

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
- Aspek Hidrologi
- Aspek Struktur bangunan jembatan

2.2 Aspek Lalu Lintas

2.2.1. Klasifikasi Jalan

Seperti dalam peraturan pemerintah No. 26 Tahun 1985 pasal 4 (jalan primer) dan 5 (jalan sekunder), 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 : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997

Dimana :

- **Jalan Arteri** adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
- **Jalan Kolektor** adalah jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- **Jalan Lokal** adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

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 : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota. 1997

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)

Jenis Kendaraan	Datar / Perbukitan	Pegunungan
Sedan, Jeep, Station Wagon	1,0	1,0
Pick – Up, Bus Kecil, Truck Kecil	1,2 – 2,4	1,9 – 3,5
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 Geometrik 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

Pertumbuhan lalu lintas 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 tolok ukur keberhasilan pembangunan di bidang ekonomi.

Dari ketiga variabel di atas dipilih Jumlah penduduk sebagai variabel bebas dan LHR sebagai variabel tidak bebas sehingga dengan menggunakan rumus regresi linier sederhana yaitu :

$$Y = a + bX$$

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

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

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

Keterangan :

Y = LHR

a = konstanta

b = koefisien variabel X

X = data sekunder dari periode awal

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)
			P		Blk	Min	Max	
Kendaraan kecil			580		150	420	730	780
Kendaraan Sedang			1210		240	240	1280	1410

Kendaraan Besar			2100		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

➤ 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 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 sebagi 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

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
	Kelas 3	0,25

Sumber : MKJI

➤ **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. Kinerja Lalu Lintas

Kinerja lalu lintas dihitung dengan menggunakan MKJI untuk jalan perkotaan dengan parameter

2.2.10. 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 untuk jalan perkotaan*).

Persamaan untuk menentukan kecepatan arus bebas adalah sebagai berikut :

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

dengan FV = Kecepatan arus bebas kendaraan ringan

FV_0 = 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*

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

Tipe jalan	Lebar jalur lalu lintas efektif	FV _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*

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

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

Dimana **Kerb** adalah batas yang ditinggikan berupa bahan kaku antara tepi jalur lalu lintas dan trotoar.

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

2.2.11. Kriteria Analisa Kapasitas Jalan Perkotaan

Untuk menganalisa besarnya kapasitas jalan dalam kota, berdasarkan MKJI 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)

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)*

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*

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)

b. Jalan dengan kerb

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Sampung	FC _{sf}			
		Jarak Kerb – 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)

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)*

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

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*

2.2.12. Evaluasi

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

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

Dimana : D_s = *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)* 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) 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 akses, 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 di bawah ini.

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 2.1, Gambar 2.2, Gambar 2.3.

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

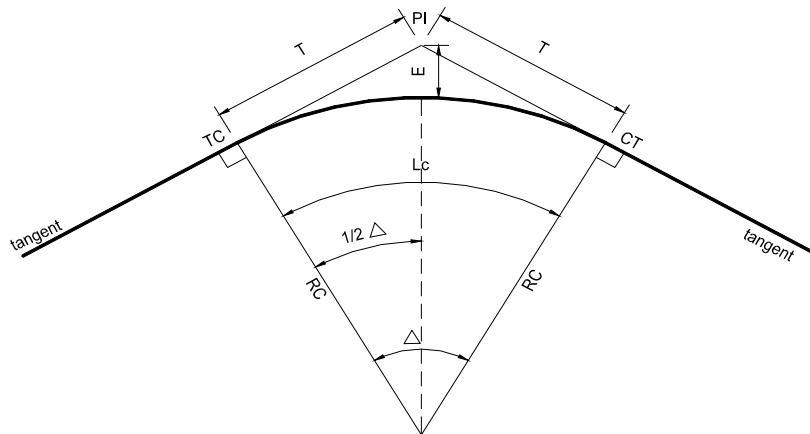
Tikungan jenis *full circle* umumnya digunakan pada tikungan yang mempunyai jari-jari tikungan besar dan sudut tangen kecil. Tabel 2.26 menunjukkan jari-jari minimum tikungan yang tidak memerlukan lengkung peralihan.

Tabel 2.26 Jari-jari minimum tanpa lengkung peralihan

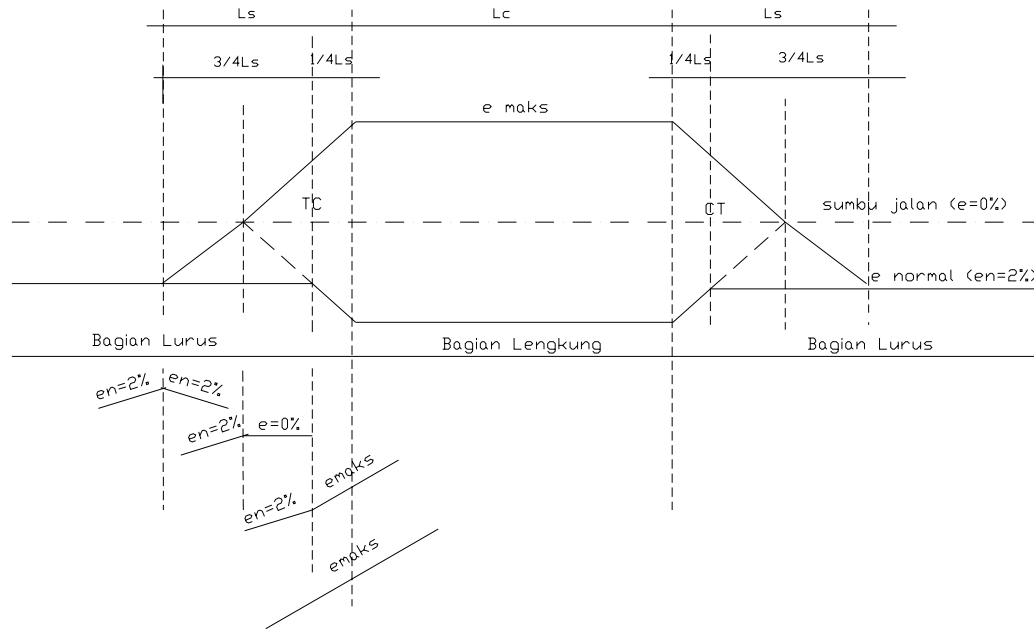
$V_{R \min}$ (km/jam)	100	80	60	50	40	30	20
R_{\min} (m)	1500	1000	600	400	250	150	60

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan 1992

Sketsa tikungan *full circle* dapat dilihat pada Gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 2.1 Sketsa tikungan full circle



Gambar 2.2. Diagram Superselevasi Lengkung Full Circle

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

Δ_c = Sudut luar di PI

TC = Titik awal tikungan

PI = Titik perpotongan tangen

CT = Titik akhir tikungan

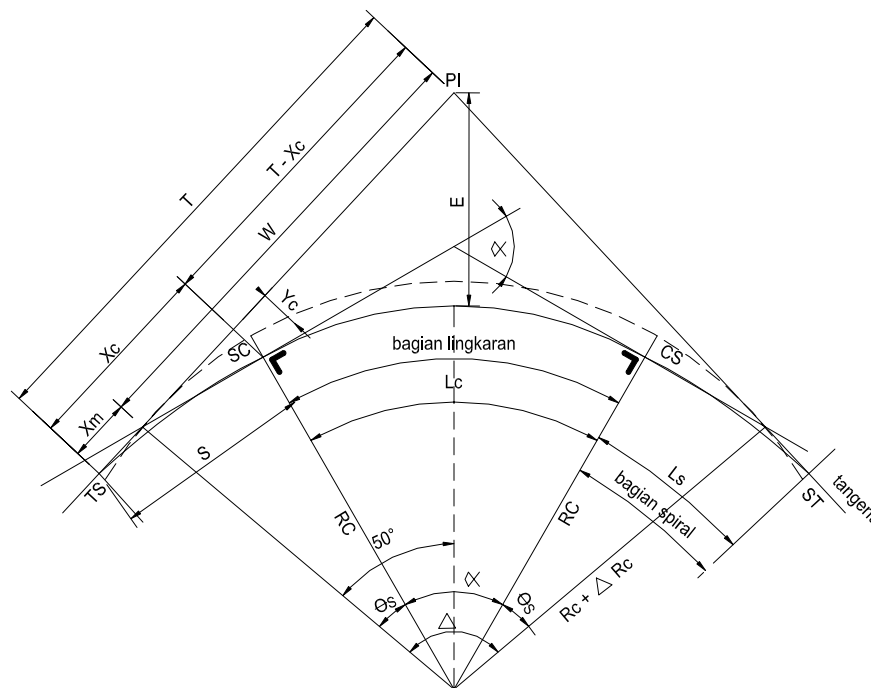
O = Titik pusat lingkaran

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

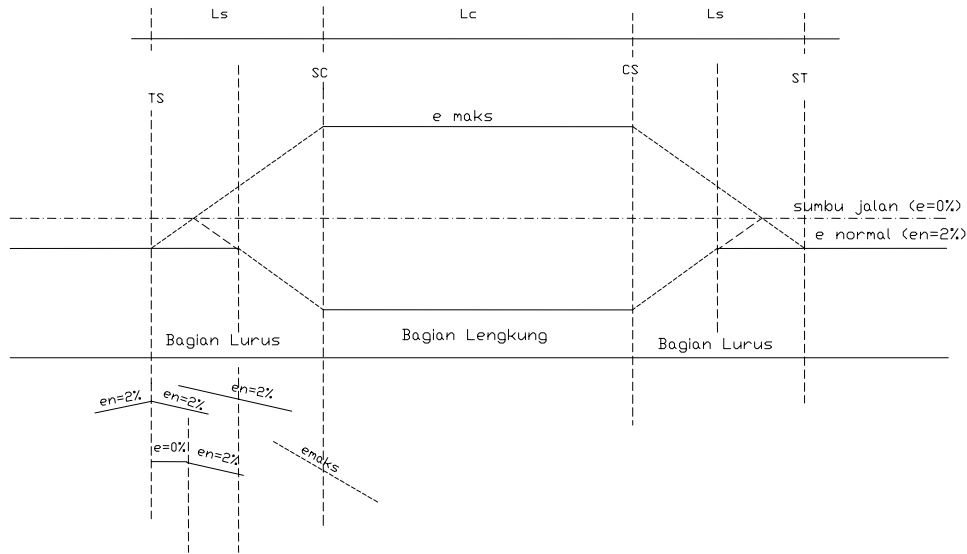
R_c = Jari-jari lingkaran (jarak O – TC atau ke CT atau ke setiap busur lingkaran)

2. *Spiral – Circle – Spiral*

Tikungan jenis *Spiral – Circle – Spiral* (Gambar 2.6) 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

L_s 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. Berdasarkan antisipasi 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 :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$T = X_m + W$$

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

$$L_c = R_c \times \pi \times \frac{\alpha^\circ}{180^\circ}$$

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

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

$$T_k = \frac{Y_c}{\sin \theta_s}$$

$$L_t = L_c + 2L_s$$

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 :

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

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

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

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

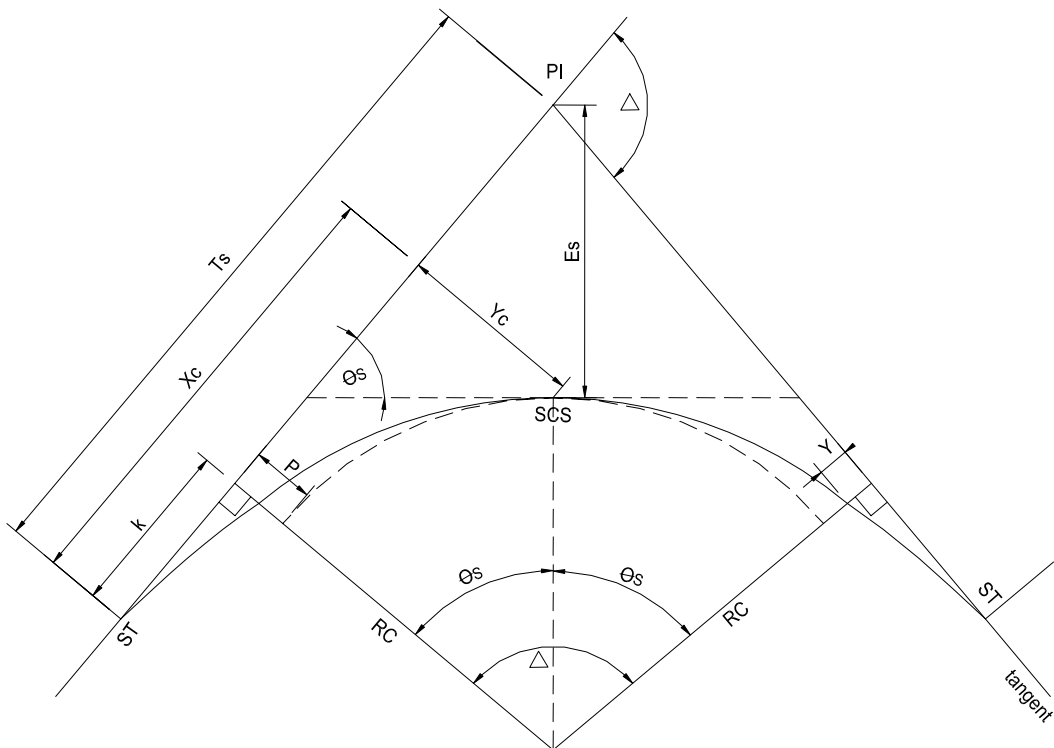
$$= 2 \cdot L_s$$

Dimana : L_s = Panjang spiral

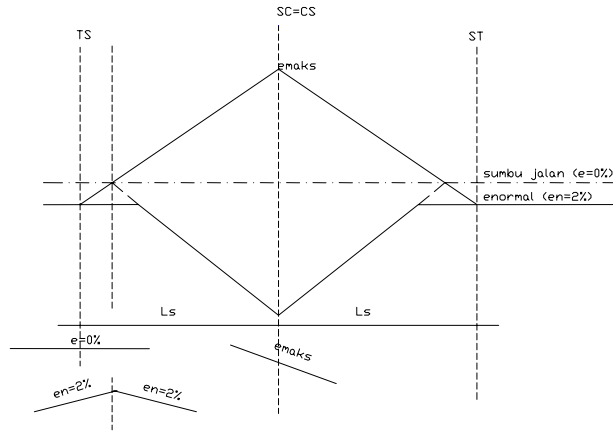
T_s = Titik awal spiral

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 2.28.

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

Tabel 2.28 Jarak pandang henti minimum

$V_R \text{ min}$ (km/jam)	100	80	60	50	40	30	20
$J_H \text{ min}$ (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

d_1 = 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 : t_1 = Waktu reaksi = $2,12 + 0,026 \cdot V_R$ (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.

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

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

- Jarak pandang menyiap.

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

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

b. Keluwesan bentuk:

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

c. Syarat drainase:

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

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 (%)

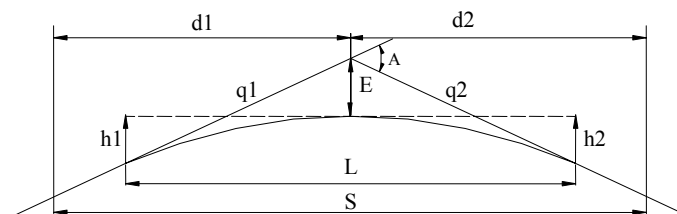
A : perbedaan aljabar kelandaian (%)

L_v : panjang lengkung (m)

E_v : pergeseran vertical dari titik PTV ke bagian Lengkung

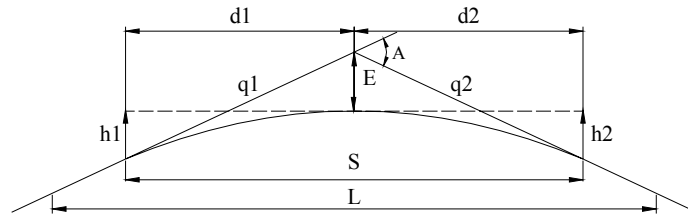
x : absis dari setiap titik pada garis kelandaian terhadap PLV

y : Ordinat dari titik yang bersangkutan



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

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



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 .

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

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

- b. Syarat kenyamanan: $L_v = \frac{AVr^2}{1300a}$, dimana a = percepatan sentrifugal (m/s^2) ($a \leq 0,3$

m/s^2 , tetapi pada umumnya diambil $a = 0,1 m/s^2$)

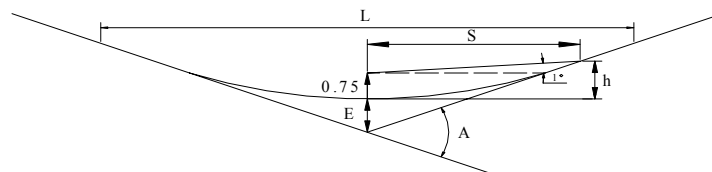
- c. Syarat keluwesan bentuk:

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

- d. Syarat drainase:

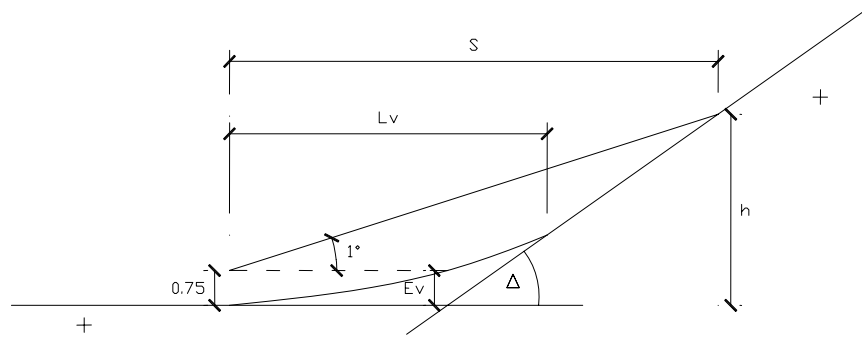
$L_v = 40 A$, dimana A = perbedaan aljabar dari kelandaian (%)

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

g_1 dan g_2 : kelandaian (%)

A : perbedaan aljabar kelandaian (%)

L_v : panjang lengkung (m)

E_v : 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
40	8	400
	9	300
	10	200

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan 1992

2.3.8. Perencanaan Simpang

Secara garis besar simpang dibagi ke dalam dua bagian, persimpangan sebidang (*at grade intersection*) dan persimpangan tidak sebidang (*grade separated intersection*). Persimpangan sebidang adalah persimpangan jalanyang ruas-ruas jalannya berpotongan pada satu bidang yang sama, sedangkan persimpangan tidak sebidang adalah persimpangan jalan yang ruas-ruas jalannya tidak berpotongan dalam satu bidang melainkan, ruas jalan tersebut melintas secara bersilangan satu dengan lainnya.

a. Simpang Sebidang

Ditinjau dari satu sisi, simpang sebidang mempunyai fungsi yang sangat penting karena, persimpangan merupakan tempat dimana pengemudi dapat melakukan perubahan gerak perjalanan, dari satu arah tertentu ke arah yang lain. Dan dari sisi lain, keberadaan persimpangan sangat berpengaruh terhadap kelancaran arus

lalu lintas. Persimpangan sebidang merupakan tempat terjadinya suatu konflik arus lalu lintas yang cukup mengganggu. Maka dari itu kapasitas dan tingkat pelayanan persimpangan sebidang harus direncanakan sedemikian rupa sehingga persimpangan tersebut dapat berfungsi dengan optimum. Pertimbangan teknis yang secara umum perlu dilakukan pada tahap awal meliputi kendaraan rencana, kecepatan rencana, tingkat pelayanan, volume rencana, jenis simpang (bersinyal atau tidak bersinyal) dan jarak antar simpang.

b. *Simpang Tidak Sebidang*

Dalam suatu jaringan jalan, persimpangan tidak sebidang digunakan bila jumlah arus lalu lintas yang ada, sudah tidak mampu lagi dilayani oleh persimpangan sebidang, walaupun persimpangan sebidang ini sudah dilayani dengan *traffic light*. Dilihat dari sistem pelayanannya persimpangan tidak sebidang dibagi ke dalam dua kategori. Pertama persimpangan tidak sebidang yang tidak dilengkapi oleh jalur penghubung untuk menghubungkan kaki –kaki simpangnya sehingga ruas jalan yang bertemu saling bersilangan dan arus lainnya hanya dapat melintas di atas atau sebaliknya. Dan yang kedua, persimpangan tidak sebidang yang dilengkapi dengan ramp. Di Indonesia, persimpangan tidak sebidang yang dilengkapi dengan ramp ini disebut “Simpang Susun”, atau istilah baku internasionalnya adalah “*Interchange*”.

Untuk selanjutnya pada Tugas Akhir Perencanaan Jalan Lingkar Selatan Semarang ini persimpangan-persimpangan yang akan dibahas adalah simpang sebidang bersinyal dan tidak bersinyal.

A. *Simpang Sebidang Bersinyal*

Pada umumnya sinyal lalu lintas dipergunakan untuk satu atau lebih dari alasan berikut :

1. Untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu lintas jam puncak.
2. Untuk memberi kesempatan kepada kendaraan atau pejalan kaki dari jalan simpang (kecil) untuk memotong jalan utama.
3. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat kendaraan- kendaraan dari arah yang bertentangan.

Parameter – parameter yang digunakan dalam analisa simpang bersinyal adalah :

A.1 Kondisi Geometrik

Kondisi geometrik simpang yang paling berpengaruh adalah kondisi lebar pendekat. Pendekat adalah daerah dari suatu lengan persimpangan yang digunakan oleh kendaraan untuk mengantri sebelum melewati garis henti.

Siklus lampu lalu lintas yang digunakan pada suatu persimpangan untuk mengatur urutan dan kombinasi pergerakan dari tiap – tiap arus persimpangan. Fase lalu lintas merupakan bagian dari siklus lampu lalu lintas.

Tipe pendekat, jumlah dan pola fase lampu lalu lintas akan sangat berpengaruh terhadap kapasitas dari kaki simpang (pendekat) yang bersangkutan, yang pada akhirnya akan berpengaruh pada kinerja simpang.

A.2 Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas (Q) yang digunakan dalam perhitungan kinerja suatu simpang merupakan jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tertentu yang terganggu dihilu pendekat setiap satuan waktu.

A.3 Arus Jenuh

Arus jenuh (S) merupakan besarnya keberangkatan antrian yang terbesar didalam suatu pendekat selama waktu yang ditentukan. Satuan yang digunakan adalah smp/jam hijau. Arus jenuh dapat dihitung menggunakan rumus :

$$S = SO \times FCS \times FSF \times FG \times FP \times FRT \times FLT$$

Keterangan :

S = arus jenuh (smp/jam)

SO = arus jenuh dasar (smp/jam)

FCS = faktor penyesuaian

FSF = faktor penyesuaian hambatan samping

FG = faktor penyesuaian kelandaian

FP = faktor penyesuaian parkir

FRT = faktor penyesuaian belok kanan

FLT = laporan penyesuaian belok kanan

A.4 Rasio Arus

Rasio arus (FR) merupakan perbandingan antara besarnya arus (Q) dengan arus jenuh (S) dari suatu pendekat. Rumus yang digunakan :

$$FR = Q/s$$

Arus kiri (F_{crit}) adalah nilai rasio arus yang terbesar dalam satu fase. Rasio arus simpang (IFR) adalah jumlah rasio arus kritis pada masing – masing fase. IFR dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$IFR = \sum (FR_{crit})$$

Perbandingan antara rasio arus kritis (FR_{crit}) dari masing – masing fase dengan arus simpang (IFR) akan menghasilkan rasio fase (PR).

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

Keterangan :

IFR = rasio arus simpang

Q = arus lalu lintas (smp/jam)

A.5 Waktu Pengaturan Sinyal

Parameter – parameter yang digunakan dalam perhitungan waktu pengaturan sinyal diantaranya :

1. Fase sinyal

Fase sinyal merupakan bagian dari siklus sinyal dengan lampu hijau disediakan bagi kombinasi tertentu dari gerakan – gerakan lalu lintas.

2. Waktu antar hijau (IG)

Waktu antar hijau (IG) merupakan lamanya waktu kuning (amber timer) ditambah dengan waktu merah semua (all red)

3. Waktu hilang (LTI)

Rumus :

$$LTI = \sum (\text{merah semua} + \text{kuning})I = \sum (IG)i$$

$$LTI = c - \sum g$$

Keterangan :

LTI = waktu hilang (dtk)

IG = waktu antar hijau (dtk)

c = waktu siklus (dtk)

g = waktu hijau (dtk)

4. Waktu merah semua

Rumus :

$$\text{Merah semua } A1 = \left[\frac{(L_{EV} - I_{EV})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \right]$$

Keterangan :

LEV dan LAV = jarak dari garis henti ke titik konflik untuk masing – masing kendaraan yang bergerak maju atau meninggalkan.

IEV = kecepatan masing – masing kendaraan yang bergerak maju atau meninggalkan.

5. Waktu siklus

Rumus :

$$Cua = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - FR)$$

Keterangan :

Cua = waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (dtk)

LTI = waktu hilang total per siklus (dtk)

IFR = rasio arus simpang $\sum (FR_{crit})$

6. Waktu hijau (g)

Rumus :

$$g_1 = (cua - LTI) \times Pr_1$$

Keterangan :

g₁ = tampilan waktu hijau pada fase 1 (dtk)

cua = waktu siklus sebelum penyesuain (dtk)

LTI = waktu hilang total per siklus (dtk)

Pr₁ = rasio fase FR_{crit} / $\sum (FR_{crit})$

A.6 Kapasitas Simpang (C)

Kapasitas adalah arus lalu lintas maksimum yang dipertahankan untuk melewati suatu pendekat.

Rumus :

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

Keterangan :

C = kapasitas (smp/jam)

S = arus jenuh (smp/ jam) g = waktu hijau (dtk)

c = waktu siklus yang ditentukan (dtk)

A.7 Derajat Kejenuhan

Perbandingan antara arus dengan kapasitas dari suatu pendekat menunjukkan derajat kejenuhan (DS) dari pendekat yang ditinjau.

$$DS = Q/C$$

Keterangan :

DS = derajat kejenuhan

Q = arus lalu lintas (smp/jam)

C = kapasitas (smp/jam)

A.8 Perilaku Lalu Lintas dengan Lampu Lalu Lintas

Perilaku lalu lintas yang terjadi pada suatu persimpangan akan sangat ditentukan oleh arus lalu lintas (Q), derajat kejenuhan (DS), dan rasio hijau (g/c). Perilaku lalu lintas yang terjadi umumnya berupa antrian, kendaraan terhenti dan tundaan.

1. Jumlah Antrian

Jumlah rata – rata kendaraan yang antri di suatu pendekat merupakan total dari jumlah rata – rata kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya dan jumlah rata – rata kendaraan yang datang selama fase merah.

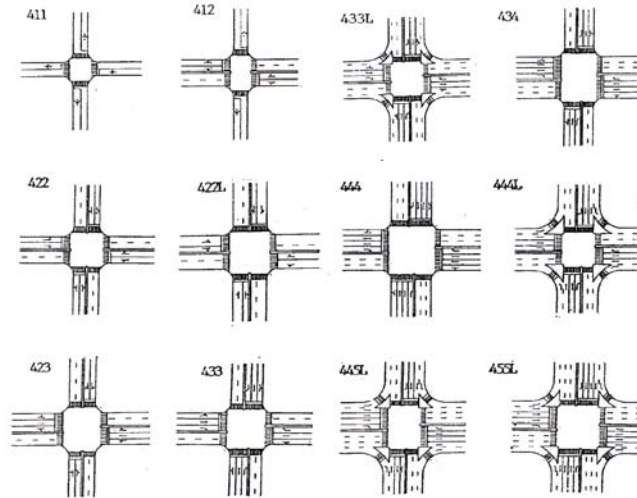
2. Kendaraan Terhenti

Angka berhenti masing – masing pendekat didefinisikan sebagai jumlah rata – rata berhenti tiap kendaraan atau smp (termasuk berhenti berulang – ulang dalam antrian sebelum melewati simpang)

3. Tundaan

Tundaan (*delay*) merupakan waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui persimpangan apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa adanya persimpangan.

Berikut ini adalah Tipe Simpang Standar dan Pola Fase-fase Sinyal Gambar 2.11. dan penjelasannya pada Tabel 2.31.



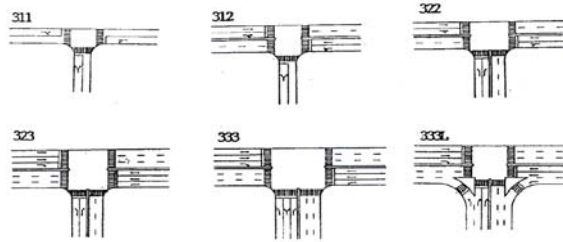
Gambar 2.11. Denah Simpang 4-Lengan

Sumber : MKJI 1997

Tabel 2.31. Simpang Empat Lengan

Kode	Pendekat Jalan Utama			Pendekat Jalan Minor			Jenis Fase	
	Jumlah Lajur	Median	LTOR	Jumlah Lajur	Median	LTOR	LT / RT (%)	
							10 / 10	25 / 25
411	1	N	N	1	N	N	42	42
412	2	Y	N	1	N	N	42	42
422	2	Y	N	2	Y	N	42	42
422L	2	Y	Y	2	Y	Y	42	42
423	3	Y	N	2	Y	N	43A	43C
433	3	Y	N	3	Y	N	44C	44B
433L	3	Y	Y	3	Y	Y	44C	44B
434	4	Y	N	3	Y	N	44	44B
444	4	Y	N	4	Y	N	44C	44B
444L	4	Y	Y	4	Y	Y	44C	44B
445L	5	Y	Y	4	Y	Y	44C	44B
455L	5	Y	Y	5	Y	Y	44C	44B

Sumber : MKJI 1997



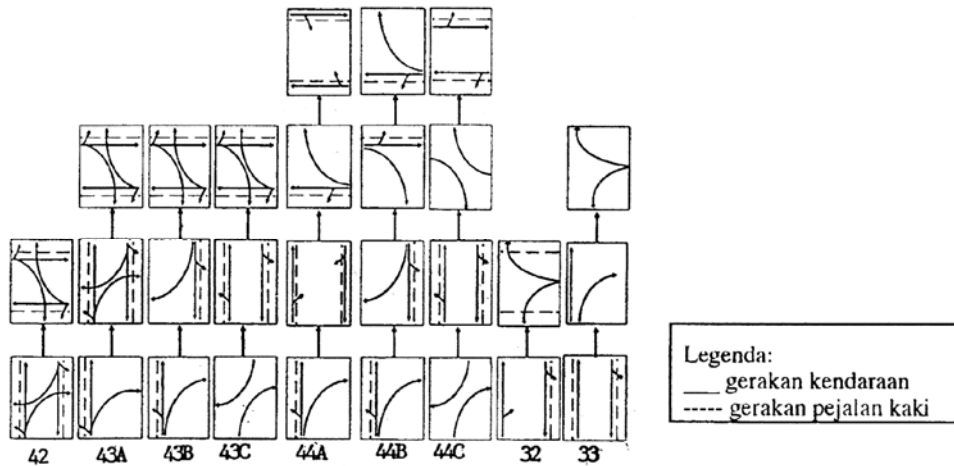
Gambar 2.12. Denah Simpang 3 -Lengan

Sumber : MKJI 1997

Tabel 2.33. Simpang Tiga Lengan

Kode	Pendekat Jalan Utama			Pendekat Jalan Minor			Jenis Fase	
	Jumlah Lajur	Median	LTOR	Jumlah Lajur	Median	LTOR	LT / RT (%)	
							10 / 10	25 / 25
311	1	N	N	1	N	N	32	32
312	2	Y	N	1	N	N	32	32
322	2	Y	N	2	Y	N	32	32
323	3	Y	Y	2	Y	Y	33	33
333	3	Y	N	3	Y	N	33	33
333L	3	Y	Y	3	Y	Y	33	33

Sumber: MKJI 1997



Gambar 2.13. Fase Simpang

Sumber : MKJI 1997

Tabel 2.34. Panduan Pemilihan Simpang Bersinyal Yang Paling Ekonomis di Daerah Perkotaan

Kondisi Ukuran Kota (Juta)	Rasio (Qmax/Qmin)	LT / RT	Ambang Arus Lalu lintas, Arus Simpang Total (Kendaraan / Jam)											
			Jenis Simpang											
			411	412	422	422L	423	433	433L	434L	444	444L	445L	455L
1,0 - 3,0			<2050		2050	2850		3100	3350		3900			4600-5050
	1,5/1	25/25	<1800		1800			2300	2700					4100-5850
			<1900	1900	2400	3000		3250	3400	3900	4100			4750-5050
			<1900	1900	2300	2950		3100	3500	3900	4300			4750-5250
0,5 - 1,0			<2050		2050	2850		3100	3900		4100			5050-5700
0,1 - 0,5			<2050		2050	3100			3350		3900			4600-5050
			311	312	322	323	333L	333						
1,0 - 3,0			<1500		1500		2550-3900							
		25/25	<1350		1350		1900-3650							
	1,5/1		<1350	1500	2200	2550	3000	3950						
			<1600	1600	2200	2550	3150	3950						
0,5 - 1,0			<1500		1500		2550-4300							
0,1 - 0,5			<1500		1500		2550-3900							

Sumber : MKJI 1997

KETERANGAN :

Rasio : Rasio antara jalan utama dan jalan minor

LT/RT : Persen arus belok kiri dan kanan (10/10: pada masing-masing pendekatan 10% belok kiri dan 10% belok kanan)

Tipe Simpang : Jumlah lengan simpang/jumlah lajur per pendekatan jalan minor/jumlah lajur per pendekatan jalan utama.



B. Simpang Sebidang Tak Bersinyal

Simpang tak bersinyal paling efektif apabila ukurannya kecil dan daerah konflik lalu lintasnya ditentukan dengan baik. Karena itu simpang ini sangat sesuai untuk persimpangan antara jalan dua lajur tak-terbagi. Pengaturan simpang tak-bersinyal biasanya dengan pemasangan rambu “*Stop*” atau “*Yield*”, bundaran (jalinan), penempatan pulau lalu lintas (kanalisasi). Namun untuk jalan dengan kecepatan rencana lebih dari 60 km/jam, pengendalian arus lalu lintas simpang hanya dengan menggunakan rambu (“*Stop*” dan “*Yield*”) tidak dibenarkan.

1. Fungsi dan Bentuk Pulau Lalu lintas

Pulau-pulau lalu lintas pada persimpangan sebidang, merupakan pulau yang membentuk kanal atau jalur, khususnya kanal atau jalur untuk keperluan belok kiri. Dari segi fungsi dibagi ke dalam tiga hal:

- Pulau pengendali yaitu: digunakan sebagai pengendali arus lalu lintas sebidang, agar lalu lintas di persimpangan baik lalu lintas kendaraan maupun lalu lintas pejalan kaki dapat bergerak lancar dan aman.
- Pulau pemisah: untuk memisahkan arus lalu lintas searah maupun lalu lintas yang berlawanan arah.
- Pulau pengaman: untuk keperluan pengaman terhadap pejalan kaki saat menunggu di pulau kanal untuk menyeberang jalan.

Pada umumnya pulau-pulau lalu lintas yang ada, tidak hanya mempunyai satu fungsi pelayanan saja (sebagai pemisah arus lalu lintas misalnya) melainkan beberapa pulau lalu lintas ada yang mempunyai fungsi gabungan. Pulau lalu lintas yang mempunyai fungsi ganda umumnya berfungsi sebagai pemisah arus lalu lintas dan juga sebagai fasilitas untuk keperluan penyeberang jalan. Sedangkan yang mempunyai tiga fungsi, biasanya ditunjukkan untuk keperluan manajemen lalu lintas dan sebagai tempat menunggu sementara pejalan kaki untuk menyeberang jalan.

2. Bundaran

Pada sistem bundaran gerak lalu lintas searah dengan jarum jam mengelilingi pulau tengah. Bundaran jalan dapat digunakan pada perpotongan dari dua ruas jalan atau lebih. Fungsi pokok bundaran sebagai berikut:

- Untuk jalan di daerah pemukiman bundaran mempunyai fungsi utama untuk memperlambat laju kendaraan, sebagai upaya menjaga keselamatan pejalan kaki.
- Untuk jalan arteri di perkotaan maupun di sub perkotaan dan di luar kota, selain berfungsi sebagai sistem kontrol persimpangan sering juga dimanfaatkan sebagai lokasi untuk keperluan yang sifatnya monumental.

Dibanding dengan sistem pengendalian simpang sebidang lainnya, pengendalian simpang dengan bundaran memerlukan lahan yang cukup luas. Kebutuhan yang luas ini disebabkan untuk manuver kendaraan pada simpang sebidang ini mengandalkan gerakan menyusup (*weaving*). Untuk itu karena lahan yang dibutuhkan luas maka penggunaan bundaran di daerah perkotaan tidak dianjurkan, kecuali untuk pengendalian jalan-jalan lokal di daerah pemukiman. Pada jalur-jalur utama atau jalur-jalur protokol di perkotaan, di mana bundaran digunakan sebagai lokasi yang sifatnya monumental, penerapannya harus dikombinasikan dengan penggunaan lampu lalu lintas.

Parameter – parameter yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja suatu simpang tak bersinyal diantaranya :

B.1 Geometrik

Geometrik simpang ini meliputi mayor road (jalan utama) dan minor road (jalan simpang) pada simpangan dengan tiga kaki atau persimpangan dengan empat kaki, lebar kaki simpang, tipe persimpangan dan tipe median pada jalan mayor.

B.2 Arus Lalu Lintas

Data arus lalu lintas dihitung untuk setiap masing – masing pergerakan dalam satuan kend/jam, kemudian dikonversikan ke dalam satuan smp/jam menggunakan F_{smp} . Konversi untuk masing – masing kendaraan yaitu :

- Kendaraan ringan (LV) = 1,0
- Kendaraan berat (HV) = 1,3
- Sepeda motor (MC) = 0,25



1. Tundaan lalu lintas simpang (DTI)

Rumus :

$$DTI = 2 + 8.2078 \cdot DS - (1-DS)^2; \text{ untuk } DS \leq 0.6$$

$$DTI = [1.0504 / (0.2742 - 0.2024 \cdot DS)] - (1-DS)^2; \text{ untuk } DS > 0.6$$

Keterangan :

DTI = tundaan lalu lintas simpang (det/smp)

DS = derajat kejenuhan

2. Tundaan lalu lintas jalan utama (DTMA)

Rumus :

$$DTMA = 1.8 + 5.8324 \cdot DS - (1-DS) \cdot 1.8; \text{ untuk } DS \leq 0.6$$

$$DTMA = [1.05034 / (0.346 - 0.246 \cdot DS)] - (1-DS) \cdot 1.8; \text{ untuk } DS > 0.6$$

Keterangan :

DT = tundaan lalu lintas jalan utama (det/smp)

DS = derajat kejenuhan

3. Tundaan lalu lintas minor (DTMI)

Rumus :

$$DTMI = (Q_{tot} \cdot DTI - Q_{MA} \cdot DTMA) / Q_{MI}$$

Keterangan :

DTMI = tundaan lalu lintas jalan minor (det/smp)

Q_{tot} = arus total pada simpangan (smp/jam)

DTI = tundaan lalu lintas simpang (det/smp)

Q_{MA} = arus lalu lintas total pada jalan mayor (smp/jam)

DTMA = tundaan lalu lintas total pada jalan utama (det/smp)

Q_{MI} = arus lalu lintas total pada jalan minor (smp/jam)

4. Tundaan geometrik simpang (DG)

Rumus :

$$DG = (1 - DS) \times (pT \times 6 + (1 + pT) \times 3) + DS \times 4; \text{ untuk } DS < 1.0$$

$$DG = 4; \text{ untuk } DS \geq 1.0$$

Keterangan :

DG = tundaan geometrik simpang (det/smp)



DS = derajat kejenuhan simpang

pT = rasio belok total

5. Tundaan simpang

Rumus :

$$\mathbf{Dm = DG + DT1}$$

Keterangan :

DG = tundaan geometrik simpang (det/smp)

DT1 = tundaan lalu lintas simpang (det/smp)

6. Peluang antrian

Rumus :

$$\mathbf{QP \% (batas bawah) = 9.02*DS + 20.66*DS^2 + 10.49^3}$$

$$\mathbf{QP \% (batas atas) = 47.71*DS - 24.68*DS^2 + 56.47*DS^3}$$

Keterangan :

DS = derajat kejenuhan simpang.



- Daya dukung yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang berbeda sifat dan kedudukannya atau akibat pelaksanaan.
- Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas dan penurunan yang tidak dipadatkan dengan baik.

6. Kekuatan Beton

Karena tegangan kritis dalam perkerasan beton terjadi akibat melenturnya perkerasan tersebut maka kekuatan lentur beton umumnya merupakan pencerminan kekuatan beton yang paling cocok untuk perencanaan.

Campuran beton harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

Tabel 2.35. Ketentuan Campuran Beton

Mutu Beton	Kebutuhan Semen (Kg/m ³)	Nilai Slump (mm)	Tegangan karakteristik minimum pada umur 28 hari	
			Tekan	Tarik
FS-45	420-440	50-75	350	45
K125/B0	200-220	50-75	125	-

Peraturan-peraturan dan standard desain adalah :

- a. Perencanaan perkerasan kaku metode Bina Marga
- b. Standard Konstruksi Bangunan Indonesia (SKBI) : Petunjuk Perencanaan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*).



Tabel 2.36. 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

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 2.34



Tabel 2.37. 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_O) dapat dicari dengan menggunakan Tabel 2.35 yang ditentukan dengan sesuai dengan jenis lapis permukaan yang akan digunakan.

Tabel 2.38. Indeks Permukaan pada awal umur rencana (IPO)

Jenis lapis permukaan	IP _O	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	
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 2.36

Tabel 2.39.

Indeks Permukaan pada akhir umur rencana (IPt)

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 2.37



Tabel 2.40. 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
	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	Pondasi macadam basah
	0,12				60	Pondasi macadam kering
	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 : 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 2.38

Tabel 2.41. 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 :

- a. Menghitung LHR umur rencana (MBT)
- b. Menghitung volume dan komposisi lalu lintas harian tahun pembukaan / awal rencana sesuai konfigurasi sumbu.
- c. 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 (cm^2/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/cm^2)

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

- b. Menghitung penulangan pada beton menerus menggunakan rumus

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

Dimana :

P_s = Prosentase tulangan memanjang terhadap penampang beton

f_b = Kuat tarik beton (0,4 – 0,5 MR)

f_y = Tegangan leleh baja

$N = E_y / E_b =$ Adalah modulus elastisitas baja/beton (6-15)

F = Koefisien gesek antara beton dan pondasi

$P_s \text{ min}$ = 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 :

L_{cr} = Jarak antar retakan teoritis

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

N = E_y / E_b adalah modulus elastisitas beton / baja

P = Luas tulangan memanjang / m^2

U = $4/d$ (keliling / luas tulangan)

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

s = Koefisien susut beton (400×10^{-6})

E_b = Modulus elastisitas beton : 16.600



2.5 PERENCANAAN SALURAN DRAINASE

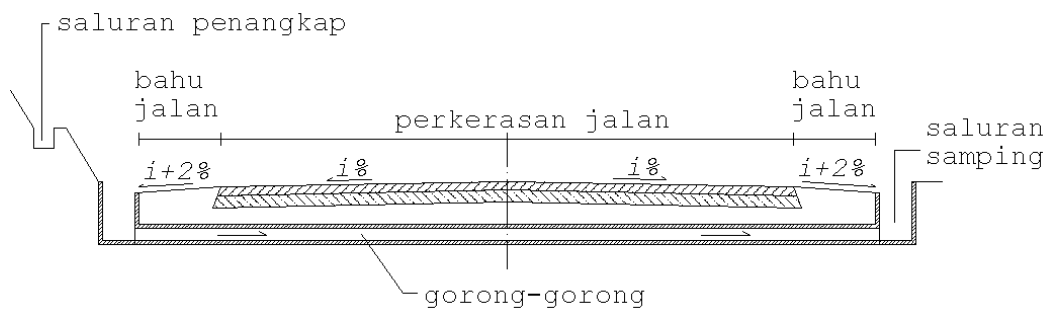
Saluran drainase adalah bangunan yang bertujuan mengalirkan air dari badan jalan secepat mungkin agar tidak menimbulkan bahaya dan kerusakan pada jalan. Dalam banyak kejadian, kerusakan konstruksi jalan disebabkan oleh air, baik itu air permukaan maupun air tanah. Air dari atas badan jalan yang dialirkan 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. Sistim drainase permukaan jalan terdiri dari : kemiringan melintang perkerasan dan bahu jalan, selokan samping, gorong-gorong dan saluran penangkap (Gambar 2.9).



Gambar 2.15. 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 2.39.

Tabel 2.43.

Jarak pematah arus

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

- Penampang minimum selokan samping adalah $0,50 \text{ m}^2$.
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



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

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

$$P = 2 r$$

$$R = F / P$$

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. ASPEK HIDROLOGI

Data-data hidrologi yang diperlukan dalam merencanakan suatu jembatan antara lain adalah sebagai berikut ;

1. Peta topografi DAS
2. Peta situasi dimana jembatan akan dibangun
3. Data curah hujan dari stasiun pemantau terdekat
4. Data sungai

Data-data tersebut nantinya dibutuhkan untuk menentukan elevasi banjir tertinggi, kedalaman pengerusan (*scouring*) dan lain-lain. Dengan mengetahui hal tersebut kemudian dapat direncanakan :

1. *Clearence* jembatan dari muka air tertinggi
2. Bentang ekonomis jembatan
3. Penentuan struktur bagian bawah

Analisa dari data-data hidrologi yang tersedia meliputi ;

2.6.1. Analisa Frekuensi Curah Hujan

Besarnya curah hujan suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) diperhitungkan dengan mengikuti aturan pada metode *gumbell* yang menyebutkan bahwa data curah hujan suatu stasiun hujan dapat dipakai pada daerah pengaliran stasiun tersebut. Dalam hal ini, data curah hujan diperoleh dari stasiun Klimatologi BMG Semarang yang merupakan stasiun terdekat.

Untuk keperluan analisa ini, dipilih curah hujan tertinggi yang terjadi tiap tahun sehingga diperoleh curah hujan harian maksimum. Dari metode *gumbell*, analisa distribusi frekuensi *extreme value* adalah sebagai berikut



$$X_{rata-rata} = \frac{\sum x}{n}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_{rata-rata})^2}{(n-1)}}$$

$$K_r = 0.78 \left\{ -\ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_r} \right) \right] \right\} - 0.45^*$$

$$X_{tr} = R = X_{rata-rata} + (K_r * S_x)$$

Keterangan :

X_{rata2} = Curah hujan maksimum rata-rata selama tahun pengamatan (mm)

S_x = Standar deviasi

K_r = Faktor frekuensi *gumbell*

X_{tr} = Curah hujan untuk periode tahun Berulang T_r (mm)

Analisa Banjir Rencana

Perhitungan banjir rencana ditinjau dengan cara Formula *Rational Mononobe* :

1. Kecepatan Aliran V (m/dtk)

Menurut fomula Dr. Rizha :

$$V = 72 * \left[\frac{H}{L} \right]^{0.6}$$

dimana ; V = Kecepatan aliran (m/dtk)

H = Selisih elevasi (m)

L = Panjang aliran (m)

2. *Time Concentration* TC

$$TC = \frac{L}{V}$$

dimana ; TC = Waktu pengaliran (detik)

L = Panjang aliran (m)

V = Kecepatan aliran (m/dtk)

3. Intensitas Hujan I

$$I = \frac{R}{24} * \left[\frac{24}{TC} \right]^{0.67}$$

dimana ; I = Intensitas hujan (mm/jam)

R = Curah hujan (mm)

4. Debit Banjir Q (m³)

$$Q_{tr} = C * I * A * 0,278$$

di mana ; Q_{tr} = Debit banjir rencana (m³)

A = Luas DAS (km²)

C = Koefisien *run off*

5. Analisa Debit Penampang

$$Q = A * V \Rightarrow A = (B * mH) H$$

dimana ; Q_{tr} = Debit banjir (m³)

m = Kemiringan lereng sungai



B = Lebar penampang sungai (m)

A = Luas penampang basah (m²)

H = Tinggi muka air sungai (m)

Koefisien *run off* merupakan perbandingan antara jumlah limpasan dengan jumlah curah hujan. Besar kecilnya nilai koefisien limpasan ini dipengaruhi oleh kondisi topografi dan perbedaan penggunaan tanah dapat dilihat dibawah ini :

Tabel 2.44. Koefisien Limpasan (*Run Off*)

No.	Kondisi Daerah dan Pengaliran	Koefisien Limpasan
1	Daerah pegunungan yang curam	0,75 – 0,9
2	Daerah pegunungan tersier	0,7 – 0,8
3	Tanah bergelombang dan hutan	0,5 – 0,75
4	Tanah dataran yang ditanami	0,45 – 0,6
5	Persawahan yang diairi	0,7 – 0,8
6	Sungai di daerah pegunungan	0,75 – 0,85
7	Sungai kecil di dataran	0,45 – 0,75
8	Sungai besar yang lebih dari setengah daerah pengalirannya terdiri dari dataran	0,5 – 0,75

2.6.3. Analisa Kedalaman Penggerusan (*Scouring*)

Penggerusan adalah pengikisan lapisan tanah yang diakibatkan oleh erosi. Dalam hal ini sungai. Tinjauan mengenai kedalaman penggerusan ini memakai metode *lacey* di mana kedalaman penggerusan ini dipengaruhi oleh jenis material dasar sungai.

Tabel faktor *lacey* yang diambil dari DPU Bina Marga Propinsi Jawa Tengah adalah sebagai berikut :



Tabel 2.45. Faktor Lempung Lacey

No.	Type of Material	Diameter (mm)	Faktor (f)
1	Lanau sangat halus (<i>very fine silt</i>)	0,052	0,4
2	Lanau halus (<i>fine silt</i>)	0,12	0,8
3	Lanau sedang (<i>medium silt</i>)	0,233	0,85
4	Lanau (<i>standart silt</i>)	0,322	1,0
5	Pasir (<i>medium sand</i>)	0,505	1,25
6	Pasir kasar (<i>coarse sand</i>)	0,725	1,5
7	Kerikil (<i>heavy sand</i>)	0,29	2,0

Kedalaman Penggerusan berdasarkan tabel yang diambil dari DPU Bina Marga Propinsi Jawa Tengah adalah sebagai berikut ;

Tabel 2.46. Kedalaman penggerusan

No.	Kondisi Aliran	Penggerusan Maks.
1	Aliran lurus	1,27d
2	Aliran belok	1,5d
3	Aliran belok tajam	1,75d
4	Belokan sudut lurus	2d
5	Hidung pilar	2d

Formula *Lacey* :

Untuk

$$L < W \Rightarrow d = H * \left[\frac{L}{W} \right]^{0,6}$$

Untuk

$$L > W \Rightarrow d = 0,473 \left[\frac{Q}{f} \right]^{0,333}$$

Keterangan : L = Bentang jembatan

W = Lebar alur sungai

H = Tinggi banjir rencana

Q = Debit maksimum

F = Faktor lempung



2.7. ASPEK KONSTRUKSI JEMBATAN

Klasifikasi kostruksi jembatan dibedakan berdasarkan bangunan atasnya adalah sebagai berikut :

Tabel 2.47. Klasifikasi Jembatan Berdasarkan Bangunan Atasnya

No	Jenis Bangunan Atas	Variasi Bentang	Perbandingan H /L Tipikal	Penampilan
A	Konstruksi Kayu :			
1	Jembatan balok dengan lantai urug atau lantai papan	5 – 20 m	1 / 15	Kurang
2	Gelagar kayu gergaji dengan papan lantai	5 – 10 m	1 / 5	Kurang
3	Rangka lantai atas dengan papan kayu	20 – 50	1 / 5	Kurang
4	Gelagar baja dengan lantai papan kayu	5 – 35	1/17 – 1/30	Kurang
B	Konstruksi Baja			
1	Gelagar baja dengan lantai plat baja	5 – 25	1/25 – 1/27	Kurang
2	Gelagar baja dengan lantai beton komposit (bentang Sederhana dan menerus)	15 – 50 35 – 90	1 / 20	Fungsional
3	Rangka lantai bawah dengan plat beton	30 – 100	1/8 – 1/11	Kurang
4	Rangka Baja Menerus	60 – 150	1 / 10	Baik
C	Konstruksi Beton Bertulang :			
1	Plat beton bertulang	5 – 10	1 / 12,5	Fungsional
2	Pelat berongga	10 – 18	1 / 18	Fungsional
3	Gelagar beton ‘ T ‘	6 – 25	1/12 – 1/15	Fungsional
4	Lengkung beton (Parabola)	30 – 70	1 / 30	Estetik



D	Jembatan Beton Pratekan :			
1	Segmen pelat	6 – 12	1 / 20	Fungsional
2	Gelagar I dengan lantai beton komposit, bentang menerus.	20 – 40	1 / 17,5	Fungsional
3	Gelagar ‘ T ‘ pasca penegangan	20 – 45	1/16,5-1/17,5	Fungsional
4	Gelagar boks menerus, pelaksanaan kantilever	6 – 150	1/ 18 – 1 / 20	Estetik

Sumber : *Bridge Management System (BMS), 1992*

2.7.1. Pembebanan Struktur

Beban yang bekerja pada struktur jembatan disesuaikan dengan Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya SKBI 1.3.28.1987 Dirjen Bina Marga DPU yaitu :

1. Beban Primer

Beban primer atau muatan primer adalah beban atau muatan yang merupakan muatan utama dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan. Yang termasuk muatan primer adalah :

a. Beban Mati

Yaitu merupakan beban akibat berat sendiri struktur jembatan

b. Beban Hidup

Yaitu merupakan beban yang berasal dari beban kendaraan yang bergerak, sesuai dengan kelas jalan dan banyaknya lajur lalu lintas.

Dari Peraturan Perencanaan Jembatan Jalan Raya / PPJJR pasal 1 (2) menjelaskan bahwa beban hidup yang bekerja pada struktur adalah :

- Beban T yakni beban terpusat untuk lantai kendaraan yang digunakan untuk perhitungan kekuatan lantai jembatan.
- Beban D atau beban jalur yakni beban terbagi rata sebesar Q panjang per jalur dan beban garis P per jalur lalu lintas untuk perhitungan kekuatan geser gelagar, yang ditentukan sebagai berikut :



- e. Gaya gempa yang diperhitungkan bagi jembatan yang akan dibangun di daerah yang dipengaruhi oleh gempa bumi (PPJJR pasal 2 (5) dan *Bridge Design Manual Section 2*)
- f. Gaya akibat gesekan pada tumpuan bergerak karena adanya pemuaian dan penyusutan jembatan akibat perbedaan suhu (PPJJR pasal 2 (6))

3. Beban Khusus

Beban khusus atau muatan khusus adalah muatan yang merupakan beban-beban khusus untuk perhitungan tegangan pada perencanaan jembatan.

Beban khusus seperti yang termuat dalam Peraturan Perencanaan Jembatan Jalan Raya / PPJJR pasal 3 berupa :

- a. Beban sentrifugal K_s

$$K_s = 0,79 \frac{V^2}{R} \quad \text{dimana ; } V = \text{Kecepatan rencana}$$

R = Jari-jari tikungan

- b. Gaya tumbuk
- c. Gaya pada saat pelaksanaan
- d. Gaya akibat aliran air dan tumbukan benda-benda hanyutan

$$A_h = K (V_a)^2 \quad \text{dimana ; } A_h = \text{Tekanan air}$$

V_a = Kecepatan aliran

K = Koefisien aliran

- e. Gaya angkat

Kombinasi beban yang digunakan diambil dari Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya SKBI 1.3.28.1987 Dirjen Bina Marga DPU dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2.48. Kombinasi pembebanan

No.	Kombinasi Pembebanan dan Gaya	Tegangan yang dipakai terhadap Tegangan Ijin
1.	$M + (H + K) T_a + T_u$	100%
2.	$M + T_a + A_h + G_g + A + S_R + T_m + S$	125%



3.	Kombinasi (1) + Rm + Gg + A + SR + Tm	140%
4.	M + Gh + Tag + Gg + AHg + Tu	150%
5.	M + P1	130% *)
6.	M + (H + K) + Ta + S + Tb	150%

*) Khusus untuk jembatan baja

Keterangan :

A = Beban angin

Ah = Gaya akibat aliran dan hanyutan

AHg = Gaya akibat aliran dan hanyutan pada saat terjadi gempa

Gg = Gaya gesek pada tumpuan bergerak

Gh = Gaya horisontal ekivalen akibat gempa bumi

(H+K) = Beban hidup dan kejut

M = Beban mati

P1 = Gaya-gaya pada saat pelaksanaan

Rm = Gaya rem

S = Gaya sentrifugal

SR = Gaya akibat susut dan rangkai

Tm = Gaya akibat perubahan suhu

Ta = Gaya tekanan tanah

Tag = Gaya tekanan tanah akibat gempa bumi

Tb = Gaya tumbuk

Tu = Gaya angkat

2.7.2. Struktur Atas (*Upper Structure*)

Struktur atas merupakan struktur dari jembatan yang terletak dibagian atas dari jembatan. Struktur jembatan bagian atas meliputi :

1. Sandaran

Merupakan pembatas antara kendaraan dengan pinggir jembatan sehingga memberi rasa aman bagi pengguna jalan. Tiang sandaran dibuat dari konstruksi beton bertulang dengan bentuk penampang persegi. Prinsip perhitungan konstruksi sandaran seperti pada perhitungan kolom sesuai dengan SKSNI T – 15 – 1991 – 03. Beban



yang bekerja pada sandaran adalah beban sebesar 100 kg yang bekerja dalam arah horisontal setinggi 0,9 meter.

2. Trotoir

Konstruksi *trotoir* direncanakan sebagai pelat beton yang diletakkan pada lantai jembatan bagian samping yang diasumsikan sebagai pelat yang tertumpu sederhana pada pelat jalan. Prinsip perhitungan pelat *trotoir* sesuai dengan SKSNI T – 15 – 1991 – 03. Pembebanan pada *trotoir* meliputi :

- Beban mati berupa berat sendiri pelat.
- Beban hidup sebesar 500 kg/m^2 berupa beban merata dan beban terpusat pada *kerb* dan sandaran.
- Beban akibat tiang sandaran.

Penulangan plat *trotoir* diperhitungkan sebagai berikut :

$$d = h - p - 0,5\phi \quad M/bd^2 = \dots \rightarrow \rho \text{ (GTPBB)}$$

ρ_{\min} dan ρ_{\max} dapat dilihat pada tabel GTPBB (Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang)

$$\text{syarat : } \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$A_s = \rho * b * d \quad \text{dimana ; } d = \text{tinggi efektif pelat}$$

$$h = \text{tebal pelat}$$

$$\rho = \text{tebal selimut beton}$$

$$\phi = \text{diameter tulangan}$$

$$b = \text{lebar pelat per meter}$$

3. Pelat Lantai

Berfungsi sebagai penahan lapisan perkerasan. Pelat lantai diasumsikan tertumpu pada dua sisi. Pembebanan pada pelat lantai meliputi :

- Beban mati berupa berat sendiri pelat, berat *pavement* dan berat air hujan.
- Beban hidup seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya.

Perhitungan untuk penulangan pelat lantai jembatan sama dengan prinsip penulangan pada pelat *trotoir*.

4. Diafragma

Juga dapat dikatakan sebagai balok melintang yang terletak di antara balok induk atau balok memanjang yang satu dengan yang lain. Konstruksi ini berfungsi sebagai pengaku gelagar memanjang dan tidak berfungsi menahan beban luar apapun



kecuali berat sendiri *diafragma*. Untuk perhitungan momen sesuai dengan Dasar Dasar Perencanaan Beton Bertulang (DDPB).

Untuk penulangan *diafragma* adalah sebagai berikut :

$M/bd^2 = \dots \rightarrow \rho$ (Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang GTPBB)

ρ_{min} dan ρ_{max} dapat dilihat pada tabel GTPBB

syarat : $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$

$$A_s = \rho * b * d$$

$v_u = V_u / bd \rightarrow \phi_{vc} = \dots$ (tabel 15 GTPBB)

jika $v_u < \phi_{vc}$ maka tidak diperlukan tulangan geser

untuk $v_u > \phi_{vc}$ maka :

$\phi_{vs} = (v_u - \phi_{vc}) < \phi_{vs \text{ maks}}$ (tabel 17 Dasar Dasar Perencanaan Beton bertulang / DDPBB)

$$A_s = \frac{(v_u - \phi_{vc})}{\phi * f_y} * b * y$$

Maka luas sengkang sebagai berikut :

$$A_s \text{ min} = \frac{b * y}{3 * f_y}$$

syarat $A_s \text{ sengkang} > A_s \text{ sengkang min}$.

5. Balok Memanjang

Merupakan gelagar utama yang berfungsi menahan beban pelat lantai, lapis perkerasan dan beban air hujan, kemudian menyalurkannya ke andas (jembatan balok prestress/ beton bertulang) atau ke gelagar melintang (jembatan rangka baja)

6. Andas

Merupakan perletakan dari jembatan yang berfungsi untuk menahan beban berat baik yang vertikal maupun horizontal serta untuk meredam getaran sehingga abutment tidak mengalami kerusakan.

Untuk perletakkan jembatan direncanakan digunakan *bearings* merk CPU buatan Indonesia.

a. *Elastomeric Bearing Pads*

Spesifikasi :

- Merupakan bantalan atau perletakan *elastomer* yang dapat menahan beban berat, baik yang vertikal maupun horisontal.



- Bantalan atau perletakan *elastomer* disusun atau dibuat dari lempengan *elastomer* dan logam yang disusun secara lapis per lapis.
- Merupakan satu kesatuan yang saling melekat kuat dan diproses dengan tekanan tinggi.
- Bantalan atau perletakan *elastomer* berfungsi untuk meredam getaran, sehingga kepala jembatan (*abutment*) tidak mengalami kerusakan.
- Lempengan logam yang paling luar dan ujung-ujung *elastomer* dilapisi dengan lapisan *elastomer* supaya tidak berkarat.
- Bantalan atau perletakan *elastomer* juga disebut bantalan *neoprene* yang dibuat dari karet sintetis.

Pemasangan :

- Bantalan atau perletakan *elastomer* dipasang diantara tumpuan kepala jembatan dan gelagar jembatan.
- Untuk melekatkan bantalan atau perletakan *elastomer* dengan beton atau besi dapat dipergunakan lem *epoxy rubber*.

Ukuran :

Selain ukuran-ukuran standar yang sudah ada, juga dapat dipesan ukuran sesuai permintaan.

b. *Bearing Pads / Strip*

Spesifikasi :

- Merupakan lembaran karet (*elastomer*) tanpa plat baja

Berfungsi untuk meredam getaran mesin maupun ujung gelagar jembatan

- Dipasangkan diantara beton dengan beton atau beton dengan besi

Ukuran :

Selain ukuran-ukuran standar yang sudah ada, juga dapat dipesan ukuran sesuai permintaan.



7. Oprit

Oprit dibangun agar memberikan kenyamanan saat peralihan dari ruas jalan ke jembatan. Oprit disini dilengkapi dengan dinding penahan. Pada perencanaan oprit, perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a. Type dan kelas jalan ataupun jembatan
Hal ini sangat berhubungan dengan kecepatan rencana
- b. Volume lalu lintas
- c. Tebal perkerasan

2.7.3. Struktur Bawah (*Sub Structure*)

1. Pilar

Pilar identik dengan *abutment* perbedaannya hanya pada letak konstruksinya saja. Sedangkan fungsi pilar adalah untuk memperpendek bentang jembatan yang terlalu panjang. Pilar terdiri dari bagian – bagian antara lain :

- Kepala pilar (*pierhead*)
- Kolom pilar
- Pilecap

Dalam mendesain pilar dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

1. Menentukan bentuk dan dimensi rencana penampang pilar serta mutu beton serta tulangan yang diperlukan.
2. Menentukan pembebanan yang terjadi pada pilar :
 - a. Beban mati berupa gelagar induk, lantai jembatan, *diafragma*, *trottoir*, perkerasan jembatan (*pavement*), sandaran, dan air hujan
 - b. Beban hidup berupa beban merata dan garis serta beban di *trottoir*
 - c. Beban sekunder berupa beban gempa, rem dan traksi, koefisien kejut, beban angin dan beban akibat aliran dan tumbukan benda – benda hanyutan.
3. Menghitung momen, gaya normal dan gaya geser yang terjadi akibat kombinasi dari beban – beban yang bekerja.
4. Mencari dimensi tulangan dan cek apakah pilar cukup memadai untuk menahan gaya – gaya tersebut.



telapak tidak dianjurkan mengingat untuk menjaga kemungkinan terjadinya pergeseran akibat gerusan.

b. Pondasi Sumuran

Pondasi sumuran digunakan untuk kedalaman tanah keras antara 5 - 8 m. Pondasi sumuran dibuat dengan cara menggali tanah berbentuk lingkaran berdiameter > 80 cm. Penggalian secara manual dan mudah dilaksanakan. Kemudian lubang galian diisi dengan beton atau beton bertulang jika dianggap perlu. Pada ujung atas pondasi sumuran dipasang poer untuk menerima dan meneruskan beban ke pondasi secara merata.

Sedangkan *Poer* adalah sebagai kepala dari kumpulan sumuran, berfungsi untuk mengikat beberapa sumuran menjadi satu kesatuan agar letak/posisi dari sumuran tidak berubah dan beban dari struktur atas dapat disalurkan dengan sempurna ke lapisan tanah keras melalui pondasi sumuran tersebut sehingga sruktur jembatan dapat berdiri dengan stabil dan kuat sesuai dengan umur rencana.

c. Pondasi Bore Pile

Pondasi bore pile merupakan jenis pondasi tiang yang dicor di tempat, yang sebelumnya dilakukan pengeboran dan penggalian. Sangat cocok digunakan pada tempat-tempat yang padat oleh bangunan-bangunan, karena tidak terlalu bising dan getarannya tidak menimbulkan dampak negatif terhadap bangunan di sekelilingnya.

d. Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang, digunakan jika lapisan tanah keras / lapisan pendukung beban berada jauh dari dasar sungai dan kedalamannya > 8,00m .

2.7.5. Drainase

Fungsi drainase adalah untuk membuat air hujan secepat mungkin dialirkan ke luar dari jembatan sehingga tidak terjadi genangan air dalam waktu yang lama. Akibat terjadinya genangan air maka akan mempercepat kerusakan struktur dari jembatan itu sendiri. Saluran drainase ditempatkan pada tepi kanan-kiri dari badan jembatan.

