

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Perencanaan Geometrik Jalan

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas dan sebagai akses ke rumah-rumah. Secara garis besar perencanaan geometrik terdiri dari aspek-aspek perencanaan trase jalan, badan jalan yang terdiri dari jalur lalu lintas dan bahu jalan, tikungan, drainase, kelandaian jalan serta galian dan timbunan. Perencanaan geometrik jalan bertujuan untuk untuk menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan/biaya pelaksanaan.

Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat beberapa parameter perencanaan seperti kendaraan rencana, kecepatan rencana, volume dan kapasitas jalan, serta tingkat pelayanan jalan. Parameter-parameter tersebut merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh geometrik jalan. (silvia sukirman, 1999).

Melalui perencanaan geometrik diharapkan dapat menciptakan hubungan yang serasi antara faktor-faktor yang berkaitan dengan parameter tersebut sehingga mendapatkan kenyamanan, efisiensi, dan keamanan yang optimal.

2.2 Klasifikasi Jalan

2.2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi Jalan

Klasifikasi jalan berdasarkan peran dan fungsinya antara lain :

1) Jalan Arteri

Jalan arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan yang dibatasi secara berdaya guna.

2) Jalan Kolektor

Jalan kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk dibatasi.

3) Jalan Lokal

Jalan lokal merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

4) Jalan Lingkungan

Jalan lingkungan adalah jalan umum dengan fungsi untuk melayani angkutan setempat atau lingkungan dengan perjalanan jarak dekat serta kecepatannya yang rendah.

2.2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

Pengklasifikasian jalan yang berdasarkan kelasnya atau muatan sumbunya, dari segi ini jalan dibagi menjadi :

1) Jalan kelas I

Jalan kelas I adalah jalan arteri yang bisa untuk dilewati oleh kendaraan bermotor maupun kendaraan bermuatan yang lebarnya tidak lebih dari 2,55 meter. Sedangkan panjang jalan sendiri tidak lebih dari 18 meter, muatan sumbu maksimal yang diizinkan pada jalan ini adalah tidak lebih dari 10 ton.

2) Jalan kelas II

Jalan kelas II adalah jalan arteri yang bisa untuk dilewati oleh kendaraan bermotor termasuk kendaraan bermuatan. Jalan ini mempunyai lebar tidak lebih dari 2,55 meter dengan panjang jalan tidak lebih dari 12 meter, dan muatan sumbu maksimalnya mencapai 8 ton. Jenis jalan ini cocok diaplikasikan untuk lalu lintas angkutan peti kemas.

3) Jalan kelas IIIA

Jalan kelas III A adalah jalan kolektor maupun arteri yang bisa untuk dilalui kendaraan bermotor termasuk kendaraan bermuatan. Jalan ini mempunyai

lebar yang tidak lebih dari 2,5 meter dengan panjang tidak lebih dari 12 meter, dengan muatan sumbu terberatnya adalah 8 ton.

4) Jalan kelas IIIB

Jalan kelas III B adalah jalan kolektor yang bisa untuk dilalui oleh kendaraan bermotor maupun kendaraan dengan muatan. Lebar jalan ini tidak lebih dari 2,5 meter dengan panjang tidak lebih dari 12 meter dan muatan sumbu terberatnya maksimal 8 ton.

5) Jalan kelas IIIC

Jalan kelas III C adalah jalan lingkungan dan jalan lokal yang bisa untuk dilalui oleh kendaraan bermotor maupun kendaraan bermuatan. Jalan ini mempunyai lebar yang tidak melebihi 2,2 meter yang panjangnya tidak lebih dari 9 meter, untuk muatan terberatnya adalah sekitar 8 ton.

2.2.3 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

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

Tabel 2.1 Klasifikasi Medan Jalan

Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
Datar	D	<10
Perbukitan	B	10-25
Pegunungan	G	>25

Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021

2.2.4 Klasifikasi Jalan Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Tujuan pengklasifikasian menurut wewenang adalah untuk memastikan kepastian hukum penyelenggara jalan apakah dibawah wewenang pemerintah daerah atau pemerintah pusat. Berdasarkan wewenangnya, jalan raya diklasifikasikan menjadi :

1. Jalan Nasional

Jalan nasional adalah jalan kolektor dan jalan arteri yang tergabung dalam sistem jaringan jalan primer. Fungsi jalan nasional ini adalah untuk menghubungkan antar ibukota provinsi, jalan tol maupun jalan strategis berskala nasional.

2. Jalan Provinsi

Jalan provinsi adalah jalan kolektor yang ada dalam sistem jalan primer. Jalan provinsi mempunyai fungsi sebagai penghubung ibukota provinsi dengan ibukota kota/kabupaten, antar ibukota kabupaten/kota, hingga jalan strategis tingkat provinsi.

3. Jalan Kabupaten

Jalan kabupaten adalah jalan lokal yang tergabung dalam sistem jaringan jalan primer. Jalan kabupaten berfungsi sebagai penghubung ibukota kabupaten dengan kecamatan, antar kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan daerah / lokal, hingga jalan umum dan jalan strategis tingkat kabupaten.

4. Jalan Kota

Jalan kota adalah jalan umum yang terdapat dalam sistem jaringan jalan sekunder. Jalan kota berfungsi sebagai penghubung antar pusat pelayanan dalam kota, pusat pelayanan dengan persil, antar persil, hingga antar pusat pemukiman dalam kota.

5. Jalan Desa

Jalan desa adalah jalan umum dengan fungsi sebagai penghubung kawasan dan/atau antar pemukiman yang ada di desa, hingga jalan lingkungan.

6. Jalan Khusus

Jalan khusus merupakan jalan yang dibangun dan dipelihara oleh instansi, badan usaha hukum, atau perorangan untuk melayani kepentingan sendiri.

2.3 Bagian-bagian Jalan

2.3.1 Daerah Rumaja

Rumaja merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi dan kedalaman tertentu meliputi bagian jalan, saluran tepi jalan dan ambang pengaman, serta Rubeja jika dibutuhkan. Rumaja dilengkapi ruang bebas dengan ukuran tinggi dan kedalaman sebagai berikut.

- a. Lebar ruang bebas diukur di antara dua garis vertikal pada batas terluar ambang pengaman atas batas terluar Rumaja.
- b. Tinggi ruang bebas minimal 5,1 m di atas permukaan jalur lalu lintas.
- c. Kedalaman ruang bebas minimal 1,5 m di bawah permukaan jalur lalu lintas terendah.

2.3.2 Daerah Rumija

Rumija merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi dan kedalaman tertentu meliputi Rumija dan sejalur tanah tertentu di luar Rumaja. Rumija paling sedikit memiliki lebar sebagai berikut :

- a. JBH 30 m
- b. JRY 25 m
- c. JSD 15 m, dan
- d. JKC 11 m

2.3.3 Daerah Ruwasja

Ruwasja merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar dan tinggi tertentu, meliputi ruang tertentu di luar Rumija. Ruwasja diperuntukan bagi pandangan bebas pengemudi dan pengaman konstruksi jalan, serta pengaman jalan, serta pengamanan fungsi jalan. Ruwasja pada dasarnya adalah ruang lahan milik masyarakat umum yang mendapat pengawasan dari pembina jalan. Dalam hal Rumija tidak cukup luas, maka lebar Ruwasja ditentukan dari tepi badan jalan paling sedikit :

- a. Jalan arteri primer 15 m
- b. Jalan kolektor primer 10 m
- c. Jalan lokal primer 7 m
- d. Jalan lingkungan primer 5 m
- e. Jalan arteri sekunder 15 m
- f. Jalan kolektor sekunder 5 m
- g. Jalan lokal sekunder 3 m
- h. Jalan lingkungan sekunder 2 m, dan
- i. Jembatan 100 m ke arah hilir dan hulu

2.4 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

Dalam Pedoman Desain Geometrik Jalan (No.20/SE/Db/2021). Kriteria desain geometrik jalan adalah parameter-parameter geometrik yang nilainya ditetapkan pada awal desain dan menjadi dasar untuk menetapkan desain elemen-elemen geometrik lainnya.

2.4.1 Kendaraan Rencana

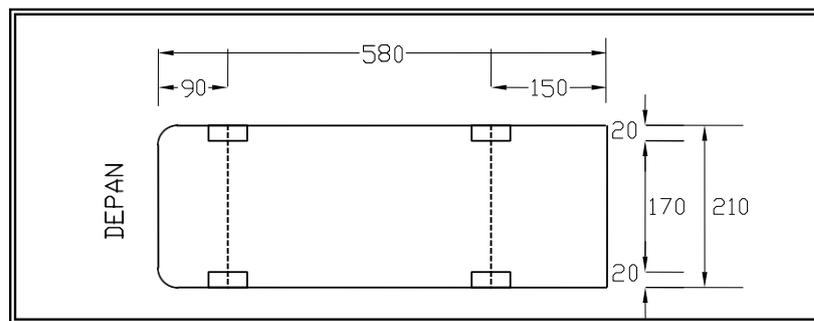
Kendaraan rencana yaitu kendaraan yang dimensi dan radius putarnya digunakan sebagai acuan dalam perencanaan geometrik, dilihat dari bentuk, ukuran, dan berat dari suatu kendaraan yang dipergunakan pada jalan.

Sebagai referensi ukuran kendaraan rencana untuk kendaraan penumpang, bus, truck tanpa gandengan atau semi trailer diatur oleh Bina Marga dalam peraturan 007/BM/2009 dan AASHTO 2004.

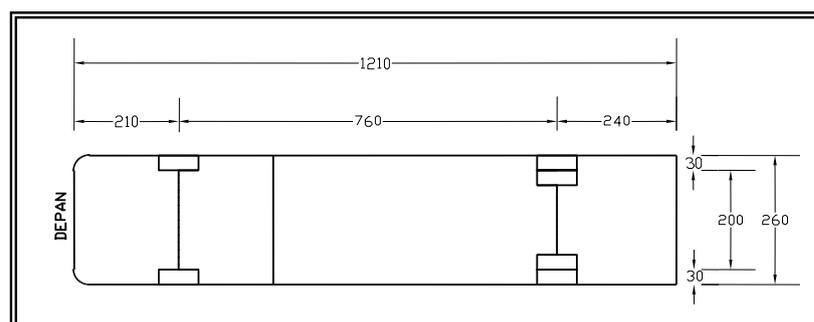
Tabel 2.2 Dimensi Kendaraan Rencana

KATEGORI KENDARAAN RENCANA	DIMENSI KENDARAAN (cm)			TONJOLAN (cm)		RADIUS PUTAR
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Maksimum
Kendaraan Kecil	130	210	580	90	150	730
Kendaraan Sedang	410	260	1210	210	240	1280
Kendaraan Besar	410	260	2100	120	90	1400

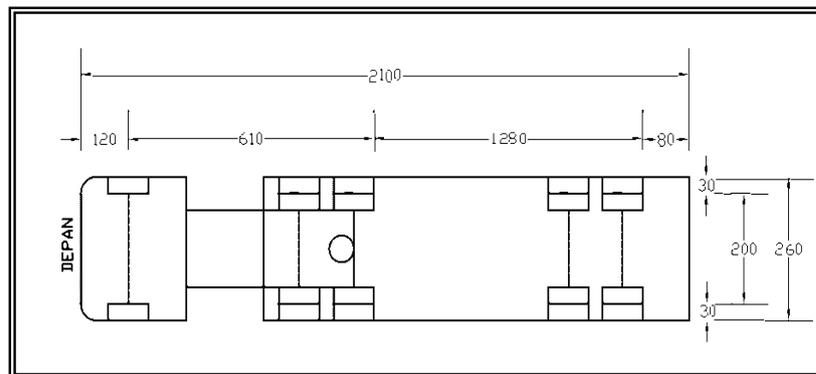
(sumber:PPGJR, 1997)



Gambar 2.1 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Besar

Kendaraan rencana yang akan terpilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan dapat ditentukan oleh fungsi dan jenis kendaraan dominan yang menggunakan jalan tersebut. Biaya juga pastinya dapat menjadi suatu pertimbangan dalam menentukan kendaraan rencana yang akan dipilih sebagai kriteria perencanaan.

2.4.2 Volume Lalu Lintas

Sukirman (1999) dalam “Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan” menyebutkan bahwa, volume suatu lalu lintas akan menunjukkan jumlah kendaraan yang melalui satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). Volume lalu lintas untuk kebutuhan desain kapasitas geometrik jalan dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp) dengan cara menyesuaikan nilai smp pada setiap jenis kendaraan ataupun menunjukkan besarnya jumlah lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut.

Dari data lalu lintas hari rata-rata (LHR) yang diperoleh kita dapat mengklasifikasikan jalan tersebut.

Tabel 2.3 Klasifikasi Kelas Jalan

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan (m)			Muatan Sumbu Terberat (MST) (Ton)
		Lebar	Panjang	Tinggi	
Kelas I	Arteri, Kolektor	≤ 2,55	≤ 18,0	≤ 4,2	10
Kelas II	Arteri, Kolektor, Lokal, dan Lingkungan	≤ 2,55	≤ 12,0	≤ 4,2	8
Kelas III		≤ 2,2	≤ 9,0	≤ 3,5	8
Kelas Khusus	Arteri	> 2,55	> 18,0	≤ 4,2	> 10

Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021

a) Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT)

Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan adalah lalu lintas yang menunjukkan jumlah kendaraan yang melalui satu titik pengamatan 24 jam dalam satu tahun penuh.

Dengan rumus umum:

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

Keterangan :

LHRT = Lalu lintas harian rata-rata tahunan

365 = Jumlah hari dalam setahun

b) Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Jumlah kendaraan yang melalui suatu titik pengamatan dibagi lamanya pengamatan itu sendiri.

Dengan rumus umum :

$$\text{LHRT} = \frac{\text{jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{lama pengamatan}} \dots\dots\dots (2.2)$$

c) Volume Jam Perencanaan (VJP)

Volume lalu lintas harian rencana (VLHR) adalah perkiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan smp/hari. Volume jam rencana (VJR) adalah perkiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam smp/jam yang digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalu lintas lainnya yang diperlukan, sehingga dapat dihitung dengan rumus:

$$VJR = \frac{LHR}{24} \dots\dots\dots (2.3)$$

d) Kapasitas (C)

Kapasitas adalah kapasitas adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu penampang jalan pada jalur selama 1 jam dengan kondisi serta arus lalu lintas tertentu (Sukirman, 1999:46). Kapasitas jalan akan menunjukkan jumlah arus lalu lintas yang maksimum dapat melewati penampang tersebut dalam waktu satu jam sesuai kondisi jalan. Persamaan dasar yang menghitung kapasitas ruas jalan dalam MKJI (1999) jalan luar kota adalah sebagai berikut :

$$C = Co \times FCw \times FCsp \times FCsf \text{ (smp/jam)} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

- C = Kapasitas (smp/jam)
- Co = Kapasitas dasar (smp/jam)
- FCw = Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas
- FCsp = Faktor Penyesuaian Pemisah arah
- FCsf = Faktor penyesuaian hambatan samping

Tabel 2.4 Kapasitas Dasar Ruas Jalan

Tipe Jalan	Tipe Alinyemen	Kapasitas Dasar (smp/jam)			catatan
		Jalan Perkotaan	Jalan Luar Kota	Jalan Bebas Hambatan	
Enam atau Empat lajur terbagi atau jalan satu arah	Datar	1,650	1,900	2,300	Perlajur
	Bukit		1,850	2,250	
	Gunung		1,800	2,150	
Empat lajur tak terbagi	Datar	1,500	1,700		Perlajur
	Bukit		1,650		
	Gunung		1,600		
Dua lajur tak terbagi	Datar	2,900	3,100	3,400	Total dua arah
	Bukit		3,000	3,300	
	Gunung		2,900	3,200	

(sumber: MKJI, 1997)

Tabel 2.5 Faktor penyesuaian kapasitas untuk lebar jalur lalu lintas (FCsw)

Tipe Jalan	Lebar lajur lalu lintas efektif (Cw) (m)	FCsw		
		Jalan Perkotaan	Jalan Luar Kota	Jalan Bebas Hambatan
Enam atau empat lajur terbagi atau jalan satu arah (6/2 D) atau (4/2 D)	Per lajur			
	3,00	0,92	0,91	
	3,25	0,96	0,96	0,96
	3,50	1,00	1,00	1,00
	3,75	1,04	1,03	1,03
	4,00			
Empat lajur tak terbagi (4/2 UD)	Per lajur			
	3,00	0,91	0,91	
	3,25	0,95	0,96	
	3,5	1,00	1,00	
	3,75	1,05	1,03	

	4,00			
Dua lajur tak terbagi (2/2 UD)	Total dua arah			
	5,0	0,56	0,69	
	6,0	0,87	0,91	
	6,5			0,96
	7,0	1,00	1,00	1,00
	7,5			1,04
	8,0	1,14	1,08	
	9,0	1,25	1,15	
	10,0	1,29	1,21	
	11,0	1,34	1,27	

(sumber : MKJI, 1997)

Tabel 2.6 Faktor penyesuaian kapasitas untuk pemisah arah (FCsp)

Pemisah arah SP % - %		50 – 50	55 – 45	60 – 40	65 – 35	70 – 30	
FCsp	Jalan	(2/2)	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	Perkotaan	(4/2)	1,00	0,985	0,97	0,955	0,94
FCsp	Jalan luar	(2/2)	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	Kota	(4/2)	1,00	0,975	0,95	0,925	0,9
FCsp	Jalan Bebas Hambatan	(2/2)	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88

(sumber : MKJI, 1997)

Tabel 2.7 Faktor Penyesuaian kapasitas untuk hambatan samping (FCsf)

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping Untuk jalan dengan bahu (FCsf)			
		Lebar Bahu efektif			
		≤ 0,5	1,0	1,5	≥2,0
4/2 D	VL	0,99	1,00	1,01	1,03
	L	0,96	0,97	0,99	1,01
	M	0,93	0,95	0,96	0,99
	H	0,90	0,92	0,95	0,97
	VH	0,88	0,90	0,93	0,96
4/2 UD atau 2/2 UD	VL	0,97	0,99	1,00	1,02
	L	0,93	0,95	0,97	1,00
	M	0,88	0,91	0,94	0,98
	H	0,84	0,87	0,91	0,95
	VH	0,80	0,83	0,88	0,93

(Sumber : MKJI, 1997)

e) Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio arus jalan terhadap kapasitas, yang digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak.

Persamaan dasar untuk menentukan derajat kejenuhan adalah sebagai berikut :

$$DS = \frac{q}{c} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

DS = Derajat Kejenuhan

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

Tabel 2.8 Tingkat pelayanan jalan

Tingkat Pelayanan	Karakteristik	Batas Lingkup (Q/C)
A	Arus bebas; volume rendah dan kecepatan tinggi, pengemudi dapat memilih kecepatan yang dikehendaki	0,00 - 0,20
B	Arus stabil; kecepatan sedikit terbatas oleh lalu lintas	0,20 – 0,44
C	Arus stabil; kecepatan dikontrol oleh lalu lintas	0,45 – 0,74
D	Arus mendekati tidak stabil; kecepatan menurun akibat hambatan yang timbul dan kebanyakan bergerak relatif kecil	0,75 – 0,84
E	Arus tidak stabil; kecepatan rendah dan berbeda-beda terkadang berhenti, volume mendekati kapasitas	0,85 – 1,00
F	Arus yang dipaksakan atau macet; kecepatan rendah, volume dibawah kapasitas, terjadi hambatan besar	>1,00

(Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997)

2.4.3 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana merupakan kecepatan pada ruas jalan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan seperti tikungan, kemiringan jarak pandang, dan sebagainya. Kecepatan rencana yang dipilih tersebut juga merupakan kecepatan menerus yang memungkinkan suatu kendaraan bergerak dengan nyaman dan aman dalam kondisi lalu lintas yang cerah maupun kondisi lalu lintas yang lengang.

Adapun faktor-faktor yang memengaruhi kecepatan rencana sebagai berikut:

1. Keadaan Trase Yang Datar, Perbukitan dan Pegunungan

Melalui perhitungan rata-rata yang berdasarkan pada ketinggian muka tanah lokasi rencana, maka dapat kita ketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan. Klasifikasinya golongan medan diberikan pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.9 Klasifikasi Golongan Medan

NO	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	< 10
2	Perbukitan	B	10 – 25
3	Pegunungan	G	> 25

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

2. Sifat dan Tingkat Penggunaan Daerah

Kecepatan yang diambil juga akan berbeda pada tiap kelas jalannya seperti pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.10 Kecepatan Rencana berdasarkan Medan Jalan

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana (V_r), Km/jam		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	70 – 120	60 – 80	40 – 70
Kolektor	60 – 90	50 – 60	30 – 50
Lokal	40 – 70	30 – 50	20 – 30

(Sumber : Shirley, 2000)

2.4.4 Satuan Mobil Penumpang

Setiap jenis kendaraan memiliki karakteristik pergerakan yang berbeda, karena suatu dimensi, percepatan, kecepatan, maupun kemampuan gerakan yang dimiliki masing-masing kendaraan berbeda, dan pengaruh geometrik jalan. Oleh karena itu, untuk menyamakan masing-masing jenis kendaraan digunakan suatu satuan yang bisa dipakai dalam perencanaan lalu lintas yang disebut satuan mobil penumpang (smp). Besarnya smp yang direkomendasikan sesuai dengan penelitian MKJI dapat dilihat dan pada tabel 2.11.

Tabel 2.11 Satuan Mobil Penumpang

Jenis Kendaraan	Nilai smp
Sepeda	0,5
Mobil penumpang	1,0
Truk ringan (< 5 ton)	2,0
Truk Sedang (> 5 ton)	2,5
Truk Berat (> 10 ton)	3,0
Bus	3,0
Kendaraan Tak Bermotor	0,8

(Sumber : MKJI, 1997)

2.5 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal dikenal juga dengan nama “situasi jalan” atau “trase jalan”. Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus yang dihubungkan dengan garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah busur peralihan, busur peralihan saja atau pun busur lingkaran saja (Sukirman, 2010).

Desain alinyemen horizontal sangat dipengaruhi oleh kecepatan rencana yang ditentukan berdasarkan tipe dan kelas jalan. Pada umumnya perencanaan alinyemen horizontal akan ditemui dua jenis bagian jalan antara lain bagian lurus dan bagian lengkung. Umumnya disebut tikungan yang terdiri dari tiga jenis tikungan yaitu :

1. *Full Circle (FC)*
2. *Spiral Circle Spiral (S-C-S)*
3. *Spiral-Spiral (S-S)*

2.5.1 Panjang Bagian Alinyemen Lurus

Panjang bagian alinyemen lurus suatu ruas jalan harus ditempuh dengan waktu $\leq 2,5$ menit (sesuai V_r), dengan pertimbangan keselamatan pengemudi akibat kelelahan.

Tabel 2.12 Panjang Bagian Lurus maksimum

Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maksimum		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Arteri	3000	2500	2000
Kolektor	2000	1750	1500

(Sumber : Ditjen Bina Marga, No. 038/T/BM/1997)

2.5.2 Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan digunakan untuk menghubungkan bagian lurus jalan dengan busur lingkaran agar lintasan kendaraan dapat berubah mulus di dalam lajur lalu lintas. Kegunaan utama lengkung peralihan adalah :

1. Lengkung peralihan akan memberikan jalur belok alami kendaraan yang mudah dilalui dan menyebabkan gaya *lateral* meningkat dan menurun secara gradual seiring gerakan kendaraan memasuki dan keluar tikungan. Lengkung peralihan meminimalkan kemungkinan kendaraan berpindah lajur ke lajur yang berdampingan dan cenderung mendukung kecepatan lintasan yang konstan.
2. Di sepanjang lengkung peralihan merupakan lokasi yang cocok bagi pembentukan superelevasi dari kemiringan melintang normal pada bagian lurus ke bagian dengan superelevasi penuh pada tikungan, dan dapat didesain sesuai dengan perbandingan kecepatan dan radius bagi kendaraan yang melintasinya.

Tabel 2.13 Radius Maksimum Lengkung Peralihan

Kecepatan Operasi (Km/Jam)	Radius Maksimum Lengkung Peralihan (m)
20	24
30	54
40	95
50	148
60	213
70	290

Kecepatan Operasi (Km/Jam)	Radius Maksimum Lengkung Peralihan (m)
80	379
90	480
100	592
110	716
120	852

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Tabel 2.14 Jari-Jari Tikungan yang tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

V_D (km/jam)	Sudut defleksi (derajat)		Panjang lengkung horizontal minimum (dari TS ke ST) (m)
	Jalan 2 lajur	Jalan 4 lajur	
40	1,5	N/A	45
50	1,5	N/A	70
60	1,0	0,50	100
70	1,0	0,50	140
80	1,0	0,50	180
90	1,0	0,50	230
100	1,0	0,50	280
110	0,5	0,25	340
120	0,5	0,25	400

Catatan : Panjang minimum lengkung horizontal termasuk panjang busur lingkaran dan lengkung transisi melingkar (spiral) TS = Tangent to Spiral, ST= Spiral to Tangent. Dihitung dari $L_h = V^2/36$, dimana L_h = panjang lengkung horizontal dan V = kecepatan desain (Km/Jam).

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

2.5.3 Radius Minimum Nilai Superelevasi Desain

R_{\min} lengkung horizontal untuk desain yang ditetapkan dan e_{\max} untuk rentang tipikal superelevasi e_{\max} 4%, 6% dan 8% ditunjukkan dalam tabel 2.16.

Tabel 2.15 R_{\min} Lengkung Horizontal Berdasarkan e_{\max} dan f yang ditentukan

V_D (Km/Jam)	Kekesatan samping (f)	$e_{\max} = 4\%^1$	$e_{\max} = 6\%$	$e_{\max} = 8\%$
		R_{\min} (m)	R_{\min} (m)	R_{\min} (m)
20	0,18	15	15	10
30	0,17	35	30	30
40	0,17	60	55	50
50	0,16	100	90	80
60	0,15	150	135	125
70	0,14	215	195	175
80	0,14	280	250	230
90	0,13	375	335	305
100	0,12	490	435	395
110	0,11	-	560	500
120	0,09	-	755	665

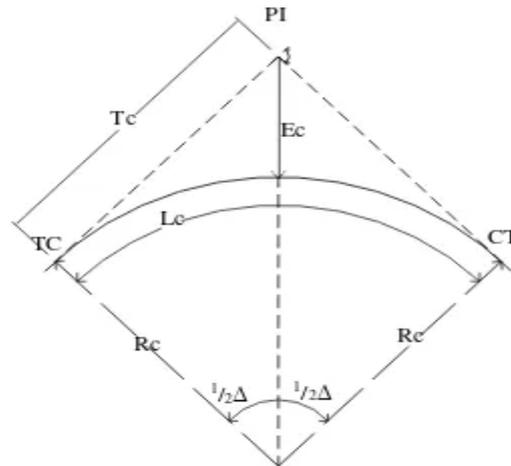
(Sumber : PDGJ 2021 (catatan : pemakaian $e_{\max} = 4\%$ untuk kondisi perkotaan))

2.5.4 Jenis – Jenis Tikungan

1) Tikungan *Full Circle*

Tikungan Full Circle adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan full spiral hanya digunakan untuk jari-jari tikungan yang besar agar tidak terjadi patahan, karena jika dengan jari-jari kecil membutuhkan superelevasi yang besar.

Jenis tikungan ini biasanya digunakan pada jalan yang tikungannya berjari-jari besar serta sudut tangen yang relatif kecil. Oleh karena itu perencanaan tikungan dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan.

Gambar 2.4 Tikungan *Ful Circle*

Rumus yang digunakan pada tikungan *Full Circle* adalah :

$$Tc = Rc \tan \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots (2.6)$$

$$Ec = Tc \tan \frac{1}{4} \Delta \dots\dots\dots (2.7)$$

$$Lc = \frac{\pi}{180} \Delta Rc \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

Tc = Panjang tangen jarak dari Tc ke PI atau PI ke Tc

Ec = jarak luar dari PI ke busur lingkaran

Rc = jari-jari linkungan

Lc = Panjang busur lingkaran

Δ = sudut tangen

2) Tikungan *Spiral Circle Spiral*

Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS) dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran, jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lurus dan bagian lingkaran (*circle*), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran.

Jenis tikungan ini digunakan pada daerah-daerah perbukitan atau pegunungan, karena tikungan jenis ini memiliki lengkung peralihan yang

memungkinkan perubahan menikung tidak secara mendadak dan tikungan tersebut menjadi aman.

Panjang lengkung peralihan, L_s menurut TPGJAK 1997 diambil nilai yang terbesar dari persamaan di bawah ini :

- a) Berdasarkan waktu tempuh maksimum (3 detik), untuk melintasi lengkung peralihan, maka panjang lengkung :

$$L_s = \frac{V_R}{3.6} T \dots\dots\dots (2.9)$$

Berdasarkan antipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus modifikasi short, sebagai berikut :

$$L_s = 0,022 \frac{V_R^3}{3.6} T - 2,727 \frac{V_R \cdot e}{3.6} \dots\dots\dots (2.10)$$

- b) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s = \frac{(em-en)}{3.6re} V_R \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

T = Waktu tempuh 3 detik

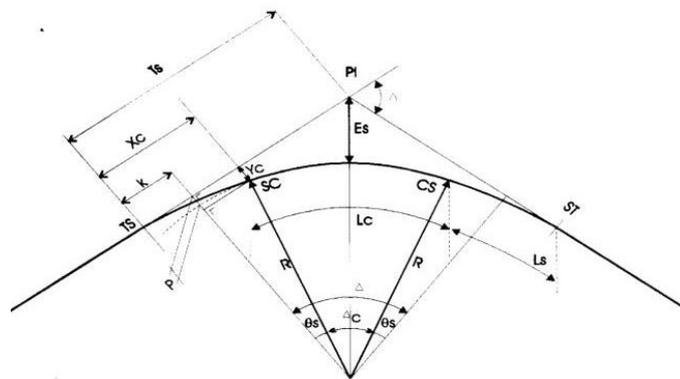
Rc = Jari-jari busur lingkaran (m)

C = Perubahan kecepatan 0,3 – 1,0 m/detik

Γ_e = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan

Untuk $V \leq 70$ Km/Jam, $\Gamma_e = 0,035$ m/m/dt

Untuk $V_R \geq 80$ Km/Jam, $\Gamma_e = 0,025$ m/m/dt



Gambar 2.5 Spiral Circle Spiral

Rumus yang berlaku dalam perencanaan tikungan *Spiral Circle Spiral* adalah :

$$F_m = -0,00065 V_r + 0,192 \text{ (untuk kecepatan 80 Km/jam)} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$R_{\min} = \frac{V_r^2}{127 (e_{\max} + f_{\max})} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$D_{\max} = \frac{181913,53 (e_{\max} + f_{\max})}{V_r} \dots\dots\dots (2.14)$$

$$D = -\frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots (2.15)$$

$$e = \frac{e_{\max}}{D^2 \max} D^2 + \frac{2e_{\max}}{D \max} D \dots\dots\dots (2.16)$$

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40Rc^2}\right) \dots\dots\dots (2.17)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 Rc} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{\pi rc} \dots\dots\dots (2.19)$$

$$\Delta_c = \Delta - 2.\theta_s \dots\dots\dots (2.20)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6 Rc} - Rc (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots (2.21)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^2}{40Rc^2} - Rc \sin \theta_s \dots\dots\dots (2.22)$$

$$T_s = (Rc + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots\dots\dots (2.23)$$

$$E_s = (Rc + p) \sec \frac{1}{2} \Delta + Rc \dots\dots\dots (2.24)$$

$$L_c = \frac{\Delta - 2\theta_s}{180} \cdot \pi \cdot Rc \dots\dots\dots (2.25)$$

$$L_{\text{tot}} = L_c + 2 L_s \dots\dots\dots (2.26)$$

$$\text{Kontrol} = L_{\text{tot}} < 2.T_s$$

Dimana :

X_s = absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC (jarak lurus lengkung peralihan) (m)

Y_s = koordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung.(m)

θ_s = Sudut lengkung spiral ($^\circ$)

Rc = Jari-jari lingkaran (m)

p = Pergeseran tangen terhadap spiral (m)

- k = absis dari p pada garis tangen spiral (m)
 T_s = Panjang tangen dari titik P_1 ke TS atau ke titik ST (m)
 TS = Titik dari tangen ke spiral (m)
 SC = Titik dari spiral ke lingkaran (m)
 E_s = Jarak dari PI Ke busur lingkaran (m)
 L_c = Panjang busur lingkaran (panjang dari titik TS Ke SC atau CS ke ST) (m)
 L_s = Panjang lengkung peralihan (panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST) (m)

3) Tikungan *Spiral – Spiral*

Tikungan *spiral-spiral* digunakan untuk keadaan yang sangat tajam. Lengkung horizontal berbentuk *spiral-spiral* adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga SC berimpit dengan titik CS . Adapun rumus dan aturannya antara lain :

$$F_m = -0,00065 V_r + 0,192 \text{ (untuk kecepatan 80 Km/jam)} \dots\dots\dots (2.27)$$

$$R_{\min} = \frac{V_r^2}{127 (e_{\max} + f_{\max})} \dots\dots\dots (2.28)$$

$$D_{\max} = \frac{181913,53 (e_{\max} + f_{\max})}{V_r} \dots\dots\dots (2.29)$$

$$D = -\frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots (2.30)$$

$$E = \frac{e_{\max}}{D^2 \max} D^2 + \frac{2e_{\max}}{D \max} D \dots\dots\dots (2.31)$$

$$\theta_s = \frac{\Delta}{2} \dots\dots\dots (2.32)$$

Untuk menentukan nilai L_s dapat menggunakan beberapa pendekatan sebagai berikut :

Berdasarkan Bina Marga

$$L_s 1 = 50 \text{ m} \dots\dots\dots (2.33)$$

Berdasarkan waktu tempuh maksimal 3 detik

$$L_s 2 = \frac{VR}{3,6} \cdot T \dots\dots\dots (2.34)$$

Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$Ls\ 3 = 0,222 \cdot \frac{VR^3}{R.C} - 2,727 \frac{VR.e}{C} \dots\dots\dots (2.35)$$

Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$Ls\ 4 = \frac{(em-en)}{23,6.re} \cdot V R \dots\dots\dots (2.36)$$

$$Ls\ \text{yang digunakan adalah } Ls\ 5 = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R}{90} \dots\dots\dots (2.37)$$

$$Ls\ 5 > Ls\ \text{min, maka } Ls\ \text{yang digunakan } Ls\ 5 \dots\dots\dots (2.38)$$

$$Lc = 0 \text{ dan } \theta_s = \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots (2.39)$$

$$L_{tot} = 2 Ls \dots\dots\dots (2.40)$$

$$\theta_s = \frac{90 Ls}{\pi R c} \dots\dots\dots (2.41)$$

$$Ls = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R}{90} \dots\dots\dots (2.42)$$

$$p = \frac{Ls^2}{6 R c} - R c (1 - \text{Cos } \theta_s) \dots\dots\dots (2.43)$$

$$k = Ls - \frac{Ls^2}{40 R c^2} - R c \text{ Sin } \theta_s \dots\dots\dots (2.44)$$

$$Ts = (Rc + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots\dots\dots (2.45)$$

$$Es = (Rc + p) \sec \frac{1}{2} \Delta + Rc \dots\dots\dots (2.46)$$

Dimana :

R = Jari-jari tikungan (m)

Δ = Sudut tikungan ($^{\circ}$)

p = Pergeseran tangen terhadap spiral (m)

k = absis pada garis tangen spiral (m)

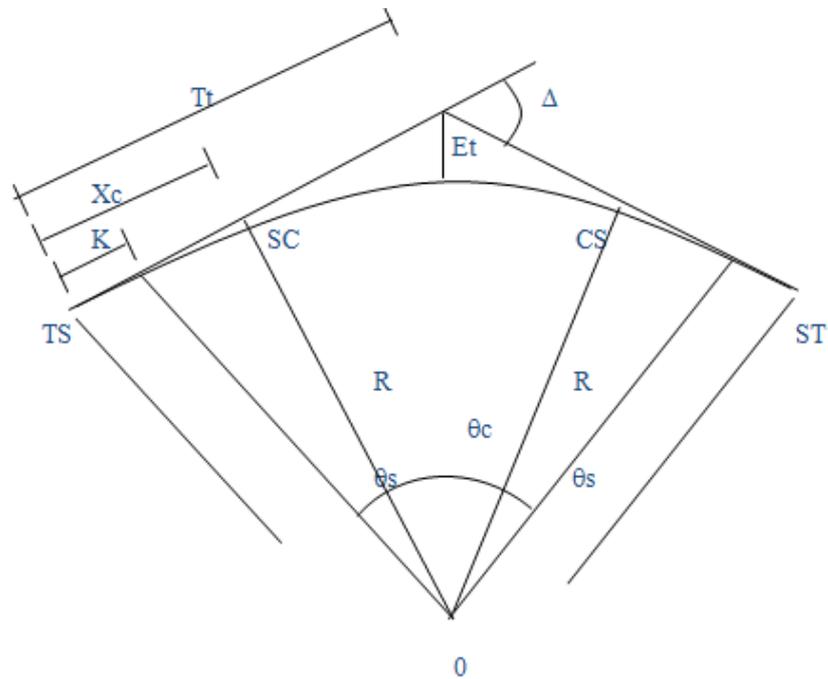
Ts = Jarak tangen dari P1 ke TS atau ST (m)

Es = Jarak dari P1 ke puncak busur lingkaran (m)

Ls = Panjang lengkung peralihan (panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST) (m)

Lc = Panjang busur lingkaran (panjang dari titik TS Ke SC atau CS ke ST) (m)

Ts = Panjang tangen dari titik P1 ke TS atau ke titik ST (m)



Gambar 2.6 *Spiral - Spiral*

2.5.5 Superelevasi

Menurut Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya Bina Marga Tahun 2021, metode pencapaian superelevasi didasarkan kepada hubungan *curvilinear* antara superelevasi dan kekesatan samping jalan dengan kebalikan radius lengkung. Metode ini mempunyai bentuk parabola asimetris dan mewakili sebaran praktis superelevasi terhadap suatu rentang kelengkungan. Metode ini menerapkan “kecepatan tempuh rata-rata” yang lebih rendah dari kecepatan desain untuk mencapai superelevasi melebihi nilai untuk lengkung pertengahan pada metode hubungan garis lurus. Metode ini berasumsi bahwa tidak semua pengemudi berkecepatan yang sama dengan kecepatan desain. Dapat dilihat pada tabel berikut.

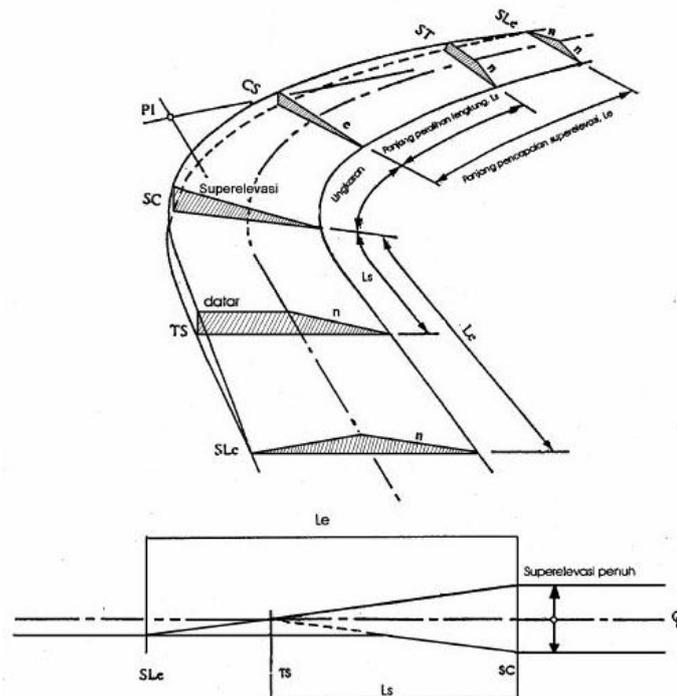
Tabel 2.16 Hubungan V_D dengan $V_{\text{kecepatan tempuh rata-rata}}$

V_D (km/jam)	$V_{\text{kecepatan tempuh rata-rata}}$ (km/jam)
20	20
30	30
40	40
50	47
60	55
70	63
80	70
90	77
100	85
110	91
120	98

(Sumber : PDGJ 2021 (catatan : pemakaian $e_{\text{max}} = 4\%$ untuk kondisi perkotaan))

- 1) Superelevasi Minimum, pada kecepatan menengah dan rendah, lebih dikehendaki agar semua tikungan memiliki nilai superelevasi setidaknya sama dengan kemiringan melintang normal jalan pada bagian lurus (3% pada daerah dengan curah hujan yang tinggi). Pada tikungan besar, kemiringan melintang jalan yang normal (*adverse*) hendaknya dipertimbangkan
- 2) Superelevasi Normal, adalah superelevasi yang cukup untuk meningkatkan kecepatan kendaraan melalui kurva tanpa mengorbankan keselamatan pengguna jalan. Superelevasi normal diterapkan pada kurva dengan radius antara 100-500 meter.
- 3) Superelevasi Optimum, adalah superelevasi yang optimal untuk meningkatkan kecepatan kendaraan melalui kurva tanpa mengorbankan keselamatan pengguna jalan. Superelevasi optimum diterapkan pada kurva dengan radius lebih dari 500 meter. Superelevasi maksimum yang diterapkan adalah 8% untuk jalan Antarkota, Jalan Perkotaan, dan JBH (Permen PU No.19/PRT/M/2011).

Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya Bina Marga Tahun 2021 juga mengatur persyaratan untuk penerapan superelevasi pada jalan raya, termasuk batas maksimum dan minimum superelevasi, lebar bahu jalan, sudut kemiringan, dan sebagainya. Hal ini dimaksudkan untuk memastikan bahwa penerapan superelevasi pada jalan raya memenuhi standar keselamatan dan kenyamanan bagi pengguna jalan.



Gambar 2.7 profil tipikal pencapaian superelevasi pada dua lajur

Catatan : kemiringan jalan diputar terhadap as jalan (centreline).

Keterangan :

- PI = titik perpotongan sumbu jalan
- TS = titik tangen spiral
- SLe = titik permulaan pencapaian superelevasi
- SC = titik peralihan spiral ke lengkung lingkaran
- Ls = Panjang spiral, TS ke SC (m)
- N = superelevasi manual (%)
- e = superlevasi

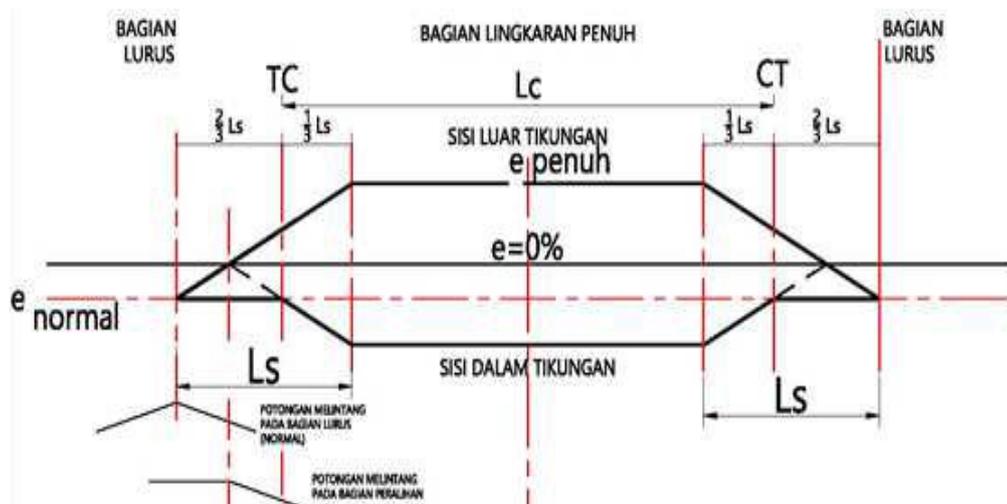
2.5.6 Diagram Superelevasi

Metode superelevasi adalah salah satu metode yang digunakan dalam perencanaan geometrik jalan raya untuk menentukan tingkat superelevasi yang diperlukan pada kurva. Metode ini didasarkan pada konsep bahwa pengemudi akan merasa nyaman saat melintasi kurva jika gaya sentrifugal yang diberikan oleh kurva tersebut seimbang dengan gaya gravitasi pada kendaraan.

Ada tiga cara untuk mendapatkan superelevasi yaitu :

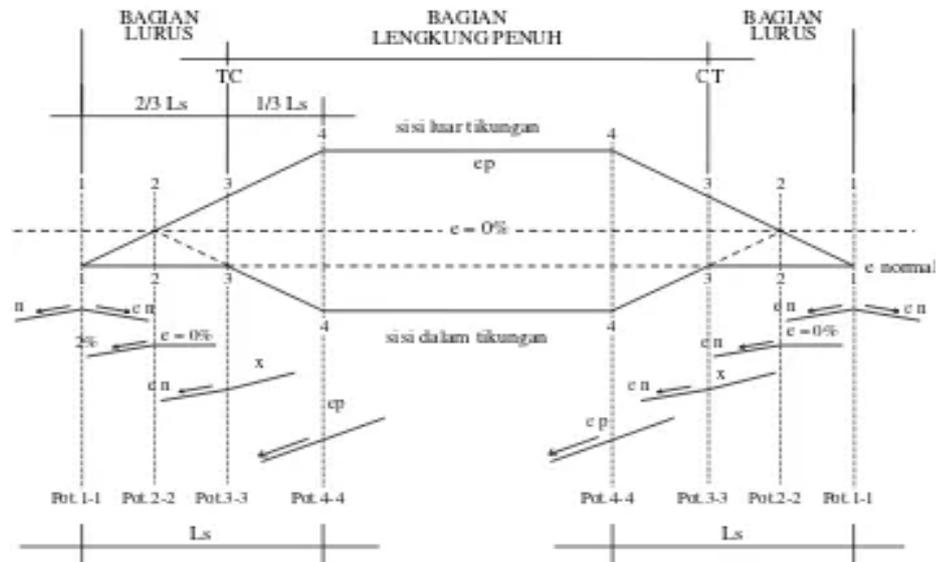
1. Memutar perkerasan jalan terhadap profil sumbu
2. Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah dalam
3. Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah luar

Adapun diagram pencapaian superelevasi pada tikungan *Full Circle* dapat dilihat pada gambar 2.8.



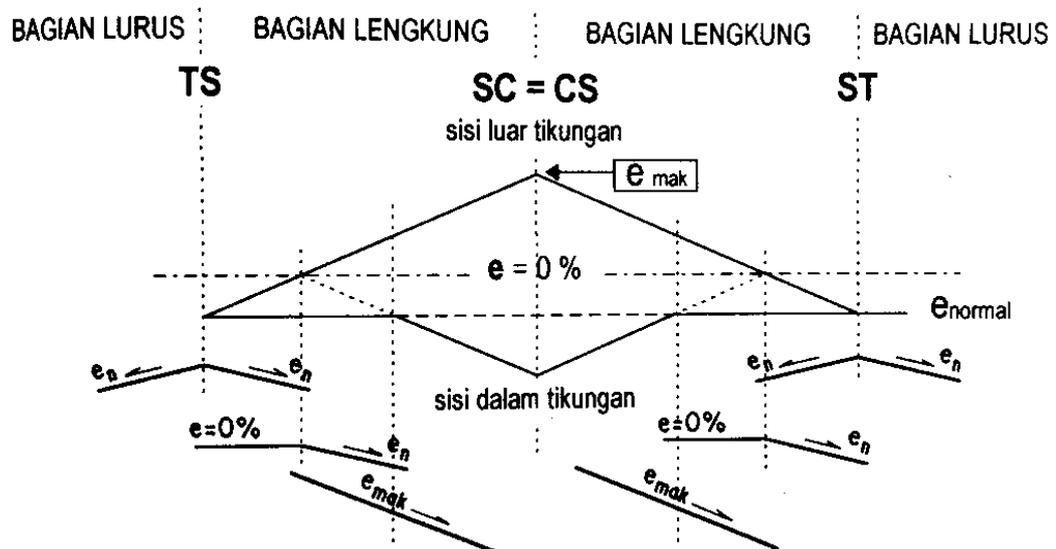
Gambar 2.8 superelevasi *Full circle*

Untuk tikungan *Spiral Circle Spiral* diagram pencapaian superelevasi dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 superelevasi *Spiral Circle Spiral*

Untuk tikungan *Spiral Circle Spiral* diagram pencapaian superelevasi dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 superelevasi *Spiral - Spiral*

2.5.7 Kelandaian Relatif

Untuk penampilan dan kenyamanan, panjang *runoff* superelevasi hendaknya didasarkan atas perbedaan maksimum yang dapat diterima antara kelandaian memanjang sumbu rotasi dan tepi perkerasan. Sumbu rotasi biasanya adalah garis tengah jalan yang tanpa pemisah jalan, tetapi bisa tepi dalam atau tepi luar perkerasan pada jalan yang dilengkapi median. Kelandaian relative maksimum bervariasi dengan kecepatan desain untuk memberikan panjang *runoff* yang lebih panjang pada kecepatan lebih tinggi dan lebih pendek pada kecepatan lebih rendah. Interpolasi relatif yang diterima antara 0,80% dan 0,35% masing-masing untuk kecepatan desain 20 dan 130Km/Jam memberikan kelandaian relatif maksimum untuk rentang kecepatan desain.

Tabel 2.17 Kelandaian Relatif Maksimum

V_D (Km/Jam)	Kelandaian Relatif Maksimum	Kemiringan Relatif Ekivalen Maksimum
20	0,80	1 : 125
30	0,75	1 : 133
40	0,70	1 : 143
50	0,65	1 : 154
60	0,60	1 : 167
70	0,55	1 : 182
80	0,50	1 : 200
90	0,47	1 : 213
100	0,44	1 : 227
110	0,41	1 : 244
120	0,38	1 : 263
130	0,35	1 : 286

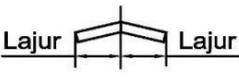
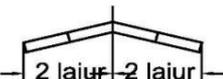
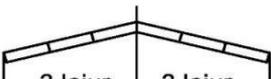
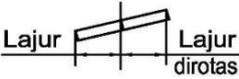
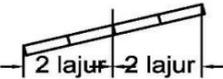
(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Jika ada beberapa lajur yang akan dirotasi, fakto-faktor penyesuaian berikut harus diterapkan pada lajur-lajur yang akan dirotasi.

Tabel 2.18 Faktor Penyesuaian Untuk Jumlah Lajur Rotasi

Jumlah Lajur Rotasi N_1	Faktor Penyesuaian b_w	Kenaikan Panjang relatif terhadap rotasi satu lajur $(n_1 \cdot b_w)$
1,0	1,00	1,00
1,5	0,83	1,25
2,0	0,75	1,50
2,5	0,70	1,75
3,0	0,67	2,00
3,5	0,64	2,25

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Satu lajur dirotasi	Dua lajur dirotasi	Tiga lajur dirotasi
 Ruas Normal	 Ruas Normal	 Ruas Normal
 Ruas dirotasi	 Ruas dirotasi	 Ruas dirotasi

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Gambar 2.11 Faktor penyesuaian jumlah lajur rotasi

2.5.8 Pelebaran Perkerasan pada Tikungan

Perkerasan dapat diperlebar pada tikungan untuk menjaga ruang bebas antar kendaraan. Pelebaran jalan dibutuhkan apabila :

- 1) Kendaraan yang melintasi tikungan memerlukan lebar jalan yang lebih setelah melewati jalan lurus, karena lintasan roda belakang berada di sisi dalam roda depan dan jalur depan suatu kendaraan mengurangi ruang bebas antara kendaraan yang dilewati dan yang melewati.

- 2) Pada saat tikungan kendaraan lebih banyak menyimpang dari garis tengah lajur daripada di jalan lurus.

Besaran pelebaran yang dibutuhkan tergantung pada :

- 1) Radius tikungan
- 2) Lebar lajur pada jalan lurus
- 3) Panjang dan lebar kendaraan
- 4) Ruang bebas kendaraan

Rumus yang digunakan adalah :

$$B = \sqrt{\{\sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25\}^2 + 64} - \sqrt{(Rc^2 - 64) + 1,25} \dots \dots \dots (2.47)$$

$$Rc = \text{radius lajur sebelah dalam} - \frac{1}{4} \text{ lebar perkerasan} + \frac{1}{2} b \dots \dots \dots (2.48)$$

$$Z = \frac{0,105 \times V}{\sqrt{R}} \dots \dots \dots (2.49)$$

$$B_t = n (B + C) + Z \dots \dots \dots (2.50)$$

$$\Delta b = B_t - B_n \dots \dots \dots (2.51)$$

Dimana :

B = lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan di tikungan pada lajur sebelah dalam (m)

Rc = radius lengkung untuk lintasan luar roda depan yang besarnya dipengaruhi oleh sudut α (m)

Z = lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi di tikungan (m)

B_t = lebar total perkerasan di tikungan (m)

Δb = tambahan lebar perkerasan di tikungan (m)

C = kebebasan samping, (m)

0,5 untuk lebar lajur 6 m, 1,0 untuk lebar lajur 7 m, dan 1,25 untuk lebar lajur 7,5 m

n = jumlah lajur

B_n = lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

V = kecepatan, (km/jam)

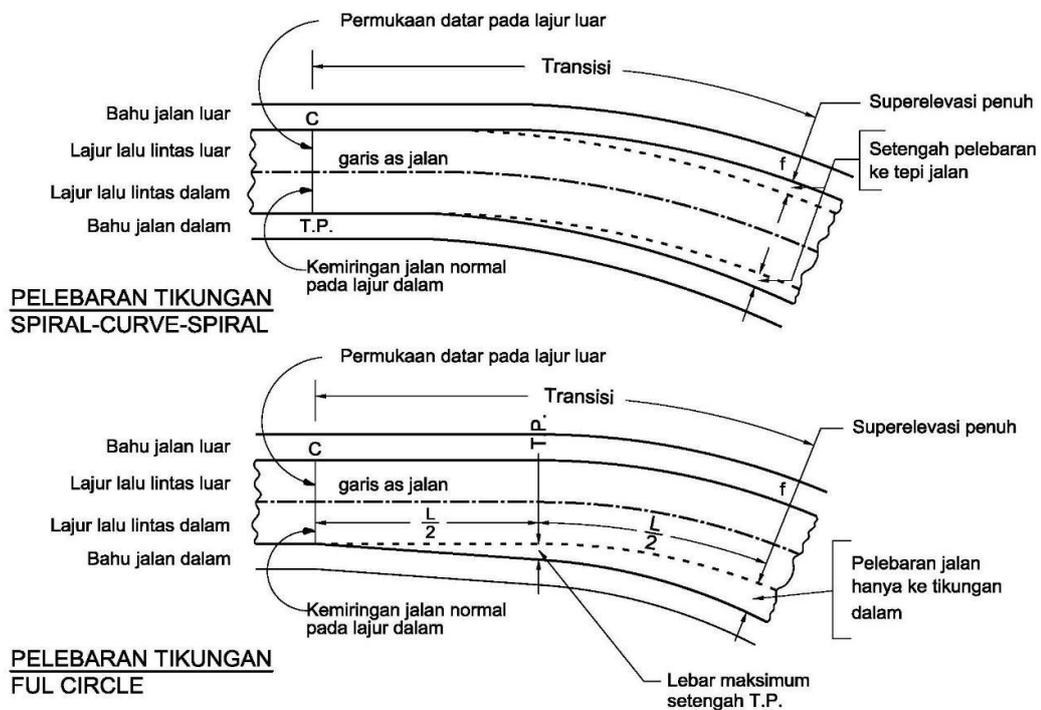
R = radius lajur sebelah dalam / jari-jari tikungan (m)

b = lebar kendaraan (m)

Tabel 2.19 Pelebaran tikungan per lajur untuk kendaraan desain

Radius (m)	Pelebaran tikungan untuk Truk atau Bus Tunggal (m)	Pelebaran tikungan untuk Truk Semi-Trailer (m)
30	-	-
40	1.03	-
50	0.82	-
60	0.71	1.27
70	0.59	1.03
80	0.52	0.91
90	0.46	0.81
100	0.41	0.71
120	0.36	0.63
140	0.32	0.56
160	0.28	0.49
180	0.24	0.42
200	-	0.35
250	-	0.29
300	-	0.23

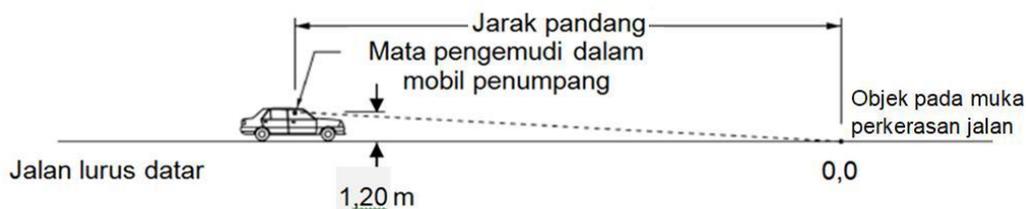
Sumber : QDMR (2003).



Gambar 2.12 Metode Penggunaan Pelebaran Tikungan

2.5.9 Jarak Pandang

Menurut Peraturan Bina Marga Tahun 2021, untuk mengoperasikan kendaraan dalam arus lalu lintas di jalan umum dengan aman, pengemudi membutuhkan jarak pandang yang cukup agar pengemudi dapat memahami dan bereaksi terhadap situasi yang berbahaya di depannya. Jarak pandang adalah panjang jalan di depan pengemudi yang terlihat. Jarak pandang yang harus ada di jalan adalah yang mencukupi untuk kendaraan berjalan pada kecepatan desainnya dan berhenti sesaat sebelum mencapai objek atau halangan yang ada pada lajur jalannya.



Gambar 2.14 Jarak Pandang

Namun, penting untuk diingat bahwa jarak pandang dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti cuaca, keadaan jalan, kondisi kendaraan, dan kemampuan pengemudi. Oleh karena itu, selalu penting untuk mengemudi dengan hati-hati dan memperhatikan kondisi sekitar saat berkendara.

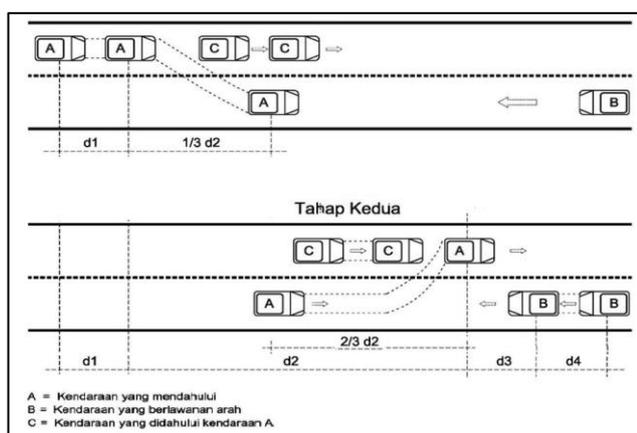
1) Jarak Pandang Henti (J_{PH})

J_{PH} yaitu panjang jalan didepan pengemudi yang terlihat dan cukup panjang untuk menghentikan kendaraannya sesaat sebelum sebelum kendaraan tersebut mencapai objek halangan. Ketentuan teknis untuk J_{PH} adalah bahwa pada jalan Antarkota, jalan perkotaan, dan JBH, pada seluruh panjang alinemen jalannya baik pada bagian lurus maupun tikungan harus memenuhi J_{PH} .

2) Jarak Pandang Mendahului (J_{PM})

J_{PM} yaitu panjang jalan didepan pengemudi yang terlihat dan cukup panjang untuk melakukan mendahului kendaraan yang ada didepannya

dengan aman. Ketentuan teknis untuk J_{PM} adalah bahwa J_{PM} harus dipenuhi hanya pada jalan dua lajur dua arah tanpa median (2/2-TT) di jalan Antarkota dan porsi pemenuhannya paling sedikit 20% dari seluruh panjang ruas yang didesain. Pemenuhan J_p tidak diterapkan baik di Jalan perkotaan maupun di J_{BH} .



Gambar 2.15 Manuver Mendahului

Tabel 2.21 Jarak pandang henti

V_D (Km/h)	Asumsi kecepatan kendaraan dalam arus (Km/jam)		J_{PM} (pembulatan) (m)
	Kendaraan didahului	Kendaraan mendahului	
30	29	44	200
40	36	51	270
50	44	59	345
60	51	66	410
70	59	74	485
80	65	80	540
90	73	88	615
100	79	94	670
110	85	100	730
120	90	105	775

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

3) Jarak Pandang Aman (J_{PA})

J_{PA} adalah jarak pandang yang diperlukan pengemudi untuk mengenali objek yang kompleks (*decision sight distance*), informasi yang harus dicermati, dan atau kondisi yang tidak umum dan mungkin mengancam, dalam tugas mengemudi memilih kecepatan dan lajur, dan bermanuver secara aman serta efisien. Karena J_{PA} ini membutuhkan perhatian pengemudi yang lebih dari yang umum, maka J_{PA} membutuhkan panjang yang lebih dari J_{PH} . Ketentuan teknik untuk diterapkannya J_{PA} adalah bahwa J_{PA} harus dipenuhi pada lokasi-lokasi yang banyak menyebabkan manuver kendaraan yang tidak biasa atau tidak mudah diduga seperti di persimpangan,

Tabel 2.22 Jarak pandang aman (J_{PA})

V_D (Km/jam)	Jarak Pandang Aman J_{PA} (m)				
	A	B	C	D	E
50	70	155	145	170	195
60	95	195	170	205	235
70	115	235	200	235	275
80	140	280	230	270	315
90	170	325	270	315	360
100	200	370	315	355	400
110	235	420	330	380	430
120	265	470	360	415	470
Manuver menghindar tipe A	Berhenti di jalan AntarKota dengan $t = 3$ detik				
Manuver menghindar tipe B	Berhenti di jalan perkotaan dengan $t = 9$ detik				
Manuver menghindar tipe C	Pada perubahan kecepatan/lajur/arah di jalan Antarkota dengan $10,2 < t < 11,2$ detik				
Manuver menghindar tipe D	Pada perubahan kecepatan/lajur/arah di jalan pinggiran kota (suburban) dengan $12,1 < t < 12,9$ detik				
Manuver menghindar tipe E	Pada perubahan kecepatan/lajur/arah di jalan perkotaan dengan $14,0 < t < 14,5$ detik				

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

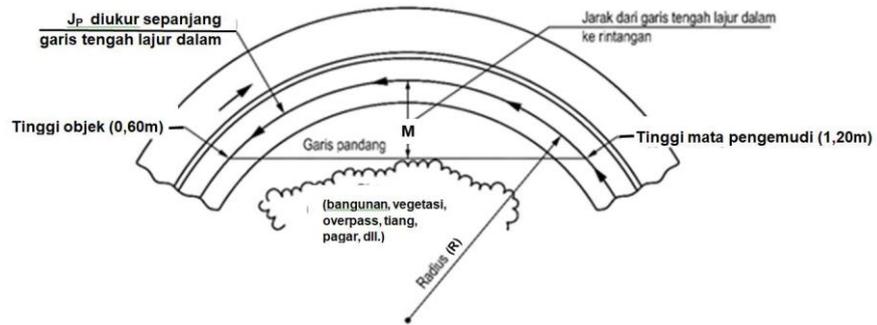
4) Jarak Pandang Bebas Samping di Tikungan (J_{PB})

J_{PB} adalah jarak pandang yang diperlukan pengemudi untuk mengenali kendaraan lain yang ada di seberang tikungan. J_{PB} ini paling kecil sama dengan J_{PH} . Ketentuan teknis untuk J_{PB} adalah agar daerah di tikungan dibebaskan dari bangunan atau objek lain yang dapat menghalangi pandangan pengemudi sepanjang J_{PB} . Hal ini dimaksudkan agar pengemudi dapat melihat dan melewati tikungan dengan aman.

Tabel 2.23 Jarak Ruang Bebas Samping (m) di tikungan

V_D (km/jam)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	
J_{PH} (m)	19	32	48	65	86	108	133	161	190	223	257	
Radius	5000									1,24	2,75	
	3000								1,50	2,07	2,75	
	2000							1,62	2,26	3,11	4,13	
	1500						1,47	2,16	3,01	4,14	5,50	
	1200						1,87	2,70	3,76	5,18	6,87	
	1000						1,46	2,21	3,24	4,51	6,21	8,25
	800						1,82	2,76	4,05	5,63	7,76	10,30
	600					1,54	2,43	3,68	5,39	7,51	10,33	13,71
	500					1,85	2,91	4,42	6,47	9,00	12,38	
	400					2,31	3,64	5,52	8,07	11,23		
	300				1,76	3,08	4,85	7,34				
	250				2,11	3,69	5,81	8,79				
	200			1,44	2,64	4,61	7,25					
	175			1,64	3,01	5,26	8,27					
	150			1,92	3,51	6,12						
	140			2,05	3,76	6,55						
	130			2,21	4,04	7,05						
	120			2,39	4,37	7,62						
	110			2,61	4,77	8,30						
	100		1,28	2,87								
	90		1,42	3,18								
	80		1,59	3,57								
	70		1,82	4,07								
	60		2,12	4,74								
50		2,54	5,65									
40	1,12	3,16										
30	1,49	4,17										
20	2,21											

Sumber : PDGJ-2021



Gambar 2.16 Ruang bebas samping di tikungan

Dengan rumus :

$$M = R \left\{ 1 - \cos \left(\frac{28,65 J_P}{R} \right) \right\} \dots\dots\dots (2.52)$$

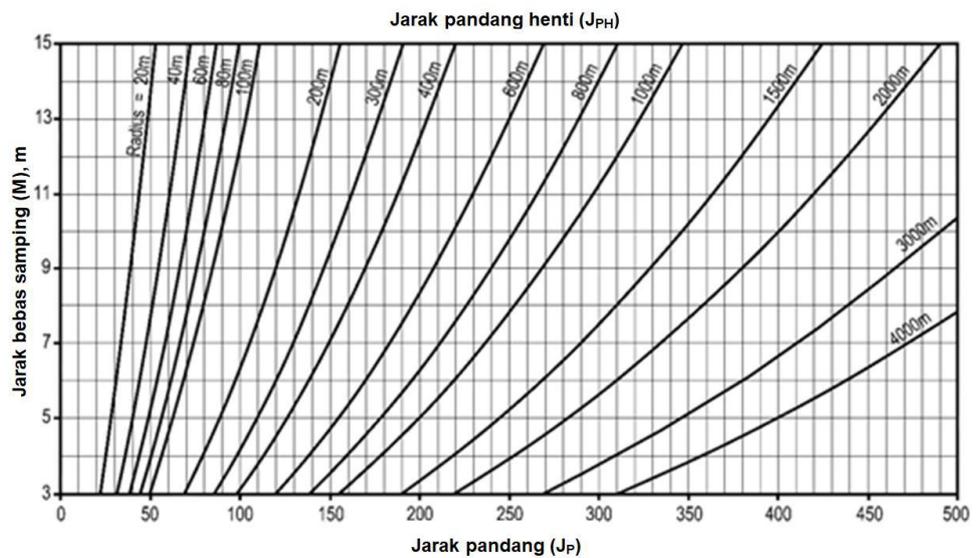
$$J_P = \frac{R}{28,65} \left\{ \cos' \left(\frac{R - J_P}{R} \right) \right\} \dots\dots\dots (2.53)$$

Dimana :

M = jarak bebas samping tikungan (m)

R = radius di pusat lajur sebelah dalam (m)

J_P = jarak pandang (J_{PH} atau J_{PM}) (m)



Gambar 2.17 Jarak ruang bebas samping tikungan

2.6 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah profil memanjang di sepanjang garis tengah jalan, yang terbentuk dari serangkaian segmen dengan kemiringan memanjang dan busur vertikal. Profilnya tergantung topografi, perencanaan alinyemen horizontal, kriteria desain, geologi, pekerjaan tanah, dan aspek ekonomi lainnya.

Untuk membedakan topografinya, medan dibagi menjadi tiga kategori, yaitu: datar, perbukitan, dan pegunungan. Di medan datar, jarak pandang biasanya lebih mudah dipenuhi tanpa kesulitan membangunnya atau tidak dengan biaya besar. Di medan berbukit, lereng alami naik dan turun secara konsisten jalan. Kadang-kadang, lereng yang curam membatasi desain alinyemen horizontal dan vertikal yang normal.

Pada daerah pegunungan terjadi perubahan elevasi permukaan tanah baik secara longitudinal maupun transversal sepanjang keselarasan jalan muncul tiba-tiba, sehingga sering menimbulkan kebutuhan penggalian curam dan bangku untuk mendapatkan keselarasan horizontal dan vertikal yang dapat diterima.

2.6.1 Kelandaian Memanjang Maksimum

Pada saat menetapkan kriteria desain untuk kelandaian maksimum, dan perhatian harus diberikan desain kendaraan dalam kaitannya dengan kemampuannya untuk melewati tanjakan maksimum. Pada jalan Kelas I dengan kendaraan rancangan kendaraan besar (truk semi-trailer berat), Sekitar 5,5% kemampuan melewati tanjakan dengan kecepatan tertinggi 40 km/jam

Oleh karena itu kemiringan maksimum perlu dibatasi sesuai dengan kemampuan tersebut. jika lereng kendaraan besar cenderung menghadapi nilai maksimum lebih besar dari 5,5% kecepatan ≤ 40 km/jam.

Mengacu pada Permen PU No.19/PRT/M/2011, kelandaian maksimum yang diterapkan menurut spesifikasi penyediaan prasarana jalan dapat dilihat pada tabel berikut :

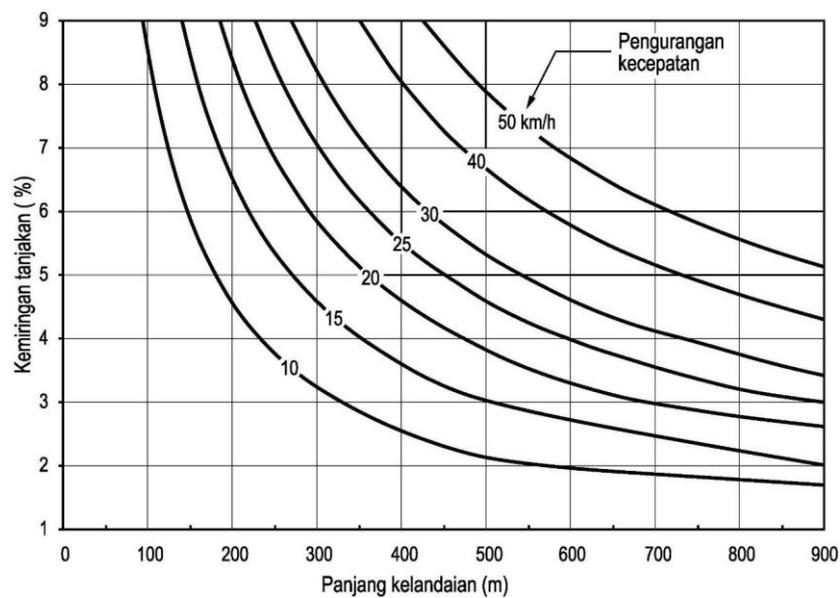
Tabel 2.24 Kelandaian Maksimum

SPPJ	Kelandaian Maksimum (%)		
	Medan Datar	Medan Bukit	Medan Gunung
JBH	4	5	6
JRY	5	6	10
JSD	6	7	10
JKC	6	8	12

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

2.6.2 Panjang Kelandaian Kritis

Kelandaian maksimum yang ditentukan di atas bukanlah kontrol penuh, sebagaimana mestinya dipertimbangkan pengoperasian kendaraan. Istilah "kelandaian kritis" menunjukkan tanjakan maksimum yang dapat dioperasikan truk bermuatan penuh tanpa tanjakan deselerasi berlebihan. Panjang kelandaian ditentukan pada gambar berikut :



Gambar 2.18 Panjang kelandaian kritis dengan WPR 120 kg/kw, $V_{awal}=110$ km/jam

Tabel 2.25 Panjang Kelandaian Kritis

Kelandaian memanjang (%)	Panjang kelandaian kritis (m)
4	600
5	450
6	350
7	300
8	250
9	230
≥ 10	200

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

2.6.3 Lengkung Vertikal

Alinyemen vertikal harus mengikuti topografi alami, dengan mempertimbangkan keseimbangan pekerjaan tanah, penampilan, keamanan, drainase dan kelengkungan vertikal maksimum dan minimum yang diperbolehkan; dinyatakan dalam nilai K. Cukup ekonomis untuk menentukan ukuran nilai K dari kurva vertikal.

Pada umumnya lengkung vertikal didesain menggunakan persamaan :

$$L = K \cdot A \dots\dots\dots (2.54)$$

$$K = \frac{S^2}{200(\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2})}, \text{ untuk } S \leq L \dots\dots\dots (2.55)$$

$$K = \frac{2S}{A} - \frac{200(\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2})^2}{A^2}, \text{ untuk } S > L \dots\dots\dots (2.56)$$

Dimana :

L = Panjang lengkung vertikal (m)

K = Panjang lengkung vertikal (m) untuk setiap perubahan kelandaian 1%

A = perubahan kelandaian aljabar (%)

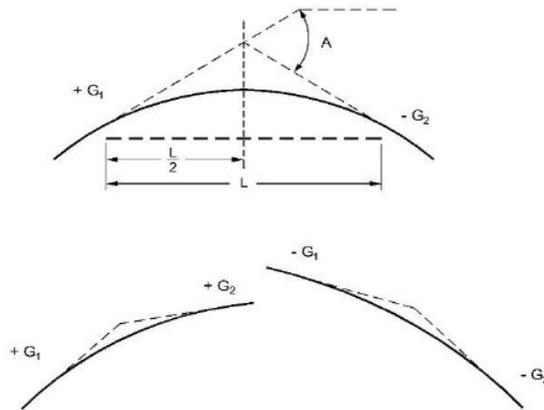
S = jarak pandang (m)

h₁ = tinggi mata pengemudi, digunakan untuk menetapkan jarak pandang (m)

h₂ = tinggi objek, digunakan untuk menetapkan jarak pandang (m)

lengkung vertikal terbagi menjadi 2 macam yaitu sebagai berikut :

1) Lengkung Vertikal Cembung



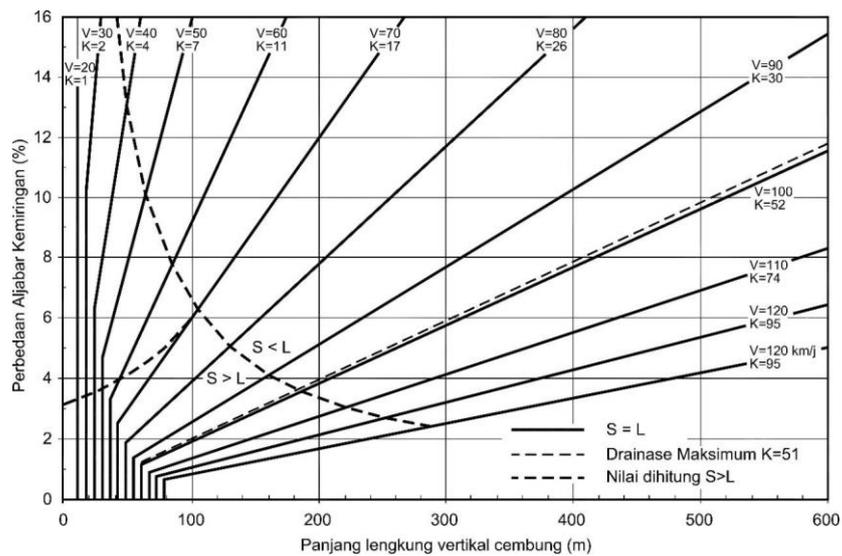
Gambar 2.19 Lengkung Vertikal Cembung

Dimana :

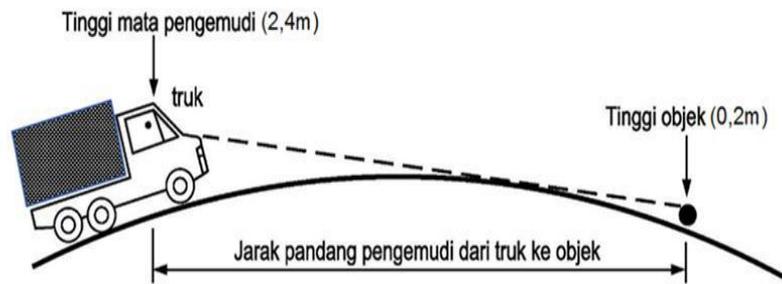
G_1 dan G_2 = besarnya kelandaian (%)

A = perbedaan aljabar kelandaian jalan (%)

L = Panjang lengkung vertikal (m)

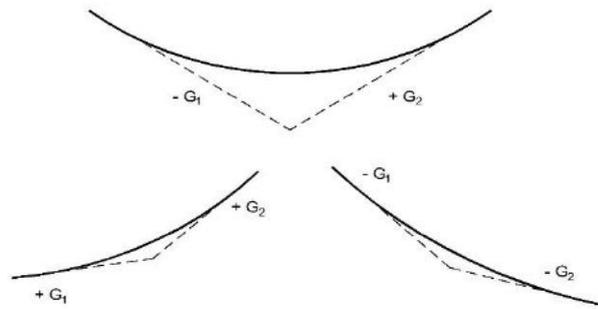


Gambar 2.20 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung (m)
(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

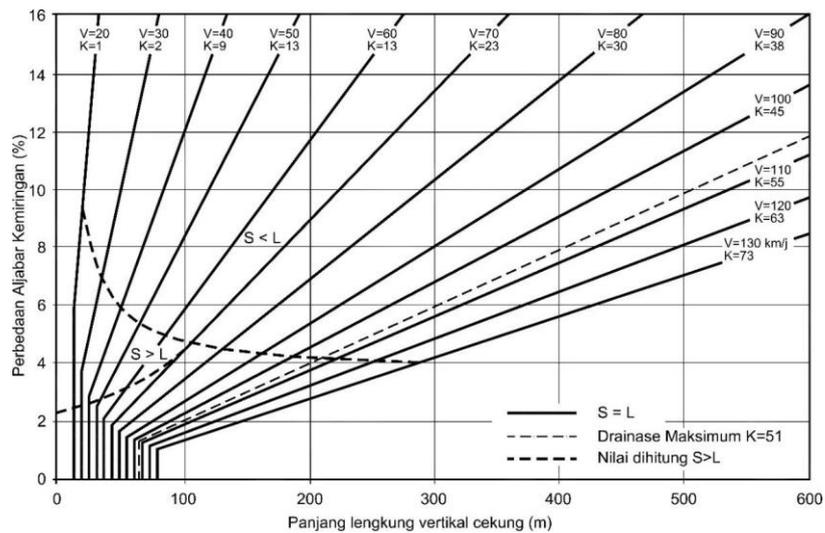


Gambar 2.21 Panjang Jarak Pandang Lengkung Vertikal Cembung (m)

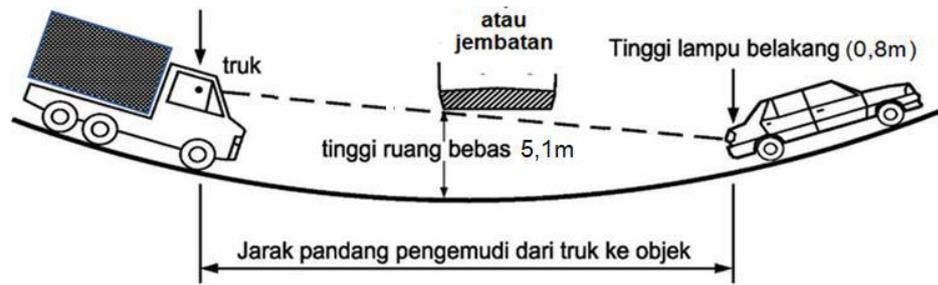
2) Lengkung Vertikal Cekung



Gambar 2.22 Lengkung Vertikal Cekung



Gambar 2.23 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung (m)
(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)



Gambar 2.24 Panjang Jarak Pandang Lengkung Vertikal Cekung (m)

2.7 Perencanaan Galian dan Timbunan

Dalam perencanaan jalan raya diusahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Dengan menggabungkan alinyemen vertikal dan horizontal memungkinkan kita untuk menghitung volume galian dan timbunan.

Langkah-langkah dalam perhitungan galian dan timbunan antara lain:

- 1) Penentuan *stationing* (jarak patok) sehingga panjang horizontal jalan diperoleh dari alinyemen horizontal (trase jalan).
- 2) Menggambar profil memanjang (alinyemen vertikal) yang menunjukkan perbedaan ketinggian antara permukaan tanah asli dan permukaan tanah yang direncanakan.
- 3) Gambarlah potongan melintang di titik penempatan, sehingga mendapatkan luas galian dan timbunan.
- 4) Menghitung volume galian dan timbunan dengan menggali luas penampang rata-rata galian dan timbunan dengan jarak patok.

Tabel 2.26 Perhitungan Galian dan Timbunan

STA	Luas (m ²)		Jarak (m)	Volume (m ³)	
	Galian	timbunan		galian	Timbunan
00+000	A	B	L	$\frac{A + C}{2} \times L = E$	$\frac{B + D}{2} \times L = F$
00+100	C	D			
JUMLAH				$\sum E, \dots, N$	$\sum F, \dots, N$

(Sumber : Hendra Suryanda, 1999)

2.8 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perencanaan tebal perkerasan adalah proses penentuan tebal perkerasan yang tepat untuk menahan beban lalu lintas yang akan melintasinya. Ketebalan perkerasan jalan ini harus sesuai dengan jenis dan volume lalu lintas yang diharapkan serta jenis tanah yang akan dijadikan dasar perkerasan.

2.8.1 Jenis Perkerasan

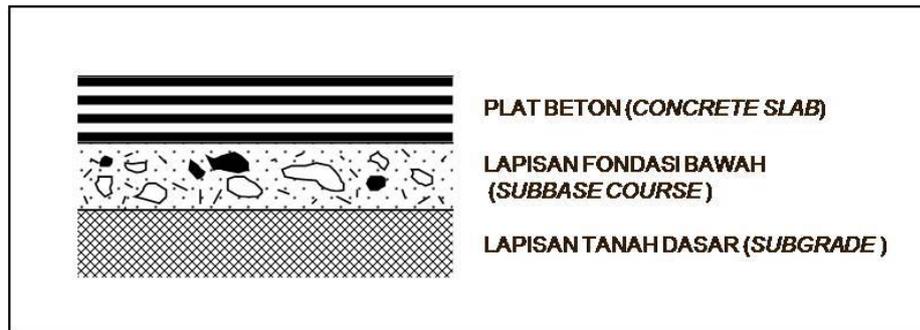
Perkerasan jalan terbagi menjadi beberapa macam yaitu sebagai berikut :

1) Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku adalah jenis perkerasan jalan yang menggunakan beton sebagai material utamanya. Perkerasan ini dikenal sebagai perkerasan yang kokoh dan tahan lama karena memiliki struktur yang lebih kuat daripada perkerasan aspal. Berikut ini adalah beberapa jenis perkerasan kaku yang umum digunakan:

- a. Perkerasan Beton Bertulang: Suatu jenis perkerasan beton yang menggunakan baja tulangan untuk memperkuat kekuatan beton. Perkerasan ini biasanya digunakan untuk jalan tol atau jalan raya yang dilalui oleh kendaraan berat.
- b. Perkerasan Beton Tanpa Tulangan: Jenis perkerasan jalan beton yang tidak menggunakan baja tulangan. Perkerasan ini biasanya digunakan untuk jalan perkotaan atau jalan tingkat rendah.
- c. Perkerasan Beton Pracetak: Jenis perkerasan beton yang diproduksi di pabrik dan kemudian dipasang di lokasi proyek. Perkerasan ini biasanya digunakan untuk jalan tol atau jalan raya.

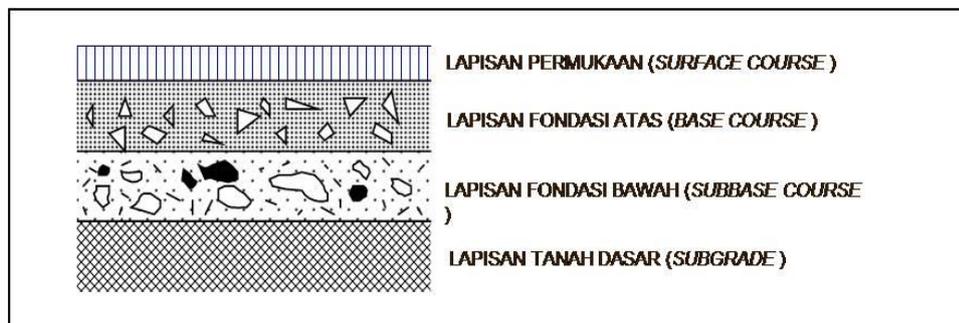
Keuntungan dari perkerasan kaku adalah ketahanan terhadap deformasi permanen dan perbaikan yang lebih jarang daripada perkerasan aspal. Namun, perkerasan kaku juga memiliki kekurangan, yaitu biayanya lebih tinggi dibandingkan dengan perkerasan aspal dan ketidakmampuannya menahan gaya gesekan dan getaran yang tinggi.



Gambar 2.25 Lapisan Perkerasan Kaku

2) Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

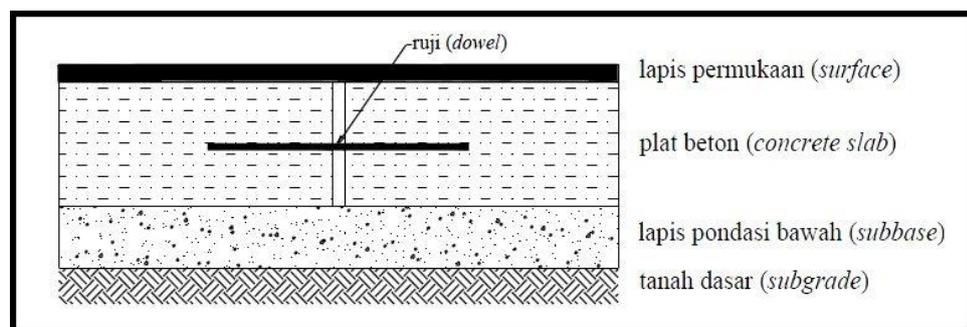
Perkerasan lentur adalah lapisan permukaan jalan yang dirancang untuk menahan beban kendaraan dan mampu menyerap deformasi pada jalan. Perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapis yang dapat bersifat lentur dan mampu menahan beban kendaraan tanpa mengalami kerusakan yang berarti. Lapisan pada perkerasan lentur terdiri dari subgrade, subbase, base course dan lapisan permukaan. Subgrade adalah lapisan tanah asli yang membentuk bantalan jalan. Subbase terletak di atas subgrade dan berfungsi untuk menopang beban kendaraan dan melindungi subgrade dari kerusakan. Lapisan dasar terletak di atas subbase dan berfungsi sebagai lapisan pengikat antara subbase dan lapisan permukaan. Lapisan permukaan terletak di atas base course dan merupakan lapisan atas dari perkerasan lentur, yang berfungsi untuk memberikan ketahanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan.



Gambar 2.26 Lapisan Perkerasan Lentur

3) Perkerasan Komposit (*composit Pavement*)

Perkerasan komposit merupakan gabungan konstruksi perkerasan kaku dan lapisan perkerasan lentur di atasnya, dimana kedua jenis perkerasan ini bekerja sama dalam memikul beban lalu lintas. Untuk itu diperlukan persyaratan ketebalan perkerasan aspal agar memiliki kekakuan yang cukup dan dapat mencegah retak refleksi dari perkerasan beton di bawahnya. Hal ini akan dibahas lebih lanjut pada bagian lain. Konstruksi ini secara umum memiliki tingkat kenyamanan yang lebih baik bagi pengendara dibandingkan dengan konstruksi perkerasan beton semen sebagai lapisan permukaan tanpa aspal.



Gambar 2.27 Lapisan Perkerasan Komposit

2.8.2 Umur Rencana

Umur rencana adalah jangka waktu sejak jalan telah selsai dan dibuka hingga mengalami kerusakan yang diperlukan perbaikan atau perlu memberi lapisan perkerasan baru.

Pada jalan baru dibutuhkan umur rencana, agar dapat mengetahui kapan jjalan tersebut harus membutuhkan perbaikan atau peningkatan . umur rencana jalan ditentukan berdasarkan klasifikasi jalan, volume lalu lintas, kondisi cuaca, dan lain-lain.

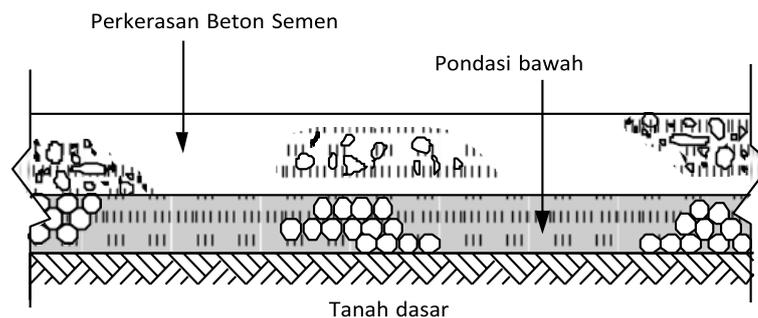
2.8.3 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku adalah perkerasan yang terdiri dari pelat beton semen yang menerus (tidak menerus) tapa atau dengan tulangan dan menerus dengan tulangan

yang terletak di atas lapisan pondasi di bawah tpa atau dengan lapisan permukaan aspal.

Bahan perkerasan kaku terdiri dari bahan agregat kasar (batu pecah) + pasir + semen dan bahan tambahan atau perkuatan bila diperlukan. Perkerasan jenis ini jauh lebih baik daripada perkerasan lentur, namun dari segi biaya perkerasan ini cukup mahal.

Konstruksi perkerasan kaku biasanya terdiri dari pelat beton semen (*slab*) yang dibangun langsung atau dengan lapisan perantara pondasi di atas tanah dasar yang dipadatkan. Pada perkerasan kaku ini, kekuatan penahan beban lebih tergantung pada kekuatan pelat dalam memikul momen lentur. Hal ini disebabkan kekuatan dan modulus elastisitas *slab* yang besar sehingga mengakibatkan beban tanah dasar tersebar luas.



Gambar 2.28 Susunan Lapisan Perkerasan Kaku

Metode desain yang diadopsi untuk menentukan tebal perkerasan didasarkan pada perkiraan berikut:

- 1) Estimasi lalu lintas dan komposisi lalu lintas selama umur rencana
- 2) Kekuatan lapisan tanah dasar disebut nilai CBR atau modulus reaksi tanah dasar (k)
- 3) Kekuatan beton yang digunakan untuk lapis perkerasan
- 4) Jenis bahu jalan
- 5) Jenis trotoar
- 6) Jenis distribusi beban

Selain beberapa pertimbangan di atas, terdapat beberapa keuntungan dan kerugian dalam menggunakan konstruksi perkerasan kaku.

Keuntungan menggunakan perkerasan kaku adalah:

- 1) Biaya siklus hidup lebih murah daripada perkerasan aspal
- 2) Perkerasan kaku lebih tahan terhadap serangan air
- 3) Tidak terlalu sensitif terhadap kelalaian pemeliharaan
- 4) Tidak terlalu peka terhadap kelalaian pemanfaatan (*overloading*)
- 5) Memiliki masa pakai rencana yang lebih lama
- 6) Semen diproduksi di dalam negeri sehingga tidak tergantung impor
- 7) Ketebalan keseluruhan perkerasan jauh lebih kecil dari perkerasan aspal sehingga lebih menguntungkan dari segi lingkungan.

Kerugian dalam penggunaan perkerasan kaku, yaitu:

- 1) Permukaan perkerasan beton semen memiliki kenyamanan berkendara yang lebih buruk daripada perkerasan aspal, yang akan sangat melelahkan untuk perjalanan jauh
- 2) Warna permukaan keputihan menyilaukan di siang hari, dan marka jalan (putih/kuning) tidak tampak kontras.
- 3) Perbaikan kerusakan seringkali berupa perbaikan seluruh konstruksi perkerasan jalan sehingga akan sangat mengganggu lalu lintas
- 4) Biaya yang dikeluarkan cukup mahal
- 5) *Resurfacing / overlay* tidak mudah dilakukan
- 6) Butuh waktu untuk menunggu perkerasan mengeras + 28 hari
- 7) Permukaan yang dipoles hanya bisa diperbaiki dengan mesin gerinda atau pelapisan ulang dengan campuran aspal, yang keduanya membutuhkan biaya yang cukup mahal

2.8.4 Jenis dan Sifat Perkerasan Kaku

Perkerasan kaku didefinisikan sebagai perkerasan yang memiliki lapisan dasar beton dari semen Portland, perkerasan kaku berfungsi untuk menerima beban lalu lintas di atasnya dan menyebarkannya ke lapisan yang lebih rendah.

Perkerasan beton semen adalah perkerasan kaku dengan beton semen sebagai lapisan dasarnya. Menurut buku pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Semen Beton, 2003 ada empat jenis perkerasan kaku:

- 1) Perkerasan beton semen menerus tanpa perkuatan
- 2) Perkerasan beton semen yang dihubungkan dengan tulangan
- 3) Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan
- 4) Perkerasan beton semen prategang dengan serat baja/tulang serat

Ada 7 sifat campuran beton yang harus dimiliki oleh perkerasan kaku antara lain :

- 1) Stabilitas (*stability*)

Adalah kemampuan perkerasan jalan untuk menerima beban lalu lintas tanpa perubahan bentuk yang permanen, seperti alur gelombang dan bleed. Jalan yang melayani volume lalu lintas dan didominasi oleh kendaraan berat, membutuhkan perkerasan dengan stabilitas yang tinggi.

- 2) Daya tahan (*durability*)

Adalah kemampuan beton untuk menerima beban lalu lintas yang berulang seperti beban kendaraan dan gesekan antara batang kendaraan dengan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air dan perubahan suhu.

- 3) Fleksibilitas (*flexibility*)

Adalah kemampuan beton untuk beradaptasi akibat penurunan dan pergerakan pondasi atau tanah dasar tanpa retak.

- 4) Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*)

Adalah kemampuan beton menerima lendutan berulang akibat beban berulang tanpa kelelahan berupa alur dan retakan.

- 5) Kekasaran atau tahanan gesek (*skid resistance*)

Permukaan beton terutama pada kondisi basah memberikan gaya gesek pada roda kendaraan agar kendaraan tidak tergelincir atau slip.

- 6) Kedap air (*impermeability*)

Adalah kemampuan beton untuk mencegah masuknya air atau udara ke dalam lapisan beton.

7) Mudah dilaksanakan (*work ability*)

Ini adalah kemampuan campuran beton untuk mudah diratakan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan implementasi menentukan tingkat efisiensi.

2.8.5 Persyaratan Teknis Perencanaan Perkerasan Kaku

Menurut Pedoman Perencanaan Perkerasan Beton Semen Tahun 2003 ada beberapa persyaratan teknis dalam perencanaan perkerasan kaku, yaitu :

1) Tanah Dasar

Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR in situ menurut SNI 03-1731-1989 atau CBR laboratorium menurut SNI 03-1744-1989 masing-masing untuk perencanaan tebal perkerasan lama dan perkerasan baru. Jika tanah dasar memiliki nilai CBR kurang dari 2%, maka harus dipasang subbase setebal 15 cm Lean-Mix Concrete yang dianggap memiliki nilai CBR subgrade efektif sebesar 5%.

Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan metode grafis dan analitis.

a. Cara Grafis

Metode grafis diperoleh dari data berbagai tipe pada ruas jalan tertentu. Dari data yang diperoleh dilakukan perhitungan dengan menentukan harga CBR terendah, kemudian menentukan harga CBR total mana yang sama dan mana yang lebih besar. Angka tertinggi dinyatakan dalam 100%, angka lainnya dalam persentase 100%. Buat grafik hubungan antara nilai CBR dan jumlah % dan Anda akan mendapatkan nilai CBR rata-rata dengan mengambil persentase = 90%

b. Cara Analitis

Rumus yang digunakan dalam CBR analitik adalah :

$$CBR = \frac{CBR - (CBR_{maks} - CBR_{min})}{R} \dots\dots\dots (2.57)$$

Nilai R tergantung dari jumlah data dalam segmen. Nilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.27 Nilai R untuk perhitungan CBR segmen

Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,57
7	2,83
8	2,96
9	3,08
>10	3,18

(Sumber : Hendra Suryadharna, 1999)

2) Pondasi Bawah

Lapisan pondasi bawah berfungsi untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar, menyediakan lantai Kerja yang stabil dan permukaan penguatan dengan daya dukung yang seragam. Lapisan pondasi bawah juga bisa mengurangi defleksi pada sambungan sehingga menjamin distribusi beban melalui sambungan ekspansi jangka panjang, pemeliharaan perubahan volume lapisan tanah dasar karena ekspansi dan kontraksi dan mencegah air keluar atau memompa pada sambungan di tepinya tepi pelat beton.

Bahan dasar pondasi bawah antara lain :

a. Bahan berbutir

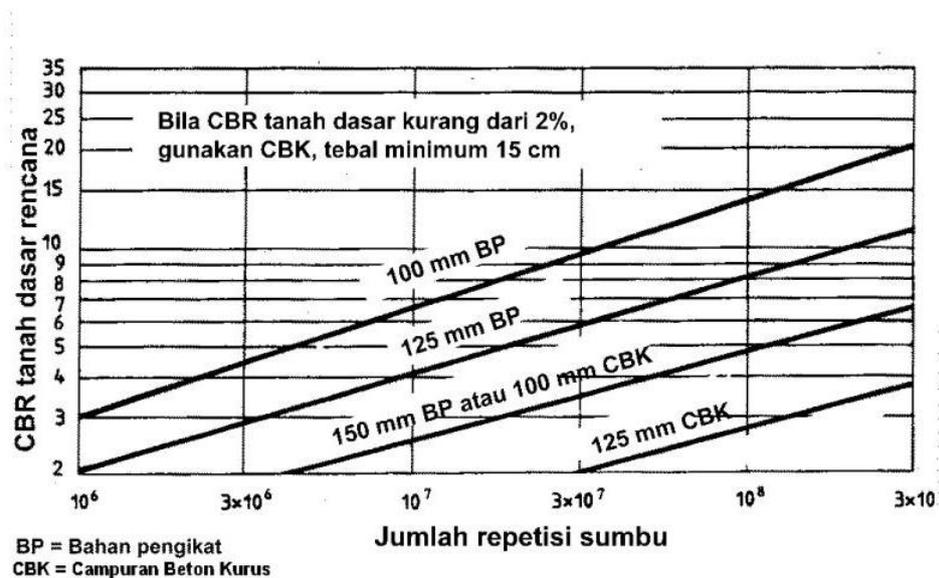
Persyaratan dan gradasi lapis pondasi bawah harus sesuai dengan kelas B. Sebelum pekerjaan dimulai, bahan subbase harus diuji gradasi dan harus memenuhi spesifikasi material pondasi bawah, dengan deviasi izin 3% - 5%.

b. Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (*Lean Rolled Concrete*)

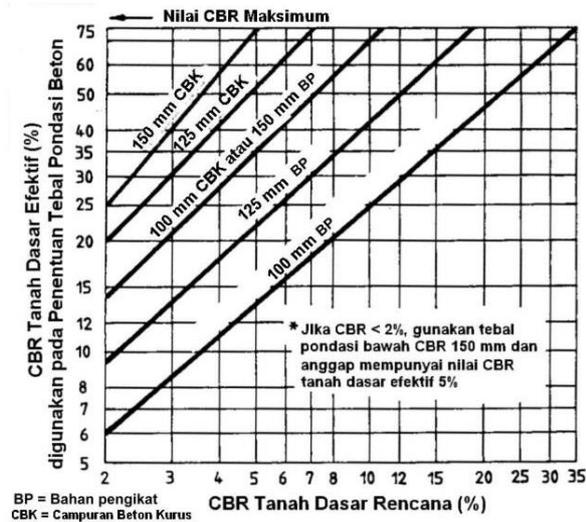
- Stabilisasi bahan granular dengan tingkat pengikat yang sesuai dengan hasil perencanaan, untuk menjamin kekuatan campuran dan resistensi erosi. Jenis pengikat dapat mencakup semen, kapur, dan fly ash dan/atau slag yang ditumbuk halus.
 - Campuran aspal bergradasi padat (dense-graded asphalt)
 - Campuran beton tipis giling padat yang harus memiliki kekuatan karakteristik tekan pada umur 28 hari minimal 5,5 MPa (55 kg/cm²)
- c. Campuran beton kurus (*Lean Mix Concrete*)

Lean Concrete Mix (CBK) harus memiliki karakteristik kuat tekan beton pada umur minimal 28 hari sebesar 5 MPa (50 kg/cm²) tanpa menggunakan abu terbang, atau 7 MPa (70 kg/cm²) jika menggunakan abu terbang, dengan ketebalan minimal 10 cm.

Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tpa ruji, pondasi bawah harus menggunakan campuran beton kurus (CBK). Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dapat dilihat pada gambar 2.29 dan CBR tanah dasar efektif didapat dari gambar 2.30.



Gambar 2.29 Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Beton Semen



Gambar 2.30 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah

3) Beton Semen

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (flexural strength) umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal sekitar 3-5 MPa (30-50 kg/cm²). Kekuatan lentur beton yang diperkuat dengan bahan serat penguat seperti kursi baja, aramite atau serat karbon, harus mencapai kekuatan tarik lentur 5-5,5 MPa (50-55 kg/cm²). Kekuatan desain harus dinyatakan sebagai kekuatan tarik lentur karakteristik yang dibulatkan ke terdekat 0,25 MPa (2,5 kg/cm²). Hubungan antara kuat tekan karakteristik dan kuat tarik lentur beton dapat didekati dengan rumus berikut:

$$F_{cf} = K (f_c')^{0.50} \text{ dalam MPa atau } \dots\dots\dots (2.58)$$

$$F_{cf} = 3,13 K (f_c')^{0.50} \text{ dalam MPa } \dots\dots\dots (2.59)$$

Dimana :

F_c' = kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm²)

F_{cf} = kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm²)

K = konstanta 0,7 untuk agregat tidak dipecah dan 0,75 untuk agregat pecah

4) Lalu – Lintas

Penentuan beban lalu lintas rencana untuk perkerasan beton semen, dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga, sesuai dengan konfigurasi sumbu di jalur desain selama masa pakai rencana. Lalu lintas harus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalu lintas dan konfigurasi sumbu, menggunakan data data terakhir atau 2 tahun terakhir. Kendaraan ditinjau untuk perencanaan perkerasan beton semen merupakan suatu hal yang memiliki bobot total minimal 5 ton. Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri dari 4 jenis kelompok sumbu sebagai berikut:

- a. Roda tunggal gandar tunggal (STRT)
- b. Roda ganda gandar tunggal (STRG)
- c. Gandar tandem roda ganda (SGRG)

5) Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi

Lajur rencana merupakan salah satu jalur lalu lintas suatu ruas jalan raya yang menampung lalu lintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tersebut tidak memiliki rambu batas lajur, kemudian jumlah lajur dan distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai tabel berikut.

Tabel 2.28 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi

Lebar Perkerasan (Lp)	Jumlah Lajur (n1)	Koefisien Distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5,50 \text{ m}$	1	1	1
$5,50 \text{ m} \leq L_p < 8,25 \text{ m}$	2	0,70	0,50
$8,25 \text{ m} \leq L_p < 11,25 \text{ m}$	3	0,50	0,475
$11,23 \text{ m} \leq L_p < 15,00 \text{ m}$	4	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq L_p < 18,75 \text{ m}$	5	-	0,425
$18,75 \text{ m} \leq L_p < 22,00 \text{ m}$	6	-	0,40

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton semen, 2003)

6) Umur Rencana

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

7) Pertumbuhan Lalu – Lintas

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

$$R = \frac{(1+i)^{-1}}{1n(1+i)} \dots\dots\dots (2.60)$$

Dimana :

R = factor pertumbuhan lalu lintas

i = laju pertumbuhan lalu lintas pertahun dalam %

UR = umur rencana (tahun)

Tabel 2.29 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (R)

Umur Rencana (Tahun)	Laju Pertumbuhan (i) per tahun (%)					
	0	2	4	6	8	10
5	5	5,2	5,4	5,6	5,9	6,1
10	10	10,9	12	1,2	14,5	15,9
15	15	17,3	20	23,3	27,2	31,8
20	20	24,3	29,8	36,8	45,8	57,3
25	25	32	41,6	54,9	73,1	98,3
30	30	40,6	56,1	79,1	113,3	164,5
35	35	50	73,7	111,4	172,3	271
40	40	60,4	95	154,8	259,1	442,6

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

8) Lalu – lintas Rencana

Lalu lintas rencana adalah jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana, termasuk proporsi sumbu dan distribusi beban setiap jenis sumbu. Beban pada poros biasanya dikelompokkan dalam interval 10 kN (1 ton) saat diambil dari survey beban. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \dots\dots\dots (2.61)$$

Dimana :

- JSKN = Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana
 JSKNH = Jumlah sumbu kendaraan niaga harian, pada saat dibuka
 R = Faktor pertumbuhan lalu lintas yang besarnya berdasarkan faktor peretumbuhan lalu lintas tahunan (i) dan umur rencana (n)
 C = koefisien distribusi kendaraan

9) Faktor Keamanan Beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (FKB) factor keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya berbagai tingkat reabilitas perencanaan seperti yang terlihat pada tabel berikut :

Tabel 2.30 Faktor Keamanan Beban (F_{kb})

No.	Penggunaan	Nilai (F_{kb})
1	Jalan bebas hambatan utama (<i>major freeway</i>) dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu lintas dari hasil survei beban (<i>weight-in-motion</i>) dan adanya kemungkinan <i>route</i>	1,2
2	Jalan bebas hambatan (<i>freeway</i>) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah	1,0

(sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

2.8.6 Bahu Jalan

Bahu dapat terbuat dari bahan lapisan pondasi bawah dengan atau tanpa lapisan penutup beraspal atau lapisan beton semen. Perbedaan kekuatan antara bahu jalan dengan jalur lalu-lintas akan memberikan pengaruh pada kinerja perkerasan. Hal tersebut dapat diatasi dengan bahu beton semen, sehingga akan meningkatkan kinerja perkerasan dan mengurangi tebal pelat. Yang dimaksud dengan bahu beton semen dalam pedoman ini adalah bahu yang dikunci dan diikat dengan lajur lalu-lintas dengan lebar minimum 1,50 m, atau bahu yang menyatu dengan lajur lalu-lintas selebar 0,60 m, yang juga dapat mencakup saluran dan kerb.

2.8.7 Sambungan

Sambungan pada perkerasan beton ditujukan untuk :

- Membatasi tegangan dan pengendalian retak yang disebabkan oleh penyusutan, pengaruh lenting serta beban lalu-lintas
- Memudahkan pelaksanaan
- Mengakomodasi Gerakan pelat

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan yaitu :

1) Sambungan Memanjang dengan Batang Pengikat (*tier bars*)

Pemasangan sambungan memanjang ditujukan untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang. Jarak antar sambungan memanjang sekitar 3 – 4 m. Sambungan memanjang harus dilengkapi dengan batang ulir dengan mutu minimum BJTU-24 dan berdiameter 16 mm.

Ukuran batang pengikat dihitung dengan persamaan berikut :

$$A_t = 204 \times b \times h \dots\dots\dots (2.62)$$

$$I = (38,3 \times \phi) + 75 \dots\dots\dots (2.63)$$

Dimana :

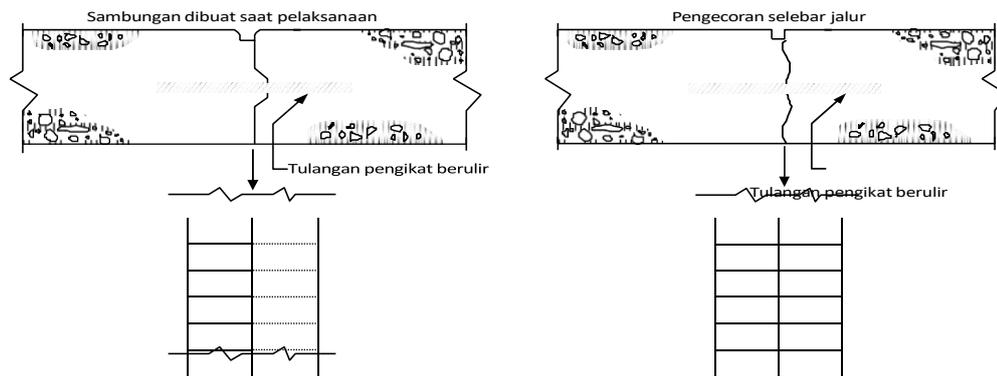
A_t = Luas penampang tulangan per meter panjang sambungan (mm^2)

b = Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m)

h = Tebal pelat (m)

I = Panjang batang pengikat yang dipilih (mm)

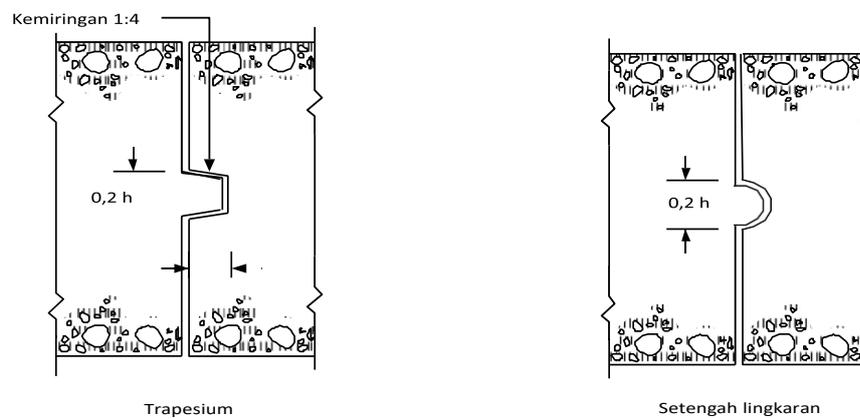
Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm. Tipikal sambungan memanjang dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.31 Tipikal Sambungan Memanjang

2) Sambungan Pelaksanaan Memanjang

Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dilakukan dengan cara penguncian. Bentuk dan ukuran penguncian dapat berbentuk trapesium atau setengah lingkaran sebagai mana pada gambar berikut :



Gambar 2.32 Ukuran Standar Penguncian Sambungan Memanjang

Sebelum penghamparan pelat beton di sebelahnya, permukaan sambungan pelaksanaan harus dicat dengan aspal atau kapur tembok untuk mencegah terjadinya ikatan beton lama dengan yang baru.

3) Sambungan Susut Memanjang

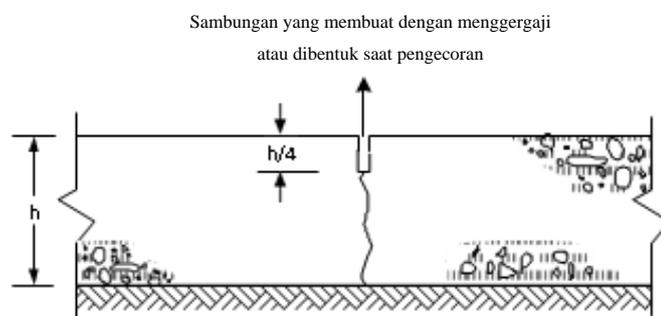
Sambungan susut memanjang dapat dilakukan dengan salah satu dari dua cara ini, yaitu menggergaji atau membentuk pada saat beton masih plastis dengan kedalaman sepertiga dari tebal pelat.

4) Sambungan Susut dan Sambungan Pelaksanaan Melintang

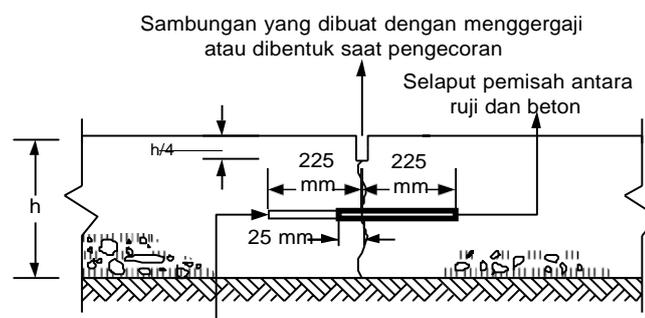
Ujung sambungan ini harus tegak lurus terhadap sumbu memanjang jalan dan tepi perkerasan. Untuk mengurangi beban dinamis, sambungan melintang harus dipasang dengan kemiringan 1 : 10 searah perputaran jarum jam.

5) Sambungan Susut Melintang

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai $1/4$ dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau $1/3$ dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagai mana diperlihatkan pada gambar 2.33 Dan gambar 2.34.



Gambar 2.33 Sambungan Susut Melintang tanpa Ruji



Gambar 2.34 Sambungan Susut Melintang dengan Ruji

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.

Diameter ruji tergantung pada tabel pelat beton sebagai mana pada tabel 2.2

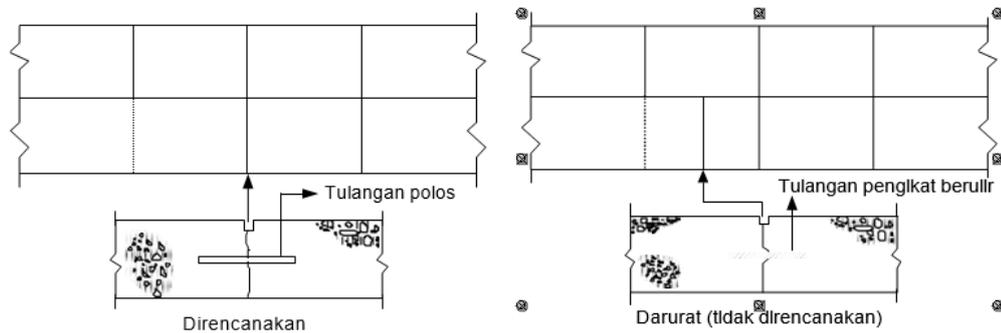
Tabel 2.31 Diameter Ruji

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	$200 < h \leq 250$	36

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

6) 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. Tipikal sambungan pelaksanaan melintang dapat dilihat pada gambar 2.35.

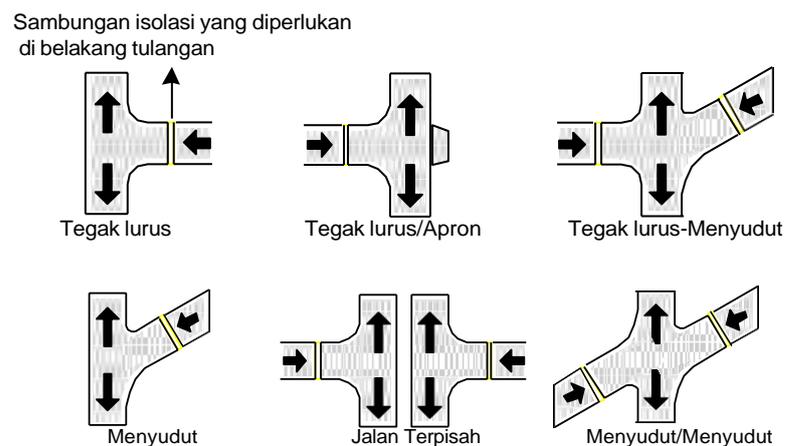


Gambar 2.35 Sambungan Pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk Pengecoran per Lajur

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

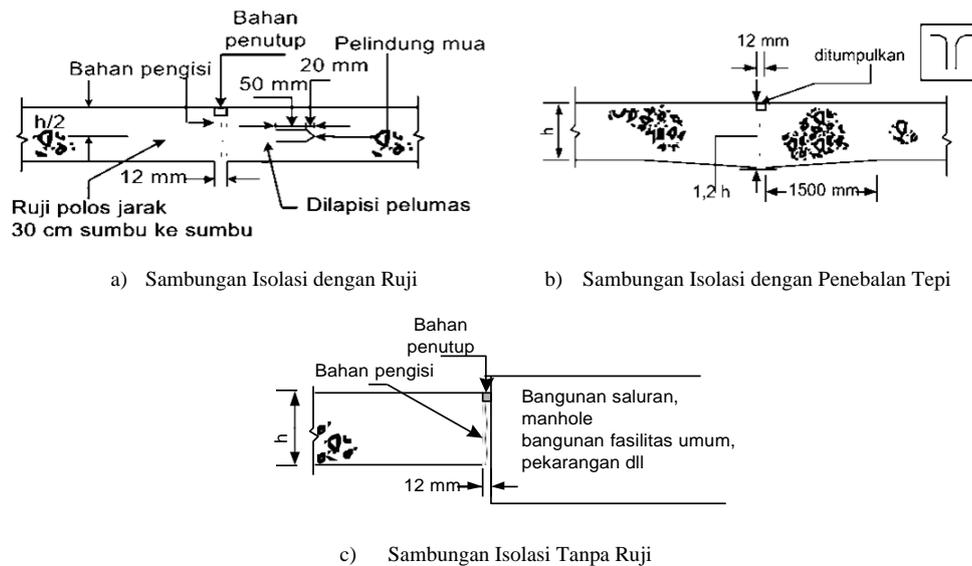
7) Sambungan Isolasi

Sambungan isolasi memisahkan perkerasan dengna bangunan yang lain, misalnya *manhole*, jembatan, tiang listrik, jalan lama, persimpangan dan lain sebagainya. Contoh persimpangan yang membutuhkan sambungan isolasi dapat dilihat pada gambar 2.36.



Gambar 2.36 Contoh Persimpangan yang Membutuhkan Sambungan Isolasi

Sambungan isolasi harus dilengkapi dengan bahan penutup (*joint sealer*) setebal 5 – 7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (*joint filler*) sebagai mana dillihatkan pada gambar 2.37.



Gambar 2.37 Sambungan Isolasi

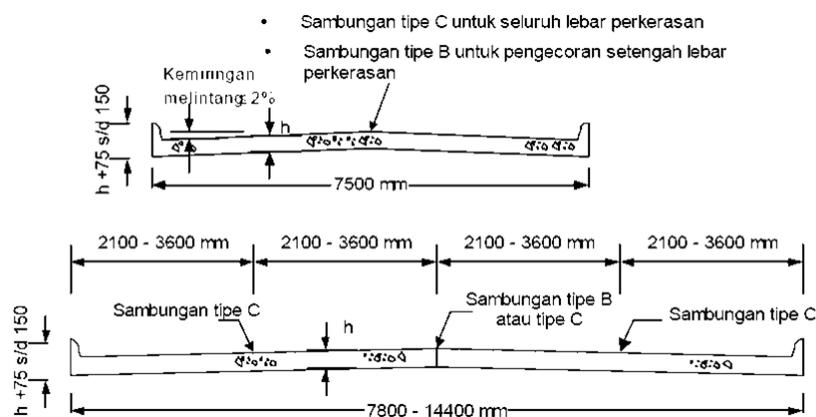
8) Pola Sambungan

Pola sambungan pada perkerasan beton semen harus mengikuti batasan-batasan sebagai berikut :

- Hindari bentuk panel yang tidak teratur. Usahakan bentuk panel sepersegi mungkin.
- Perbandingan maksimum panjang panel terhadap lebar adalah 1,25.
- Jarak maksimum sambungan memanjang 3 - 4 meter.
- Jarak maksimum sambungan melintang 25 kali tebal pelat, maksimum 5,0 meter.
- Semua sambungan susut harus menerus sampai kerb dan mempunyai kedalaman seperempat dan sepertiga dari tebal perkerasan masing-masing untuk lapis pondasi berbutir dan lapis stabilisasi semen.
- Antar sambungan harus bertemu pada satu titik untuk menghindari terjadinya retak refleksi pada lajur yang bersebelahan.

- Sudut antar sambungan yang lebih kecil dari 60 derajat harus dihindari dengan mengatur 0,5 m panjang terakhir dibuat tegak lurus terhadap tepi perkerasan.
- Apabila sambungan berada dalam area 1,5 meter dengan manhole atau bangunan yang lain, jarak sambungan harus diatur sedemikian rupa sehingga antara sambungan dengan manhole atau bangunan yang lain tersebut membentuk sudut tegak lurus. Hal tersebut berlaku untuk bangunan yang berbentuk bundar. Untuk bangunan berbentuk segi empat, sambungan harus berada pada sudutnya atau di antara dua sudut.
- Semua bangunan lain seperti *manhole* harus dipisahkan dari perkerasan dengan sambungan muai selebar 12 mm yang meliputi keseluruhan tebal pelat.
- Perkerasan yang berdekatan dengan bangunan lain atau *manhole* harus ditebalkan 20% dari ketebalan normal dan berangsur-angsur berkurang sampai ketebalan normal sepanjang 1,5.
- Panel yang tidak persegi empat dan yang mengelilingi manhole harus diberi tulangan berbentuk anyaman sebesar 0,15% terhadap penampang beton semen dan dipasang 5 cm di bawah permukaan atas. Tulangan harus dihentikan 7,5 cm dari sambungan.

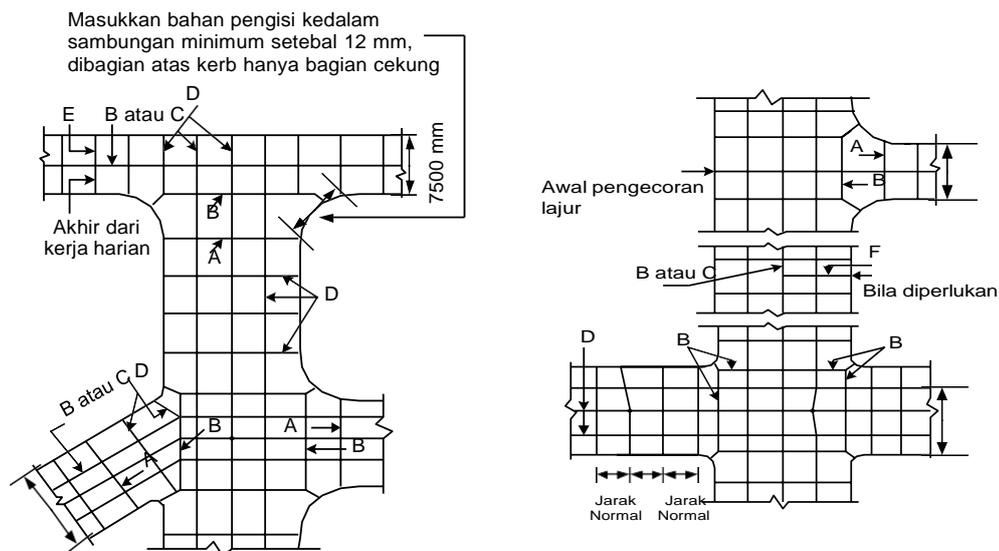
Tipikal pola sambungan dapat dilihat pada gambar 2.38.



Gambar 2.38 Potongan Melintang Perkerasan dan Lokasi Sambungan

9) Penutup Sambungan

Penutup sambungan dimaksudkan untuk mencegah masuknya air atau benda lain ke dalam sambungan perkerasan. Benda-benda lain yang masuk ke dalam sambungan dapat menyebabkan kerusakan berupa gompal dan atau pelat beton yang saling menekan ke atas (*blow up*).



Gambar 2.39 Detail Potongan Melintang Sambungan Perkerasan

2.8.8 Perencanaan Tebal Plat

Tebal pelat taksiran dipilih dan total fatik serta kerusakan erosi dihitung berdasarkan komposisi lalu-lintas selama umur rencana. Jika kerusakan fatik atau erosi lebih dari 100%, tebal perkerasan dinaikkan dan proses perencanaan diulangi.

Tebal rencana adalah tebal taksiran yang paling kecil yang mempunyai total fatik dan atau total kerusakan serosi lebih kecil atau sama dengan 100%.

2.8.9 Perencanaan Tulangan

Tujuan utama penulangan adalah sebagai berikut :

- 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

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

1) Perkerasan Beton Semen Bersambung tanpa Tulangan

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.

Penerapan tulangan umumnya dilaksanakan pada :

- a. Pelat dengan bentuk tak lazim (*odd-shaped slabs*), pelat disebut tak lazim bila perbandingan antara panjang dengan lebar lebih besar dari 1,25 atau bila pola sambungan pada pelat tidak benar-benar berbentuk bujur sangkar atau empat persegi panjang.
- b. Pelat dengan sambungan tidak sejalur (*mismatched joints*).
- c. Pelat berlubang (*pits or structures*).

2) Perkerasan Beton Semen Bersambung dengan Tulangan

Luas penampang tulangan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$A_s = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s} \dots\dots\dots (2.64)$$

Dimana :

- A_s = Luas penampang tulangan baja (mm^2/m lebar pelat)
- f_s = Kuat tarik ijin tulangan (MPa). Biasanya 0,6 kali tegangan leleh
- g = Gravitasi (m/detik^2)
- h = Tebal pelat beton (m)
- L = Jarak antara sambungan yang tidak diikat dan/atau tepi bebas pelat (m)
- M = Berat per satuan volume pelat (kg/m^3)
- μ = Koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah

Tabel 2.32 Koefisien Gesekan Pelat Beton dengan Lapisan Pondasi Bawah

No	Lapis Pemecah Ikatan	Koefisien Gesekan (μ)
1	Lapis resap ikat aspal si atas permukaan pomdasi	1,0
2	Laburan parafin tipis pemecah ikatan	1,5
3	Karet kompon (<i>A chlorinated rubber curing compound</i>)	2,0

(Sumber : Perencanaan Jalan Beton Semen, 2003)

3) Perkerasan Beton Semen Menerus dengan Tulangan

a. Penulangan Memanjang

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

$$P_s = \frac{100 \cdot f_{ct} \cdot (1,3 - 0,2\mu)}{f_y \cdot n \cdot f_{ct}} \dots \dots \dots (2.65)$$

Dimana :

P_s = Persentase luas tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap luas penampang beton (%)

f_{ct} = Kuat tarik langsung beton = $(0,4 - 0,5 f_{cf})$ (kg/cm²)

f_y = Tegangan leleh rencana baja (kg/cm²)

n = Angka ekivalensi antara baja dan beton (E_s/E_c)

μ = Koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah

E_s = Modulus elastisitas baja = $2,1 \times 10^6$ (kg/cm²)

E_f = Modulus elestisitas beeton = $1485 \sqrt{f'c}$ (kg/cm²)

Tabel 2.33 Hubungan Kuat Tekan Beton dan Angka Ekivalen Baja dan Beton (n)

F'c (kg/cm ²)	N
175 – 225	10
235 – 285	8
290 – ke atas	6

(Sumber : Perencanaan Jalan Beton Semen, 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 :

$$L_{cr} = \frac{f_{ct}^2}{n \cdot p^2 \cdot u \cdot f_b \cdot (\epsilon_s E_c - f_{ct})} \dots \dots \dots (2.66)$$

Dimana :

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 ekuivalensi 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)

Untuk menjamin agar didapat retakan-retakan yang halus dan jarak antara retakan yang optimum, maka :

- Persentase tulangan dan perbandingan antara keliling dan luas tulangan harus besar
- Perlu menggunakan tulangan ulir (*deformed bars*) untuk memperoleh tegangan lekat yang lebih tinggi.
-

Jarak retakan teoritis yang dihitung dengan persamaan di atas harus memberikan hasil antara 150 dan 250 cm. Jarak antar tulangan 100 – 225 mm. Diameter batang tulangan memanjang berkisar antara 12 mm dan 20 mm.

b. Penulangan Melintang

Luas tulangan melintang (A_s) yang diperlukan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung menggunakan persamaan 2. Tulangan melintang direkomendasikan sebagai berikut :

- Diameter batang ulir tidak lebih kecil dari 12 mm
- Jarak maksimum tulangan dari sumbu ke sumbu 75 cm

c. Penempatan Tulangan

Penulangan melintang pada perkerasan beton semen harus ditempatkan pada kedalaman lebih besar dari 65 mm dari permukaan untuk tebal pelat \leq 20 cm dan maksimum sampai 1/3 tebal pelat untuk tebal pelat $>$ 20 cm. tulangan arah memanjang dipasang di atas tulangan arah melintang.

4) Perkerasan Beton Semen Pra Tegang

Perkerasan beton pra-tegang adalah jenis perkerasan jalan yang menggunakan beton bertulang yang diproyeksikan untuk menahan beban kendaraan. Menurut Ir. A. Tatang Dachlan, M.Eng.Sc, yang merupakan pakar di bidang perkerasan jalan, perkerasan beton pra-tegang memiliki kelebihan dibandingkan jenis perkerasan lainnya, seperti:

- a. Tahan lama, perkerasan beton pra-tegang memiliki umur pakai yang lebih lama dibandingkan dengan perkerasan aspal atau perkerasan lainnya.
- b. Lebih kuat, beton pra-tegang memiliki daya dukung yang lebih kuat dan mampu menahan beban yang lebih besar dibandingkan dengan jenis perkerasan lainnya.
- c. Mudah dipelihara, perkerasan beton pra-tegang memerlukan perawatan yang lebih sedikit dibandingkan dengan perkerasan aspal, karena tidak mudah rusak atau retak.

- d. Ramah lingkungan, penggunaan beton sebagai bahan perkerasan jalan lebih ramah lingkungan karena tidak menghasilkan polusi udara dan tidak memerlukan perawatan kimia seperti aspal.

Namun, perkerasan beton pra-tegang juga memiliki kelemahan, seperti biaya produksi yang lebih tinggi dan memerlukan waktu yang lebih lama dalam pembangunan. Oleh karena itu, pemilihan jenis perkerasan jalan harus mempertimbangkan berbagai faktor, seperti lalu lintas, kondisi lingkungan, dan anggaran yang tersedia.

2.9 Bangunan Pelengkap

Bangunan pelengkap atau *Accessory Building* adalah bangunan yang dibangun di atas lahan yang sama dengan bangunan utama dan digunakan sebagai pelengkap atau tambahan dari bangunan utama tersebut, seperti gudang, garasi atau kantor lapangan. Bangunan pelengkap bisa digunakan sebagai tempat tinggal sementara dan juga sebagai tempat penyimpanan barang atau aktivitas tambahan. Biasanya bangunan pelengkap harus memenuhi persyaratan perizinan yang sama dengan bangunan utama dan harus mematuhi peraturan zonasi yang berlaku di wilayah tersebut.

Untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas dan menghindari kerusakan jalan akibat air yang berdampak pada kenyamanan pemakai jalan, diperlukan adanya bangunan pelengkap.

2.9.1 Drainase

Drainase digunakan sebagai bangunan pelengkap jalan untuk mengalirkan air pada permukaan jalan secepat mungkin agar lalu lintas tetap lancar, ada dua jenis drainase :

a) Drainase Permukaan

Drainase permukaan berfungsi mengalirkan air hujan yang ada dipermukaan jalan agar tidak menghambat arus lalu lintas di jalan tersebut dan juga mencegah air agar tidak merusak lapisan perkerasan jalan.

1. Saluran Samping

Saluran samping adalah saluran yang berada di sisi jalan yang dapat langsung menampung air dari badan jalan dan mengalirkannya keluar dari badan jalan.

2. Saluran Pembuang

Saluran pembuang berfungsi untuk mengalirkan air dari saluran samping ke tempat pembuangan yang lebih rendah seperti sungai, rawa atau kolam.

3. Saluran Penangkap

Saluran penangkap berfungsi untuk mengalirkan air permukaan dari daerah yang lebih tinggi, sebelum air mencapai badan jalan.

4. Gorong-Gorong

Gorong-gorong adalah saluran melintang dan memotong badan jalan yang berada dibawah permukaan jalan yang berfungsi untuk mengalirkan air dari sisi jalan ke sisi lainnya.

- b) Drainase Bawah

Drainase bawah harus dikerjakan terlebih dahulu sebelum pekerjaan badan jalan karena letaknya ada dibawah permukaan jalan yang biasa berfungsi penunjang utama dalam mengalirkan air.

2.9.2 Prinsip dan Pertimbangan Perencanaan Drainase

- a) Prinsip-prinsip umum perencanaan drainase :

1. Penggunaan yang efektif dan efisien

Perencanaan drainase haruslah sedemikian rupa sehingga fungsi fasilitas drainase sebagai penampung, pembagi dan pembuangan air dapat sepenuhnya berdaya guna dan berhasil guna.

2. Ekonomis dan aman

Pemeliharaan dimensi dari fasilitas drainase haruslah mempertimbangkan faktor ekonomis dan faktor keamanan.

3. Pemeliharaan

Perencanaan drainase haruslah mempertimbangkan pula segi kemudahan dan nilai ekonomis dan pemeliharaan sistem drainase tersebut.

b) Pertimbangan dalam perencanaan drainase :

1. Pada daerah yang datar atau lurus

Penanganan pengendalian air untuk daerah ini biasanya dengan membuat kemiringan perkerasan dan bahu jalan mulai dari tengah perkerasan menurun/melandai ke arah selokan samping. Besarnya kemiringan bahu jalan biasanya diambil 2% lebih besar daripada kemiringan permukaan jalan.

2. Daerah jalan yang lurus pada tanjakan/penurunan

Penanganan pengendalian air pada daerah ini perlu mempertimbangkan pula besarnya kemiringan alinyemen vertikal jalan yang berupa tanjakan dan turunan agar aliran air secepatnya bisa mengalir ke selokan samping. Untuk itu maka kemiringan melintang perkerasan jalan disarankan agar menggunakan nilai-nilai maksimum.

3. Pada daerah tikungan

Kemiringan melintang perkerasan jalan pada daerah ini harus mempertimbangkan pula kebutuhan kemiringan jalan menurut persyaratan alinyemen horizontal jalan, karena kemiringan perkerasan jalan harus dimulai dari sisi luar tikungan menurun/melandai ke sisi dalam tikungan,

2.9.3 Persyaratan Teknis Perencanaan Drainase

Menurut Perencanaan Sistem Drainase Jalan Tahun 2006 hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan drainase permukaan adalah sebagai berikut:

1. Plot rute jalan di peta topografi (L)

- a. Plot rute jalan yang direncanakan pada topografi diperlukan untuk mengetahui gambaran topografi atau kondisi daerah sepanjang alinemen jalan yang akan dilalui dapat dipelajari.
- b. Kondisi medan pada daerah pelayanan diperlukan untuk menentukan bentuk dan kemiringan yang akan mempengaruhi pola aliran.

2. Inventarisasi data bangunan drainase (gorong-gorong jembatan, dll)

Eksisting meliputi lokasi, dimensi, arah aliran pembuangan dan kondisi data ini digunakan agar perencanaan sistem drainase jalan tidak mengganggu sistem drainase yang telah ada.

3. Segmen panjang segmen saluran (L)

Penentuan panjang segmen saluran (L) didasarkan pada:

- a. Kemiringan jalur jalan, disarankan agar kemiringan saluran mendekati kemiringan jalur jalan.
- b. Adanya tempat buangan air seperti badan air (misalnya sungai, waduk, dll).
- c. Langkah coba-coba sehingga dimensi saluran paling ekonomis.

4. Luas daerah layanan (A)

- a. Perhitungan luas daerah pelayanan didasarkan pada panjang ruas jalan yang ditinjau.
- b. Perlu diketahui luas daerah pelayanan (A) untuk saluran pinggir jalan agar dapat diperkirakan kapasitasnya menahan curah hujan atau untuk memperkirakan volume limpasan permukaan yang akan ditampung oleh saluran pinggir jalan tersebut.
- c. Luas daerah layanan terdiri atas luas setengah badan jalan (A1), luas bahu jalan (A2) dan luas daerah di sekitar (A3).
- d. Luas wilayah layanan tergantung pada daerah sekitarnya dan topografi daerah sekitarnya. Panjang daerah drainase yang dihitung terdiri dari setengah lebar badan jalan (I1) dari lebar bahu jalan (I2) dan daerah sekitarnya (I3) yang terbagi menjadi daerah perkotaan yaitu ± 10 m dan untuk wilayah di luar kota berdasarkan topografi wilayah.
- e. Jika diperlukan, pada daerah perbukitan direncanakan beberapa saluran untuk menampung air limpasan dari daerah perbukitan dengan batas daerah layanan adalah puncak bukit tersebut tanpa merusak stabilisasi lereng. Sehingga saluran tersebut hanya menampung air dari daerah pelayanan di sekitarnya (A3).

5. Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien limpasan (C) mempengaruhi kondisi permukaan tanah (penggunaan lahan) di wilayah layanan dan kemungkinan perubahan penggunaan lahan. Angka ini akan mempengaruhi debit yang mengalir, sehingga dapat diperkirakan kapasitas saluran. Untuk itu perlu dilakukan pemetaan topografi dan survei lapangan agar corak topografi di area proyek dapat lebih jelas. Diperlukan pula

jenis sifat erosi dan tanah pada daerah sepanjang trase jalan rencana, antara lain tanah dengan permeabilitas tinggi (sifat lulus air) atau tanah dengan tingkat erosi permukaan. Secara visual akan nampak pada daeran yang menunjukkan alur-alur pada permukaan.

6. Faktror Limpasan (fk)

- a. Merupakan faktor atau angka yang dikalikan dengan koefisien limpasan biasa dengan tujuan agar kinerja unit tidak melebihi kapasitasnya akibat daerah drainase yang terlalu luas. Harga faktor limpasan (fk) disesuaikan

Tabel 2.34 Koefisien Pengaliran (C) dan Faktor Limpasan (fk)

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)	Faktor Limpasan (fk)
	BAHAN		
1	Jalan beton dan jalan aspal	0,70 – 0,95	
2	Jalan Krikil dan jalan tanah	0,40 – 0,70	
3	Bahu jalan :		
	Dari tanah berbutir halus	0,40 – 0,65	
	Dari tanah berbutir kasar	0,10 – 0,20	
	Dari batuan masif keras	0,70 – 0,85	
	Dari batuan masif lunak	0,60 – 0,70	
	TATA GUNA LAHAN		
1	Daerah perkotaan	0,70 – 0,95	2
2	Daerah pinggiran kota	0,60 – 0,70	1
3	Daerah industri	0,60 – 0,90	1
4	Pemukiman padat	0,40 – 0,60	2
5	Pemukiman tidak padat	0,40 – 0,60	1
6	Taman dan kebun	0,45 – 0,60	0
7	Persawahan	0,70 – 0,80	0
8	Perbukitan	0,70 – 0,80	0
9	Pegunungan	0,75 – 0,90	0

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

Keterangan :

- Harga koefisien pengaliran (C) untuk daerah latar diambil nilai C yang terkecil dan untuk daerah diambil nilai C yang besar.
- Harga faktor limpas (fk) hanya digunakan untuk guna lahan sekitar saluran selain bagian jalan.

- b. Bila daerah pengaliran atau daerah layana terdiri dari beberapa tipe kondisi permukaan yang mempunyai nilai C yang berbeda, harga C rata-rata ditentukan dengan persamaan berikut :

$$C = C_1 A_1 + C_2 A_2 + C_3 A_3 / A_1 + A_2 + A_3 \dots\dots\dots (2.67)$$

Dimana :

C_1, C_2, C_3 = koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan

A_1, A_2, A_3 = luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan

fk = faktor limpasan sesuai guna lahan

7. Waktu konsentrasi (T_c)

Waktu terpanjang menyalurkan aliran yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan air secara simultan (*run off*) setelah melewati titik-titik tertentu. Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan ini :

$$T_c = t_1 + t_2 \text{ atau } T_c = t_o + t_d \dots\dots\dots (2.68)$$

$$t_1 = \frac{2}{3} \times 3,28 \times 10 \times \left(\frac{nd}{\sqrt{is}}\right)^{0,16} \dots\dots\dots (2.69)$$

$$t_2 = \frac{L}{60 \times V} \dots\dots\dots (2.70)$$

Dimana :

T_c = Waktu konsentrasi (menit)

t_1/t_o = Waktu untuk mencapai awal saluran dari titik terjauh (menit)

t_2/t_d = Waktu aliran dalam saluran sepanjang L dari ujung saluran (menit)

10 = Jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

L = Panjang saluran (m)

nd = Koefisien tambahan

is = kemiringan saluran memanjang

V = kecepatan air rata-rata pada saluran drainase (m/det)

Tabel 2.35 Kemiringan Saluran Memanjang (is)

No	Jenis Material	Kemiringan Saluran is (%)
1	Tanah asli	0 – 5
2	Kerikil	5 – 7,5
3	Pasangan	7,5

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

Tabel 2.36 Koefisien Hambatan (nd)

No	Kondisi Lapis Permukaan	Nd
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan licin dan kedap air	0,020
3	Permukaan licin dan kokoh	0,100
4	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,200
5	Padang rumput dan rerumputan	0,400
6	Hutan gundul	0,600
7	Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan	0,800

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

8. Analisa hidrologi

a. Data curah hujan

- Merupakan data curah hujan harian maksimum dalam setahun yang dinyatakan dalam mm/hari. Data curah hujan ini diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) yaitu stasiun curah hujan yang berada di wilayah pelayanan kanal pinggir jalan.

- Jika daerah pelayanan tidak memiliki data curah hujan, maka dapat digunakan data dari stasiun di luar daerah pelayanan yang dianggap representatif. Jumlah data curah hujan yang dibutuhkan minimal 10 tahun terakhir.
- b. Periode ulang
Karakteristik hujan menunjukkan bahwa hujan besar tertentu memiliki periode ulang tertentu. Jangka waktu lang pembangunan saluran drainase ditetapkan selama 5 tahun, sesuai dengan peruntukannya.
- c. Analisis frekuensi
Analisis frekuensi adalah analisis data hidrologi dengan menggunakan statistik yang bertujuan untuk memprediksi curah hujan atau debit dengan masa ulang tertentu. Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Sebaliknya, kala ulang (*return period*) diartikan sebagai waktu dimana hujan atau debit dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut (Sri Harto, 1993).

Dalam menghitung Analisa frekuensi hujan ini menggunakan metode Gumbell\

- Nilai Rata-Rata (*Mean*) Metode Gumbell :

$$X_{rata-rata} = \frac{1}{n} \sum X_1 \text{ (mm) (2.71)}$$

- Standar Deviasi Metode Gumbell :

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_1 - x)^2} \text{ (2.72)}$$

- Curan Hujan Rancangan :

$$X = X_{rata-rata} \cdot \frac{y_t - y_n}{s_n} \cdot sd \text{ (2.73)}$$

Keterangan :

X = Curah hujan rancangan

X_{rata2} = Nilai rata-rata arimatik hujan kumulatif

Sd = Standar Deviasi

Yt = *Reduced variate*

Yn = *Reduced mean* yang tergantung jumlah sample/data n

S_n = *Reduced standar deviation* yang tergantung pada jumlah sample
atau data n

n = Jumlah data

Tabel 2.37 *Reduced Variate (Yt)* sebagai fungsi kata ulang

Periode ulang (tahun)	Reduce Variate (Yt)	Periode Ulang (tahun)	Reduced Variate (Yt)
2	0,3668	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969
10	2,251	250	5,5206
20	2,9709	500	6,2149
25	3,1993	1000	6,9087
50	3,9028	5000	8,5118

(Sumber : Drainase Perkotaan (Gunadarma : 2011))

Tabel 2.38 *Reduced Standar Deviation (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	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2066
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

(Sumber : Drainase Perkotaan (Gunadarma 2011))

Tabel 2.39 *Reduced Mean (Yn)*

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5403	0,5410	0,5418	0,5424	0,5436
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5581	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,6610	0,5611

(Sumber : Drainase Perkotaan (Gunadarma 2011))

d. Intensitas curah hujan

Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Intensitas curah hujan (I) mempunyai satuan mm/jam, berarti air persatuan waktu, misalnya mm dalam kurun waktu menit, jam atau hari.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{T_c}\right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (2.74)$$

9. Untuk menghitung debit aliran air (Q) menggunakan rumus :

$$Q = \frac{1}{3,6} C.I.A \dots\dots\dots (2.75)$$

Dimana :

Q = debit aliran air (m^3 /detik)

C = koefisien pengaliran rata-rata dari C1,C2,C3

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

A = luas daerah layanan (km) terdiri atas A1,A2,A3

10. Untuk menghitung Kecepatan Aliran Air menggunakan Rumus Chezy

$$V = C \cdot \sqrt{R \cdot I} \dots \dots \dots (2.76)$$

Dimana :

V = Kecepatan Air (m/det)

R = Radius Hidrolik

I = Kemiringan Saluran

C = Koefisien Pengaliran (menggunakan Rumus Bazin)

$$C = \frac{157,6}{1,81 + \frac{m}{\sqrt{R}}} \dots \dots \dots (2.77)$$

Dimana :

M = koefisien Bazin

R = Radius Hidrolik

Tabel 2.40 Koefisien Bazin

No	Keterangan Permukaan Saluran	M
1	Semen yang sangat halus atau kayu yang di ketam	0,11
2	Kayu tak di ketam, beton atau bata	0,21
3	Papan, batu	0,29
4	Pasangan batu pecah	0,83
5	Saluran tanah dalam keadaan baik	1,54
6	Saluran tanah dalam keadaan rata-rata	2,36
7	Saluran tanah dalam keadaan kasar	3,17

(Sumber : Hidrolika Terapan (Iin Karnisah : 2010))

2.9.4 Kriteria Perencanaan Saluran

Perencanaan saluran terbuka secara hidrolika, jenis aliran yang terjadi adalah saluran terbuka (*open channel*), yaitu pengaliran air dengan permukaan bebas. Perencanaan ini digunakan untuk perencanaan saluran samping jalan maupun gorong-gorong.

a. Saluran samping

Bahan bangunan saluran ditentukan oleh besarnya kecepatan rencana aliran air yang mengalir di saluran samping jalan tersebut.

Tabel 2.41 Aliran air yang diizinkan

No	Jenis Material	V Izin (m/dt)
1	Pasir halus	0,45
2	Lempung kepasiran	0,50
3	Lanau alluvial	0,60
4	Krikil halus	0,75
5	Lempung kokoh	0,75
6	Lempung padat	1,10
7	Krikil kasar	1,20
8	Batu-batu besar	1,50
9	Pasangan batu	1,50
10	Beton	1,50
11	Beton bertulang	1,50

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

Kemiringan saluran ditentukan berdasarkan bahan yang digunakan. Hubungan antara bahan yang digunakan dengan kemiringan saluran arah dapat dilihat dari tabel 2.10

Tabel 2.42 Kemiringan saluran air berdasarkan jenis material

No	Jenis Material	Kemiringan saluran (%)
1	Tanah asli	0 – 5
2	Kerikil	5 – 7,5
3	Pasangan	> 7,5

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

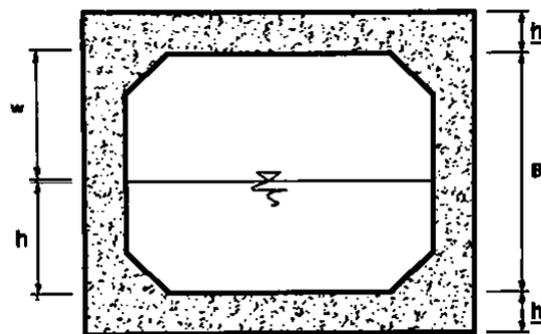
Penampang minimum saluran $0,50 \text{ m}^2$

b. Gorong-gorong

Ditempatkan melintang jalan yang berfungsi untuk menampung air dari hulu saluran samping drainase dan mengalirkannya, dengan dimensi yang harus cukup besar untuk melewati debit air secara maksimum dari daerah pengaliran secara efisien dan dibuat dengan tipe permanen. Dalam perencanaan dan pelaksanaan gorong-gorong dianjurkan berpedoman pada standarisasi bertujuan untuk mempermudah pekerjaan, sehingga tercapainya kelancaran pembangunan gorong-gorong.

Pada umumnya struktur beton bertulang mengalami tegangan mengalami tegangan Tarik yang cukup besar akibat adanya gaya-gaya luar yang ada. Tegangan Tarik yang ada pada struktur beton bertulang.

Konstruksi gorong-gorong persegi standar, direncanakan sesuai standar tipe single, panjang gorong-gorong persegi, merupakan lebar jalan ditambah dua kali lebar bahu jalan dan dua kali lebar dinding sayap. Kontruksi gorong-gorong persegi beton bertulang ini direncanakan dapat menampung berbagai variasi lebar perkerasan jalan, sehingga pada prinsipnya panjang gorong-gorong persegi adalah bebas. Tetapi pada perhitungan volume dan berat besi tulangan diambil terbatas dengan lebar perkerasan jalan uang umum yaitu 3,5 ; 4,5 ; 6 ; 7 meter. Dimensi gorong-gorong persegi beton bertulang direncanakan seperti dilihat pada Gambar dan tabel sebagai berikut :



Gambar 2.40 Sketsa dengan bentuk persegi

Tabel 2.43 Ukuran dimensi gorong-gorong

Tipe Single		
L	T	H
100	100	16
100	150	17
100	200	18
200	100	22
200	150	23
200	200	25
200	250	26
200	300	28
300	150	28
300	200	30
300	250	30
300	300	30

(Sumber : Standar Gorong-gorong persegi tipe single, SNI PU)

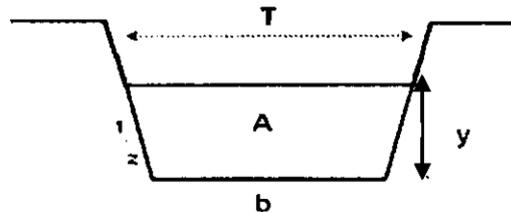
Penulangan gorong-gorong persegi beton bertulang ini dirancang sedemikian rupa sehingga mudah dilaksanakan dan mendapatkan hasil yang rapi sesuai dengan yang direncanakan. Penggunaan diameter tulangan berkisar antara 19 mm, 16 mm, 12 mm dan 10 mm untuk menghindari penggunaan tulangan dengan ukuran dan diameter yang beragam.

Bentuk segmen penulangan yang sederhana dan praktis di beberapa segmen gorong-gorong dan beratnya diperhitungkan sedemikian rupa.

2.9.5 Desain Saluran Samping dan Gorong-Gorong

Desain saluran dapat dibagi dalam beberapa jenis:

1. Saluran bentuk trapesium (saluran samping) :



Gambar 2.41 Saluran dengan bentuk trapesium

$$A = (b + z \cdot y) y \dots\dots\dots (2.78)$$

$$t = b + 2zy \dots\dots\dots (2.79)$$

$$D = \frac{A}{T} \dots\dots\dots (2.80)$$

$$V = K_{st} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2.81)$$

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots (2.82)$$

Penampang Ekonomis :

$$b + 2zy = 2y \sqrt{z^2 + 1} \dots\dots\dots (2.83)$$

Tinggi Jagaan :

$$W = \sqrt{0,5 \times h} \dots\dots\dots (2.84)$$

Dimana :

A = Luas Penampang melintang (m^2)

b = Lebar saluran (m)

p = keliling basah (m)

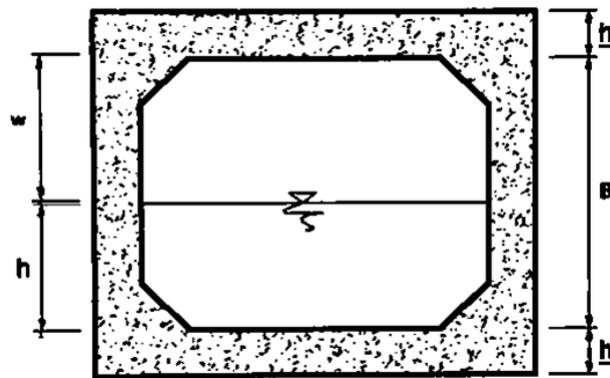
T = lebar puncak (m)

Y = kedalaman saluran yang tergenang air (m)

D = kedalaman hidrolis (m)

- V = kecepatan rata-rata aliran (m/dt)
- I = kemiringan dasar saluran
- Q = debit aliran air (m³/detik)
- Z = perbandingan kemiringan talud
- W = tinggi jagaan (m)
- h = tinggi muka air (m)

2. Gorong-gorong bentuk persegi (*box culvert*) :



Gambar 2.42 Sketsa dengan bentuk persegi

$$A = Q/V \dots\dots\dots (2.85)$$

$$b = 2h \dots\dots\dots (2.86)$$

$$A = l \times h \dots\dots\dots (2.87)$$

$$I = \frac{R_t}{24} \times \left[\frac{24}{tc} \right]^{2/3} \dots\dots\dots (2.88)$$

Tinggi Jagaan :

$$W = \sqrt{0,5 \times h} \dots\dots\dots (2.89)$$

Dimana :

- A = luas penampang melintang (m²)
- l = lebar saluran (m)
- V = kecepatan rata-rata aliran (m/dt)

- W = tinggi jagaan
fi = tinggi muka air (m)
h = tebal penampang saluran (cm)
I = intensitas curah hujan

2.9.6 Marka dan Rambu Jalan

Jalan merupakan bangunan yang dibuat untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas perhubungan dan kegunaannya adalah sebagai penyambung badan jalan yang terputus karena adanya aliran sungai yang melintasi badan jalan.

Maka dari itu diperlukan sunyal atau pun tanda untuk memperjelas peringatan yang ada di jalan seperti pada daerah tikungan, tanjakan, turunan, dan lain-lain. Meskipun marka dan rambu jalan ini hanya merupakan bangunan pelengkap, tetapi memberika kontribusi yang besar terhadap keamanan dan nyaman pengendara dalam tanda, pengaturan dan peringatan dalam berlalu lintas.

2.10 Rencana Anggaran Biaya dan Manajemen Proyek

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut. Anggara biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda dimasing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga dan upah tenaga kerja.

2.10.1 Daftar Harga Satuan Bahan dan Upah

Daftar satuan bahan dan upah adalah harga dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga, tempat proyek ini berada tidak setiap daerah memiliki standar yang sama. Penggunaan daftar upah ini juga merupakan pedoman untuk menghitung rancangan biaya pekerjaan dan upah yang dipakai kontraktor. Adapun harga satuan bahan dan upah adalah satuan harga yang termasuk pajak-pajak.

2.10.2 Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Yang dimaksud dengan analisa satuan harga adalah perhitungan-perhitungan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam satu proyek. Guna dari satuan harga ini agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat di dalam analisa satuan harga ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya. Adapun yang termasuk didalam analisa satuan harga adalah:

A. Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Analisa satuan pekerjaan adalah perhitungan-perhitungan biaya pada setiap pekerjaan yang ada pada suatu proyek. Dalam menghitung analisa satuan pekerjaan, sangatlah erat hubungan dengan daftar harga satuan bahan dan upah.

B. Analisa Satuan Alat Berat

Perhitungan analisa satuan alat berat dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu:

1. Pendekatan *on the job*, yaitu pendekatan yang dimaksudkan untuk mendapatkan hasil perhitungan produksi berdasarkan data yang diperoleh dari data hasil di lapangan dan data ini biasanya didapat dari pengamatan observasi di lapangan.
2. Pendekatan *off the job*, yaitu pendekatan yang dipakai untuk memperoleh hasil perhitungan berdasarkan standar yang biasanya ditetapkan oleh pabrik pembuat.

2.10.3 Perhitungan Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyak suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga satuan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada di dalam suatu proyek.

2.10.4 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya dapat bangunan yang sama akan berbeda-beda di masing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

Dalam menyusun anggaran biaya dapat dilakukan dengan dua cara sebagai berikut :

1. Anggaran Biaya Kasar (Taksiran)

Sebagai pedoman dalam Menyusun anggaran biaya kasar digunakan harga satuan tiap meter persegi (m²) luas lantai. Anggaran biaya kasar dipakai sebagai pedoman terhadap anggaran biaya yang dihitung secara teliti.

2. Anggaran Biaya Teliti

Yang dimaksud dengan anggaran biaya teliti ialah anggaran biaya bangunan atau proyek yang dihitung dengan teliti dan cermat, sesuai dengan ketentuan dan syarat-syarat penyusunan anggaran biaya. Pada anggaran biaya kasar sebagaimana diuraikan terdahulu, harga satuan dihitung berdasarkan harga taksiran setiap luas lantai m². Taksiran tersebut haruslah berdasarkan harga yang wajar, dan tidak terlalu jauh berbeda dengan harga yang dihitung secara teliti.

Sedangkan penyusunan anggaran biaya yang dihitung dengan teliti, didasarkan atau didukung oleh:

- a) Bestek

Gunanya untuk menentukan spesifikasi bahan dan syarat-syarat

- b) Gambar bestek

Gunanya untuk menentukan/menghitung besarnya masing-masing volume pekerjaan

c) Harga satuan pekerjaan

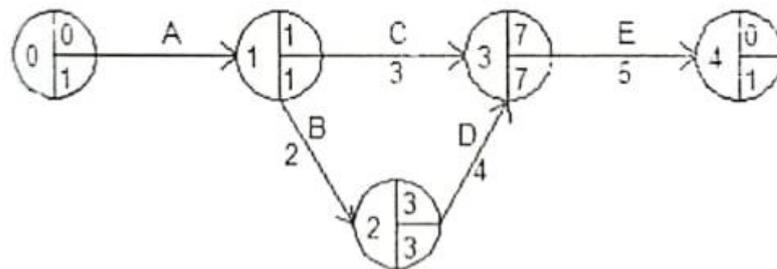
Didapat dari harga satuan bahan dan harga satuan upah berdasarkan perhitungan analisa BOW

2.10.5 Rekapitulasi Biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya.

2.10.6 Manajemen Proyek

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi suatu perencanaan yang tepat untuk menyelesaikan tiap-tiap pekerjaan yang ada. Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lainnya. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram network, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan lain yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ke tempat lain.



Gambar 2.43 Sketsa Network Planning

Adapun kegunaan NWP ini adalah :

1. Merencanakan, *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.
2. Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek.
3. Mendokumentasikan dan mengkomunikasikan rencana *scheduling* (waktu), dan alternatif-alternatif lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya.

4. Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur-jalur kritis (*critical path*) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah:

1. Urutan pekerjaan yang logis

Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa yang *slack*/kelonggaran waktu.

2. Biaya untuk mempercepat pekerjaan

Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berdada di jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya : biaya-biaya lembur, biaya menambah tenaga kerja dan sebagainya.

Sebelum menggambar diagram NWP ada beberapa hal yang perlu kita perhatikan, antara lain:

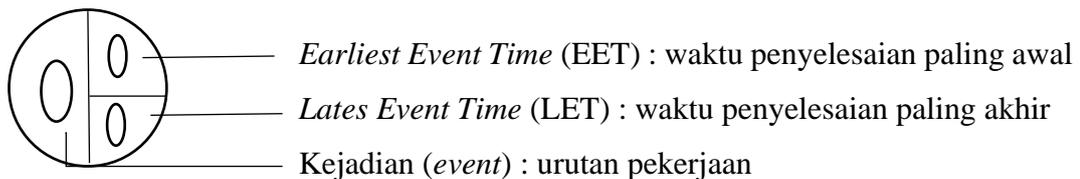
1. Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya *duration* maupun *resources* yang dibutuhkan.
2. Aktivitas-aktivitas apa yang mendahului dan aktivitas-aktivitas apa yang mengikuti
3. Aktivitas-aktivitas apa yang dapat dilakukan secara bersamaan
4. Aktivitas-aktivitas itu dibatasi mulai dan selesai
5. Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktivitas-aktivitas itu, kemudian mengikutinya
6. Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan. Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Jika proyek itu baru sama sekali biasanya diberikan.
7. Kepala anak panah menjadi arah pedoman dari setiap kegiatan.
8. Besar kecilnya lingkaran juga tidak mempunyai arti dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa.

Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP :

-  (*arrow*) bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Ini adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana

penyelesaiannya membutuhkan jangkang waktu tertentu dan *resources* tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah *nodes*, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan.

- \Rightarrow (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan yang dilintasi kritis (*critical path*)
- \bigcirc (*node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan.
- \dashrightarrow (*Dummy*), bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu. Aktifitas semu hanya boleh dipakai bila tidak ada cara lain untuk menggambarkan hubungan-hubungan aktifitas yang ada dalam suatu network.



2.10.7 *Barchart*

Diagram *barchart* mempunyai hubungan erat dengan *network planning*. *Barchart* ditunjukkan dengan diagram batang yang dapat menunjukkan lamanya waktu pelaksanaan. Di samping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

2.10.8 Kurva S

Kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dari tahap pertama sampai berakhirnya pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan antara harga pekerjaan dengan harga total keseluruhan dari jumlah harga penawaran.