran samping dan saluran melintang (gorong-gorong)

Umumnya bentuk saluran samping adalah trapesium atau empat persegi panjang. Dinding saluran dapat dibuat dengan mempergunakan pasangan batu kali atau tanah asli. Lebar dasar saluran disesuaikan dengan besarnya debit yang diperkirakan akan mengalir pada saluran tersebut, minimum 30 cm. Saluran melintang merupakan struktur dalam bentuk pipa besar atau saluran tertutup untuk mengalirkan air di bawah level permukaan jalan yang ditempatkan melintang jalan.

2. Talud / kemiringan lereng.

Talud jalan umumnya dibuat 2 H:1 V, tetapi untuk tanah-tanah yang mudah longsor talud jalan harus dibuat sesuai dengan besarnya landai yang aman, yang diperoleh dari perhitungan kestabilan lereng.

3. Kemiringan melintang jalur lalu lintas.

Kemiringan jalur lalu lintas di jalan lurus bervariasi antara 2 % - 4 %, Untuk jenis lapis permukaan yang mempergunakan bahan pengikat seperti aspal atau semen. Sedangkan untuk jalan dengan lapis permukaan belum mempergunakan bahan pengikat, seperti jalan berkerikil, kemiringan melintang dibuat sebesar 4 %.

4. Kemiringan melintang bahu jalan.

Berfungsi atau tidaknya lereng melintang perkerasan jalan untuk mengalirkan air sangat ditentukan oleh kemiringan melintang bagian samping jalur perkerasan itu.

C. Bagian pelengkap jalan.

1. Kerb.

Kerb adalah penonjolan atau peninggian tepi perkerasan atau bahu jalan, yang dimaksud untuk keperluan-keperluan drainase, mencegah keluarnya kendaraan dari tepi perkerasan, dan memberikan ketegasan tepi perkerasan.

2. Pengaman tepi.

Pengaman tepi bertujuan memberikan ketegasan tepi jalan, umumnya dipergunakan disepanjang jalan yang menyusur jurang, pada tanah timbunan dengan tikungan yang tajam, pada tepi-tepi jalan dengan timbunan lebih besar dari 2,5 m pada jalan-jalan dengan kecepatan tinggi.

D. Bagian konstruksi jalan.

1. Lapis perkerasan jalan.

2. Lapis pondasi atas.

3. Lapis pondasi bawah.

4. Lapis tanah dasar.

E. Daerah Milik Jalan (DAMIJA).

Damija merupakan ruang sepanjang yang dibatasi oleh lebar, tinggi tertentu yang dikuasai oleh Pembina Jalan dengan suatu hak tertentu sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku. Damaja diperuntukkan bagi pelebaran jalan dan maupun penambahan jalur lalu lintas dikemudian hari serta kebutuhan ruangan untuk

pengamanan jalan. Biasanya pada jarak tiap 1 km dipasang patok DMJ berwarna kuning.

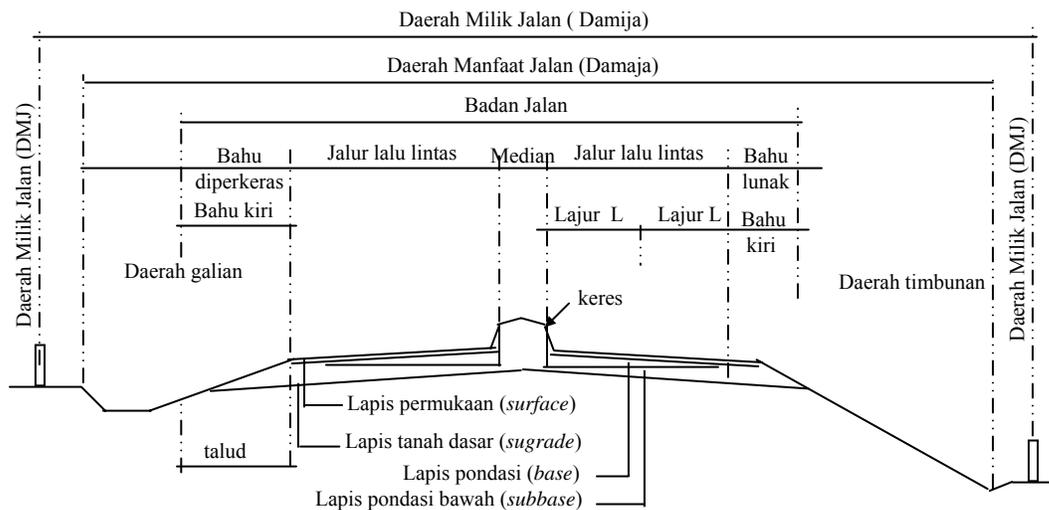
F. Daerah Manfaat Jalan (DAMAJA).

Damaja merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi dan kedalaman ruang bebas tertentu yang ditetapkan oleh Pembina Jalan. Damaja meliputi badan jalan, median jalan, bahu jalan, saluran tepi jalan, trotoar, lereng, timbunan dan galian, gorong-gorong, perlengkapan jalan dan ambang pengamannya.

G. Daerah Pengawasan Jalan (DAWASJA).

Dawasja adalah ruang sepanjang jalan diluar Damija yang dibatasi oleh lebar dan tinggi tertentu, yang ditetapkan oleh Pembina Jalan dan dimaksudkan untuk pandangan bebas pengemudi dan pengamanan konstruksi jalan. Batas luar Dawasja diukur dari as jalan yang bersangkutan dengan jarak sesuai dengan fungsi jalan.

Penampang melintang jalan dengan median lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Penampang melintang jalan dengan median

2.3.3. Jarak Pandang

Keamanan dan kenyamanan pengemudi kendaraan untuk dapat melihat dengan jelas dan menyadari situasinya pada saat mengemudi, sangat tergantung pada jarak yang dapat dilihat dari tempat kedudukannya. Panjang jalan di depan kendaraan yang masih dapat dilihat dengan jelas dan titik kedudukan pengemudi disebut jarak pandang. Jarak pandang berguna untuk :

- ◆ Menghindarkan terjadinya tabrakan yang dapat membahayakan kendaraan dan manusia akibat adanya benda yang berukuran cukup besar, kendaraan yang sedang berhenti, pejalan kaki, atau hewan-hewan pada lajur lainnya.
- ◆ Menambah efisien jalan tersebut, sehingga volume pelayanan dapat dicari semaksimal mungkin.
- ◆ Memberi kemungkinan untuk mendahului kendaraan lain yang bergerak dengan kecepatan yang lebih rendah.
- ◆ Sebagai pedoman bagi pengatur lalu lintas dalam menempatkan rambu-rambu lalu lintas yang diperlukan pada setiap segmen jalan.

2.3.3.1. Jarak Pandang Henti

Jarak pandang henti adalah jarak yang ditempuh pengemudi untuk dapat menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat halangan yang terdapat didepanya. Guna memberikan keamanan pada pengemudi kendaraan, maka pada setiap jalan haruslah dipenuhi paling sedikit jarak pandangan sepanjang jarak henti minimum. Jarak pandang henti minimum dapat dilihat pada Tabel 2.28.

Rumus umum untuk jarak pandang henti (J_h) adalah sebagai berikut :

$$J_h = \left(\frac{V}{3,6} \right) \cdot t + \left(\frac{V}{3,6} \right)^2 \cdot 1/2 \cdot g \cdot f$$

Dimana :

J_h = Jarak pandangan henti minimum (m).

V = Kecepatan rencana (km/jam).

t = Waktu tanggap = 2,5 detik.

g = Percepatan gravitasi = 9,8 m/dt².

f = Koefisien gesekan = 0,35 – 0,55.

Tabel 2.28 Jarak Pandang Henti Minimum.

V_R (km/jam)	100	80	60	50	40	30	20
J_h minimum (m).	175	120	75	55	40	27	12

Sumber : *Perencanaan Geometrik Jalan Perkotaan 1992.*

2.3.3.2. Jarak Pandang Menyiap

Jarak pandang menyiap adalah jarak pandang yang dibutuhkan pengemudi untuk dapat melakukan gerakan menyiap dengan aman dan dapat melihat kendaraan dari arah depan dengan jelas.

Jarak pandang menyiap standar dihitung berdasarkan atas panjang jalan yang diperlukan untuk dapat melakukan gerakan menyiap suatu kendaraan dengan sempurna dan aman berdasarkan asumsi yang diambil. Jarak pandang menyiap dapat dilihat pada Tabel 2.29.

Rumus jarak pandang menyiap standar adalah sebagai berikut :

$$J_d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4.$$

Dimana :

d_1 = Jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m).

d_2 = Jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m).

d_3 = Jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai.

d_4 = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan, yang besarnya diambil sama dengan $\frac{2}{3} d_2$ (m).

Tabel 2.29 Jarak Pandang Menyiap.

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

Sumber : *Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan 1992.*

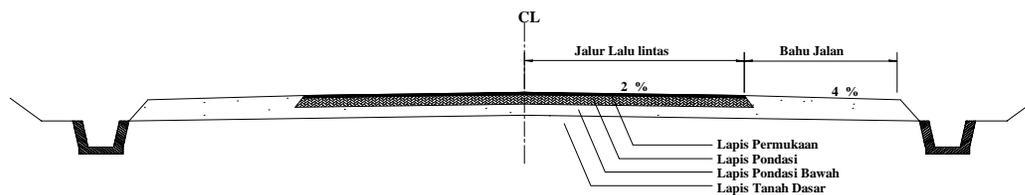
2.3.4. Alinyemen Horisontal

Alinyemen horisontal merupakan proyeksi sumbu jalan tegak lurus bidang horisontal yang terdiri dari susunan garis lurus (tangent) dan garis lengkung (busur

lingkaran, spiral). Bagian lengkung merupakan bagian yang perlu mendapat perhatian karena pada bagian tersebut dapat terjadi gaya sentrifugal yang cenderung melemparkan kendaraan keluar.

2.3.4.1. Kemiringan Melintang Jalan Lurus

Pada jalan lurus kendaraan bergerak tanpa membutuhkan kemiringan melintang jalan. Tetapi agar air hujan yang jatuh diatas permukaan jalan cepat mengalir ke samping, maka dibuatkan kemiringan melintang jalan yang umum disebut sebagai kemiringan melintang normal. Besarnya kemiringan melintang normal ini sangat tergantung dari jenis lapis permukaan yang dipergunakan. Semakin kedap air muka jalan tersebut semakin landai kemiringan melintang jalan yang dibutuhkan, sebaliknya lapis permukaan yang mudah dirembesi oleh air harus mempunyai kemiringan melintang jalan yang cukup besar, sehingga kerusakan konstruksi perkerasan dapat dihindari. Besarnya kemiringan melintang jalan normal (en) berkisar antara 2 % - 4 %. Penampang melintang jalan lurus dapat dilihat pada Gambar 2.4 .



Gambar 2.4 Penampang Melintang Jalan Lurus.

2.3.4.2. Perencanaan Tikungan

2.3.4.2.1. Tipe Tikungan

Ada tiga macam lengkung pada perencanaan alinyemen horisontal yaitu :

1. *Full Circle.*

Pada umumnya tipe tikungan ini dipakai pada daerah dataran, tetapi juga tergantung pada besarnya kecepatan rencana dan radius tikungan. Tikungan yang digunakan adalah tikungan yang mempunyai jari-jari tikungan besar dan sudut tangen kecil. Pada tikungan

kecil dan superelevasi yang diperlukan besar, tikungan berbentuk lingkaran akan menyebabkan perubahan kemiringan melintang yang besar, sehingga akan menimbulkan kesan patah pada tepi perkerasan sebelah luar. Batasan yang diperbolehkan oleh Bina Marga untuk menggunakan *full circle* dapat dilihat pada Tabel 2.30 sebagai berikut :

Tabel 2.30 Batasan desain *full circle*.

Design Speed (km/jam)	Radius Circle (tanpa lengkung peralihan) (meter)	Dengan lengkung peralihan (meter)	
		Type I	Type II
80	1000	230	280
60	600	120	150
50	400	80	100
40	250	-	60
30	150	-	30
20	60	-	15

Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Perkotaan 1992.

Rumus-rumus yang digunakan :

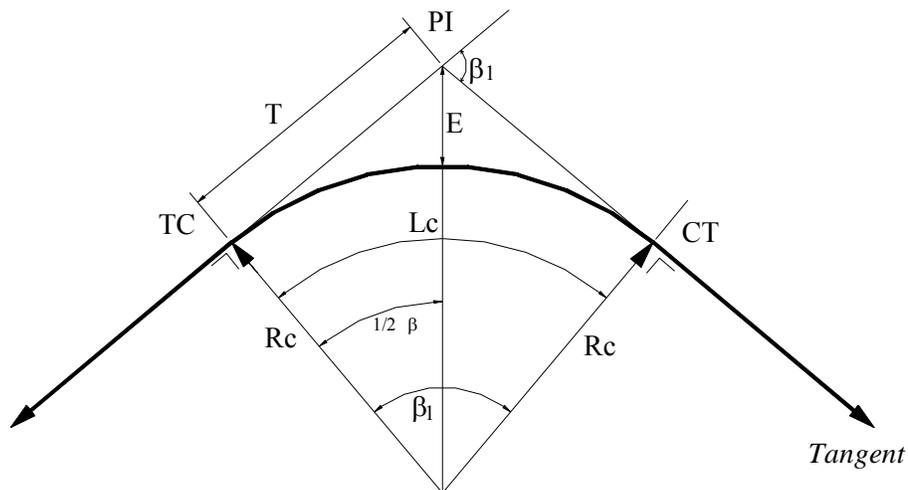
$$T = R_c \operatorname{tg} \frac{1}{2} \beta_1.$$

$$E = T \operatorname{tg} \frac{1}{4} \beta_1.$$

$$E = T \operatorname{tg} \frac{1}{4} \beta_1$$

$$L_c = 0,01745 * \beta_1 * R_c.$$

$$L_t = L_c$$



Gambar : 2.5 Lengkung *Full Circle*.

Keterangan :

PI = *Point Of Intersection*/ Titik perpotongan tangen.

Rc = Jari-jari lingkaran (m).

β_1 = Sudut Tangen ($^\circ$).

TC = *Tangent Circle*.

CT = *Circle Tangent*.

T = Jarak antara TC dan PI atau PI dan CT (m).

Lc = Panjang bagian lengkung *circle*.

E = Jarak PI ke lengkung *circle* (m).

2. *Spiral – Circle – Spiral*.

Pada tikungan jenis ini dari arah tangen ke arah *circle* memiliki spiral yang merupakan transisi dari bagian luar ke bagian *circle*. Adanya lengkung spiral adalah lengkung transisi pada alinyemen horisontal. Lengkung spiral sebagai pengantar dari kondisi lurus ke lengkung penuh secara berangsur-angsur. Pada bagian ini terjadi gaya setrifugal dari 0 sampai dengan maksimum ketika kendaraan memasuki dan meninggalkan lengkung tersebut.

Rumus yang dipakai :

$$\theta_s = \frac{L_s 90}{\pi R_c}$$

$$\theta_c = \beta_2 - 2 \theta_s$$

$$L_c = \frac{\theta_c}{360} \times 2 \pi R_c$$

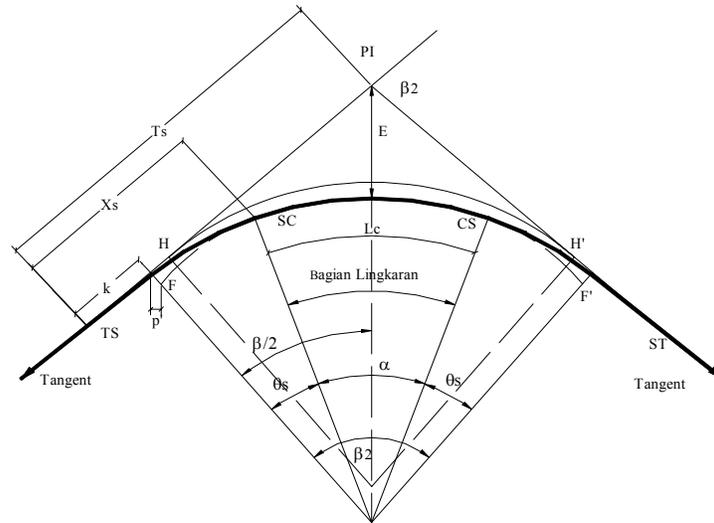
$$L = L_c + 2 L_s$$

$$p = \frac{L_s^2}{6 R_c} - R_c (1 - \cos \theta_s)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 R_c^2} - R_c \sin \theta_s$$

$$E = (R_c + p) \sec 1/2 \beta_2 - R_c$$

$$T_s = (R_c + p) \operatorname{tg} 1/2 \beta_2 + k$$



Gambar 2.6 Lengkung *Spiral – Circle – Spiral*.

Keterangan :

PI = Titik perpotongan tangen.

TS = Titik perubahan dari tangen ke spiral.

SC = Titik perubahan dari spiral ke *circle*.

CS = Titik perubahan dari *circle* ke spiral.

Rc = Jari-jari lengkung lingkaran.

Lc = Panjang busur lingkaran.

T = Panjang tangen utama.

E = Panjang eksternal total dari PI ke tengah busur lingkaran.

S = Panjang tali busur spiral.

β_2 = Sudut pertemuan antara tangen ke tangen.

α = Sudut pertemuan antara tangen lingkaran dan sudut pusat lingkaran.

θ_s = Sudut spiral.

3. Spiral – Spiral.

Pada spiral-spiral, dimana $L_c = 0$ merupakan tikungan yang kurang baik, sebab tidak ada jarak tertentu dalam masa tikungan yang sama miringnya. Pada lengkung berbentuk spiral-spiral prinsipnya hampir sama dengan tipe *Spiral-Circle-Spiral*, hanya disini tidak digunakan lengkung circle, $L_c=0$ hingga $L_t=2 L_s$.

Rumus-rumus yang dipakai :

$$\beta_3 = 2 \theta_s.$$

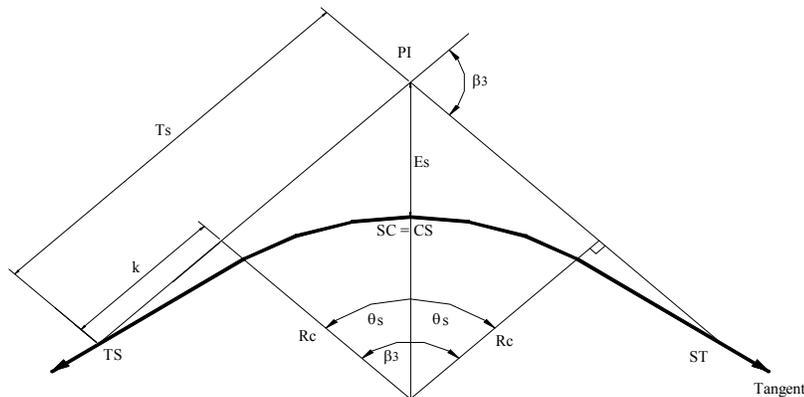
$$L_c = 0$$

$$L_t = 2 L_s.$$

$$L_s = (\pi R_c \theta_s) / 90.$$

$$T_s = \{ (R_c + p) \operatorname{tg} \beta_3/2 \} + k.$$

$$E_s = \{ (R_c + p) \operatorname{sec} \beta_3/2 \} - R_c.$$



Gambar 2.7 Lengkung *Spiral – Spiral*.

Keterangan :

PI = Titik perpotongan tangen.

TS = Titik perubahan dari tangen ke spiral.

SC = Titik perubahan dari spiral ke *circle*.

CS = Titik perubahan dari *circle* ke spiral.

R_c = Jari-jari lengkung lingkaran.

T = Panjang tangen utama.

E_s = Panjang eksternal total dari PI ke tengah busur lingkaran.

S = Panjang tali busur spiral.

β₃ = Sudut pertemuan antara tangen ke tangen.

θ_s = Sudut spiral.

2.3.4.2.2. Lengkung Horisontal pada Tikungan

A. Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan adalah lengkung yang disisipkan antara bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan. Lengkung peralihan berfungsi mengantisipasi perubahan gaya

sentrifugal yang bekerja pada kendaraan pada saat berjalan ditikungan secara berangsur-angsur.

Keuntungan dari penggunaan lengkung peralihan pada alinyemen horisontal :

- ◆ Pengemudi dapat dengan mudah mengikuti lajur yang telah disediakan untuknya, tanpa melintasi lajur lain yang berdampingan.
- ◆ Memungkinkan adanya perubahan dari lereng jalan normal ke kemiringan sebesar superelevasi secara berangsur-angsur sesuai dengan gaya sentrifugal yang timbul.
- ◆ Memungkinkan mengadakan peralihan pelebaran perkerasan yang diperlukan dari jalan lurus ke kebutuhan lebar perkerasan pada tikungan-tikungan tajam.
- ◆ Menambah keamanan dan kenyamanan bagi pengemudi karena sedikit memungkinkan pengemudi keluar jalur.
- ◆ Menambah keindahan bentuk dari jalan tersebut, menghindari kesan patahnya jalan pada batasan bagian lurus dan lengkung busur lingkaran.

B. Superelevasi

Superelevasi adalah kemiringan jalan pada lengkung horisontal yang bertujuan untuk memperoleh komponen berat kendaraan guna mengimbangi gaya sentrifugal. Semakin besar superelevasi semakin besar pula komponen berat kendaraan yang diperoleh. Superelevasi yang terdapat di suatu ruas jalan alinyemen horisontal tergantung oleh kecepatan rencana kendaraan, hal ini akan berpengaruh terhadap radius kelengkungan yang harus digunakan agar kendaraan dapat berjalan dengan aman dan nyaman.

Diagram superelevasi menggambarkan pencapaian superelevasi dari lereng normal ke superelevasi penuh, sehingga dengan menggunakan diagram superelevasi dapat ditentukan bentuk penampang melintang pada setiap titik di suatu lengkung horisontal yang direncanakan. Diagram superelevasi digambar berdasarkan elevasi sumbu jalan sebagai garis nol. Elevasi tepi perkerasan diberi tanda positif atau negatif ditinjau dari ketinggian sumbu jalan. Tanda positif untuk elevasi tepi perkerasan yang terletak lebih tinggi dari sumbu jalan dan tanda negatif untuk elevasi tepi perkerasan yang terletak lebih rendah dari sumbu jalan.

Pada jalan yang lebar kemiringan badan jalan (e) sebesar 2 % merupakan kemiringan minimum sedangkan maksimumnya 10 %. Syarat agar konstruksi aman adalah bila (e max + fm) yang ada lebih besar dari (e max) yang didapat dari data lapangan. Besarnya fm ini didapat dari grafik koefisien gesekan melintang sesuai dengan AASHTO 1986.

Rumus :

$$e_{maks} + f_m = v^2 : (127 * R)$$

Dimana :

e_{maks} = Kemiringan melintang jalan.

f_m = Koefisien gesekan melintang.

Pembuatan kemiringan jalan dengan pertimbangan kenyamanan, keamanan, komposisi kendaraan dan variasi kecepatan serta efektifitas kerja dari alat-alat berat pada saat pelaksanaan seperti yang dianjurkan.

Kemiringan melintang jalan di tikungan dapat dibagi atas :

- ◆ Untuk jalan rural/luar kota maksimum adalah 10 %.
- ◆ Untuk jalan urban/kota maksimum adalah 8 %.

C. Jari-jari Tikungan

Jari-jari tikungan minimum (R min) ditetapkan sebagai berikut :

$$R_{min} = \frac{(V_R)^2}{127(e_{mak} + f_{mak})}$$

Dimana :

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

V_R = Kecepatan rencana (km/jam).

e_{mak} = Superelevasi maksimum (%).

f_{mak} = Koefisien gesek maksimum.

Secara praktis panjang jari-jari minimum, dapat dilihat pada Tabel 2.31 sebagai berikut :

Tabel 2.31 Panjang Jari-jari Minimum.

Kecepatan Rencana (km/jam)	Jari – jari minimum (m)	
	Jalan Type I	Jalan Type II
100	380	460
80	230	280

60	120	150
50	80	100
40	-	60
30	-	30
20	-	15

Sumber : *Perencanaan Geometrik Jalan Perkotaan 1992.*

2.3.5. Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal adalah garis vertikal yang dibentuk oleh bidang vertikal melalui sumbu jalan. Alinyemen vertikal menyatakan bentuk geometri jalan dalam arah vertikal. Dalam perencanaan alinyemen vertikal sedemikian rupa sehingga dapat memberikan kenyamanan dan keamanan bagi pemakai jalan.

Dalam merencanakan alinyemen vertikal, biasanya setelah diketahui elevasi dan Sta. PVI (*Point Of Vertical Intersection*), kemudian baru dihitung besaran-besaran sebagai berikut :

- ◆ Panjang PLV atau lengkung vertikal (m).
- ◆ Pergeseran vertikal (E) dalam (m).
- ◆ Alinyemen permukaan jalan dibawah atau diatas PPV.
- ◆ Elevasi dan stasioning dari PLV dan PTV.
- ◆ Elevasi permukaan jalan antara PLV, PPV dan PTV pada setiap stasioning yang terdapat pada alinyemen.

Rumus yang digunakan adalah :

$$\Delta = g_1 - g_2 = \dots\dots\%.$$

Dimana :

Δ = Perbedaan aljabar landai.

g_1, g_2 = Kelandaian jalan (%).

Jarak antara lengkung vertikal dengan PPV (E).

$$E = \frac{\Delta L}{800}$$

Dimana :

E = Jarak antara lengkung vertikal dengan PPV.

L = Panjang lengkung vertikal.

2.3.5.1. Panjang Kritis

Panjang kritis yaitu panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian hingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh V_R . Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak lebih dari satu menit. Panjang kritis dapat ditetapkan dari Tabel 2.32 dibawah ini :

Tabel 2.32 Panjang Kritis (m).

Kecepatan pada awal Tanjakan (km/jam)	Kelandaian (%)						
	4	5	6	7	8	9	10
100	700	500	400				
80		600	500	400			
60			500	400	300		
50			500	400	300		
40					400	300	200

Sumber : Perencanaan Geometrik Jalan Perkotaan 1992.

2.3.5.2. Landai Maksimum Jalan

Harus dipertimbangkan tingkat gangguan penurunan kecepatan truk terhadap arus lalu lintas secara keseluruhan. Panjang landai maksimum yang belum mengakibatkan gangguan lalu lintas adalah yang mengakibatkan penurunan kecepatan maksimum 25 km/jam. Kelandaian yang besar akan mengakibatkan penurunan kecepatan truk yang cukup berarti jika kelandaian jalan tersebut dibuat pada jalan yang cukup panjang, tetapi kurang berarti jika panjang jalan dengan kelandaian yang pendek. Landai maksimum yang diijinkan dapat dilihat pada Tabel 2.33 berikut :

Tabel 2.33. Landai Maksimum yang Diijinkan.

V_R (km/jam)	100	80	60	50	40	30
Kelandaian Maksimal (%)	3	4	5	6	7	8

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Jalan Perkotaan 1992.

2.3.5.3. Lengkung Vertikal Cekung

Peninjauan panjang lengkung vertikal cekung minimum berdasarkan pada jarak pandangan waktu malam hari atau jarak yang dapat dijangkau oleh lampu besar. Disamping itu memperhatikan juga faktor kenyamanan, dimana perhitungan rumus berdasarkan pada pengaruh gaya berat oleh gaya sentripetal maksimum yang

diperbolehkan. Besarnya percepatan sentripetal maksimum yang timbul adalah $= 0,3 \text{ m/dt}^2$ sebagai syarat keamanan.

➤ Menurut Standart Perencanaan Geometrik Jalan Perkotaan peninjauan panjang lengkung vertikal cekung berdasarkan kenyamanan dapat dicari dengan rumus :

$$L = \frac{\Delta V^2}{380}$$

Dimana :

L = Panjang minimal lengkung vertikal cekung (m).

Δ = Perbedaan aljabar kedua tangen $g_1 - g_2$ (%).

V = Kecepatan rencana (km/jam).

➤ Rumus berdasarkan penyinaran lampu besar.

Pandangan bebas vertikal cekung jika $S < L$

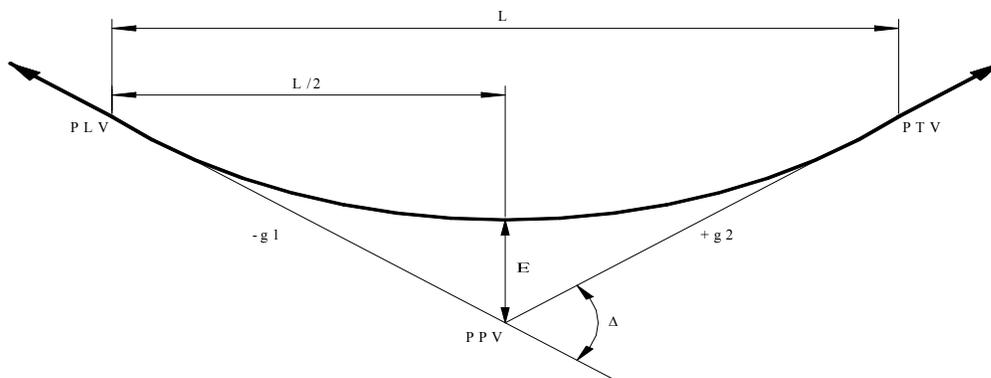
$$L = \frac{\Delta S^2}{120 + 3,5 S} \quad E = \frac{\Delta L}{800}$$

Pandangan bebas vertikal cekung jika $S > L$.

$$L = 2S - \frac{120 + 3,5 S}{\Delta}$$

Jika E positif maka lengkung vertikal tersebut adalah cekung demikian sebaliknya

Gambar lengkung vertikal cekung dapat dilihat pada Gambar 2.8



Gambar 2.8 Lengkung Vertikal Cekung.

Gambar 2.9 Lengkung Vertikal Cembung.

2.4. ASPEK PERKERASAN JALAN

Struktur perkerasan jalan adalah bagian konstruksi jalan raya yang diperkeras dengan lapisan konstruksi tertentu yang memiliki ketebalan, kekuatan dan kekakuan serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar dengan aman.

Unsur-unsur yang terdapat dalam perencanaan tebal perkerasan diantaranya sebagai berikut :

1. Unsur Utama

- ◆ Unsur beban lalu lintas (unsur gandar, volume, komposisi lalu lintas).
- ◆ Unsur lapis perkerasan (ketebalan, karakteristik, kualitas).
- ◆ Unsur tanah dasar.

2. Unsur Tambahan.

- ◆ Drainase dan curah hujan.
- ◆ Klimatologi.
- ◆ Kondisi geometri.
- ◆ Faktor permukaan.
- ◆ Faktor pelaksanaan.

2.4.1 Perkerasan Lentur (*Fleksible Pavement*)

Struktur perkerasan lentur (*fleksible pavement*) terdiri dari :

1. Lapis Permukaan (*Surface Course*).

a. Lapis aus :

- ◆ Sebagai lapisan aus yang berhubungan dengan roda kendaraan.
- ◆ Mencegah masuknya air pada lapisan bawah (lapis kedap air).

b. Lapis perkerasan :

- ◆ Sebagai lapis perkerasan menahan beban roda, lapisan mempunyai kestabilan tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
- ◆ Sebagai lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawahnya, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang mempunyai daya dukung lebih jelek.

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

Merupakan lapis pondasi atas yang berfungsi sebagai :

- ◆ Menahan gaya lintang (beban roda) dan menyebarkan ke lapisan bawahnya.
- ◆ Sebagai lapisan peresapan untuk lapis pondasi bawah.
- ◆ Sebagai rantai kerja bagi lapisan permukaan.
- ◆ Menjamin bahwa besarnya regangan pada lapis bawah bitumen (*material surface*), tidak menyebabkan *cracking*.
- ◆ Mengurangi *compressive stress* pada sub base sampai tingkat yang diterima.

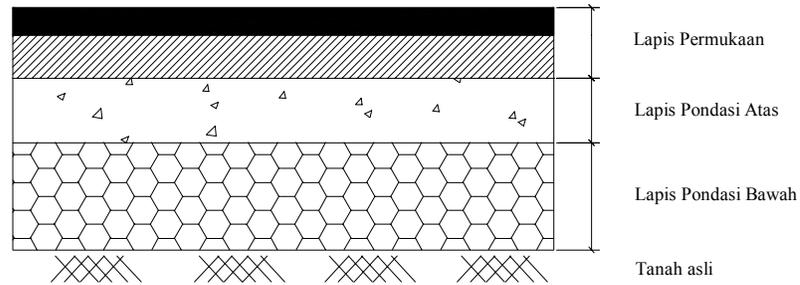
3. *Sub Base Course*.

Merupakan lapis pondasi bawah yang berfungsi sebagai :

- ◆ Menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
- ◆ Efisiensi penggunaan material.
- ◆ Mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapisan pondasi.
- ◆ Lapis perkerasan.
- ◆ Sebagai rantai kerja lapis pondasi atas.

4. Tanah Dasar (*sub grade*).

Tanah dasar adalah tanah setebal 50 – 100 cm diatas dimana akan diletakkan lapisan pondasi bawah. Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan. Jika tanah aslinya baik cukup dipadatkan saja, tanah yang didatangkan dari tempat lain dan dipadatkan atau tanah yang distabilisasi baik dengan kapur, semen atau bahan lainnya. Pemadatan yang baik diperoleh jika dilakukan pada kadar optimum diusahakan kadar air tersebut konstan selama umur rencana, hal ini dapat dicapai dengan perlengkapan drainase yang memenuhi syarat.



Gambar 2.10 Lapis Perkerasan Lentur

Ditinjau dari muka tanah asli, maka lapis tanah dasar dapat dibedakan atas :

1. Lapisan tanah dasar galian.
2. Lapisan tanah dasar tanah timbunan.
3. Lapisan tanah dasar tanah asli.

Penentuan tebal perkerasan lentur jalan didasarkan pada Buku Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen.

Data-data yang dibutuhkan untuk perencanaan suatu lentur perkerasan adalah :

- ◆ Data LHR.
- ◆ CBR tanah dasar.
- ◆ Data untuk penentuan faktor regional

Dasar perhitungannya adalah dari Buku Pedoman Penentuan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya 1983, Dirjen Bina Marga adalah sebagai berikut :

1. 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 dan prosentase kendaraan berat didapat nilai FR.

2. Menghitung dan menampilkan jumlah komposisi lalu lintas harian rata-rata LHR awal rencana.
3. Menghitung Angka Ekuivalen (E).

Angka ekivalen yaitu angka yang menyatakan jumlah lintasan sumbu tunggal seberat 8,16 ton pada jalur rencana yang diduga terjadi pada permulaan umur rencana.

Menurut Buku Pedoman Penentuan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya 1983, Dirjen Bina Marga harga ekivalen masing-masing kendaraan dihitung dengan memakai rumus :

- ◆ Angka ekivalen sumbu tunggal.

$$E = (\text{beban 1 sumbu tunggal} / 8,16)^4$$

- ◆ Angka ekivalen sumbu ganda.

$$E = 0,086 (\text{beban 1 sumbu ganda} / 8,16)^4$$

4. 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.

Menurut Buku Pedoman Penentuan Tabel Perkerasan Lentur Jalan Raya 1983, Dirjen Bina Marga, harga lintas ekivalen permulaan dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$\mathbf{LEP = C \times LHR \times E}$$

Dimana :

C = Koefisien distribusi kendaraan.

LHR = Lalu lintas harian rata-rata pada awal umur rencana.

E = Angka ekivalen untuk tiap jenis kendaraan.

5. 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.

Menurut Buku Pedoman Penentuan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya 1983, Dirjen Bina Marga, harga lintas ekivalen akhir dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$\mathbf{LEA = C \times LHR \times E}$$

Dimana :

C = Koefisien distribusi kendaraan.

LHR = Lalu lintas harian rata-rata.

E = Angka harian untuk tiap jenis kendaraan.

6. 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 umur rencana.

Menurut Buku Pedoman Penentuan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya 1983, Dirjen Bina Marga, harga lintas ekivalen tengah dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$\mathbf{LET = \frac{1}{2} (LEA + LEP)}$$

Dimana :

LEA = Lintas ekivalen akhir.

LEP = Lintas ekivalen permulaan.

7. Menghitung Lintas Ekivalen Rencana (LER).

Suatu besaran yang dipakai dalam nomogram penetapan tebal perkerasan untuk menyatakan jumlah lintas ekivalen rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton pada jalur rencana.

Menurut Buku Pedoman Penentuan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya 1983, Dirjen Bina Marga, harga lintas ekivalen rencana dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\mathbf{LER} &= \mathbf{LET \times (UR/10)} \\ &= \mathbf{LET \times FP}\end{aligned}$$

Dimana :

FP = Faktor penyesuaian.

LET = Lintas ekivalen tengah.

UR = Umur rencana.

8. Menghitung Indeks Tebal Perkerasan (ITP).

Indeks tebal perkerasan adalah angka yang berhubungan dengan penentuan tebal perkerasan, caranya sebagai berikut :

- ◆ Berdasarkan CBR tanah dasar dan grafik didapat daya dukung tanah dasar (DDT).

Dari data-data CBR lapangan, maka dapat ditetapkan rata-rata nilai CBR keseluruhannya, sehingga untuk memperoleh daya dukung tanah (DDT) dikorelasikan dengan CBR rata-rata. Yang dimaksud dengan CBR disini adalah

harga CBR lapangan atau CBR laboratorium. Dalam menentukan nilai CBR rata-rata dari sejumlah nilai CBR ditetapkan sebagai berikut :

- Tentukan harga CBR terendah.
 - Tentukan berapa banyak harga CBR yang sama dan lebih besar dari masing-masing nilai CBR.
 - Angka jumlah terbanyak dinyatakan sebagai 100 %, jumlah lainnya merupakan prosentase dari 100 % tersebut.
 - Dibuat grafik hubungan antara CBR dan prosentase jumlah tersebut.
 - Nilai CBR rata-rata adalah yang didapat dari angka prosentase 90 %.
- ◆ Dari data curah hujan, prosentase kendaraan berat dan kelandaian didapat faktor regional (FR)
 - ◆ Dengan parameter klasifikasi jalan dan besarnya LER, dari Tabel 2.35 didapat indeks permukaan akhir umur rencana.
 - ◆ Berdasarkan jenis lapis perkerasan, didapat indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo).
 - Selanjutnya pada parameter DDT, IP, FR, dan LER dengan memakai nomogram penetapan tebal perkerasan didapat indeks tebal perkerasan ijin (ITP).

Menurut Buku Pedoman Penentuan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya 1983, Dirjen Bina Marga, hubungan antara harga ITP, tebal minimum masing-masing perkerasan dan koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{ITP} = (\mathbf{a1*D1}) + (\mathbf{a2*D2}) + (\mathbf{a3*D3})$$

Dimana :

a1, a2, a3 = Koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan.

D1, D2, D3 = Tebal minimum masing-masing perkerasan

Berikut ini tabel-tabel yang digunakan dalam perhitungan perkerasan lentur berdasarkan “ Petunjuk Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Analisa Komponen 1987 “

Tabel 2.34 Faktor Regional.

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

Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen 1987.

Tabel 2.35 Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana (IPt).

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

Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen 1987.

Tabel 2.36 Indeks Permukaan pada Awal Umur Rencana (IPo).

Jenis Perkerasan	IPo	Roughness (mm/km)
LASBUTON	≥ 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	≤ 3000
BURTU	3,4 – 3,0	> 3000
LAPEN	3,4 – 3,0	
LATASBUM	2,9 – 2,5	
	2,9 – 2,5	
BURAS	2,9 – 2,5	

LATASIR	2,9 – 2,5	
JALAN TANAH	≤ 2,4	
JALAN KERIKIL	≤ 2,4	

Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen 1987

Tabel 2.37 Koefisien Kekuatan Relatif (a).

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Batuan
a1	a2	a3	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
0,4	-	-	744	-	-	LASTON
0,35	-	-	590	-	-	
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	340	-	-	LASBUTAG
0,31	-	-	340	-	-	
0,28	-	-	-	-	-	
0,26	-	-	-	-	-	
0,3	-	-	-	-	-	HRA
0,26	-	-	-	-	-	Aspalt Macadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
0,2	-	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,28	-	-	-	-	LASTON ATAS
-	0,26	-	-	-	-	
-	0,24	-	-	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,15	-	-	22	-	Stabilitas tanah Dengan semen
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stabilitas tanah Dengan kapur
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Batu Pecah (kelas A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu Pecah (kelas B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu Pecah

						(kelas C)
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu / Pitrun (kelas A)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu / Pitrun (kelas B)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu / Pitrun (kelas C)
-	-	0,10	-	-	20	Tanah / Lempung kepasiran

Sumber : *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen 1987.*

a. Lapis Permukaan.

Batas- batas minimum tebal lapisan perkerasan dapat dilihat pada tabel 2.38 berikut :

Tabel 2.38 Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan.

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	5	Lapis pelindung : (Buras/Burtu/Burda)
3,00 – 7,49	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	Lapen, Laston.
≥10,00	10	Laston.

Sumber : *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen 1987.*

b. Lapis Pondasi.

Tabel 2.39 Batas-batas Minimum Tebal Lapis Pondasi

ITP	Tebal Minimum (cm)	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 : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen 1987.

c. Lapis Pondasi Bawah.

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

2.4.2. Lapis Perkerasan Tambahan (*Overlay*).

Diberikan pada jalan yang telah/menjelang habis masa pelayanannya dimana kondisi permukaan jalan telah mencapai indeks permukaan akhir (IP) yang diharapkan. Maksud dan tujuan *overlay* adalah untuk mengembalikan atau meningkatkan kemampuan/kualitas struktural dan kualitas permukaan jalan (kemampuan menahan geseran roda, kecepatan mengalirkan air, keamanan dan kenyamanan).

Prosedur perencanaan *overlay* :

- o Survey kondisi lapis permukaan.
Untuk mengetahui tingkat kenyamanan (*rideability*) permukaan jalan yang ada. Survey dilakukan secara visual maupun mekanis (alat *Roughometer*).
- o Survey kelayakan struktural/pengukuran defleksi.
Survey dengan cara destruktif (membuat test pit pada jalan lama untuk mengambil sampel) atau non destruktif (alat *benkelmen beam*)

Untuk perhitungan pelapisan tambahan (*overlay*), kondisi perkerasan jalan lama (*eksisting pavement*) dinilai sesuai daftar di bawah ini :

Tabel 2.40 Nilai Kondisi Perkerasan Jalan

1. Lapis Permukaan : Umumnya tidak retak, hanya sedikit deformasi pada jalur roda 90-100 %

Terlihat retak halus, sedikit deformasi pada jalur roda namun masih tetap stabil	70-90 %
Retak sedang, beberapa deformasi pada jalur roda , pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan	50-70 %
Retak banyak, demikian juga deformasi pada jalur roda menunjukkan gejala ketidak stabilan	30-50 %
2. Lapis Pondasi	
a. Pondasi Aspal Beton atau Penetrasi Macadam	
Umumnya tidak retak	90-100 %
Terlihat retak halus, namun masih tetap stabil	70-90 %
Retak sedang, pada dasarnya masih menunjukkan Kestabilan	50-70 %

Lanjutan Tabel 2.40 Nilai Kondisi Perkerasan Jalan

Retak banyak, menunjukkan gejala ketidak stabilan	30-50 %
b. Stabilisasi Tanah dengan Semen dan Kapur :	
Indeks Plastisitas (Plantisitas Indeks =PI) ≤ 10	70-100 %
c. Ponds Macadam atau Batu Pecah :	
Indeks Plastisitas (Plantisitas Indeks =PI) ≤ 6	80-100 %
3, Lapis Podasi Bawah :	
Indeks Plastisitas (Plantisitas Indeks =PI) ≤ 6	90-100 %
Indeks Plastisitas (Plantisitas Indeks =PI) ≥ 6	70-90 %

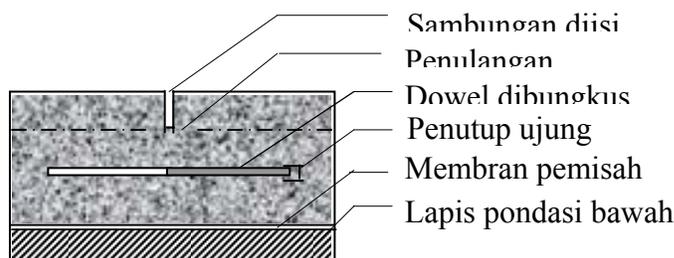
Sumber : *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen 1987.*

2.4.3 Perkerasan Kaku (*Rigid Pevement*)

Perkerasan kaku yaitu perkerasan yang menggunakan pengikat semen portland, plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa pondai bawah. Beban lalu lintas sebagian dipikul oleh pelat beton.

Jenis – jenis lapis beton dapat dikonstruksi dengan salah satu cara berikut :

- Beton tanpa tulangan (URC, *Unreinforced Concrete*)
- Beton bertulang dan sambungan (JRC, *Jointed Reinforced Concrete*)
- Pelat beton menerus dan bertulang (CRCP, *Concrete Pavement*)



Gambar 2.11 Struktur Perkerasan Kaku

2.4.3.1 Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku

Dalam perencanaan perkerasan beton semen ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan antara lain :

- Tegangan – tegangan akibat beban lalu lintas, kelelahan (*Fatigue*) akibat pengulangan (*Repetisi*) beban dan tebal perkerasan.
- Pengaruh kondisi tanah dasar, penanggulangan *pumping*, perencanaan drainase.
- Perencanaan sambungan dan tulangan

Beberapa input (*Input Factors*) dalam menentukan tebal perkerasan adalah:

- *Traffic Stresses* dan *Fatigue* diperoleh dari analisa beban lalu lintas dan repetisi akumulatif
- Modulus retak beton diperoleh dari lapis perkerasan, karakteristik, tebal dan kekuatan
- Modulus reaksi tanah dasar diperoleh dari analisa tanah dasar dan karakteristiknya
- Pengaruh tekanan ban dan konfigurasi roda

Faktor – faktor lain yang mempengaruhi perencanaan tebal perkerasan beton semen antara lain:

- Tingkat pelayanan yang dikehendaki. Hal ini disesuaikan dengan kemampuan jalur jalan dan kualitasnya.
- Umur rencana disesuaikan dengan *traffic growth*, tingkat pelayanan dan beban lalu lintas.
- Kapasitas jalan disesuaikan dengan pembatas, sesuai fungsinya, beban sumbu
- Faktor lingkungan disesuaikan dengan temperatur, drainase, material dan lain – lain
- Tanah dasar / *subgrade* (modulus reaksi *subgrade*) diharapkan : padat, rata, drainase baik, daya dukung merata sepanjang lintasan
- Lapis pondasi bawah
- Lapis perkerasan beton

2.4.3.2 Perencanaan Tebal Pelat

Pilih suatu tebal pelat tertentu misalkan (h) untuk setiap kombinasi konfigurasi dan beban sumbu setara harga (k) tertentu maka :

- Tegangan lentur yang terjadi pada pelat beton ditentukan dengan grafik
- Perhitungan tegangan dihitung dengan membagi tegangan lentur yang terjadi pada pelat dengan kuat lentur tarik (MR) beton.
- Jumlah pengulangan beton yang diijinkan ditentukan berdasarkan harga perbandingan tegangan

Prosentase *fatigue* untuk tiap – tiap kombinasi konfigurasi / beban sumbu ditentukan dengan membagi jumlah pengulangan beban rencana dengan jumlah pengulangan beban yang diijinkan kemudian cari total *fatigue* dengan penjumlahkan prosentase *fatigue* dari seluruh kombinasi / beban sumbu ulangi langkah – langkah diatas hingga didapat tebal plat terkecil dengan total fatigue 100 %. Bila *fatigue* > 100 %, maka $h_2 = h_1 + h$ menghitung total *fatigue* untuk seluruh kombinasi beban sumbu, untuk harga k tanah dasar tertentu.

$$TF = \sum \frac{N_i}{N_i'} \leq 100 \%$$

I = Semua beban sumbu diperhitungkan

N_i = Pengurangan beban yang terjadi untuk katagori beban I

N_i' = Pengulangan beban yang diijinkan untuk katagori beban yang bersangkutan

2.4.4.3 Perencanaan Tulangan Sambungan

Fungsi penulangan untuk :

- Membatasi lebar retak dan jarak retak
- Mengurangi jumlah sambungan
- Mengurangi biaya pemeliharaan

Penulangan pada perkerasan beton bersambung:

$$AS = \frac{1200FXLXh}{fs}$$

Dimana :

AS = luas tulangan yang dibutuhkan cm² / m lebar

F = koefisien gesek antara plat dan beton dengan pondasi dibawahnya

L = jarak sambungan

h = tebal pelat yang ditinjau

f_s = tegangan tarik baja (kg/ cm²)

bila $L \leq 13$ m $\rightarrow AS = 0,1 \% \times h \times b$

Penulangan pada perkerasan beton menerus

$$PS = \frac{100 \cdot f_b}{(f_y - n f_b)} (1,3 - 0,2f)$$

Dimana :

PS = Prosentase tulangan memanjang terhadap penampang beton

f_b = Kuat tarik beton

f_y = Tegangan leleh baja

n = $E_y / E_b \rightarrow$ modulus elastis baja atau beton

f = Koefisien gesek pelat dan pondasi

PS min = 0,6%

Kontrol terhadap jarak keretakan kritis

$$L_{cr} = \frac{f_b}{n p u f_b \cdot (s \cdot E_b - f_b)}$$

Dimana :

L_{cr} = Jarak antara retakan teoritis

f_b = Kuat tarik beton (0,4 – 0,5 MR)

P = Luas tulangan memanjang / cm²

n = $E_y / E_b \rightarrow$ modulus elastis baja atau beton

$$u = 4/d \text{ (keliling / luas tulangan) } \rightarrow \frac{\pi \cdot d}{i / 4\pi \cdot d^2}$$

f_p = Tegangan lekat antara tulangan dengan beban = $2,16 \sqrt{\sigma} \text{ bk/d}$

E_b = Modulus elastisitas beton $16600 \sqrt{\sigma} \text{ bk}$

2.5. ASPEK BANGUNAN PENUNJANG JALAN

Sebagaimana diketahui pembangunan jalan itu berkaitan dengan bangunan penunjang jalan yang antara lain adalah pembangunan sistem drainase dan jembatan. Hal ini penting karena dalam pembangunan jalan, pengaruh air diusahakan seminimal mungkin, untuk itu kita memerlukan bangunan agar air mengalir dengan teratur, baik air

yang selalu mengalir (air pengairan, sungai) ataupun air yang hanya mengalir pada waktu-waktu tertentu saja (air hujan).

Bangunan penunjang jalan apa saja yang akan dievaluasi merupakan hasil dari penyelidikan yang seksama untuk dapat memenuhi kebutuhan. Untuk itu dibawah ini akan diuraikan satu per satu dari macam bangunan penunjang jalan tersebut.

2.5.1. Bangunan Drainase

Usaha untuk mengalirkan air yang ada di jalan secepat mungkin agar tidak menimbulkan bahaya dan kerusakan jalan. Kerusakan jalan banyak dipengaruhi oleh air. Air dapat berasal dari permukaan (besarnya air hujan) ataupun air tanah, oleh karena itu sistem drainase dibedakan :

1. Drainase Permukaan (*Surface Drainage*).

Ditujukan untuk mengontrol air yang berada di permukaan badan jalan agar tidak meresap ke badan jalan. Air yang berada di atas badan jalan harus segera disingkirkan dengan mengalirkannya ke samping dan menampung dalam selokan samping (*side ditch*) yang berfungsi :

- Mengalirkan air lebih cepat daripada air yang mengalir di atas permukaan jalan.
- Harus bisa membantu mengurangi kejenuhan pada badan jalan.

Dalam merencanakan saluran samping harus memenuhi dasar pemikiran sebagai berikut :

- a. Mampu mengakomodasi aliran banjir yang direncanakan dengan kriteria tertentu hingga mampu membantu mangeringkan *base course*.
- b. Pada kemiringan longitudinal, harus mempunyai kecepatan rendah untuk mencegah erosi, tetapi harus cukup besar untuk mencegah pengendapan.
- c. Pemeliharaan yang menerus.
- d. Ada *outlet* yang stabil ke sungai atau ke tempat pembuangan air.

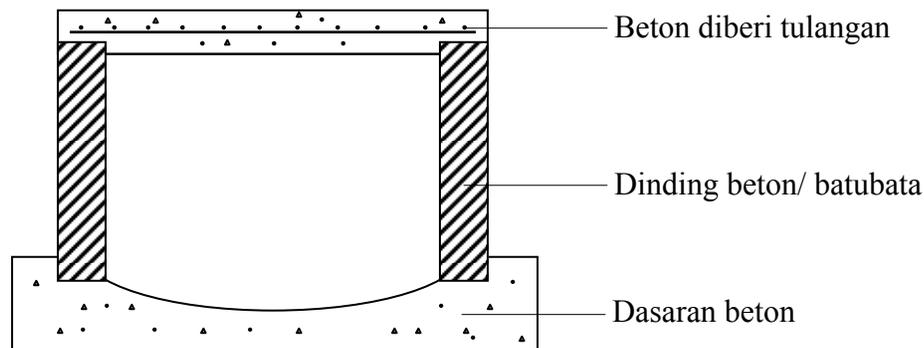
2. Drainase Bawah Permukaan (*Sub Surface Drainage*).

Keadaan air tidak hanya dapat ditanggulangi oleh drainase permukaan tetapi juga drainase dibawah permukaan sebagai efek lanjutan dari air permukaan serta keadaan

dimana air tanahnya tinggi. *Sub surface drainage* umumnya diadakan di daerah yang mempunyai muka air tanah cukup tinggi, juga diadakan pada konstruksi jalan yang memotong suatu *equiver* galian bawah tanah.

3. Gorong-gorong

Didefinisikan sebagai struktur dalam bentuk pipa besar atau saluran tertutup, untuk mengalirkan air di bawah level permukaan jalan, yang juga ditempatkan melintang jalan.



Gambar 2.12 Gorong-gorong bata dan beton

Analisis hidrologi dimaksudkan untuk mendapatkan debit limpasan pada *catchment area*. Dalam analisis hidrologi ini, diperlukan data curah hujan pada masing-masing stasiun. Metode yang digunakan untuk menentukan frekuensi curah hujan adalah *Metode Gumbel*. Dengan menggunakan data curah hujan kita dapat menemukan faktor regional dan menghitung debit air yang akan dipakai dalam perhitungan dimensi saluran drainase.

$$Q = A \times v$$

Dimana :

Q = Debit saluran drainase (m³/detik).

A = Luas penampang saluran (m²).

V = Kecepatan aliran (m/detik).

Menurut Manning :

$$V = 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

Dimana :

n = Koefisien Manning (sesuai tabel 2.37).

S = Kemiringan dasar saluran.

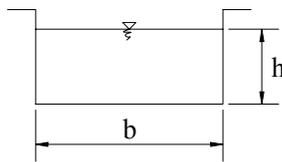
R = Jari-jari hidrolis (m).

$$= \frac{A}{P}$$

P = Keliling basah (m).

A = Luas penampang saluran (m²).

- Untuk saluran bentuk segi empat.

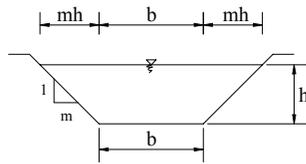


$$P = 2 h + b$$

$$A = b \times h$$

Gambar 2.13 Penampang Saluran Bentuk Persegi .

- Untuk saluran bentuk trapesium.



$$P = b + 2h \sqrt{m^2 + 1^2}$$

$$A = (b + mh) h$$

Gambar 2.14 Penampang Saluran Bentuk Trapesium.

Harga koefisien manning dapat dilihat pada tabel 2.41 berikut :

Tabel 2.41 Harga Koefisien Manning.

Bahan	Koefisien Manning (n)
Besi tuang dilapis	0,014
Kaca	0,010
Saluran beton	0,013
Bata dilapis mortar	0,015
Pasangan batu disemen	0,025
Saluran tanah bersih	0,022
Saluran tanah	0,030
Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,040
Saluran pada galian batu padas	0,040

Besarnya nilai *run off coefficient* dengan tata guna lahan dapat dilihat pada Tabel 2.42 berikut :

Tabel 2.42 Koefisien Pengaliran/*Run off Coefficient* (C)

No	Tata Guna Lahan	C
1	Areal perdagangan	0,95
2	Sekitar areal perdagangan	0,7
3	Pemukiman/perumahan	
	- Pemukiman tidak padat	0,55
	- Pemukiman sedang	0,65
	- Pemukiman padat	0,75

Lanjutan Tabel 2.42 Koefisien Pengaliran/*Run off Coefficient* (C)

No	Tata Guna Lahan	C
4	Daerah pinggiran	0,4
5	Apartemen/real estate	0,7
6	Areal pendidikan	0,8
7	Kawasan industri	0,8 - 0,9
8	Tempat bermain	0,35
9	Taman / kebun	0,25
10	Kawasan berkembang	0,3
11	Jalan beraspal	0,9

Sumber : *Drainase Perkotaan*

2.5.2. Marka Jalan.

Marka jalan terdiri dari :

A. Garis terputus yang meliputi :

- ◆ Garis sumbu dan pemisah, untuk jalan dua jalur dua arah dengan warna garis putih.
- ◆ Hanya garis sumbu, untuk jalan dua jalur dua arah.
- ◆ Garis peringatan, untuk jalur percepatan / perlambatan dan penghampiran pada penghalang atau garis dilarang menyiap pada tikungan.
- ◆ *Yield Line* pada pertemuan tanpa tanda stop dengan warna garis putih.

B. Garis penuh, yang meliputi :

- ◆ Garis sumbu dan pemisah, pada jalur ganda tanpa median dengan warna garis putih.
- ◆ Garis tepi, pada perkerasan dalam dengan warna garis putih.
- ◆ Garis pengarah, untuk pengarah pada persimpangan dengan warna garis putih.

- ◆ Garis dilarang pindah / mendahului, untuk tempat tertentu atau pada daerah tikungan dengan jarak pandang yang kurang memadai.
- ◆ Garis dilarang mendahului.
- ◆ Garis stop dan garis pendekat.

2.5.3. Rambu

Rambu sesuai dengan fungsinya dikelompokkan menjadi :

a. Rambu peringatan.

- ◆ Untuk memberi peringatan kemungkinan adanya bahaya atau tempat bahaya di bagian jalan depannya.
- ◆ Wajib ditempatkan pada jarak 80 meter sebelum tempat bahaya.
- ◆ Warna dasar kuning dengan lambang atau tulisan warna hitam.

b. Rambu larang dan rambu perintah.

Rambu larangan :

- ◆ Untuk menyatakan batasan hal-hal yang tidak boleh dilakukan oleh pemakai jalan.
- ◆ Ditempatkan sedekat mungkin dengan titik awal larangan.
- ◆ Warna dasar putih dengan tepi berwarna merah, lambang atau tulisan berwarna hitam, kecuali kata-kata tulisan berwarna merah.

Rambu perintah :

- ◆ Untuk menyatakan suatu kewajiban yang harus dilakukan oleh pemakai jalan.
- ◆ Wajib ditempatkan sedekat mungkin dengan awal titik kewajiban.
- ◆ Warna dasar biru dengan lambang atau tulisan berwarna putih.

c. Rambu petunjuk.

Untuk memberikan informasi mengenai jurusan jalan, situasi, kota tempat, pengaturan, fasilitas, dan lain-lain bagi pemakai jalan.

d. Rambu Lalu Lintas

Berguna untuk mengatur jalannya arus lalu lintas di jalan raya sehingga dapat mengurangi resiko kecelakaan.

