

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Di dalam merencanakan suatu kegiatan atau proyek dibutuhkan dasar teori mengenai hal tersebut. Dasar teori ini diambil dari kajian pustaka yang ada dari bahan-bahan kuliah dan literatur-literatur yang berhubungan dengan perencanaan proyek tersebut.

Dalam merencanakan dan memecahkan permasalahan yang timbul selama perencanaan kami menggunakan rumus-rumus yang diambil dari literatur yang berhubungan dengan persoalan yang kami hadapi. Untuk lebih jelas dalam memberikan gambaran terhadap proses perencanaan ini maka studi pustaka diuraikan sebagai berikut :

- Aspek lalu lintas
- Aspek trase dan geometrik jalan
- Aspek penyelidikan tanah
- Aspek perkerasan jalan
- Aspek drainase
- Aspek bangunan penunjang dan pelengkap jalan

2.2 Aspek Lalu Lintas

2.2.1. Klasifikasi Jalan

Seperti dalam peraturan pemerintah No. 26 Tahun 1985 pasal 4 dan 5, jaringan jalan berdasarkan fungsinya diklasifikasikan dalam beberapa jenis yaitu :

1. Sistem Jaringan Jalan Primer

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

fungsi jalan dalam sistem jaringan jalan primer dibedakan beberapa macam yaitu jalan arteri, jalan kolektor, jalan lokal.

2. Sistem Jaringan Jalan Sekunder

Sistem jaringan jalan sekunder disusun mengikuti ketentuan pengaturan tata ruang kota yang menghubungkan kawasan-kawasan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder kesatu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan. Fungsi jalan dalam sistem jaringan jalan sekunder dibedakan antara lain : jalan arteri, jalan kolektor, jalan lokal.

2.2.2. Klasifikasi Perencanaan

1. Klasifikasi menurut jenis hambatan

Berdasarkan jenis hambatannya, jalan perkotaan dibagi dalam dua tipe yaitu :

- Tipe I : pengaturan jalan masuk secara penuh.
- Tipe II : sebagian atau tanpa pengaturan jalan masuk.

Jalan tipe I terbagi dalam dua kelas dan jalan tipe II terbagi dalam 4 kelas sesuai dengan klasifikasi fungsional dan perencanaan volume lalu lintas. Ini dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi menurut kelas jalan

a. Jalan tipe I

Fungsi		Kelas
Primer	Arteri	1
	Kolektor	2
Sekunder	Arteri	2

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan 1992

b. Jalan tipe II

Fungsi	DTV (satuan SMP)	Kelas
Primer	Arteri	1
	Kolektor >10.000	1
	< 10.000	2
Sekunder	Arteri > 20.000	1
	< 20.000	2
	Kolektor > 6.000	2
	< 6.000	3
	Jalan lokal > 500	3
	< 500	4

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan 1992

Dasar klasifikasi perencanaan adalah sebagai berikut :

- Tipe I kelas I adalah jalan dengan standar tertinggi dalam melayani lalu lintas cepat antar regional atau antar kota dengan pengaturan jalan masuk secara penuh.
- Tipe I kelas II adalah jalan dengan standar tertinggi dalam melayani lalu lintas cepat antar regional atau dalam melayani lalu lintas cepat antar regional atau di dalam kota-kota metropolitan dengan sebagian atau tanpa pengaturan jalan masuk.
- Tipe II kelas I merupakan 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 II merupakan standar tertinggi bagi 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 III merupakan standar menengah bagi jalan dengan 2 lajur untuk melayani angkutan dan dengan kecepatan sedang, terutama untuk persimpangan tanpa lampu lalu lintas.
- Tipe II kelas IV merupakan standar terendah bagi jalan satu arah yang melayani hubungan dengan jalan lingkungan.

2. Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Klasifikasi berdasarkan medan jalan ini memakai kondisi kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Pengklasifikasiannya adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
Datar	D	< 3
Perbukitan	B	3 – 25
Pegunungan	G	> 25

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997

2.2.3. Nilai Konversi Kendaraan (emp)

Satuan Mobil Penumpang (smp) adalah satuan arus lalu lintas, dimana arus dari berbagai tipe kendaraan telah diubah menjadi kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan emp.

Tabel 2.3 Ekuivalen Mobil Penumpang (emp)

No	Jenis Kendaraan	Datar / Perbukitan	Pegunungan
1.	Sedan, Jeep, Station Wagon	1,0	1,0
2.	Pick – Up, Bus Kecil, Truck Kecil	1,2 – 2,4	1,9 – 3,5
3.	Bus dan Truck Besar	1,2 – 5,0	2,2 – 6,0

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga “Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997, hal 10”

2.2.4. Volume Lalu Lintas Harian Rencana (VLHR)

Volume Lalu Lintas Harian Rencana (VLHR) adalah perkiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam smp/ hari. Sedangkan Volume Jam Rencana (VJR) adalah perkiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas yang dinyatakan dalam smp/ hari. Dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$VJR = VLHR \times \frac{K}{F}$$

dimana:

VJR : Volume Jam Rencana (smp/ hari)

VLHR : Volume Lalu lintas Harian Rencana (smp/ hari)

K : faktor volume lalu lintas jam sibuk (%).

F : faktor variasi tingkat lalu lintas per seperempat jam dalam 1 jam (%).

VJR juga digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalu lintas lainnya yang diperlukan. Tabel berikut akan menyajikan tentang faktor K dan faktor F yang sesuai dengan VLHRnya.

Tabel 2.4 Penentuan Faktor K dan Faktor F Berdasarkan VLHR

VLHR	Faktor K (%)	Faktor F (%)
> 50.000	4 – 6	0,9 – 1
30.000 – 50.000	6 – 8	0,8 – 1
10.000 – 30.000	6 – 8	0,8 – 1
5.000 – 10.000	8 – 10	0,6 – 0,8
1.000 – 5.000	10 – 12	0,6 – 0,8
< 1.000	12 – 16	< 0,6

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga "Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997, hal 11"

Faktor k jalan perkotaan biasanya diambil 0,09.

Sebagai faktor koreksi dari nilai VJP dapat digunakan fluktuasi lalu lintas perjam/hari kemudian dibandingkan dengan lalu lintas per 15 menit selama jam puncak untuk mendapatkan nilai Pick Tour Factor (PHF)

PHF = Volume lalu lintas selama 1 jam / (4 x volume lalu lintas selama 15 menit tertinggi)

DHF = VJP = Volume lalu lintas selama 1 jam / PHF

2.2.5. Pertumbuhan Lalu Lintas

Besarnya tingkat pertumbuhan lalu lintas dapat dihitung dengan menggunakan metode regresi linear.

$$Y = a + bX$$

Maka akan dapat diketahui pertumbuhan LHR harga a dan b dari persamaan :

$$\sum X = n.a + \sum X$$

$$\sum X.Y = a \sum X + b \sum X^2$$

$$\text{Dengan ; } a = \frac{\sum Y - b \sum X}{n} \quad ; \quad b = \frac{n \sum (XY) - \sum X \sum Y}{n \sum (X)^2 - (\sum X)^2}$$

Keterangan :

Y = LHR

a = konstanta

X = data sekunder dari periode awal

b = koefisien variabel X

n = jumlah tahun

2.2.6. Kecepatan Rencana

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

rencana (V_R) untuk masing – masing fungsi jalan dapat dilihat dalam Tabel 2.5

Tabel 2.5 Batas kecepatan jalan perkotaan menurut tipe dan kelasnya

Tipe	Kelas	V_r (km/jam)
Tipe I	Kelas 1	100,80
	Kelas 2	80,60
Tipe II	Kelas 1	60
	Kelas 2	60,50
	Kelas 3	40,30
	Kelas 4	30,20

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan 1992

2.2.7. Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Untuk perencanaan geometrik jalan, ukuran kendaraan rencana akan mempengaruhi lebar lajur yang dibutuhkan

Dimensi dasar untuk masing-masing kategori Kendaraan Rencana ditunjukkan oleh tabel berikut:

Tabel 2.6 Dimensi Kendaraan Rencana

Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar (cm)		Radius Tonjolan (cm)
	T	L	P	Dpn	Blk	Min	Max	
Kendaraan kecil	13 0	21 0	580	90	150	420	730	780
Kendaraan Sedang	41 0	26 0	121 0	210	240	240	1280	1410

Lanjutan Tabel 2.6

Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar (cm)		Radius Tonjolan (cm)
	T	L	P	Dpn	Blk	Min	Max	
Kendaraan Besar	41 0	26 0	210 0	120	90	290	1370	1400

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga "Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997, hal 6"

2.2.8. Kebutuhan Lajur

Lajur adalah sebagian jalur lalu lintas yang memanjang dibatasi oleh marka memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai rencana.

- **Lebar Lajur**

Adalah bagian jalan yang direncanakan khusus untuk lintasan satu kendaraan. Lebar lajur lalu lintas sangat mempengaruhi kecepatan arus bebas dan kapasitas dari jalan

Tabel 2.7 Lebar lajur lalu lintas

Kelas Perencanaan	Lebar lalu lintas (m)
Tipe I Kelas 1	3,5
Kelas 2	3,5
Tipe II Kelas 1	3,5
Kelas 2	2,25
Kelas 3	3,25 ; 3,0

Sumber : MKJI, 1997

- **Jumlah Lajur**

Kebutuhan lajur lalu lintas dapat ditetapkan berdasarkan tipe jalan yang akan dipilih, kemudian dihitung rasio perbandingan antara arus lalu lintas jam rencana dengan kapasitas tiap lajurnya apakah sudah memenuhi

syarat yang ditetapkan didalam MKJI'97 yaitu *Degree of Saturation* (DS) $< 0,75$

- **Median**

Median adalah bagian bangunan jalan yang secara fisik memisahkan dua jalur lalu lintas yang berlawanan arah. Fungsi median jalan adalah untuk memisahkan aliran lalu lintas yang berlawanan arah sebagai ruang lapak tunggu penyeberang jalan untuk menetapkan fasilitas jalan sebagai tempat prasaranan kerja sementara, penghijauan, tempat berhenti darurat dan sebagai cadangan lajur serta mengurangi silau sinar lampu kendaraan dari arah yang berlawanan.

Tabel 2.8 Lebar minimum median berdasarkan kelas perencanaan

Kelas perencanaan		Lebar minimum standar (m)	Lebar minim khusus
Tipe I	Kelas 1	2,5	5,5
	Kelas 2	2,0	2,0
Tipe II	Kelas 1	2,0	1,0
	Kelas 2	2,0	2,0
	Kelas 3	1,5	1,0

Sumber : MKJI' 97

Catatan : Lebar minimum khusus ini digunakan pada jembatan bentang 50 m atau lebih atau pada terowongan ROW sangat terbatas.

Lebar minimum jalur tepian median sesuai dengan kelas perencanaan jalannya tercantum pada tabel dibawah:

Tabel 2.9 Lebar minimum garis tepian median

Kelas perencanaan		Lebar minimum standar (m)
Tipe I	Kelas 1	0,75
	Kelas 2	0,5
Tipe II	Kelas 1	0,25
	Kelas 2	0,25

Lanjutan Tabel 2.9

Kelas perencanaan		Lebar minimum standar (m)
	Kelas 3	0,25

Sumber : MKJI 1997

- **Bahu jalan**

Bahu jalan diperuntukkan sebagai tempat pemberhentian darurat bagi kendaraan yang mengalami gangguan. Sehingga bahu jalan harus mempunyai lebar yang cukup agar kendaraan yang berhenti tidak mempengaruhi kendaraan yang sedang melaju.

Tabel 2.10 Lebar minimum bahu jalan

Klasifikasi Perencanaan		Lebar Bahu Kiri/luar (m)			
		Tidak ada trotoar			
		Standar minimum	Pengecualian minimum	lebar yang diinginkan	Ada trotoar
Tipe I	Kelas 1	2,0	1,75	3,25	
	Kelas 2	2,0	1,75	2,5	
Tipe II	Kelas 1	2,0	1,5	2,5	0,5
	Kelas 2	2,0	1,5	2,5	0,5
	Kelas 3	2,0	1,5	2,5	0,5
	Kelas 4	0,5	0,5	0,5	0,5

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Jalan Perkotaan, 1992

Catatan : Pengecualian minimum sebaiknya hanya dipakai pada jembatan bentang 50 meter atau lebih atau pada terowongan ROW sangat terbatas.

2.2.9. Kecepatan Arus Bebas Kendaraan Ringan (FV)

Analisa ini digunakan untuk menentukan besarnya kecepatan arus bebas yang melalui suatu ruas jalan. Kecepatan arus bebas (FV) didefinisikan sebagai kecepatan pada tingkat arus nol, yaitu kecepatan yang akan dipilih pengemudi jika mengendarai kendaraan bermotor tanpa dipengaruhi oleh kendaraan bermotor lain di jalan. Kecepatan arus bebas yang dihitung adalah untuk kendaraan ringan (LV) saja, karena ini telah dipilih sebagai kriteria

dasar untuk kinerja segmen jalan pada arus nol. (*MKJI 1997 untuk jalan perkotaan*).

Persamaan untuk menentukan kecepatan arus bebas adalah sebagai berikut

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

FV = Kecepatan arus bebas kendaraan ringan

FV₀ = Kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan (Tabel 2.11)

FFV_W = Penyesuaian kecepatan arus bebas untuk lebar jalur lalu lintas efektif (Tabel 2.12)

FFV_{SF} = Faktor penyesuaian kondisi hambatan samping (Tabel 2.13)

FFV_{CS} = Faktor penyesuaian ukuran kota (Tabel 2.14)

Tabel 2.11 Kecepatan arus bebas dasar (FV0) untuk jalan perkotaan

Tipe jalan	Kecepatan arus bebas dasar (km/jam)			
	Kendaraan ringan LV	Kendaraan berat HV	Sepeda motor MC	Semua kendaraan (rata-rata)
4/2 D atau 2/1	57	50	47	55
4/2 UD	53	46	43	51
2/2 UD	44	40	40	42

Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997*

Tabel 2.12 Faktor penyesuaian kecepatan arus bebas untuk lebar jalur lalu lintas (FFVW)

Tipe jalan	Lebar jalur lalu lintas efektif	FFV _w (km/j)
4/2 D atau jalan satu arah	3,00	-4
	3,25	-2
	3,50	0
	3,75	2
	4,00	4
4/2 UD	3,00	-4
	3,25	-2
	3,50	0
	3,75	2
	4,00	4
2/2 UD	5	-9,5
	6	-3
	7	0
	8	3
	9	4
	10	6
	11	7

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Keterangan : lebar jalur lalu lintas yang digunakan pada 4/2 D dan 4/2 UD adalah lebar perlajur. Lebar jalur lalu lintas yang digunakan pada 2/2 UD adalah lebar total.

Tabel 2.13

Faktor penyesuaian kecepatan arus bebas untuk hambatan samping (FFVSF)

a. Jalan dengan bahu

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	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	$\geq 2,0$ m
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
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
2/2 D 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

b. Jalan dengan kerb

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan jarak kerb -penghalang			
		Jarak kerb – penghalang (m)			
		≤ 0,5 m	1,0 m	1,5 m	≥ 2,0 m
4/2 D	Sangat rendah	1,00	1,01	1,01	1,02
	Rendah	0,97	0,98	0,99	1,00
	Sedang	0,93	0,95	0,97	0,99
	Tinggi	0,87	0,90	0,93	0,96
	Sangat tinggi	0,81	0,85	0,88	0,92
4/2 UD	Sangat rendah	1,00	1,01	1,01	1,02
	Rendah	0,96	0,98	0,99	1,00
	Sedang	0,91	0,93	0,96	0,98
	Tinggi	0,84	0,87	0,90	0,94
	Sangat tinggi	0,77	0,81	0,85	0,90
2/2 D atau jalan satu arah	Sangat rendah	0,98	0,99	0,99	1,00
	Rendah	0,93	0,95	0,96	0,98
	Sedang	0,87	0,89	0,92	0,95
	Tinggi	0,78	0,81	0,84	0,88
	Sangat tinggi	0,68	0,72	0,77	0,82

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Tabel 2.14 Faktor penyesuaian kecepatan arus bebas untuk ukuran kota (FFVCS)

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

2.2.10. Kriteria Analisa Kapasitas Jalan Perkotaan

Untuk menganalisa besarnya kapasitas jalan dalam kota, berdasarkan MKJI 1997 Bab jalan perkotaan, dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut

$$C = C_o \cdot FC_w \cdot FC_{sp} \cdot FC_{sf} \cdot FC_{cs}$$

Dimana : C = Kapasitas jalan

C_o = Kapasitas dasar (Tabel 2.15)

FC_w = Faktor penyesuaian akibat lebar jalan (Tabel 2.16)

FC_{sp} = Faktor penyesuaian akibat prosentase arah (Tabel 2.17)

FC_{sf} = Faktor penyesuaian akibat hambatan samping (Tabel 2.18)

FC_{cs} = Faktor penyesuaian akibat ukuran kota (Tabel 2.20)

Tabel 2.15 Kapasitas dasar untuk jalan perkotaan (C_o)

Tipe jalan	Kapasitas Dasar (smp/jam)	Catatan
Dua lajur tak terbagi	2900	Total 2 arah
Empat lajur tak terbagi	1500	Per lajur
Empat lajur terbagi atau jalan satu arah	1650	Per lajur

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997

Tabel 2.16 Faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu lintas (FC_w)

Tipe Jalan	Lebar Jalur Lalu Lintas Efektif (W_e) (m)	FC_w
Dua lajur tak terbagi	5,00	0,56
	6,00	0,87
	7,00	1,00
	8,00	1,14
	9,00	1,25
	10,00	1,29
	11,00	1,34
Empat lajur tak terbagi	3,00	0,91
	3,25	0,95
	3,50	1,00
	3,75	1,05
	4,00	1,09
Empat lajur terbagi Atau Jalan satu arah	3,00	0,92
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,04
	4,00	1,08

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997

Keterangan : Lebar jalur lalu lintas pada 4/2 D dan 4/2 UD adalah lebar perjalur.

Lebar jalur lalu lintas pada 2/2 UD adalah total dua arah.

Tabel 2.17 Faktor penyesuaian akibat prosentase arah (FC_{sp})

% arah	50 – 50	55 – 45	60 – 40	65 – 35	70 – 30
FC_{sp}	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Tabel 2.18 Faktor penyesuaian akibat hambatan samping (FC_{sf})

a. Jalan dengan bahu

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	FC _{sf}			
		Lebar Bahu Efektif W _s			
		≤ 0,5	1,0	1,5	≥ 2,0
2/2 UD Atau Jalan Satu Arah	Sangat Rendah	0,94	0,96	0,99	1,01
	Rendah	0,92	0,94	0,97	1,00
	Sedang	0,89	0,92	0,95	0,98
	Tinggi	0,82	0,86	0,90	0,95
	Sangat Tinggi	0,73	0,79	0,85	0,91
4/2 UD	Sangat Rendah	0,96	0,99	1,01	1,03
	Rendah	0,94	0,97	1,00	1,02
	Sedang	0,92	0,95	0,98	1,00
	Tinggi	0,87	0,91	0,94	0,98
	Sangat Tinggi	0,80	0,86	0,90	0,95
4/2 D	Sangat Rendah	0,96	0,98	1,01	1,03
	Rendah	0,94	0,97	1,00	1,02
	Sedang	0,92	0,95	0,98	1,00
	Tinggi	0,88	0,92	0,95	0,98
	Sangat Tinggi	0,84	0,88	0,92	0,96

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997

b. Jalan dengan kereb

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	FC _{sf}			
		Jarak Kereb – Penghalang			
		≤ 0,5	1,0	1,0	≥ 2,0
2/2 UD Atau Jalan Satu Arah	Sangat Rendah	0,93	0,95	0,97	0,99
	Rendah	0,90	0,92	0,95	0,97
	Sedang	0,86	0,88	0,91	0,94
	Tinggi	0,78	0,81	0,84	0,88
	Sangat Tinggi	0,68	0,72	0,77	0,82
4/2 UD	Sangat Rendah	0,95	0,97	0,99	1,01
	Rendah	0,93	0,95	0,97	1,00
	Sedang	0,90	0,92	0,95	0,97
	Tinggi	0,84	0,87	0,90	0,93
	Sangat Tinggi	0,77	0,81	0,85	0,90
4/2 D	Sangat Rendah	0,95	0,97	0,99	1,01
	Rendah	0,94	0,96	0,98	1,00
	Sedang	0,91	0,93	0,95	0,98
	Tinggi	0,86	0,89	0,92	0,95
	Sangat Tinggi	0,81	0,85	0,88	0,92

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997

Untuk menentukan kelas hambatan samping digunakan Tabel 2.19 berikut ini.

Tabel 2.19 Penentuan kelas hambatan samping

Kelas hambatan samping	Kode	Kondisi khusus
Sangat rendah	VL	Daerah permukiman, jalan dengan jalan samping
Rendah	L	Daerah permukiman, beberapa kendaraan umum
Sedang	M	Daerah industri, beberapa toko di sisi jalan
Tinggi	H	Daerah komersial, aktifitas sisi jalan tinggi
Sangat tinggi	VH	Daerah komersial, aktifitas pasar di samping jalan

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997

Tabel 2.20 Faktor penyesuaian akibat ukuran kota (FCcs)

Ukuran kota (juta penduduk)	FC _{cs}
< 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

2.2.11. Evaluasi

Untuk mengevaluasi kinerja suatu ruas jalan, dapat diketahui dengan menghitung derajat kejenuhan (*Degree of Saturation*) jalan tersebut dengan menggunakan rumus :

$$Ds = \frac{Q}{C}$$

Dimana : Ds = *Degree of Saturation*

Q = Volume lalu lintas

C = Kapasitas

Besarnya volume lalu lintas (Q), berasal dari besar LHR_n (smp/hari)

$$Q = k \times LHR_n \quad (\text{smp/jam})$$

Dimana nilai k untuk jalan perkotaan adalah 0,09. Angka 0,09 ini diambil dari Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 halaman 5-60.

Apabila dari perhitungan didapatkan $D_s < 0,75$ maka jalan tersebut masih dapat melayani kendaraan yang melewati ruas jalan tersebut dengan baik. Apabila diperoleh harga $D_s \geq 0,75$ maka jalan tersebut sudah tidak mampu melayani banyaknya kendaraan yang melewatinya. Angka 0,75 diambil dari Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 halaman 5-59.

Besarnya nilai DS sangat mempengaruhi tingkat pelayanan jalan, semakin kecil nilai DS maka jalan terkesan lengang. Dan sebaliknya bila nilai DS mendekati nilai 0,75 jalan tersebut harus diperlebar, dilakukan *traffic management*, atau dengan membuat jalan baru.

2.3 ASPEK GEOMETRIK

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititikberatkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberi pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas. Perencanaan geometrik secara umum menyangkut aspek – aspek perencanaan bagian jalan :

- Perencanaan trase
- Potongan melintang
- Alinyemen horisontal
- Alinyemen vertikal
- Landai jalan
- Jarak pandang

2.3.1 Perencanaan Trase

Dalam merencanakan desain suatu jalan raya, sebagian besar karakteristik desain secara 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 lainnya
- 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 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 Potongan Melintang

Potongan melintang jalan terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut :

- Jalur lalu lintas.

Lebar lajur lalu lintas untuk berbagai klasifikasi perencanaan dapat dilihat pada Tabel 2.21.

Tabel 2.21 Lebar lajur lalu lintas

Kelas perencanaan		Lebar lajur lalu lintas (m)
Tipe I	Kelas I	3,5
	Kelas II	3,5
Tipe II	Kelas I	3,5
	Kelas II	3,25
	Kelas III	3,25 , 3,0

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan 1992

- Median

Perencanaan median untuk jalan tipe I dan tipe II dengan 4 lajur atau lebih, lajur-lajur ini sebaiknya dipisahkan menurut arah lalu lintasnya.

Lebar minimum median dapat dilihat pada Tabel 2.22.

Tabel 2.22 Lebar minimum median

Kelas perencanaan		Lebar min. standar (m)
Tipe I	Kelas I	2,5
	Kelas II	2,0
Tipe II	Kelas I	2,0
	Kelas II	2,0
	Kelas III	2,0

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan 1992

- Bahu jalan

Jalur lalu lintas sebaiknya dilengkapi dengan bahu jalan. Bahu jalan dapat digunakan sebagai tempat pemberhentian darurat atau dapat juga digunakan sebagai tempat parkir sementara. Bahu jalan tidak diperlukan lagi apabila jalur lalu lintas telah dilengkapi dengan median, jalur pemisah, atau jalur parkir. Bahu jalan sebaiknya diperkeras. Lebar minimum bahu jalan sebelah luar dapat dilihat pada Tabel 2.23.

Tabel 2.23 Lebar minimum bahu jalan

Kelas perencanaan		Lebar minimum bahu luar (m)
Tipe I	Kelas I	2,0
	Kelas II	2,0
Tipe II	Kelas I	2,0
	Kelas II	2,0
	Kelas III	2,0
	Kelas IV	0,5

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan 1992

2.3.3 Alinyemen Horisontal

Alinyemen horisontal merupakan proyeksi sumbu jalan tegak lurus bidang horisontal yang terdiri dari susunan garis lurus (tangen) dan garis lengkung (busur lingkaran, spiral). Bagian lengkung merupakan bagian yang perlu mendapat perhatian karena pada bagian tersebut dapat menjadi gaya sentrifugal yang cenderung melemparkan kendaraan keluar. Untuk mereduksi pengaruh perubahan geometri dari garis lurus menjadi lengkung lingkaran maka dibuat lengkung peralihan. Pada bagian ini perubahan antara bagian yang lurus dan lengkung dapat dilakukan secara berangsur-angsur sehingga kenyamanan pemakai jalan terjamin.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan lengkung horisontal adalah sebagai berikut :

a. **Superelevasi (e)**

Superelevasi merupakan kemiringan melintang permukaan jalan pada tikungan dengan maksud untuk mengimbangi pengaruh gaya sentrifugal di tikungan sehingga kendaraan aman, nyaman dan stabil ketika melaju maksimum sesuai kecepatan rencana pada tikungan tersebut. Superelevasi menunjukkan besarnya perubahan kemiringan melintang jalan secara

berangsur-angsur dari kemiringan normal menjadi kemiringan maksimum pada suatu tikungan horisontal yang direncanakan. Dengan demikian dapat menunjukkan kemiringan melintang jalan pada setiap titik dalam tikungan. Nilai superelevasi yang tinggi mengurangi gaya geser ke samping dan menjadikan gerakan kendaraan pada tikungan lebih nyaman. Jari-jari minimum yang tidak memerlukan superelevasi ditunjukkan pada Tabel 2.24.

Tabel 2.24 Jari-jari minimum untuk kemiringan normal

V_r (km/j)	Jari-jari minimum (m)
100	5000
80	3500
60	2000
50	1300
40	800
30	500
20	200

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan 1992

Diagram superelevasi untuk tipe tikungan F-C, S-C-S, dan S-S dapat dilihat pada Gambar 2.2, Gambar 2.4, Gambar 2.6.

b. Jari-jari tikungan

Jari-jari minimum tikungan (R_{\min}) dapat ditentukan dengan rumus berikut :

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

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

V_R = kecepatan rencana (km/jam)

e_{\max} = superelevasi maksimum (%)

f_{\max} = koefisien gesek maksimum

Tabel 2.25 di bawah merupakan jari-jari minimum yang disyaratkan dalam perencanaan alinyemen horizontal.

Tabel 2.25 Jari-jari minimum menurut tipe jalan

V_r (km/j)	Jari-Jari minimum (m)	
	Tipe I	Tipe II
100	380	460
80	230	280
60	120	150
50	80	100
40	-	60
30	-	30
20	-	15

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan 1992

c. Lengkung peralihan

Ada tiga macam lengkung pada perencanaan alinyemen horisontal yaitu :

1. Full Circle

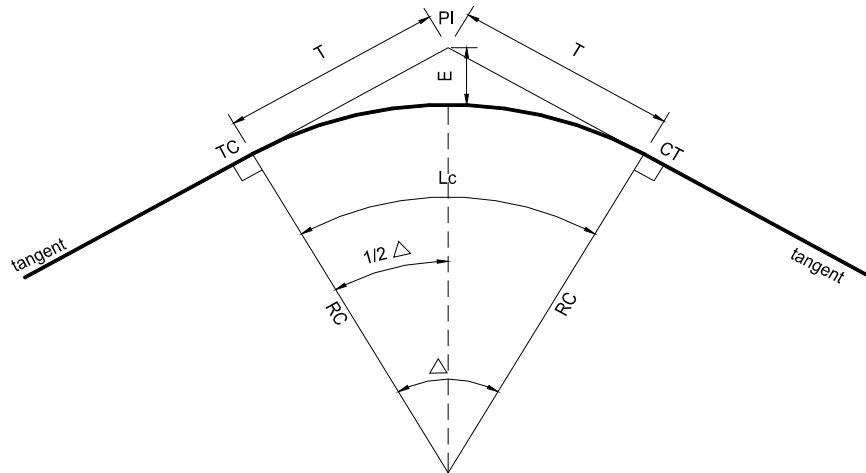
Tikungan jenis *full circle* umumnya digunakan pada tikungan yang mempunyai jari-jari tikungan besar dan sudut tangen kecil. Tabel 2.26 menunjukkan jari-jari minimum tikungan yang tidak memerlukan lengkung peralihan.

Tabel 2.26 Jari-jari minimum tanpa lengkung peralihan

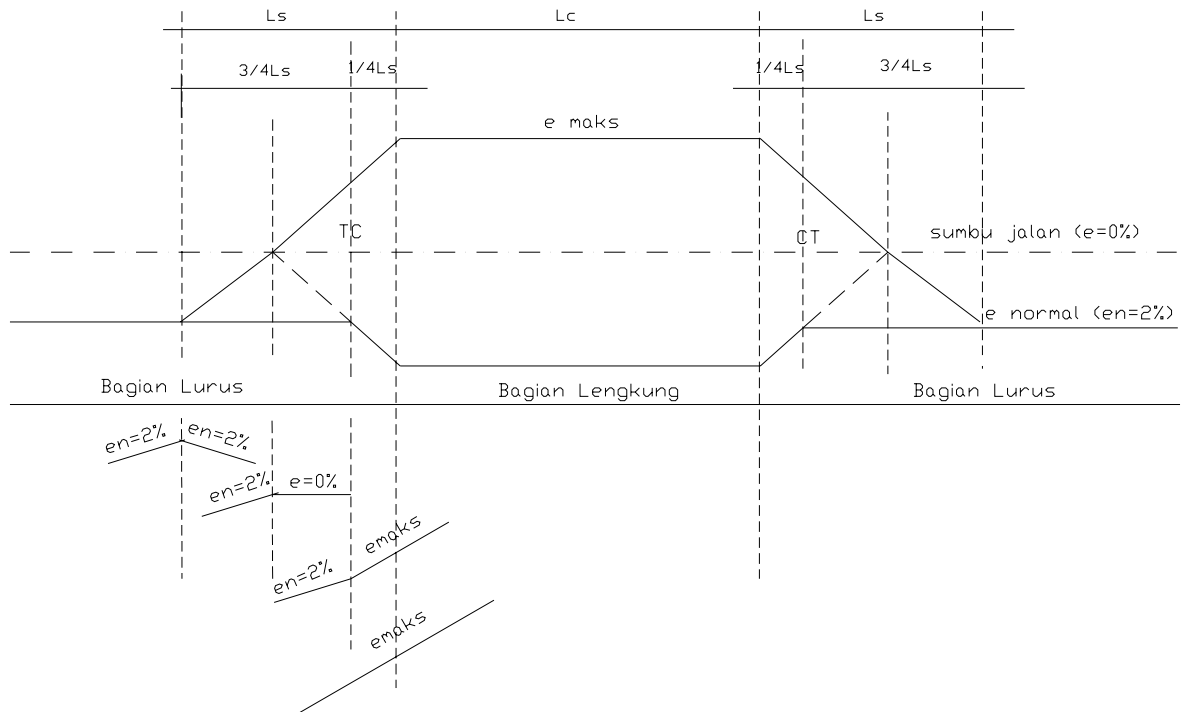
$V_{R \min}$ (km/jam)	100	80	60	50	40	30	20
R_{\min} (m)	1500	1000	600	400	250	150	60

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan 1992

Sketsa tikungan *full circle* dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut ini,.



Gambar 2.1 Sketsa tikungan full circle



Gambar 2.2 Diagram Superselevasi Lengkung Full Circle Metode Bina Marga

Dalam mendesain tikungan jenis *full circle*, digunakan rumus-rumus sebagai berikut :

$$T = R_c \cdot \tan(\Delta / 2)$$

$$E = T \cdot \tan(\Delta / 4)$$

$$L_c = \Delta \cdot (2 \cdot \pi \cdot R_c) / 360$$

$$= 0,01745 \cdot \Delta \cdot R_c$$

$$\Delta = \alpha_2 - \alpha_1$$

Dimana : α_1, α_2 = Sudut jurusan tangen I dan II

Δc = Sudut luar di PI

TC = Titik awal tikungan

PI = Titik perpotongan tangen

CT = Titik akhir tikungan

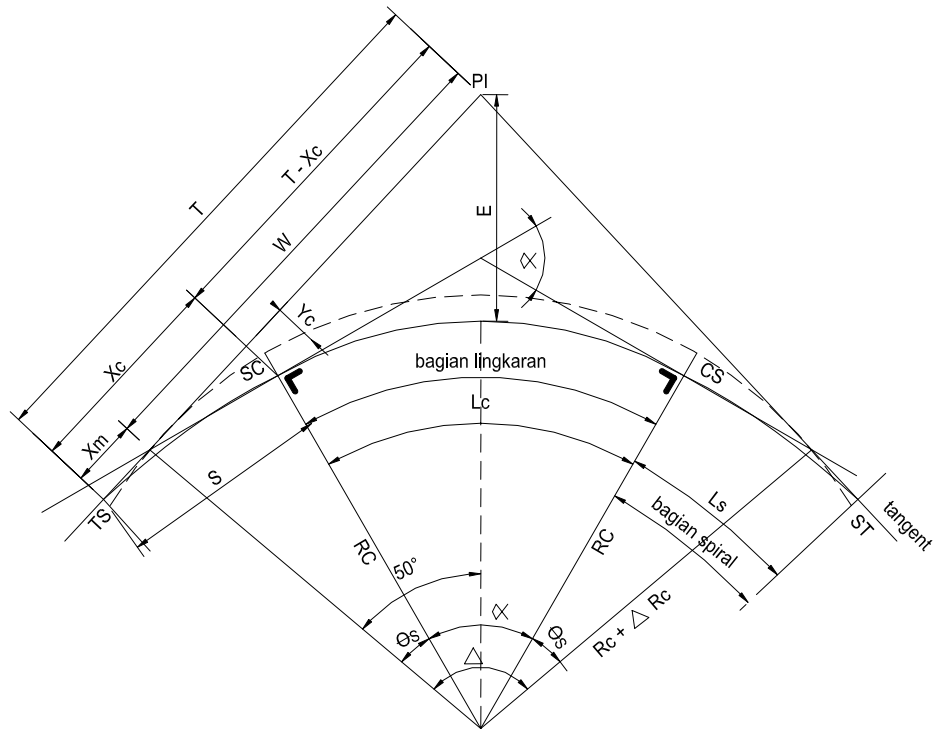
O = Titik pusat lingkaran

T = Panjang tangen (jarak TC – PI atau jarak PI – CT)

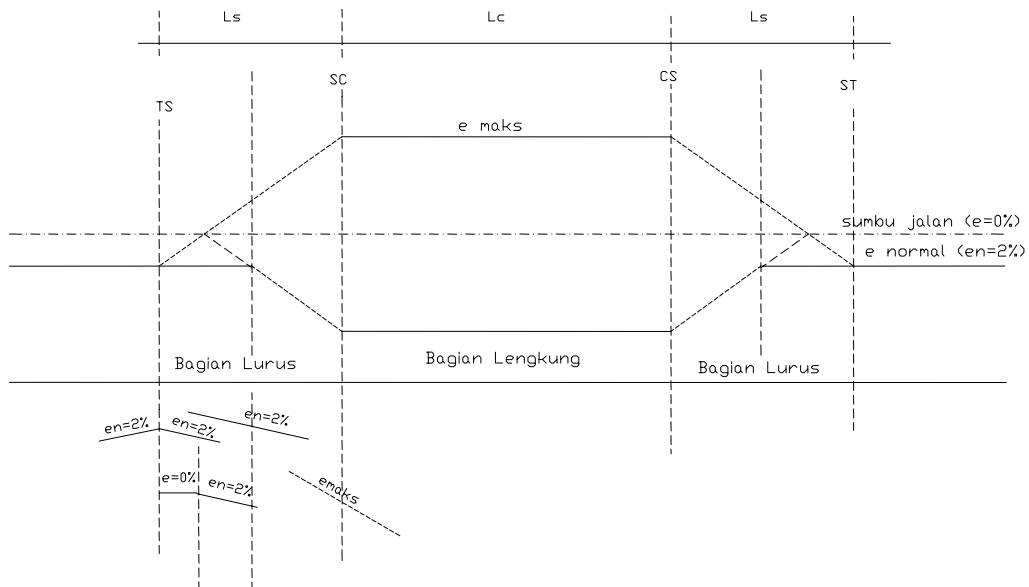
R_c = Jari-jari lingkaran (jarak O – TC atau ke CT atau ke setiap busur lingkaran)

2. *Spiral – Circle – Spiral*

Tikungan jenis *Spiral – Circle – Spiral* (Gambar 2.3) digunakan pada tikungan yang mempunyai jari-jari dan sudut tangen yang sedang. Pada tikungan ini, perubahan dari tangen ke lengkung lingkaran dijematani dengan adanya lengkung spiral (L_s). Fungsi dari lengkung spiral adalah menjaga agar perubahan gaya sentrifugal yang timbul pada waktu kendaraan memasuki atau meninggalkan tikungan dapat terjadi secara berangsur-angsur. Di samping itu, hal ini juga dimaksudkan untuk membuat kemiringan transisi lereng jalan menjadi superelevasi tidak terjadi secara mendadak dan sesuai dengan gaya sentrifugal yang timbul sehingga keamanan dan kenyamanan terjamin.



Gambar 2.3 Sketsa tikungan spiral – circle – spiral



Gambar 2.4 Diagram Superselevasi Lengkung Spiral - Circle – Spiral

Ls ditentukan dari 3 rumus di bawah ini dan diambil nilai yang terbesar.

1. Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan.

$$L_s = V_R \cdot T / 3,6 \quad ; T \text{ diambil } 3 \text{ detik}$$

2. Berdasarkanantisipasi gaya sentrifugal.

$$L_s = \frac{0,022 \cdot V_R^3}{R_c \cdot C} - \frac{2,727 \cdot V_R \cdot e}{C} \quad ; C \text{ diambil } 1 - 3 \text{ m/detik}^3$$

3. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian.

$$L_s = \frac{(e_{\max} - e_n) \cdot V_R}{3,6 \cdot r_e} \quad ; r_e \text{ diambil } 0,035 \text{ m/detik}$$

Rumus elemen-elemen tikungan adalah sebagai berikut :

$$T_s = [(R_c + p) \cdot \tan(\Delta/2)] + k$$

$$E_s = \frac{R_c + p}{\cos \Delta/2} - R_c$$

$$L_c = \frac{\Delta + (2 \cdot \theta_s)}{180} \cdot (\pi \cdot R_c)$$

$$L_t = (2 \cdot L_s) + L_c \leq 2 \cdot T_s$$

$$X_c = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40R_c^2} \right)$$

$$Y_c = \frac{L_s^2}{6R_c}$$

$$\theta_s = \frac{28,648 \times L_s}{R_c}$$

$$S = \sqrt{X_c^2 + Y_c^2}$$

$$\Delta R_c = Y_c + R_c (\cos \theta_s - 1)$$

$$X_m = X_c - R_c \times \sin \theta_s$$

$$W = (R_c + \Delta R_c) \times \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$T = X_m + W$$

$$\alpha = \Delta - 2\theta_s$$

$$L_c = R_c \times \pi \times \alpha^\circ / 180^\circ$$

$$E = \left(\frac{R_c + \Delta R_c}{\cos \frac{\Delta}{2}} \right) - R_c$$

$$T_l = X_c - Y_c \times \text{Ctg } \theta_s$$

$$T_k = Y_c / \sin \theta_s$$

$$L_t = L_c + 2L_s$$

Dimana :

TS = Titik awal spiral (titik dari tangen ke *spiral*)

ST = Titik akhir *spiral*

SC = Titik dari *spiral* ke *circle*

CS = Titik dari *circle* ke *spiral*

PI = Titik perpotongan tangen

L_s = Panjang *spiral*

R_c = Jari-jari lingkaran (jarak O – TC atau ke CT atau ke setiap titik busur lingkaran)

L_c = Panjang *circle* (busur lingkaran)

θ_s = Sudut – *spiral*

3. *Spiral – Spiral*

Tikungan jenis spiral-spiral digunakan pada tikungan tajam dengan sudut tangen yang besar. Pada prinsipnya lengkung *spiral-spiral* (Gambar 2.8) sama dengan lengkung *spiral-circle-spiral*. Hanya saja pada tikungan *spiral-spiral* tidak terdapat busur lingkaran sehingga nilai lengkung tangen (L_t) adalah 2 kali lengkung spiral L_s . Pada nilai $L_c = 0$ atau $S_c = 0$ tidak ada jarak tertentu dalam masa tikungan yang sama miringnya sehingga tikungan ini kurang begitu bagus pada superelevasi.

Rumus yang digunakan :

$$L_s = (2 \cdot \pi \cdot R \cdot \theta_s) / 180$$

$$T_s = [(R + p) \cdot \tan \Delta / 2] + k$$

$$E_s = [(R + p) \cdot \sec \Delta / 2] + k$$

$$L_t = (2 \cdot L_s) + L_c \quad \text{dengan } L_c = 0$$

$$= 2 \cdot L_s$$

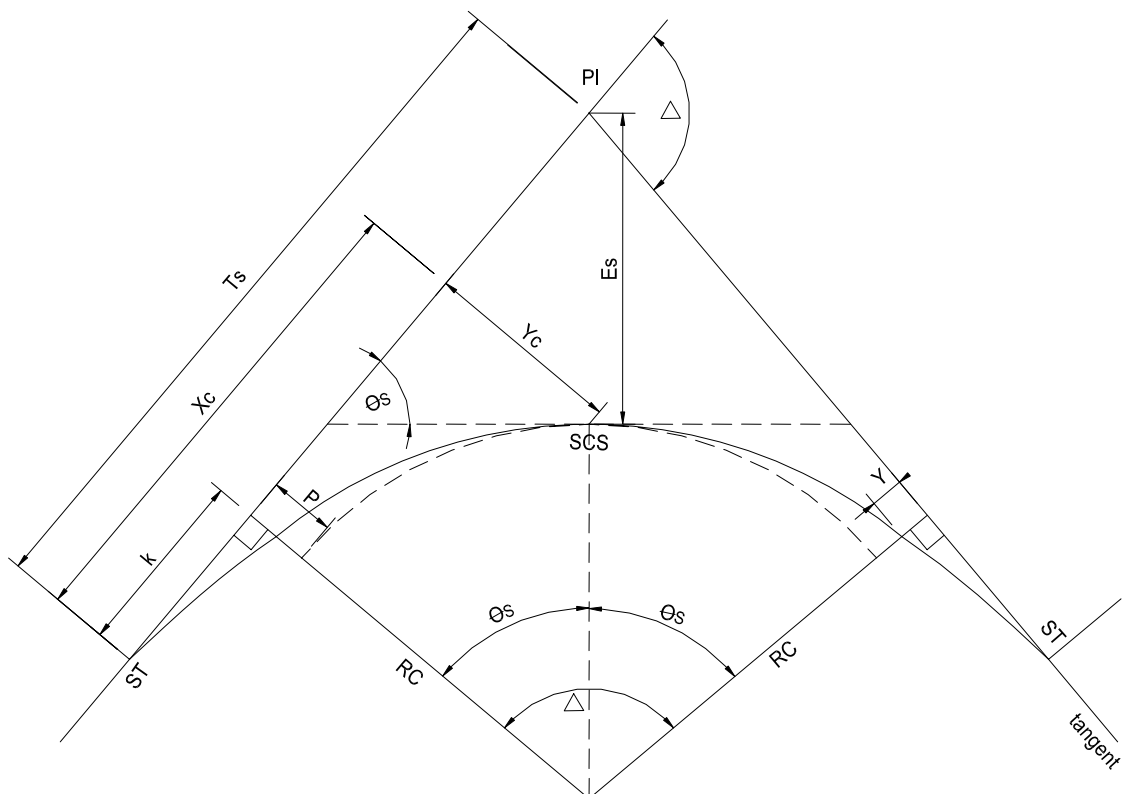
Dimana :

L_s = Panjang spiral

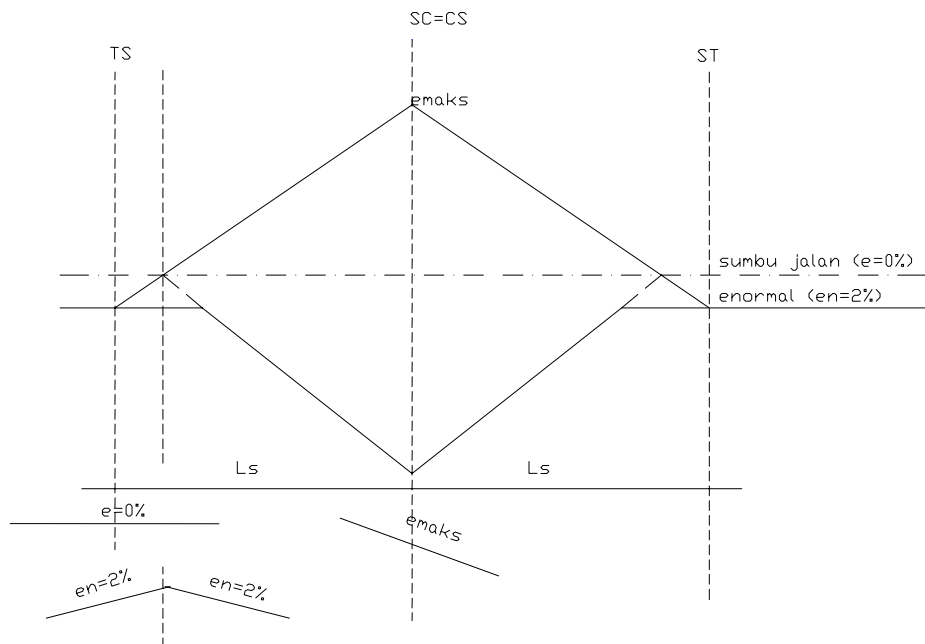
T_s = Titik awal spiral

E_s = Jarak eksternal dari PI ke tengah busur spiral

L_t = Panjang busur spiral



Gambar 2.5 Sketsa tikungan spiral – spiral



Gambar 2.6 Diagram Superselevasi Lengkung Spiral – Spiral

2.3.4 Pelebaran Jalur Lalu Lintas di Tikungan

Pada saat kendaraan melewati tikungan, roda belakang kendaraan tidak dapat mengikuti jejak roda depan sehingga lintasannya berada lebih ke dalam dibandingkan dengan lintasan roda depan.

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

- Kesulitan pengemudi untuk menempatkan kendaraan tetap pada lajunya.
- Penambahan lebar ruang (lajur) yang dipakai saat kendaraan melakukan gerakan melingkar. Dalam segala hal pelebaran di tikungan harus memenuhi gerak perputaran kendaraan rencana sedemikian sehingga kendaraan rencana tetap pada lajunya.

- Besarnya pelebaran di tikungan dapat dilihat pada Tabel 2.27

Tabel 2.27 Pelebaran di tikungan per lajur (m)

Jari-jari tikungan (m)	Pelebaran per lajur(m)
280-150	0,25
150-100	0,50
100-70	0,75
70-50	1,00

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan 1992

2.3.5 Jarak Pandang

Jarak Pandangan adalah suatu jarak yang diperlukan oleh pengemudi pada saat mengemudi. Dalam mengemudikan kendaraan sangat diperlukan adanya jarak pandang yang cukup karena dengan hal ini pengemudi mampu menyadari dan mengetahui kondisi jalan sehingga mampu mengantisipasi dan mengambil tindakan terhadap kondisi jalan sedini mungkin.

Fungsi jarak pandang ini adalah sebagai berikut :

- Mencegah terjadinya kecelakaan akibat tak terlihatnya benda besar, pejalan kaki, kendaraan berhenti, atau hewan-hewan pada lajur jalannya.
- Memberikan kesempatan untuk mendahului kendaraan yang berjalan lebih lambat.
- Digunakan sebagai dasar dalam menentukan posisi rambu-rambu lalu lintas yang akan dipasang.
- Memaksimalkan volume pelayanan jalan sehingga efisiensi jalan bertambah.

Jarak pandang dibagi menjadi dua jenis, yaitu :

1. Jarak pandang henti

Jarak pandang henti adalah jarak yang dibutuhkan pengemudi kendaraan untuk menghentikan laju kendaraannya. Setiap mendesain segmen jalan harus memenuhi jarak pandang sebesar jarak pandang henti

minimum sesuai dengan kecepatan rencananya, sehingga keamanan pemakai jalan lebih terjamin. Jarak pandang henti minimum dapat dilihat pada Tabel 2.21.

Dalam perencanaan lengkung vertikal, digunakan jarak pandang henti minimum sebagai dasar perhitungan panjang lengkung.

Tabel 2.28 Jarak pandang henti minimum

V_{R min} (km/jam)	100	80	60	50	40	30	20
J_{H min} (m)	165	110	75	55	40	30	20

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan 1992

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 bebas.

Jarak pandang menyiap dihitung berdasarkan atas panjang jalan yang diperlukan untuk dapat melakukan gerakan menyiap suatu kendaraan dengan sempurna dan aman berdasarkan asumsi yang diambil. Untuk menghitung besarnya jarak pandang menyiap, digunakan rumus sebagai berikut :

$$J_m = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

Keterangan :

J_m = Jarak pandang menyiap standar

d₁ = Jarak yang ditempuh kendaraan yang hendak menyiap selama waktu reaksi dan waktu membawa kendaraannya yang hendak membelok ke lajur kanan.

$$d_1 = 0,278 \cdot t_1 \cdot [v - m + (a \cdot t_1 / 2)]$$

Dimana :

t₁ = Waktu reaksi = 2,12 + 0,026 · V_R (detik)

- m = Perbedaan kecepatan kendaraan yang disiap dan yang menyiap (km/jm)
 a = Percepatan kendaraan = $2,052 + 0,0036 \cdot V_R$
 v = Kecepatan kendaraan yang menyiap
 d_2 = Jarak yang ditempuh selama kendaraan yang menyiap berada pada jalur kanan.
 $d_2 = 0,278 \cdot v \cdot t_2$

Dimana :

- t_2 = Waktu dimana kendaraan yang menyiap berada di lajur kanan.
 d_3 = Jarak bebas yang harus ada antara kendaraan yang menyiap dengan kendaraan yang berlawanan arah setelah gerakan menyiap dilakukan (diambil 30 m – 100 m).
 d_4 = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang berlawanan arah selama $2/3$ dari waktu yang diperlukan oleh kendaraan yang menyiap berada pada lajur sebelah kanan = $(2/3 d_2)$

Penentuan jarak pandang menyiap standar dan minimum selain dari rumus di atas juga dapat ditentukan dari Tabel 2.29

Tabel 2.29 Jarak pandang menyiap minimum

V_R (km/jam)	80	60	50	40	30	20
JPM standar (m)	550	350	250	200	150	100
JPM minimum (m)	350	250	200	150	100	70

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan 1992

2.3.6 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal merupakan penampang melintang jalan dimana alinyemen ini merupakan proyeksi sumbu jalan ke bidang vertikal tegak lurus penampang melintang jalan. Tujuan perencanaan lengkung vertikal adalah :

- Mengurangi goncangan akibat perubahan kelandaian.

- Menyediakan jarak pandang henti.

Perencanaan alinyemen vertikal harus sedemikian rupa sehingga trase jalan yang dihasilkan memberikan tingkat kenyamanan dan tingkat keamanan yang optimal. Perhitungan dimulai dari data elevasi *point of vertical intersection* (PVI), kemudian baru dihitung besaran-besaran sebagai berikut :

- Panjang lengkung vertikal L_v dalam meter
- Pergeseran vertikal E_v dalam meter
- Elevasi permukaan jalan di PLV dan PTV
- Elevasi permukaan jalan antara PLV, PVI, dan PTV pada setiap stationing yang terdapat pada alinyemen.

Jenis lengkung vertikal dilihat dari letak titik perpotongan kedua bagian lurus (tangen) ada 2 macam, yaitu:

1. Lengkung vertikal cembung, yaitu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan.

Syarat-syarat lengkung vertikal cembung, antara lain:

$$A = |g_1 - g_2|$$

- a. Syarat keamanan berdasarkan:

- Jarak pandang henti dipakai grafik III.

- $S < L_v : L_{\min} = \frac{AS^2}{412}$
- $S > L_v : L_{\min} = 2S - \frac{412}{A}$

- Jarak pandang menyiap dipakai grafik IV.

- $S < L_v : L_{\min} = \frac{AS^2}{1000}$
- $S > L_v : L_{\min} = 2S - \frac{1000}{A}$

b. Keluwesan bentuk:

$L_v = 0,6 V_r$ (m), dimana V_r = kecepatan rencana (km/jam)

c. Syarat drainase:

$L_v = 40 A$, dimana A = perbedaan kelandaian (%)

Paling ideal diambil L_v yang terpanjang.

Rumus:

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

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

Keterangan:

PLV : peralihan lengkung vertikal

PTV : peralihan tangen vertikal

g_1 dan g_2 : kelandaian (%)

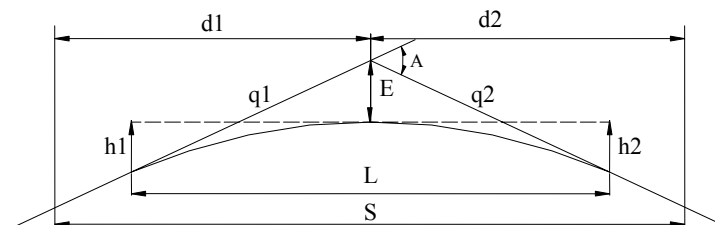
A : perbedaan aljabar kelandaian (%)

L_v : panjang lengkung (m)

E_v : pergeseran vertical dari titik PTV ke bagian Lengkung

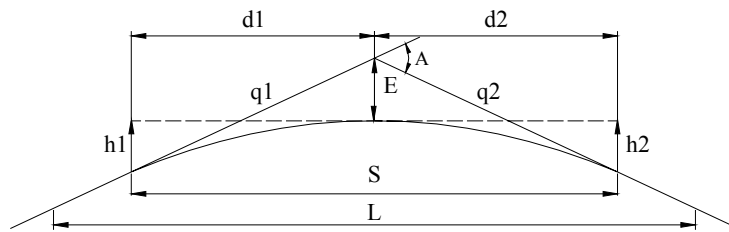
x : absis dari setiap titik pada garis kelandaian terhadap PLV

y : Ordinat dari titik yang bersangkutan



Sumber: Diktat Jalan Raya I, Ir. Joko Purwanto MS

Gambar 2.7 Sketsa lengkung vertikal cembung kondisi $S > L$



Sumber: Diktat Jalan Raya I, Ir. Joko Purwanto MS

Gambar 2.8 Sketsa lengkung vertikal cembung kondisi $S < L_v$

2. Lengkung vertikal cekung, yaitu lengkung dimana titik perpotongan antar kedua tangen berada di bawah permukaan jalan.

Syarat-syarat lengkung vertikal cekung, antara lain:

$$A = |g_1 - g_2|$$

- a. Syarat keamanan dipakai grafik V .

$$\blacksquare \quad S < L_v \quad : \quad L_v = \frac{AS^2}{150 + 3,5S}$$

$$\blacksquare \quad S > L_v \quad : \quad L_v = 2S - \frac{150 + 3,5S}{A}$$

- b. Syarat kenyamanan:

$$L_v = \frac{AVr^2}{1300a}, \text{ dimana } a = \text{percepatan sentrifugal (m/s}^2\text{)}$$

$$(a \leq 0,3 \text{ m/s}^2, \text{ tetapi pada umumnya diambil } a = 0,1 \text{ m/s}^2)$$

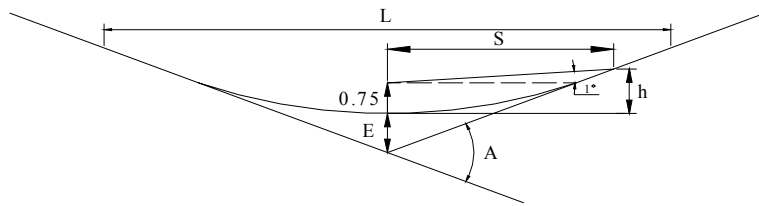
- c. Syarat keluwesan bentuk:

$$L_v = 0,6 V_r, \text{ dimana } V_r = \text{kecepatan rencana (km/jam)}$$

- d. Syarat drainase:

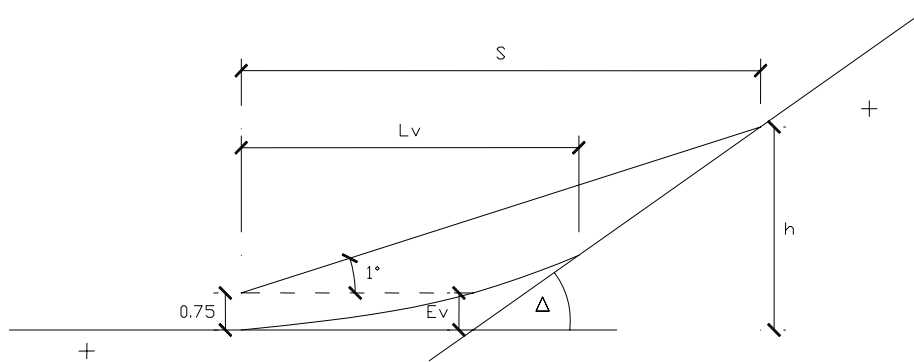
$$L_v = 40 A, \text{ dimana } A = \text{perbedaan aljabar dari kelandaian (\%)}$$

Paling ideal diambil L_v yang terpanjang



Sumber: Diktat Jalan Raya I, Ir. Joko Purwanto MS

Gambar 2.9 Sketsa lengkung vertikal cekung kondisi $S < L_v$



Sumber: Diktat Jalan Raya I, Ir. Joko Purwanto MS

Gambar 2.10 Sketsa lengkung vertikal cekung kondisi $S > L_v$

Rumus:

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

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

Keterangan:

PLV : peralihan lengkung vertikal

PTV : peralihan tangen vertikal

g1 dan g2: kelandaian (%)

A : perbedaan aljabar kelandaian (%)

Lv : panjang lengkung (m)

Ev : pergeseran vertikal dari titik PTV ke bagian lengkung

x : absis dari setiap titik pada garis kelandaian terhadap PLV

y : Ordinat dari titik yang bersangkutan

Panjang minimum lengkung vertikal dapat dilihat pada Tabel 2.30 berikut.

Tabel 2.30 Panjang minimum lengkung vertikal

Vr (Km/jam)	100	80	60	50	40	30	20
Lv minimum (m)	85	70	50	40	35	25	20

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan 1992

2.3.7 Landai Jalan

Berdasarkan arus lalu lintas, landai jalan ideal adalah landai datar (0%), tetapi jika didasarkan pada kriteria desain drainase maka jalan yang memiliki kemiringan adalah yang terbaik. Landai jalan dibedakan menjadi dua, yaitu :

1. Landai melintang

Untuk menggambarkan perubahan nilai superelevasi pada setiap segmen di tikungan jalan maka perlu dibuat diagram superelevasi. Kemiringan melintang badan jalan minimum pada jalan lebar (e) adalah sebesar 2 %, sedangkan nilai e maksimum adalah 10 % untuk medan datar. Pemberian batas ini dimaksudkan untuk memberikan keamanan optimum pada konstruksi badan jalan di tikungan dimana nilai ini didapat dari rumusan sebagai berikut :

$$e_{\max} + f_m = \frac{V_R^2}{127 \cdot R_{\min}}$$

Dimana : e_{\max} = Kemiringan melintang jalan

f_m = Koefisien gesekan melintang

Besarnya nilai f_m didapat dari grafik koefisien gesekan melintang sesuai dengan AASTHO 1986.

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

2. Landai memanjang

Pengaruh dari adanya kelandaian dapat dilihat dari berkurangnya kecepatan kendaraan atau mulai dipergunakannya gigi rendah pada kendaraan jenis truk yang terbebani secara penuh. Panjang landai kritis atau 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 tersebut dibuat pada jalan yang cukup panjang, tetapi kurang berarti jika panjang jalan dengan hanya pendek saja.

Panjang maksimum yang diijinkan sesuai dengan kelandaiannya (panjang kritis) adalah seperti ditunjukkan pada Tabel 2.31

Tabel 2.31 Panjang kritis

Vr (km/jam)	Kelandaian (%)	Panjang Kritis (m)
100	4	700
	5	500
	6	400
80	5	600
	6	500
	7	400
60	6	500
	7	400
	8	300
50	7	500
	8	400
	9	300

Lanjutan Tabel 2.31

Vr (km/jam)	Kelandaian (%)	Panjang Kritis (m)
40	8	400
	9	300
	10	200

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan 1992

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 dengan aman.

2.4.1 Metode Perencanaan Struktur Perkerasan

Dalam perencanaan jalan, perkerasan merupakan bagian terpenting dimana perkerasan berfungsi sebagai berikut :

- Menyebarkan beban lalu lintas sehingga besarnya beban yang dipikul sub grade lebih kecil dari kekuatan sub grade itu sendiri.
- Melindungi sub grade dari air hujan.
- Mendapatkan permukaan yang rata dan memiliki koefisien gesek yang mencukupi sehingga pengguna jalan lebih aman dan nyaman dalam berkendara.

Salah satu metode perkerasan jalan adalah jenis perkerasan lentur (*flexible pavement*). Perkerasan lentur adalah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran aspal dengan agregat yang memiliki ukuran butir tertentu sehingga memiliki kepadatan, kekuatan dan *flow* tertentu. Jenis perkerasan jalan yang lain adalah perkerasan kaku (*rigid pavement*) yaitu perkerasan beton semen dimana terdiri dari campuran campuran semen PC, agregat halus dan air yang digelar dalam satu lapis.

Untuk Perencanaan Jalan Lingkar Selatan Semarang dipakai jenis perkerasan lentur. Desain tebal perkerasan dihitung agar mampu memikul tegangan yang ditimbulkan oleh beban kendaraan, perubahan suhu, kadar air dan perubahan volume pada lapisan bawahnya. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perkerasan lentur adalah sebagai berikut :

1. Umur rencana

Pertimbangan yang digunakan dalam umur rencana perkerasan jalan adalah pertimbangan biaya konstruksi, pertimbangan klasifikasi fungsional jalan dan pola lalu lintas jalan yang bersangkutan dimana tidak terlepas dari satuan pengembangan wilayah yang telah ada.

2. Lalu lintas

Analisa lalu lintas berdasarkan hasil perhitungan volume lalu lintas dan komposisi beban sumbu kendaraan berdasarkan data terakhir dari pos-pos resmi setempat.

3. Konstruksi jalan

Konstruksi jalan terdiri dari tanah dan perkerasan jalan. Penetapan besarnya rencana tanah dasar dan material-materialnya yang akan menjadi bagian dari konstruksi perkerasan harus didasarkan atas survey dan penelitian laboratorium.

Faktor-faktor yang mempengaruhi tebal perkerasan jalan adalah :

- Jumlah jalur (N) dan Koefisien distribusi kendaraan (C)
- Angka ekivalen (E) beban sumbu kendaraan
- Lalu lintas harian rata-rata
- Daya dukung tanah (DDT) dan CBR
- Faktor regional (FR)

Struktur perkerasan lentur terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut :

1. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

- a. Lapis aus :

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

2. Lapis Pondasi (*Base Course*)

Merupakan lapis pondasi atas yang berfungsi sebagai :

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

3. Lapis Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)

Memiliki fungsi sebagai berikut :

- Menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
- Mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapisan pondasi.
- Untuk efisiensi penggunaan material.
- Sebagai lapis perkerasan.
- Sebagai lantai kerja bagi lapis pondasi atas.

4. Tanah Dasar (*Sub Grade*)

Tanah dasar adalah tanah setebal 50 – 100 cm dimana akan diletakkan lapisan pondasi bawah. Lapisan tanah dasar bisa berupa tanah asli yang

dipadatkan. Jika tanah aslinya baik dan cukup hanya dipadatkan saja. Bisa juga 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 air optimum, diusahakan agar kadar air tersebut konstan selama umur rencana, hal ini dapat dicapai dengan perlengkapan drainase yang memenuhi syarat.

2.4.2 Prosedur Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur

Dalam menghitung tebal perkerasan lentur pada Perencanaan Jalan Lingkar Selatan Semarang berdasarkan pada petunjuk perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya dengan metode analisa komponen SKBI 2.3.26.1987 Departemen Pekerjaan Umum.

Prosedur perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. LHR setiap jenis kendaraan ditentukan sesuai dengan umur rencana.
2. Lintas ekivalen permulaan (LEP), dihitung dengan rumus :

$$LEP = \sum (LHR \cdot C_j \cdot E_j)$$

Dengan : C_j = Koefisien distribusi kendaraan, didapat dari Tabel 2.32 di bawah ini.

E_j = Angka ekivalen beban sumbu kendaraan

Tabel 2.32 Koefisien distribusi kendaraan (Cj)

Jumlah lajur	Kelandaian II (6-10%)		Kelandaian III (>10%)	
	≤ 30%		> 30%	
1 lajur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 lajur	0,60	0,50	0,70	0,50
3 lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 lajur	-	0,30	-	0,45
5 lajur	-	0,25	-	0,425
6 lajur	-	0,20	-	0,40

Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya 1999 (Silvia Sukirman)

3. Lintas ekivalen akhir (LEA), dihitung dengan rumus :

$$LEA = \sum [LHR \cdot (1+i)^n \cdot C_j \cdot E_j]$$

Dengan : n = Tahun rencana

i = Faktor pertumbuhan lalu lintas

4. Lintas ekivalen tengah (LET), dihitung dengan rumus :

$$LET = 1/2 \cdot (LEP + LEA)$$

5. Lintas ekivalen rencana (LER), dihitung dengan rumus :

$$LER = LEP \times FP$$

Dengan : FP = faktor penyesuaian = UR/10

6. Mencari indeks tebal permukaan (ITP) berdasarkan hasil LER, sesuai dengan nomogram yang tersedia. Faktor-faktor yang berpengaruh yaitu DDT atau CBR, faktor regional (FR), indeks permukaan dan koefisien bahan-bahan *sub base*, *base* dan lapis permukaan.

- Nilai DDT diperoleh dengan menggunakan nomogram hubungan antara DDT dan CBR.
- Nilai FR (faktor regional) dapat dilihat pada Tabel 2.33

Tabel 2.33 Faktor Regional (FR)

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

Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya 1999 (Silvia Sukirman)

- Indeks Permukaan awal (IP_0) dapat dicari dengan menggunakan Tabel 2.34 yang ditentukan dengan sesuai dengan jenis lapis permukaan yang akan digunakan.

Tabel 2.34 Indeks Permukaan pada awal umur rencana (IP_0)

Jenis lapis permukaan	IP_0	Roughnes (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	

Lanjutan Tabel 2.34

Jenis lapis permukaan	IP _o	Roughnes (mm/km)
Jalan tanah	≤2,4	
Jalan kerikil	≤2,4	

Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya 1999 (Silvia Sukirman)

- Besarnya nilai Indeks Permukaan akhir (IP_t) dapat ditentukan dengan Tabel 2.35

Tabel 2.35

Indeks Permukaan pada akhir umur rencana (IP_t)

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	2,0	-
100-1000	1,5-2,0	2,0	2,0-2,5	-
>1000	-	2,0-2,5	2,5	2,5

Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya 1999 (Silvia Sukirman)

7. Menghitung tebal lapisan perkerasannya berdasarkan nilai ITP yang didapat.

$$ITP = a_1.D_1 + a_2.D_2 + a_3.D_3$$

Dimana :

a_1, a_2, a_3 = kekuatan relatif untuk lapis permukaan (a_1), lapis pondasi atas (a_2), dan lapis pondasi bawah (a_3).

D_1, D_2, D_3 = tebal masing-masing lapisan dalam cm untuk lapisan permukaan (D_1), lapis pondasi atas (D_2), dan lapis pondasi bawah (D_3).

- Nilai kekuatan relatif untuk masing-masing bahan dapat dilihat pada Tabel 2.36

Tabel 2.36 Koefisien kekuatan relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif			Kekuatan bahan			Jenis Bahan
			MS (kg)	Kt (kg/cm ²)	CBR (%)	
a1	a2	a3				
0,40			744			Laston
0,35			590			
0,32			454			
0,30			340			
0,35			744			Asbuton
0,31			590			
0,28			454			
0,26			340			
0,30			340			<i>Hot Rolled Asphalt</i>
0,26			340			Aspal macadam
0,25						Lapen mekanis
0,20						Lapen manual
	0,28		590			Laston atas
	0,26		454			
	0,24		340			
	0,23					Lapen mekanis Lapen manual
	0,19					
	0,15			22		Stabilitas tanah dengan semen
	0,13			18		
	0,15			22		Stabilitas tanah dengan kapur
	0,13			18		
	0,14				100	Pondasi macadam basah
	0,12				60	Pondasi macadam kering

Lanjutan Tabel 2.36

Koefisien kekuatan relatif			Kekuatan bahan			Jenis Bahan
			MS (kg)	Kt (kg/cm ²)	CBR (%)	
a1	a2	a3				
	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)

Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya 1999 (Silvia Sukirman)

- Di dalam pemilihan material sebagai lapisan pada perkerasan harus diperhatikan tebal minimum perkerasan yang besarnya dapat dilihat pada Tabel 2.37

Tabel 2.37 Tebal minimum lapisan perkerasan

a. Lapis permukaan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
3,00-6,70	5	Lapen /aspal macadam, HRA, Asbuton, Laston
6,71-7,49	7,5	Lapen/aspal macadam, HRA, Asbuton, Laston
7,50-9,99	7,5	Asbuton, Laston
≥10,00	10	Laston

Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya 1999 (Silvia Sukirman)

b. Lapis pondasi

ITP	Tebal minimum (cm)	Bahan
<3,00	15	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen atau kapur
3,00-7,49	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen atau kapur
7,90-9,99	10	Laston atas
	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen atau kapur, pondasi macadam
10,00 - 12,24	15	Laston atas
	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen atau kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas
$\geq 12,15$	25	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen atau kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas

Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya 1999 (Silvia Sukirman)

2.4.3 Prosedur Perhitungan Tebal Perkerasan Kaku

Langkah – langkah perhitungan perkerasan kaku sebagai berikut :

- Menghitung LHR umur rencana (MBT)
- Menghitung volume dan komposisi lalu lintas harian tahun pembukaan / awal rencana sesuai konfigurasi sumbu.
- Menghitung jumlah kendaraan niaga (JKL) selama umur rencana dengan rumus $JKN = 365 \times JKHN \times R$

JKHN : Hanya kendaraan 5 ton (bus dan truk)

$$R = (1 + i)^n / \log(1 + i)$$

i = Pertumbuhan Lalu lintas

N = Umur rencana

d. Menghitung tebal perkerasan menggunakan tabel dan grafik

- Menghitung total fatigue untuk seluruh konfigurasi beban sumbu, untuk harga k tanah dasar tertentu :

$$TF = \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{N_i'} \leq 100\%$$

dimana :

i = semua beban sumbu yang diperhitungkan

N_i = pengulangan yang terjadi untuk kategori beban i

N_i' = pengulangan beban yang diijinkan untuk kategori beban yang bersangkutan

N_i' didapat dari perbandingan antara σ_{li} / MR

Dimana $\sigma_{li} / MR \leq 0,50$ maka

$$N_i = \sigma_{li} / MR = 0,51 \text{ maka } N_i = 400.0000$$

- Menghitung tulangan dan sambungan

a. Menghitung penulangan pada beton bersambung menggunakan rumus :

$$A_s = (1200 \cdot F \cdot L \cdot H) / F_s$$

Dimana :

A_s = Luas tulangan yang dibutuhkan (cm²/m lebar)

F = Koefien gesek plat beton dengan pondasi di bawah

L = Jarak sambungan (m)

H = Tebal pelat yang ditinjau (m)

F_s = Tegangan tarik baja (Kg/cm²)

Bila $L \leq 13$ m, maka $A_s = 0, = 0,1\% \times h \times b$

b. Menghitung penulangan pada beton menerus menggunakan rumus

$$P_s = \{ (100 \cdot f_b) / (f_y - n f_b) \} (1,3 - 0,2F)$$

Dimana :

Ps = Prosentase tulangan memanjang terhadap penampang beton

Fb = Kuat tarik beton (0,4 – 0,5 MR)

Fy = Tegangan leleh baja

N=Ey/Eb= Adalah modulus elastisitas baja/beton (6-15)

F = Koefisien gesek antara beton dan pondasi

Ps min = 0,6 %

Selanjutnya dilakukan kontrol terhadap jarak retakan kritis dengan menggunakan rumus :

$$L_{ce} = f_b^2 / \{ n \cdot p^2 \cdot u \cdot f_p (s \cdot E_b - f_b) \}$$

Dimana :

Lcr = Jarak antar retakan teoritis

Fb = Kuat tarik beton (0,4-0,5 MR)

N = Ey/Eb adalah modulus elastisitas beton / baja

P = Luas tulangan memanjang /m²

U = 4/d (keliling / luas tulangan)

Fp = Tegangan lekat antara tulangan dengan beton $2,16 \sqrt{\sigma'_{bk}} / d$

s = Koefisien susut beton (400 x 10⁻⁶)

Eb = Modulus elastisitas beton : $16.600 \sqrt{\sigma'_{bk}}$

2.5 PERENCANAAN SALURAN DRAINASE

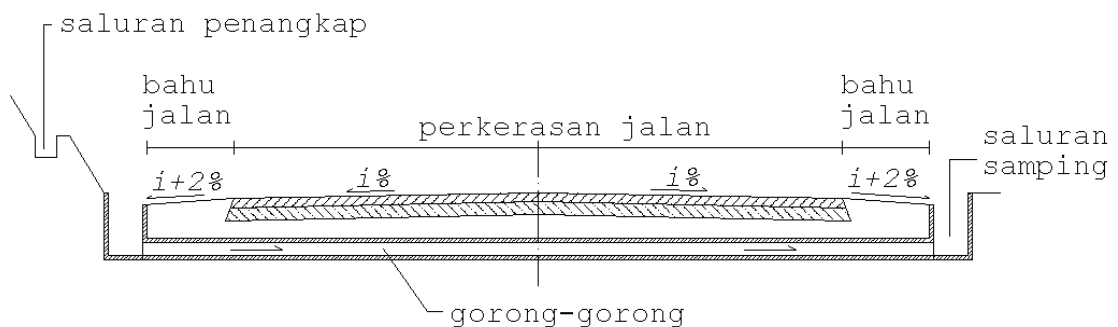
Saluran drainase adalah bangunan yang bertujuan mengalirkan air dari badan jalan secepat mungkin agar tidak menimbulkan bahaya dan kerusakan pada jalan. Dalam banyak kejadian, kerusakan konstruksi jalan disebabkan oleh air, baik itu air permukaan maupun air tanah. Air dari atas badan jalan yang dialirkan ke samping kiri dan atau kanan jalan ditampung dalam saluran samping (*side ditch*) yang bertujuan agar air mengalir lebih cepat dari air yang mengalir diatas permukaan jalan dan juga bertujuan untuk bisa mengalirkan kejenuhan air pada badan jalan.

Dalam merencanakan saluran samping harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Mampu mengakomodasi aliran banjir yang direncanakan dengan kriteria tertentu sehingga mampu mengeringkan lapis pondasi.
- Saluran sangat baik diberi penutup untuk mencegah erosi maupun sebagai trotoar jalan.
- Pada kemiringan memanjang, harus mempunyai kecepatan rendah untuk mencegah erosi tanpa menimbulkan pengendapan.
- Pemeliharaan harus bersifat menerus.
- Air dari saluran dibuang ke outlet yang stabil ke sungai atau tempat pengaliran yang lain
- Perencanaan drainase harus mempertimbangkan faktor ekonomi, faktor keamanan dan segi kemudahan dalam pemeliharaan.

2.5.1 Ketentuan-ketentuan

1. Sistem drainase permukaan jalan terdiri dari : kemiringan melintang perkerasan dan bahu jalan, selokan samping, gorong-gorong dan saluran penangkap (Gambar 2.11).



Gambar 2.11 Sistem drainase permukaan

2. Kemiringan melintang normal (e_n) perkerasan jalan untuk lapis permukaan aspal adalah 2 % - 3 %, Sedangkan untuk bahu jalan diambil $= e_n + 2 \%$.
3. Selokan samping jalan

- Kecepatan aliran maksimum yang diizinkan untuk material dari pasangan batu dan beton adalah 1,5 m/detik.
- Kemiringan arah memanjang (i) maksimum yang diizinkan untuk material dari pasangan batu adalah 7,5 %.
- Pematah arus diperlukan untuk mengurangi kecepatan aliran bagi selokan samping yang panjang dengan kemiringan cukup besar. Pemasangan jarak antar pematah arus dapat dilihat pada Tabel 2.38.

Tabel 2.38

Jarak pematah arus

<i>i</i> (%)	6 %	7 %	8 %	9 %	10 %
L (m)	16	10	8	7	6

- Penampang minimum selokan samping adalah 0,50 m².
4. Gorong-gorong pembuang air
 - Kemiringan gorong-gorong adalah 0,5 % - 2 %.
 - Jarak maksimum antar gorong-gorong pada daerah datar adalah 100 m dan daerah pegunungan adalah 200 m.
 - Diameter minimum adalah 80 cm.

2.5.2 Perhitungan debit aliran

1. Intensitas curah hujan (I)
 - Data yang diperlukan adalah data curah hujan maksimum tahunan, paling sedikit $n = 10$ tahun dengan periode ulang 5 tahun.
 - Rumus menghitung intensitas curah hujan menggunakan analisa distribusi frekuensi sebagai berikut :

$$X_T = \bar{x} + \frac{S_x}{S_n} \cdot (Y_T - Y_n)$$

$$I = 1/4 \cdot (90\% \cdot X_T)$$

Dimana :

X_T = besar curah hujan

\bar{x} = nilai rata-rata aritmatik curah hujan

S_x = standar deviasi

Y_T = variabel yang merupakan fungsi dari periode ulang,
diambil = 1,4999.

Y_n = variabel yang merupakan fungsi dari n, diambil 0,4952
untuk n = 10

S_n = standar deviasi, merupakan fungsi dari n, diambil 0,9496
untuk n = 10

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

- Waktu konsentrasi (TC) dihitung dengan rumus :

$$T_C = t_1 + t_2$$

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} \cdot 3,28 \cdot L_0 \cdot \frac{nd}{\sqrt{s}} \right)^{0,167}$$

$$t_2 = \frac{L}{60 \cdot v}$$

Dimana : T_C = waktu konsentrasi (menit)

t_1 = waktu inlet (menit)

t_2 = waktu aliran (menit)

L_0 = jarak dari titik terjauh dari saluran drainase (m)

L = panjang saluran (m)

nd = koefisien hambatan, diambil 0,013 untuk lapisan permukaan
aspal

s = kemiringan daerah pengaliran

v = kecepatan air rata-rata di saluran (m/detik)

2. Luas daerah pengaliran dan batas-batasnya

Batas daerah pengaliran yang diperhitungkan $L = L_1 + L_2 + L_3$ (m)

Dimana : L_1 = dari as jalan sampai tepi perkerasan.

L_2 = dari tepi perkerasan sampai tepi bahu jalan.

L_3 = tergantung kebebasan samping dengan panjang maksimum 100 m.

3. Harga koefisien pengaliran (C) dihitung berdasarkan kondisi permukaan yang berbeda-beda.

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

Dimana : C_1 = koefisien untuk jalan aspal = 0,70.

C_2 = koefisien untuk bahu jalan (tanah berbutir kasar) = 0,65.

C_3 = koefisien untuk kebebasan samping (daerah pinggir kota) = 0,60.

A_1, A_2, A_3 = luas masing-masing bagian.

4. Untuk menghitung debit pengaliran, digunakan rumus sebagai berikut :

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

Dimana : Q = debit pengaliran ($m^3/detik$)

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (km^2)

2.5.3 Perhitungan dimensi saluran dan gorong-gorong

Dimensi saluran dan gorong-gorong ditentukan atas dasar $F_e = F_d$

1. Luas penampang basah berdasarkan debit aliran (F_d)

$$F_d = Q/v \quad (m^2)$$

2. Luas penampang basah yang paling ekonomis (F_e)

- Saluran bentuk segi empat

$$\text{Rumus : } F_e = b \cdot d \quad \hookrightarrow \text{ syarat : } b = 2 \cdot d$$

$$R = d / 2$$

- Gorong-gorong

$$\text{Rumus : } F_e = 0,685 \cdot D^2 \quad \Leftrightarrow \text{ syarat : } d = 0,8 \cdot D$$

$$P = 2 r$$

$$R = F / P$$

Dimana : F_e = Luas penampang basah ekonomis (m^2)

b = lebar saluran (m)

d = kedalaman air (m)

R = jari-jari hidrolis (m)

D = diameter gorong-gorong (m)

r = jari-jari gorong-gorong (m)

3. Tinggi jagaan (w) untuk saluran segi empat $w = \sqrt{0,5 \cdot d}$

4. Perhitungan kemiringan saluran

$$\text{Rumus : } i = \left(\frac{v \cdot n}{R^{2/3}} \right)^2$$

Dimana : i = kemiringan saluran

v = kecepatan aliran air (m/detik)

n = koefisien kekasaran *manning*, (saluran pasangan batu)

$$= 0,025$$

2.6 Dinding Penahan Tanah (DPT)

DPT adalah bangunan struktural yang umumnya dibuat untuk menahan badanjalan yang berupa timbunan yang cukup tinggi baik pada daerah rolling maupun pada daerah dataran rendah yang mempunyai perbedaan tinggi muka air normal dan muka air banjir cukup besar, sehingga konstruksi badan jalan dibentuk berupa timbunan untuk menghindari banjir. Jadi tembok penahan diperlukan untuk menahan kelongsoran badan jalan pada lokasi dengan lereng/talud cukup tinggi.

DPT terdiri dari beberapa tipe bentuk yang ditilik dari konstruksinya terdiri dari Tipe Pasangan Batu dan Tipe Pasangan Beton Bertulang. Untuk merencanakan DPT agar tetap stabil ada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dan diperhitungkan.

1. Tekanan Tanah Lateral

Pengaruh tekanan tanah lateral akibat berat sendiri dan pembebanan lainnya harus dapat diimbangi atau ditahan oleh konstruksi DPT tersebut.

a) Tekanan Tanah Aktif (P_a), merupakan resultante gaya atau tekanan tanah yang arahnya membentuk sudut α dengan horisontal dan memotong atau menekan tembok setinggi $H/3$ dari dasar pondasi yang dinyatakan secara umum per pias, dengan persamaan :

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot H \cdot \sqrt{K_a}$$

Dimana : K_a = Koefisien tekanan tanah aktif, menurut Rankine: $\tan^2 (45-\Phi/2)$

H = Tinggi DPT (m)

b) Tekanan Tanah Pasif (P_p), tekanan tanah pada bagian depan tembok penahan yang dinyatakan secara umum per pias, dengan persamaan :

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_p + 2 \cdot c \cdot H \cdot \sqrt{K_p}$$

Dimana : K_p = Koefisien tekanan tanah pasif, menurut Rankine: $\tan^2 (45+\Phi/2)$

Jika urugan pada DPT tanpa gesekan dengan tanah berbutir ($c=0$) yang permukaannya miring (lereng) dengan sudut kemiringan = α , maka koefisien tekanan tanah aktif K_a dinyatakan dengan persamaan :

$$K_a = \cos \alpha \left(\frac{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \Phi}}{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \Phi}} \right)$$

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_a$$

Koefisien Tekanan Tanah Aktif dengan berbagai nilai α dan Φ (sudut geser tanah) akan disajikan dalam tabel berikut ini:

Tabel 2.39 Koefisien Tekanan Tanah Aktif (Ka)

α	Φ						
	28	30	32	34	36	38	40
0	0,361	0,333	0,307	0,283	0,260	0,238	0,217
5	0,366	0,337	0,311	0,286	0,262	0,240	0,219
10	0,380	0,350	0,321	0,294	0,270	0,246	0,225
15	0,409	0,373	0,341	0,311	0,283	0,258	0,235
20	0,461	0,414	0,374	0,338	0,306	0,277	0,250
25	0,573	0,494	0,434	0,385	0,343	0,307	0,275
	$\alpha = \Phi, \text{ Maka } K_a = \text{Cos } \alpha$						
$\alpha = \Phi$	0,883	0,866	0,848	0,829	0,809	0,788	0,766

Sumber : Perencanaan Teknik Jalan Raya, Shirley L. Hendarsin (Politeknik Negeri Bandung)

$$K_p = \cos \alpha \left(\frac{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \Phi}}{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \Phi}} \right)$$

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_p$$

Tabel 2.40 Koefisien Tekanan Tanah Pasif (Kp)

α	Φ						
	28	30	32	34	36	38	40
0	2,770	3,000	3,255	3,537	3,852	4,204	4,599
5	2,715	2,943	3,196	3,476	3,788	4,136	4,527
10	2,551	2,775	3,022	3,295	3,598	3,973	4,316
15	2,284	2,502	2,740	3,003	3,293	3,615	3,977
20	1,918	2,132	2,362	2,612	2,886	3,189	3,526
25	1,434	1,664	1,894	2,135	2,394	2,676	2,987
	$\alpha = \Phi, \text{ Maka } K_a = \text{Cos } \alpha$						
$\alpha = \Phi$	0,883	0,866	0,848	0,829	0,809	0,788	0,766

Sumber : Perencanaan Teknik Jalan Raya, Shirley L. Hendarsin (Politeknik Negeri Bandung)

2. Perkiraan Dimensi Untuk Desain
3. Stabilitas DPT

Pemeriksaan stabilitas yang harus dilakukan pada konstruksi DPT yaitu :

- Stabilitas terhadap guling
- Stabiiltas terhadap geser
- Daya dukung tanah dasar
- Penurunan (settlement)

a. Pemeriksaan tanah terhadap guling

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma_2 \cdot D^2 \cdot K_p + 2 \cdot C_2 \cdot D \cdot \sqrt{K_p}$$

dimana : γ_2 = berat isi tanah di bagian ujung dan di bawah pondasi
(tanah dasar) , t/m³

C_2, Φ_2 = kohesi dan sudut geser tanah dasar pondasi

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot (H')^2 \cdot K_a - 2 \cdot C_1 \cdot H' \cdot \sqrt{K_a}$$

Faktor keamanan (FK) guling terhadap ujung (pada titik C) :

$$FK (g_1) = \frac{\Sigma MR}{\Sigma M_o} \text{ dengan angka keamanan } \geq 1,5 - 2$$

Dimana : ΣMR = jumlah momen guling terhadap titik C (tm)

ΣM_o = jumlah momen penahan pada titik C (tm)

$$\Sigma M_o = P_h \left(\frac{H'}{3} \right)$$

$$P_h = P_a \cdot \cos \alpha$$

Untuk perhitungan ΣMR dapat ditabelkan sebagai berikut :

Bidang	Luas	W, per pias (ton)	X (lengan momen)	Momen terhadap C (tm)
1	F1	W1 = F1 x γ_1	X1	M1
2	F2	W2 = F2 x γ_2	X2	M2
3	F3	W2 = F3 x γ_b	X3	M3
4	F4	W2 = F4 x γ_b	X4	M4
5	F5	W2 = F5 x γ_b	X5	M5
6	F6	W2 = F6 x γ_b	X6	M6
		Pv	B	Mv
		ΣV		ΣMR

$$\gamma_1 = \gamma \text{ tanah urugan} \quad \gamma_b = \gamma \text{ beton}$$

b. Pemeriksaan Stabilitas Terhadap Geser

Faktor kermanan terhadap kuat geser pada sepanjang pondasi :

$$FK (gs) = \frac{(\Sigma V) \tan(k_1 \Phi_2) + B \cdot K_2 \cdot C_2 + P_p}{P_a \cdot \cos 25} \geq 1,5$$

$$K_1 \text{ dan } K_2 = \text{angka reduksi} = \frac{1}{2} - \frac{2}{3}, \text{ diambil } \frac{2}{3}$$

Kuat geser tanah pada bagian bawah pelat pondasi adalah:

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot K_p \cdot \gamma \cdot (D')^2 + 2 \cdot C_2 \cdot \sqrt{K_p} \cdot D'$$

c. Daya Dukung Tanah Dasar terhadap Longsoran

Tekanan dari gaya-gaya vertikal disalurkan ke tanah dasar melalui pelat pondasi yang besarnya atau daya dukung dari tanah dasar tersebut adalah sebagai berikut :

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\Sigma MC - Mo}{\Sigma V}$$

$$q_{\text{limit}} = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right)$$

$$q = \gamma \cdot D$$

$$B' = B - 2e$$

$$F_{cd} = 1 + 0,4 \left(\frac{D}{B'} \right)$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot \left(\frac{D}{B'} \right)$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

$$\Psi^\circ = \tan^{-1} \left(\frac{Pa \cdot \cos \alpha}{\Sigma V} \right)$$

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\Psi}{90} \right)^2$$

$$F\gamma I = \left(1 - \frac{\Psi}{\Phi}\right)^2$$

$$q_{ult} = (C.N_c.F_{cd}.F_{ci}) + (q.N_q.F_{qd}.F_{qi}) + (1/2 \cdot \gamma_2.B'.N_\gamma.F_{\gamma d}.F_{\gamma i})$$

$$FK_{DD} = \frac{q_{ultimate}}{q_{limit}} > 3 - 4$$

d. Penurunan

Besarnya daya dukung ultimate pada pondasi dangkal terjadi pada saat penurunan $\pm 10\%$ dari lebar pondasi, akan tetapi karena lebar DPT (B) besar, maka penurunan pondasi yang akan terjadi cukup besar, sehingga $FK = 3$ terhadap kegagalan akibat daya dukung tidak dapat menjamin.

Karena itu dalam kasus DPT, diperlukan penelitian lebih lanjut

