

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Perencanaan Geometrik Jalan

Perencanaan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar, yang didapatkan dari hasil survei lapangan, kemudian dianalisis berdasarkan acuan persyaratan perencanaan yang geometrik yang berlaku (Saodang, 2004). Acuan perencanaan yang dimaksud adalah sesuai standar perencanaan geometrik yang dianut di Indonesia. Standar perencanaan tersebut, dibuat oleh Direktorat Jenderal Bina Marga Tahun 2021 yang disesuaikan dengan klasifikasi jalan berdasarkan peruntukan jalan raya.

1.1.1 Penentuan trase

Penetapan trase jalan merupakan tahap krusial dalam proses perencanaan geometrik jalan. Dengan mempertimbangkan berbagai pilihan jalur yang telah disurvei, dipilih satu jalur yang memenuhi standar teknis yang ditetapkan dan sekaligus memberikan manfaat optimal bagi para pengguna jalan serta masyarakat di sekitarnya. Adapun Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam penentuan trase jalan antara lain:

- a. Faktor topografi, akan mempengaruhi kelandaian jalan, jarak pandang, penampang melintang dan sebagainya, peta topografi yang ditentukan pada tugas rancangan ini yaitu keadaan gunung dan beda tinggi antara dua garis transisi adalah 1 meter.
- b. Faktor geologi, akan berpengaruh apabila trase jalan yang akan dibuat berada pada daerah patahan/bergerak, memiliki daya dukung tanah yang kurang baik, serta muka air tanah juga sangat mempengaruhi.
- c. Faktor tata guna lahan, merupakan hal yang paling mendasar dalam perencanaan suatu lokasi jalan, serta tujuan pembuatan jalan tersebut, apakah direncanakan untuk daerah pemukiman atau perindustrian.
- d. Faktor lingkungan, perlu dipikirkan dampak positif dan negatif dari pembangunan trase jalan tersebut.

1.1.2 Data peta topografi

Topografi adalah cara kita memahami bentuk dan kenampakan yang ada di permukaan bumi. Ini mencakup segala sesuatu, baik alami maupun buatan, yang dapat kita kenali dan berikan lokasi khususnya. Lokasi ini dinyatakan dalam hubungannya dengan permukaan topografi, yang bisa lebih tinggi atau lebih rendah dari titik referensi tertentu, yang disebut sebagai datum atau titik nol. Peta topografi biasanya digunakan oleh lembaga tertentu yang mempunyai kepentingan akan kondisi permukaan bumi. Berikut ini adalah komponen dari peta kontur, yaitu:

1. Judul Peta, judul diambil dari bagian terbesar wilayah pada satu lembar peta.
2. Legenda Peta, adalah penjelasan dari simbol-simbol yang ada dalam peta.
3. Skala Peta, merupakan perbandingan gambar dengan kondisi sebenarnya.
4. Garis Koordinat, pada peta topografi terdapat jaring-jaring yang terdiri dari garis vertikal dan horizontal.
5. Garis Ketinggian/ Kontur, merupakan gambaran dari daerah dengan ketinggian yang sama.
6. Tahun Pembuatan Peta, terdapat informasi mengenai tahun pembuatan peta yang menunjukkan kapan peta ini dibuat atau diperbaharui.
7. Deklinasi, adalah garis keterangan yang menunjukkan beda utara peta dan utara magnetik kompas.

1.1.3 Klasifikasi jalan

Dalam prinsipnya, standar perencanaan jalan didasarkan pada peraturan dan undang-undang yang mengatur klasifikasi jalan yang berlaku sesuai dengan fungsinya dan ketentuan administratifnya. Berikut ini merupakan pembagian klasifikasi jalan, antara lain :

a. Klasifikasi Jalan Berdasarkan Fungsi Jalan

Klasifikasi menurut fungsi jalan berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021. Terbagi atas:

1. Jalan Arteri Primer

Jalan Arteri Primer merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama menghubungkan antar pusat kegiatan nasional (PKN)

atau antara pusat kegiatan nasional (PKN) dengan pusat kegiatan wilayah (PKW) dengan ciri-ciri:

- a) Melayani perjalanan lalu lintas jarak jauh yang tidak boleh terganggu oleh lalu lintas ulang alik, lalu lintas lokal, dan kegiatan lokal.
- b) Kecepatan rata-rata tinggi dengan VD paling rendah 60 Km/jam.
- c) Mempunyai kapasitas yang lebih besar dari volume lalu lintas rata-ratanya.

2. Jalan Kolektor Primer

Jalan Kolektor Primer berfungsi menghubungkan antara pusat kegiatan nasional (PKN) dengan pusat kegiatan lokal (PKL), antar-pusat kegiatan wilayah (PKW), atau antara pusat kegiatan wilayah (PKW) dengan pusat kegiatan lokal (PKL), melayani angkutan pengumpulan/pembagian dengan ciri-ciri:

- a) Melayani perjalanan lalu lintas jarak sedang.
- b) Kecepatan rata-rata sedang dengan VD paling rendah 40 Km/jam.
- c) Mempunyai kapasitas yang lebih besar dari volume lalu lintas rata-ratanya.

3. Jalan Lokal Primer

Jalan Lokal Primer berfungsi menghubungkan PKN dengan PKL, PKW dengan PKLing, antar-PKL, atau PKL dengan PKLing, serta antar-pusat kegiatan lingkungan (PKLing), melayani angkutan setempat, dengan ciri-ciri:

- a) Perjalanan jarak dekat.
- b) Kecepatan rata-rata rendah dengan VD paling rendah 20 Km/jam.

4. Jalan Lingkungan Primer

Jalan Lingkungan Primer berfungsi menghubungkan antarpusat kegiatan di dalam kawasan perdesaan dan jalan di dalam lingkungan kawasan perdesaan, melayani angkutan lingkungan dengan ciri-ciri:

- a) Perjalanan menuju persil/ rumah.
- b) Kecepatan rata-rata rendah dengan VD paling rendah 15 Km/Jam.

b. Klasifikasi Berdasarkan Kelas Jalan

Kelas jalan dikelompokkan berdasarkan:

1. Penggunaan jalan dan kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan (LLAJ).
2. Spesifikasi penyediaan prasarana jalan (SPPJ).
3. Pembagian kelas jalan berdasarkan penggunaan jalan dan kelancaran LLAJ adalah jalan kelas I, jalan kelas II, jalan kelas III, dan jalan khusus.

Jalan berdasarkan fungsi dan intensitas lalu lintas guna kepentingan pengaturan penggunaan jalan dan kelancaran LLAJ, diklasifikasikan menjadi 4 seperti diuraikan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Klasifikasi Jalan Menurut 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: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

c. Klasifikasi Berdasarkan Medan Jalan

Dalam proses desain awal, potongan melintang topografi medan jalan mempunyai pengaruh terhadap penetapan alinemen horizontal dan vertikal jalan, serta kecepatan desain. Masing-masing memiliki kriteria kemiringan medan yang diukur tegak lurus terhadap garis konturnya.

Tabel 2. 2 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

No.	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan
1	Datar	D	<10
2	Perbukitan	B	10-25
3	Pengunungan	G	>25

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

d. Klasifikasi Berdasarkan LHR

Tabel 2. 3 klasifikasi menurut fungsi jalan

Klasifikasi fungsi	Kelas	Lalu lintas harian rata-rata (LHR) Dalam satuan SMP
Utama	I	>20.000
	IIA	6000 s/d 20.000
	IIB	1500 s/d 8000
Sedang	IIC	<2000
	III	
Penghubung		

(Sumber: Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

$$P_n = P_o + (1+i)^n$$

Dimana :

- P_n = jumlah kendaraan pada tahun ke n
 P_o = jumlah kendaraan pada awal tahun
 i = angka pertumbuhan lalu lintas (%)
 n = umur rencana

e. Klasifikasi Berdasarkan Status Jalan

Jalan umum menurut statusnya dikelompokkan menjadi 5, yaitu jalan nasional, jalan provinsi, jalan kabupaten, jalan kota dan jalan desa.

Berdasarkan fungsi masing-masing kelompok tersebut mengelompokannya lagi, menjadi:

1. Jalan Nasional adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah pusat, terdiri atas jalan arteri primer, jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibu kota provinsi, jalan tol, dan jalan strategis nasional.
2. Jalan Provinsi adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah provinsi, terdiri atas jalan kolektor primer yang menghubungkan ibu kota provinsi dengan ibu kota kabupaten atau kota.
3. Jalan Kabupaten adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah kabupaten, terdiri atas jalan kolektor primer yang tidak termasuk jalan nasional dan jalan provinsi, jalan lokal primer yang menghubungkan ibu kota kabupaten dengan ibu kota kecamatan.
4. Jalan Kota adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah kota dan berada dalam jaringan jalan di dalam kota.
5. Jalan Desa adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah kabupaten, terdiri dari jalan lingkungan primer dan jalan lokal primer yang tidak termasuk jalan kabupaten, berada di dalam kawasan perdesaan, dan menghubungkan kawasan dan/atau antarpermukiman di dalam desa.

1.1.4 Kriteria Desain Perencanaan Geometrik Jalan

Kriteria desain geometrik jalan adalah parameter-parameter geometrik yang nilainya ditetapkan pada awal desain dan menjadi dasar untuk menetapkan desain elemen-elemen geometrik lainnya. Kriteria desain dibedakan menjadi dua, yaitu kriteria desain utama, dan kriteria desain lainnya yang elemen-elemennya ditetapkan berdasarkan kriteria desain utama. Elemen kriteria desain meliputi:

Tabel 2. 4 Tabel Kriteria Desain Utama

Elemen Kriteria desain utama		JBH	Jalan Antarkota					Jalan Perkotaan
Rentang V_D , lihat Tabel 5-1, Km/Jam	Datar	80 - 120	15 - 100					10 - 60
	Bukit	70 - 110	15 - 90					
	Gunung	60 - 100	15 - 80					
Kelas penggunaan jalan		I	I	II	III	JLR	I, II, III	
Kelandaian memanjang, G , paling tinggi, %	Datar	4	6	6	6	6	5	
	Bukit	5	8	8	8	10		
	Gunung	6	8	10	12	15		
Superelevasi (e), %, paling tinggi		8						
Kekesatan melintang, paling tinggi, (f_{maks})		Lihat diagram faktor kekesatan melintang sebagai fungsi dari kecepatan (Gambar 5-15)						
Kekesatan memanjang		0,35 untuk MP dan 0,29 untuk Truk (<i>lihat sub-bab 5.3.3</i>)						
R_{min} lengkung Horizontal		$R_{min} = \frac{V_D^2}{127(f_{max} + e_{max})}$						
R_{min} lengkung Vertikal Cembung		$R_{min} = f\{V_D; K\}$; nilai K dapat dilihat dari Tabel 5-55, Tabel 5-56, dan						
R_{min} lengkung vertikal cekung		Tabel 5-57						

Keterangan: K =nilai kontrol untuk lengkung vertikal cekung atau lengkung vertikal cembung

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

1. Kecepatan Desain (V_D)

Kecepatan desain (V_D) dapat ditetapkan langsung dari rentangnya sesuai dengan tabel diatas. Jika tidak ada pertimbangan lain diawal desain, maka pilih V_D tertinggi, tetapi ini belum menjadi V_D yang final karena kemudian di akhir desain berdasarkan V_D ini, dievaluasi biaya konstruksinya (atau hal lainnya) setelah seluruh desain geometriknya selesai. Jika hasil evaluasi dapat diterima, maka desain geometrik dengan V_D yang dipilih dapat ditetapkan.

Tabel 2. 5 Tabel Antarpengelompokkan Jalan

SJJ	Peran menghubungkan	Pengelompokan fungsi Jalan	Status dan Penyelenggara jalan	Kelas jalan			SPPJ	Tipe jalan (paling kecil)	Rentang V_0 , Km/Jam			Keterangan		
				I	II	III			Datar	Bukit	Gunung			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)		
SJJ Primer (Jalan Antarkota)	Jalan Tol	Jalan Arteri Primer	Jalan Nasional (Pemerintah Pusat)	X	-	-	JBH	4/2-T	80 - 120	70 - 110	60 - 100	-IKN=Ibu Kota Negara -IKP=Ibu Kota Provinsi -IKK=Ibu Kota Kabupaten -KT=Kota -IKC=Ibu Kota Kecamatan -PD=Pusat Desa (di pulau Jawa seperti kelurahan) -DS=Desa (di pulau Jawa seperti Dukuh) -KP=Kawasan Primer -KS1=Kawasan Sekunder1 -KS2=Kawasan Sekunder2 -KS3=Kawasan Sekunder3 -KSn=Kawasan Sekunder ke-n; -Prm=Perumahan/Persil - Semua jalan Antarkota yang masuk ke dalam kota, pengelompokannya dari SJJ primer berubah menjadi SJJ sekunder, adapun jalan-jalan lainnya yang sudah ada di dalam		
	IKP - IKN		X	X	X	JRY	4/2-T	60 - 100	50 - 90	40 - 80				
	IKP - IKP		X	X	X	JRY	4/2-T	15 - 60	15 - 50	15 - 40				
	IKP - IKP		-	-	X	JLR	2/2-TT	40 - 80	30 - 70	20 - 60				
	IKP - IKP	Jalan Kolektor Primer	Jalan Nasional (Jalan perintis dan Ex jalan daerah)	X	X	X	JRY	4/2-T	15 - 40	15 - 40	15 - 40			
	IKP - IKP		-	-	X	JLR	2/2-TT	40 - 80	30 - 70	20 - 60				
	IKP - IKK/KT		Jalan Provinsi (Pemerintah Provinsi)	X	X	X	JSD	2/2-TT	20 - 60	20 - 50	20 - 40			
	IKK - IKK		X	X	X	JSD	2/2-TT	15 - 30	15 - 30	15 - 30				
	KT - KT	Jalan Lokal Primer	X	X	X	JSD	2/2-TT	20 - 60	20 - 50	20 - 40				
	IKK - IKC		-	X	X	JSD	2/2-TT							
	IKK - PD		-	X	X	JSD	2/2-TT							
	IKC - IKC		-	-	X	JKC	2/2-TT							
	IKC - PD		-	-	X	JKC	2/2-TT							
	PD - PD		-	-	X	JLR	2/2-TT							
PD - DS	Jalan Ling-kungan Primer	-	-	X	JLR	1/2	15 - 30	15 - 30	15 - 30					
DS - DS		-	-	X	JLR	1/2								
SJJ	Peran menghubungkan	Pengelompokan fungsi Jalan	Status dan Penyelenggara jalan	Kelas jalan			SPPJ	Tipe jalan (paling kecil)	Rentang V_0 , Km/Jam			Keterangan		
(1)	(2)	(3)	(4)	I	II	III			Datar	Bukit	Gunung			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)		
SJJ Sekunder (Jalan Perkotaan)	Jalan Tol	Jalan Arteri Sekunder	Jalan Nasional (Pemerintah Pusat)	X	-	-	JBH	4/2-T	60 - 100			kota masuk ke dalam SJJ sekunder dan klasifikasi fungsinya ditetapkan sesuai perannya. - Khusus untuk keluarga Jalan Nasional, Jalan Provinsi, dan Jalan Kabupaten yang dipersiapkan sebagai calon Jalan Nasional, calon Jalan Provinsi, dan calon Jalan Kabupaten dikategorikan masing-masing dengan sebutan Jalan Strategis Nasional, Jalan Strategis Provinsi, dan Jalan Strategis Kabupaten.		
	KP - KS1	Jalan Arteri Sekunder	Jalan Kota (Pemerintah Kota)	X	X	X	JSD	2/2-TT	30 - 60					
	KS1 - KS1			X	X	X	JSD	2/2-TT	30 - 60					
	KS1 - KS2			-	X	X	JSD	2/2-TT	20 - 40					
	KS2 - KS2	Jalan Kolektor Sekunder		-	X	X	JSD	2/2-TT	20 - 40					
	KS2 - KS3			-	X	X	JSD	2/2-TT	20 - 40					
	KS1 - Prm	Jalan Lokal Sekunder		-	-	X	JKC	2/2-TT	10 - 30					
	KS2 - Prm			-	-	X	JKC	2/2-TT	10 - 30					
	KS3 - Prm			-	-	X	JKC	2/2-TT	10 - 30					
	KSn - Prm	Jalan Lingkungan Sekunder		-	-	X	JLR	2/2-TT	10 - 20					
Prm - Prm	-			-	X	JLR	2/2-TT	10 - 20						

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

2. Kelas penggunaan jalan

Pada jalan kolektor primer antar kota pada medan bukit, maka pilihan VD-nya berada pada rentang 40-70 km/jam. Pemilihan VD=70 km/jam (tertinggi dalam rentang yang diizinkan) adalah ideal, tetapi jika terkandala oleh faktor-faktor lain seperti biaya, kesulitan konstruksi, dll, maka penetapan VD yang lebih rendah masih bisa diterima, misalnya VD=50 km/jam.

a. Kriteria Desain Lainnya

Elemen kriteria desain teknis geometri merupakan turunan selanjutnya dari kriteria desain utama yang tujuannya adalah menetapkan dimensi penampang melintang jalan yang meliputi jalur lalu lintas, bahu, median (jika ada), pilihan perkerasan jalan, dan ruang jalan. Masukan utama dalam menetapkan dimensi penampang melintang jalan adalah volume lalu lintas

desain yang ditetapkan melalui suatu kajian transportasi atau dari analisis terhadap data lalu lintas yang tersedia.

1. Arus Lalu Lintas Jam Desain (q_{JD})

q_{JD} ditetapkan dari LHRT tahun berjalan yang diproyeksikan sesuai dengan umur desain/pelayanan geometrik (umumnya 20 tahun) ke akhir tahun desain. Kecuali pada konstruksi yang didesain bertahap, akhir tahun konstruksi bertahap adalah akhir tahun tahap yang sedang dianalisis.

a) Lalu Lintas Harian Rata–Rata

LHRT pada tahun awal dapat diperoleh dari survei langsung pada jalan yang akan ditingkatkan atau dari suatu kajian transportasi untuk jalan baru yang sebelumnya tidak ada. Lalu lintas harian rata-rata adalah volume lalu lintas rata-rata dalam satu hari. Untuk memproyeksikan LHRT tahun berjalan ke akhir tahun pelayanan, umumnya dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.1) sebagai berikut.

$$LHRT_D = LHRT_{TB} \times (1 + i)^n \quad (2.1)$$

Keterangan:

$LHRT_D$ = volume lalu lintas harian rata rata tahunan desain.

$LHRT_{TB}$ = volume lalu lintas harian rata-rata pada tahun berjalan.

i = faktor pertumbuhan lalu lintas, gunakan nilai yang disepakati, nilai tipikal yang sering digunakan berkisar antara 5,5% s.d. 10%

n = umur desain (tahun)

$$q_{JD} = LHRT_D \times K \quad (2.2)$$

Keterangan:

K adalah faktor jam desain, nilai tipikalnya adalah 8% - 11% untuk jalan yang padat dan 7% s.d. 15% untuk jalan yang kurang padat seperti jalur pariwisata, jalur luar kota.

Tabel 2. 6 Tabel Pilihan Kriteria Desain Teknis sesuai dengan q_{JD} untuk Jalan Antar Kota

		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)				
Q _{JD} , SMP/Jam	Datar	300SM	600	1.190	1.920	2.240	2.400	2.640	2.850	3.030	3.190	4.900	5.490	5.880	6.200	6.460	9.700					
	Bukit	240SM	480	1.150	1.860	2.170	2.320	2.560	2.750	2.930	3.090	4.800	5.350	5.720	6.040	6.290	9.400					
	Gunung	180SM	360	1.110	1.800	2.100	2.240	2.400	2.660	2.830	2.980	4.600	5.200	5.570	5.880	5.760	9.200					
Tipe Jalan		2/2-TT	2/2-TT										4/2-TT	4/2-T								
Lebar jalur LL, m		3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	2x5,5	2x5,5	2x6,0	2x6,5	2x7,0	2x10,5					
Bahu Luar	Lebar bahu luar (L _{al}), pada jalan baru, m	0,5	2,0										2,0									
	L _{al} pada rekonstruksi jalan lama, m	0,5	1,5										1,5									
	Kemiringan melintang,%	6	6										6									
Saluran tepi jalan		0,5	1,5										1,5									
Ambang pengaman		0,5	1,0										1,0									
Lebar Median (L _m) dan Bahu Dalam (L _{ad}), m	Median direndahkan	Tanpa median	Tanpa median										- L _m =9,0m & L _{ad} =1,0m (untuk V ₅₀ <60Km/jam) - L _m =9,0m & L _{ad} =1,5m (untuk V ₅₀ >60Km/jam) - L _m =1,5 & L _{ad} =0,5m (untuk V ₅₀ <60Km/jam, tinggi=kerb, lebar=0,5m) - L _m =1,8m & L _{ad} =0,5m (utk V ₅₀ <60Km/jam dan dipakai lapak penyeberangan selebar 0,8m) - L _m =2,0m & L _{ad} =0,75m (untuk V ₅₀ >60Km/jam, ditinggikan setinggi 1,1m selebar 0,5m)									
	Median ditinggikan																					
Perkerasan	Jenis (contoh): (Detail desain perkerasan mengacu pada Manual Desain Perkerasan jalan, DJBM, 2017)	Sirtu; Urpl; Awcas; Kerikil; Nacas; Burtu; Burda	Single-Pemmac; Double-Pemmac; Butas	HRSS; HRSSA; SS; MS; AC	AC; MA; DOGEM; SMA	AC; HSWC Super-Pave Rigid			AC; HSWC Super-Pave Rigid													
	Umur desain	5	10	15	20							20										
Kemiringan melintang normal, %		4	3			2			2													
IRI paling besar ^o , m/Km		12	8 (V ₅₀ <20Km/Jam); 6 (V ₅₀ <40Km/Jam); 4 (V ₅₀ <60Km/Jam); 2,5 (V ₅₀ <80Km/Jam); 1,5 (V ₅₀ =100Km/Jam); 1,0 (V ₅₀ =120Km/Jam)																			
RCI ^o		Sedang	Sedang			Sedang s.d Baik			Baik													
Rumaja, m		6,5	10	10,5	11,0	11,5	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0	28,0					
Rumija, m	JSD	6,5	15,0																			
	JKC		11,0	11,5	12,0	15,0	15,0	15,0	16,0	17,0	25,0	25,0	25,0	25,0	30,0							
Ruwasja ^o , m		-	Arteri primer = 15m; Kolektor primer = 10,0m; Lokal primer = 7,0m; Lingkungan primer = 5,0m; Jembatan 100,0m																			

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

1.2 Penampang Melintang

Penampang melintang jalan terdiri atas bagian-bagian sebagai berikut.

- Jalur lalu lintas
- Median baik yang ditinggikan maupun yang direndahkan
- Bahu dalam
- Bahu luar
- Selokan samping baik yang terbuka maupun yang tertutup
- Jalur hijau (jika ada)
- Batas Rumija yang pada jalan bebas hambatan wajib dipagar
- Ruwasja yang berfungsi memenuhi kebutuhan terhadap JPH, tetapi pada JBH yang biasanya lebar Rumijanya cukup luas dan alinemen horizontal dengan radius tikungan yang cukup besar, maka Ruwasja tidak perlu diadakan

1.2.1 Lebar Lajur Lalu Lintas

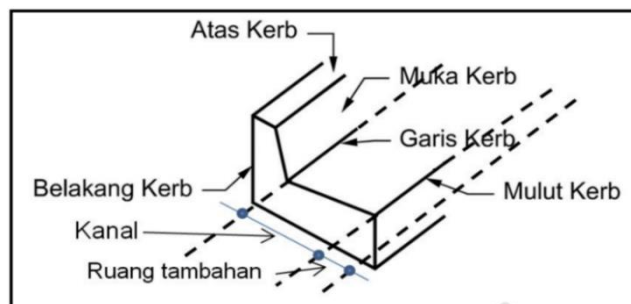
Lebar lajur lalu lintas paling kecil yang diatur dalam Permen PU No.19/2011.

Tabel 2. 7 Lebar Lajur Minimum

V_D (Km/Jam)	Lebar lajur lalu lintas paling kecil (m)
Kecepatan tinggi: $V_D \geq 80$	3,60
Kecepatan sedang: $40 \leq V_D < 80$	3,50
Kecepatan rendah: $V_D < 40$	2,75

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Lebar lajur lalu lintas untuk jalan bebas hambatan dan jalan raya diukur dari sisi dalam marka membujur garis tepi jalan (garis menerus) atau sumbu marka garis membujur pembagi lajur (garis terputus putus) ke sisi dalam marka membujur garis menerus atau ke sumbu marka membujur garis terputus-putus (pasal 6 ayat (4) Permen PU No. 19/PRT/M/2011).

**Gambar 2. 1** Kerb dan Kanal

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Lebar jalur lalu lintas juga perlu diperlebar pada tikungan guna mengakomodasi lintasan tambahan yang diperlukan oleh truk atau bus.

Tabel 2. 8 Tabel Lebar Lajur Jalan pada JSD

Unsur	Lebar Jalur (m)	Keterangan
Lajur umum	3,5	Lebar lajur lalu lintas umum yang digunakan pada semua jalan dengan batas kecepatan $< 80\text{Km/Jam}$
Lajur paling tepi yang diperlebar	4,2-4,5	Lokasi dimana pengendara sepeda motor dan Pengguna Jalan yang lain berbagi lajur yang sama
Lebar minimum antara muka kerb dengan saluran/gutter	5,0	Lebar satu lajur tunggal yang dapat digunakan pada lajur membelok ke kiri atau lebar satu jalur pada jalan dua jalur dua arah dengan median yang dipertinggi.
(untuk tempat mendahului kendaraan yang mogok)	$2 \times 4,0$ (8,0)	Lebar dua lajur yang memungkinkan dua kendaraan untuk secara pelan-pelan mendahului kendaraan yang mogok

(Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Tabel 2. 9 Lebar Lajur Jalan pada Jalan Raya dan Jalan Bebas Hambatan

Unsur	Lebar Jalur (m)	Keterangan
Lajur lalu lintas umum	3,6	Untuk JBH dan JRY dengan $V_D \geq 80\text{Km/Jam}$
Lajur pada <i>ramp- interchange</i>	3.5-4.5	Rentang lebar lajur pada <i>ramp interchange</i>
Bahu kiri (berpenutup pada seluruh lebar bahu)	2.0-3.0 ⁽²⁾	Rentang lebar bahu kiri
	3.0	Lebar bahu minimum yang berbatasan dengan pagar pengaman. Lebar bahu minimum untuk JBH dengan jumlah lajur per arah tiga atau lebih
Bahu dalam/pembatas ⁽¹⁾ (berpenutup pada seluruh lebar bahu)	2.0-3.0 ⁽²⁾	Rentang lebar bahu jalan
	3.0	Lebar bahu minimum yang berbatasan dengan pagar pengaman Lebar bahu minimum untuk JBH dengan jumlah lajur per arah tiga atau lebih

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

1.2.2 Jenis Permukaan Jalan

Pemilihan jenis permukaan jalan didasarkan pada volume dan jenis lalu lintas, kondisi tanah, iklim, kinerja perkerasan di wilayah tersebut, ketersediaan material, pertimbangan lingkungan, dan biaya (termasuk biaya keseluruhan pemeliharaan selama umur pelayanan). Desain struktural perkerasan diatur dalam Manual Desain Perkerasan Jalan (DJBK, 2017).

1.2.3 Kemiringan Melintang Perkerasan Jalan

Kemiringan melintang adalah kemiringan permukaan badan jalan terukur normal terhadap garis tengah desain atau jalan. Maksud dari kemiringan melintang ini adalah untuk mengalirkan air pada badan jalan yang lurus dan tikungan serta memberikan superelevasi pada lengkung horizontal.

Tabel 2. 10 Kemiringan Melintang Perkerasan Tipikal pada Jalan Lurus

Jenis Perkerasan	Kemiringan Melintang (%)
Tanah, liat	5
Kerikil (Gravel), water bound macadam	4
Burtu / Burda	3
Aspal	2 - 3 ⁽¹⁾
Beton semen	2

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Curah hujan di Indonesia umumnya termasuk tinggi, kemiringan melintang jalan normal 3% membantu mengalirkan air dari atas permukaan jalan aspal lebih

cepat dibandingkan dengan yang 2%, sehingga infiltrasi air yang masuk ke dalam permukaan perkerasan relatif kecil yang dapat mencegah kerusakan jalan lebih dini. Hal ini dapat terjadi pada kemiringan melintang perkerasan beton 2%, pada kondisi level, permukaan akhir dikontrol dengan ketat, permukaan jalan mantap, tidak terjadi deformasi maupun alur (*rutting*).

1.2.4 Bahu Jalan

Bahu jalan segaris dengan perkerasan dan mulai dari tepian jalur lalu lintas hingga tepian badan jalan. Kecuali jika bahu jalan diberi lapisan berpenutup (aspal atau beton), maka bahu jalan harus miring ke arah menjauhi jalur lalu lintas. Sedangkan fungsi bahu jalan bagi lalu lintas adalah:

- Memberikan ruang bagi kendaraan kehilangan kendali untuk kembali terkendali.
- Ruang bagi kendaraan untuk berhenti di atas permukaan keras pada jarak aman dari lajur lalu lintas.
- Daerah yang bisa dilalui untuk penggunaan kendaraan darurat.
- Ruang bebas terhadap halangan lateral seperti rambu-rambu.
- Kemiringan bahu jalan umumnya lebih curam dari lajur lalu lintasnya untuk membantu drainase permukaan jalan (dengan kenaikan marjinal 1%).

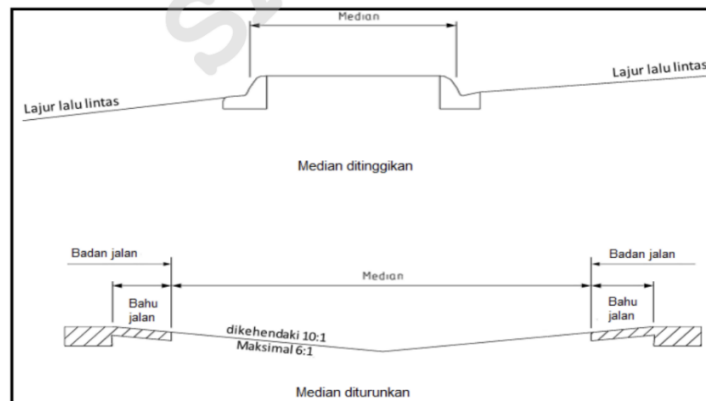
Tabel 2. 11 Kemiringan Melintang Bahu Jalan

Material bahu jalan	Kemiringan melintang bahu jalan (%)
Tanah dan liat	5-6
Kerikil atau batu pecah	4-5
60% dari kekuatan perkerasan jalur lalu lintas beraspal	4-5
Perkerasan penuh dengan lapis beraspal	4-5
Beton	Sesuai jalur lalu lintas

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

1.2.5 Median

Median pada jalan raya disediakan untuk meningkatkan keselamatan dan pengoperasian jalan, khususnya jalan antar kota dengan paling sedikit dua lajur di setiap arahnya. Ada dua tipe median, yaitu yang ditinggikan atau yang diturunkan. Lebar median yang di turunkan paling kecil 9 m (untuk alasan drainase), dan menjadi paling kecil 15 m jika dikehendaki untuk pengendalian kembali kendaraan yang tak terkendali.



Gambar 2. 2 Penampang Melintang Median Tipikal
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman
Desain Geometrik Jalan, 2021)

Fungsi median adalah untuk:

- Memisahkan/mengurangi konflik antara arus lalu lintas yang berlawanan.
- Mencegah pergerakan menyeberang dan membelok yang tidak diperbolehkan.
- Melindungi kendaraan yang berbelok ke kanan dan menyeberang.
- Tempat untuk meletakkan perlengkapan jalan dan peralatan pengatur lalu lintas, seperti rambu-rambu, lampu pengatur lalu lintas, dan penerangan jalan.
- Memberikan tempat perlindungan bagi pejalan kaki sehingga bisa menyeberangi dua jalur sekaligus.

1.3 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal jalan umumnya berupa serangkaian bagian-bagian jalan yang lurus dan melengkung berbentuk busur lingkaran, dan yang dihubungkan oleh lengkung peralihan atau tanpa lengkung peralihan. Kecepatan kendaraan yang digunakan pengemudi untuk berjalan di jalan, dipengaruhi terutama oleh persepsi pengemudi terhadap fitur alinyemen horizontal jalan selain fitur elemen-elemen jalan yang lainnya seperti rambu batas kecepatan.

1.3.1 Panjang Bagian Lurus

Jalan lurus dan panjang dalam waktu berkendara yang lama dengan kecepatan tinggi dan tingkat konsentrasi yang tinggi, cenderung menyebabkan kelelahan dan mengantuk. Berdasarkan hal ini dan beberapa faktor lain, desain

panjang alinemen jalan yang lurus perlu mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

- a. Silau sorotan lampu di malam hari dari kendaraan yang berlawanan arah menjadi mengganggu pada jarak lebih dekat dari 3.000 m.
- b. Pada jarak lebih dari 2.500 m, pengemudi akan sulit memperkirakan kecepatan kendaraan yang datang dari arah berlawanan, tanpa komponen visual dari samping seperti saat kendaraan berada di tikungan
- c. Silau sinar matahari pagi dan sore pada jalan dengan sumbu alinemen arah timur-barat yang bisa menyilaukan mata pengemudi.

1.3.2 Jari-jari minimum

Perencanaan alinyemen horizontal radius tikungan dipengaruhi oleh nilai e dan f serta nilai kecepatan rencana yang ditetapkan. Artinya terdapat nilai radius minimum untuk nilai superelevasi maksimum dan koefisien gesekan melintang maksimum.

$$R_{min} = \frac{V^2}{127 \times (e_{maks} + f_{maks})} \quad (2.3)$$

Dengan :

- R_{min} = jari-jari minimum (m)
 V = kecepatan kendaraan (Km/Jam)
 e_{maks} = superelevasi maksimum (%)
 f = koefisien gesekan melintang

Untuk superelevasi maksimum 8% dan 10% serta untuk koefisien gesekan melintang maksimum sehubungan dengan nilai kecepatan rencana yang dipilih. R_{min} lengkung horizontal untuk kecepatan desain yang ditetapkan dan e_{maks} untuk rentang tipikal superelevasi e_{maks} 4%, 6%, dan 8%.

Pada turunan curam, terdapat kemungkinan sebagian pengemudi akan melintas lebih cepat dari kecepatan desain sehingga R_{min} hendaknya diperpanjang 10% untuk setiap turunan 1% pada kelandaian memanjang jalan yang melebihi 3%.

Tabel 2. 12 Rmin Lengkung Horizontal Berdasarkan emax 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: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

A. Turunan curam

Pada turunan curam, terdapat kemungkinan sebagian pengemudi akan melintas lebih cepat dari kecepatan desain sehingga Rmin hendaknya diperpanjang 10% untuk setiap turunan 1% pada kelandaian memanjang jalan yang melebihi 3%.

Tabel 2. 13 Rmin lengkung horizontal berdasarkan emax 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

Catatan: Pemakaian e_{max} = 4%, hanya terbatas untuk jalan pada kondisi perkotaan

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

1.3.3 Tikungan

Terdapat 3 Jenis Tikungan, yaitu:

- Tikungan *Full Circle (FC)*

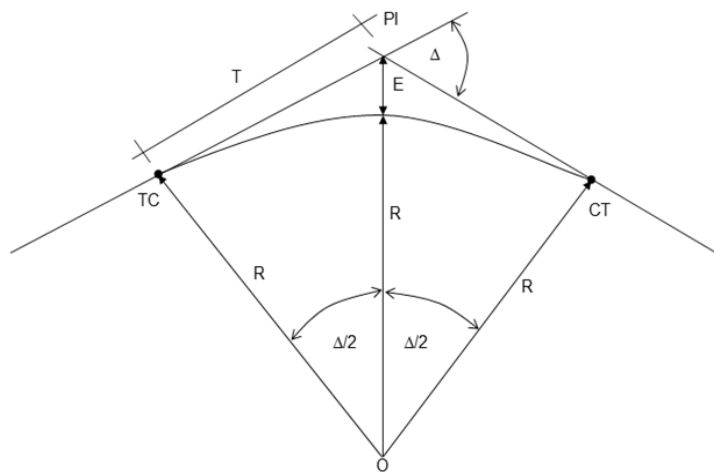
Jenis tikungan *full circle* ini merupakan jenis tikungan yang paling ideal ditinjau dari segi keamanan dan kenyamanan pengendara dan kendaraaannya, Hanya lengkung dengan *radius* yang besar yang diperbolehkan menggunakan desain lengkung ini. Hal ini didasarkan pada kebutuhan agar keselamatan dan kenikmatan pemakai jalan dapat terpenuhi walaupun dalam kecepatan kendaraan yang tinggi. Lengkung ini hanya dapat digunakan pada desain dengan *Radius* yang besar dengan superelevasi yang dibutuhkan $\leq 3\%$.

Adapun Rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan tikungan *full circle*, rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$Lc = \frac{\pi}{180} \cdot \Delta \cdot R \quad (2.4)$$

$$Tc = R \cdot \tan \frac{1}{2} \cdot \Delta \quad (2.5)$$

$$Ec = Tc \cdot \tan \frac{\Delta}{4} \quad (2.6)$$



Gambar 2. 3 Bentuk Tikungan *Full Circle* (FC)

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Keterangan Gambar:

PI = *Point of intersection*

Rc = *Jari-jari circle* (m)

Δ = *Sudut tangen*

TC = *Tangent circle*, titik perubahan dari *Tangent* ke *Circle*

CT= *Circle tangent*, titik perubahan dari *Circle* ke *Tangent*

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

Lc = Panjang bagian lengkung *circle* (m)

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

b. Tikungan *Spiral - Circle - Spiral* (SCS)

Gambar dibawah ini menunjukkan lengkung *Spiral - Circle - Spiral* (SCS). Lengkung TS-SC adalah lengkung peralihan berbentuk spiral yang menghubungkan bagian lurus dengan bagian radius tak berhingga diawal spiral dan bagian berbentuk lingkaran dengan radius = Rc diakhir spiral. Titik TS adalah titik peralihan bagian lurus ke bagian berbentuk spiral dan titik SC adalah peralihan bagian spiral ke bagian lingkaran. Adapun jari-jari yang akan digunakan untuk tikungan *Spiral - Circle - Spiral* (SCS) adalah sebagai berikut:

1. Kemiringan maksimum antar jalan kota : 0,10

2. Kemiringan maksimum jalan dalam kota : 0,08

Adapun Rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *Spiral - Circle - Spiral* (SCS) adalah sebagai berikut.

$$R_{min} = \frac{V^2}{127 (e_{max} + fm)} \quad (2.7)$$

$$D_{max} = \frac{1432,4}{R_{min}}; D^2 = \frac{1432,4}{R} \quad (2.8)$$

$$e = -\frac{e_{max}}{D^2_{max}} D^2 + \frac{2e_{max}}{D_{max}} D \quad (2.9)$$

Untuk menghitung Panjang Lengkung Peralihan menggunakan Rumus sebagai berikut.

$$L_s = \frac{V}{3,6} T \quad (2.10)$$

$$L_s = 0,022 \frac{V^3}{R c} - 2,727 \frac{V x e}{c} \quad (2.11)$$

$$L_s = \frac{(em-en)}{3,6 \tau e} T \quad (2.12)$$

- T_s = Jarak tangen dari PI ke TS atau ST, (m)
 E_s = Jarak dari PI ke pucuk busur lingkaran, (m)
 Δ = Sudut tikungan, ($^\circ$)
 L_c = Panjang busur lingkaran (jarak SC-CS), (m)
 R = Jari-jari tikungan, (m)
 θ_s = Sudut lengkung *spiral*, ($^\circ$)
 ΔC = Sudut lengkung *circle*, ($^\circ$)

1.3.4 Landai relatif

Kelandaian relatif maksimum bervariasi dengan kecepatan desain untuk memberikan panjang runoff yang lebih panjang pada kecepatan lebih tinggi dan lebih pendek pada kecepatan lebih rendah. Interpolasi kelandaian 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. 14 Kelandaian Relatif Maksimum

V_D (Km/Jam)	Kelandaian Relatif Maksimum (%)	Kemiringan Relatif Ekuivalen 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

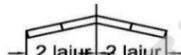
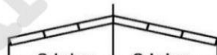
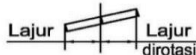
(Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Jika ada beberapa lajur yang akan dirotasi, faktor-faktor penyesuaian berikut ini hendaknya diterapkan pada lajur-lajur yang akan dirotasi.

Tabel 2. 15 Faktor Penyesuaian untuk Jumlah Lajur Rotasi

Jumlah Lajur Rotasi n_1	Faktor Penyesuaian b_w ^{*)}	Kenaikan panjang relatif terhadap rotasi satu lajur $(n_1 b_w)$
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: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Satu lajur dirotasi	Dua lajur dirotasi	Tiga lajur dirotasi
 Lajur Lajur Ruas Normal	 2 lajur 2 lajur Ruas Normal	 3 lajur 3 lajur Ruas Normal
 Lajur Lajur dirotasi Ruas dirotasi	 2 lajur 2 lajur dirotasi Ruas dirotasi	 3 lajur 3 lajur dirotasi Ruas dirotasi

Gambar 2. 5 Faktor Penyesuaian Jumlah Lajur Dirotasi

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

1.3.5 Superelevasi

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

Untuk mendapatkan panjang lengkung peralihan (*superelevation runoff*), dihitung menggunakan persamaan (14) untuk parameter-parameter yang belum tersedia dalam Tabel.

$$L_s = \frac{wn_1 \times ed}{\Delta} (bw) \quad (2.23)$$

Keterangan:

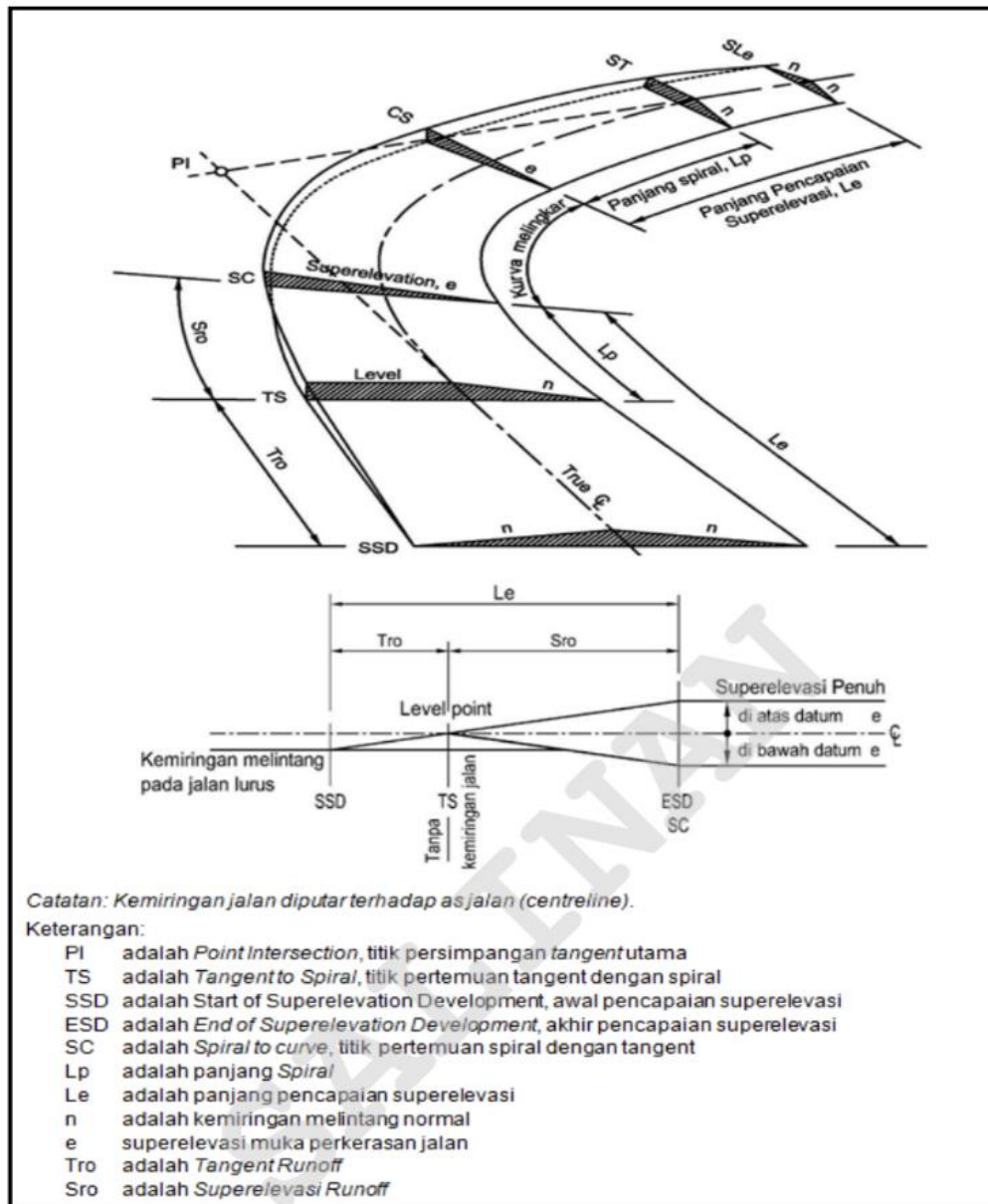
- LS = Panjang minimum runoff superelevasi lengkung peralihan (runoff), m;
- Δ = Kelandaian relatif maksimum,
- n_1 = Jumlah jalur yang diputar;
- b_w = Faktor penyesuaian untuk jumlah jalur yang diputar;
- w = Lebar satu jalur lalu lintas, m
- ed = Tingkat superelevasi desain, %

Tabel 2. 106 Hubungan V_D dengan $V_{\text{Kecepatan tempuh Rata-rata}}$

V_D (Km/Jam)	$V_{\text{Tempuh Rata-rata}}^{1)}$ (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: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

- Pada tikungan SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bentuk normal sampai awal lengkung peralihan (TS) yang berbentuk pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan (SC).
- Pada tikungan FC, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bagian lurus sepanjang $2/3 L_s$ sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang $1/3 L_s$.
- Pada tikungan S-S, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.
- Superelevasi tidak diperlukan jika radius (R) cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LP), atau bahkan tetap lereng normal (LN).



Gambar 2. 6 Profil Tipikal Pencapaian Superelevasi Pada Jalan Dua Lajur
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman
Desain Geometrik Jalan, 2021)

Tabel 2. 17 Hubungan LS (run-off) dengan VD (=Vr), untuk R, en=2%, emax=8%, pada jalan dengan lebar lajur=3,50m

R (m)	Vr= 20 km/j			Vr= 30 km/j			Vr= 40 km/j			Vr= 50 km/j			Vr= 60 km/j		
	e(%)	Ls (m)		e(%)	Ls (m)		e(%)	Ls (m)		e(%)	Ls (m)		e(%)	Ls (m)	
		2	4		2	4		2	4		2	4		2	4
7000	LN			LN			LN			LN			LN		
5000	LN			LN			LN			LN			LN		
3000	LN			LN			LN			LN			LN		
2500	LN			LN			LN			LN			LN		
2000	LN			LN			LN			LN			LN		
1500	LN			LN			LN			LN			RC	12	18
1400	LN			LN			LN			LN			RC	12	18
1300	LN			LN			LN			LN			RC	12	18
1200	LN			LN			LN			LN			RC	12	18
1000	LN			LN			LN			RC	11	17	2,2	13	20
900	LN			LN			LN			RC	11	17	2,4	14	21
800	LN			LN			RC	10	15	2,0	11	17	2,7	16	24
700	LN			LN			RC	10	15	2,2	13	19	3,0	18	27
600	LN			LN			RC	10	15	2,6	14	21	3,4	20	30
500	LN			LN			2,2	12	17	3,0	17	25	3,9	23	35
400	LN			RC	10	14	2,7	14	21	3,6	20	30	4,7	28	41
300	LN			2,1	10	15	3,4	18	26	4,5	25	37	5,6	33	50
250	LN			2,5	12	18	3,9	20	30	5,1	28	41	6,2	37	55
200	RC	9	14	3,0	15	22	4,6	24	35	5,8	32	47	7,0	41	62
175	RC	9	14	3,4	16	24	5,0	25	38	6,2	34	50	7,4	44	65
150	RC	9	14	3,8	18	27	5,4	27	41	6,7	36	54	7,8	46	69
140	2,0	9	14	4,0	19	28	5,6	28	42	6,9	38	56	7,9	47	70
130	2,2	10	15	4,2	20	30	5,8	29	44	7,1	39	58	8,0	47	70
120	2,3	11	16	4,4	21	31	6,0	31	46	7,4	40	60			
110	2,5	11	17	4,7	22	33	6,3	32	47	7,6	41	62			
100	2,7	12	18	4,9	24	35	6,5	33	49	7,8	42	63			
90	2,9	13	20	5,2	25	37	6,8	35	52	7,9	43	65			
80	3,2	15	22	5,5	26	39	7,2	36	54						
70	3,6	16	24	5,9	28	42	7,5	38	57						
60	4,0	18	27	6,3	30	45	7,8	40	59						
50	4,6	20	30	6,9	33	49	8,0	40	60						
40	5,2	23	34	7,5	35	53									
30	5,9	26	39	8,0											
20	7,1	31	47												

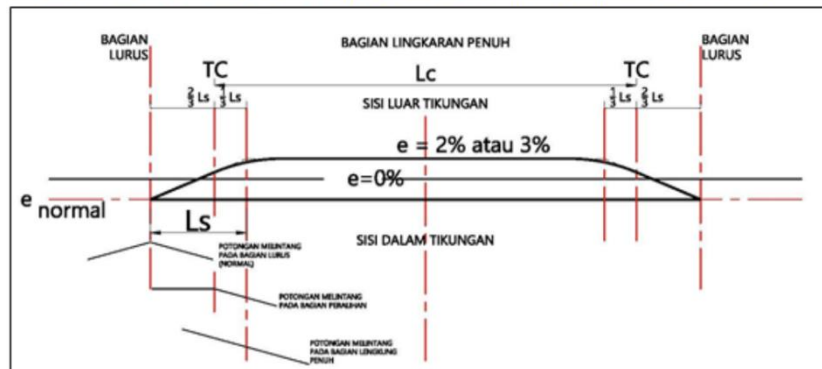
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Ada dua bentuk tikungan yang sering digunakan, yaitu:

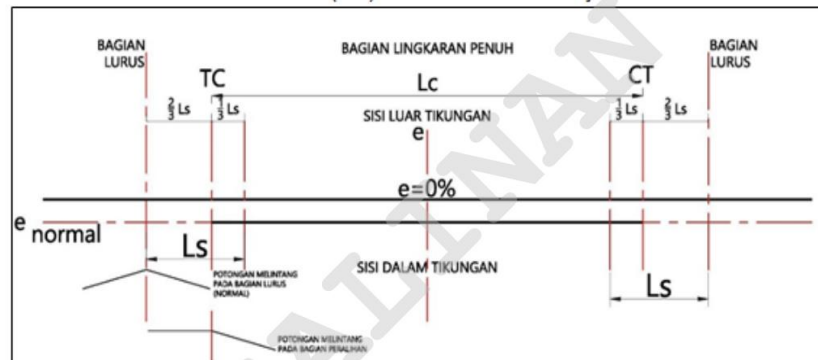
1. *Full Circle (FC)*

Terdapat tiga kondisi pada tikungan FC, sebagaimana dijelaskan dalam gambar di bawah ini.

1. Jika $e > 1\%$ dan $< +2\%$ atau $+3\%$ (RC) nilai e dibulatkan menjadi $+2\%$ atau $+3\%$.



2. Jika $e < 1\%$ dan $> -2\%$ atau -3% (NC) nilai e dibulatkan menjadi -2% atau -3% .



3. Jika $e > e_{\text{normal}}$ dan $< e_{\text{max}}$, nilai e menjadi e penuh.



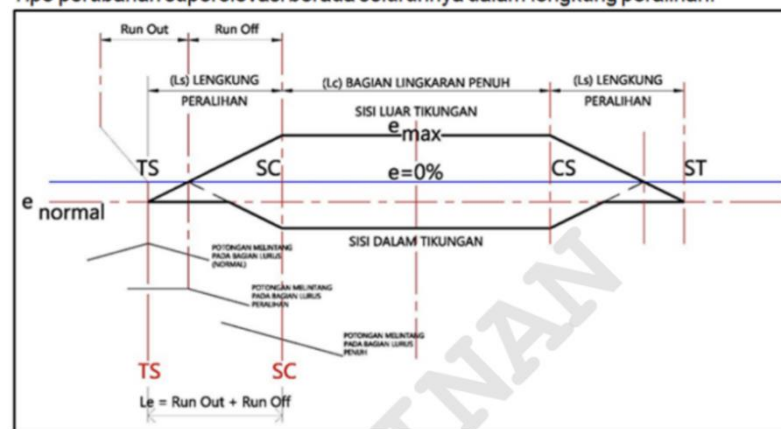
Gambar 2. 7 Diagram Superelevasi Full Circle (FC)

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

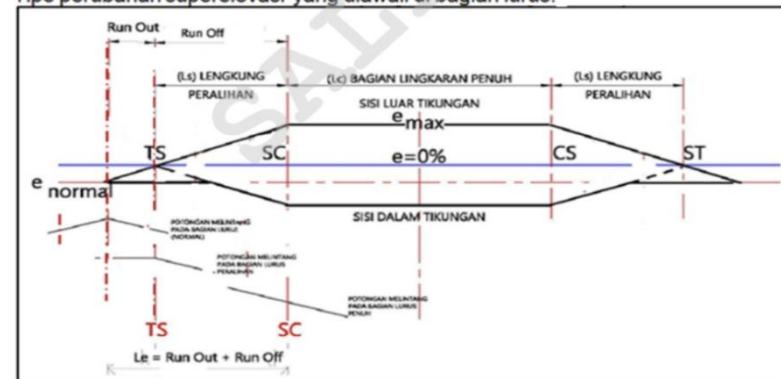
2. Spiral Circle Spiral (SCS)

Ada dua tipe yang dapat digunakan, pertama S-C-S dengan perubahan kemiringan melintang normal ke superelevasi penuh seluruhnya berada sepanjang lengkung peralihan dan kedua S-C-S yang perubahan kemiringan melintang normal ke superelevasi penuh diawali pada bagian lurus.

Tipe perubahan superelevasi berada seluruhnya dalam lengkung peralihan:



Tipe perubahan superelevasi yang diawali di bagian lurus:



(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Gambar 2. 8 Diagram Superelevasi Spiral Circle Spiral (SCS)

1.3.6 Pelebaran Perkerasan pada Tikungan

Perkerasan bisa diperlebar pada tikungan untuk menjaga ruang bebas samping antar kendaraan, sejajar ruang bebas yang ada pada jalan lurus. Pelebaran dibutuhkan untuk dua alasan:

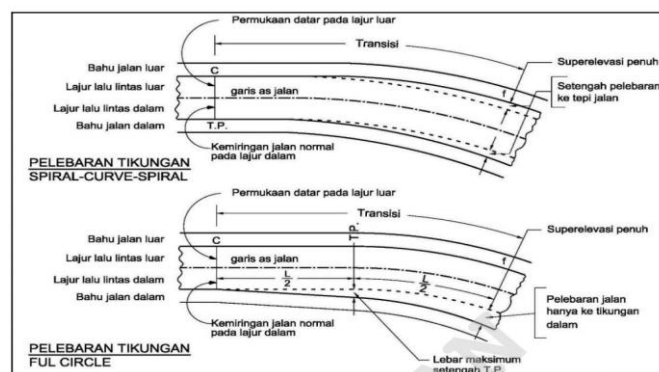
- Kendaraan yang melintasi tikungan memerlukan lebar perkerasan jalan yang lebih dari saat melintasi jalan lurus, karena lintasan roda belakang berada di sisi dalam roda depan dan julur depan kendaraan mengurangi ruang bebas antara kendaraan yang didahului dan yang mendahului.
- Ketika pada tikungan kendaraan lebih banyak menyimpang dari garis tengah lajur, dari pada di jalan lurus. Besaran pelebaran yang dibutuhkan tergantung pada:
 - Radius tikungan
 - Lebar lajur pada jalan lurus

3. Panjang dan lebar kendaraan

4. Ruang bebas kendaraan

Faktor-faktor lainnya seperti julur depan kendaraan, jarak sumbu roda, dan lebar lintasan roda kendaraan juga ikut berperan. Akan tetapi, ada pembatasan terhadap pelebaran akibat kelayakan konstruksi untuk jalan dua lajur, pelebaran ditiadakan ketika total pelebaran kurang dari 0,50m. Terdapat kebutuhan melebarkan perkerasan jalan pada tikungan horizontal untuk digunakan oleh kendaraan yang lebih besar dari kendaraan desain, seperti kendaraan semi trailer dengan lebar 2,5m dan panjang 18,0m. Tidak ada komponen keleluasaan kemudi tambahan untuk kesulitan mengemudi pada tikungan karena:

- Terdapat lebih sedikit variasi kemudi dengan kendaraan desain karena kendaraan niaga yang dikemudikan oleh pengemudi terlatih.
- Lebar jalur lintasan kendaraan desain mengakomodasi lebar jalur lintasan kendaraan lebih kecil ditambah tersedianya ruang untuk variasi kemudi (dan variasi keahlian pengemudi) dengan kendaraan lebih kecil.
- Jika terdapat bahu jalan yang diperkeras berpenutup seluruh atau sebagian, maka hal ini akan mengkompensasi atas tidak adanya komponen keleluasaan kemudi untuk kendaraan desain.



Gambar 2. 9 Metode Penggunaan Pelebaran Tikungan

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

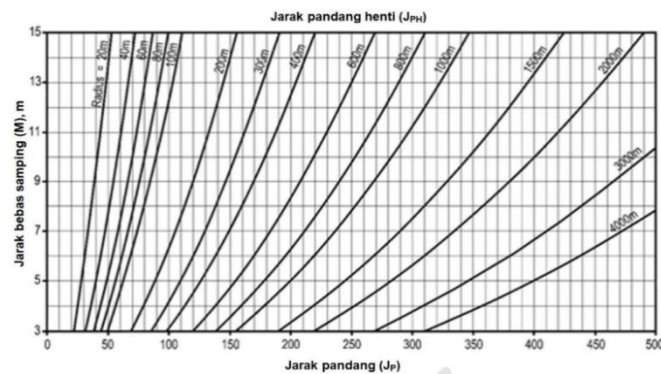
Tabel 2. 118 Penambahan Lebar Penunjang (z) pada Pelebaran

Radius (m)	V _D , Km/Jam								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20	0,45	0,68	0,90	1,12	1,34	1,57	1,79	2,02	2,25
30	0,37	0,55	0,74	0,92	1,10	1,27	1,46	1,64	1,83
40	0,32	0,48	0,63	0,79	0,95	1,10	1,26	1,41	1,57
50	0,28	0,42	0,56	0,70	0,84	0,98	1,12	1,25	1,39
60	0,26	0,39	0,52	0,65	0,78	0,90	1,03	1,16	1,29
70	0,24	0,36	0,48	0,60	0,72	0,83	0,94	1,06	1,18
80	0,22	0,34	0,45	0,56	0,67	0,78	0,89	1,00	1,10
90	0,21	0,32	0,42	0,52	0,63	0,73	0,84	0,94	1,04
100	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,69	0,80	0,89	0,99
200	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,56	0,64	0,70
300	0,12	0,17	0,23	0,29	0,35	0,40	0,46	0,52	0,58
400	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
500	0,09	0,14	0,18	0,22	0,27	0,31	0,36	0,40	0,45
600	0,08	0,13	0,16	0,20	0,25	0,29	0,33	0,37	0,41
700	0,08	0,12	0,15	0,19	0,23	0,26	0,30	0,34	0,38
800	0,07	0,11	0,14	0,18	0,21	0,25	0,29	0,32	0,36
900	0,07	0,10	0,14	0,17	0,20	0,23	0,27	0,30	0,33
1000	0,07	0,10	0,13	0,16	0,19	0,22	0,26	0,29	0,32

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

1.3.7 Jarak Pandang dan Kebebasan Samping pada Tikungan

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. 10 Jarak Ruang Bebas Samping di Tikungan (m)

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Adapun jenis-jenis jarak pandang adalah sebagai berikut:

a. 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. Terdapat dua kondisi yang dapat terjadi yaitu:

1. Jarak Pandang Henti Mobil Penumpang

Tabel 2. 19 J_{PH} Mobil Penumpang pada Kelandaian Datar, Menurun dan Menanjak

V_D (Km/Jam)	J_{ht} (m)	J_{ef} (m)	J_{PH} (dibulatkan), m						
			Datar	Menurun			Menanjak		
			Grade: 0%	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	13,9	4,6	20	20	20	21	19	18	18
30	20,9	10,3	35	33	34	36	31	30	30
40	27,8	18,4	50	49	52	54	46	44	43
50	34,8	28,7	65	68	72	76	63	60	59
60	41,7	41,3	85	89	95	101	81	78	76
70	48,7	56,2	105	113	120	129	103	99	95
80	55,6	73,4	130	140	149	161	126	121	116
90	62,6	92,9	160	169	181	196	151	145	139
100	69,5	114,7	185	201	216	234	179	171	164
110	76,5	138,8	220	236	253	275	209	199	190
120	83,4	165,2	250	273	294	320	241	229	219

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Tabel di atas menunjukkan nilai J_{PH} untuk desain yang berdasarkan pada waktu reaksi 2,5 detik, perlambatan longitudinal 3,4 m/detik², dan koreksi tambahan jarak pandang pada kelandaian menurun atau pengurangan jarak pandang pada kelandaian menanjak. Nilai-nilai dalam tabel tersebut dihitung berdasarkan persamaan:

$$J_{PH} = \frac{V_D t}{3,6} + \frac{V_D^2}{2 \times 3,6^2 \times 9,81 \left(\frac{a}{9,81 \pm G} \right)} = 0,278 V_D t + 0,039 \frac{V_D^2}{254 \left(\frac{a}{9,81 \pm G} \right)} \quad (2.24)$$

Keterangan:

J_{PH} = jarak pandang henti (m)

t = waktu reaksi, 2,5 detik

V_D = Kecepatan desain (Km/jam)

a = Perlambatan longitudinal (m/det²)

G = Kelandaian memanjang jalan, e.g. 0,05 (=5%) tanda positif untuk nanjak

2. Jarak Pandang Henti Truk pada kelandaian normal dan koreksi kelandaian bisa dilihat pada tabel 2.20

Tabel 2. 20 J_{PH} Truk pada kelandaian Normal dan Koreksi Kelandaian

V_D (Km/h)	Jarak reaksi ¹⁾ (m)	Jarak rem ¹⁾ (m)	J_{PH} (normal) (m)	J_{PH} , (dibulatkan), m					
				Pada Turunan			Pada Tanjakan		
				3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	13,9	5,4	19	20	21	22	19	19	19
30	20,8	12,2	33	35	37	39	32	31	31
40	27,8	21,7	49	53	56	60	48	46	45
50	34,7	33,9	69	73	78	84	66	63	61
60	41,7	48,9	91	97	104	113	86	83	79
70	48,6	66,5	115	123	133	145	109	104	100
80	55,6	86,9	142	153	166	182	135	128	122
90	62,5	110,0	172	186	202	222	163	154	147
100	69,4	135,8	205	221	241	267	193	182	173
110	76,4	164,3	241	260	284	315	226	213	202
120	83,3	195,5	279	302	330	367	261	246	233

Catatan : ¹⁾ Berdasarkan waktu reaksi 2,5 detik dan perlambatan 2,84 m/detik²

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

b. 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_{PM} tidak diterapkan baik di Jalan perkotaan maupun di jalan bebas hambatan.

Tabel 2. 21 Jarak Pandang Mendahului (J_{PM})

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: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

c. Jarak Pandang Aman (J_{PA})

J_{PA} adalah jarak pandang yang diperlukan pengemudi untuk mengenali objek yang komplek (*decision sight distance*), informasi yang harus dicermati, dan atau kondisi yang tidak umum dan mungkin mengancam, dalam tugas mengemudi memilih kecepatan dan lajur, dan bermanouver 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} .

d. 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.

1.3.8 Penentuan *stationing*

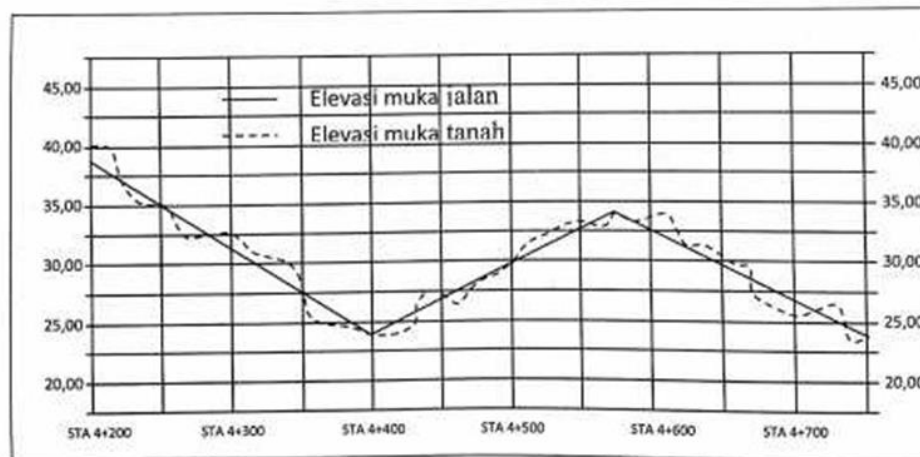
Penomoran (*Stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan ini sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Nomor jalan (STA Jalan) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenal lokasi suatu tempat. Di samping itu dari penomoran jalan tersebut diperoleh informasi tentang panjang jalan secara keseluruhan. Setiap STA jalan dilengkapi dengan gambar potongan melintangnya (Silvia Sukirman, 2000).

Untuk Penomoran STA Jalan dimulai dari 9+510 berarti lokasi jalan terletak pada jarak 9 km dan 510 m dari awal pekerjaan. Jika tidak terjadi perubahan arah tangen pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal, maka penomoran selanjutnya dilakukan :

- a. Setiap 100 m, untuk daerah datar
- b. Setiap 50 m, untuk daerah bukit
- c. Setiap 25 m, untuk daerah gunung

1.4 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal merupakan profil memanjang sepanjang garis tengah jalan, yang terbentuk dari serangkaian segmen dengan kelandaian memanjang dan lengkung vertikal. Profilnya tergantung topografi, desain alinemen horizontal, kriteria desain, geologi, pekerjaan tanah, dan aspek ekonomi lainnya. Untuk membedakan topografi, medan dibagi menjadi tiga kategori, yaitu: datar, bukit, dan gunung. Pada medan datar biasanya jarak pandang lebih mudah dipenuhi tanpa kesulitan mengkonstruksinya atau tidak berbiaya besar.



Gambar 2. 11 Bentuk Alinyemen Vertikal

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

1.4.1 Kelandaian

Untuk merencanakan dan menghitung lengkung vertikal, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan sebagai berikut :

a. Kelandaian minimum

Kelandaian minimum yang pantas biasanya 0,3%. Akan tetapi, drainase tepi jalan dan median mungkin memerlukan kelandaian lebih curam daripada kelandaian jalan agar bisa mengalirkan air dengan baik.

Tabel 2. 22 Kelandaian Memanjang Minimum

Lokasi	Kelandaian Minimum
Jalan dengan kerb dan saluran	1,0 % (ideal) 0,5 % (minimum)
Jalan pada daerah galian:	
Saluran tanah	0,5 %
Saluran pasangan	0,3 %
Jalan tanpa kerb dan saluran, bukan daerah galian	0 %

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

b. Kelandaian Maksimum

Semua jalan didesain dengan kecepatan operasi yang seragam di sepanjang ruas jalan tersebut. Kendaraan penumpang (katagori Kendaraan Kecil) umumnya dapat mengatasi kelandaian antara 4-5%, tetapi, tidak pada truk. Umumnya kecepatan Truk pada turunan akan bertambah sampai dengan 5% dan pada tanjakan akan menurun sampai dengan 7% atau bahkan lebih dibandingkan kecepatannya di daerah datar.

Tabel 2. 23 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: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

c. Panjang Kelandaian Kritis

Kelandaian maksimum yang ditentukan di atas bukan untuk kontrol sepenuhnya karena harus dipertimbangkan terhadap pengoperasian kendaraan. Istilah ‘Panjang Kelandaian Kritis’ digunakan untuk mengindikasikan panjang maksimum tanjakan dimana truk bermuatan bisa beroperasi tanpa adanya pengurangan kecepatan berlebihan.

Tabel 2. 24 Panjang Kelandaian Kritis (m)

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

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

1.4.2 Lengkung vertikal

Alinyemen vertikal jalan terdiri dari serangkaian kelandaian memanjang dengan lengkung vertikal, dimanfaatkan untuk menerapkan perubahan gradual di antara profil memanjang. Alinyemen vertikal hendaknya mengikuti medan alami, mempertimbangkan keseimbangan pekerjaan tanah, penampilan, keselamatan, drainase, dan kelengkungan vertikal maksimum dan minimum yang diizinkan; dinyatakan sebagai nilai K. Besaran nilai lengkung vertikal K yang ditetapkan ini cukup ekonomis. Nilai lengkung vertikal K minimum, hendaknya dipilih berdasarkan tiga faktor pengendali, yakni:

- Jarak pandang, persyaratan dalam semua situasi untuk keselamatan pengemudi.
- Penampilan, biasanya diperlukan pada situasi timbunan rendah dan topografi datar.
- Kenyamanan berkendara.

Pada umumnya lengkung vertikal didesain menggunakan persamaan,

$$L = K A \quad (2.25)$$

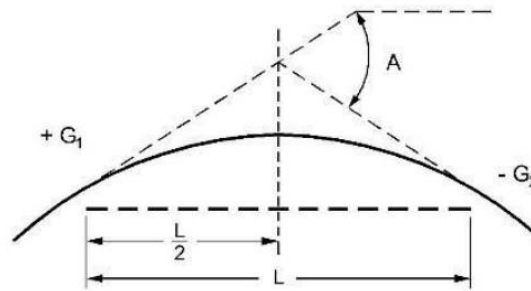
$$K = \frac{S^2}{200 (\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2})^2}, \text{ untuk } S \leq L \quad (2.26)$$

$$K = \frac{S^2}{200 (\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2})^2}, \text{ untuk } S > L \quad (2.27)$$

Keterangan:

L = Panjang lengkung vertikal (m)

- K = Panjang lengkung vertikal dalam meter untuk setiap perubahan 1%
 A = Perubahan kelandaian aljabar (%)
 S = Jarak pandang (m)
 h_1 = Tinggi mata pengemudi, digunakan menetapkan jarak pandang (m)
 h_2 = Tinggi objek, digunakan untuk menetapkan jarak pandang (m)



Gambar 2. 12 Lengkung Vertikal
 (Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga,
 Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

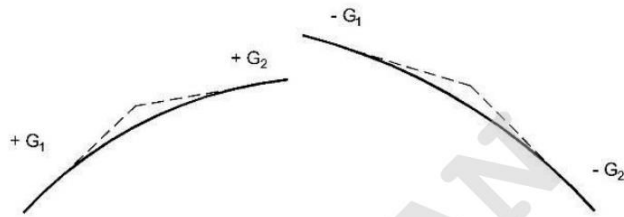
Keterangan:

- G_1 dan G_2 = kelandaian jalan (%)
 A = perbedaan aljabar kelandaian jalan (%)
 L = panjang lengkung vertikal (m)

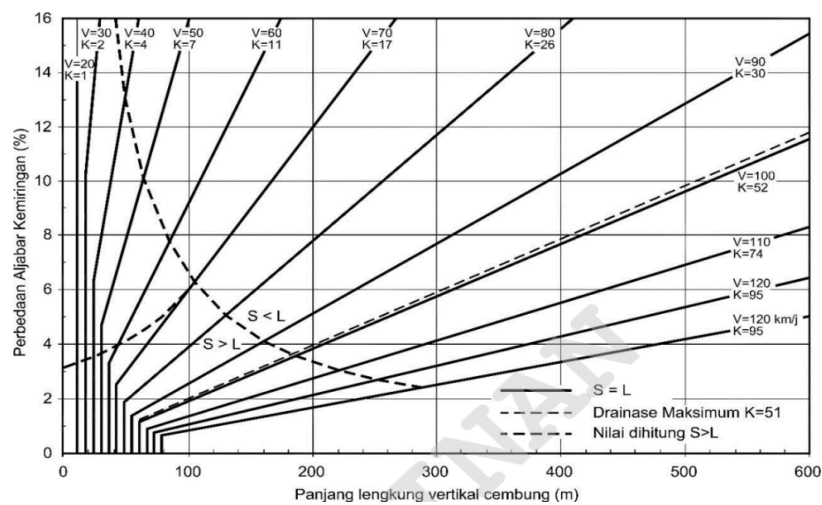
Adapun jenis-jenis lengkung vertikal sebagai berikut:

a. Lengkung Vertikal Cembung

Pengendali utama lengkung vertikal cembung adalah penyediaan jarak pandang yang cukup, untuk mendapatkan sudut pandang yang aman, kenyamanan, dan penampilan. Panjang lengkung vertikal cembung minimum untuk nilai-nilai per perubahan A yang menyediakan J_{PH} minimum untuk setiap V_D . Lengkung garis putus-putus di kiri bawah yang melintasi garis-garis ini, menunjukkan $S = L$. Perhatikan bahwa di sebelah kanan garis $S = L$, nilai K , atau panjang lengkung vertikal per perubahan persen A , adalah bentuk sederhana dan mudah untuk melakukan kontrol desain. Pemilihan lengkung desain difasilitasi dengan panjang minimum lengkung dalam meter adalah sama dengan K dikali perbedaan aljabar kemiringan jalan A dalam persen, $L = KA$.



Gambar 2. 13 Lengkung Vertikal Cembung
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)



Gambar 2. 14 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Tabel 2. 25 Kontrol Desain (K) untuk Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Pandang Henti

V_D (Km/Jam)	J_{PH} (m)	$K^{(1)}$
20	20	1
30	35	2
40	50	4
50	65	7
60	85	11
70	105	17
80	130	26
90	160	39
100	185	52
110	220	74
120	250	95

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Tabel 2. 26 Kontrol Desain (K) untuk Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Pandang Mendahului

V_D (Km/Jam)	J_{PM} (m)	K¹⁾
30	120	17
40	140	23
50	160	30
60	180	38
70	210	52
80	245	70
90	280	91
100	320	119
110	355	146
120	395	181

Catatan: ¹⁾ Besaran kelengkungan vertikal, K, adalah panjang lengkung (L)/persentase perbedaan kelandaian aljabar pada kelandaian yang saling bersinggungan (A), K = L/A
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

b. Lengkung Vertikal Cekung

Lengkung vertikal cekung adalah lengkung dimana titik PPV berada dibawah permukaan jalan. Terdapat empat kriteria untuk menentukan panjang lengkung vertikal cekung, yakni kenyamanan pengemudi, silau sorotan lampu, pengendalian drainase, dan penampilan. Nilai lengkung vertikal cekung K minimum untuk kriteria kenyamanan bisa dihitung dengan persamaan.

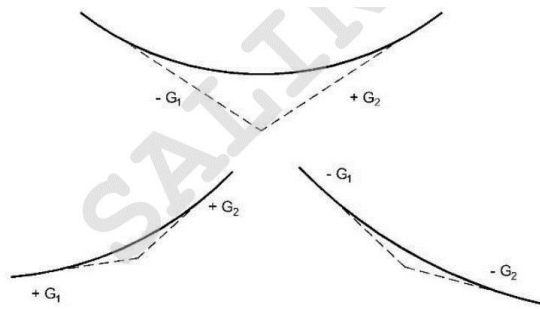
$$K = \frac{V_D^2}{1296 a} \quad (2.28)$$

Keterangan:

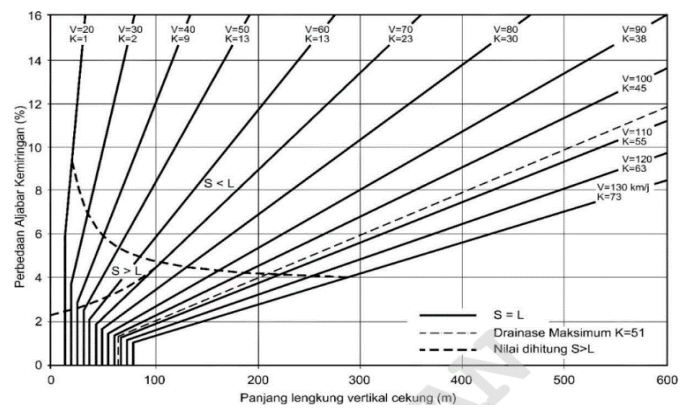
K = Panjang lengkung vertikal cekung dalam meter untuk perubahan kelandaian 1%

a = akselerasi vertikal yang nilai terbesarnya 0,05 g (m/det²)

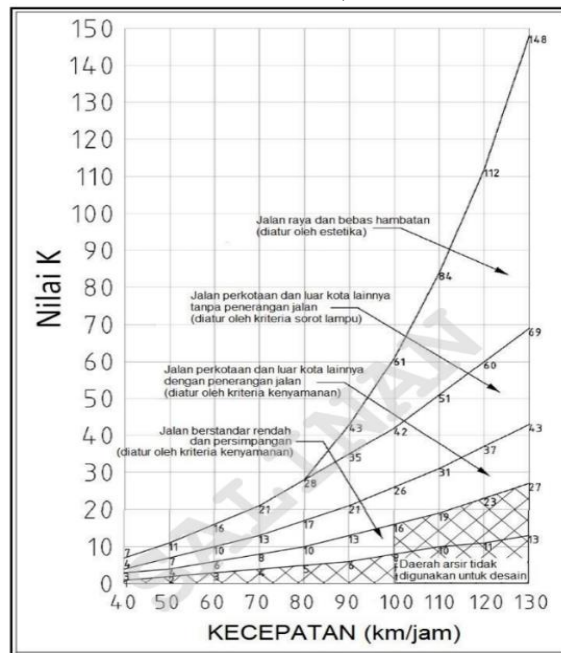
V_D = Kecepatan kendaraan desain (Km/jam)



Gambar 2. 15 Alinyemen Vertikal Cekung
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)



Gambar 2. 16 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung (m)
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)



Gambar 2. 17 Rentang Nilai K untuk Lengkung Cekung
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

1.5 Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku (*rigid pavement*) adalah perkerasan yang terdiri dari pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan dan menerus dengan tulangan terletak diatas lapisan fondasi bawah tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal. Perkerasan beton semen dibedakan ke dalam 3 jenis :

- a. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan
- b. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan
- c. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan

Untuk lapis fondasi bawah perlu diperlebar sampai 400 mm di luar tepi perkerasan beton semen. Untuk tanah lunak dan tanah ekspansif perlu pertimbangan khusus perihal jenis dan penentuan lebar lapisan fondasi dengan memperhitungkan tegangan pengembangan yang mungkin timbul. Pemasangan lapis fondasi dengan lebar sampai ke tepi luar jalan merupakan salah satu cara untuk mereduksi perilaku tanah lunak dan tanah ekspansif.

Bahan fondasi bawah dapat berupa:

- a. Bahan dengan Pengikat (BP)
 - 1) stabilisasi semen (*Cement Treated Based*, CTB);
 - 2) beton kurus giling padat (*Lean Rolled Concrete*); atau
 - 3) campuran beraspal.
- b. Beton kurus (BK/*Lean Mix Concrete*).

Perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji direkomendasikan untuk dirancang menggunakan campuran beton kurus sebagai lapis fondasi bawah.

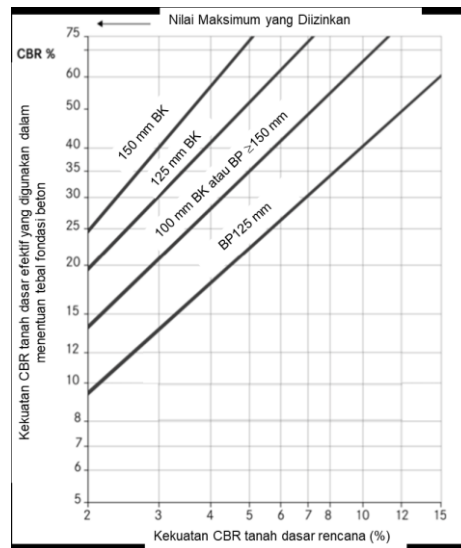
Tebal lapis fondasi bawah minimum yang disarankan dapat dilihat pada Tabel 2.24 dan CBR tanah dasar efektif didapat dari Gambar 2.25

Tabel 2 .27 Tebal Fondasi Bawah Minimum Untuk Perkerasan Beton Semen

Lalu Lintas Desain (JSKN)	Jenis Lapis Fondasi
Sampai dengan 10^6	BP 125 mm
10^6 Sampai dengan 5×10^6	BK 100 mm atau BP 150 mm
5×10^6 Sampai dengan 1×10^7	BK 125 mm
Lebih dari 1×10^7	BK 150 mm

Catatan : BP (Bahan Berpengikat) dan BK (Beton Kurus)

(Sumber: *Manual Desain Perkerasan Jalan*,2024)



Gambar 2. 18 CBR tanah dasar efektif dan tebal fondasi bawah
(Sumber: *Manual Desain Perkerasan Jalan*, 2024)

Untuk Lapis Fondasi Bawah dengan Campuran Beton Kurus (*Lean-Mix Concrete*), maka Campuran Beton Kurus (BK) harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 (dua puluh delapan) hari pada rentang 8 – 11 MPa.

Mutu beton semen harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 (dua puluh delapan) hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya minimal 4.5 MPa. Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0.25 MPa (2.5 kg/cm²) terdekat.

$$f_{cf} = K(f_c')^{0.50} \text{ dalam Mpa} \quad (2.29)$$

Keterangan:

f_c' : Kuat tekan beton karakteristik 28 (dua puluh delapan) hari (kg/cm²)

f_{cf} : Kuat Tarik lentur beton 28 (dua puluh delapan) hari (kg/cm²)

K : Konstanta 0,75 (agregat pecah)

Perbedaan kekuatan antara bahu dengan jalur lalu lintas akan memberikan pengaruh pada kinerja perkerasan. Sehingga, bahu harus terbuat dari bahan yang sama dengan perkerasan beton semen, hal ini dilakukan untuk meningkatkan kinerja perkerasan. bahu yang diikatkan 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 kereb (*creb and gutter*).

Adapun persyaratan mutu material selain mutu beton, sebagai berikut :

Tabel 2 .28 Perkerasan Kaku Untukjalan Dengan Beban Lalu Lintas Berat

Jenis perkerasan	Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan (<i>Jointed Plain Concrete Pavement</i>), beton semen bersambung dengan tulangan (JRCP), dan beton semen menerus dengan tulangan (CRCP).
Sambungan melintang	Harus dipotong dengan kedalaman seperempat sampai dengan sepertiga tebal beton. Dipasang ruji (<i>dowel</i>), berupa baja tulangan polos (BjTP 280), dengan jarak antar tulangan 300 mm, panjang <i>dowel</i> 450 mm, dan diameter <i>dowel</i> minimal seperdelapan tebal beton.
Sambungan memanjang	Dipasang batang pengikat (<i>tie bar</i>), berupa baja tulangan sirip (BjTS 420A), dengan jarak antar tulangan 600 mm, panjang <i>tie bar</i> 700 mm, dan diameter <i>tie bar</i> minimum 16 mm.
Bahu jalan	Dalam bentuk satu kesatuan dengan pelat beton lajur lalu lintas (monolit) dengan lebar minimum 600 mm atau dengan batang pengikat (<i>tie bar</i>) untuk lebar bahu jalan minimum 1500 mm dan harus menggunakan beton dengan kereb dan saluran beton (<i>curb and gutter</i>) kualitas yang sama dengan lajur utama.
Lapis fondasi	Lapis fondasi disesuaikan dengan Subbab 8.3.2.
Lapis drainase	Lapis fondasi agregat kelas A yang berfungsi sebagai lapis drainase dengan tebal 200 mm untuk 2 lajur per arah dan untuk yang lebih dari 2 lajur per arah setebal 300 mm.
Lapis pemecah ikatan fondasi bawah dengan pelat (<i>base bond breaker</i>)	Berupa membran kedap air dengan tebal minimum 125 mikron khusus pada lapis fondasi berupa beton kurus.
Rasio dimensi slab beton (Panjang-Lebar)	Sekitar 1,25 (khusus untuk beton semen bersambung tanpa tulangan (<i>Jointed Plain Concrete Pavement</i>)).

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan,2024)

Tabel 2 .29 Ketebalan Beton Minimum

Jenis Perkerasan	Lalu Lintas Rencana		
	$1 \times 10^6 \leq \text{JSKN} < 1 \times 10^7$	$1 \times 10^7 \leq \text{JSKN} < 5 \times 10^7$	$\text{JSKN} \geq 5 \times 10^7$
JPCP	150 mm	200 mm	250 mm
JRCP	150 mm	180 mm	230 mm
CRCP	150 mm	180 mm	230 mm

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan,2024)

Pada perkerasan beton semen, daya dukung perkerasan terutama diperoleh dari pelat beton. Sifat, daya dukung dan keseragaman tanah dasar sangat

mempengaruhi keawetan dan kekuatan perkerasan beton semen. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan adalah kadar air pemadatan, kepadatan dan perubahan kadar air selama masa pelayanan. Pelat beton semen mempunyai sifat yang cukup kaku serta dapat menyebarkan beban pada bidang yang luas dan menghasilkan tegangan yang rendah pada lapisan-lapisan di bawahnya. Bila diperlukan tingkat kenyamanan yang tinggi, permukaan perkerasan beton semen dapat dilapisi dengan lapis campuran beraspal setebal 5 cm.

Tabel 2. 30 Mutu Beton dan Penggunaan

Jenis Beton	f_c' (MPa)	σ_{bk}' (Kg/cm ²)	Uraian
Mutu tinggi	35 – 65	K400 – K800	Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang beton prategang, gelagar beton prategang, pelat beton prategang dan sejenisnya.
Mutu sedang	20 – <35	K250 – < K400	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma, kerb, beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan.
Mutu rendah	15 – <20	K175 – < K250	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, trotoar dan pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu.
	10 – <15	K125 – < K175	digunakan sebagai lantai kerja, penimbunan kembali dengan beton

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Pelaksanaan Pekerjaan Beton, 2005)

1.5.1 Lalu Lintas untuk Perkerasan Kaku

Desain perkerasan kaku menggunakan Jumlah Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) dan bukan nilai ESA sebagai satuan beban lalu lintas untuk perkerasan beton.

Lalu lintas harus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalu lintas dan konfigurasi sumbu, menggunakan data terakhir atau data 2 (dua) tahun terakhir.

Kendaraan yang ditinjau untuk perencanaan perkerasan beton semen adalah yang mempunyai berat total minimum 5 ton. Konfigurasi sumbu untuk

perencanaan terdiri atas 5 (lima) jenis kelompok sumbu sebagai berikut:

- Sumbu tunggal roda tunggal (STRT).
- Sumbu tunggal roda ganda (STRG).
- Sumbu tandem roda tunggal (STdRT).
- Sumbu tandem roda ganda (STdRG)
- Sumbu *tridem* roda ganda (STrRG).
- Sumbu empat roda ganda (SQdRG).

Konfigurasi sumbu setiap kelas kendaraan dapat dilihat pada Tabel 2.28.

Tabel 2. 31 Konfigurasi sumbu kendaraan

Kelas Kendaraan	JSKN	STRT	STRG	STdRT	STdRG	STrRG	SQdRG
5B	2	1	1	-	-	-	-
6A	2	2	-	-	-	-	-
6B	2	1	1	-	-	-	-
7A1	2	-	1	1	-	-	-
7A2	2	1	-	-	1	-	-
7A3	2	-	-	1	1	-	-
7B1	4	1	3	-	-	-	-
7B2	4	-	3	1	-	-	-
7B3	4	1	2	-	1	-	-
7C1	3	1	1	-	1	-	-
7C2A	3	1	-	-	2	-	-
7C2B	3	1	1	-	-	1	-
7C3	3	1	-	-	1	1	-
7C4	3	1	-	-	1	-	1

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan,2024)

Semua roda yang dimaksud adalah roda ban konvensional. Pembebanan kumulatif pada perkerasan jalan selama periode waktu tertentu pada dasarnya adalah perhitungan setiap kelompok gandar yang melintasi perkerasan jalan selama periode waktu tersebut, bersama dengan jenis dan bebannya. Pembebanan kumulatif ini ditentukan oleh:

- a. jumlah kumulatif kelompok gandar yang melintasi perkerasan selama periode tersebut.
- b. proporsi setiap jenis kelompok total gandar.
- c. untuk setiap jenis kelompok gandar, distribusi frekuensi beban kelompok gandar.

Gambaran umum prosedur untuk menentukan lalu lintas desain diantaranya:

- Menentukan umur rencana.
- Menghitung jumlah rata-rata kendaraan harian.
- Menghitung jumlah JSKN setiap jenis kendaraan berat harian.
- Menghitung kumulatif jumlah JSKN pada jalur desain selama umur rencana menggunakan persamaan (2.42).

$$JSKN = (\sum LHR_{JK} \times JSKN_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \quad (2.42)$$

Keterangan:

LHRJK : lintas harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari)

JSKNJK : Sumbu Total Kendaraan Niaga tiap jenis kendaraan niaga (Tabel 2.28)

DD : Faktor distribusi arah

DL : Faktor distribusi lajur (Tabel 2.29)

JSKN : Jumlah Sumbu Total Kendaraan Niaga selama umur rencana

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif (Tabel 2.30)

Tabel 2. 32 Faktor distribusi lajur (DL)

Jumlah Lajur Tiap Arah	Kendaraan Niaga Pada Lajur Desain (% Terhadap Populasi Kendaraan Niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan,2024)

Tabel 2. 33 Faktor Pengali Pertumbuhan Lalu Lintas Kumulatif

Jumlah titik pengamatan	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,67
7	2,83
8	2,96
9	3,08
>10	3,18

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan,2024)

e. Dalam penentuan nilai kumulatif JSKN dalam desain perkerasan kaku, maka perlu memperhatikan distribusi beban JSKN dan faktor keamanan beban untuk mengetahui karakteristik desain lalu lintas pada semua tipe perkerasan kaku.

1. Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalu-lintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan.

Tabel 2. 34 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien distribusi (C) Kendaraan niaga pada lajur rencana

Lebar perkerasan (Lp)	Jumlah lajur (n)	Koefisien distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5,50\text{m}$	1 lajur	1	1
$5,50\text{m} \leq L_p < 8,25\text{m}$	2 lajur	0,70	0,50
$8,25\text{m} \leq L_p < 11,25\text{m}$	3 lajur	0,50	0,475
$11,25\text{m} \leq L_p < 15,00\text{m}$	4 lajur	-	0,45
$15,00\text{m} \leq L_p < 18,7$	5 lajur	-	0,425
$18,75\text{m} \leq L_p < 22,00\text{m}$	6 lajur	-	0,40

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton semen, Pd T-14-2003)

2. Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu-lintas serta nilai ekonomi jalan yang bersangkutan, yang dapat ditentukan antara 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) 40 tahun berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017.

Tabel 2. 35 Umur Rencana Perkerasan Jalan (Ur)

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun) ⁽¹⁾
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir ⁽²⁾ .	20
	Lapis Fondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk lokasi yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (<i>overlay</i>), seperti: jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, dan terowongan	
	Lapis Fondasi Berpengikat Semen, <i>Cement Treated Based</i> (CTB)	
Perkerasan kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan	10
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	

(Sumber: *Manual Desain Perkerasan Jalan*, 2024)

3. Pertumbuhan Lalu Lintas

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

$$R = \frac{(1 + 0,01 i)^{UR} - 1}{0,01 i} \quad (2.43)$$

Dengan pengertian:

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

i = Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam (%)

UR = Umur rencana (tahun)

Faktor pertumbuhan lalu-lintas (R) dapat juga ditentukan berdasarkan tabel dibawah ini.

Tabel 2. 36 Faktor Lajur Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-Rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor rular	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

(Sumber : *Manual Desain Perkerasan Jalan*, 2024)

Apabila diperkirakan akan terjadi perbedaan laju pertumbuhan tahunan sepanjang total umur rencana (UR), dengan $i_1\%$ selama periode awal (UR_1 tahun) dan $i_2\%$ selama sisa periode berikutnya ($UR - UR_1$), faktor pengali

pertumbuhan lalu lintas kumulatif dapat dihitung dari formula berikut:

$$R = \frac{(1 + 0,01 i_1)^{UR_1} - 1}{0,01 i_1} + (1 + 0,01 i_1)^{(UR_1-1)}(1 + 0,01 i_2) \left\{ \frac{(1 + 0,01 i_2)^{(UR-UR_1)} - 1}{0,01 i_2} \right\} \quad (2.44)$$

Dengan pengertian:

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

i_1 = Laju pertumbuhan tahunan lalu lintas periode 1 (%)

i_2 = Laju pertumbuhan tahunan lalu lintas periode 2 (%)

UR = Total umur rencana (tahun)

UR_1 = Umur rencana periode 1 (tahun)

4. Lalu Lintas pada Lajur Rencana

Lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL). Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu.

Tabel 2. 37 Faktor distrubusi lajur DL

Jumlah Lajur Tiap Arah	Kendaraan Niaga Pada Lajur Desain (% Terhadap Populasi Kendaraan Niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, 2024)

5. Faktor Ekuivalen Beban

Dalam desain perkerasan, beban lalu lintas dikonversi ke beban standar (ESA) dengan menggunakan Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*). Analisis struktur perkerasan dilakukan berdasarkan jumlah kumulatif ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana.

Tabel 2. 38 Pengumpulan Data Beban Gandar

Spesifikasi penyediaan prasarana jalan	Sumber data beban gandar*
Jalan bebas hambatan	1 atau 2
Jalan raya	1 atau 2 atau 3
Jalan sedang	2 atau 3
Jalan kecil	2 atau 3

(Sumber: *Manual Desain Perkerasan Jalan*, 2024)

*Data beban ganda dapat diperoleh dari:

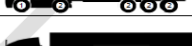
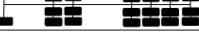
1. Jembatan timbang, timbangan statis atau WIM (survey langsung).
2. Survey beban gandar pada jembatan timbang atau WIM yang pernah dilakukan dan dianggap cukup representatif.
3. Data WIM regional yang dikeluarkan oleh Dirjen Bina Marga.

6. Sebaran Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga

Beban lalu lintas desain perkerasan kaku didasarkan pada distribusi kelompok sumbu kendaraan niaga (Jumlah Total Sumbu Kendaraan Niaga, JSKN) dan bukan pada nilai ESA.

Tabel 2. 39 Klasifikasi Dan Konfigurasi Sumbu Kendaraan

Klasifikasi Kendaraan	Uraian	Konfigurasi Sumbu	Kelompok sumbu	Skema Konfigurasi	
1	Sepeda motor dan kendaraan roda-3				
2	Kendaraan ringan - sedan, jeep, dan station wagon	1.1	2		
3	Kendaraan ringan - angkutan umum sedang	1.1	2		
4	Kendaraan ringan - pick up, micro truck	1.1	2		
5A	Bus kecil	1.1	2		
5B	Bus besar	1.2	2		
6A	Truk 2 sumbu-truk ringan	1.1	2		
6B	Truk 2 sumbu-truk sedang	1.2	2		
7A1	Truk 3 sumbu-berat	11.2	2		
7A2	Truk 3 sumbu-berat	1.22	2		

Klasifikasi Kendaraan	Uraian	Konfigurasi Sumbu	Kelompok sumbu	Skema Konfigurasi	Klasifikasi Kendaraan
7A3	Truk 4 sumbu-berat	11.22	2		
7B1	Truk 4 sumbu-berat	1.2+2.2	4		
7B2	Truk 5 sumbu-berat	11.2+2.2	4		
7B3	Truk 5 sumbu-berat	1.22+2.2	4		
7C1	Truk 4 sumbu-berat	1.2-22	3		
7C2A	Truk 5 sumbu-berat	1.22-22	3		
7C2B	Truk 5 sumbu-berat	1.2-222	3		
7C3	Truk 6 sumbu-berat	1.22-222	3		
7C4	Truk 7 sumbu-berat	1.22-2222	3		
8	Kendaraan tak bermotor				

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, 2024)

1.5.2 Desain ketebalan beton

Dua hal yang perlu dipertimbangkan dalam membuat desain tebal perkerasan beton yaitu, Retak Lelah (*fatigue*) pada perkerasan. Dan Erosi tanah dasar atau lapis fondasi bawah yang timbul akibat lendutan berulang pada sambungan dan retakan.

1. Retak Lelah (*fatigue*)

Jumlah repetisi beban yang diizinkan (N_f) untuk nilai beban sumbu tertentu dapat dihitung menggunakan formula sebagai berikut :

$$\log_{10} N_f = \left(\frac{0,9719 - S_r}{0,0828} \right) \text{ jika } S_r > 0,55 \quad (2.45)$$

$$N_f = \left(\frac{4,258}{S_r - 0,4325} \right)^{3,268} \text{ jika } 0,45 \leq S_r \leq 0,55 \quad (2.46)$$

$$S_r = \frac{S_e}{0,944 f_{cf}} \left(\frac{PLSF_4}{4,45F_1} \right)^{0,94} \quad (2.47)$$

Keterangan:

S_e : tegangan ekuivalen beton (MPa)

f_{cf} : kuat lentur karakteristik desain pada umur beton 28 hari (MPa)

P : beban kelompok sumbu (kN)

LSF : faktor *load safety*

- F1 : 9 untuk sumbu tunggal dengan roda tunggal (STRT)
 : 18 untuk sumbu tunggal dengan roda ganda (STRG)
 : 18 untuk sumbu tandem dengan roda tunggal (STdRT)
 : 36 untuk sumbu tandem dengan roda ganda (STdRG)
 : 54 untuk sumbu tridem dengan roda ganda (STrRG)
 : 72 untuk sumbu empat dengan roda ganda (SQdRG)

Nf : tak terhingga jika nilai Sr kurang dari 0,45

Tegangan ekuivalen (Se) dan faktor erosi (F3) didapatkan dari Persamaan (2.48).

Koefisien a hingga j pada Persamaan (2.48) didapatkan dari Tabel 2. 37.

Tabel 2. 40 Koefisien Untuk Prediksi Tegangan Ekuivalen (Se)

Koefisien	Dengan Bahu Beton			
	Jenis Kelompok Gandar			
	STRT & STdRT	STRG	STdRG	STrRG & SQdRG
a	-0,051	0,330	0,088	-0,145
b	26,0	206,5	301,5	258,6
c	0,0899	-0,4684	-0,1846	0,0080
d	35.774	28.661	4.418	1.408

Koefisien	Dengan Bahu Beton			
	Jenis Kelompok Gandar			
	STRT & STdRT	STRG	STdRG	STrRG & SQdRG
e	-0,0376	0,1650	0,0939	0,0312
f	14,57	2,82	-59,93	-61,25
g	-861.548	-686.510	280.297	488.079
h	0,0031	-0,0186	-0,0128	-0,0058
i	1,3098	-1,9606	4,1791	4,7428
j	-4.009	-2.717	1.768	2.564

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan, 2024)

Tabel 2. 41 Koefisien Untuk Prediksi Faktor Erosi (F3) Untuk Beton JRPC

Koefisien	Dengan Bahu Beton			
	Jenis Kelompok Gandar			
	STRT	STRG	STdRG & STdRT	STrRG & SQdRG
a	0,345	0,914	1,564	2,104
b	534,6	539,8	404,1	245,4
c	-0,1711	-0,1416	-0,1226	-0,2473
d	-44.908	-44.900	-32.024	-15.007
e	0,0347	0,0275	0,0256	0,0469
f	20,49	16,37	-9,79	8,86
g	1.676.710	1.654.590	1.150.280	518.916
h	-0,0038	-0,0032	-0,0052	-0,0075
i	-1,3829	-0,9584	2,1997	1,5517
j	-913	-765	469	-599

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan, 2024)

$$Se = a + \frac{b}{D} + c.Ln(E_f) + \frac{d}{D^2} + e.[Ln(E_f)]^2 + f. \frac{Ln(E_f)}{D} + \frac{g}{D^3} + h.[Ln(E_f)]^3 + i. \frac{[Ln(E_f)]^2}{D} + j. \frac{Ln(E_f)}{D^2} \quad (2.48)$$

Keterangan: a, b, c, d, e, f, g, h, I, j adalah koefisien pada Tabel 2. 37

D : tebal pelat beton (mm)

E_f : CBR Tanah Dasar Efektif (%)

2. Erosi tanah dasar

Jumlah beban yang diizinkan (N_e) untuk nilai beban sumbu tertentu dapat dihitung menggunakan formula sebagai berikut:

$$\text{Log}_{10} (F_2 N_e) = 14,524 - 6,777 \left[\max \left(0 \text{ atau } \left(\frac{PL_{SF}}{4,45 F_4} \right)^2 \cdot \frac{10F_3}{41,35} - 9,0 \right) \right]^{0,103} \quad (2.49)$$

Keterangan P dan LSF sama dengan pada Persamaan (2.45) dan Persamaan (2.46)

F₂ : penyesuaian untuk efek pada sisi pelat

: 0,06 untuk pelat dengan bahu bukan beton

: 0,94 untuk pelat dengan bahu beton

F₃ : faktor erosi

F₄ : penyesuaian beban untuk erosi karena kelompok sumbu

: 9 untuk sumbu tunggal dengan roda tunggal (STRT)

: 18 untuk sumbu tunggal dengan roda ganda (STRG)

: 18 untuk sumbu tandem dengan roda tunggal (STdRT)

: 36 untuk sumbu tandem dengan roda ganda (STdRG)

: 54 untuk sumbu tridem dengan roda ganda (STrRG)

: 54 untuk sumbu empat dengan roda ganda (SQdRG)

Faktor erosi (F3) didapatkan dari Persamaan (2.48) menggunakan koefisien a sampai j pada Tabel 2. 38. Tidak ada batasan yang ditetapkan untuk input beban sumbu dan faktor keamanan beban sumbu yang digunakan pada Persamaan (2.45) dan Persamaan (2.48)

Beban sumbu standar (SL) kelompok sumbu kendaraan niaga ditunjukkan dalam table berikut :

Tabel 2. 42 Beban Standar Kelompok Sumbu

Kelompok sumbu	Beban gandar (kN)
Sumbu tunggal roda tunggal	53
Sumbu tunggal roga ganda	80
Sumbu tandem roda tunggal	90
Sumbu tanden roda ganda	135
Sumbu tridem roda ganda	181
Sumbu empat (<i>quad axle</i>) roda ganda	221

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan, 2024)

1.5.3 Tulangan

Tujuan utama penulangan adalah:

- Membatasi lebar retakan, agar kekuatan pelat tetap dapat dipertahankan.
- Memungkinkan penggunaan pelat beton yang lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan.

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

Pada perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan atau JPCP, 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.

$$As = \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times fs} \quad (2.50)$$

Keterangan:

As : Luas penampang tulangan baja (mm²/m lebar pelat)
 fs : Kuat tarik ijin tulangan (MPa). Biasanya sebesar 0,6 kali tegangan leleh
 g : Percepatan gravitasi (m/detik²)
 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/m³)
 μ : Koefisien gesekan antara pelat beton dan fondasi bawah sebagaimana pada Tabel 2. 40.

Tabel 2. 43 Nilai Koefisien Gesekan (μ)

No.	Lapis Pemecah Ikatan	Koefisien Gesekan (μ)
1	Lapis resap ikat aspal diatas permukaan fondasi bawah	1,0
2	Laburan lilin (<i>paraffin</i>) tipis pemecah ikat	1,5
3	Karet kompon perawatan beton (<i>a chlorinated rubber curing compound</i>)	2,0

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan, 2024)

- Tulangan memanjang
 Jarak antar tulangan 100 mm-225 mm. Diameter batang tulangan memanjang berkisar antara 12 mm dan 20 mm.
- Tulangan melintang
 Luas tulangan melintang (As) yang diperlukan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung menggunakan Persamaan 8.9. Tulangan melintang direkomendasikan sebagai berikut:
 - a. Diameter batang ulir tidak lebih kecil dari 12 mm.
 - b. Jarak maksimum tulangan dari sumbu ke sumbu 75 cm.

1.5.4 Sambungan

Terdapat beberapa Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk:

- a. Membatasi tegangan dan pengendalian retak yang disebabkan oleh penyusutan.
- b. Pengaruh lenting (*curling/warping*) serta beban lalu lintas.
- c. Memudahkan pelaksanaan.
- d. Mengakomodasi gerakan pelat.

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan antara lain:

1. Sambungan memanjang dengan Batang Pengikat (*tie 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 sebagai berikut :

$$A_t = 204 \times b \times h \quad (2.29)$$

$$l = (38,3 \times \phi) + 75 \quad (2.52)$$

Dengan pengertian :

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

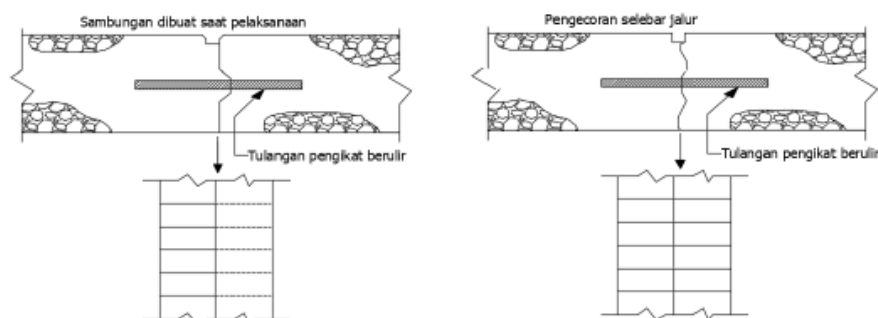
B = Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m).

h = Tebal pelat (m).

l = Panjang batang pengikat (mm).

ϕ = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm).

Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 70 cm. Tipikal sambungan memanjang diperlihatkan pada Gambar 2. 26.

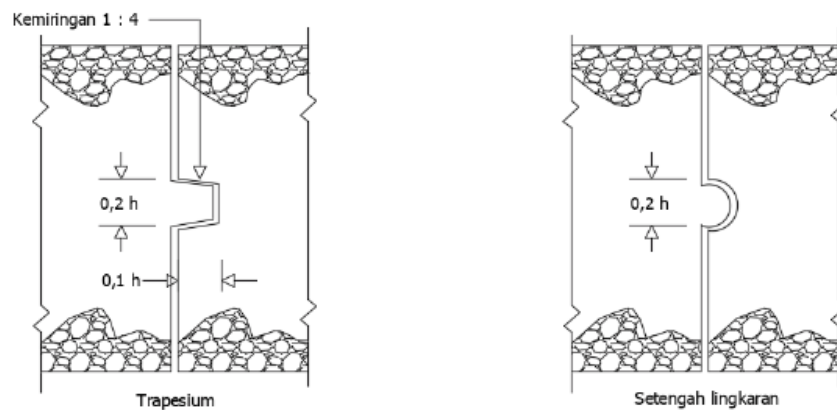


Gambar 2. 19 Tipikal Sambungan Memanjang
(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan, 2024)

2. Sambungan pelaksanaan memanjang

Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dilakukan dengan cara penguncian. Bentuk dan ukuran penguncian dapat berbentuk trapesium atau

setengah lingkaran.



Gambar 2. 20 Ukuran Standar Pengucian Sambungan Memanjang
(Sumber: *Manual Desain Perkerasan Jalan*, 2024)

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 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.

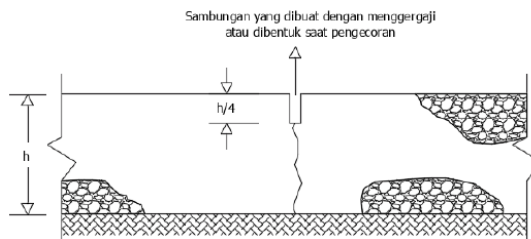
5. Sambungan Susut Melintang

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen.

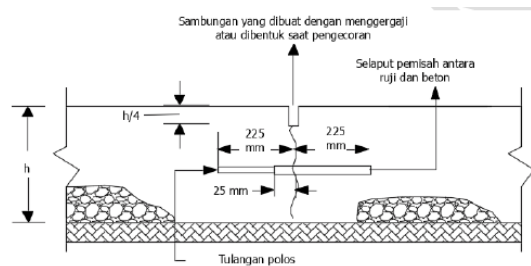
Tabel 2. 45 Diameter Ruji

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	$220 < h \leq 250$	36
6	$250 < h \leq 300$	38

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan, 2024)



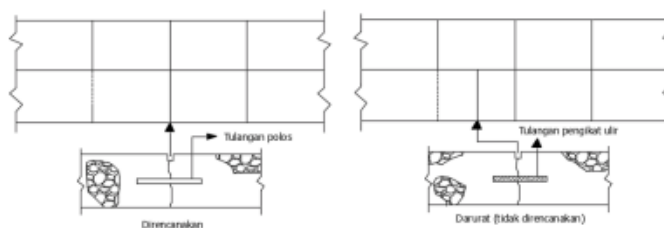
Gambar 2. 21 Sambungan Susut Melintang Tanpa Ruji
(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan, 2024)



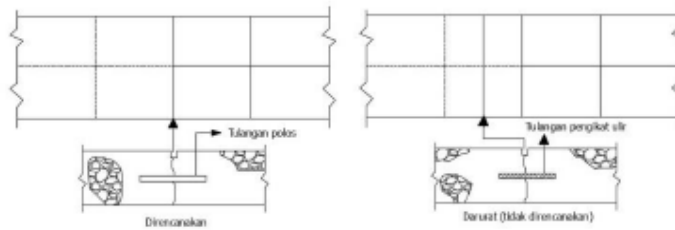
Gambar 2. 22 Sambungan Susut Melintang Dengan Ruji
(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan, 2024)

6. Sambungan Pelaksanaan Melintang

Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak direncanakan harus menggunakan batang pengikat berulir, sedangkan sambungan yang direncanakan harus menggunakan batang tulangan polos yang diletakkan di tengah tebal pelat.



Gambar 2. 23 Sambungan Pelaksanaan yang Direncanakan dan yang Tidak Direncanakan untuk Pengecoran Perlaajur
(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan, 2024)



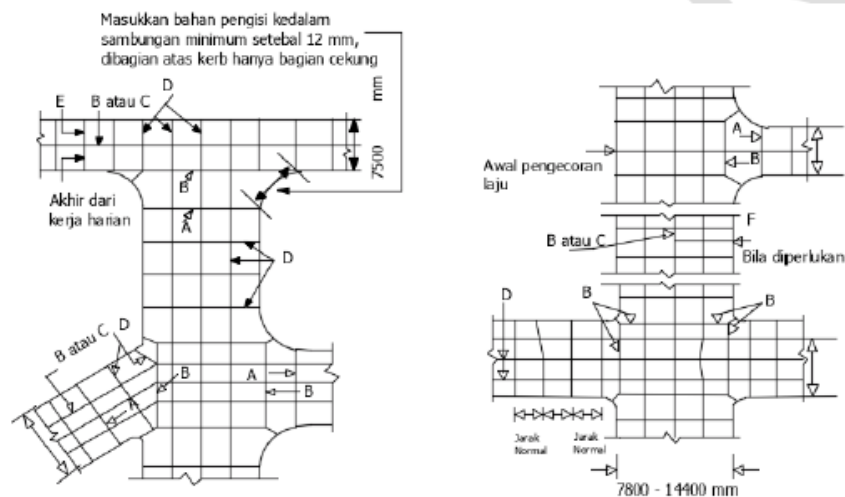
Gambar 2. 24 Sambungan Pelaksanaan yang Direncanakan dan yang Tidak Direncanakan untuk Pengecoran Seluruh Lebar Perkerasan
(Sumber: *Manual Desain Perkerasan Jalan*, 2024)

7. Sambungan isolasi

Semua sambungan harus ditutup dengan bahan penutup (*joint sealer*), kecuali pada sambungan isolasi terlebih dahulu harus diberi bahan pengisi (*joint filler*).

8. Penutup Sambungan

Penutup sambungan dimaksudkan untuk mencegah masuknya air dan 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. 25 Detail Potongan Melintang Sambungan Perkerasan
(Sumber: *Manual Desain Perkerasan Jalan*, 2024)

Keterangan :

A = Sambungan Isolasi

B = Sambungan Pelaksanaan Memanjang

C = Sambungan Susut Memanjang

D = Sambungan Susut Melintang

E = Sambungan Susut Melintang yang Direncanakan

F = Sambungan Pelaksanaan Melintang yang Tidak Direncanakan

1.6 Perencanaan Bangunan Pelengkap

Bangunan Pelengkap Jalan merupakan bangunan untuk mendukung fungsi dan keamanan konstruksi. Jembatan, tembok penahan tanah, dan saluran drainase yang dibangun sesuai dengan persyaratan teknis termasuk bangunan pelengkap jalan (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 13/PRT/M/2011). Bangunan pelengkap Jalan berfungsi sebagai jalur lalu lintas, pendukung konstruksi jalan dan fasilitas lalu lintas serta pendukung pengguna jalan.

1.6.1 Drainase Jalan

Menurut Dr. Ir. Suripin, M. Eng. (2004) drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Koefisien pengaliran (C) di pengaruhi kondisi permukaan tanah (tata guna lahan) pada daerah layanan dan kemungkinan perubahan tata guna lahan. Angka ini akan mempengaruhi debit yang mengalir, sehingga dapat diperkirakan daya tampung saluran.

a. Faktor limpasan (fk)

Angka yang dikalikan dengan koefisien runoff biasa dengan tujuan agar kinerja saluran tidak melebihi kapasitasnya akibat daeah pengatiran yang terlalu luas. Harga faktor limpasan (fk) disesuaikan dengan kondisipermukaan tanah.

Tabel 2. 44 Harga Koefisien Pengaliran (C) dan Harga Faktor Limpasan (fk)

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)	Faktor limpasan (fk)
	BAHAN		
1	Jalan beton & jalan aspal	0,70 – 0,95	-
2	Jalan kerikil & jalan tana	0,40 – 0,70	-
3	Bahu jalan		-
	BAHAN		
	- Tanah berbutir halus	0,40 – 0,65	-

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)	Faktor limpasan (fk)
	- Tanah berbutir kasar	0,10 – 0,20	-
	- Batuan masif keras	0,70 – 0,85	-
	- Batuan masif lunak	0,60 – 0,75	-
	TATA GUNA LAHAN		
1	Daerah perkotaan	0,70 – 0,95	2,0
2	Daerah pinggir kota	0,60 – 0,70	1,5
3	Daerah industri	0,60 – 0,70	1,2
4	Permukiman padat	0,40 – 0,60	2,0
5	Permukiman tidak padat	0,40 – 0,60	1,5
6	Taman dan kebun	0,20 – 0,40	0,2

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

Bila daerah pengaliran atau daerah layanan terdiri dari beberapa tipe kondisi permukaan yang mempunyai nilai C yang berbeda. Harga C rata-rata dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \quad (2.53)$$

Keterangan:

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

A_1, A_2, A_3 = Luas daerah pengaliran yang diperhitungan sesuai dengan kondisi permukaan

F_k = Faktor limpasan sesuai guna lahan

- b. Waktu Konsentrasi Waktu terpanjang yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan aliran air secara simultan (runoff) setelah melewati titik-titik tertentu. Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan rumus di bawah ini:

$$T_c = t_1 + t_2 \quad (2.30)$$

$$t_1 = (23 \times 3,28 \times 10 \times n d^{1/3})^{0,167} \quad (2.55)$$

$$t_2 = \frac{L}{60 \times V} \quad (2.56)$$

Keterangan:

T_c = Waktu konsentrasi (menit)

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

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

I_o = Jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

- L = Panjang saluran (m)
Nd = Koefisien hambatan
Is = Kemiringan saluran memanjang
V = Kecepatan air rata-rata pada saluran drainase (m/detik)

Tabel 2. 45 Koefisien Hambatan Berdasarkan Kondisi Permukaan

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 dgn 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 dgn hamparan rumput jarang sampai rapa	0,800

(Sumber: Dapartemen Pekerjaan Umum, 2006)

1.6.2 Gorong-gorong (*Box Culvert*)

Tipe dan bahan gorong-gorong yang permanen dapat dilihat, dengan desain umur rencana untuk periode ulang untuk perencanaan gorong-gorong disesuaikan dengan fungsi jalan tempat gorong-gorong berlokasi:

- Jalan Tol = 25 tahun
- Jalan Arteri = 10 tahun
- Jalan Kolektor = 7 tahun
- Jalan Lokal = 5 tahun.

Perhitungan gorong-gorong mengambil asumsi sebagai saluran terbuka dan dimensi gorong-gorong harus memperkirakan debit yang masuk gorong-gorong tersebut.

Tabel 2. 46 Tipe Penampang Gorong-gorong

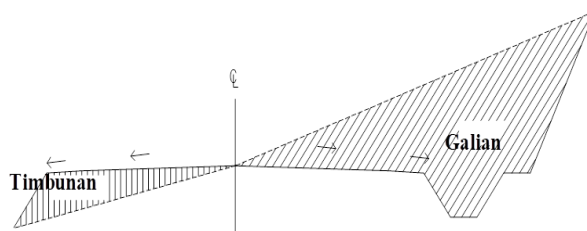
No.	Tipe gorong-gorong	Bahan yang dipakai
1	Pipa tunggal atau lebih	Metal gelombang, beton bertulang atau beton tumbuk, besi cor, dll
2	Pipa lengkung tunggal atau lebih	Metal gelombang
3	Gorong-gorong persegi (<i>Box Culvert</i>)	Beton bertulang

(Sumber : Pd. T-02-2006-B Perencanaan Sistem Drainase Jalan)

1.7 Perhitungan Galian dan Timbunan

Langkah-langkah dalam perhitungan galian dan timbunan, antara lain:

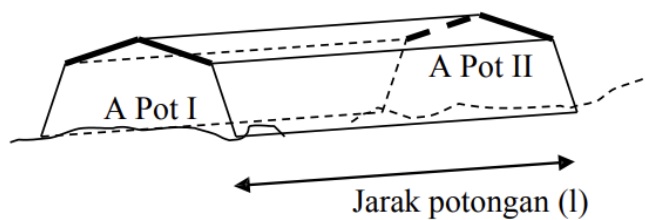
- Untuk menghitung volume galian dan timbunan diperlukan data luas penampang baik galian maupun timbunan dari masing-masing potongan dan jarak dari kedua potongan tersebut.
- Masing-masing potongan dihitung luas penampang galian dan/atau timbunannya. Perhitungan tersebut dapat dilakukan dengan alat planimetri atau dengan cara membagi-bagi setiap penampang menjadi bentuk-bentuk bangun sederhana, misalnya bangun segitiga, segi empat dan trapesium, kemudian dijumlahkan.
- Gambar potongan melintang (*cross section*) pada titik *stationing*, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan. Hitungan volume galian dan timbunan dengan mengalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.



Gambar 2. 26 Galian dan Timbunan
(Sumber: Modul Praktikum Perancangan Jalan, 2021)

d. Perhitungan Volume Galian dan Timbunan

Perhitungan untuk mengetahui volume galian dan timbunan dilakukan secara pendekatan juga. Hal ini karena bentuk dari luasan yang tidak teratur. Menghitung volume galian timbunan adalah:



Gambar 2. 27 Luasan yang Tidak Teratur
(Sumber: Modul Praktikum Perancangan Jalan, 2021)

Dengan Rumus:

$$V = \left[\frac{A_{\text{Pot 1}} + A_{\text{Pot 2}}}{2} \right] \times l \quad (2.31)$$

Keterangan:

A Pot 1 = luas potongan 1

A Pot 2 = luas potongan 2

L = jarak potongan yang ditinjau (m)

1.8 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah nilai estimasi biaya yang harus disediakan untuk pelaksanaan sebuah kegiatan proyek. John W. Niron dalam bukunya Pedoman Praktis Anggaran dan Borongan Rencana Anggaran Biaya Bangunan (1992), Rencana Anggaran Biaya (RAB) mempunyai pengertian sebagai berikut:

- a. Rencana : Himpunan *planning* termasuk detail dan tata cara pelaksanaan pembuatan sebuah bangunan.
- b. Anggaran : Perhitungan biaya berdasarkan gambar bestek (gambar rencana) pada suatu bangunan.
- c. Biaya : Besarnya pengeluaran yang ada hubungannya dengan borongan yang tercantum dalam persyaratan yang ada.

Perhitungan rencana anggaran biaya ini bertujuan untuk mengetahui jumlah biaya yang dibutuhkan, mengontrol pengeluaran per item pekerjaan, mencegah adanya keterlambatan atau pemberhentian pekerjaan, dan meminimalisir pemborosan biaya yang mungkin terjadi pada saat dilaksanakannya pekerjaan.

1.8.1 Analisa harga satuan pekerjaan

Berdasarkan Permen No 8 Tahun 2023, Analisis Harga Satuan Pekerjaan yang selanjutnya disingkat dengan AHSP adalah perhitungan kebutuhan biaya Tenaga Kerja, bahan, dan peralatan untuk mendapatkan harga satuan untuk satu jenis pekerjaan tertentu. Analisa harga satuan pekerjaan merupakan suatu cara perhitungan harga satuan pekerjaan konstruksi yang dijabarkan dalam perkalian kebutuhan bahan bangunan, upah kerja, dan peralatan dengan harga bahan bangunan, standar pengupahan pekerja dan harga sewa/beli peralatan untuk

menyelesaikan per satuan pekerjaan konstruksi. Analisa harga satuan pekerjaan ini dipengaruhi oleh angka koefisien yang menunjukkan nilai satuan bahan/material, nilai satuan alat, dan nilai satuan upah tenaga kerja ataupun satuan pekerjaan yang dapat digunakan sebagai acuan/panduan untuk merencanakan atau mengendalikan biaya suatu pekerjaan.

1.8.2 Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB)

Menurut Niron (1992), rencana anggaran biaya mempunyai pengertian sebagai berikut.

- Rencana : Himpunan planning termasuk detail dan tata cara pelaksanaan pembuatan sebuah bangunan.
- Anggaran : Perhitungan biaya berdasarkan gambar bestek (gambar rencana) pada suatu bangunan.
- Biaya : Besarnya pengeluaran yang ada hubungannya dengan borongan yang tercantum dalam persyaratan yang ada. Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda di masing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

Biaya (anggaran) adalah jumlah dari masing-masing hasil perkiraan volume dengan harga satuan pekerjaan yang bersangkutan. Secara umum dapat disimpulkan sebagai berikut :

$$\text{RAB} = \Sigma \text{Volume} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan} \quad (2.32)$$

1.9 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya dan tepat mutu (Ervianto, 2005).

Manajemen adalah suatu metode/teknik/proses untuk mencapai suatu tujuan tertentu dengan menggunakan sumber daya yang ada secara efektif melalui tindakan-tindakan, diantaranya adalah :

a. Perencanaan (*planning*)

Berupa tindakan pengambilan keputusan yang mengandung data / informasi, asumsi maupun fakta kegiatan yang akan dipilih dan akan dilakukan pada masa mendatang.

b. Pengorganisasian (*organizing*)

Tindakan-tindakan guna mempersatukan kumpulan kegiatan manusia, yang mempunyai pekerjaan masing-masing, saling berhubungan satu sama lain dengan tata cara tertentu dan berinteraksi dengan lingkungannya dalam rangka mendukung tercapainya tujuan. Tindakan berupa antara lain:

1. Menetapkan daftar penugasan.
2. Menyusun lingkup kegiatan.
3. Menyusun struktur kegiatan.
4. Menyusun daftar personil organisasi berikut lingkup tugasnya.
5. Manfaat dari fungsi organisasi adalah merupakan pedoman pelaksanaan fungsi, dimana pembagian tugas serta hubungan tanggung jawab serta delegasi kewenangan terlihat jelas.

c. Pelaksanaan (*actuating*)

Berupa tindakan untuk menyelaraskan seluruh anggota organisasi dalam kegiatan pelaksanaan, serta agar seluruh anggota organisasi dapat bekerja sama dalam pencapaian tujuan bersama. Tindakan tersebut antara lain:

1. Mengkoordinasikan pelaksanaan kegiatan.
2. Mendistribusikan tugas, wewenang dan tanggung jawab.
3. Memberikan pengarahan penugasan dan motivasi.
4. Manfaat dari fungsi pelaksanaan ini adalah terciptakannya keseimbangan tugas, hak dan kewajiban masing-masing bagian dalam organisasi, dan mendorong tercapainya efisiensi serta kebersamaan dalam bekerjasama untuk tujuan bersama.

d. Pengawasan (*controlling*)

Berupa tindakan pengukuran kualitas penampilan, dan penganalisaan serta pengevaluasian penampilan yang diikuti dengan tindakan perbaikan yang

harus diambil terhadap penyimpangan yang terjadi (diluar batas toleransi).

Tindakan- tindakan tersebut meliputi antara lain:

1. Mengukur kualitas hasil.
2. Membandingkan hasil terhadap standard kualitas.
3. Mengevaluasi penyimpangan yang terjadi.
4. Memberikan saran-saran perbaikan.
5. Menyusun laporan kegiatan

Adapun beberapa hal yang mendukung penyusunan dalam Manajemen Proyek adalah sebagai berikut.

a. Rencana Kerja (*Time Schedule*)

Rencana Kerja (*Time Schedule*) Adalah pengaturan waktu rencana kerja secara terperinci terhadap suatu item pekerjaan yang berpengaruh terhadap selesainya secara keseluruhan suatu proyek konstruksi. Adapun jenis – jenis *time schedule* atau rencana kerja :

1. Bagan Balok (*Barchart*)

Barchart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal dan kolom arah horizontal yang menunjukkan skala waktu.

2. Kurva S

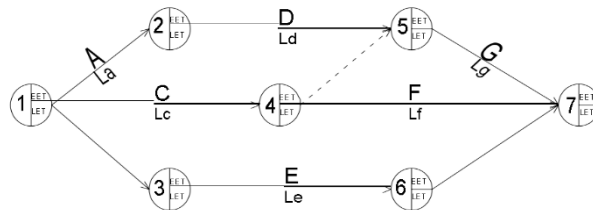
Kurva S adalah kurva yang menggambarkan komulatif *progress* pada setiap waktu dalam pekerjaan. Bertambah atau tidaknya persentase pembangunan konstruksi dapat dilihat padakurva s dan dapat dibandingkan dengan keadaan dilapangan.

3. Jaringan Kerja/ *Network planning* (NWP)

NWP adalah salah satu cara baru dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian- bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram network, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan dan pekerjaan mana yang dapat menunggu. Adapun kegunaan dari NWP ini adalah,

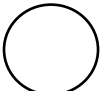
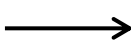
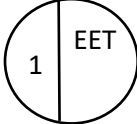
- a) Merencanakan, *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.

- b) Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek.
- c) Mendokumenkan dan mengkomunikasikan secara *scheduling* (waktu) dan alternatif-alternatif lain penyelesaiannya proyek dengan tambahan waktu.
- d) Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur- jalur kritis (*critical path*) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.



Gambar 2. 28 Sketsa *Network Planning*
(Sumber: Modul Praktikum Perancangan Jalan, 2021)

Keterangan :

- a.  (Arrow), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya yang membutuhkan jangka waktu tertentu dan juga *resources* tertentu. Anak panah menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu
- b.  (Node / event), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan
- c.  (Double arrow), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasi kritis (*critikcal path*).
- d.  (Dummy), bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktivitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.
- e.  1 = Nomor kejadian

—— EET (*Earliest Event Time*) = waktu yang paling cepat
LET yaitu menjumlahkan durasi dari kejadian yang dimulai dari kejadian awal dilanjutkan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka yang terbesar. LET (*Laetest Event Time*) = waktu yang paling lambat, yaitu mengurangi durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir dilanjutkan kegiatan sebelumnya dengan mengambil angka terkecil.

- f. A, B, C, D, E, F, G, H merupakan kegiatan, sedangkan La, Lb, Lc, Ld, Le, Lf, Lg dan Lh merupakan durasi dari kegiatan tersebut.