

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol

Persyaratan umum jalan bebas hambatan untuk jalan tol adalah sebagai berikut:

- a. Merupakan lintas alternatif dari ruas jalan umum yang ada.
- b. Ruas jalan umum tersebut minimal mempunyai fungsi arteri primer atau kolektor primer.

2.2 Sistem Jaringan Jalan

Sistem jaringan jalan pada umumnya dibagi menjadi 2 (dua) kelompok besar, yaitu Sistem Jaringan Jalan Primer dan Sistem Jaringan Jalan Sekunder.

2.2.1 Sistem Jaringan Jalan Primer

Sistem jaringan jalan primer disusun berdasarkan rencana tata ruang pemerintah serta menjadi penghubung antar kawasan perkotaan yang merupakan pusat dari kegiatan sebagai berikut:

- menghubungkan pusat kegiatan nasional, pusat kegiatan wilayah, pusat kegiatan lokal sampai ke pusat kegiatan lingkungan; serta
- Menghubungkan antar pusat kegiatan nasional.

2.2.2 Sistem Jaringan Jalan Sekunder

Sistem Jaringan Jalan Sekunder disusun berdasarkan rencana tata ruang wilayah kota/kabupaten yang menjadi penghubung kawasan yang memiliki fungsi primer, fungsi sekunder kesatu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga, dan seterusnya sampai ke persil.

2.3 Fungsi Jalan

Berdasarkan sifat, pergerakan lalu lintas serta angkutan jalan, fungsi jalan diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Jalan Arteri; Merupakan akses jalan penghubung angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, serta jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
2. Jalan Kolektor; Merupakan akses jalan penghubung angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang serta jumlah akses jalan masuk dibatasi.
3. Jalan Lokal; Merupakan akses jalan penghubung angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, serta jumlah akses jalan masuk tidak dibatasi.
4. Lingkungan; Merupakan jalan yang melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat dan kecepatan rata-rata rendah.

2.4 Jenis – Jenis Jalan Tol

2.4.1 Jalan Tol Terbuka

Pada sistem tol terbuka, semua kendaraan berhenti di berbagai lokasi di sepanjang jalan untuk membayar tol. Meskipun hal ini dapat menghemat uang dari kurangnya kebutuhan untuk membangun gerbang tol di setiap jalan keluar, hal ini dapat menyebabkan kemacetan lalu lintas sementara lalu lintas antrian di gerbang tol jalur-utama (hambatan tol). Hal ini juga memungkinkan pengendara untuk memasuki jalan tol terbuka setelah gerbang tol dan keluar sebelum gerbang tol yang berikutnya, sehingga pengendara dapat menggunakan jalan tol, walaupun tidak membayar.

2.4.2 Jalan Tol Tertutup

Dalam sistem tertutup ini, kendaraan mengambil tiket tol saat akan memasuki jalan tersebut. Saat akan keluar, pengemudi harus membayar jumlah yang tercantum untuk keluar. Jika tiket hilang, pengendara biasanya harus membayar jumlah maksimum yang mungkin untuk perjalanan di jalan raya itu. Jalan tol yang pendek dengan tidak adanya pintu masuk/keluar ditengahnya mungkin hanya memiliki satu plaza tol di satu sisi, dengan pengendara perjalanan di kedua arah membayar biaya rata-rata baik ketika mereka memasuki atau ketika mereka keluar dari jalan tol.

2.4.3 Jalan Tol Elektronik

Dalam sistem ini, tidak ada pengumpulan uang tunai yang dilakukan, tol biasanya dikumpulkan dengan menggunakan transponder yang dipasang pada kaca depan setiap kendaraan, yang terkait dengan rekening nasabah yang didebit untuk setiap penggunaan jalan tol. Dengan merancang pintu tol khusus untuk pengumpulan elektronik, adalah mungkin untuk menerapkan jalan tol terbuka, di mana pelanggan tidak perlu memperlambat laju kendarannya sama sekali saat melewati pintu tol.

2.5 Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu merupakan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas dan sebagai akses ke rumah-rumah. Jadi tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisien pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan/biaya pelaksanaan. Ruang, bentuk, dan

ukuran jalan dikatakan baik, jika memberikan rasa aman dan nyaman kepada pemakai jalan. (Silvia Sukirman, 1999:17)

Perencanaan geometrik jalan adalah perencanaan *route* dari suatu ruas jalan secara lengkap, meliputi beberapa elemen yang disesuaikan dengan kelengkapan dan data dasar yang ada atau tersedia dari hasil survei lapangan dan telah dianalisis, serta mengacu pada ketentuan yang berlaku. (Shirley L.Hendarsin, 2000:88)

Alinyemen dari perencanaan geometrik jalan terbagi menjadi :

- a. Alinyemen horizontal/trase jalan.
- b. Alinyemen vertikal/penampang memanjang jalan.

2.6 Standar Jalan

2.6.1 Standar Menurut Fungsi Jalan

Standar jalan menurut fungsi jalan berdasarkan sifat dan pola pergerakan pada lalu lintas dan angkutan jalan. Klasifikasi jalan bebas hambatan untuk jalan tol menurut fungsi jalan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi menurut fungsi jalan

Fungsi Jalan	Jenis Angkutan yang Dilayani	Jarak Perjalanan	Kecepatan Rata-rata	Jumlah Jalan Masuk
Arteri	Utama	Jauh	Tinggi	Dibatasi
Kolektor	Pengumpul atau pembagi	Sedang	Sedang	Dibatasi

2.6.2 Standar Menurut Kelas Jalan

Standar menurut kelas jalan dibedakan berdasarkan penggunaan jalan dan kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan, serta spesifikasi penyediaan prasarana jalan

2.6.2.1 Standar Kelas Jalan Berdasarkan Penggunaan Jalan Dan Kelancaran Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan

Standar kelas jalan bebas hambatan untuk jalan tol berdasarkan penggunaan jalan dan kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2 Standar kelas jalan berdasarkan penggunaan jalan dan kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan Maksimum		Muatan Sumbu Terberat yang Diizinkan (ton)
		Lebar (mm)	Panjang (mm)	
I	Arteri	2.500	18.000	≥ 10
II	Arteri	2.500	18.000	10
IIIA	Arteri atau Kolektor	2.500	18.000	8

2.6.2.2 Standar Kelas Jalan Berdasarkan Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan

Klasifikasi kelas jalan bebas hambatan untuk jalan tol berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan adalah jalan bebas hambatan karena jalan tol melayani arus lalu lintas jarak jauh, tidak ada persimpangan sebidang, jumlah jalan masuk dibatasi dan harus terkendali secara penuh, jumlah lajur minimal dua lajur per arah, menggunakan pemisah tengah atau median, dan harus dilakukan pemagararan.

Standar medan jalan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur melintang terhadap sumbu jalan dapat dilihat pada **Tabel 2.3**.

Tabel 2.3 Standar menurut medan jalan

Medan Jalan	Notasi	Kemiringan Medan
Datar	D	$< 10,0\%$
Perbukitan	B	$10,0\% - 25,0\%$

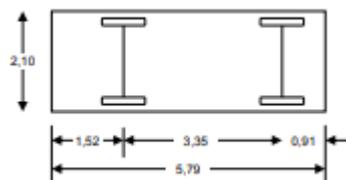
Pegunungan	G	> 25,0%
------------	---	---------

2.7 Standar Kendaraan Rencana

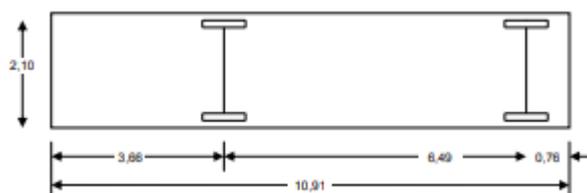
Dimensi standar kendaraan rencana untuk desain jalan bebas hambatan untuk jalan tol dapat dilihat pada **Tabel 2.4** dan seperti diilustrasikan pada **Gambar 2.1** hingga **Gambar 2.7**.

Tabel 2.4 Dimensi kendaraan rencana

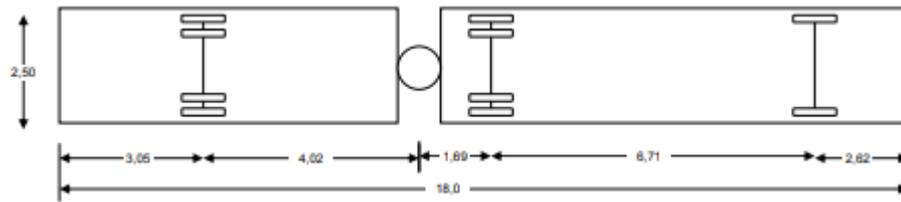
Jenis Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (m)			Dimensi Tonjolan (m)	
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang
Mobil Penumpang	1,3	2,1	5,8	0,9	1,5
Bus	3,2	2,4	10,9	0,8	3,7
Bus Gandeng	3,4	2,5	18,0	2,6	3,1
Truk 2 as	4,1	2,4	9,2	1,2	1,8
Truk 3 as	4,1	2,4	12,0	1,2	1,8
Truk 4 as	4,1	2,4	13,9	0,9	0,8
Truk 5 as	4,1	2,5	16,8	0,9	0,6



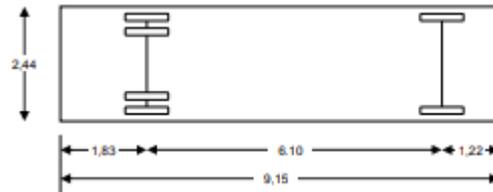
Gambar 2.1 Dimensi mobil penumpang



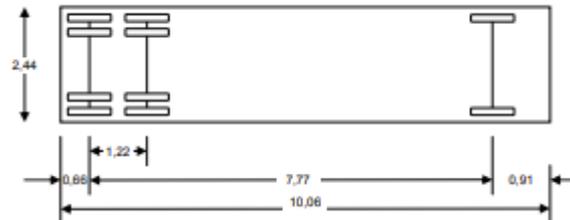
Gambar 2.2 Dimensi Bus



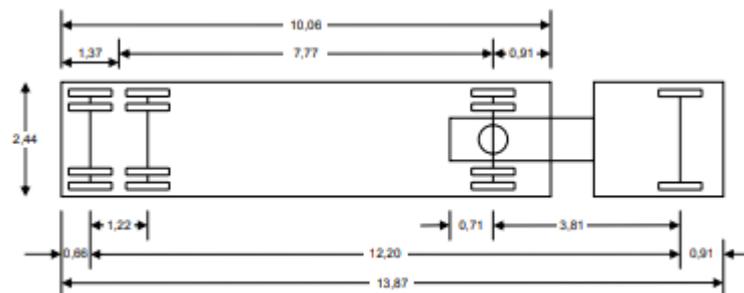
Gambar 2.3 Kendaraan Bus Gandeng



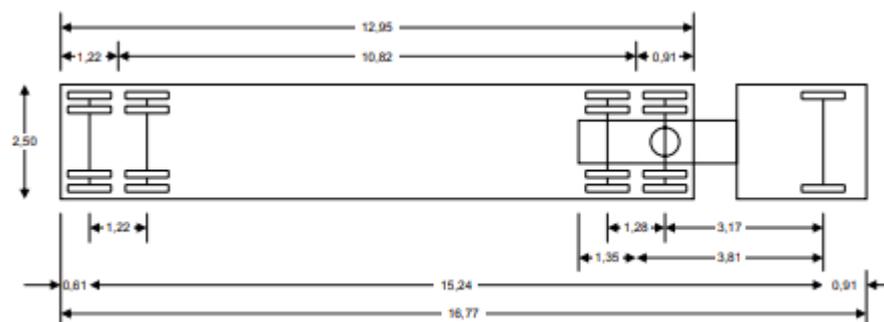
Gambar 2.4 Kendaraan Truk Dua as



Gambar 2.5 Kendaraan Truk Tiga as



Gambar 2.6 Kendaraan Truk Empat as



Gambar 2.7 Kendaraan Truk Lima as

2.8 Standar Jumlah Lajur

Standar minimal jumlah lajur adalah 2 (dua) lajur per arah atau 4/2 D dan ditentukan berdasarkan prakiraan volume lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang dinyatakan dalam smp/hari sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5. Dalam menghitung LHR, karena pengaruh berbagai jenis kendaraan, digunakan faktor ekivalen mobil penumpang.

2.8.1 Nilai Ekivalen Mobil Penumpang (EMP)

Nilai emp untuk jalan bebas hambatan untuk jalan tol dapat dilihat pada

Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Ekivalensi mobil penumpang (emp)

Tipe alinyemen	Arus lalu lintas per Arah (kend/jam)		Emp		
	4/2D	6/2D	MHV	LB	LT
Datar	2.250 ≥ 2.800	3.400 ≥ 4.150	1,6 1,3	1,7 1,5	2,5 2,0
Perbukitan	1.700 ≥ 2.250	2.600 ≥ 3.300	2,2 1,8	2,3 1,9	4,3 3,5
Pegunungan	1.450 ≥ 2.000	2.150 ≥ 3.000	2,6 2,0	2,9 2,4	4,8 3,8

Keterangan :

LV Kendaraan Ringan	Kendaraan bermotor ber as dua dengan 4 (empat) roda dan dengan jarak as 2,0 m - 3,0 m (meliputi: mobil penumpang, oplet, mikrobis, pick-up dan truk kecil)
---------------------	--

MHV	Kendaraan Berat Menengah	Kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5 m - 5,0 m (termasuk bis kecil, truk dua as dengan enam roda)
LT	Truk Besar	Truk tiga gandar dan truk kombinasi dengan jarak gandar < 3,5 m
LB	Bis Besar	Bis dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,0 m - 6,0 m.

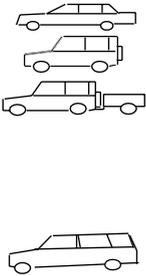
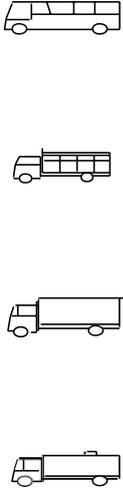
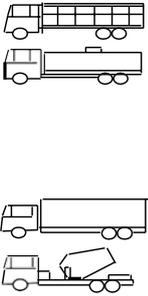
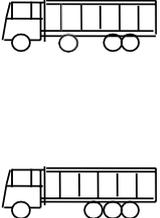
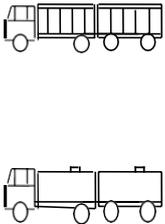
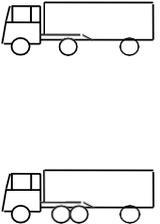
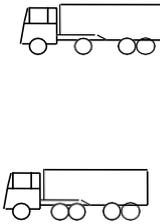
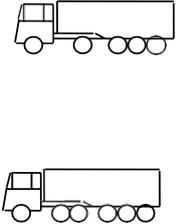
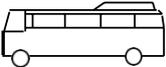
2.8.2 Volume Lalulintas Rencana

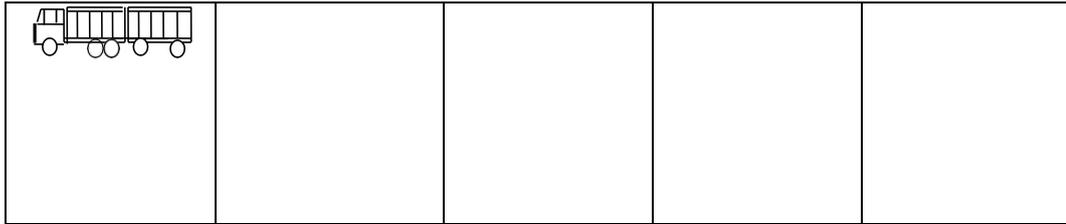
Komposisi kelas kendaraan yang mengacu pada kelas kendaraan yang biasa digunakan Bina Marga (dibagi ke dalam 10 kelas) dan gambaran masing-masing kelas kendaraan disajikan pada **Gambar 2.8**. Kelas kendaraan tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Golongan I : - Kendaraan ringan (Kelas 1)
- b. Truk medium (Kelas 2)
- c. Bus besar (Kelas 10)
- d. Golongan II : - Truk besar dua sumbu (Kelas 3)
- e. Golongan III : - Truk tiga sumbu (Kelas 4)
- f. Golongan IV : - Truk empat sumbu (Kelas 5)
- g. Truk gandengan (Kelas 6)
- h. Trailer tiga & empat sumbu (Kelas 7)

i. Golongan V : - Trailer empat & lima sumbu (Kelas 8)

j. Trailer lima & enam sumbu (Kelas 9)

KELAS KEND 1: M. PENUMP.	KELAS KEND 2: BUS/TRUK MED.	KELAS KEND 3: TRUK JENIS 1	KELAS KEND 4: TRUK JENIS 2	KELAS KEND 5: TRUK JENIS 3
				
KELAS KEND 6: GAND. JENIS 1	KELAS KEND 7: GAND. JENIS 2	KELAS KEND 8: GAND. JENIS 3	KELAS KEND 9: GAND. JENIS 4	KELAS KEND 10: BUS
				



Gambar 2.8 Gambaran 10 Kelas Kendaraan

Perkiraan volume lalu lintas selama umur rencana jalan yang diperlukan disebut volume jam rencana (VJR). Volume Jam Rencana dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$VJR = VLHR \times (K/100)$$

Keterangan :

VLHR : perkiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas (smp/hari)

K : faktor volume lalu lintas jam sibuk (%), disebut faktor K, untuk jalan bebas hambatan, K = 12% untuk daerah perkotaan dan K = 20 % untuk daerah antarkota.

2.8.3 Satuan Mobil Penumpang

Untuk menyatakan kepadatan lalu lintas pada suatu ruas jaringan jalan sering dinyatakan dengan satuan mobil penumpang (smp) per satuan waktu. Maksudnya bahwa berbagai jenis kendaraan yang memadati jalan raya akan dinyatakan dalam satu satuan tersebut yang diatas. Dapat dipahami bahwa bus besar maupun truk akan memberikan pengaruh yang lebih tinggi kepada kepadatan lalu lintas dibanding dengan mobil penumpang biasa.

SMP, satuan untuk arus lalu lintas dimana arus berbagai tipe kendaraan diubah menjadi arus kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan ekivalen mobil penumpang.

Tabel 2.6 Satuan Mobil Penumpang

Jenis Kendaraan	Jalan Luar Kota	Jalan Dalam Kota
Mobil Pribadi	1,0	1,0
Truk Besar	3,0	2,0
Bus Besar	3,0	3,0

2.8.4 Standar Pelayanan dan Karakteristik Operasi

Tingkat pelayanan jalan bebas hambatan untuk jalan tol didefinisikan sebagai kemampuan ruas jalan bebas hambatan untuk menampung lalu lintas pada keadaan tertentu. Tingkat pelayanan minimum untuk jalan bebas hambatan untuk jalan tol antarkota adalah B dan tingkat pelayanan minimum untuk jalan bebas hambatan untuk jalan tol perkotaan adalah C. Karakteristik operasi terkait untuk tingkat pelayanan di jalan tol dapat dilihat pada **Tabel 2.7**.

Tabel 2.7 Standar pelayanan dan karakteristik operasi

Tingkat Pelayanan	Karakteristik Operasi Terkait
A	<ul style="list-style-type: none"> • Arus bebas • Volume pelayanan 1400 smp perjam pada 2 lajur 1 arah
B	<ul style="list-style-type: none"> • Arus stabil dengan kecepatan tinggi • Volume pelayanan maksimal 2000 smp perjam pada 2 lajur 1 arah
C	<ul style="list-style-type: none"> • Arus masih stabil • Volume pelayanan pada 2 lajur 1 arah tidak melebihi 75% dari kapasitas • Lajur (yaitu 1500 smp perjam per lajur atau 3000 smp perjam untuk 2 lajur)

2.9 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana jalan bebas hambatan untuk jalan tol harus memenuhi kriteria sebagaimana ditetapkan pada **Tabel 2.8**

Tabel 2.8 Kecepatan rencana (VR)

Medan Jalan	V _R (km/jam) minimal	
	Antarkota	Perkotaan
Datar	120	100
Perbukitan	100	80
Pegunungan	80	60

2.10 Bagian – Bagian Jalan

2.10.1 Ruang Manfaat Jalan

Ruang manfaat jalan diperuntukkan bagi median, perkerasan jalan, jalur pemisah, bahu jalan, saluran tepi jalan, lereng, ambang pengaman, timbunan, galian, gorong-gorong, perlengkapan jalan dan bangunan pelengkap jalan.

Ruang manfaat jalan bebas hambatan untuk jalan tol harus mempunyai lebar dan tinggi ruang bebas serta kedalaman sebagai berikut:

- a. Lebar ruang bebas diukur di antara 2 (dua) garis vertikal batas bahu jalan;
- b. Tinggi ruang bebas minimal 5 (lima) meter di atas permukaan jalur lalu lintas tertinggi;
- c. Kedalaman ruang bebas minimal 1,50 meter di bawah permukaan jalur lalu lintas terendah.

2.10.2 Ruang Milik Jalan

Ruang milik jalan diperuntukkan bagi ruang manfaat jalan dan pelebaran jalan maupun penambahan lajur lalu lintas di kemudian hari serta kebutuhan ruangan untuk pengamanan jalan tol dan fasilitas jalan tol.

Ruang milik jalan bebas hambatan untuk jalan tol harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Lebar dan tinggi ruang bebas ruang milik jalan minimal sama dengan lebar dan tinggi ruang bebas ruang manfaat jalan.
- b. Lahan ruang milik jalan harus dipersiapkan untuk dapat menampung minimal 2 x 3 lajur lalu lintas terpisah dengan lebar ruang manfaat jalan minimal 40 meter di daerah antarkota dan 30 meter di daerah perkotaan;
- c. Lahan pada ruang milik jalan diberi patok tanda batas sekurang-kurangnya satu patok setiap jarak 100 meter dan satu patok pada setiap sudut serta diberi pagar pengaman untuk setiap sisi.
- d. Pada kondisi jalan tol layang, perlu diperhatikan ruang milik jalan di bawah jalan tol.

2.10.3 Ruang Pengawasan Jalan

Ruang pengawasan jalan diperuntukkan bagi pandangan bebas pengemudi dan pengamanan konstruksi jalan. Batas ruang pengawasan jalan bebas hambatan untuk jalan tol adalah 40 meter untuk daerah perkotaan dan 75 meter untuk daerah antarkota, diukur dari as jalan tol. Dalam hal jalan tol berdempetan dengan jalan umum ketentuan tersebut diatas tidak berlaku.

Jalan ditetapkan keberadaannya dalam suatu ruang yang telah didefinisikan di atas. Ruang-ruang tersebut dipersiapkan untuk menjamin kelancaran dan keselamatan serta kenyamanan pengguna jalan disamping keutuhan konstruksi jalan. Dimensi ruang yang minimum untuk menjamin keselamatan pengguna jalan diatur sesuai dengan jenis prasarana dan fungsinya.

Tabel 2.9 Dimensi ruang jalan bebas hambatan untuk jalan tol

Bagian-bagian jalan	Komponen geometri	Dimensi minimum (m)			
		Jalan tol			
RUMAJA			Antarkota	Perkotaan	
	Lebar badan jalan		30,0	22,0	
	Tinggi		5,00	5,00	
	Kedalaman		1,50	1,50	
RUMIJA		JBH	Jalan Tol		
			Antarkota	Perkotaan	Layang/ Terowongan
	Lebar	30	40	30	20
RUWASJA		JBH	Jalan Tol		
			Antarkota	Perkotaan	Jembatan
	Lebar ¹⁾	75	75	40	100 ²⁾

2.11 Penampang Melintang

2.11.1 Komposisi Penampang Melintang

Komposisi penampang melintang jalan bebas hambatan untuk jalan tol terdiri dari: jalur lalu lintas, median dan jalur tepian, bahu, rel pengaman, saluran samping, lereng/talud.

2.11.2 Lebar Lajur Jalan dan Bahu

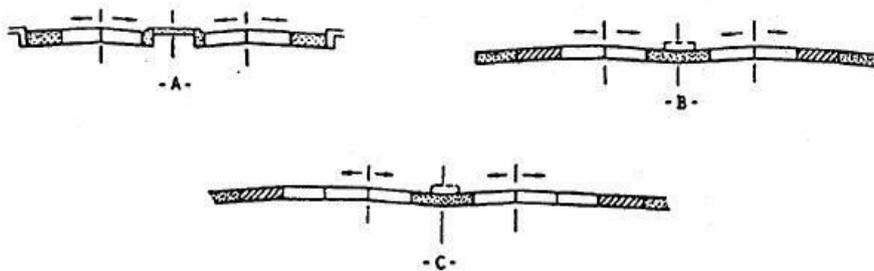
Lebar lajur dan lebar bahu jalan ditentukan berdasarkan lokasi jalan tol dan kecepatan rencana. Lebar lajur dan bahu jalan dapat dilihat pada Tabel 2.10

Tabel 2.10 Lebar lajur dan bahu jalan tol

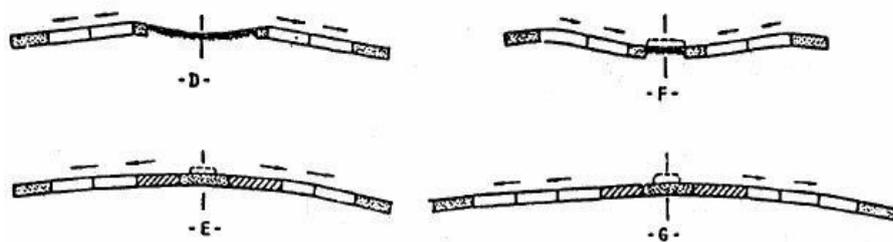
	V_R	Lebar Lajur (m)	Lebar Bahu Luar	Lebar Bahu Dalam
			Diperkeras (m)	Diperkeras

Lokasi Jalan Tol	(km/jam)	Minimal	Ideal	Minimal	Ideal*	(m)
Antarkota	120	3,60	3,75	3,00	3,50	1,50
	100	3,60	3,60	3,00	3,50	1,50
	80	3,60	3,60	3,00	3,50	1,00
Perkotaan	100	3,50	3,60	3,00	3,50	1,00
	80	3,50	3,50	2,00	3,50	0,50
	60	3,50	3,50	2,00	3,50	0,50

Kemiringan melintang jalur lalu lintas dapat dilakukan secara 1 (satu) arah atau 2 (dua) arah untuk masing-masing jalurnya, seperti diilustrasikan pada **Gambar 2.9** dan **Gambar 2.10** berikut.



Gambar 2.9 Kemiringan melintang 2 arah pada tiap jalur



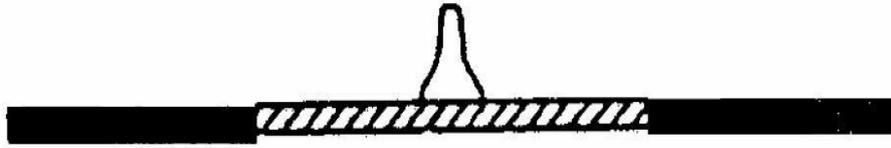
Gambar 2.10 Kemiringan melintang 1 arah pada tiap jalur

2.11.3 Median

Median atau pemisah tengah merupakan bangunan yang berfungsi memisahkan arus lalu lintas berlawanan arah dan ada tiga tipe standar median yang dapat digunakan:

a. Median concrete barrier.

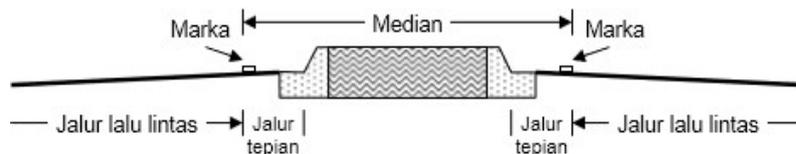
Median yang ditinggikan, yaitu median yang dibuat lebih tinggi dari permukaan jalan. Pada sisi luar median harus dilengkapi dengan kereb. Median



Gambar 2.11 Median concrete barrier

yang ditinggikan harus mengikuti ketentuan sebagai berikut:

- Median yang ditinggikan, dipasang apabila lebar lahan yang tersedia untuk penempatan median kurang dari 5,0 m
- Tinggi median dari permukaan jalan adalah 25 cm.
- Detail potongan dan penempatan median yang ditinggikan dalam potongan melintang jalan dapat dilihat pada **Gambar 2.12**.



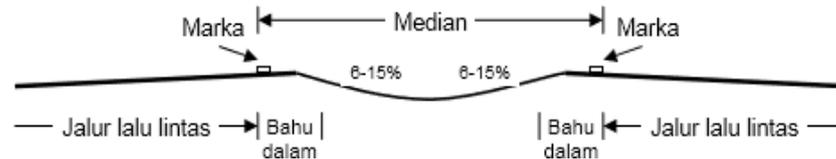
Gambar 2.12 Median yang ditinggikan

Median yang diturunkan, yaitu median yang dibuat lebih rendah dari permukaan jalur lalu lintas. Median yang diturunkan harus mengikuti ketentuan sebagai berikut:

- Dipasang apabila lebar lahan yang disediakan untuk median lebih besar atau sama dengan 5,0 m
- Kemiringan permukaan median antara 6% -15 %, dimulai dari sisi luar ke tengah-tengah median dan secara fisik berbentuk cekungan.
- Untuk jalan tol di daerah perkotaan, median yang diturunkan tidak

diperbolehkan, harus datar sebagai ruang terbuka hijau dan/ atau ruang untuk pelebaran lajur tambahan di masa yang akan datang.

- Detail potongan dan penempatan median yang direndahkan dalam potongan melintang jalan dapat dilihat pada **Gambar 2.13**.



Gambar 2.13 Median yang diturunkan

Lebar median jalan harus memenuhi ketentuan pada **Tabel 2.11**.

Tabel 2.11 Perencanaan median jalan tol

Lokasi Jalan Tol	Lebar Median (m)		Keterangan
	Minimal	Konstruksi Bertahap	
Antarkota	5,50	13,00	diukur dari garis tepi dalam lajur lalu lintas
Perkotaan	3,00	10,00	

Catatan: Untuk median dengan lebar minimum harus menggunakan rel pengaman lalu lintas.

2.11.4 Penampang Melintang Median Pada Jalan Terkena Superelevasi

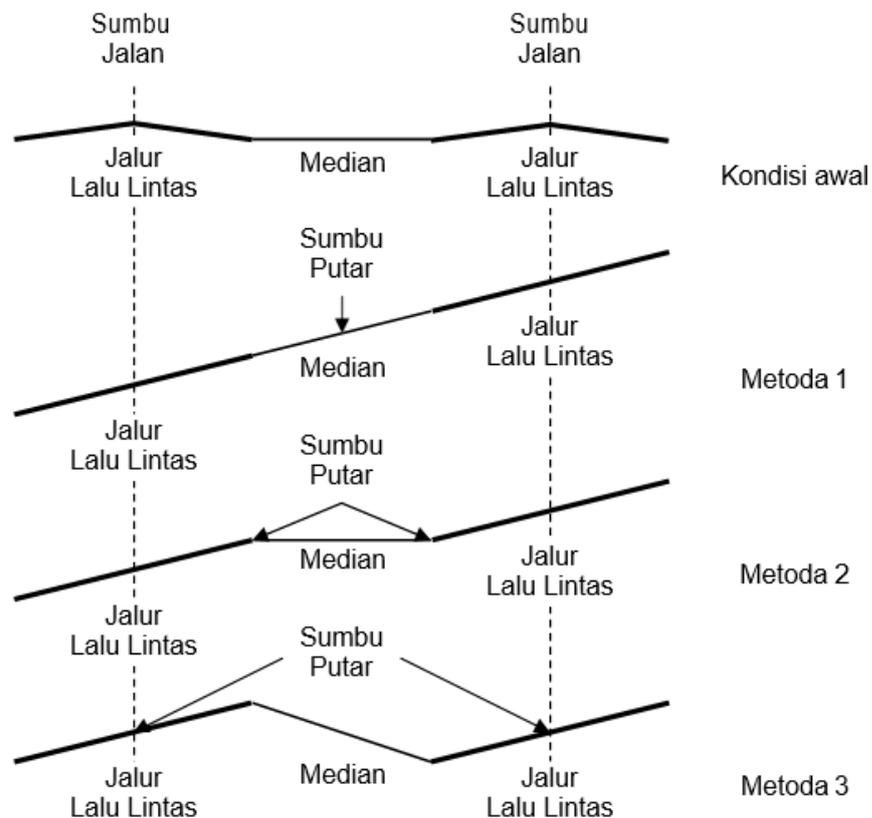
Pada kondisi tikungan dengan superelevasi, median jalan bebas hambatan untuk jalan tol dipilih dengan cara 3 (tiga) metoda untuk digunakan dalam pencapaian superelevasi, seperti pada **Gambar 2.14** dan dijelaskan sebagai berikut:

- a. Metoda 1, dengan ketentuan:
 - 1) Keseluruhan jalur lalu lintas termasuk median terkena superelevasi menyerupai sebidang datar;
 - 2) Bagian tengah median menjadi sumbu putar superelevasi.
- b. Metoda 2, dengan ketentuan:
 - 1) Keseluruhan jalur lalu lintas tanpa median terkena superelevasi;
 - 2) Sisi bagian dalam median menjadi sumbu putar jalur dalam, sisi luar

median menjadi sumbu putar jalur luar.

c. Metoda 3, dengan ketentuan:

- 1) Kedua jalur lalu lintas diperlakukan secara terpisah;
- 2) Masing-masing jalur lalu lintas menggunakan sumbu jalurnya untuk melakukan superelevasi

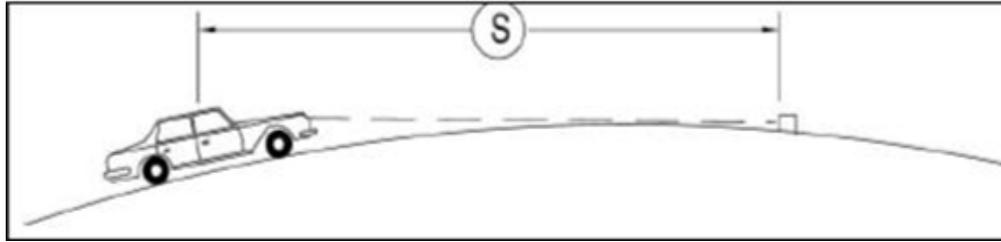


Gambar 2.14 Pencapaian superelevasi pada jalan dengan median

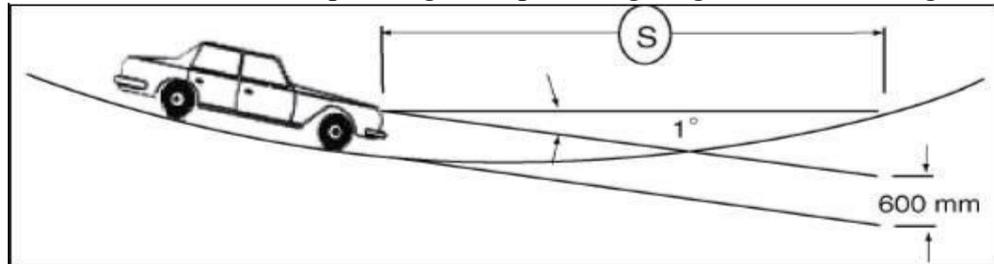
2.12 Jarak Pandang dan Kebebasan Samping

2.12.1 Jarak Pandang

Jarak pandang (S) diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 108 cm dan tinggi halangan 60 cm diukur dari permukaan jalan. Setiap bagian jalan harus memenuhi jarak pandang.



Gambar 2.15 Jarak pandang henti pada lengkung vertikal cembung



Gambar 2.16 Jarak pandang henti pada lengkung vertikal cekung

Jarak pandang henti (S_s) terdiri dari 2 (dua) elemen jarak, yaitu:

- Jarak awal reaksi (S_r) adalah jarak pergerakan kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem;
- Jarak awal pengereman (S_b) adalah jarak pergerakan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.
- Jarak pandang henti dapat terjadi pada dua kondisi tertentu sebagai berikut :
- Jarak pandang henti (S_s) pada bagian datar dihitung dengan rumus:

$$S_s = 0,278 \times V_R \times T + 0,039 \frac{V_R^2}{a}$$

- Jarak pandang henti (S_s) akibat kelandaian dihitung dengan rumus:

$$S_s = 0,278 \times V_R \times T + \frac{V_R^2}{254 \left[\left(\frac{a}{9,81} \right) \pm G \right]}$$

Keterangan:

V_R = kecepatan rencana (km/jam)

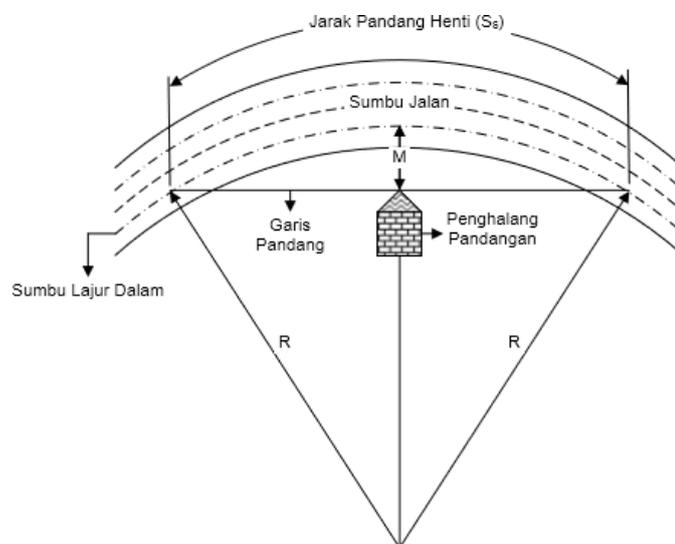
T = waktu reaksi, ditetapkan 2,5 detik

a = tingkat perlambatan (m/dtk^2), ditetapkan 3,4 meter/ dtk^2

G = kelandaian jalan (%)

2.12.2 Daerah Bebas Samping Ditikungan

Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh M (meter), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan jarak pandang henti dipenuhi. Ilustrasi dari daerah bebas samping di tikungan dapat dilihat pada **Gambar 2.17**.



Gambar 2.17 Diagram ilustrasi komponen untuk menentukan daerah bebas samping

Daerah bebas samping di tikungan pada kondisi tertentu dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

- Jika jarak pandang lebih kecil dari panjang tikungan ($S_s < L_c$) seperti pada **Gambar 2.18**;

$$M = R \left[1 - \cos \left(\frac{90 S_s}{\pi R} \right) \right]$$

- b. Jika jarak pandang lebih besar dari panjang tikungan ($S_s > L_c$) seperti pada **Gambar 2.19** ;

$$M = R \left[1 - \cos \left(\frac{90L_c}{\pi R} \right) \right] + 0,5(S_s - L_c) \sin \left(\frac{90L_c}{\pi R} \right)$$

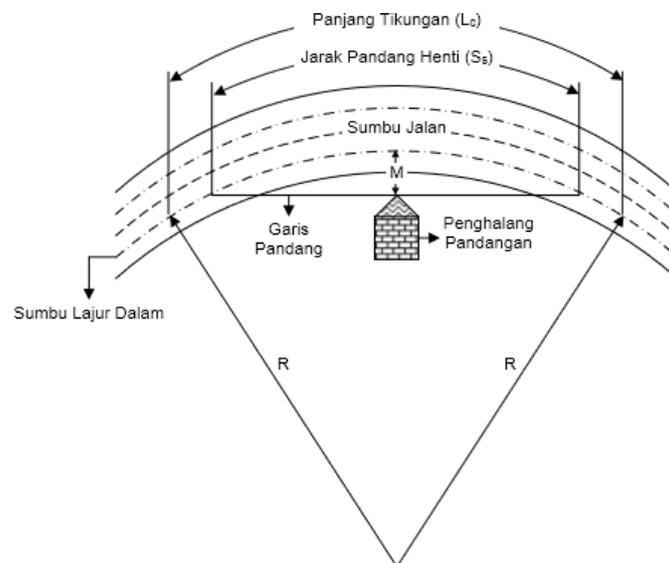
Keterangan:

M : jarak yang diukur dari sumbu lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan(m)

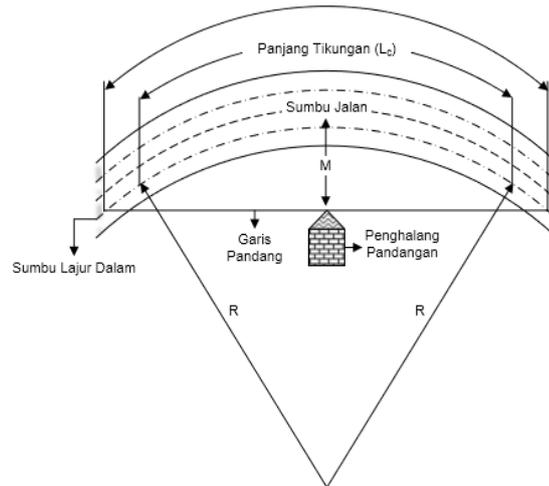
R : jari-jari sumbu lajur dalam (m)

S_s : jarak pandang henti (m)

L_c : panjang tikungan (m)



Gambar 2.18 Diagram ilustrasi daerah bebas samping di tikungan untuk $S_s < L_c$



Gambar 2.19 Gambar 2.19 Diagram ilustrasi daerah bebas samping di tikungan untuk $S_s > L_c$

2.13 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung (disebut juga tikungan). Geometri pada bagian lengkung didesain sedemikian rupa dimaksudkan untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima oleh kendaraan yang berjalan pada kecepatan V_R . Untuk keselamatan pemakai jalan, jarak pandang dan daerah bebas samping jalan, maka alinyemen horizontal harus diperhitungkan secara akurat.

2.13.1 Panjang Bagian Lurus

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu tidak lebih dari 2,5 menit (sesuai V_R). Panjang bagian lurus ditetapkan menurut **Tabel 2.12** sebagai berikut.

Tabel 2.12 Panjang bagian lurus maksimum

V _R (km/jam)	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)	
	Perhitungan	Pembulatan
140	5833,3	5850
120	5000,0	5000
100	4166,7	4200
80	3333,3	3350
60	2500,0	2500

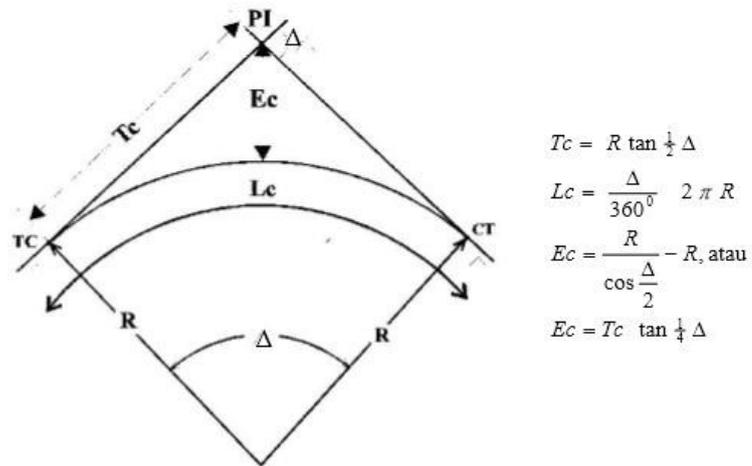
Sumber : Bina Marga

2.13.2 Standar Bentuk Tikungan

Standar bentuk tikungan terdiri atas 3 (tiga) bentuk secara umum, yaitu:

- a. *Full Circle* (FC), yaitu tikungan yang berbentuk busur lingkaran secara penuh. Tikungan ini memiliki satu titik pusat lingkaran dengan jari-jari yang seragam.
- b. *Spiral-Circle-Spiral* (SCS), yaitu tikungan yang terdiri dari 1 (satu) lengkung lingkaran dan 2 (dua) lengkung spiral.
- c. *Spiral-Spiral* (SS), yaitu tikungan yang terdiri atas 2 (dua) lengkung spiral.
- d. Lengkung khusus, yaitu berupa tikungan majemuk yang memiliki beberapa radius tikungan, yang dapat terdiri dari 3 (tiga) lengkung spiral atau lebih.

□ Full Circle



Gambar 2.20 Tikungan Full Circle

Keterangan:

Δ = Sudut Tikungan, ($^\circ$)

TC = Tangen to Circle

CT = Circle to Tangen

Rc = Jari-jari Busur Lingkaran, (m)

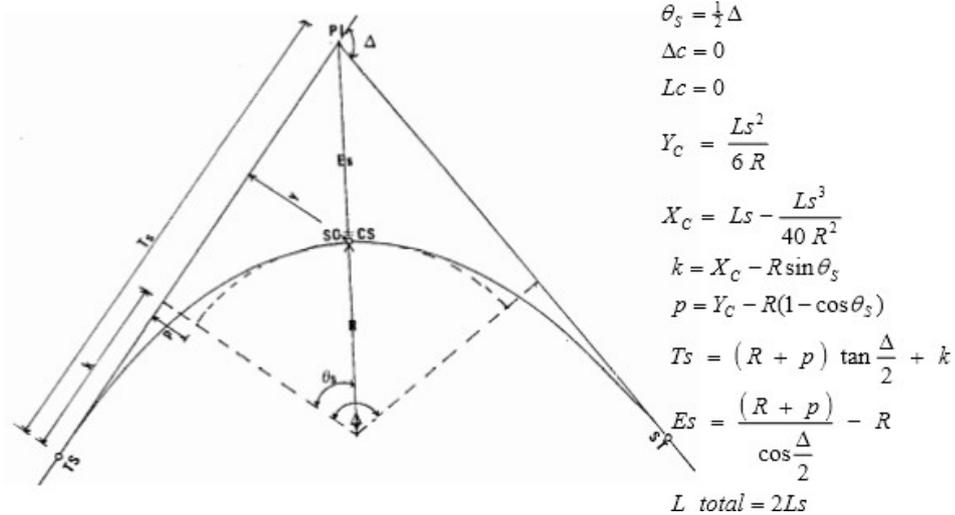
Tc = Panjang Tangen (jarak dari TC ke PI atau PI ke TC), (m)

Lc = Panjang Busur Lingkaran, (m)

Ec = Jarak Luar dari PI ke busur lingkaran, (m)

Spiral-Circle Spiral

□ Spiral-Spiral



Gambar 2.22 Tikungan Spiral-Spiral

Untuk Y_c , X_c , p , k , Ts , dan Es rumus sama dengan Tikungan SCS

2.13.3 Panjang Tikungan

Panjang tikungan (L_t) dapat terdiri dari panjang busur lingkaran (L_c) dan panjang 2 (dua) lengkung spiral (L_s) atau beberapa lengkung spiral yang diukur sepanjang sumbu jalan. Untuk menjamin kelancaran dan kemudahan mengemudikan kendaraan pada saat menikung, maka panjang suatu tikungan tidak kurang dari $6V_R$. Panjang ini dapat diperhitungkan berdasarkan V_R atau ditetapkan berdasarkan **Tabel 2.13** sebagai berikut:

Tabel 2.13 Panjang tikungan minimum

V_R (km/jam)	Panjang Tikungan Minimum (m)
120	720
100	600
80	480
60	360

Catatan :

- a. Pada tikungan full circle, nilai $L_s = 0$, sehingga $L_t = L_c$
- b. Pada tikungan Spiral-spiral, nilai $L_c = 0$, sehingga $L_t = 2 L_s$

2.13.4 Super Elevasi

- a. Superelevasi harus dibuat pada semua tikungan kecuali tikungan yang memiliki radius yang lebih besar dari R_{min} tanpa superelevasi. Besarnya superelevasi harus direncanakan sesuai dengan VR.
- b. Superelevasi berlaku pada jalur lalu lintas dan bahu jalan
- c. Nilai superelevasi maksimum ditetapkan antara 4%-10 %
- d. Harus diperhatikan masalah drainase pada pencapaian kemiringan.

2.13.5 Jari - Jari Tikungan

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

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

Keterangan: R_{min} = Jari jari tikungan minimum (m),

VR = Kecepatan rencana (km/j),

e_{max} = Superelevasi maksimum (%),

f_{max} = Koefisien gesek maksimum,

Besaran nilai superelevasi maksimum, ditentukan menggunakan sebagai berikut:

Tabel 2.14 Super elevasi maksimum berdasar tata guna lahan

Superelevasi Maksimum	Kondisi Yang Digunakan
10%	Maksimum untuk jalan tol antarkota
8%	Maksimum untuk jalan tol antarkota dengan curah hujan tinggi
6%	Maksimum untuk jalan tol perkotaan

Superelevasi Maksimum	Kondisi Yang Digunakan
4%	Maksimum untuk jalan tol perkotaan dengan kepadatan tinggi

Tabel 2.15 Super elevasi maksimum berdasar VR

V_R (km/jam)	Koefisien Gesek Maksimum (f_{max})
120	0,092
100	0,116
80	0,140
60	0,152

2.13.6 Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan (L_s) berfungsi untuk memberikan kesempatan kepada pengemudi untuk mengantisipasi perubahan alinyemen jalan dari bentuk lurus (R tak terhingga) sampai bagian lengkung jalan dengan jari jari R tetap, dengan demikian, gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan saat melintasi tikungan berubah secara berangsur-angsur, baik ketika kendaraan mendekati tikungan maupun meninggalkan tikungan.

Ketentuan lengkung peralihan adalah sebagai berikut:

- a. Bentuk lengkung peralihan yang digunakan adalah bentuk spiral (*clothoide*)
- b. Panjang lengkung peralihan ditetapkan atas pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut:
 - 1) waktu perjalanan melintasi lengkung peralihan
 - 2) tingkat perubahan kelandaian melintang jalan

- 3) gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan
 - 4) tingkat perubahan kelandaian relatif
- c. L_s ditentukan yang memenuhi ke empat kriteria tersebut di atas, sehingga dipilih nilai L_s yang repanjang

2.13.6.1 Waktu Perjalanan Melintasi Lengkung Peralihan

Waktu perjalanan melintasi lengkung peralihan harus dibatasi untuk menghindari kesan perubahan alinyemen yang mendadak. Kriteria ini dihitung dengan rumus:

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

Keterangan:

V_R : Kecepatan rencana (km/jam)

T : Waktu tempuh pada lengkung peralihan (detik), ditetapkan 2 detik Atau digunakan **Tabel 2.16** berikut:

Tabel 2.16 L_s min berdasarkan waktu perjalanan

V_R (km/jam)	L_s min (m)
120	67
100	56
80	45
60	34

2.13.6.2 Tingkat Perubahan Kelandaian Melintang Jalan

Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan (r_e) dari bentuk kelandaian normal ke kelandaian superelevasi penuh tidak boleh melampaui r_{e-max} yang ditetapkan sebagai berikut:

- a. Untuk $V_R \leq 70$ km/jam, $r_{e-max} = 0,035$ m/m/detik,
- b. Untuk $V_R \geq 80$ km/jam, $r_{e-max} = 0,025$ m/m/detik.

Kriteria ini dihitung dengan rumus :

$$L_S = \frac{\left(\frac{e_m - e_n}{100}\right)}{3,6r_e} V_R$$

Keterangan:

e_m : superelevasi maksimum (%)

e_n : superelevasi normal (%)

V_R : kecepatan rencana (km/jam)

r_e : tingkat perubahan kelandaian melintang jalan (m/m/det)

2.13.6.3 Gaya Sentrifugal yang Bekerja pada Kendaraan

Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan dapat diantisipasi berangsur-angsur pada lengkung peralihan dengan aman. Kriteria ini dihitung dengan rumus:

$$L_S = \frac{0,0214V_R^3}{RC}$$

Keterangan :

V_R : Kecepatan rencana (km/jam)

R : Radius tikungan (m)

C : Perubahan maksimum percepatan arah radial (m/det³), digunakan 1,2 m/det³

2.13.6.4 Tingkat Perubahan Kelandaian Relatif

Tingkat perubahan kelandaian relatif (Δ) dari bentuk kemiringan normal ke bentuk kemiringan superelevasi penuh tidak boleh melampaui Δ maksimum yang ditetapkan seperti pada **Tabel 2.17**.

Tabel 2.17 Tingkat perubahan kelandaian melintang maksimum

VR (km/jam)	Δ (m/m)
120	1/263
100	1/227
80	1/200
60	1/167

Panjang pencapaian perubahan kelandaian dari kemiringan normal sampai ke kemiringan superelevasi penuh (L_s) dihitung dengan menggunakan rumus:

$$L_s = \frac{(wn_1)e_d}{\Delta} (b_w)$$

Keterangan

w : lebar satu lajur lalu lintas (m) e_d : superelevasi rencana (%)

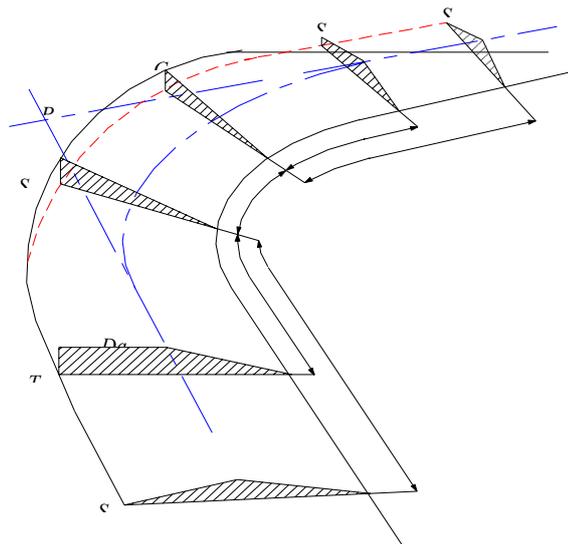
n_1 : jumlah lajur yang diputar

b_w : faktor penyesuaian untuk jumlah lajur yang diputar

Δ : tingkat perubahan kelandaian relatif (m/m)

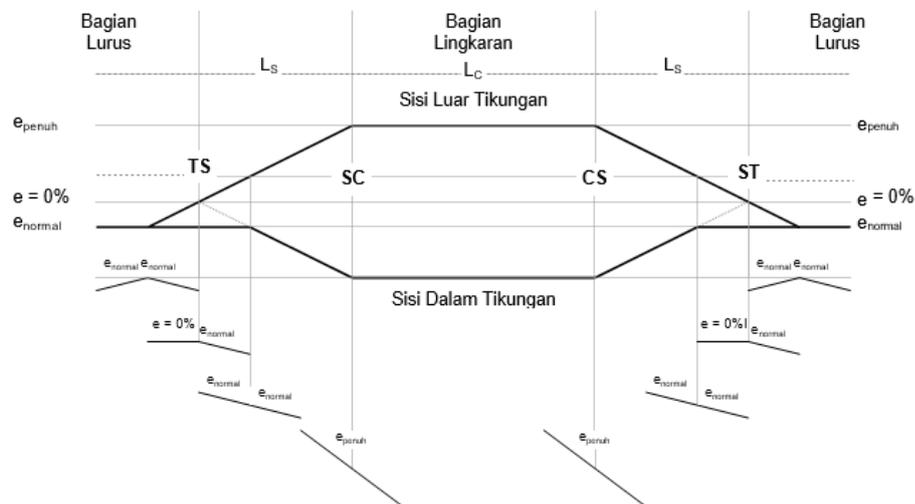
Tikungan yang memiliki R dengan nilai $e = LN$ tidak memerlukan lengkung peralihan dan tikungan yang memiliki R dengan nilai $e = RC$ tidak memerlukan superelevasi.

2.13.7 Diagram Superelevasi

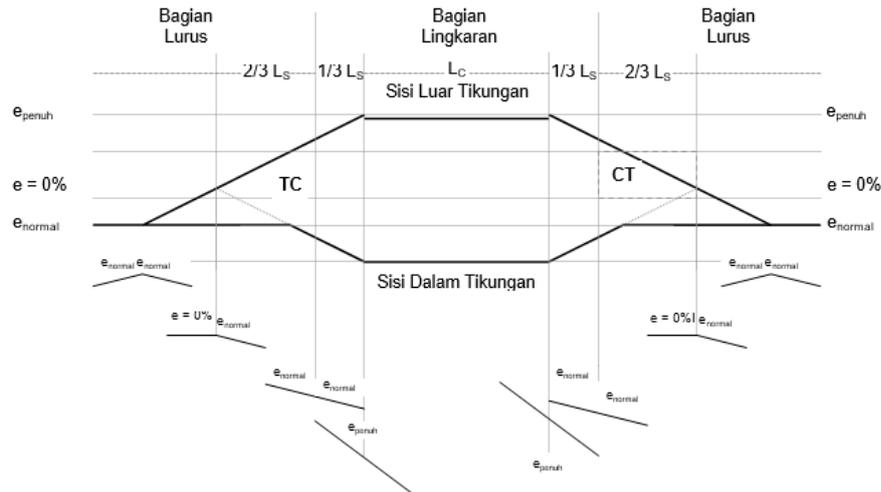


- a. Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke superelevasi penuh pada bagian lengkung

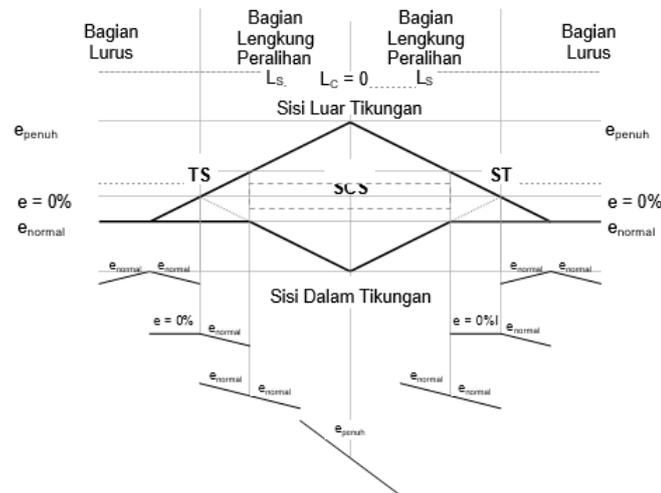
- b. Pada tikungan tipe SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bentuk normal sampai awal lengkung peralihan pada titik TS, kemudian meningkat secara bertahap sampai mencapai superelevasi penuh pada titik SC
- c. Pada tikungan tipe FC, bila diperlukan pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bagian lurus sepanjang $2/3 L_s$ dan dilanjutkan pada bagian lingkaran penuh sepanjang $1/3$ bagian panjang L_s
- d. Pada tikungan tipe SS, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral



Gambar 2.23 Pencapaian Superelevasi pada tikungan tipe SCS



Gambar 2.24 Pencapaian Superelevasi pada tikungan tipe FC



Gambar 2.25 Pencapaian Superelevasi pada tikungan tipe SS

2.13.8 Pelebaran Jalur Lalu Lintas Ditikungan

Pelebaran pada tikungan dimaksudkan untuk mempertahankan kondisi pelayanan operasional lalu lintas di bagian tikungan, sehingga sama dengan pelayanan operasional di bagian jalan yang lurus.

Pada jalan bebas hambatan untuk jalan tol, dimana perencanaan tikungan sedapat mungkin menggunakan jari-jari tikungan yang besar, pelebaran jalur lalu lintas tidaklah signifikan. Akan tetapi pada perencanaan ramp yang berbentuk loop, pelebaran jalur lalu lintas di tikungan harus diperhatikan, sesuai dengan rumus:

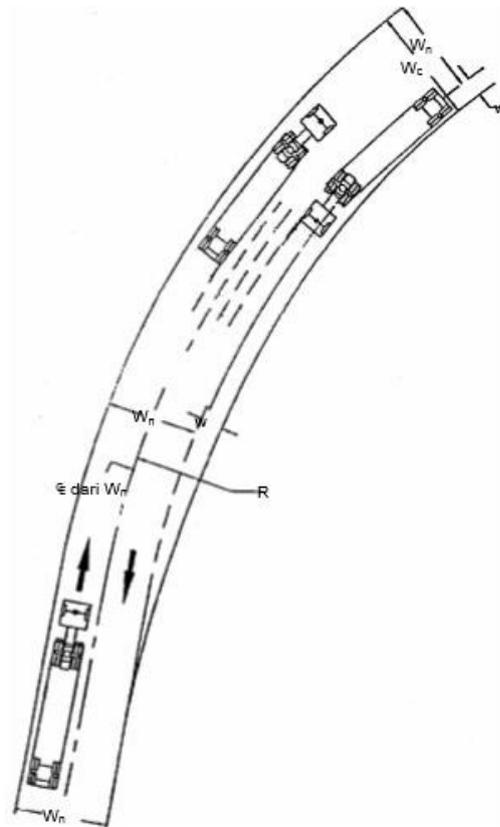
$$W = W_c - W_n$$

Keterangan :

W : Pelebaran jalan pada tikungan (m)

W_c : Lebar jalan pada tikungan (m)

W_n : Lebar jalan pada jalan lurus (m)



Gambar 2.26 Pelebaran pada tikungan untuk kendaraan semi trailer

2.13.9 Standar Bentuk Tikungan Berurutan

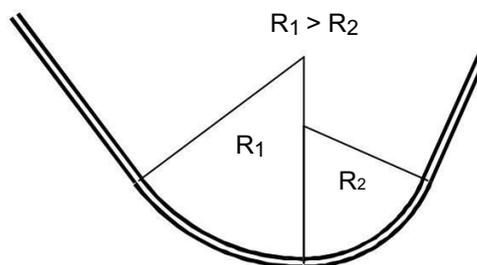
Ada dua macam standar bentuk tikungan berurutan:

- Tikungan berurutan searah, yaitu dua atau lebih tikungan dengan arah belokan yang sama tetapi dengan jari jari yang berbeda.
- Tikungan berurutan balik arah, yaitu dua atau lebih tikungan dengan arah belokan yang berbeda.

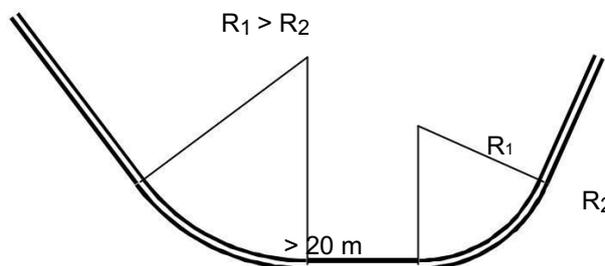
Penggunaan tikungan berurutan harus dipertimbangkan berdasarkan perbandingan R_1 dan R_2 , dimana dapat ditetapkan bahwa R_1 adalah jari-jari

tikungan yang lebih besar. Ketentuan untuk tikungan berurutan adalah sebagai berikut:

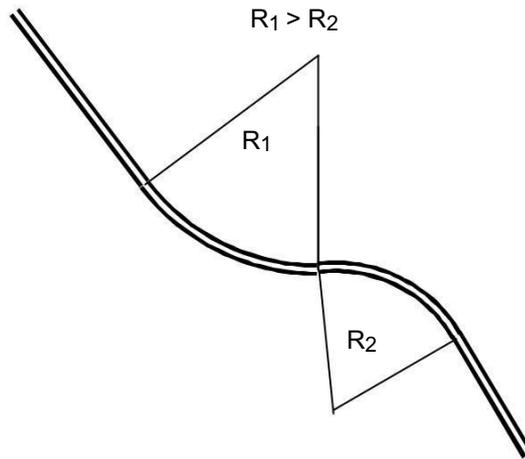
- a. Setiap tikungan berurutan harus disisipi bagian lurus yang memiliki kemiringan normal dengan ketentuan sebagai berikut:
 - 1) Pada tikungan berurutan searah, panjang bagian lurus paling tidak 20 m
 - 2) Pada tikungan berurutan balik arah panjang bagian lurus paling tidak 30 m
 - 3) Jika $R_2/R_1 > 2/3$, maka tikungan berurutan searah harus dihindarkan
 - 4) Jika $R_2/R_1 < 2/3$, maka tikungan berurutan balik arah harus disisipi bagian lurus atau bagian spiral/*clothoide*



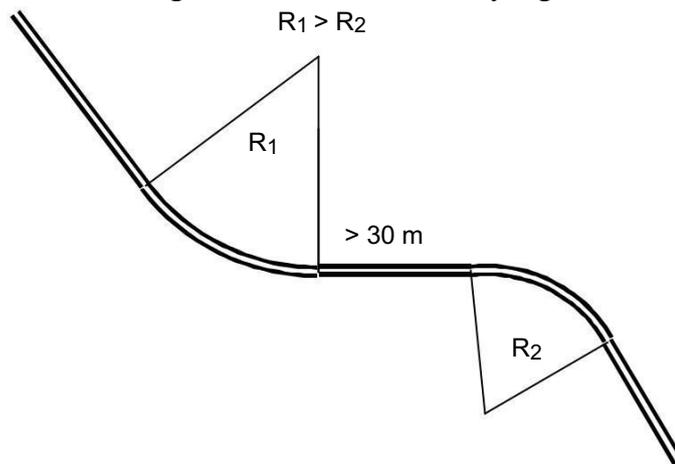
Gambar 2.27 Tikungan berurutan searah yang harus dihindarkan



Gambar 2.28 Tikungan berurutan searah dengan sisipan bagian lurus minimum



Gambar 2.29 Tikungan berurutan balik arah yang harus dihindarkan



Gambar 2.30 Tikungan berurutan balik arah dengan sisipan bagian lurus minimum

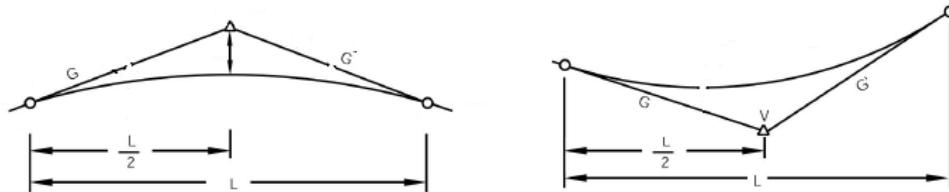
2.14 Alinyemen Vertikal

2.14.1 Bagian – bagian alinyemen vertikal

Alinyemen vertikal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung.

- a. Bagian lurus dapat berupa landai positif (tanjakan), atau landai negatif (turunan), atau landai nol (datar).

- b. Bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cekung atau lengkung cembung.



Gambar 2.31 Lengkung vertikal cembung dan lengkung vertikal cekung

2.14.2 Kelandaian minimum

Kelandaian minimum harus diberikan apabila kondisi jalan tidak memungkinkan melakukan drainase ke sisi jalan. Besarnya kelandaian minimum ditetapkan 0,50% memanjang jalan untuk kepentingan pemutusan aliran air.

2.14.3 Kelandaian maksimum

Pembatasan kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum jalan untuk alinyemen vertikal harus memenuhi

Tabel 2.18 Kelandaian maksimum

V_R (km/jam)	Kelandaian Maksimum (%)		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
120	3	4	5
100	3	4	6
80	4	5	6
60	5	6	6

2.14.4 Panjang Landai Kritis

Panjang landai kritis yaitu panjang landai maksimum dimana kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian rupa, yang ditetapkan atas dasar besarnya landai (tanjakan) dan penurunan kecepatan kendaraan berat sebesar 15 km/jam. Panjang kritis ditetapkan dari **Tabel 2.19** sebagai berikut.

Tabel 2.19 Panjang landai kritis

V_R (km/jam)	Landai (%)	Panjang Landai Kritis (m)
120	3	800
	4	500
	5	400
100	4	700
	5	500
	6	400
80	5	600
	6	500
60	6	500

2.14.5 Lajur Pendakian

Lajur pendakian dimaksudkan untuk menampung truk-truk yang bermuatan berat atau kendaraan lain yang berjalan lebih lambat dari kendaraan lain pada umumnya, agar kendaraan lain dapat mendahului kendaraan lambat tersebut tanpa harus berpindah lajur. Lajur pendakian harus disediakan pada ruas jalan yang mempunyai kelandaian yang besar, menerus, dan volume lalu lintasnya relatif padat.

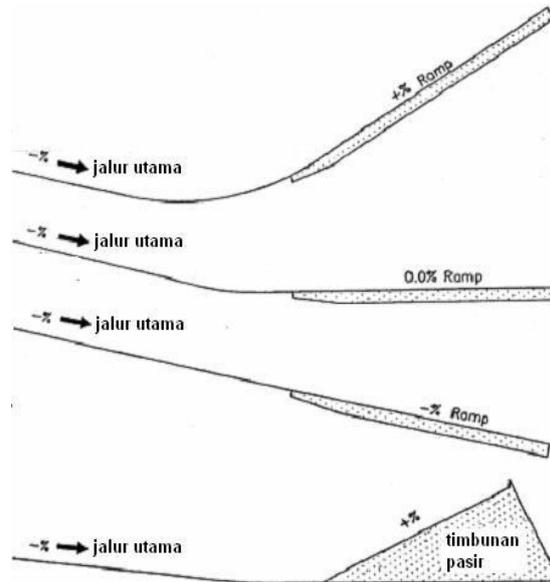
Penempatan lajur pendakian, berdasarkan perencanaan geometri jalan bebas hambatan untuk tol harus dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. apabila panjang kritis terlampaui, jalan memiliki VLHR > 25.000 SMP/hari, dan persentase truk $> 15\%$.
- b. Lebar lajur pendakian minimal 3,75 m.
- c. Lajur pendakian dimulai 30 meter dari awal perubahan kelandaian dengan serongan sepanjang 45 meter dan berakhir 50 meter sesudah puncak kelandaian dengan serongan sepanjang 45 meter
- d. Panjang lajur pendakian maksimal ditetapkan 1 km, agar penurunan kecepatan kendaraan tidak terus terjadi dan mengganggu arus lalu lintas.
- e. Jarak minimum antara 2 lajur pendakian adalah 1,5 km.

2.14.6 Lajur Darurat

Lajur penurunan yang panjang memungkinkan terjadinya kendaraan akan lepas kontrol, terutama kendaraan berat. Untuk mengantisipasi kondisi tersebut diperlukan pembatasan panjang lajur penurunan atau penyediaan lajur darurat. Kriteria minimum lajur darurat adalah diberikan untuk kondisi kecepatan operasional lalu lintas mencapai 120-140km/jam dan disediakan bila tingkat kecelakaan dan tingkat fatalitas pada lajur tersebut melampaui standar dan pedoman yang berlaku.

Lajur darurat dapat berupa kelandaian tanjakan, kelandaian turunan, kelandaian datar, atau timbunan pasir, seperti ditampilkan pada **Gambar 2.32** berikut ini.



Gambar 2.32 Tipe-tipe lajur darurat

beberapa jenis material untuk menahan laju kendaraan. Beberapa jenis material yang bisa menahan laju kendaraan dapat dilihat pada **Tabel 2.20** sebagai berikut:

Tabel 2.20 Jenis material dan tahanan laju untuk lajur darurat

No	Jenis Material	Tahanan laju (kg/1000 kg berat kendaraan)	Kelandaian Ekivalen (%)
1	Beton semen portland	10	1,0
2	Aspal beton	12	1,2
3	Kerikil, dipadatkan	15	1,5
4	Tanah, berpasir, lepas	37	3,7
5	Agregat dihancurkan, lepas	50	5,0
6	Kerikil, lepas	100	10,0
7	Pasir	150	15,0
8	Kerikil bulat	250	25,0

Untuk menghitung panjang lajur darurat, dapat digunakan rumus berikut:

$$L = \frac{V_2}{254 \left(\frac{R \pm G}{100} \right)}$$

Keterangan :

L : Panjang darurat (m)

V : Kecepatan masuk (km/jam)

R : Tahanan laju, dinyatakan dengan kelandaian ekivalen (%)

G : Kelandaian (5), (+) tanjakan; (-) turunan.

2.14.7 Panjang Lengkung Vertikal

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

- a. mengurangi guncangan akibat perubahan kelandaian; dan
- b. menyediakan jarak pandang henti.

2.14.8 Lengkung vertikal cembung

Panjang lengkung vertikal cembung, berdasarkan jarak pandangan henti ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

- a. jika jarak pandang henti lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cembung ($S < L$),

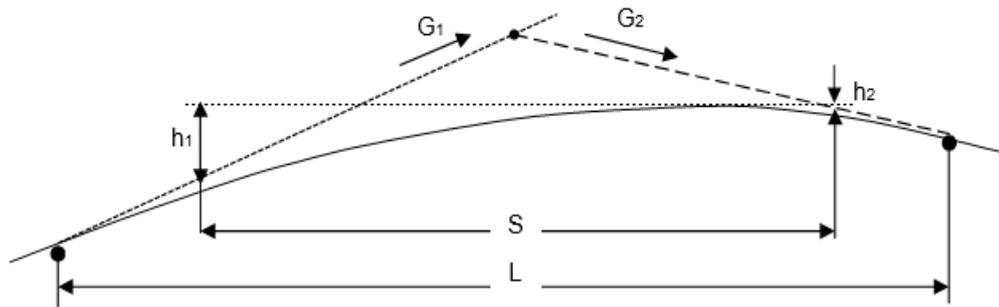
$$L = \frac{AS^2}{658}$$

jika jarak pandang henti lebih besar dari panjang lengkung vertikal cembung ($S > L$),

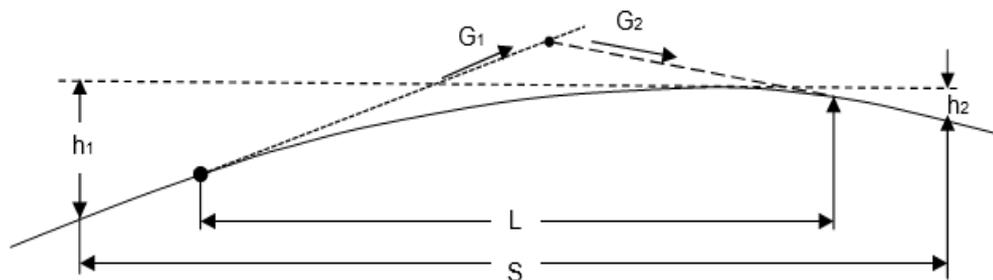
$$L = 2S - \frac{658}{A}$$

Keterangan:

- L : panjang lengkung vertikal (m)
 A : perbedaan aljabar landai (%)
 S : jarak pandang henti (m)



Gambar 2.33 Jarak pandang henti lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cembung



Gambar 2.34 Jarak pandang henti lebih besar dari panjang lengkung vertikal cembung

Nilai minimum untuk panjang lengkung vertikal pada kondisi jarak pandang lebih besar dari panjang lengkung vertikal, yaitu $L_{\min} = 0,6 V_R$, dimana V_R dalam km/jam dan L_{\min} dalam meter.

2.14.9 Lengkung vertikal cekung

Panjang lengkung vertikal cekung, berdasarkan jarak pandangan henti ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

- a. jika jarak pandang henti lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cekung

$$(S < L)$$

$$L = \frac{AS^2}{120 + 3.5 S}$$

$$120 + 3.5 S$$

- b. jika jarak pandang henti lebih besar dari panjang lengkung vertikal cekung

$$(S > L),$$

$$L = \frac{2S - (120 + 3.5S)}{A}$$

keterangan:

L : panjang lengkung vertikal (m)

A : perbedaan aljabar landai (%)

S : jarak pandang henti (m)

Nilai minimum untuk panjang lengkung vertikal pada kondisi jarak pandang lebih besar panjang lengkung vertikal, yaitu $L_{\min} = 0,6 V_R$, dimana V_R dalam km/jam dan L_{\min} dalam meter.

2.14.10 Koordinasi Alinyemen

Alinyemen vertikal, alinyemen horizontal, dan potongan melintang jalan tol harus dikoordinasikan sedemikian rupa sehingga menghasilkan suatu bentuk jalan yang baik dalam arti memudahkan pengemudi mengemudikan kendaraannya dengan aman dan nyaman.

Bentuk kesatuan ketiga elemen jalan tersebut diharapkan memberikan kesan atau petunjuk kepada pengemudi akan bentuk jalan yang akan dilalui didepannya, sehingga pengemudi dapat melakukan antisipasi lebih awal.

Koordinasi alinyemen vertikal dan alinyemen horizontal harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- a. Lengkung horizontal sebaiknya berimpit dengan lengkung vertikal, dan secara ideal alinyemen horizontal lebih panjang sedikit melingkupi alinyemen vertikal.

- b. Tikungan yang tajam pada bagian bawah lengkung vertikal cekung atau pada bagian atas lengkung vertikal cembung harus dihindarkan.
- c. Lengkung vertikal cekung pada landai jalan yang lurus dan panjang, harus dihindarkan.
- d. Dua atau lebih lengkung vertikal dalam satu lengkung horizontal harus dihindarkan.
- e. Tikungan yang tajam di antara dua bagian jalan yang lurus dan panjang harus dihindarkan.

2.15 Jalan Penghubung (Ramp)

Jalan penghubung merupakan jalan yang menghubungkan jalan tol dengan jalan umum yang ada sampai simpang pertama yang semata-mata untuk lalu lintas keluar dan/atau masuk dari dan/atau ke jalan tol.

Jalan penghubung jalan tol harus memenuhi standar sebagai berikut:

- a. Merupakan jalan dengan fungsi minimal kolektor
- b. Mempunyai kelas jalan yang mampu menahan kendaraan rencana jalan tol
- c. Mempunyai kelas jalan dengan spesifikasi minimal jalan raya
- d. Ruang milik jalannya harus dipagar

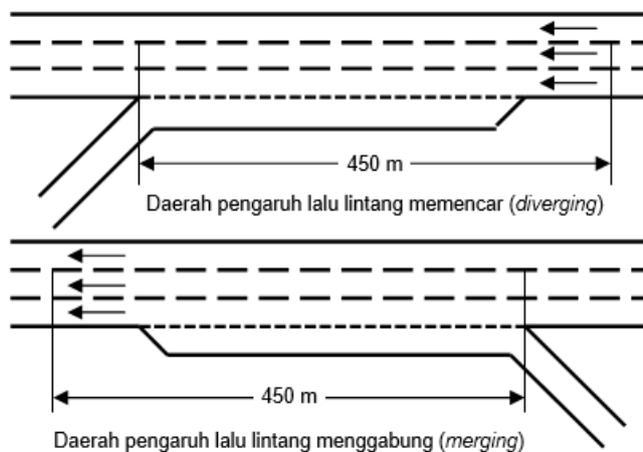
2.15.1 Perencanaan geometri jalan penghubung

Perencanaan geometri jalan penghubung mengikuti standar geometri yang berlaku untuk jalan perkotaan dan/atau jalan antarkota, yang wajib memenuhi standar di atas.

2.15.2 Pengendalian jalan masuk dan jalan keluar

Ketentuan pengendalian jalan masuk dan/atau jalan keluar adalah sebagai berikut:

- a. Jalan masuk dan jalan keluar (*ramp*) ke jalan tol dan dari jalan tol harus dibuat dengan menggunakan lajur percepatan untuk masuk jalur utama dan lajur perlambatan untuk keluar dari jalur utama.
- b. Jarak antara *nose ramp* jalan masuk dan *nose ramp* jalan keluar untuk jurusan yang sama minimal 2 (dua) km untuk jalan tol di daerah perkotaan dan 5 (lima) km untuk jalan tol di daerah antarkota.



Gambar 2.35 Daerah pengaruh on ramp dan off ramp

2.15.3 Tempat Istirahat dan Tempat Pelayanan

2.15.3.1 Persyaratan umum

- a. Tempat istirahat dan pelayanan hanya diperuntukkan bagi pengguna jalan bebas hambatan untuk jalan tol dan dilarang dihubungkan dengan akses apapun dari luar.

- b. Tempat istirahat dan pelayanan adalah fasilitas pelayanan bagi pengguna jalan bebas hambatan untuk jalan tol dan bukan fasilitas yang menjadi tempat tujuan.
- c. Tempat istirahat dan pelayanan harus dapat melayani semua jenis kendaraan pengguna jalan bebas hambatan untuk jalan tol.

2.15.3.2 Persyaratan geometri Jalan Keluar dan Jalan Masuk

- a. Jarak antara *nose ramp* jalan masuk (*on ramp*) simpang susun dengan *nose ramp* jalan keluar (*off ramp*) ke tempat istirahat dan pelayanan atau sebaliknya pada arah yang sama minimal adalah 5 (lima) km.
- b. Jarak interval antara tempat istirahat dan pelayanan pada arah yang sama ditentukan sebagaimana **Tabel 2.21** berikut:

Tabel 2.21 Jarak interval antara tempat istirahat dan pelayanan

	Jarak Minimum (km)	Jarak Maksimum (km)
Jarak tempat istirahat dengan tempat istirahat dan pelayanan	10	20
Jarak tempat pelayanan dengan tempat pelayanan	30	50

1. Geometri jalur utama pada lokasi tempat istirahat harus memenuhi ketentuan sebagaimana **Tabel 2.22** berikut:

Tabel 2.22 Geometri jalur utama pada lokasi tempat istirahat

V_R Jalur Utama (km/jam)	Komponen Geometri	
	Radius Tikungan Minimum (m)	Landai Maksimum (%)
120	2.000	2
100	1.500	2
80	1.000	3

V_R Jalur Utama (km/jam)	Komponen Geometri	
	Radius Tikungan Minimum (m)	Landai Maksimum (%)
60	500	4

Geometri jalan keluar dan jalan masuk (*ramp*) dengan 1 lajur

lalu lintas harus memenuhi kriteria sebagaimana **Tabel 2.23** berikut:

Tabel 2.23 Geometri jalan keluar dan jalan masuk (*ramp*) dengan 1 lajur lalulintas

Komponen Geometri	Standar Kriteria
Kecepatan rencana	40 km/jam
Lebar lajur	4,00 m
Lebar bahu luar (kiri)	2,50 m
Lebar bahu dalam (kanan)	0,50 m
Kemiringan melintang normal	2 %
Landai maksimum	6 %

2. Jalan dan/atau prasarana pergerakan lalulintas di dalam kawasan tempat istirahat dan pelayanan harus dilengkapi dengan pengaturan lalu lintas dan rambu-rambu.
3. Jalan masuk dan jalan keluar (*on/off ramp*) tempat istirahat dan pelayanan dilengkapi dengan lajur perlambatan dan lajur percepatan.
4. Jarak *nose ramp* jalan keluar dan jalan masuk dengan pencabangnya atau dengan fasilitas umum (area tempat parkir, area SPBU, dan lain-lain) minimal 60 meter.

2.16 Simpangsusun (*Iterchange*)

2.16.1 Persyaratan Teknis Simpangsusun

Persyaratan teknis simpang susun yang harus diperhatikan dalam perencanaan simpangsusun

- a. Jenis - jenis ramp (*Direct, Indirect, Loop*);
- b. Jalur-jalur tambahan yang terdiri dari lajur percepatan dan perlambatan;
- c. Tempat keluar masuk simpang susun;
- d. Penggunaan sumbu acuan perancangan antara sumbu jalan di jalan utama dengan sumbu jalan di ramp;
- e. Standar geometri yang digunakan;
- f. Landai ramp untuk lajur percepatan dan perlambatan;
- g. Ruang bebas berkaitan dengan tinggi minimum jembatan;
- h. Konsistensi bentuk simpang susun dan/atau jarak antara simpang susun berurutan.

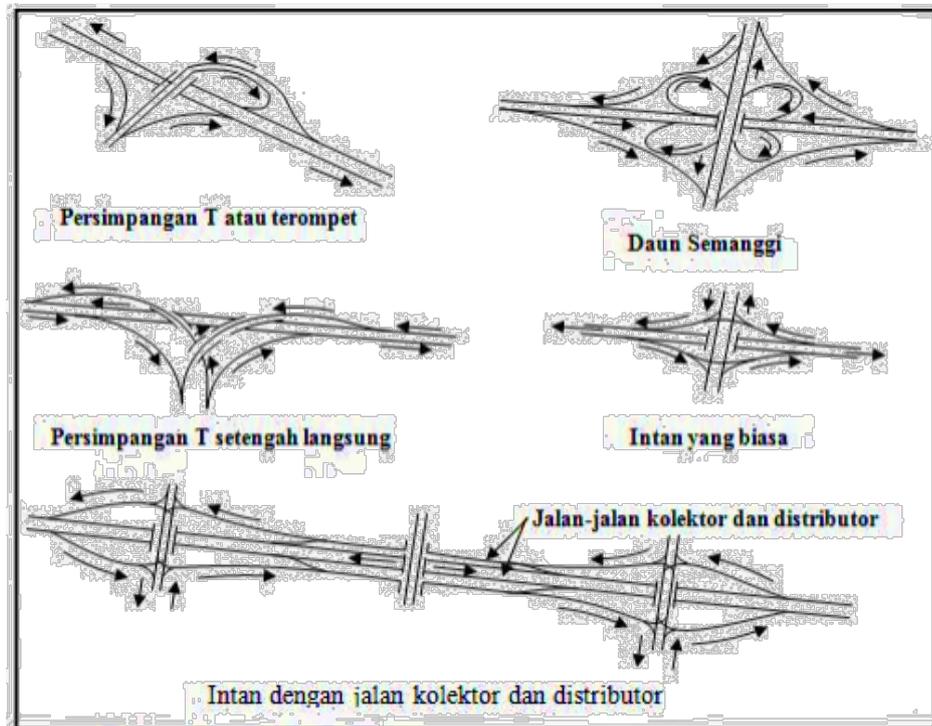
2.16.2 Tipe simpang susun

Standar spesifikasi jalan bebas hambatan untuk jalan tol adalah tidak adanya persimpangan yang sebidang. Standar tipe dan bentuk simpang tak sebidang diantaranya adalah sebagai berikut:

- T (atau Trumpet) atau Y, untuk simpang susun 3 kaki/lengan:
- *Diamond* untuk simpang susun 4 kaki/lengan dan arus major dan minor;
- *Cloverleaf* terdiri dari *partial cloverleaf* dan *full cloverleaf*;
- *Directional* atau langsung;
- Kombinasi, merupakan penggabungan dari bentuk-bentuk dasar diatas.

Pemilihan pemakaian dan penerapan tipe dan bentuk simpang tak sebidang harus mempertimbangkan ketersediaan dan kondisi lapangan dari

lahan rumijatul serta lingkungan sekitarnya. Standar bentuk simpang tak sebidang dapat dilihat pada **Gambar 2.36**.



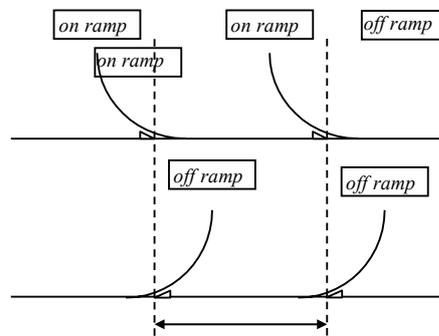
Gambar 2.36 Standar Tipe Persimpangan / Simpang susun

2.16.3 Jarak Simpangsusun

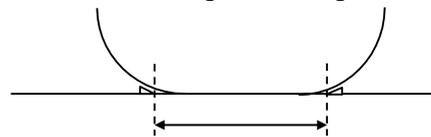
Ketentuan jarak simpangsusun seperti dilustrasikan pada **Gambar 2.37**, **Gambar 2.38**, dan **Gambar 2.39**, adalah sebagai berikut:

- a. Jarak antar simpangsusun untuk jalan tol antarkota minimal adalah 5 (lima) km as ke as atau dengan jarak *nose ramp* jalan masuk dan *nose ramp* jalan keluar untuk jurusan yang sama pada dua simpangsusun minimal adalah 5 (lima) km.

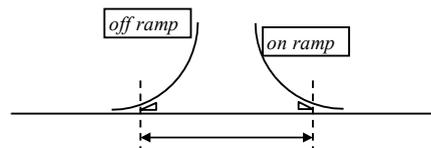
- b. Jarak antar simpang-susun untuk jalan tol perkotaan minimal adalah 2 (dua) km as ke as atau dengan jarak *nose ramp* jalan masuk dan *nose ramp* jalan keluar untuk jurusan yang sama pada dua simpang-susun minimal adalah 2 (dua) km.



Gambar 2.37 Ilustrasi jarak nose ramp pada on ramp-on ramp dan off ramp- off ramp



Gambar 2.38 Ilustrasi jarak nose ramp pada on ramp-off ramp



Gambar 2.39 Ilustrasi jarak nose ramp pada off ramp-on ramp

- a. Simpang-susun pelayanan harus direncanakan menghubungkan jalan tol dan jalan bukan tol yang berfungsi sebagai jalan arteri atau minimal kolektor dalam sistem jaringan jalan primer.
- b. Jarak *nose ramp* jalan masuk simpang-susun dengan *nose ramp* jalan keluar tempat istirahat atau jarak *nose ramp* jalan keluar simpang-susun dengan *nose ramp* jalan masuk tempat istirahat pada arah yang sama minimal 5 (lima) km.

- c. Jarak terowongan/ pintu gerbang bandar udara internasional/ pintu gerbang pelabuhan laut internasional yang dihubungkan dengan jalan tol harus berjarak dengan jarak *nose ramp* jalan keluar/masuk simpangsusun minimal 2 (dua) km.
- d. Penyediaan simpangsusun pada jalan tol mempertimbangkan jumlah penduduk pada wilayah yang bersangkutan untuk dilayani, dengan ketentuan sebanyak-banyaknya 1 (satu) simpangsusun untuk 1 (satu) wilayah dengan penduduk minimal 100.000 jiwa.

2.16.4 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana ramp simpangsusun yang menghubungkan jalan tol dengan jalan tol (Simpangsusun Sistem) harus memenuhi ketentuan sebagaimana Tabel 2.24 berikut:

Tabel 2.24 Kecepatan rencana ramp pada simpangsusun sistem

V_R jalan tol I (km/jam)	V_R jalan tol II (km/jam)			
	120	100	80	60
120	60 – 80			
100	60 – 80	60 – 80		
80	40 – 80	40 – 60	40 – 60	
60	40 – 60	40 – 60	40 – 60	40 – 60

Kecepatan rencana ramp simpangsusun yang menghubungkan jalan tol dengan jalan bukan tol (Simpangsusun Pelayanan) harus memenuhi ketentuan sebagaimana Tabel 2.25 berikut:

Tabel 2.25 Kecepatan rencana ramp pada simpangsusun Pelayanan

V_R jalan Tol (km/jam)	V_R jalan bukan tol (km/jam)		
	100	80	60
120	60 – 80		
100	60 – 80		
80	40 – 60	40 – 60	
60	40 – 60	40 – 60	40 – 60

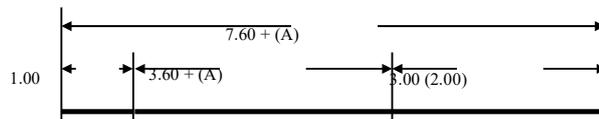
2.16.5 Penampang Melintang

- a. Ramp simpangsusun untuk 2 (dua) arah lalu lintas harus dilengkapi dengan median.
- b. Lebar jalur lalu lintas ramp simpangsusun dengan 1 lajur lalu lintas dengan 1 arah minimal 4,5 meter dengan tanpa mempertimbangkan kebutuhan pelebaran lajur lalu lintas pada tikungan.
- c. Lebar lajur lalu lintas ramp simpangsusun dengan 1 lajur lalu lintas untuk 1 arah atau dengan 2 lajur lalu lintas untuk 1 arah, dibuat sama dengan lebar lajur lalu lintas pada jalur utamanya dengan mempertimbangkan kebutuhan pelebaran pada tikungan.
- d. Besarnya kebutuhan pelebaran pada ramp mengikuti perhitungan pelebaran pada tikungan.
- e. Lebar bahu luar dan bahu dalam ramp simpangsusun harus memenuhi ketentuan sebagaimana **Tabel 2.26** berikut:

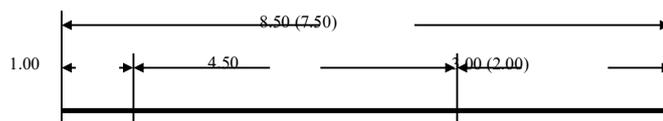
Tabel 2.26 Lebar bahu luar dan bahu dalam ramp

Kecepatan Rencana Jalan Utama (km/jam)	Lebar Bahu Luar (m)		Lebar Bahu Dalam (m)	
	Antarkota	Perkotaan	Antarkota	Perkotaan
120	3,00	-	1,00	-
100	3,00	2,00	1,00	1,00
80	3,00	2,00	1,00	0,50
60	-	2,00	-	0,50

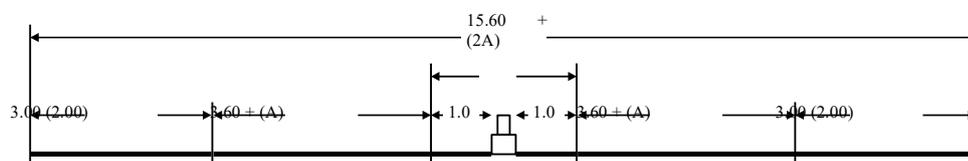
- a) Pada ramp Simpangsusun Pelayanan dengan 2 lajur lalu lintas untuk 1 arah, lebar bahu luar dapat dibuat sama dengan lebar bahu dalam.



(a) ramp satu jalur satu arah



(b) ramp satu jalur satu arah tanpa pelebaran



(c) ramp dua jalur dua arah

Gambar 2.40 Tipikal potongan melintang pada ramp

Keterangan:

Satuan dalam meter

(A) : pelebaran yang dibutuhkan

() : angka untuk jalan tol perkotaan

Lebar median pada ramp simpang susun dengan 2 (dua) lajur lalu lintas untuk 2 (dua) arah menggunakan median datar atau median ditinggikan (*median concrete barrier*) seperti pada ketentuan teknik jalan utama tersebut diatas.

2.16.6 Perencanaan Ramp

2.16.6.1 Fungsi Simpang Susun

Fungsi dari simpang susun adalah :

- a. Merupakan fasilitas membelok untuk kendaraan yang akan keluar masuk jalan Tol.
- b. Mengurangi kemacetan
- c. Bagi lalu lintas yang mnerus tidak perlu untuk mengurangi kecepatan pada titik pertemuan, hal ini memberi keuntungan antara lain :
penghematan waktu, penghematan biaya operasi kendaraan dan kenyamanan.
- d. Lebih lugas dalam perencanaan, artinya dapat disesuaikan dengan semua sudut pertemuan jlan, selain itu dapat meredusir alinyemen vertical yang terlalu tajam.

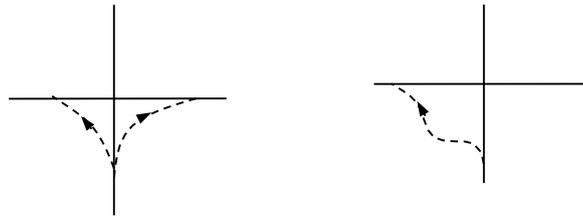
2.16.6.2 Tipe ramp

Berdasarkan pergerakannya, terdapat 3 (tiga) tipe ramp, yaitu *Direct*, *Semi Direct*, dan *Indirect*.

- a. *Direct* (Hubungan Langsung)

Sebelum titik pusat, ramp langsung berbentuk kearah tujuan, seperti

Gambar 2.41.

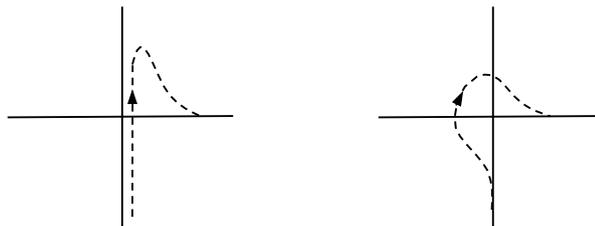


Gambar 2.41 Jalur penghubung langsung

Semi direct (Hubungan setengah langsung)

Dalam menuju arah tujuan, ramp melalui/mengelilingi titik pusat dahulu dan memotong salah satu arus lain secara tegak lurus, seperti

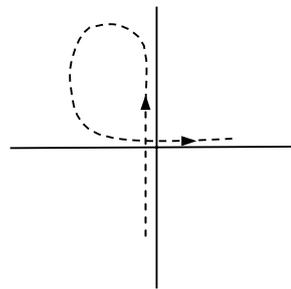
Gambar 2.42 berikut.



Gambar 2.42 Jalur penghubung setengah langsung

Indirect (Hubungan tak langsung)

Dalam menuju arah tujuan, ramp berbelok kearah berlawanan dahulu dan kemudian memutar sekitar 270° , seperti **Gambar 2.43** berikut.



Gambar 2.43 Jalur penghubung tidak langsung

2.16.6.3 Radius Tikungan pada ramp/loop

Radius tikungan pada ramp/loop harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- Sesuai dengan kecepatan rencana masuk ramp, sebagaimana **Tabel**

2.27 berikut:

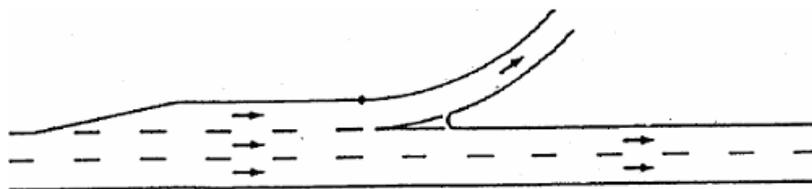
Tabel 2.27 Radius tikungan minimum untuk ramp

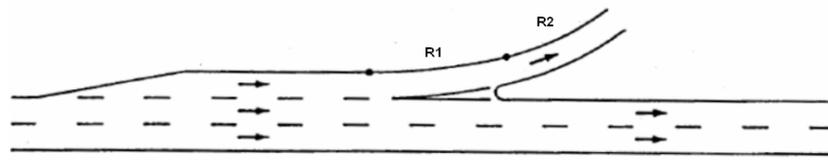
V_R (km/jam)	Radius Tikungan Minimum (m)		
	$e_{max} = 6\%$	$e_{max} = 8\%$	$e_{max} = 10\%$
80	250	230	210
60	135	125	115
40	55	50	45

Jika digunakan tikungan majemuk, perbandingan antara radius tikungan pertama dengan tikungan ke dua adalah 2:1, atau minimal 1,5 : 1, dengan panjang masing-masing lengkung ditentukan sebagaimana **Tabel 2.28** berikut:

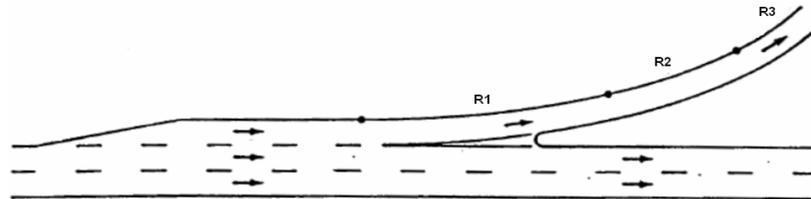
Tabel 2.28 Panjang minimum lengkung lingkaran di ramp

R (m)	Panjang Minimum Lengkung Lingkaran (m)	
	Minimal	Ideal
150 atau lebih besar	45	60
125	35	55
100	30	45
75	25	35
60	20	30
50	15	20

**Gambar 2.44** Ramp dengan menggunakan 1 (satu) radius tikungan



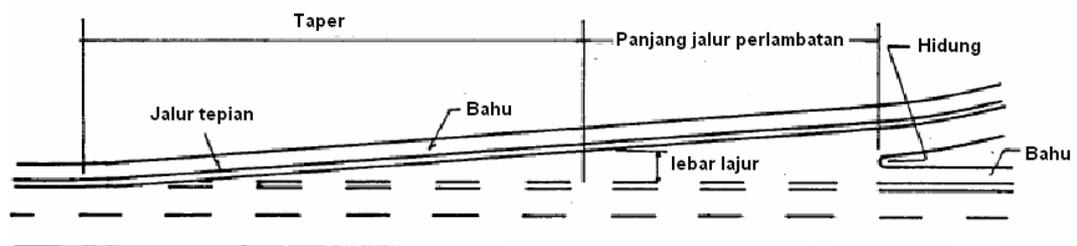
Gambar 2.45 Ramp dengan menggunakan 2 (dua) radius tikungan



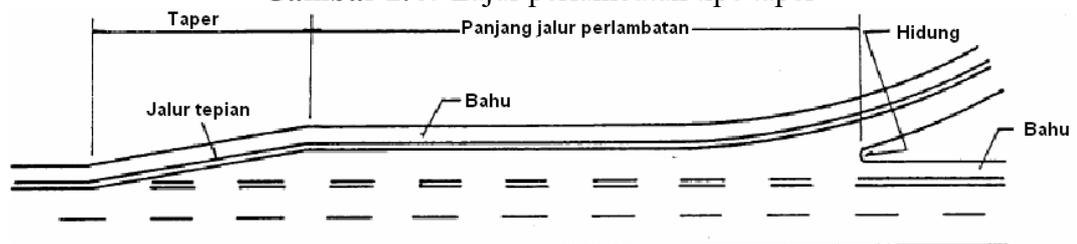
Gambar 2.46 Ramp dengan menggunakan 3 (tiga) radius tikungan

2.16.7 Lajur Percepatan dan Lajur Perlambatan

- a. Jalan keluar pada simpangsusun dengan 1 (satu) lajur lalu lintas menggunakan lajur perlambatan tipe taper, seperti Gambar berikut



Gambar 2.47 Lajur perlambatan tipe taper

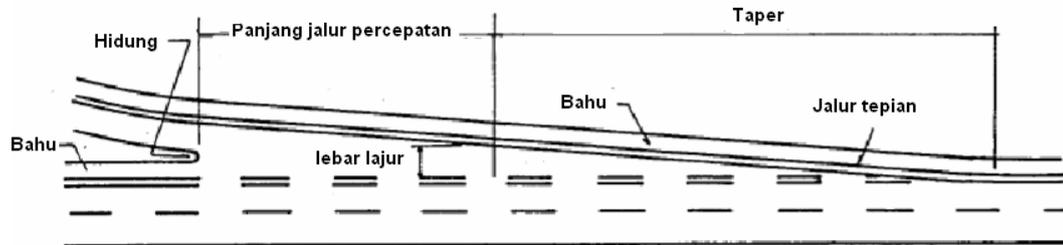


Gambar 2.48 Lajur perlambatan tipe paralel

- b. Jalan Masuk pada simpangsusun dengan 1 (satu) lajur lalu lintas menggunakan lajur percepatan tipe paralel, seperti Gambar berikut.



Gambar 2.49 Lajur percepatan tipe paralel



Gambar 2.50 Lajur percepatan tipe taper

- c. Jalan Keluar dan Jalan Masuk pada simpang susun dengan 2 lajur lalu lintas menggunakan lajur perlambatan dan lajur percepatan.
- d. Lajur perlambatan dan lajur percepatan harus memenuhi ketentuan sebagaimana **Tabel 2.29** dan **Tabel 2.30** berikut:

Tabel 2.29 Panjang lajur percepatan minimum

V_R jalan tol (km/jam)	Panjang lajur percepatan minimum (m)		
	V_R ramp (km/jam)		
	80	60	40
120	245	410	490
100	40	205	285
80	-	65	145
60	-	-	45

Tabel 2.30 Panjang lajur percepatan minimum

V_R jalan tol (km/jam)	Panjang lajur perlambatan minimum (m)		
	V_R ramp (km/jam)		
	80	60	40
120	120	155	175
100	85	120	145
80	-	80	100

V_R jalan tol (km/jam)	Panjang lajur perlambatan minimum (m)		
	V_R ramp (km/jam)		
	80	60	40
60	-	-	65

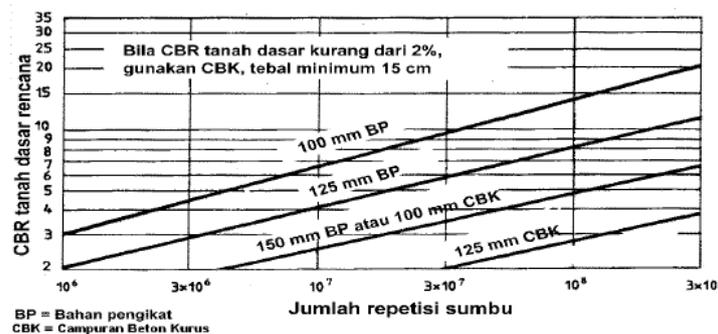
2.17 Perencanaan Tebal Perkerasan jalan

2.17.1 Struktur Pondasi Jalan

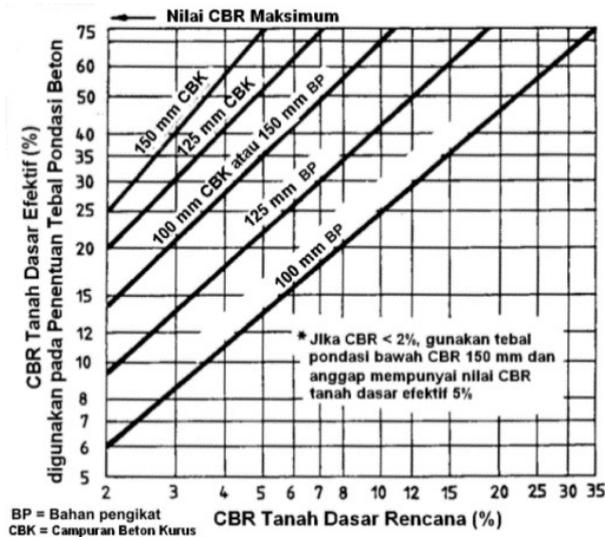
Perencanaan perkerasan jalan merupakan konstruksi yang dibangun diatas tanah dasar, berfungsi untuk menahan beban lalu – lintas dan meneruskan beban lalu – lintas sampai tanah dasarnya. Penentuan tebal perkerasan jalan dengan cara Bina Marga adalah sebagai berikut :

Menentukan tebal lapis pondasi bawah dengan menggunakan grafik tebal pondasi bawah minimum untuk perkerasan beton semen yang dapat dilihat pada

Gambar 2.51 dan CBR tanah dasar efektif dapat dilihat pada **Gambar 2.52**



Gambar 2.51 Tebal Pondasi Bawah Minimum Untuk Perkerasan Beton Semen



Gambar 2.52 CBR Tanah Dasar Efektif Dan Tebal Pondasi Bawah

2.17.2 Daya Dukung Efektif Tanah

1. Tinggi minimum timbuan untuk drainase perkerasan

Tinggi minimum permukaan tanah dasar di atas muka air tanah dan level muka air banjir adalah seperti ditunjukkan pada **Tabel 2.31**

Tabel 2.31 Tinggi minimum tanah dasar di atas muka air tanah dan muka air banjir (MDPJ 2017)

Kelas Jalan (Berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan)	Tinggi tanah dasar di atas muka air tanah (mm)	Tinggi tanah dasar di atas muka air banjir (mm)
Jalan Bebas Hambatan	1200 (jika ada drainase bawah permukaan median) 1700 (tanpa drainase bawah permukaan di median)	500 (banjir 50 tahunan)
Jalan Raya	1200 (ranah lunak jenuh atau gambut dengan lapis drainase)	500 (banjir 50 tahunan)

Kelas Jalan (Berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan)	Tinggi tanah dasar diatas muka air tanah (mm)	Tinggi tanah dasar di atas muka air banjir (mm)
	800 (tanah lunak jenuh atau gambut dengan lapisan drainase)	
	600 (tanah dasar normal)	
Jaln Sedang	600	500 (banjir 10 tahunan)
Jalan Kecil	400	NA

2.17.3 Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi

Penentuan jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga pada lajur rencana yang dapat dilihat pada Tabel dibawah ini,

Tabel 2.32 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi (C) Kendaraan Niaga Pada Lajur Rencana

Lebar perkerasan (lp)	Jumlah lajur (n1)	Koefisien distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5,50 \text{ m}$	1 Lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq L_p < 8,25 \text{ m}$	2 Lajur	0,7	0,5
$8,25 \text{ m} \leq L_p < 11,25 \text{ m}$	3 Lajur	0,5	0,475

Lebar perkerasan (lp)	Jumlah lajur (n1)	Koefisien distribusi	
		1 Arah	2 Arah
11,23 m ≤ Lp < 15,00 m	4 Lajur	-	0,45
15,00 m ≤ Lp < 18,75 m	5 Lajur	-	0,425
18,75 m ≤ Lp < 22,00 m	6 Lajur	-	0,4

Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Departemen Pekerjaan PU Bina Marga 2003

2.17.4 Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu-lintas serta nilai ekonomi jalan yang bersangkutan, yang dapat ditentukan antarlain dengan metode *Benefit Cost Ratio*, *Internal Rate of Return*, kombinasi dari metode tersebut atau cara lain yang tidak terlepas dari pola pengembangan wilayah. Umumnyaperkerasan beton semen dapat direncanakan dengan umur rencana (UR) 20 tahun sampai 40 tahun.

2.17.5 Beban Lalu Lintas Rencana

Lalu lintas harus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalu-lintas dan konfigurasi sumbu, mmenggunakan data terakhir atau data 2 tahun terakhir, sedangkan kendaraan yang ditinjau untuk perencanaan perkerasan beton adalah kendaraan niaga yang mempunyai berat total ≥ 5 ton. Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri atas 4 jenis kelompok sumbu sebagai berikut :

- Sumbu Tunggal Roda Tunggal (STRT)
- Sumbu Tunggal Roda Ganda (STRG)

- Sumbu Tandem Roda Ganda (STRG)
- Sumbu Tridem Roda Ganda (STrRG)

2.17.6 Koefisien Distribusi

Koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan seperti pada **Tabel 2.33** Koefisien Distribusi Kendaraan Niaga pada Lajur Rencana

Tabel 2.33 Koefisien Distribusi Kendaraan Niaga pada Lajur Rencana

Lebar perkerasan	Jumlah lajur	Koefisien distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5,50 \text{ m}$	1 lajur	1	
$5,50 \text{ m} \leq L_p < 8,25 \text{ m}$	2 lajur	0,70	1
$8,25 \text{ m} \leq L_p < 11,25 \text{ m}$	3 lajur	0,50	0,50
$11,25 \text{ m} \leq L_p < 15,00 \text{ m}$	4 lajur		0,475
$15,00 \text{ m} \leq L_p < 18,75 \text{ m}$	5 lajur		0,45
$18,75 \text{ m} \leq L_p < 22,00 \text{ m}$	6 lajur		0,425

Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen PD-T14-2003

2.17.7 Pertumbuhan Lalu-Lintas

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

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

Keterangan :

R : Faktor pertumbuhan lalu – lintas

I : Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %

UR : Umur rencana (tahun)

2.17.8 Lalu Lintas Rencana

Lalu lintas rencana adalah jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban

pada setiap jenis sumbu kendaraan. Jumlah sumbu kendaraan niaga umur rencana dihitung dengan rumus berikut :

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C$$

Keterangan :

- JSKN : Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana
 JSKNH : Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari pada saat dibuka
 R : Faktor pertumbuhan kumulatif yang besarnya tergantung dari pertumbuhan lalu lintas tahunan dan umur rencana
 C : Koefisien distribusi kendaraan

2.17.9 Faktor Keamanan (FKB)

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikaitkan dengan faktor keamanan beban (Fkb) yang dapat dilihat pada Tabel dibawah ini

Tabel 2.34 Faktor Keamanan Beban (FKB)

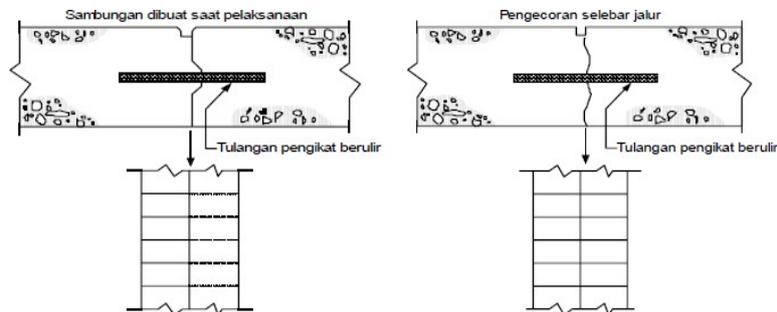
No.	Penggunaan	Nilai FKB
1	Jalan bebas hambatan utama dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi, Bila menggunakan data lalu lintas dan hasil maka survai beban dan adanya kemungkinan route alternatif,maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi 1,15	1,2
2	Jalan bebas hambatan (freeway) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah	1

Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Departemen Pekerjaan

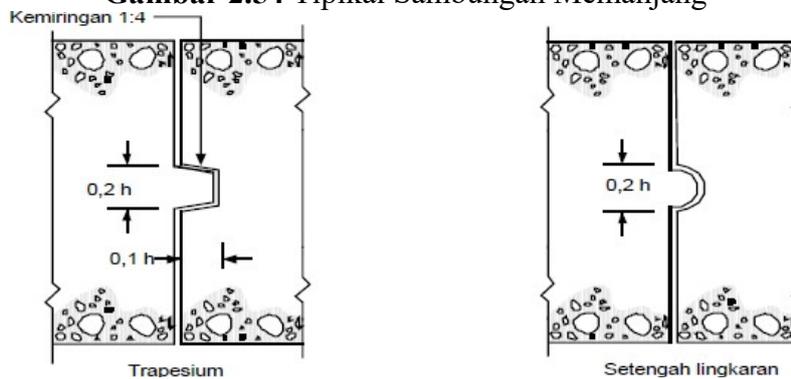
PU Bina Marga 2003

2.17.10 Sambungan Pelaksanaan Memanjang

Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dengan cara penguncian. Bentuk dan ukuran penguncian dapat berbentuk trapesium atau setengah lingkaran sebagai mana diperlihatkan pada **Gambar 2.53** berikut ini,



Gambar 2.54 Tipikal Sambungan Memanjang



Gambar 2.53 Ukuran Standart Penguncian Sambungan

Memanjang

2.17.11 Sambungan Susut Memanjang

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

2.17.12 Sambungan Susut Melintang

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagai mana diperlihatkan pada **Gambar 2.55** Sambungan Pelaksanaan Yang Direncanakan Dan Yang Tidak Direncanakan

Untuk Pengecoran Per Lajur. Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4 - 5 m, sedangkan untuk perkerasan beton bersambung dengan tulangan 8- 15 m dan untuk sambungan perkerasan beton menerus dengan tulangan sesuai dengan kemampuan pelaksanaan. Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas pada saat pelat beton menyusut. Setengah panjang ruji polos harus dicat atau dilumuri dengan bahan anti lengket untuk menjamin tidak ada ikatan dengan beton.

Tabel 2.35 Diameter ruji tergantung pada tebal pelat beton

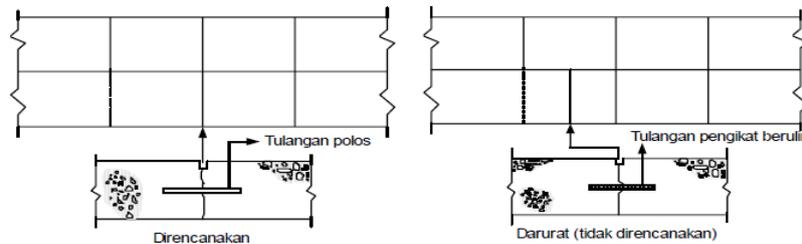
No.	Tebal pelat beton h(mm)	Diameter ruji (mm)
1	$125 < h \leq 140$	20
2	$140 < h \leq 160$	24
3	$160 < h \leq 190$	28
4	$190 < h \leq 220$	33
5	$220 < h \leq 250$	36

Sumber : *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Departemen Pekerjaan PU Bina Marga 2003*

2.17.13 Sambungan Pelaksanaan Melintang

Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak direncanakan (darurat) harus menggunakan batang pengikat berulir, sedangkan pada sambungan yang direncanakan harus menggunakan batang tulangan polos yang diletakkan di tengah tebal pelat. Sambungan pelaksanaan tersebut di atas harus dilengkapi dengan batang

pengikat berdiameter 16 mm, panjang 69 cm dan jarak 60 cm, untuk ketebalan pelat sampai 17 cm. Untuk ketebalan lebih dari 17 cm, ukuran batang pengikat



Gambar 2.55 Sambungan Pelaksanaan Yang Direncanakan Dan Yang Tidak Direncanakan Untuk Pengecoran Per Lajur

berdiameter 20 mm, panjang 84 cm dan jarak 60 cm.

2.17.14 Perencanaan Tulangan

Jumlah tulangan yang diperlukan dipengaruhi oleh jarak sambungan susut, sedang dalam hal beton bertulang menerus, diperlukan jumlah tulangan yang cukup untuk mengurangi sambungan susut.

Tujuan utama penulangan untuk membatasi lebar retakan, agar kekuatan pelat tetap dapat dipertahankan, memungkinkan penggunaan pelat yang lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan, mengurangi biaya pemeliharaan.

- a. Perkerasan Beton Semen Bersambung Tanpa Tulangan (BBTT) Pada perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan, ada kemungkinan penulangan perlu dipasang guna mengendalikan retak. Bagian-bagian pelat yang diperkirakan akan mengalami retak akibat konsentrasi tegangan yang tidak dapat dihindari dengan pengaturan pola sambungan, maka pelat harus diberi tulangan.

Perkerasan Beton Semen Bersambung dengan Tulangan (BBDT)

Luas penampang tulangan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$A_s = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2F_s}$$

Dengan pengertian:

A_s : luas penampang tulangan baja (mm²/m lebar pelat)

f_s : kuat-tarik ijin tulangan (MPa). Biasanya 0,6 kali tegangan leleh.

g : gravitasi (m/detik²).

h : tebal pelat beton (m)

M : jarak antara sambungan yang tidak diikat dan/atau tepi bebas pelat

L : berat per satuan volume pelat (kg/m³)

μ : koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah

Perkerasan Beton Semen Menerus Dengan Tulangan (BBDT)

Tulangan memanjang yang dibutuhkan pada perkerasan beton semen bertulang menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan berikut :

$$P_s = \frac{100 \cdot f_{ct} \cdot (1,3 - 0,2\mu)}{F_y - n f_{cr}}$$

Dengan pengertian :

P_s : persentase luas tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap luas penampang beton (%)

F_{ct} : kuat tarik langsung beton

$$= (0,4 - 0,5 f_{cf}) \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

f_y : tegangan leleh rencana baja (kg/cm²)

n : angka ekuivalensi antara baja dan beton (E_s/E_c) μ : koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan di bawahnya

E_s : modulus elastisitas baja = $2,1 \times 10^6$ (kg/cm²) E_c : modulus elastisitas beton = $1485 \sqrt{f'_c}$ (kg/cm²)

Tabel 2.36 Hubungan Kuat Tekan Beton dan Angka Ekvivalen Baja dan Beton (n)

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

Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Departemen Pekerjaan PU Bina Marga 2003

Persentase minimum dari tulangan memanjang pada perkerasan beton menerus adalah 0,6% luas penampang beton. Jumlah optimum tulangan memanjang, perlu dipasang agar jarak dan lebar retakan dapat dikendalikan. Secara teoritis jarak antara retakan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan berikut :

$$L_{cr} = \frac{f_{cr}^2}{n \cdot u \cdot p^3 \cdot f_b (E_s \cdot E_c - f_{ct})}$$

Dengan pengertian :

L_{cr} : jarak teoritis antara retakan (cm).

p : perbandingan luas tulangan memanjang dengan luas penampang beton.

u : Perbandingan keliling terhadap luas tulangan = $4/d$.

f_b : Tegangan lekat antara tulangan dengan beton = $(1,97\sqrt{f'_c})/d$. (kg/cm²)

- ϵ_s : Koefisien susut beton = $(400 \cdot 10^{-6})$.
- f_{ct} : Kuat tarik langsung beton = $(0,4 - 0,5 f_{cf})$ (kg/cm²)
- n : Angka ekivalensi antara baja dan beton = (E_s/E_c) .
- E_c : Modulus Elastisitas beton = $14850 \sqrt{f'_c}$ (kg/cm²)
- E_s : Modulus Elastisitas baja = $2,1 \times 10^6$ (kg/cm²)

2.18 Perencanaan Drainase Jalan

Perencanaan drainase merupakan satu kesatuan yang sulit dipisahkan dalam perencanaan jalan raya, karena dengan adanya sistem drainase yang baik diharapkan dapat membuang limpasan air hujan dari permukaan jalan yang dapat mempengaruhi keawetan jalan dan keamanan bagi para pengguna jalan.

Saluran drainase jalan raya berfungsi untuk mengalirkan air yang dapat mengganggu pengguna jalan dan mengendalikan limpasan air hujan di permukaan jalan dan dari daerah sekitarnya agar tidak merusak konstruksi jalan.

Drainase didefinisikan sebagai tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi suatu kawasan / lahan, sehingga fungsi kawasan / lahan tidak terganggu (Suripin, 2004).

Rumus yang digunakan untuk mencari data curah hujan yang hilang:

$$P_x = \frac{1}{n} (P_A + P_B + P_C)$$

Keterangan:

P_x = Curah hujan yang hilang

P_{ABC} = Curah hujan pada stasiun A, B, C

n = Jumlah stasiun

2.18.1 Analisis Hidrologi

a. Metode rata-rata Aljabar

Metode rata-rata aljabar merupakan metode yang paling sederhana dalam perhitungan hujan kawasan. Cara ini cocok untuk kawasan dengan topografi rata atau datar, alat penakar tersebarmmerata/hampir merata. Hujan kawasan diperoleh dari persamaan

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

Keterangan:

P_i = Curah hujan daerah

n = Jumlah titik atau pos pengamatan

b. Metode Polygon Thessien

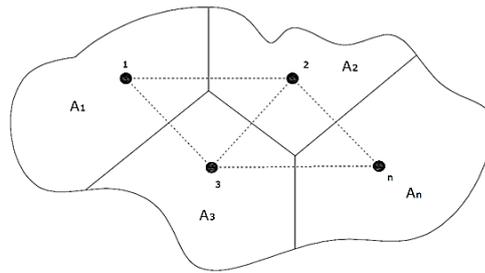
Metode ini dikenal juga sebagai metode rata-rata timbang (*weighted mean*). Hasil metode poligon thessien lebih akurat dibandingkan dengan metode rata-rata aljabar. Cara ini cocok untuk daerah datar dengan luas 500-5000 km², dan jumlah pos penakar hujan terbatas dibandingkan luasnya.

$$P = \frac{P_1A_1 + P_2A_2 + \dots + P_nA_n}{A_1 + A_2 \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i P_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Keterangan :

P_i = Curah hujan

A_i = Luas area poligon

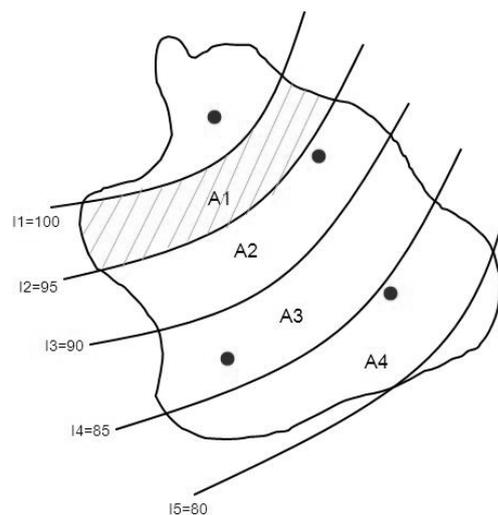


Gambar 2.56 Metode Polygon Thessien

c. Metode Isohyet

Metode ini merupakan metode paling akurat untuk menentukan hujan rata-rata, namun diperlukan keahlian dan pengalaman. Metode isohyet cocok untuk daerah berbukit dan tidak teratur dengan luas lebih dari 5000 km²

$$P = \frac{A_1 \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) + A_2 \left(\frac{P_2 + P_3}{2} \right) + \dots + A_n \left(\frac{P_{n-1} + P_n}{2} \right)}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$



Gambar 2.57 Metode Isohyet

2.18.2 Analisis Frekuensi dan Probabilitas

Tujuan analisis frekuensi data hidrologi berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan

distribusi kemungkinan. Parameter yang digunakan dalam perhitungan analisis frekuensi meliputi parameter nilai rata-rata (\bar{X}), standar deviasi (S_x), koefesien variasi (C_v), koefesien skewness (C_s), dan koefesien kurtosis (C_k). Adapun caranya sebagai berikut :

1. Metode Distribusi Gumbel

a. Deviasi Standar (S_x)

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Dimana :

S_x = Standar deviasi

\bar{X} = Tinggi hujan rata-rata selama n tahun (mm)

X_i = Tinggi hujan di tahun ke ... (mm)

n = Jumlah tahun pencatatan data hujan

b. Koefesien Variasi (C_v)

$$C_v = \frac{S_x}{\bar{X}}$$

Dimana :

C_v = Koefesien variasi

\bar{X} = Nilai rata-rata varian

S_x = Standar deviasi

c. Koefesien Skewness (C_s)

$$C_s = \frac{n \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S_x^3}$$

Dimana :

C_s = Koefesien Skewness

X_i = Nilai varian ke i

\bar{X} = Nilai rata-rata varian

n = Jumlah tahun pencatatan data hujan

S_x = Standar deviasi

d. Koefesien Kurtosis (C_k)

$$C_k = \frac{\frac{1}{n} \sum (X_i - \bar{X})^4}{S_x^4}$$

Dimana :

C_k = Koefesien kurtosis

X_i = Nilai varian ke i

\bar{X} = Nilai rata-rata varian

n = Jumlah tahun pencatatan data hujan

S_x = Standar deviasi

2. Analisis frekuensi untuk Log Person III dan Log Normal

a. Hujan rata-rata

$$\bar{\text{Log } X} = \frac{\sum \text{Log } X_i}{n}$$

Dimana :

\bar{X} = Nilai rata-rata varian

n = Jumlah tahun pencatatan data hujan

b. Standar Deviasi

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2}{n-1}}$$

Dimana :

S_x = Standar deviasi

\bar{X} = Tinggi hujan rata-rata selama n tahun (mm)

X_i = Tinggi hujan di tahun ke ... (mm)

n = Jumlah tahun pencatatan data hujan

c. Nilai Kemencengan untuk Log Person Tipe III

$$C_s = \frac{n \sum [\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X}]^3}{(n-1)(n-2)S_x^3}$$

Dimana :

C_s = Koefesien skewness

\bar{X} = Nilai rata-rata varian

X_i = Nilai varian ke i

n = Jumlah tahun pencatatan data hujan

S_x = Standar deviasi

d. Koefesien Variasi

$$C_v = \frac{S_x}{\text{Log } \bar{X}}$$

Dimana :

C_v = Koefesien variasi

\bar{X} = Nilai rata-rata varian

S_x = Standar deviasi

Analisis frekuensi dapat menggunakan beberapa macam distribusi, parameter pemilihan jenis distribusi dapat dilihat pada **Tabel 2.37**.

Tabel 2.37 Parameter Pemilihan Jenis Distribusi

Jenis Sebaran	Kriteria
Log Normal	$C_s = 3 C_v + C_v^2 = 3$
	$C_v = 0,06$

Jenis Sebaran	Kriteria
Log Pearson Tipe III	$Cs \neq 0$
	$Cv = 0,3$
Gumble	$Cs \leq 1,1396$
	$Ck \leq 5,4002$
Normal	$Cs = 0$
	$Ck = 3$

Analisis metode distribusi terdapat beberapa metode diantaranya adalah sebagai berikut :

- a. Distribusi Log Normal

$$\log(X_T) = \log(\bar{X}) + K \cdot S_X$$

$$X_T = 10^{(\log(\bar{X}) + K \cdot S_X)}$$

Keterangan:

X_T = CH/intensitas hujan pada TR

K = Variabel reduksi gauss, terdapat pada **Tabel 2.38**

- b. Distribusi Log Person Tipe III

$$\log(X_T) = \log(\bar{X}) + K \cdot S_X$$

$$X_T = 10^{(\log(\bar{X}) + K \cdot STDEV)}$$

Keterangan:

X_T = CH/intensitas hujan pada Tr

K = Variabel standar bergantung Cs dan G, terdapat pada **Tabel 2.42**

SX = Deviasi standar nilai varian

Tr = Tahun ulangan (2 tahun, 5 tahun, dst)

- c. Distribusi Gumble

$$Y_{tr} = -\ln \left[\ln \frac{T_r}{T_r - 1} \right]$$

$$K = \frac{Y_{tr} - Y_n}{S_n}$$

$$X_t = \bar{X} + K \cdot S_x$$

Keterangan:

X_t = CH/intensitas hujan pada periode T_r

Y_{tr} = Factor ln dari T_r

Y_n = Reduce mean factor. Nilai Y_n dapat dilihat pada **Tabel 2.40**

S_n = Reduce standard deviation. Nilai S_n dapat dilihat pada **Tabel 2.41**

T_r = Tahun ulangan (2 tahun, 5 tahun, dst)

X = Nilai rata-rata hitung varian

SX = Deviasi standar nilai varian

K = Faktor probabilitas, nilai $K = Y_{Tr} - Y_n / S_n$

d. Distribusi Normal

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S_X$$

Keterangan:

X_T = CH/intensitas hujan pada periode T_r

\bar{X} = Nilai rata-rata hitung varian

SX = Deviasi standar nilai varian

K_T = Variabel reduksi gauss. Nilai K_T dapat dilihat pada **Tabel 2.38**

Tabel 2.38 Nilai Variable Reduksi Gauss

Periode Ulang	Peluang	K_T
1,001	0,999	-3,050
1,005	0,995	-2,580
1,010	0,990	-2,330
1,050	0,952	-1,640
1,110	0,901	-1,280
1,250	0,800	-0,840
1,330	0,752	-0,670
1,430	0,699	-0,520
1,670	0,599	-0,250

Periode Ulang	Peluang	K_T
2,000	0,500	0,000
2,500	0,400	0,250
3,330	0,300	0,520
4,000	0,250	0,670
5,000	0,200	0,840
10,000	0,100	1,280
20,000	0,050	1,640
50,000	0,020	2,050
100,000	0,010	2,330
200,000	0,005	2,580
500,000	0,002	2,880
1000,000	0,001	3,090

Sumber : Suripin, 2004

Tabel 2.39 Reduce variate, Variate Y_T

Periode Ulang	Variasi yang Berkurang
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001

Sumber : Suripin 2004

Tabel 2.40 Reduce Mean, Nilai Yn

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,507	0,51	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,522
20	0,5225	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,532	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,538	0,5388	0,5402	0,5402	0,541	0,5418	0,5424	0,5432
40	0,5436	0,5422	0,5448	0,5453	0,5463	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5504	0,5504	0,5508	0,5511	0,5519	0,5518
60	0,5521	0,5534	0,5527	0,553	0,5535	0,5535	0,5538	0,554	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5552	0,5555	0,5555	0,5561	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,557	0,5572	0,5574	0,558	0,5578	0,558	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5595	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599

Tabel 2.41 Nilai Sn

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0696	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1086
30	1,1124	1,1159	1,1159	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1436	1,148	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,159
50	1,1607	1,1623	1,1623	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1759	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1859	1,1866	1,1863	1,1881	1,189	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,193
80	1,1938	1,1945	1,1945	1,1959	1,1967	1,1973	1,198	1,1987	1,018594	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,202	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,206

Tabel 2.42 Distribusi Log Person Tipe III untuk Koefisien Skewness (CS)

Koefisien	Waktu Balik (Tahun)														
	1,01	1,05	1,11	1,25	1,667	2	2,5	5	10	20	25	50	100	200	1000
Cs	Peluang (%)														
	99	95	90	80	60	50	40	20	10	5	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,667	-0,665	-0,660	-0,636	-0,4760	-0,396	-0,1240	0,420	1,180	2,0950	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,799	-0,790	-0,771	-0,711	-0,4770	-0,360	-0,0673	0,518	1,250	2,0933	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,905	-0,882	-0,844	-0,752	-0,4707	-0,330	-0,0287	0,574	1,284	2,0807	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,990	-0,949	-0,895	-0,777	-0,4637	-0,307	-0,0017	0,609	1,302	2,0662	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-1,087	-1,020	-0,945	-0,799	-0,4543	-0,282	0,0263	0,643	1,318	2,0472	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-1,197	-1,093	-1,019	-0,817	-0,4417	-0,254	0,0557	0,675	1,329	2,0240	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-1,318	-1,168	-1,041	-0,832	-0,4273	-0,225	0,0850	0,705	1,337	1,9962	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-1,449	-1,243	-1,086	-0,844	-0,4113	-0,196	0,1140	0,732	1,340	1,9625	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-1,588	-1,317	-1,128	-0,852	-0,3933	-0,164	0,1433	0,758	1,340	1,9258	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-1,660	-1,353	-1,147	-0,854	-0,3833	-0,148	0,1577	0,769	1,339	1,9048	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-1,733	-1,388	-1,116	-0,856	-0,3733	-0,132	0,1720	0,780	1,336	1,8877	1,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-1,806	-1,423	-1,183	-0,857	-0,3630	-0,116	0,1860	0,790	1,333	1,8613	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-1,880	-1,458	-1,200	-0,857	-0,3517	-0,099	0,2007	0,800	1,328	1,8372	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-1,955	-1,491	-1,216	-0,856	-0,3407	-0,083	0,2140	0,808	1,323	1,8122	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-2,029	-1,524	-1,231	-0,855	-0,3290	-0,066	0,2280	0,816	1,317	1,7862	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-2,104	-1,555	-1,245	-0,853	-0,3177	-0,050	0,2413	0,824	1,309	1,7590	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-2,178	-1,586	-1,258	-0,850	-0,3053	-0,033	0,2547	0,830	1,301	1,7318	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-2,252	-1,616	-1,270	-0,846	-0,2933	-0,017	0,2673	0,836	1,292	1,7028	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	-2,326	-1,645	-1,282	-0,842	-0,2807	0,000	0,2807	0,842	1,282	1,6728	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090

Koefisien	Waktu Balik (Tahun)														
	1,01	1,05	1,11	1,25	1,667	2	2,5	5	10	20	25	50	100	200	1000
Cs	Peluang (%)														
-0,1	-2,400	-1,673	-1,292	-0,836	-0,2673	0,017	0,2900	0,836	1,270	1,6417	1,716	2,000	2,252	2,482	2,950
-0,2	-2,472	-1,700	-1,301	-0,830	-0,2547	0,033	0,3053	0,850	1,258	1,6097	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	-2,544	-1,726	-1,309	-0,824	-0,2413	0,050	0,3177	0,853	1,245	1,5767	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	-2,615	-1,750	-1,317	-0,816	-0,2280	0,066	0,3290	0,855	1,231	1,5435	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	-2,686	-1,774	-1,323	-0,808	-0,2140	0,083	0,3407	0,856	1,216	1,5085	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	-2,755	-1,797	-1,328	-0,800	-0,2007	0,099	0,3517	0,857	1,200	1,4733	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	-2,824	-1,819	-1,333	-0,790	-0,1860	0,116	0,3630	0,857	1,183	1,4372	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	-2,891	-1,839	-1,336	-0,780	-0,1720	0,132	0,3733	0,856	1,166	1,4010	1,448	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	-2,957	-1,858	-1,339	-0,769	-0,1577	0,148	0,3833	0,854	1,147	1,3637	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	-3,022	-1,877	-1,340	-0,758	-0,1433	0,164	0,3933	0,852	1,128	1,3263	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	-3,149	-1,910	-1,340	-0,732	-0,1140	0,195	0,4113	0,844	1,086	1,2493	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	-3,271	-1,938	-1,337	-0,705	-0,0850	0,225	0,4273	0,832	1,041	1,1718	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	-3,388	-1,962	-1,329	-0,675	-0,0557	0,254	0,4417	0,817	1,019	1,0957	1,116	1,166	1,197	1,216	1,280
-1,8	-3,499	-1,981	-1,318	-0,643	-0,0263	0,282	0,4543	0,799	0,945	1,0200	1,035	1,069	1,087	1,097	1,130
-2,0	-3,605	-1,996	-1,302	-0,600	0,0047	0,307	0,4637	0,777	0,895	0,9483	0,969	0,980	0,990	0,995	1,000
-2,2	-3,705	-2,006	-1,284	-0,574	0,0287	0,330	0,4707	0,752	0,844	0,8807	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	-3,845	-2,012	-1,250	-0,518	0,0673	0,360	0,4770	0,711	0,771	0,7893	0,793	0,798	0,799	0,802	0,802
-3,0	-4,051	-2,003	-1,180	-0,420	0,1240	0,396	0,4760	0,636	0,660	0,6650	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

2.18.3 Uji Kecocokan

Diperlukan pengujian parameter untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut.

a. Uji Chi-kuadrat

Uji Chi-Square dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan sebaran peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis didasarkan pada jumlah pengamatan yang diharapkan pada pembagian kelas dan ditentukan terhadap jumlah data pengamatan yang terbaca didalam kelas tersebut, dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$$

$$K = 1 + 2,322 \times \log(n)$$

$$D_k = K - (p + 1)$$

Keterangan:

Chi² = Parameter chi-kuadrat terhitung

Ef = Frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya

Of = Frekuensi yang diamati pada kelas yang sama

n = Jumlah sub-kelompok

Dk = Derajat kebebasan

p = Banyaknya parameter, untuk uji Chi-Kuadrat adalah 2

K = Jumlah kelas distribusi

Jika $Chi^2_{terhitung} < Chi^2_{kritis}$, maka metode distribusi dapat diterima. Harga kritis Chi-square terdapat pada Tabel 2.29

Tabel 2.43 Harga Kristis Chi-kuadrat

dk	α derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000393	0,0001570	0,0009820	0,0039300	3,8410000	5,0240000	6,6350000	7,8790000
2	0,0100000	0,0201000	0,0506000	0,1030000	5,9910000	7,3780000	9,2100000	10,5970000
3	0,0717000	0,1150000	0,2160000	0,3520000	7,8150000	9,3480000	11,3450000	12,8380000
4	0,2070000	0,2970000	0,4840000	0,7110000	9,4880000	11,1430000	13,2770000	14,8600000
5	0,4120000	0,5540000	0,8310000	1,1450000	11,0700000	12,8320000	15,0860000	16,7500000
6	0,6760000	0,8720000	1,2370000	1,6350000	12,5920000	14,4490000	16,8120000	18,5480000
7	0,9890000	1,2390000	1,6900000	2,1670000	14,0670000	16,0130000	18,4750000	20,2780000
8	1,3440000	1,6460000	2,1800000	2,7330000	15,5070000	17,5350000	20,0900000	21,9550000
9	1,7350000	2,0880000	2,7000000	3,3250000	16,9190000	19,0230000	21,6660000	23,5890000
10	2,1560000	2,5580000	3,2470000	3,9400000	18,3070000	20,4830000	23,2090000	25,1880000
11	2,6030000	3,0530000	3,8160000	4,5750000	19,6750000	21,9200000	24,7250000	26,7570000
12	3,0740000	3,5710000	4,4040000	5,2260000	21,0260000	23,3370000	26,2170000	28,3000000
13	3,5650000	4,1070000	5,0090000	5,8920000	22,3620000	24,7360000	27,3880000	29,8190000
14	4,0750000	4,6600000	5,6290000	6,5710000	23,6850000	26,1190000	29,1410000	31,3190000
15	4,6010000	5,2290000	6,2620000	7,2610000	24,9960000	27,4480000	30,5780000	32,8010000
16	5,1420000	5,8120000	6,9080000	7,9620000	26,2960000	28,8450000	32,0000000	34,2670000
17	5,6970000	6,4080000	7,5640000	8,6720000	27,5870000	30,1910000	33,4090000	35,7180000
18	6,2500000	7,0150000	8,2310000	9,3900000	28,8690000	31,5260000	34,8050000	37,1560000
19	6,8440000	7,6330000	8,9070000	10,1170000	30,1140000	32,8520000	36,1910000	38,5820000
20	7,4340000	8,2600000	9,5910000	10,8510000	31,1400000	34,1700000	37,5660000	39,9970000

dk	α derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
21	8,0340000	8,8970000	10,2830000	11,5910000	32,6710000	35,4790000	38,9320000	41,4010000
22	8,6430000	9,5420000	10,9820000	12,3380000	33,9240000	36,7810000	40,2890000	42,7960000
23	9,2600000	10,1960000	11,6890000	13,0910000	36,1720000	38,0760000	41,6380000	44,1810000
24	9,8860000	10,8560000	12,4010000	13,8480000	36,4150000	39,3640000	42,9800000	45,5580000
25	10,5200000	11,5240000	13,1200000	14,6110000	37,6520000	40,6460000	44,3140000	46,9280000
26	11,1600000	12,1980000	13,8440000	15,3790000	38,8850000	41,9230000	45,6420000	48,2900000
27	11,8080000	12,8790000	14,5730000	16,1510000	40,1130000	43,1940000	46,9630000	49,6450000
28	12,4610000	13,5650000	15,3080000	16,9280000	41,3370000	44,4610000	48,2780000	50,9930000
29	13,1210000	14,2560000	16,0470000	17,7080000	42,5570000	45,7220000	49,5880000	52,3360000
30	13,7870000	14,9530000	16,7910000	18,4930000	43,7330000	46,9790000	50,8920000	53,6720000

b. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov dilakukan dengan membandingkan probabilitas untuk setiap variabel dari distribusi empiris dan teoritis didapat berbeda (D). perbedaan maksimum yang dihitung (D_{maks}) dibandingkan dengan perbedaan kritis (D_{cr}) untuk satu derajat nyata dan banyaknya varian tertentu.

$$P = \frac{m}{n + 1} 100\%$$

Keterangan:

P = Probabilitas, (%)

m = Nomor urut data dari seri data yang telah disusun

n = banyaknya data

Jika (D_{maks}) < (D_{cr}) maka sebaran sesuai dan dapat diterima. Harga kritis

Smirnov-Kolmogorov terdapat pada **Tabel 2.44**

Tabel 2.44 Harga Kritis Smirnov-Kolmogorov

n	α			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
> 50	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,63}{\sqrt{n}}$

Sumber : Suripin, 2004

2.18.4 Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu.

Hubungan antara intensitas, lama hujan dan frekuensi hujan biasanya dinyatakan

dalam lengkung Intensitas - Durasi - Frekuensi (IDF = *Intensity - Duration - Frequency Curve*). Diperlukan data hujan jangka pendek, misalnya 5 menit, 10 menit, 30 menit, 60 menit dan jam-jam untuk membentuk lengkung IDF.

Menentukan Intensitas Hujan dengan menggunakan metode mononobe Rumus ini digunakan apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Keterangan:

I = Intensitas hujan, (mm/jam)

t = Lamanya hujan, (jam)

R₂₄ = Tinggi hujan maksimum dalam 24 jam, (mm)

Sebaran hujan jam- jaman model mononobe sebagai berikut :

$$R_T = \left\{ \frac{R_{24}}{t} \right\} \left\{ \frac{t}{T} \right\}^{\frac{2}{3}}$$

Keterangan:.

R_T = Intensitas hujan rata-rata dalam T jam, (mm/jam)

R_T = Curah hujan efektif dalam satu hari, (mm)

T = Waktu mulai hujan, (jam)

t = Waktu konsentrasi hujan, (jam)

2.18.5 Menentukan Waktu Konsentrasi

Waktu terpanjang yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan aliran air secara simultan (*runoff*) setelah melewati titik-titik tertentu.

Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan rumus di bawah ini :

$$T_c = t_0 + t_d$$

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

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

dengan:

Tc = Waktu konsentrasi, (menit)

t1 = Waktu inlet, (menit)

t2 = Waktu aliran, (menit)

Lo = Jarak dari titik terjauh kefasilitas drainase, (m)

S = Kemiringan daerah pengaliran, dapat dilihat pada **Tabel 2.45**

L = Panjang saluran, (m)

V = Kecepatan air rata – rata diselokan, (m/dt) dilihat **Tabel 2.46**

Nd = Koefisien hambatan dapat dilihat pada **Tabel 2.47**

Tabel 2.45 Kemiringan Rata-rata Saluran Terhadap Kecepatan Rata-rata

Kemiringan rata-rata saluran (%)	Kecepatan rata-rata V (m/det)
< 1	0,4
1 sampai < 2	0,6
2 sampai < 4	0,9
4 sampai < 6	1,2
6 sampai < 10	1,5
10 sampai < 15	2,4

Sumber : Hasmar, Halim 2011

Tabel 2.46 Kecepatan Aliran Air yang diijinkan Berdasarkan Jenis Material

No	Jenis Bahan	Kecepatan Aliran yang Diizinkan Vijin (m/dt)
1	Pasir halus	0,45
2	Lempung kepasiran	0,5
3	Lanau alivial	0,6
4	Kerikil halus	0,75
5	Lempung kokoh	0,75
6	Lempung padat	1,1
7	Kerikil kasar	1,2

No	Jenis Bahan	Kecepatan Aliran yang Diizinkan V _{ijin} (m/dt)
8	Batu-batu besar	1,5
9	Pasangan batu	1,5
10	Beton	1,5
11	Beton betulang	1,5

Sumber : Hasmar, Halim 2011

Tabel 2.47 Hubungan Kondisi Permukaan dengan Koefisien Hambatan

No	Kondisi Lapisan Permukaan	N _d
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan licin dan kedap air	0,02
3	Permukaan licin dan kokoh	0,1
4	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,2
5	Padang rumput dan rerumputan	0,4
6	Hutan gundul	0,6
7	Hutan rimbum dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	0,8

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga Pd.T-02-2006-B

2.18.6 Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien (C) dipengaruhi kondisi permukaan tanah (tata guna lahan) pada daerah layanan dan kemungkinan perubahan tata guna lahan. Angka ini akan mempengaruhi debit yang mengalir, sehingga dapat diperkirakan daya tampung saluran. Bila daerah pengaliran terdiri dari beberapa tipe kondisi permukaan yang mempunyai nilai C berbeda, harga C rata-rata ditentukan dengan persamaan :

$$C = \frac{C_1.A_1 + C_2.A_2 + C_3.A_3 + \dots + C_n.A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}$$

Keterangan :

A₁, A₂, A₃ = Luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan

C₁, C₂, C₃ = Koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan

Harga koefisien pengaliran (C) dapat dilihat pada **Tabel 2.48**

Tabel 2.48 Harga Koefisien Pengaliran (C) dan harga faktor limpasan (fk)

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

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga Pd.T-02-2006-B

Keterangan :

- Harga koefisien pengaliran (C) untuk daerah datar diambil C yang terkecil dan untuk daerah lereng diambil nilai C yang terbesar
- Harga faktor limpasan (fk) hanya digunakan untuk guna lahan sekitar saluran selain bagian jalan

2.18.7 Menentukan Debit Aliran

Menghitung debit puncak aliran dapat menggunakan metode rasional praktis. Metode ini dapat menggambarkan hubungan antara debit limpasan dengan besar curah hujan secara praktis, berlaku untuk luas DAS kurang dari 300 hektar.

$$Q = \frac{1}{36} CxIx A$$

Keterangan:

Q = Debit aliran, (m³/det)

C = Koefisien pengaliran

I = Intensitas hujan, (mm/jam)

A= Luas daerah pengaliran, (km²)

2.18.8 Pemeriksaan Kemiringan Lahan Eksisting

Penentuan kemiringan lahan eksisting pada lokasi pembangunan saluran, gorong-gorong didapatkan dari hasil pengukuran dilapangan, Hal ini merupakan salah satu pertimbangan untuk perencanaan pembuatan bangunan pematah arus

$$i_1 = \frac{elev_1 - elev_2}{L} \times 100\%$$

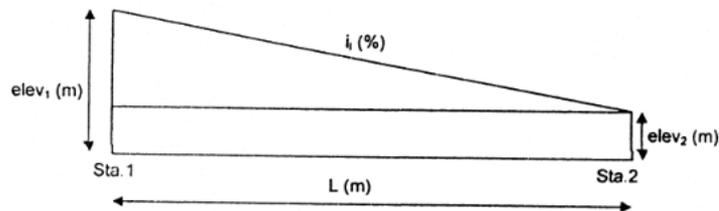
Dengan :

i_1 = kemiringan lahan eksisting pada lokasi saluran

Elev1 = tinggi tanah dibagian tertinggi (m)

Elev2 = tinggi tanah dibagian terendah (m)

L = panjang saluran (m)



Gambar 2.58 Kemiringan Lahan

2.18.9 Pematah Arus

Pada suatu saluran yang relatif panjang dan mempunyai kemiringan cukup besar, diperlukan pematah arus, guna untuk mengurangi kecepatan aliran pada saluran. Pemasangan pematah arus secara teknis mempunyai ketentuan sebagai berikut :

$$V_{ijin} \leq V_{hitung}$$

Kecepatan yang diijinkan berdasarkan jenis material disajikan pada **Tabel 2.48**

Pemeriksaan kecepatan aliran (V_{hitung}) dapat dilakukan dengan persamaan manning.

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

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

Keterangan :

- V = kecepatan aliran (m/detik)
- n = koefisien kekasaran Manning
- R = jari-jari hidrolis (m)
- F = luas penampang basah (m²)
- P = keliling basah (m)
- S = kemiringan drainase (%)

$$S_{\text{lapangan}} \geq S_{\text{perhitungan}}$$

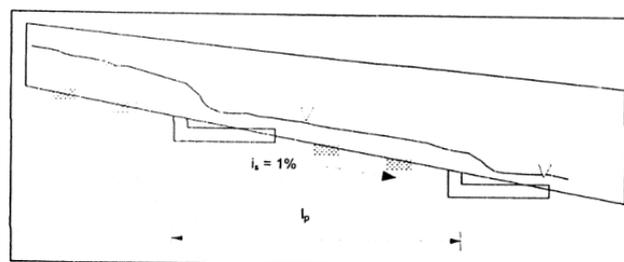
Pemeriksaan kemiringan saluran (S) dapat dilakukan dengan persamaan :

$$S = \left(\frac{V \times n}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

Keterangan :

$V_{\text{ijin}} \geq V_{\text{hitung}}$ atau $S_{\text{lapangan}} \leq S_{\text{hitung}}$, maka saluran harus dibuat pematah arus

Pemasangan jarak pematah arus (*check dam*) direkomendasikan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga yang tertuang dalam Pedoman Konstruksi dan Bangunan nomer Pd.T-02-2006-B tahun 2006, disajikan pada **Tabel 2.49**



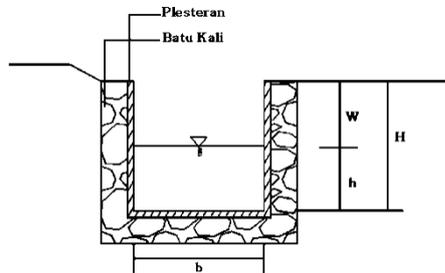
Tabel 2.49 Jarak Pemasangan Check dam

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

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga Pd.T-02-2006-B

2.18.10 Menentukan Dimensi Saluran Drainase

Penentuan dimensi saluran harus sesuai dengan kebutuhan, sehingga biaya yang dikeluarkan menjadi ekonomis. Bentuk saluran drainase yang umum digunakan adalah bentuk saluran persegi.



Gambar 2.59 Potongan Melintang Model Persegi

Adapun langkah-langkah dalam menentukan dimensi saluran bentuk persegi adalah sebagai berikut:

- Menentukan bahan saluran, koefisien manning (n), kecepatan (V) pada saluran yang diijinkan, bentuk saluran, dan kemiringan saluran yang diijinkan. Harga koefisien *manning* (n) dapat dilihat pada **Tabel 2.44**
- Menentukan kecepatan saluran < kecepatan saluran yang diijinkan.

$$V \square \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

- Menentukan tinggi jagaan (W) dan lebar saluran (b), kemudian menghitung jari-jari hidrolis (R), tinggi muka air (h), dan debit saluran (Q_s).

$$A \square b \cdot h$$

$$P \square b \square 2h$$

$$R \square \frac{A}{P}$$

$$W \square \sqrt{0,5h}$$

Keterangan:

A = Luas penampang basah, (m³)

P = Keliling basah, (m)

R = Jari-jari hidrolis, (m)

V = Kecepatan aliran, (m/dt)

n = Koefisien kekasaran manning, bisa dilihat pada **Tabel 2.50**

I = Kemiringan saluran yang diijinkan

W = Tinggi jagaan, (m)

- d. $Q_s < Q_r$, maka dimensi saluran dapat diterima, jika tidak maka perhitungan dimensi saluran harus diulang.

Tabel 2.50 Harga M untuk Rumus Manning

No	Tipe Saluran	Baik sekali	Baik	Sedang	Jelek
	SALURAN BUATAN				
1	Saluran tanah, lurus teratur	0,017	0,02	0,023	0,025
2	Saluran tanah yang dibuat dengan excavator	0,023	0,028	0,03	0,04
3	Saluran pada dinding bantuan, lurus, teratur	0,02	0,03	0,033	0,035
4	Saluran pada dinding bantuan, tidak lurus, tidak teratur	0,035	0,04	0,045	0,045
5	Saluran batuan yang dibedakan ada tumbuh-tumbuhan	0,025	0,03	0,035	0,04
6	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0,028	0,03	0,033	0,035
7	Saluran lengkung, dengan kecepatan aliran rendah	0,02	0,025	0,028	0,03
	SALURAN ALAM				
8	Bersih, lurus, tidak berpasir, tidak berlubang	0,025	0,028	0,03	0,033
9	Seperti no.8, tetapi ada timbunan atau kerikil	0,03	0,033	0,035	0,04
10	Melengkung, bersih, berlubang dan berdinding pasir	0,03	0,035	0,04	0,045

No	Tipe Saluran	Baik sekali	Baik	Sedang	Jelek
11	Seperti no.10, dangkal, tidak teratur	0,04	0,045	0,05	0,055
12	Seperti no.10, berbatu dan ada tumbuh-tumbuhan	0,035	0,04	0,045	0,05
13	Seperti no.10, sebagian berbatu	0,045	0,05	0,055	0,06
14	Aliran pelan, banyak tumbuh-tumbuhan dan berlubang	0,05	0,06	0,07	0,08
15	Banyak tumbuh-tumbuhan	0,075	0,1	0,125	0,15
	SALURAN BUATAN, BETON, ATAU BATU KALI				
16	Saluran pasangan batu, tanpa penyelesaian	0,025	0,03	0,033	0,035
17	Seperti no.10, tapi dengan penyelesaian	0,017	0,02	0,025	0,03
18	Saluran beton	0,014	0,016	0,027	0,021
19	Saluran beton halus dan rata	0,01	0,011	0,012	0,013
20	Saluran beton pra cetak dengan acuan baja	0,013	0,014	0,014	0,015
21	Saluran beton pra cetak dengan acuan kayu	0,015	0,016	0,016	0,018

Sumber : Desain Drainase dan Bangunan Pelengkap