

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Jalan

Berdasarkan UU RI No. 38 Tahun 2004, jalan merupakan prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan termasuk bangunan pelengkap yang diperuntukan bagi lalu lintas, yang berada di permukaan tanah, diatas permukaan tanah, dibawah permukaan tanah atau air, serta diatas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.

2.2 Pengelompokan Jalan

Desain geometrik jalan harus ditetapkan klasifikasinya. Dalam PP No.34 tahun 2006 tentang jalan dan UU No.22 tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan, jalan dikelompokkan menurut:

1. Peruntukkan,
2. Sistem jaringan jalan (SJJ),
3. Status jalan,
4. Fungsi jalan, dan
5. Klasifikasi jalan yang terdiri dari spesifikasi penyediaan prasarana jalan (SPPJ) dan kelas penggunaan jalan.

2.2.1 Pengelompokan Berdasarkan Peruntukan Jalan

Berdasarkan peruntukan jalan, jalan diperuntukkan sebagai jalan umum dan jalan khusus.

1. Jalan Umum, jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum, termasuk JBH dan jalan tol, dikelola oleh pemerintah
2. Jalan Khusus, adalah jalan yang tidak diperuntukkan untuk lalu lintas umum, hanya diperuntukkan bagi kepentingan dan/atau untuk manfaat langsung kepada perorangan, kelompok masyarakat tertentu, badan usaha, atau instansi tertentu.

2.2.2 Pengelompokan 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:
 - a. Jalan arteri primer;
 - b. Jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi;
 - c. Jalan tol; dan
 - d. Jalan strategis nasional
2. Jalan Provinsi adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah provinsi, terdiri atas:
 - a. Jalan kolektor primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten atau kota;
 - b. Jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota kabupaten atau kota;
 - c. Jalan strategis provinsi; dan
 - d. Jalan di Daerah Khusus Ibukota Jakarta.
3. Jalan Kabupaten adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah kabupaten, terdiri atas:
 - a. Jalan kolektor primer yang tidak termasuk jalan nasional dan jalan provinsi;
 - b. Jalan lokal primer yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan Ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat desa, antar ibukota kecamatan, ibukota kecamatan dengan desa, dan antar desa;
 - c. Jalan sekunder yang tidak termasuk jalan provinsi dan jalan sekunder dalam kota; dan jalan strategis kabupaten.
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.

2.2.3 Pengelompokan Berdasarkan Sistem Jaringan Jalan

SJJ merupakan satu kesatuan jaringan jalan yang terdiri dari SJJ primer dan SJJ sekunder yang terjalin dalam hubungan hierarki fungsi jalan. Masing-masing SJJ diuraikan sebagai berikut;

- a. SJJ Primer disusun berdasarkan rencana tata ruang dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan yaitu pusat kegiatan nasional (PKN), pusat kegiatan wilayah (PKW), pusat kegiatan lokal (PKL) sampai ke pusat kegiatan lingkungan (PKLing) dan menghubungkan antar-PKN.
- b. SJJ Sekunder disusun berdasarkan rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan yang menghubungkan secara menerus kawasan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder kesatu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga, dan seterusnya sampai ke persil.

2.2.4 Pengelompokan Berdasarkan Fungsi Jalan

Sesuai dengan fungsinya, jalan dikelompokkan dan dibedakan keberadaannya dalam SJJ (PP No.34/2006).

1. Pengelompokan Jalan Berdasarkan Fungsinya dalam SJJ Primer

Berdasarkan UU No. 22 Tahun 2009 yang tercantum dalam buku Suwardo dan Imam Haryanto 2018, sistem jaringan jalan primer terbagi sebagai berikut:

- a. Jalan arteri primer, yaitu menghubungkan secara berdaya guna antarpusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah.
- b. Jalan kolektor primer, yaitu menghubungkan secara berdaya guna antar pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lokal, antarpusat kegiatan wilayah.

- c. Jalan lokal primer, yaitu menghubungkan secara berdaya guna pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lingkungan, pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lingkungan, antapusat kegiatan lokal.
- d. Jalan lingkungan primer, yaitu menghubungkan antarpusat kegiatan didalam kawasan pedesaan dan jalan didalam lingkungan kawasan pedesaan.

2. Klasifikasi Berdasarkan Fungsinya dalam SJJ Sekunder

Sistem jaringan jalan sekunder terbagi sebagai berikut :

- a. Jalan arteri sekunder, yaitu jalan yang menghubungkan kawasan primer (KP) dengan kawasan sekunder kesatu (KS1), dengan kawasan sekunder kedua (KS2).
- b. Jalan kolektor sekunder, yaitu jalan yang menghubungkan KS2 dengan kawasan sekunder ketiga (KS3).
- c. Jalan lokal sekunder, yaitu jalan yang menghubungkan KS1 dengan perumahan, KS2 dengan perumahan, dan KS3 sampai seterusnya.
- d. Jalan lingkungan sekunder, yaitu jalan pemukiman yang menghubungkan antar persil dalam kawasan perkotaan. Yang tidak diperuntukkan bagi kendaraan bermotor atau lebih harus mempunyai lebar badan jalan min 3,5 m

2.2.5 Klasifikasi jalan yang terdiri dari spesifikasi penyediaan prasarana jalan (SPPJ) dan kelas penggunaan jalan.

1. Klasifikasi jalan berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan

- a. Jalan Bebas Hambatan
- b. Jalan Raya (JRY)
- c. Jalan Sedang (JSD)
- d. Jalan Kecil (JKC)
- e. Jalan lalu lintas rendah (JLR)

2. Klasifikasi jalan berdasarkan penggunaan jalan

Klasifikasi 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 Kelas jalan sesuai penggunaannya

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 ¹⁾
Kelas Khusus	Arteri	>2,55	>18,0	≤4,2	>10

Catatan: ¹⁾ dalam keadaan tertentu dapat <8 ton

Sumber: Bina Marga, 2021

3. Klasifikasi medan jalan

Medan jalan dimana jalan dibangun diklasifikasikan. Masing-masing klasifikasi medan tersebut mempunyai ciri-ciri, baik secara bentuk fisik unsur geometrik maupun secara operasional dari Pengguna Jalan, dan ciri-ciri tersebut saling sinergi satu dengan lainnya. Dalam proses desain awal, potongan melintang topografi medan jalan mempunyai pengaruh terhadap penetapan alinemen horizontal dan vertikal jalan, serta kecepatan desain. Topografi medan jalan diklasifikasi menjadi tiga, yaitu: datar, bukit dan gunung. Masing-masing memiliki kriteria kemiringan medan yang diukur tegak lurus terhadap garis konturnya. Tabel 2.2 menunjukkan klasifikasi tersebut dan kriterianya.

Tabel 2.2 Klasifikasi menurut Medan Jalan

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

Catatan: *) nilai kemiringan medan rata-rata per 50m dalam satu kilometre

Sumber: Bina Marga, 2021

Jalan-jalan di wilayah Perkotaan (dalam SJJ sekunder) dianggap seluruhnya berada pada medan datar dan jalan-jalan di wilayah luar kota (dalam SJJ primer) termasuk jalan-jalan yang melayani Antarkota dan JBH dapat berada pada ketiga klasifikasi medan tersebut. Pada medan datar, jarak pandang umumnya panjang dan dapat dibuat tanpa kesulitan konstruksi atau

pun biaya besar. Pada medan bukit, lereng alam yang naik turun dan yang kadang-kadang berlereng curam membatasi bentuk alinemen horizontal dan vertikal untuk memenuhi persyaratan teknis alinemen jalan. Pada medan gunung, perubahan memanjang maupun melintang permukaan tanah yang besar dan mendadak, sering menyebabkan pembelokan alinemen dan memerlukan penggalian tanah atau menimbunnya untuk mendapat alinemen horizontal dan vertikal yang dapat memenuhi kriteria desain.

2.3 Pengertian dan Karakteristik Jalan Tol

Jalan tol merupakan jalan umum yang menghubungkan antar kota dan provinsi, dimana para penggunanya wajib membayar iuran ketika ingin memasuki kawasan jalan tol. Jalan tol harus memiliki spesifikasi lebih tinggi dibandingkan jalan umum biasa. Jalan tol memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- a. Pengendalian jalan masuk: secara penuh
- b. Persimpangan sebidang: tidak ada
- c. Jumlah lajur paling sedikit: 2 lajur untuk setiap arah
- d. Lebar lajur paling sedikit; 3,5 m
- e. Median: dilengkapi
- f. Pagar rumija: dilengkapi

Berdasarkan wewenang yang berlaku, pemerintah menyerahkan seluruh penyelenggara jalan tol kepada Badan Hukum Usaha Negara Jalan Tol, yaitu PT. Jasa Marga (Persero). Jalan tol hanya diperuntukkan bagi kendaraan roda empat yang membayut tol (*Tax on location*) yaitu uang elektronik berupa kartu yang ditempelkan pada mesin pintu gerbang sebelum memasuki kawasan jalan tol.

2.4 Bagian-Bagian Jalan

2.4.1 Ruang Jalan pada Permukaan Tanah Dasar

Ruang jalan dibagi atas Rumaja, Rumija dan Ruwasja

1. Rumaja merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi dan kedalaman tertentu meliputi bagian badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengaman, serta Ruang Bebas Jalan jika dibutuhkan. Rumaja

dilengkapi ruang bebas dengan ukutan tinggi dan kedalaman sebagai berikut:

- a. Lebar ruang bebas diukur di antara dua garis vertikal pada batas terluar pada ambang pengaman atas batas terluar rumija
 - b. Tinggi ruang bebas minimal 5,1 m diatas permukaan jalur lalu lintas
 - c. Kedalaman ruang bebas minimal 1,5 m dibawah permukaan jalur lalu lintas terendah
2. Rumija merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi, dan kedalaman tertentu, meliputi Rumaja dan sejalur tanah tertentu di luar Rumaja. Rumija paling sedikit memiliki lebar sebagai berikut:
- a. JBH 30 m
 - b. JRY 25 m
 - c. JSD 15 m
 - d. JKC 11 m
3. Ruwasja merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar dan tinggi tertentu, meliputi ruang tertentu di luar Rumija. Ruwasja diperuntukkan bagi pandangan bebas pengemudi dan pengaman konstruksi jalan, serta pengamanan fungsi jalan. Ruwasja pada dasarnya adalah ruang lahan milik masyarakat umum yang mendapat pengawasan dari pembina jalan. Ruwasja ditiadakan pada Jalan Bebas Hambatan. Dalam hal Rumija tidak cukup luas, maka lebar Ruwasja ditentukan dari tepi badan jalan paling sedikit:
- a. Jalan arteri primer 15m
 - b. Jalan kolektor primer 10 m
 - c. Jalan lokal primer 7m
 - d. Jalan lingkungan primer 5m
 - e. Jalan arteri sekunder 15m
 - f. Jalan kolektor sekunder 5m
 - g. Jalan lokal sekunder 3m
 - h. Jalan lingkungan sekunder 2m, dan
 - i. Jembatan 100m ke arah hilir dan hulu

2.4.2 Ruang Jalan pada Jalan Layang

Ruang jalan pada jalan layang dibagi atas Rumaja, Rumija, dan Ruwasja.

2.4.3 Ruang Jalan dibawah Permukaan Tanah Dasar

Ruang jalan di bawah permukaan tanah dasar terbagi-bagi atas Rumaja, Rumija, dan Ruwasja.

1. Rumaja, dibatasi oleh lebar, tinggi, dan kedalaman tertentu, meliputi bagian badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengaman.
 - a. Tinggi ruang bebas minimal 5,1 m di atas permukaan jalur lalu lintas;
 - b. Kedalaman ruang bebas sekurang-kurangnya 1,5m di bawah permukaan tanah terendah (kaki tiang jembatan);
 - c. Lebar ruang bebas diukur di antara 2 (dua) garis vertikal batas bahu jalan;
2. Rumija, merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi, dan kedalaman tertentu, meliputi Rumaja dan sejalur tanah tertentu di luar Rumaja, sekurang-kurangnya sama dengan Rumaja diproyeksikan ke tanah dasar.
3. Butir 2(dua) di atas tidak berlaku jika di bawahnya ada jalan lain.
4. Ruwasja diperuntukkan bagi pandangan bebas pengemudi dan pengaman konstruksi jalan. Ruwasja pada dasarnya adalah ruang lahan milik masyarakat umum yang mendapat pengawasan dari pembina jalan.

2.5 Analisis Volume Lalu lintas dan Kapasitas Jalan


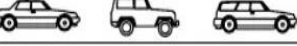

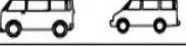














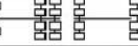



Analisis volume lalu lintas didasarkan pada survey faktual. Untuk keperluan desain, volume lalu lintas dapat diperoleh dari :

1. Survey lalu lintas aktual, dengan durasi minimal 7 x 24 jam. Pelaksanaan survey agar mengacu pada Pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas dengan cara Manual Pd T-19-2004-B atau dapat menggunakan peralatan dengan pendekatan yang sama.
2. Hasil – hasil survey lalu lintas sebelumnya.
3. Untuk jalan dengan lalu lintas rendah dapat menggunakan nilai perkiraan dari nomor 1.11 Perkiraan Lalu Lintas untuk Jalan dengan Lalu Lintas Rendah.

2.5.1. Jenis Kendaraan

Sistem klasifikasi kendaraan dinyatakan dalam Pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas (Pd T-19-2004-B). Beban gandar kendaraan penumpang dan kendaraan ringan sampai sedang cukup kecil sehingga tidak berpotensi menimbulkan kerusakan struktural pada perkerasan. Hanya kendaraan niaga dengan jumlah roda enam atau lebih yang perlu diperhitungkan dalam analisis. Dibawah ini merupakan tabel konfigurasi sumber berdasarkan golongan dan kelompok jenis kendaraan.

Tabel 2.3 Golongan dan Kelompok Jenis Kendaraan

Golongan	Kelompok jenis kendaraan	Jenis kendaraan	Konfigurasi sumbu	Kode
1	Sepeda motor, kendaraan roda-3			
2	Sedan, jeep, station wagon			1.1
3	Angkutan penumpang sedang			1.1
4	Pick up, micro truk dan mobil hantaran			1.1
5a	Bus kecil			1.1
5b	Bus besar			1.2
6a	Truk ringan 2 sumbu			1.1
6b	Truk sedang 2 sumbu			1.2
7a	Truk 3 sumbu			1.2.2
7b	Truk gandengan			1.2.2 - 2.2
7c	Truk semitrailer			1.2.2.2.2
8	Kendaraan tidak bermotor			

Sumber: Pd T-19-2004-B

2.5.2. Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah perkiraan jumlah kendaraan yang melintas pada suatu titik dalam satuan waktu (menit, jam, hari). Volume lalu lintas digunakan untuk menentukan jumlah dan lebar lajur jalan. Menurut Silvia Sukirman 1999 terdapat dua jenis LHR, yaitu sebagai berikut :

1. Lalu lintas harian rata-rata (LHR)

Yaitu jumlah lalu lintas kendaraan selama per jam yang digunakan untuk perencanaan geometrik jalan, Gambar fluktuasi dalam satu hari antara 0-100% LHR. Volume jam perencanaan tidak boleh terjadi selama berjam- jam selama kurang lebih satu tahun, dan kelebihan volume lalu lintas tidak boleh melebihi 15%.

$$\text{LHR} = \frac{\text{Jumlah Lalu Lintas Selama Pengamatan}}{\text{Lamanya Pengamatan}} \dots\dots\dots(2.1)$$

2. Lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT)

Yaitu jumlah lalu lintas yang melintas selama 24 jam dalam satu tahun.

$$\text{LHRT} = \frac{\text{Jumlah Lalu Lintas dalam Satu Tahun}}{365 \text{ Hari}} \dots\dots\dots(2.2)$$

2.5.3. Volume Jam Rencana (VJR)

Volume jam rencana yaitu volume arus lalu lintas harian pada akhir tahun yang dinyatakan dalam SMP/hari. Sedangkan volume arus lalu lintas jam rencana adalah prakiraan volume arus lalu lintas pada jam sibuk, dinyatakan dalam satuan smp/jam, dihitung dengan rumus berikut :

$$Q_{DH} = \text{LHRT} \times k \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

Q_{DH} = Volume jam rencana

k = Faktor volume arus lalu lintas pada jam sibuk

2.5.4. Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Satuan mobil penumpang didefinisikan sebagai satuan untuk arus lalu lintas dan berbagai tipe kendaraan yang diubah menjadi kendaraan ringan (LV) dengan menggunakan ekuivalensi mobil penumpang (emp), yaitu faktor konversi berbagai jenis kendaraan di bandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan (LV) lainnya. Tabel Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 diperlukan untuk penentuan nilai ekuivalen Mobil Penumpang (EMP) berikut dibawah ini merupakan nilai emp untuk jalan dengan 4 lajur 2 arah:

Tabel 2.4 Ekuivalen Mobil Penumpang untuk jalan 4/2 D (Terbagi) dan 4/2 UD (Tak Terbagi)

Tipe alinyemen	Arus kend/jam MW terbagi per arah kend/jam	emp		
		MHV	LB	LT
Datar	0	1,2	1,2	1,6
	1250	1,4	1,4	2,0
	2250	1,6	1,7	2,5
	≥ 2800	1,3	1,5	2,0
Bukit	0	1,8	1,6	4,8
	900	2,0	2,0	4,6
	1700	2,2	2,3	4,3
	≥ 2250	1,8	1,9	3,5
Gunung	0	3,2	2,2	5,5
	700	2,9	2,6	5,1
	1450	2,6	2,9	4,8
	≥ 2000	2,0	2,4	3,8

Sumber: MKJI 1997

2.5.5. Kapasitas Jalan

Menurut Silvia Sukirman 1999, kapasitas adalah jumlah kendaraan yang dapat melewati penampang jalan dalam waktu satu jam disekitar lalu lintas tersebut.. Nilai kapasitas dapat diperoleh dari kapasitas dasar berdasarkan kondisi jalan yang direncanakan. Persamaan dasar untuk menentukan kapasitas pada Jalan Bebas Hambatan adalah sebagai berikut

$$C = C_o \times F_{cw} \times F_{csp} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

C = Kapasitas (smp/jam)

C_o = Kapasitas dasar (smp/jam)F_{cw} = Faktor penyesuaian kapasitas akibat lebar jalur lalu lintas pada jalan bebas hambatanF_{csp} = Faktor penyesuaian pemisahan arah (hanya untuk jalan bebas hambatan tak terbagi)

Kapasitas dasar untuk jalan bebas hambatan ditentukan pada tabel berikut:

Tabel 2.5 Kapasitas Dasar Jalan Bebas Hambatan Terbagi

Tipe jalan bebas hambatan/ Tipe alinyemen	Kapasitas dasar (smp/jam/lajur)
Empat- dan enam-lajur terbagi	
- Datar	2300
- Bukit	2250
- Gunung	2150

Sumber: MKJI 1997

Faktor penyesuaian kapasitas akibat lebar jalur lalu lintas pada jalan bebas hambatan terlampir pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.6 Faktor penyesuaian kapasitas akibat lebar jalur lalu lintas pada jalan bebas hambatan

Tipe Jalan Bebas Hambatan	Lebar efektif jalur lalu lintas W_c (m)	FC_w
Empat lajur terbagi Enam lajur terbagi	Per lajur 3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,03
Dua lajur tak-terbagi	Total kedua arah 6,5	0,96
	7	1,00
	7,5	1,04

Sumber: MKJI 1997

2.5.6. Derajat Kejenuhan (DS)

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai arus jalan yang berkaitan dengan kapasitas jalan, yang digunakan dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Nilai DS menunjukkan bahwa apakah segmen jalan tersebut memiliki masalah pada kapasitas atau tidak. Derajat kejenuhan (DS) ditentukan dengan rumus berikut :

$$DS = \frac{Q}{C} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

DS = Derajat kejenuhan

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

2.5.7. Tingkat Pelayanan Jalan (*Level of Service = LOS*)

Menurut HCM (*Highway Capacity Manual* dari Amerika) 1985, yang terdapat dalam buku Suwardo dan Iman Haryanto 2018. Tingkat pelayanan jalan merupakan kondisi gabungan dari rasio volume dan kapasitas (V/C) dan kecepatan. Tingkat pelayanan jalan bebas hambatan untuk jalan tol yaitu kemampuan ruas jalan untuk menampung lalu lintas pada keadaan tertentu

Ada 6 tipe tingkat pelayanan dengan ciri ciri sebagai berikut :

Tabel 2.7 Tipe Tingkat Pelayanan

Tipe	Deskripsi Kondisi Jalan	% <i>Free Flow Speed</i>	Derajat Kejenuhan (Q/C)
Tipe A	1. Arus lalu lintas bebas tanpa hambatan pengemudi	≥ 90	$\leq 0,35$
	2.. Volume dan kepadatan lalu lintas rendah 3. Kecepatan kendaraan merupakan pilihan pengemudi		
Tipe B	1. Arus lalu lintas stabil 2. Kecepatan mulai dipengaruhi oleh keadaan lalu lintas, tetapi tetap dapat dipilih sesuai dengan kehendak pengemudi	≥ 70	$\leq 0,54$
Tipe C	1. Arus lalu lintas masih stabil 2. Kecepatan perjalanan dan kebebasan bergerak sudah dipengaruhi oleh besarnya volume lalu lintas sehingga pengemudi tidak dapat memilih kecepatan yang diinginkannya	≥ 50	$\leq 0,77$
Tipe D	1. Arus lalu lintas sudah mulai tidak stabil 2. Perubahan volume lalu lintas sangat mempengaruhi besarnya kecepatan perjalanan	≥ 40	$\leq 0,93$
Tipe E	1. Arus lalu lintas sudah tidak stabil 2. Volume kira-kira sama dengan kapasitas 3. Sering terjadi kemacetan	≥ 33	$\leq 1,0$

Tipe	Deskripsi Kondisi Jalan	% <i>Free Flow Speed</i>	Derajat Kejenuhan (Q/C)
Tipe F	1. Arus lalu lintas tertahanan pada kecepatan rendah 2. Sering kali terjadi kemacetan	≥ 33	$\leq 1,0$

Sumber: Silvia Sukirman (1992)

2.5.8. Umur Rencana

Umur rencana perkerasan baru dinyatakan pada Tabel 2.8 berikut ini.

Tabel 2.8 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru

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

Catatan :

1. Jika dianggap sulit untuk menggunakan umur rencana diatas, maka dapat digunakan umur rencana berbeda, namun sebelumnya harus dilakukan analisis dengan *discounted lifecycle cost* yang dapat menunjukkan bahwa umur rencana tersebut dapat memberikan *discounted lifecycle cost* terendah. Nilai bunga diambil dari nilai bunga rata-rata dari Bank Indonesia, yang dapat diperoleh dari <http://www.bi.go.id/web/en/Moneter/BI+Rate/Data+BI+Rate/>.
2. Umur rencana harus memperhitungkan kapasitas jalan.

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan (2017)

Umur rencana fondasi untuk jalan baru dan pelebaran minimum 40 tahun dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Fondasi perkerasan tidak dapat ditingkatkan selama masa pelayanan, kecuali dengan cara rekonstruksi menyeluruh.
- b. Perkerasan lentur dengan desain fondasi di bawah standar mungkin memerlukan perkuatan dengan lapisan aspal tambahan berulang kali selama masa pelayanannya sehingga biaya total perkerasan (*lifecycle cost*) menjadi lebih mahal dibandingkan dengan perkerasan yang didesain dengan baik.

- c. Perkerasan kaku di atas tanah lunak dengan desain fondasi di bawah standar (*underdesign*) cenderung mengalami keretakan dini yang dalam kasus terburuk mungkin memerlukan penggantian pelat beton.

2.5.9. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data–data pertumbuhan series (*historical growth data*) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Jika tidak tersedia data maka Tabel 2.9 dapat digunakan selama (2015 – 2035).

Tabel 2.9 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%)

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

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2017

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*)

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

Dengan :

- R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif
 i = laju pertumbuhan tahunan lalu lintas tahunan (%)
 UR = total umur rencana (tahun)

2.5.10. 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 ganda standar 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. Beban desain pada setiap lajur tidak boleh melampaui kapasitas lajur selama umur rencana. Kapasitas lajur mengacu Permen PU No.19/PRT/M/2011 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan berkaitan rasio antara volume dan kapasitas jalan yang harus dipenuhi. Berikut merupakan Tabel Faktor Distribusi Lajur (DL)

Tabel 2.10 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah Lajur setiap arah	Kendaraan niaga pada lajur desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan (2017)

2.5.11 Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga

Berdasarkan pedoman desain perkerasan kaku (Pd T-14-2003), beban lalu lintas desain didasarkan pada distribusi kelompok sumbu kendaraan niaga (*heavy vehicle axle group/HVAG*). Dalam perhitungan struktur perkerasan kaku, didasarkan pada jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) pada lajur rencana selama umur rencana. Adapun perhitungan jumlah sumbu kendaraan niaga harian (JSKNH) adalah sebagai berikut :

$$\text{JSKNH} = \text{LHR} \cdot \text{Jumlah sumbu kendaraan} \dots \dots \dots (2.6)$$

dimana :

JSKNH : jumlah sumbu kendaraan niaga harian

LHR : lintas harian rata-rata (satuan kendaraan per hari)

Jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) didapatkan pada persamaan 2.6 sebagai berikut :

$$\text{JSKN} = \text{JSKNH} \cdot \text{R} \cdot 365 \cdot \text{DD} \cdot \text{DL} \quad (2.7)$$

dimana :

JSKN : jumlah sumbu kendaraan niaga

JSKNH : jumlah sumbu kendaraan niaga harian

R : faktor pertumbuhan lalu lintas

DD : faktor distribusi arah

DL : faktor distribusi lajur

Jumlah sumbu kendaraan yang digunakan pada perhitungan persamaan 2.7 berdasarkan pada tabel kelompok sumbu yang didapatkan pada Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 pada tabel 4.5 halaman 4-6 yang dijelaskan pada tabel 2.11 dibawah ini:

Tabel 2.11 Kelompok Sumbu

	Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi sumbu	Muatan ² yang diangkut	Kelompok sumbu
	Klasifikasi Lama	Alternatif				
	1	1	Sepeda motor	1.1	Muatan ² yang diangkut	2
	2, 3, 4	2, 3, 4	Sedan / Angkot / Pickup / Station wagon	1.1		2
	5a	5a	Bus kecil	1.2		2
	5b	5b	Bus besar	1.2		2
KENDARAAN NIAGA	6a.1	6.1	Truk 2 sumbu – cargo ringan	1.1	muatan umum	2
	6a.2	6.2	Truk 2 sumbu – ringan	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2
	6b1.1	7.1	Truk 2 sumbu – cargo sedang	1.2	muatan umum	2
	6b1.2	7.2	Truk 2 sumbu – sedang	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2
	6b2.1	8.1	Truk 2 sumbu – berat	1.2	muatan umum	2
	6b2.2	8.2	Truk 2 sumbu – berat	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2
	7a1	9.1	Truk 3 sumbu – ringan	1.22	muatan umum	3
	7a2	9.2	Truk 3 sumbu – sedang	1.22	tanah, pasir, besi, semen	3
	7a3	9.3	Truk 3 sumbu – berat	1.1.2		3
	7b	10	Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	1.2-2.2		4
	7c1	11	Truk 4 sumbu - trailer	1.2-22		4
	7c2.1	12	Truk 5 sumbu - trailer	1.2-22		5
	7c2.2	13	Truk 5 sumbu - trailer	1.2-222		5
	7c3	14	Truk 6 sumbu - trailer	1.22-222		6

Sumber: Manual Desain Perkerasan (2017)

2.6 Perencanaan Geometrik Jalan

2.6.1 Pengertian Perencanaan Geometrik Jalan

Suatu desain geometrik jalan harus menganut konsep efektif efisien, ekonomis, berkeselamatan, dan berwawasan lingkungan sesuai dengan yang diatur dalam Permen PU No.19/PRT/M/2011 tentang persyaratan teknis jalan (PTJ) dan kriteria desain teknis jalan (KPTJ). Semua PTJ harus dipenuhi yang meliputi kecepatan rencana, lebar badan jalan, kapasitas jalan, jalan masuk (akses), persimpangan sebidang, bangunan pelengkap jalan penggunaan jalan (sesuai fungsinya) dan ketidak-terputusan jalan.

Menurut Suwardo dan Iman Haryanto 2018, Perencanaan geometrik jalan merupakan salah satu bagian dari perencanaan jalan yang bertujuan menentukan dimensi dan bagian-bagian yang telah disesuaikan pada lalu lintas agar dapat menciptakan suatu hubungan dengan kendaraan sehingga menghasilkan kenyamanan dan keamanan. Dalam merencanakan geometrik jalan harus memperhatikan beberapa faktor yang dapat berpengaruh pada perancangan geometrik.

a. Keadaan Fisik dan Topografi Daerah

Keadaan fisik dan topografi sangat mempengaruhi apakah tanah tersebut baik atau jelek. Kondisi iklim baik pada musim hujan maupun kemarau perlu dipertimbangkan secara baik dalam perencanaan.

b. Data Lalu Lintas

Berikut ini aspek lalu lintas yang terkait dalam perancangan geometrik jalan

1. Kendaraan standar
2. Tingkat pelayanan
3. Volume lalu lintas

c. Kecepatan Kendaraan

Kecepatan kendaraan dibedakan menjadi tiga bagian, sebagai berikut :

1. Kecepatan rencana (*design speed*)
2. Kecepatan sesaat (*spot speed*)
3. Kecepatan tempuh rata-rata (*average speed*)

d. Kapasitas Jalan

Kapasitas jalan dibedakan menjadi tiga bagian, sebagai berikut :

1. Kapasitas dasar (*basic capacity*)
2. Kapasitas mungkin (*possible capacity*)
3. kapasitas rencana (*design capacity, service volume*)

2.6.2 Parameter dalam Perencanaan Geometrik Jalan

Ketentuan teknis untuk suatu desain geometrik jalan meliputi:

- a. Kriteria desain,
- b. Penentuan trase,

- c. Jarak pandang,
- d. Alinemen horizontal, termasuk di dalamnya jarak pandang dan daerah bebas samping di tikungan.,
- e. Alinemen vertikal dan koordinasi alinemen horizontal dan vertikal,
- f. Penampang Melintang Jalan, dan
- g. Koordinasi alinemen.

Kriteria desain menjadi dasar untuk kajian koridor, penetapan jarak pandang, desain alinemen horizontal, desain alinemen vertikal dan tipikal potongan melintang jalan.

2.7 Kriteria Desain

2.7.1 Kriteria Desain Utama

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:

- a. Kriteria desain utama
- b. Kriteria desain teknis

Kriteria Desain Utama adalah:

- a. Kecepatan Desain (V_D),

Pertimbangan utama dalam memilih V_D adalah:

- a. Memungkinkan kendaraan desain melintas dengan aman dan nyaman pada batas-batas kecepatan operasional yang ditentukan, dalam cuaca yang cerah, arus lalu lintas yang kepadatannya sedang, dan gangguan dari jalan masuk yang dapat diabaikan.
- b. Mempertimbangkan fungsi jalan dan dipilih V_D tertinggi dari rentang nilai V_D yang diizinkan (lihat Tabel 5-1), kecuali dipilih yang lebih rendah karena pertimbangan keselamatan, ekonomi (termasuk ketersediaan dana), lingkungan, dan kemudahan konstruksi.

- c. Mempertimbangkan medan jalan (datar, bukit, dan gunung).
- d. Mempertimbangkan karakter pengemudi.
- e. Pada ruas jalan yang akan ditingkatkan di masa yang akan datang atau pelaksanaan konstruksi bertahap, maka V_D yang dipilih hendaknya yang sesuai dengan V_D di masa yang akan datang (akhir umur desain final).

Nilai-nilai kriteria desain utama yang lain dapat ditetapkan dan Tabel 5-2 didalam Pedoman Desain Geometrik Jalan 2021 berlaku untuk JBH, Jalan Antarkota, dan Jalan Perkotaan terlampir sebagai berikut:

Tabel 2.12 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 Tabel 5-57					
R_{min} lengkung vertikal cekung							

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

Sumber: Pedoman Desain Geometrik (2021)

Mengacu pada Permen PU No.19/PRT/M/2011, pasal 12 s.d pasal 18, PP No.34/2006, serta PP No.79/2013, pasal 23, Tabel 5-1 dapat digunakan untuk pemilihan rentang V_D sebagai berikut:

Tabel 2.13 Persyaratan Teknis Jalan Untuk Ruas Jalan dalam Sistem Jaringan Jalan Primer

LAMPIRAN PERATURAN MENTERI PEKERJAAN UMUM
 NOMOR : 19/PRT/M/2011
 TANGGAL : 15 Desember 2011

PERSYARATAN TEKNIS JALAN UNTUK RUAS JALAN DALAM SISTEM JARINGAN JALAN PRIMER

SPESIFIKASI PENYEDIAAN PRASARANA JALAN		JALAN BEBAS HAMBATAN			JALAN RAYA			JALAN SEDANG	JALAN KECIL Untuk kendaraan bermotor beroda 3 atau lebih	
LHRT (SMP/Hari)	Medan Datar	≤ 156.000	≤ 117.000	≤ 78.000	≤ 110.000	≤ 82.000	≤ 61.000	≤ 22.000	≤ 17.000	
	Medan Bukit	≤ 153.000	≤ 115.000	≤ 77.000	≤ 106.600	≤ 79.900	≤ 59.800	≤ 21.500	≤ 16.300	
	Medan Gunung	≤ 146.000	≤ 110.000	≤ 73.000	≤ 103.400	≤ 77.700	≤ 58.100	≤ 20.800	≤ 15.800	
FUNGSI JALAN (PENGGUNAAN JALAN)		Arteri (Kelas I, II, III, Khusus) Kolektor (Kelas I, II, III)			Arteri (Kelas I, II, III, Khusus) Kolektor (Kelas I, II, III) Lokal (Kelas II, III)				Lokal, Lingkungan (Kelas III)	
TIPE JALAN PALING KECIL		4/2-T			4/2-T				2/2-TT	
PERKERASAN JALAN	Jenis Perkerasan		BERPENUTUP ASPAL/BETON			BERPENUTUP ASPAL/BETON		BERPENUTUP ASPAL/BETON	TANPA PENUTUP KERIKIL/TANAH (Khusus untuk LHRT ≤ 500smp/hari)	
	KERATAN	IRI paling besar	4			6		8	10	
		RCI paling kecil	BAIK			BAIK - SEDANG		SEDANG	SEDANG	
KECEPATAN RENCANA, V _R , (Km/J)		Medan Datar	80 - 120			60 - 120		60 - 80	30 - 60	
		Medan Bukit	70 - 110			50 - 100		50 - 80	25 - 50	
		Medan Gunung	60 - 100			40 - 80		30 - 80	20 - 40	
POTONGAN MELINTANG	RUMAJA paling kecil	Lebar	42,50	35,50	28,50	38,00	31,00	24,00	13,00	8,50
		Tinggi, m	5,00			5,00		5,00	5,00	5,00
		Dalam, m	1,50			1,50		1,50	1,50	1,50
	RUMIJA lebar paling kecil, m		30,00			25,00		15,00	11,00	
	RUWASJA lebar paling kecil, m	Arteri	15			15		15	-	
		Kolektor	10			10		10	-	
Lokal		-			7		7	7		
Jalan lingkungan		-			-		5	5		

	Jembatan	100	100	100	100
Badan Jalan , lebar paling kecil, m	Arteri	21.00	18.00	11.00	11.00
	Kolektor	21.00	18.00	9.00	9.00
	Lokal	-	-	-	7.50
	Lingkungan	-	-	-	6.5
	Lingkungan untuk roda dua	-	-	-	3.50
Lebar jalur lalu-lintas , m	V _R < 80 Km/Jam	2x(4x3,50) 2x(3x3,50) 2x(2x3,50)	2x(4x3,50) 2x(3x3,50) 2x(2x3,50)	2x3,50	2x2,75
	V _R ≥ 80 Km/Jam	2x(4x3,60) 2x(3x3,60) 2x(2x3,60)	2x(4x3,60) 2x(3x3,60) 2x(2x3,60)	-	-
Lebar Bahu Jalan paling kecil, m.	Medan Datar	Bahu luar 3,50 dan bahu dalam 0,50	Bahu luar 2,00 dan bahu dalam 0,50	1,00	1,00
	Medan Bukit	Bahu luar 2,50 dan bahu dalam 0,50	Bahu luar 1,50 dan bahu dalam 0,50	1,00	1,00
	Medan Gunung	Bahu luar 2,00 dan bahu dalam 0,50	Bahu luar 1,00 dan bahu dalam 0,50	0,50	0,50
Lebar Median paling kecil, m (lebar median termasuk lebar bahu dalam, lebar marka garis tepi termasuk bahu dalam)	Direndahkan	9,00	9,00	Tanpa Median	Tanpa Median
	Ditinggikan	2,80 ; ditinggikan setinggi kereb dan dilengkapi rel pengaman, untuk kecepatan rencana < 80 Km/Jam; Konfigurasi lebar bahu dalam+bangunan pemisah setinggi kereb + bahu dalam: 1,00+0,80+1,00.	1,50 ; ditinggikan setinggi kereb untuk kecepatan rencana < 60 Km/Jam dan menjadi 1,80 ; jika median dipakai lapak penye-berang. Konfigurasi lebar bahu dalam+bangunan pemisah setinggi kereb+bahu dalam: 0,50+0,50+0,50 dan 0,50+0,80+0,50 jika dipakai lapak penyeberangan		
		3,80 ; ditinggikan setinggi 1,10m berupa penghalang beton, untuk kecepatan rencana ≥ 80 Km/Jam dengan konfigurasi lebar bahu dalam+bangunan pemisah setinggi 1,10m+bahu dalam: 1,50+0,80+1,50.	2,00 ; ditinggikan 1,10m berupa penghalang beton, untuk kecepatan rencana ≥ 60 Km/Jam. Konfigurasi lebar bahu dalam+bangunan pemisah setinggi kereb+bahu dalam: 0,75+0,50+0,75		
Lebar Pemisah Lajur paling kecil, m.	Dengan Rambu	Jembatan	2.00	Tanpa jalur pemisah	Tanpa jalur pemisah
	Tanpa Rambu		1.00		
	Untuk jalan Sepeda motor	Lebar paling kecil 2 m + pagar pemisah			
Lebar Trotoar		1.0	1.0	1.0	1.0
Lebar Saluran Tepi paling		1,00	1,00	1,00	0,50

	kecil, m					
	Lebar Ambang Pengaman paling kecil, m	1,00	1.00	1.00	1.00	
	Kemiringan normal perkerasan Jalan, %	3	3	3	3	
	Kemiringan Bahu Jalan paling besar, %	5	6	6	6	
POTONGAN MEMANJANG	Jarak antar Jalan masuk paling dekat, m	Pada jalan Bebas Hambatan, tidak ada jalan masuk langsung dan tidak ada Persimpangan sebidang. Jarak antar persimpangan tidak sebidang paling kecil 5 km.	Pada jalan arteri paling sedikit 1,00 Km dan pada jalan kolektor paling sedikit 0,50 Km. Pada jalan lama, untuk mengatasi jalan masuk yang banyak dapat dibuat jalur samping untuk menampung semua jalan masuk dan membatasi bukaan sebagai jalan masuk ke jalur utama sesuai jarak terdekat di atas.		-	
	Jarak antar persimpangan sebidang paling dekat, km		Pada jalan arteri jarak antara persimpangan sebidang paling kecil 3,00 Km dan pada jalan kolektor 0,50 Km.		-	
	Superelevasi paling besar, %	8	8		8	
	Kekesatan melintang paling tinggi	0,14	0,14		0,14	
	Kekesatan memanjang paling tinggi	0,33	0,33		0,33	
	Kelandaian Paling besar, %	Alinemen Datar	4	5	6	6
		Alinemen Bukit	5	6	7	8
Alinemen Gunung		6	10	10	12	

Sumber: Pedoman Desain Geometrik (2021)

Tabel 2.14 Tipikal Kriteria Desain Utama Untuk JBH

No.	Elemen kriteria desain utama	Nilai Kriteria desain utama
1	Peran menghubungkan	Titik A ke Titik B sebagai jalan Tol
2	Penggolongan jalan	Jalan umum SJJ: Primer Status: Jalan Nasional Fungsi: Jalan Arteri Primer Kelas: I (kendaraan desain adalah Truk Tempelan T1.22+222 urutan no. 17 dalam Tabel 5-9) SPPJ: JBH
3	Rentang V_D , Km/Jam	80 - 120

Sumber: Pedoman Desain Geometrik (2021)

Tabel 2.15 Tipikal kriteria desain teknis geometrik lainnya untuk JBH

No	Elemen Kriteria Desain Teknis Geometrik Jalan	Nilai Kriteria
1	V_d Km/Jam (Medan Datar)	100
	(Medan Bukit dan Gunung)	80
2	$Grade_{max}$ (%) (Medan Datar)	4,0
	(Medan Bukit dan Gunung)	6,0
3	KekesatPan Melintang paling besar (f_{max})	0,12
4	Superelevasi paling besar (e_{max}),%	6,0
5	R_{min} lengkung horizontal, m	200
6	L_{min} lengkung Vertikal, m, atau nilai K	120 m atau K cembung > 11 dan K cekung >17
7	Panjang bagian lurus paling panjang, m	2.500
8	Tipe Jalan dan dimensi jalan	JBH 4/2 T
	Lebar lajur, m	3,6
	Lebar bahu, m	2,5
	Lebar median ditinggikan selokan samping berbentuk V, m	3,8
		1,5
9	Kelandaian melintang (Lajur jalan, %)	2%
	(Bahu, %)	5%

Sumber: Pedoman Desain Geometrik (2021)

b. Kelas penggunaan jalan

Pada awal desain, harus ditetapkan peran jalan dalam menghubungkan simpul-simpul jasa distribusi (contoh, menghubungkan IKP dengan IKK, baik keseluruhan segmen atau pun hanya sebagian dari peran menghubungkan tersebut). Dengan mengacu kepada Tabel 2.14, maka dapat ditetapkan SJJ, pengelola, fungsi, kelas, dan SPPJ jalan tersebut yang sesuai dengan

karakter penggolongannya, tipe jalan paling kecil dan rentang VD.

Tabel 2.16 Korelasi padanan antar pengelompokan jalan berdasarkan SJJ, Fungsi, Status, Kelas, dan SPPJ serta tipe jalan dan rentang VD

SJJ	Peran menghubungkan	Pengelompokan fungsi Jalan	Status dan Penyelenggara jalan	Kelas jalan			SPPJ	Tipe jalan (paling kecil)	Rentang V_D , 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 - IKN		Jalan Nasional (Jalan Perintis dan Ex jalan daerah)	X	X	X	JRY	4/2-T	60 - 100	50 - 90	40 - 80	-IKP=Ibu Kota Provinsi
	IKP - IKP		Jalan Nasional (Jalan perintis dan Ex jalan daerah)	X	X	X	JRY	4/2-T	40 - 80	30 - 70	20 - 60	-IKK=Ibu Kota Kabupaten
	IKP - IKP	Jalan Kolektor Primer	Jalan Nasional (Jalan perintis dan Ex jalan daerah)	-	-	X	JLR	2/2-TT	15 - 60	15 - 50	15 - 40	-KT=Kota
	IKP - IKP		Jalan Nasional (Jalan perintis dan Ex jalan daerah)	X	X	X	JRY	4/2-T	40 - 80	30 - 70	20 - 60	-IKC=Ibu Kota Kecamatan
	IKP - IKK/KT	Jalan Lokal Primer	Jalan Provinsi (Pemerintah Provinsi)	-	-	X	JLR	2/2-TT	15 - 40	15 - 40	15 - 40	-PD=Desa (di pulau Jawa seperti kelurahan)
	IKK - IKK		Jalan Provinsi (Pemerintah Provinsi)	X	X	X	JSD	2/2-TT	40 - 80	30 - 70	20 - 60	-DS=Desa (di pulau Jawa seperti Dukuh)
	KT - KT		Jalan Provinsi (Pemerintah Provinsi)	X	X	X	JSD	2/2-TT	40 - 80	30 - 70	20 - 60	-KP=Kawasan Primer
	IKK - IKC		Jalan Kabupaten (Pemerintah Kabupaten)	-	X	X	JSD	2/2-TT	20 - 60	20 - 50	20 - 40	-KS1=Kawasan Sekunder1
	IKK - PD		Jalan Kabupaten (Pemerintah Kabupaten)	-	X	X	JSD	2/2-TT	20 - 60	20 - 50	20 - 40	-KS2=Kawasan Sekunder2
	IKC - IKC		Jalan Kabupaten (Pemerintah Kabupaten)	-	-	X	JKC	2/2-TT	20 - 60	20 - 50	20 - 40	-KS3=Kawasan Sekunder3
	IKC - PD		Jalan Kabupaten (Pemerintah Kabupaten)	-	-	X	JKC	2/2-TT	20 - 60	20 - 50	20 - 40	-KS _n =Kawasan Sekunder ke-n;
	PD - PD		Jalan Kabupaten (Pemerintah Kabupaten)	-	-	X	JLR	2/2-TT	20 - 60	20 - 50	20 - 40	-Prm=Perumahan/Persil
	PD - DS		Jalan Lingkungan Primer	Jalan Kabupaten (Pemerintah Kabupaten)	-	-	X	JLR	1/2	15 - 30	15 - 30	15 - 30
DS - DS	Jalan Kabupaten (Pemerintah Kabupaten)			-	-	X	JLR	1/2	15 - 30	15 - 30	15 - 30	

Sumber: Pedoman Desain Geometrik (2021)

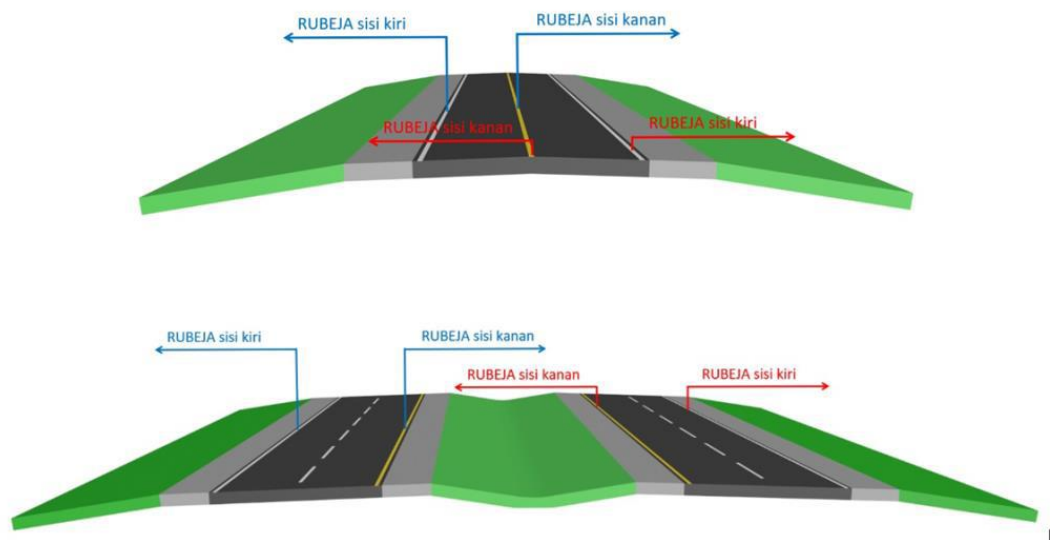
2.7.2 Kriteria Desain Teknis

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.

2.7.3 Ruang Bebas Jalan

Rubeja adalah area di sisi jalan yang lebarnya diukur dari batas lajur lalu lintas terluar ke arah luar sampai dengan lebar tertentu sesuai ketentuan tetapi tidak melampaui batas Rubeja (Gambar 2.1), pada sebagian atau sepanjang ruas jalan, bersih dari segala objek berbahaya yang berisiko tertabrak oleh kendaraan yang mengalami hilang kendali keluar dari jalur lalu lintas, sehingga area tersebut dapat dilalui kendaraan serta kembali ke lajur lalu lintasnya dengan selamat atau kendaraan tersebut dapat berhenti dengan selamat.



Gambar 2.1 Rubeja pada tipe jalan 2/2 TT (atas) dan pada tipe jalan 4/2 T (Bawah)

Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan (2021)

Rubeja diterapkan pada ruas-ruas jalan baru yang didesain berkecepatan tinggi, seperti JBH dan JRY, atau pada desain reconstruksi jalan eksisting yang diketahui memiliki riwayat kecelakaan tipe lepas kendali keluar lajur lalu lintas yang signifikan. Pada ruas JBH (termasuk jalan tol) baru, Rubeja idealnya diterapkan secara penuh (disisi kanan dan sisi kiri), dengan mempersiapkan tipe JBH yang dilengkapi median direndahkan (lebar median direndahkan paling kecil 9,0m). Median yang lebar ini, pada awalnya dapat

diperankan sebagai Rubeja dan dapat menjadi persiapan lahan untuk penambahan lajur dimasa yang akan datang. Penerapan Rubeja pada JBH yang telah beroperasi, dilakukan apabila tersedia lahan yang memadai dalam Rumija.

2.7.4 Kendaraan Desain

Secara umum kendaraan rencana adalah kendaraan yang memiliki standar tertentu seperti bentuk, ukuran dan daya kemampuan. yang dapat digunakan dalam perencanaan geometrik jalan. Undang-undang Nomor 22/2009 Pasal 19 mengatur bahwa jalan kelas I harus mampu dilalui oleh kendaraan paling besar dengan klasifikasi Kendaraan Besar (termasuk kendaraan dengan klasifikasi Kendaraan Sedang dan Kendaraan Kecil). Jalan kelas II harus mampu dilalui oleh kendaraan bermotor paling besar dengan klasifikasi Kendaraan Sedang (Kendaraan Besar dilarang masuk tetapi Kendaraan Kecil boleh masuk). Jalan kelas III hanya dapat dilalui oleh paling besar oleh kendaraan dengan klasifikasi Kendaraan Kecil yang artinya Kendaraan Besar dan Kendaraan Sedang tidak boleh masuk. Dimensi kendaraan rencana secara spesifik sebagai berikut :

Tabel 2.17 Dimensi dan Radius Putar Kendaraan Desain Sesuai Kelas Penggunaan Jalan

No	Jenis-jenis Kendaraan	Dimensi kendaraan			Jarak Antar Sumbu	Jujur		RPM	RPK	R _{maks}	R _{min} pada sudut belok kendaraan				
		Panjang	Lebar	Tinggi		Depan	Belakang				25°	45°	90°	135°	180°
		m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
Jenis-jenis kendaraan, berdasarkan dimensi, yang dapat beroperasi pada jalan kelas 1, 2, dan 3															
1	Toyota Avenza	4,19	1,66	1,69	2,65	0,75	0,79	5,49	4,72	5,82	3,58	3,40	3,28	3,19	3,10
2	Toyota Hiace	5,38	1,88	2,29	3,11	1,07	1,20	6,44	5,61	6,95	4,30	4,09	3,91	3,91	3,70
3	Isuzu ELF NLR 55 BLX	6,17	1,84	2,17	3,36	1,11	1,70	7,41	6,72	7,92	5,44	5,26	5,07	5,07	4,94
4	Truk Pemadam Kebakaran 2*	7,73	2,40		4,28	1,25	2,20	7,77	6,66	8,31	4,90	4,60	4,32	4,19	3,95
5	Bus Angkutan Masal Sedang*	7,30	2,15	3,15	3,74	1,24	2,33	6,80	5,81	7,35	4,28	3,98	3,65	3,55	3,41
6	Bus Mitsubishi Kecil	7,05	2,10	3,30	3,78	1,48	2,00	6,86	5,88	7,52	4,37	4,07	3,76	3,64	3,50
7	Bus Sedang Mitsubishi FE84GBQ(4x2)*	7,68	2,10	3,05	3,85	1,48	2,35	7,00	5,99	7,73	4,44	4,16	3,82	3,71	3,59
8	Truk Hino 500 Cargo FG 200 JM (T1.2)	8,85	2,49	2,75	5,08	1,28	2,49	9,08	7,90	9,60	5,99	5,62	5,23	5,00	4,86
9	Truk Isuzu Giga FVR 34 S 245 PS (T1.2)	7,60	2,49	2,97	4,30	1,25	2,05	7,69	6,69	8,38	4,89	4,59	4,25	4,10	3,92
Jenis-jenis kendaraan, berdasarkan dimensi, yang dapat beroperasi pada jalan kelas 1 dan 2															
10	Truk Pemadam Kebakaran 1*	9,93	2,49	-	4,60	1,40	2,48	9,31	8,17	9,93	6,24	5,89	5,46	5,36	5,08
11	Bus angkutan massal ukuran besar*	11,95	2,50	3,50	6,00	2,46	3,48	10,53	9,33	11,65	7,36	6,89	6,30	6,20	5,99
12	Truk Hino 500 Cargo FL 245 JW (T1.22)	11,95	2,49	2,78	5,83+1,35	1,28	3,49	11,11	10,06	11,83	8,03	7,60	7,08	6,83	6,59
13	Truk Isuzu Giga FVR 34 U (T1.2)	11,95	2,49	2,93	6,60	1,25	4,10	11,49	10,27	11,95	8,16	7,75	7,17	6,97	6,69
Jenis-jenis kendaraan, berdasarkan dimensi, yang dapat beroperasi pada jalan kelas 1															
14	Bus Besar	12,10	2,50	3,40	5,80	2,90	3,40	10,23	9,03	11,57	7,05	6,61	6,13	5,95	5,74
15	Truk Gandengan Hino 5 sumbu (T1.22+2.2)	16,80	2,50	2,50	3,20-7,50-1,40-1,40	1,70	3,70	11,37	10,13	11,75	7,53	6,70	5,79	4,54	3,89
16	Truk Gandengan Hino 4 sumbu (T1.2+2.2)	16,20	2,51	3,10	4,30-5,20-1,30	1,20	2,40	11,04	9,81	11,64	7,52	6,94	6,48	5,84	5,37
17	Truk Tempelan Hino 6 sumbu (T1.22+2.22)	16,40	2,50	3,20	3,40-1,20-6,70-1,30-1,30	1,20	1,40	11,47	10,24	11,84	7,64	6,86	6,02	4,70	4,01

Sumber: Lawalata dan Rahman, 2020

Catatan: RPM - Radius putar minimum ban kendaraan pada sumbu depan terluar
R_{min} - Radius putar minimum ban kendaraan pada sumbu paling belakang sebelah dalam
RPK - Radius putar pusat sumbu depan kendaraan
R_{max} - Radius putar badan kendaraan depan terluar

Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Bina Marga (2021)

2.8 Penentuan Trase

Penentuan trase ditentukan pada tahap studi kelayakan, ketika sejumlah desain alinemen dikaji dengan menggunakan informasi yang tersedia dan sudah digabungkan dalam peta topografi yang meliputi data topographi itu sendiri (termasuk kontur), geologi, guna lahan (termasuk daerah terbangun), cuaca (curah hujan dan kawasan banjir), lingkungan, budaya, dan populasi. Dalam menetapkan alinemen, desainer harus mempertimbangkan topografi, khususnya kelandaian memanjang jalan, daerah pegunungan, berbukit, dan datar, serta aliran air. Informasi geologi digunakan untuk menilai daerah batuan atau kondisi tanah yang memungkinkan digunakan, daerah tanah lunak, dan mengestimasi kondisi eksisting untuk menghindari longsor, penggalian, dan penimbunan dalam menentukan alinemen.

Faktor-faktor lain yang harus dipertimbangkan adalah lokasi dari setiap daerah-daerah yang rawan terhadap lingkungan, budaya, sebaran penduduk dan guna lahan. Faktor-faktor tersebut dikombinasi dengan informasi tentang V_d , klasifikasi jalan, volume lalu lintas, dan hasil penetapan kriteria desain geometrik jalan dalam proses pemilihan alinemen, sehingga menghasilkan desain yang efektif, efisien dan ekonomis.

2.9 Jarak Pandang dan Jarak Ruang Bebas Samping di Tikungan

Jarak pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seseorang pengemudi pada saat mengemudi sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. Berdasarkan Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Bina Marga 2021, Terdapat beberapa jenis jarak pandang, yaitu sebagai berikut :

1. Jarak Pandang Henti (J_{PH})

Merupakan jarak yang dibutuhkan oleh pengemudi untuk menghentikan keadaannya seketika melihat keadaan aman yang berada didepannya, maka pada setiap panjang jalan wajib dipenuhi jarak pandang sepanjang jarak pandangan henti minimum.

Rumus untuk menghitung jarak pandang henti sebagai berikut :

a. Jarak pandang henti (S_s) pada bagian datar

$$S_s = 0,278 \times V_R \times T + 0,039 \frac{V_R^2}{a} \dots \dots \dots (2.8)$$

b. Jarak pandang henti (S_s) akibat kelandaian

$$S_s = 0,278 \times V_R \times T + \frac{V_R^2}{254 \left\{ \left(\frac{a}{9,81} \right) \pm G \right\}} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

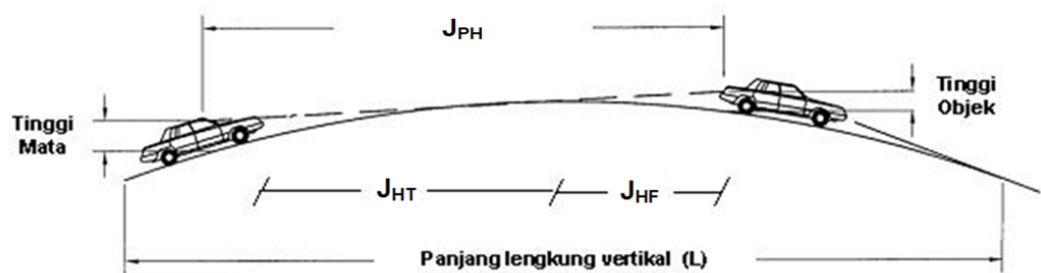
V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

T = waktu reaksi, ditetapkan 2,5 detik

a = tingkat keterlambatan ($m/detik^2$), ditetapkan 2,4 $m/detik^2$

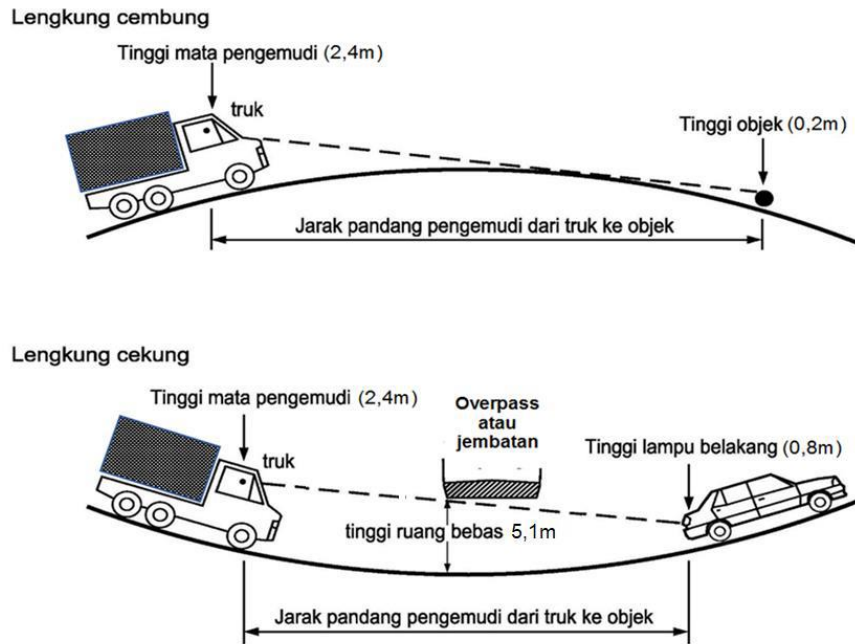
G = kelandaian jalan (%)

Gambar 2.2 mengilustrasikan bagian-bagian JPH yang terdiri dari jarak waktu reaksi pengemudi (J_{HT}) dan jarak pengereman (J_{HF}). Gambar 2.3 mengilustrasikan lokasi-lokasi yang harus memenuhi JPH Truk. Tabel 2.16 dan Tabel 2.18 menunjukkan nilai JPH untuk desain yang berdasarkan pada waktu reaksi 2,5 detik, perlambatan longitudinal 3,4 $m/detik^2$, dan koreksi tambahan jarak pandang pada kelandaian menurun atau pengurangan jarak pandang pada kelandaian menaik.



Gambar 2.2 Konsep Jph Mobil Penumpang

Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan (2021)



Gambar 2.3 Konsep Jph Untuk Truk

Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan (2021)

Tabel 2.18 J_{PH} Mobil Penumpang pada Kelandaian Datar, Menurun dan Menanjak

V_D (Km/Jam)	J_{ht} (m)	J_{hf} (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: Pedoman Desain Geometrik Jalan (2021)

Tabel 2.19 J_{PH} Truk pada Kelandaian Normal dan Korelasi 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: Pedoman Desain Geometrik Jalan (2021)

2. Jarak Pandang Mendahului (J_{PM})

Merupakan jarak pandang yang dibutuhkan oleh pengemudi untuk mengendalikan objek, pengemudi harus mencermati informasi ataupun kondisi yang apabila tidak diperhatikan dapat mengancam perjalanan menjadi tidak aman serta efisien. J_{PM} harus dipenuhi oleh lokasi-lokasi yang padat lalu lintas seperti persimpangan, dimana lokasi menuntut pengemudi untuk lebih fokus berkendara. 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 JBH.

3. Jarak Pandang Aman (J_{PA})

J_{PA} merupakan jarak pandang yang diperlukan pengemudi agar dapat mengenali objek yang kompleks, untuk dapat memilih kecepatan dan lajur secara aman serta efisien. Ketentuan teknik untuk diterapkannya J_{PA} adalah bahwa J_{PA} harus dipenuhi pada lokasi-lokasi yang banyak menyebabkan

manouver kendaraan yang tidak biasa atau tidak mudah diduga seperti di persimpangan, perubahan potongan melintang seperti di plaza tol, area dimana menuntut banyak perhatian pengemudi seperti lalu lintas yang padat, banyak alat pengatur lalu lintas, banyak gambar iklan.

Nilai JPA bervariasi tergantung lokasi, baik di jalan Antarkota ataupun di jalan perkotaan, dan pada jenis manuver penghindaran yang diperlukan. Tabel 2.15 menunjukkan nilai JPA untuk berbagai situasi, nilainya dibulatkan untuk desain. Seperti terlihat bahwa jarak yang lebih pendek umumnya diperlukan untuk jalan Antarkota dan untuk lokasi-lokasi pemberhentian. Untuk manuver penghindaran yang diidentifikasi dalam tabel tersebut, waktu pra manuver ditingkatkan lebih dari pra-manuver JPH untuk memberikan tambahan waktu bagi pengemudi mendeteksi dan mengenali jalan atau situasi lalu lintas, mengidentifikasi manuver alternatif, dan memulai respon di lokasi kritis di jalan. Komponen pra-manuver JPA menggunakan nilai berkisar antara 3,0 s.d. 9,1 detik.

Tabel 2.20 Jarak Pandang Aman (JPA)

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

Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan (2021)

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

J_{PB} merupakan jarak pandang yang diperlukan pengemudi untuk mengenali kendaraan lain yang berada di sekitar/sebrang tikungan. Ketentuan teknis untuk J_{PB} adalah agar daerah di tikungan dibebaskan dari bangunan atau objek lain yang dapat menghalangi pandangan pengemudi sepanjang J_{PB} . Hal ini dimaksudkan agar pengemudi dapat melihat dan melewati tikungan dengan aman.

Tabel 2.21 Jarak ruang Bebas Samping (M) di tikungan untuk pemenuhan JPH

V_D (Km/Jam)		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
J_{PH} (m)		19	32	48	65	86	108	133	161	190	223	257
Radius (m)	5000										1,24	2,75
	3000									1,50	2,07	2,75
	2000								1,62	2,26	3,11	4,13
	1500							1,47	2,16	3,01	4,14	5,50
	1200							1,84	2,70	3,76	5,18	6,87
	1000						1,46	2,21	3,24	4,51	6,21	8,25
	800						1,82	2,76	4,05	5,63	7,76	10,30
	600					1,54	2,43	3,68	5,39	7,51	10,33	13,71
	500					1,85	2,91	4,42	6,47	9,00	12,38	
	400					2,31	3,64	5,52	8,07	11,23		
	300				1,76	3,08	4,85	7,34				
	250				2,11	3,69	5,81	8,79				
	200			1,44	2,64	4,61	7,25					
	175			1,64	3,01	5,26	8,27					
	150			1,92	3,51	6,12						
	140			2,05	3,76	6,55						
	130			2,21	4,04	7,05						
	120			2,39	4,37	7,62						
	110			2,61	4,77	8,30						
	100			1,28	2,87	5,24						
90			1,42	3,18	5,81							
80			1,59	3,57	6,51							
70			1,82	4,07	7,41							
60			2,12	4,74								
50			2,54	5,65								
40	1,12	3,16										
30	1,49	4,17										
20	2,21											

Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan (2021)

2.10 Alinemen Horizontal

Alinemen horizontal adalah kumpulan titik-titik yang membentuk garis (lurus atau lengkung) sebagai proyeksi sumbu atau as jalan pada bidang horizontal. Perancangan geometrik jalan pada bagian lengkung dimaksudkan untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima oleh kendaraan yang berjalan pada kecepatan V_r . Untuk keselamatan pemakai jalan, jarak pandang dan daerah bebas samping jalan harus diperhitungkan. Kecepatan kendaraan yang digunakan pengemudi untuk berjalan di jalan dipengaruhi oleh persepsi pengemudi terhadap fitur alinemen horizontal jalan selain fitur elemen-elemen jalan yang lainnya seperti rambu batas kecepatan. Dengan demikian, bila arah lintasan desain alinemen harus diubah karena suatu hal atau karena kondisi topografi maka digunakan lengkungan horizontal. Dengan radius lengkungan yang harus cukup besar untuk mengizinkan kecepatan tempuh di lengkungan sama dengan pada bagian lurus atau di sepanjang jalan yang sedang didesain.

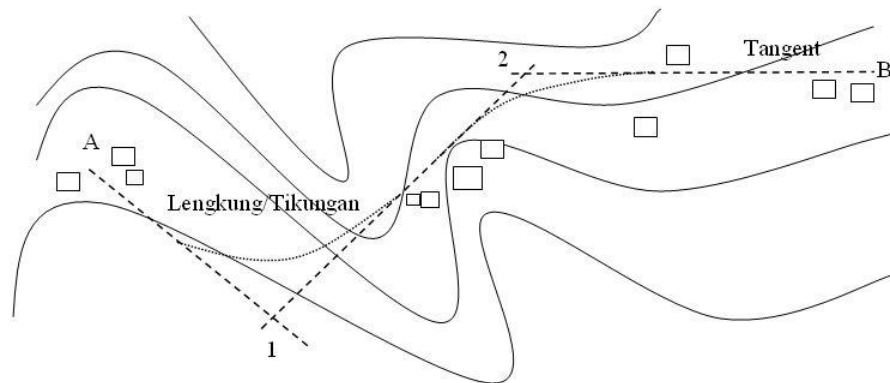
Untuk merancang suatu alinemen horizontal, yang pertama kali dilakukan ialah penentuan fungsi dan kelas jalan, yang didasarkan pada sifat dan volume lalu lintas yang lewat pada jalan tersebut serta keadaan medannya. Desain alinemen horizontal hendaknya dipilih sebisa mungkin lurus dengan radius tikungan sebesar mungkin, kecuali panjangnya yang perlu dibatasi untuk menetralkan monotonitas bentuk jalan yang membosankan pengemudi sehingga melalaikan kewaspadaan pengemudi.

Untuk memberikan keamanan dan kenyamanan dalam merencanakan tikungan harus memperhatikan aspek-aspek penting sebagai berikut:

- a. Gaya sentrifugal
- b. Bentuk-bentuk busur peralihan
- c. Bentuk-bentuk tikungan
- d. Diagram superelevasi
- e. Pelebaran perkerasan pada tikungan
- f. Jarak pandang pada tikungan

2.10.1 Menentukan Trase Jalan

Berikut merupakan gambar bagian-bagian dari sebuah trase jalan:



Gambar 2.4 Bagian-bagian dari sebuah trase jalan

Sumber: Hamdi (2013)

Rencana alinemen horizontal jalan di dalam peta perencanaan disebut dengan rencana *trase* jalan. Trase jalan tersebut dinamakan gambar situasi jalan atau denah jalan yang menunjukkan arah dari jalan yang bersangkutan. Trase merupakan susunan dari potongan-potongan garis lurus (tangen) yang satu sama lain dihubungkan dengan lengkungan (kurva) sehingga membentuk tikungan. Trase jalan dipilih berdasarkan berbagai pertimbangan, yaitu pertimbangan teknis, ekonomi, sosial, lingkungan, dan sebagainya. Alinemen horizontal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung atau tikungan.

- a. Garis lurus = tangen
- b. Garis lengkung = tikungan, berupa :
 - 1) Busur lingkaran saja
 - 2) Busur peralihan saja,
 - 3) Busur lingkaran dan busur peralihan.

Suatu kendaraan yang berjalan pada tikungan akan mengalami gaya sentrifugal. Gaya sentrifugal ini diimbangi oleh berat kendaraan melalui kemiringan jalan atau gaya gesek melintang antara ban dan permukaan jalan atau kombinasi antar keduanya. Bila jalan tersebut datar, gaya sentrifugal pada kendaraan tersebut akan ditahan oleh “gesekan kesamping” antara ban dan permukaan jalan.

Apabila suatu kendaraan bergerak dengan kecepatan tetap V pada bidang datar atau miring dengan lintasan berbentuk suatu lengkung seperti lingkaran (lihat Gambar 2.5 maka pada kendaraan tersebut bekerja gaya kecepatan V dan gaya sentrifugal F . Gaya sentrifugal mendorong kendaraan secara radial keluar dari jalur jalannya, berarah tegak lurus terhadap gaya kecepatan sebesar V . Gaya sentrifugal yang terjadi adalah :

$$F = m a$$

Dimana,

m = massa = G/g

G = berat kendaraan, (kg)

g = gaya gravitasi bumi, ($9,81 \text{ m/s}^2$)

a = percepatan sentrifugal

$$= V^2/R$$

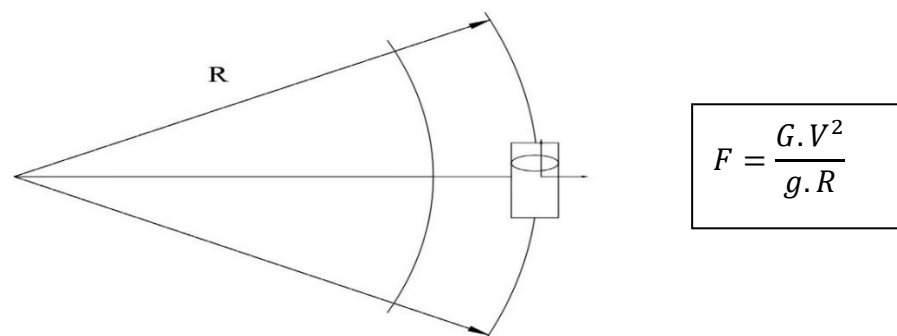
V = kecepatan kendaraan (km/jam)

R = jari-jari lengkung lintasan, (m)

Dengan demikian, besarnya gaya sentrifugal dapat ditulis sebagai berikut:

$$F = \frac{G \cdot V^2}{g \cdot R}$$

Untuk dapat mempertahankan kendaraan tersebut tetap pada sumbu lajur jalannya, maka perlu adanya gaya yang dapat mengimbangi gaya tersebut sehingga terjadi suatu keseimbangan

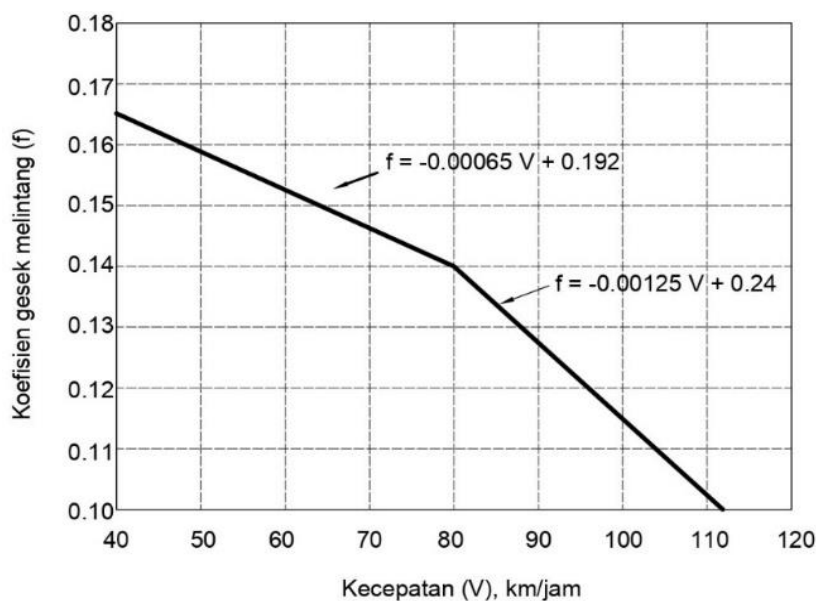


Gambar 2.5 Gaya sentrifugal pada kendaraan yang melewati tikungan

Sumber : Silvia Sukirman (1999)

Gaya yang mengimbangi gaya sentrifugal tersebut dapat berasal dari gaya gesekan melintang antara ban kendaraan dengan permukaan jalan dan komponen berat kendaraan akibat kemiringan melintang permukaan jalan. Gaya gesekan melintang (F_s) adalah besarnya gaya gesekan yang timbul antara ban dan permukaan jalan dalam arah melintang jalan. Besarnya koefisien gesekan (f) dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis dan kondisi ban, tekanan ban, kekerasan perkerasan, kecepatan kendaraan, dan keadaan cuaca.

Perbandingan antara gaya gesekan melintang dan gaya normal yang bekerja disebut koefisien gesekan melintang (f). Nilai koefisien gesekan melintang diperoleh berdasarkan kecepatan kendaraan. Untuk kecepatan rendah diperoleh gesekan melintang yang tinggi dan untuk kecepatan tinggi diperoleh koefisien gesekan melintang yang rendah.



Gambar 2.6 Koefisien gesekan melintang maksimum untuk desain

Sumber: TEH (1992) dalam Silvia Sukirman (1999)

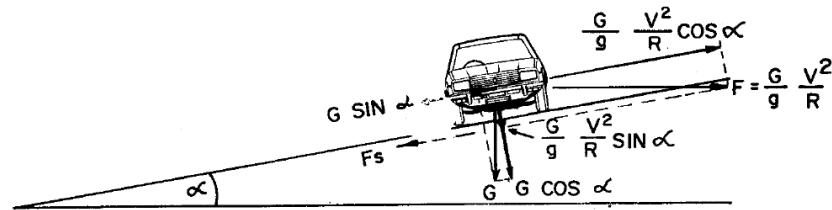
Berdasarkan gambar diatas dapat disimpulkan:

Untuk kecepatan rencana < 80 km/jam maka $f = -0,00065 V + 0,192$

Untuk kecepatan rencana $80 - 112$ km/jam maka $f = 0,00125 V + 0,24$.

Komponen gaya berat kendaraan diperoleh dengan cara membuat kemiringan melintang jalan. Kemiringan melintang ini biasa disebut dengan superelevasi.

Besarnya nilai superelevasi maksimum ditetapkan sebesar 8% untuk jalan antarkota, jalan perkotaan dan jalan bebas hambatan (Permen PU No.19/PRT/M/2011). Gaya-gaya yang bekerja digambarkan seperti pada gambar 2.7, yaitu gaya sentrifugal F , berat kendaraan G , dan gaya gesekan antara ban dan permukaan jalan F_s .



Gambar 2.7 Gaya-gaya yang bekerja pada lengkung horizontal

Sumber: Silvia Sukirman (1999)

$$G \sin \alpha + F_s = \frac{G V^2}{g R} \cos \alpha$$

$$G \sin \alpha + f (G \cos \alpha + \frac{G V^2}{g R} \sin \alpha) = \frac{G V^2}{g R} \cos \alpha$$

$$G \sin \alpha + f G \cos \alpha = \frac{G V^2}{g R} (\cos \alpha - f \sin \alpha)$$

$$G \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} + f G = \frac{G V^2}{g R} (1 - f \tan \alpha)$$

$$e = \tan \alpha$$

$$G (e + f) = \frac{G V^2}{g R} (1 - e f)$$

$$\frac{e + f}{1 - e f} = \frac{V^2}{g R}$$

Karena nilai ef itu kecil, maka dapat diabaikan. Dengan demikian diperoleh rumus umum untuk lengkung horizontal sebagai berikut:

$$e + f = \frac{V^2}{g R}$$

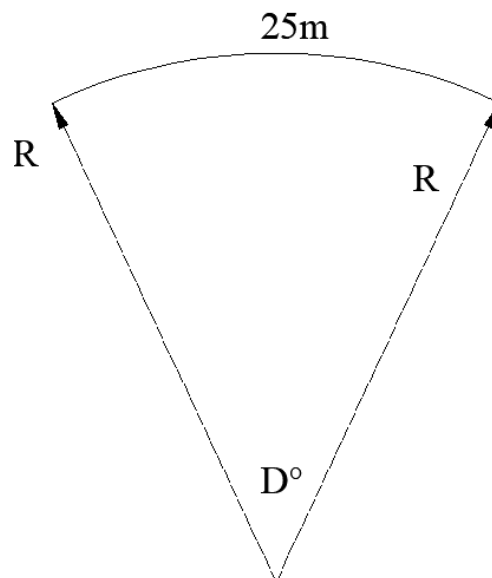
Jika V dinyatakan dalam km/jam, $g = 9,81 \text{ m/det}^2$, dan R dalam m, maka diperoleh :

$$e + f = \frac{V^2}{127 R}$$

2.10.2 Dasar-dasar Perencanaan Alinemen Horizontal

1. Derajat Lengkung (D)

Ketajaman lengkung horizontal dinyatakan dengan besarnya radius dari lengkung tersebut atau dengan besarnya derajat lengkung. Derajat lengkung adalah besarnya sudut lengkung yang menghasilkan panjang busur 25 m. Dalam perencanaan apabila semakin besar nilai radius lengkung (R) maka semakin kecil nilai derajat lengkung (D°) dan semakin tumpul lengkung horizontal rencana. Berikut gambar hubungan antara derajat lengkung dan radius lengkung.



Gambar 2.8 Korelasi antara derajat lengkung (D°) dan radius lengkung (R)

Sumber: Silvia Sukirman (1999)

Ini bearti :

$$D = \frac{25}{2\pi R} \times 360^\circ$$

$$D = \frac{1432,39}{R}$$

(R dalam m)

2. Jari-Jari Tikungan atau Radius Tikungan

Dalam perencanaan alinemen horizontal, radius tikungan dipengaruhi oleh nilai e dan f serta nilai kecepatan rencana yang ditetapkan. Ini berarti terdapat nilai radius minimum untuk nilai superelevasi maksimum dan koefisien gesekan melintang maksimum. Berdasarkan pertimbangan peningkatan jalan dikemudian hari sebaiknya dihindarkan merencanakan alinemen horizontal jalan dengan menggunakan radius minimum yang akan menghasilkan lengkung tertajam. R minimum dapat ditentukan dengan mempergunakan rumus dibawah ini:

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127 (e_{\max} + f_{\max})} \dots \dots \dots (2.10)$$

$$\text{atau } D_{\max} = \frac{181913,53(e_{\max} + f_{\max})}{V^2}$$

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

V = kecepatan kendaraan (km/jam)

e_{\max} = superelevasi maksimum (%)

f = koefisien gesekan melintang

Rumus hubungan D dengan R adalah :

$$D = \frac{1432,39}{R} \quad \longrightarrow \quad D_{\max} = \frac{1432,39}{R_{\min}}$$

Rumus menentukan kemiringan sembarang R adalah :

$$e = - \left(\frac{e_{\max}}{D_{\max}^2} \times D^2 \right) + \left(\frac{2 \cdot e_{\max}}{D_{\max}} \times D \right)$$

Berikut dibawah ini tabel nilai R minimum yang dapat dipergunakan untuk superelevasi maksimum 8% serta untuk koefisien gesekan melintang maksimum sehubungan dengan nilai kecepatan rencana yang dipilih.

Tabel 2.22 Besarnya R minimum dan D maksimum untuk beberapa kecepatan rencana

Kecepatan Rencana km/jam	e maks m/m'	f maks	Rmin (perhitungan) m	Rmin desain m	d maks desain (o)
40	0,10	0,166	47,363	47	30,48
	0,08		51,213	51	28,09
50	0,10	0,16	75,858	76	18,85
	0,08		82,192	82	17,47
60	0,10	0,153	112,041	112	12,79
	0,08		121,659	122	11,74
70	0,10	0,147	156,522	157	9,12
	0,08		170,343	170	8,43
80	0,10	0,14	209,974	210	6,82
	0,08		229,062	229	6,25
90	0,10	0,128	280,35	280	5,12
	0,08		307,371	307	4,67
100	0,10	0,115	366,233	366	3,91
	0,08		403,796	404	3,55
110	0,10	0,103	470,479	470	3,05
	0,08		522,058	522	2,74
120	0,10	0,09	596,768	597	2,40
	0,08		666,975	667	2,15

Sumber: Silvia Sukirman (1999)

3. Panjang Bagian yang Lurus

Dalam waktu berkendara yang lama dengan kecepatan tinggi dan tingkat konsentrasi yang tinggi pada jalan lurus dan panjang cenderung menyebabkan kelelahan dan mengantuk. Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu tidak lebih dari 2,5 menit sesuai V rencana (V_r).

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 data dari arah berlawanan, tanpa komponen visual dari samping seperti saat kendaraan berada di tikungan; dan
- c. Silau sinar matahari pagi dan sore pada jalan dengan sumbu alinemen arah timur-barat yang bisa menyilaukan mata pengemudi.

4. Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan adalah bagian dari alinemen geometrik jalan yang merupakan transisi dari alinemen lurus (*tangent*) ke lingkaran (*circle*) atau dari alinemen lurus ke alinemen lurus, atau dari alinemen lingkaran ke lingkaran pada suatu tikungan. Lengkung peralihan digunakan untuk menghubungkan bagian lurus jalan dengan busur lingkaran agar lintas kendaraan dapat berupa mulus di dalam lajur lalu lintas. Kegunaan utama lengkung peralihan adalah:

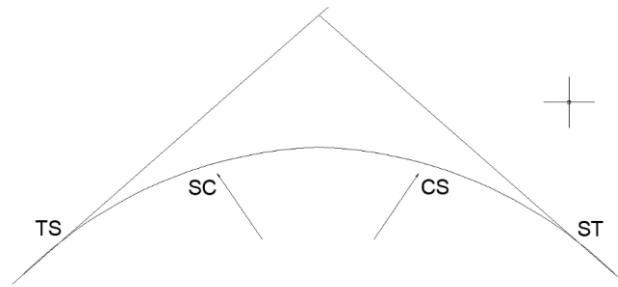
- a. Membuat gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan dapat berubah secara berangsur-angsur
- b. Tempat berubahnya kemiringan perkerasan untuk mengimbangi gaya sentrifugal
- c. Tempat mulainya perubahan lebar perkerasan untuk mengakomodasi radius putar kendaraan
- d. Memudahkan pengemudi agar tetap pada lajunya saat menikung

Bentuk-bentuk lengkung peralihan yang digunakan pada desain alinemen jalan, antara lain sebagai berikut:

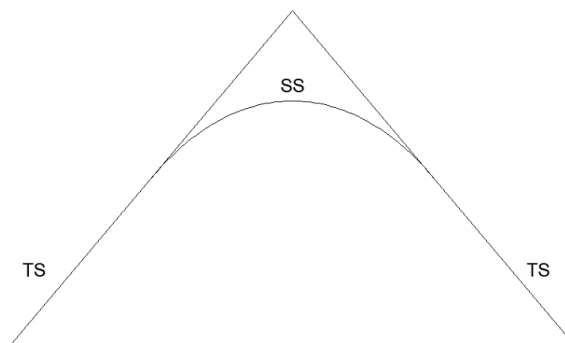
- a. *Spiral – Circle – Spiral* (S-C-S), digunakan sebagai peralihan dari alinemen lurus (*tangent*) ke alinemen lingkaran (*circle*) pada tikungan
- b. *Spiral – Spiral* (S-S), digunakan sebagai peralihan dari alinemen lurus ke alinemen lurus pada tikungan
- c. *Compound Spiral*, digunakan sebagai perali

- d. \han dari alinemen lingkaran ke alinemen lingkaran dengan besar jari-jari yang berbeda
- e. *Compound Circle*, digunakan sebagai peralihan dari alinemen lingkaran ke linemen lingkaran dengan besar jari-jari yang berbeda.

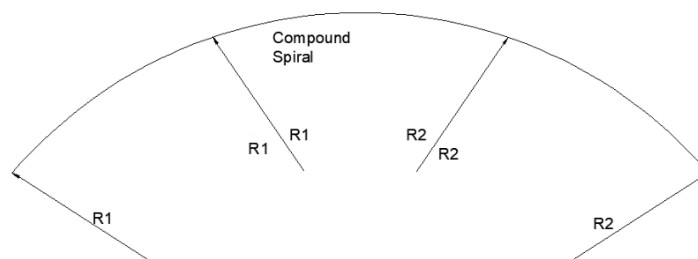
Bentuk-bentuk lengkung peralihan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut:



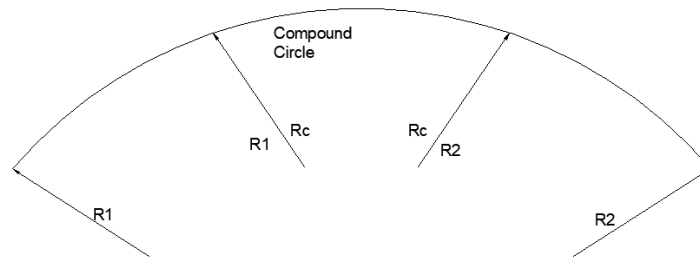
a) Alinemen *Spiral – Circle – Spiral*



b) Alinemen *Spiral – Spiral*



c) Alinemen *Compound-Spiral*



d) Alinemen Compound Circle

Gambar 2.9 Bentuk-bentuk alinemen yang menggunakan lengkung peralihan

Sumber: Perancangan Geometrik Jalan (Suwardo dan Iman Haryanto)

Pada desain lengkung peralihan, terdapat dua metode desain yang umum digunakan di Indonesia, yaitu sebagai berikut:

- a. Metode *Spiral*, yaitu metode yang digunakan oleh AASHTO
- b. Metode *Clothoid*, yaitu metode yang digunakan oleh NIHON DORO KODAN

Perbedaan utama pada kedua metode tersebut ialah pada parameter yang digunakan sebagai acuan desain lengkung peralihan. Metode *spiral* menetapkan panjang lengkung peralihan yang diinginkan untuk mendapatkan desain lengkung peralihan. Metode *clothoid* menetapkan tingkat perubahan jari-jari sebagai acuan. Pada desain jalan tol yang telah beroperasi di Indonesia, kedua metode tersebut telah dipergunakan.

Panjang lengkung peralihan menurut metode Bina Marga diperhitungkan sepanjang mulai dari penampang melintang berbentuk *crown* sampai penampang melintang dengan kemiringan sebesar superelevasi. Panjang lengkung peralihan (L_s) ditetapkan dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Lama waktu perjalanan di lengkung peralihan perlu dibatasi untuk menghindari kesan perubahan alinemen yang mendadak, ditetapkan 3 detik (pada kecepatan V_r). Maka rumus panjang lengkung:

$$L_s = \frac{V}{3.6} T \quad (m)$$

Dimana:

T = Waktu tempuh (= 3 Detik)

V = Kecepatan rencana (Km/Jam)

- b. Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan dapat diantisipasi berangsur-angsur pada lengkung peralihan dengan aman. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal maka rumus Modifikasi *Shorrt*, sebagai berikut:

$$L_s = 0.022 \frac{V^3}{R \cdot C} - 2.727 \frac{V \times e}{C} \quad (m)$$

Dimana:

V = Kecepatan rencana (Km/Jam)

R = Jari-jari busur lingkaran (m)

C = Perubahan kecepatan, 0,3 – 1,0 m/dt³ (disarankan 0,4 m/dt³)

e = Superelevasi pada tikungan

- c. Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan (r_e) dari bentuk kelandaian normal ke kelandaian superelevasi penuh tidak boleh terlampaui $r_{e\text{-maks}}$ yang ditetapkan sebagai berikut:

1) Untuk $V_r \leq 70$ km/jam, $r_{e\text{-maks}} = 0,035$ m/m/detik

2) Untuk $V_r \leq 80$ km/jam, $r_{e\text{-maks}} = 0,025$ m/m/detik

Dengan rumus:

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3.6 r_e} V \quad (m)$$

Dimana :

V = Kecepatan rencana (Km/Jam)

e_m = Superelevasi maksimum (=8%)

e_n = Superelevasi normal (=2%)

r_e = Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan

Panjang lengkung peralihan (L_s) minimum dan superelevasi untuk berbagai V dan R dapat dilihat pada tabel 2.23 – 2.25

Tabel 2.23 Panjang Lengkung Peralihan Minimum (L_s) dan Superelevasi yang dibutuhkan (e maksimum = 8% dengan Lebar Lajur 3,50 meter, Metode Bina Marga)

R (m)	Vr= 20 km/j		Vr= 30 km/j		Vr= 40 km/j		Vr= 50 km/j		Vr= 60 km/j		Vr= 70 km/j		Vr= 80 km/j		Vr= 90 km/j		Vr= 100 km/j		Vr= 110 km/j		Vr= 120 km/j		e _n =2% ; e _{max} =8%				
	e(%)	Ls (m)		e(%)	Ls (m)		e(%)	Ls (m)		e(%)	Ls (m)		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		2	4		2	4		2	4		2	4
7000	LN			LN			LN			LN			LN			LN			LN			LN			LN		
5000	LN			LN			LN			LN			LN			LN			LN			LN			LN		
3000	LN			LN			LN			LN			LN			RC	15	23	RC	16	24	2,1	18	27	2,4	23	34
2500	LN			LN			LN			LN			LN			RC	14	21	RC	15	23	2,1	17	26	2,4	21	32
2000	LN			LN			LN			LN			LN			RC	14	21	2,2	17	25	2,6	21	32	3,0	26	39
1500	LN			LN			LN			RC	12	18	RC	13	20	2,4	17	25	2,8	22	32	3,4	27	41	3,3	34	50
1400	LN			LN			LN			RC	12	18	2,1	14	20	2,5	18	27	3,0	23	34	3,6	29	43	4,1	36	53
1300	LN			LN			LN			RC	12	18	2,2	15	22	2,7	19	29	3,2	24	36	3,8	31	46	4,4	38	57
1200	LN			LN			LN			RC	12	18	2,4	16	23	2,9	21	31	3,4	26	39	4,1	33	50	4,7	41	61
1000	LN			LN			RC	11	17	2,2	13	20	2,8	18	27	3,4	24	36	4,0	30	45	4,8	39	58	5,5	47	71
900	LN			LN			RC	11	17	2,4	14	21	3,1	20	30	3,7	26	39	4,4	33	49	5,2	42	63	6,0	52	77
800	LN			LN			RC	10	15	2,7	16	24	3,4	22	33	4,1	29	43	4,8	36	54	5,7	46	69	6,5	56	84
700	LN			LN			RC	10	15	2,2	13	19	3,0	18	27	3,8	25	37	4,5	32	48	5,3	40	60	6,3	50	75
600	LN			LN			RC	10	15	2,6	14	21	3,4	20	30	4,3	28	41	5,1	36	54	6,0	45	67	6,9	56	83
500	LN			LN			RC	12	17	3,0	17	25	3,9	23	35	4,9	32	47	5,8	41	61	6,7	51	76	7,6	61	91
400	LN			RC	10	14	2,7	14	21	3,6	20	30	4,7	28	41	5,7	37	55	6,6	47	70	7,5	56	84	8,0	64	96
300	LN			2,1	10	15	3,4	18	26	4,5	25	37	5,6	33	50	6,7	43	65	7,6	54	80						
250	LN			2,5	12	18	3,9	20	30	5,1	28	41	6,2	37	55	7,3	47	71	7,9	56	84						
200	RC	9	14	3,0	15	22	4,6	24	35	5,8	32	47	7,0	41	62	7,9	51	76									
175	RC	9	14	3,4	16	24	5,0	25	38	6,2	34	50	7,4	44	65	8,0	51	77									
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	5,3	26	39	8,0																							
20	7,1	31	47																								

Lebar lajur lalu lintas 3,5m

R : Jari-jari lengkung
V_r : Asumsi kecepatan rencana
e : Tingkat superelevasi
L_s : Panjang minimum pencapaian superelevasi run off (tidak termasuk panjang pencapaian superelevasi run out)
LN : Lereng Normal
RC : Lereng luar diputar sehingga perkerasan mendapat kemiringan melintang sebesar lereng normal

Sumber : Pedoman Desain Geometrik Bina Marga (2021)

Tabel 2.24 Panjang Lengkung Peralihan Minimum (L_s) dan Superelevasi yang dibutuhkan (e maksimum = 8% dengan Lebar Lajur 3,00 meter, Metode Bina Marga)

R (m)													$e_n=2\%$; $e_{max}=8\%$																		
	Vr= 20 km/j		Vr= 30 km/j		Vr= 40 km/j		Vr= 50 km/j		Vr= 60 km/j		Vr= 70 km/j		Vr= 80 km/j		Vr= 90 km/j		Vr= 100 km/j		Vr= 110 km/j		Vr= 120 km/j										
	Ls (m)		Ls (m)		Ls (m)		Ls (m)		Ls (m)		Ls (m)		Ls (m)		Ls (m)		Ls (m)		Ls (m)		Ls (m)										
	e(%)	Ls	e(%)	Ls	e(%)	Ls	e(%)	Ls	e(%)	Ls	e(%)	Ls	e(%)	Ls	e(%)	Ls	e(%)	Ls	e(%)	Ls	e(%)	Ls									
7000	LN			LN				LN				LN				LN			LN												
5000	LN			LN				LN				LN				LN			LN	15	22	RC	16	24							
3000	LN			LN				LN				LN				RC	13	20	RC	14	21	2,1	16	23	2,4	19	29				
2500	LN			LN				LN				LN				RC	12	18	RC	13	20	2,1	15	22	2,4	18	27	2,9	23	34	
2000	LN			LN				LN				RC	11	17	RC	12	18	2,2	14	21	2,6	18	27	3,0	22	33	3,5	28	42		
1500	LN			LN				LN			RC	10	15	RC	11	17	2,4	15	22	2,8	19	28	3,4	24	35	3,9	29	43	4,6	37	55
1400	LN			LN				LN			RC	10	15	2,1	12	17	2,5	16	23	3,0	20	29	3,6	25	37	4,1	31	46	4,9	39	58
1300	LN			LN				LN			RC	10	15	2,2	13	19	2,7	17	25	3,2	21	31	3,8	27	40	4,4	33	49	5,2	42	62
1200	LN			LN				LN			RC	10	15	2,4	13	20	2,9	18	26	3,4	22	33	4,1	29	43	4,7	35	52	5,6	44	66
1000	LN			LN				RC	10	14	2,2	11	17	2,8	16	23	3,4	21	31	4,0	26	39	4,8	33	49	5,5	41	61	6,5	52	78
900	LN			LN				RC	10	14	2,4	12	18	3,1	17	26	3,7	23	34	4,4	28	42	5,2	36	54	6,0	44	66	7,1	56	84
800	LN			RC	9	13	2,0	10	14	2,7	14	20	3,4	19	28	4,1	25	37	4,8	31	47	5,7	39	59	6,5	48	72	7,6	61	91	
700	LN			RC	9	13	2,2	11	16	3,0	15	23	3,8	21	31	4,5	28	41	5,3	35	52	6,3	43	65	7,2	53	79	8,0	63	95	
600	LN			RC	9	13	2,6	12	18	3,4	17	26	4,3	24	35	5,1	31	46	6,0	39	58	6,9	48	72	7,7	57	85				
500	LN			LN	8	12	2,2	10	15	3,0	14	21	3,9	20	30	4,9	27	41	5,8	35	52	6,7	43	65	7,6	52	78				
400	LN			RC	8	12	2,7	12	18	3,6	17	25	4,7	24	35	5,7	32	47	6,6	40	60	7,5	48	72	8,0	55	82				
300	LN			2,1	9	13	3,4	15	23	4,5	21	32	5,6	29	43	6,7	37	56	7,6	46	69										
250	LN			2,5	11	16	3,9	17	26	5,1	24	36	6,2	32	47	7,3	41	61	7,9	48	72										
200	RC	8	12	3,0	13	19	4,6	20	30	5,8	27	40	7,0	35	53	7,9	44	65													
175	RC	8	12	3,4	14	21	5,0	22	33	6,2	29	43	7,4	37	56	8,0	44	66													
150	RC	8	12	3,8	16	23	5,4	24	35	6,7	31	47	7,8	39	59																
140	2,0	8	12	4,0	16	24	5,6	24	36	6,9	32	48	7,9	40	60																
130	2,2	9	13	4,2	17	26	5,8	25	38	7,1	33	50	8,0	40	60																
120	2,3	9	13	4,4	18	27	6,0	26	39	7,4	34	51																			
110	2,5	10	14	4,7	19	29	6,3	27	41	7,6	36	53																			
100	2,7	11	16	4,9	20	30	6,5	28	42	7,8	36	54																			
90	2,9	12	17	5,2	21	32	6,8	30	44	7,9	37	56																			
80	3,2	13	19	5,5	23	34	7,2	31	47																						
70	3,6	14	21	5,9	24	36	7,5	33	49																						
60	4,0	16	23	6,3	26	39	7,8	34	51																						
50	4,6	18	26	6,9	28	42	8,0	35	52																						
40	5,2	20	30	7,5	30	45																									
30	5,9	23	34	8,0	32	48																									
20	7,1	27	40																												

Lebar lajur lalu lintas 3m

R : Jari-jari lengkung
 V_s : Asumsi kecepatan rencana
e : Tingkat superelevasi
 L_s : Panjang minimum pencapaian superelevasi run off (tidak termasuk panjang pencapaian superelevasi run out)
LN : Lereng Normal
RC : Lereng luar diputar sehingga perkerasan mendapat kemiringan melintang sebesar lereng normal

Sumber : Pedoman Desain Geometrik Bina Marga (2021)

Tabel 2.25 Panjang Lengkung Peralihan Minimum (L_s) dan Superelevasi yang dibutuhkan (e maksimum = 8% dengan Lebar Lajur 2,75 meter, Metode Bina Marga)

																			$e_n=2\% ; e_{max}=8\%$			
R (m)	Vr= 20 km/j		Vr= 30 km/j		Vr= 40 km/j		Vr= 50 km/j		Vr= 60 km/j		Vr= 70 km/j		Vr= 80 km/j									
	e(%)	Ls (m)		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		2	4	2	4		
5000	LN			LN			LN			LN			LN			LN						
3000	LN			LN			LN			LN			LN			LN						
2500	LN			LN			LN			LN			LN			RC	11	17				
2000	LN			LN			LN			LN			RC	10	15	RC	11	17				
1500	LN			LN			LN			RC	10	14	RC	10	15	2,4	13	20				
1400	LN			LN			LN			RC	10	14	2,1	11	16	2,5	14	21				
1300	LN			LN			LN			RC	10	14	2,2	12	17	2,7	15	23				
1200	LN			LN			LN			RC	10	14	2,4	12	18	2,9	16	24				
1000	LN			LN			LN			RC	9	13	2,2	10	15	2,8	14	21				
900	LN			LN			LN			RC	9	13	2,4	11	17	3,1	16	23				
800	LN			LN			RC	8	12	2,0	9	13	2,7	13	19	3,4	17	26				
700	LN			LN			RC	8	12	2,2	10	15	3,0	14	21	3,8	19	29				
600	LN			LN			RC	8	12	2,6	11	17	3,4	16	24	4,3	22	33				
500	LN			LN			2,2	9	14	3,0	13	20	3,9	19	28	4,9	25	37				
400	LN			RC	8	11	2,7	11	17	3,6	16	23	4,7	22	33	5,7	29	43				
300	LN			2,1	8	12	3,4	14	21	4,5	19	29	5,6	26	39	6,7	34	51				
250	LN			2,5	10	14	3,9	16	24	5,1	22	33	6,2	29	43	7,3	37	56				
200	RC	7	11	3,0	12	17	4,6	19	28	5,8	25	37	7,0	33	49	7,9	40	60				
175	RC	7	11	3,4	13	19	5,0	20	30	6,2	27	40	7,4	34	51	8,0	40	60				
150	RC	7	11	3,8	14	21	5,4	22	32	6,7	29	43	7,8	36	54							
140	2,0	7	11	4,0	15	22	5,6	22	33	6,9	30	44	7,9	37	55							
130	2,2	8	12	4,2	16	24	5,8	23	35	7,1	31	46	8,0	37	55							
120	2,3	8	12	4,4	17	25	6,0	24	36	7,4	32	47										
110	2,5	9	13	4,7	18	26	6,3	25	37	7,6	33	49										
100	2,7	10	14	4,9	19	28	6,5	26	39	7,8	33	50										
90	2,9	11	16	5,2	20	29	6,8	27	41	7,9	34	51										
80	3,2	12	17	5,5	21	31	7,2	29	43													
70	3,6	13	19	5,9	22	33	7,5	30	45													
60	4,0	14	21	6,3	24	35	7,8	31	47													
50	4,6	16	24	6,9	26	38	8,0	32	48													
40	5,2	18	27	7,5	28	42																
30	5,9	21	31	8,0																		
20	7,1	25	37																			

Lebar lajur lalu lintas 2,75m

R : Jari-jari lengkung

V_R : Asumsi kecepatan rencana

e : Tingkat superelevasi

L_s : Panjang minimum pencapaian superelevasi run off (tidak termasuk panjang pencapaian superelevasi run out)

LN : Lereng Normal

RC : Lereng luar diputar sehingga perkerasan mendapat kemiringan melintang sebesar lereng normal

Sumber : Pedoman Desain Geometrik Bina Marga (2021)

Berikut dibawah ini merupakan tabel radius maksimum yang memerlukan lengkung peralihan (*spiral*)

Tabel 2.26 Radius Maksimum yang memerlukan lengkung peralihan

Kecepatan Operasi (Km/Jam)	Radius Maksimum yang memerlukan Lengkung Peralihan (m)
20	24
30	54
40	95
50	148
60	213
70	290
80	379
90	480
100	592
110	716
120	852

Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Bina Marga (2021)

5. Kekesatan Melintang

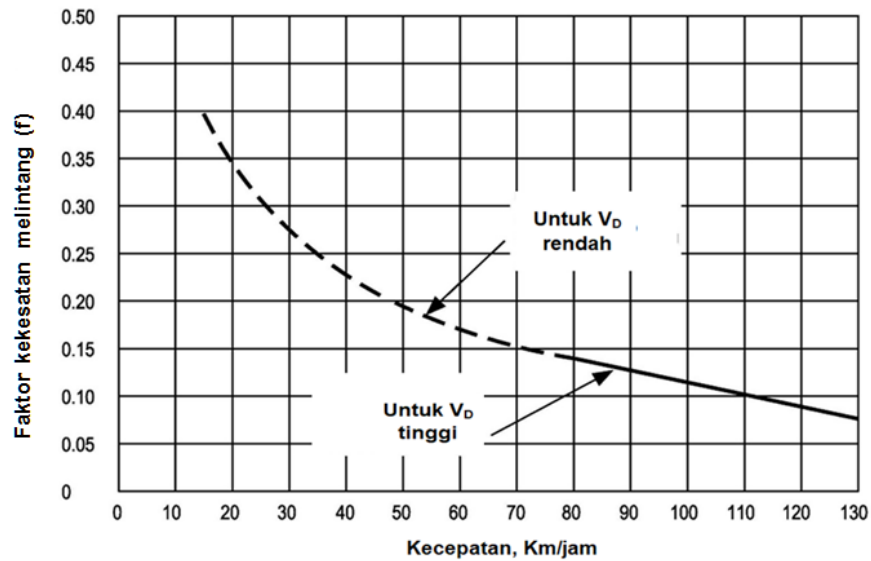
Kendaraan yang melintasi suatu busur lingkaran horizontal akan mengalami percepatan sentripetal yang bekerja menuju pusat lingkaran. Percepatan sentripetal yang terjadi disamakan dengan gaya sentrifugal yang bekerja pada pusat “mass” kendaraan yang diimbangi oleh komponen berat kendaraan akibat adanya superelevasi dan gaya gesek yang terjadi antara ban dan permukaan jalan.

Faktor kekesatan kearah samping (kekesatan melintang) tergantung dari kecepatan desain, yaitu dari 0,18 untuk kecepatan 20 km/jam, hingga sekitar 0,15 untuk kecepatan 70 km.jam. Dengan catatan:

$$V_D < 80 \text{ km/jam} = \text{Kecepatan desain rendah}$$

$$V_D \geq 80 \text{ km/jam} = \text{Kecepatan desain tinggi}$$

Faktor kekesatan menyamping juga tergantung pada jenis dan kondisi permukaan jalan, perilaku pengemudi dan jenis serta kondisi ban. Berikut dibawah ini gambar nilai-nilai factor kekesatan melintang yang direkomendasikan untuk mendesain kurva horizontal.



Gambar 2.10 Faktor Kekesatan Melintang

Sumber: Pedoman Desain Geometri Bina Marga (2021)

6. Radius Minimum Lengkung Horizontal

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

Tabel 2.27 R_{\min} lengkung horizontal berdasarkan e_{\max} -dan f yang ditentukan

VD (km/jam)	Kekesatan Samping (f)	$e_{\max} = 4\%$	$e_{\max} = 6\%$	$e_{\max} = 8\%$
		Rmin (m)	Rmin (m)	Rmin (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 emaks 4% hanya pada jalan perkotaan.

Sumber: Pedoman Desain Geometri Bina Marga (2021)

7. Landai Relatif

Landai relatif (1/m) ialah besarnya kelayakan yang disebabkan oleh perbedaan elevasi tepi perkerasan sebelah luar sepanjang lengkung peralihan. Besarnya landai relatif maksimum dipengaruhi oleh kecepatan dan tingkah laku pengemudi. Kelayakan 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 kelayakan relatif yang diterima antara 0,80% dan 0,35% masing-masing untuk kecepatan desain 20 km/jam dan 130 km/jam memberikan kelayakan relatif maksimum untuk rentang kecepatan desain. Berikut tabel kelayakan relatif maksimum:

Tabel 2.28 Kelayakan Relatif Maksimum

VD (km/jam)	Kelayakan Relatif Maksimum (%)	Kemiringan Relatif Ekuivalen Maksimum
20	0,8	1:125
30	0,75	1:133
40	0,7	1:143
50	0,65	1:154
60	0,6	1:167
70	0,55	1:182
80	0,5	1:200
90	0,47	1:213
100	0,44	1:227
110	0,41	1:244
120	0,38	1:263
130	0,35	1:286

Sumber: Pedoman Desain Geometri Bina Marga (2021)

8. Bentuk Lengkung Horizontal dan Diagram Superelevasi

Dalam perencanaan alinemen horizontal dikenal tiga bentuk lengkung horizontal yaitu:

a. Lengkung busur lingkaran sederhana (*Full Circle, FC*)

Hanya lengkung dengan radius yang besar dengan superelevasi yang dibutuhkan kurang atau sama dengan 3% dapat diperbolehkan

berbentuk busur lingkaran sederhana. Tikungan FC hanya digunakan untuk radius lengkung yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan radius lengkung kecil akan diperlukan superelevasi yang besar. Persamaan-persamaan yang dipergunakan pada perencanaan lengkung busur lingkaran sederhana adalah:

$$Tc = Rc \cdot \tan \frac{1}{2} \beta \dots \dots \dots \text{persamaan 2.11}$$

$$Ec = \frac{Rc}{\cos \frac{1}{2} \beta} - Rc \text{ atau } Ec = Tc \cdot \tan \frac{1}{4} \beta \dots \dots \text{persamaan 2.12}$$

$$Lc = \frac{2\pi}{360} * Rc * \beta \quad \beta \text{ dalam derajat} \dots \text{persamaan 2.13}$$

$$Lc = Rc * \beta \quad \beta \text{ dalam radian} \dots \dots \dots \text{persamaan 2.14}$$

Dimana:

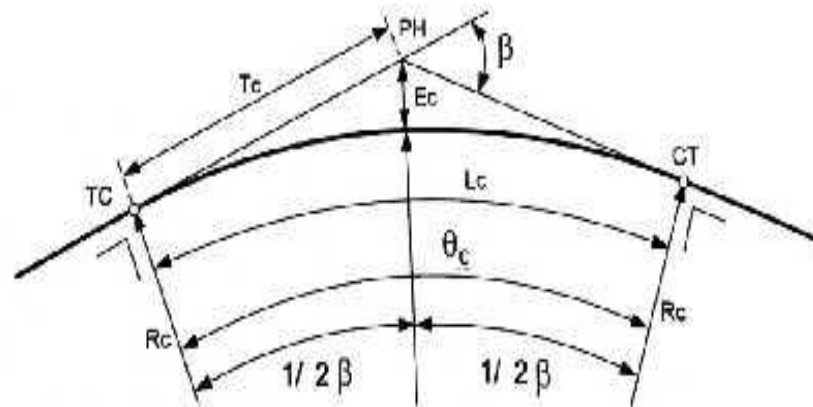
Tc = jarak antara TC-PH (m)

Ec = jarak PH ke busur lingkaran (m)

Lc = panjang busur lingkaran (m)

Rc = jari-jari lingkaran (m)

β = sudut perpotongan (derajat)

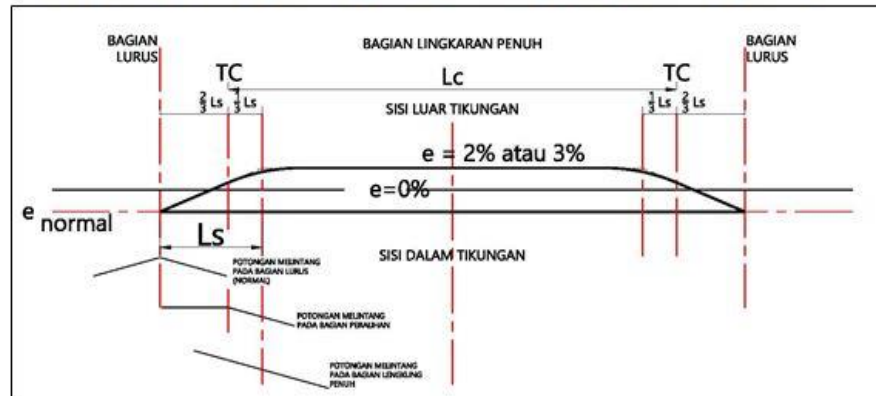


Gambar 2.11 Lengkung busur lingkaran sederhana

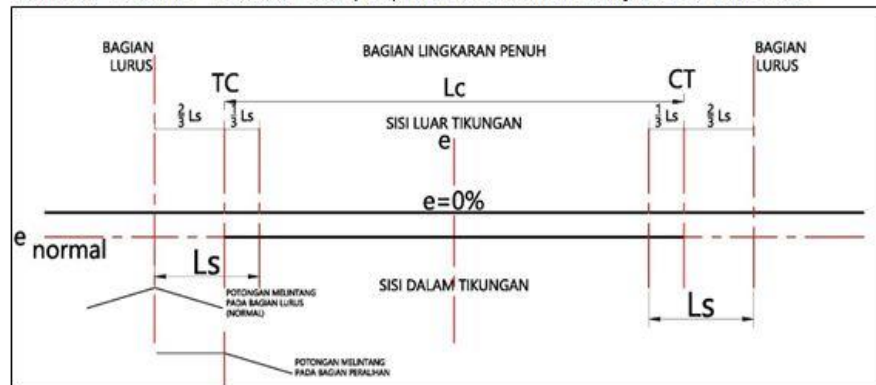
Karena lengkung hanya berbentuk busur lingkaran maka pencapaian superelevasi dilakukan sebagian pada jalan lurus dan sebagian lagi pada bagian lengkung.

Terdapat 3 kondisi pada tikungan F-C, sebagaimana dijelaskan pada gambar dibawah ini:

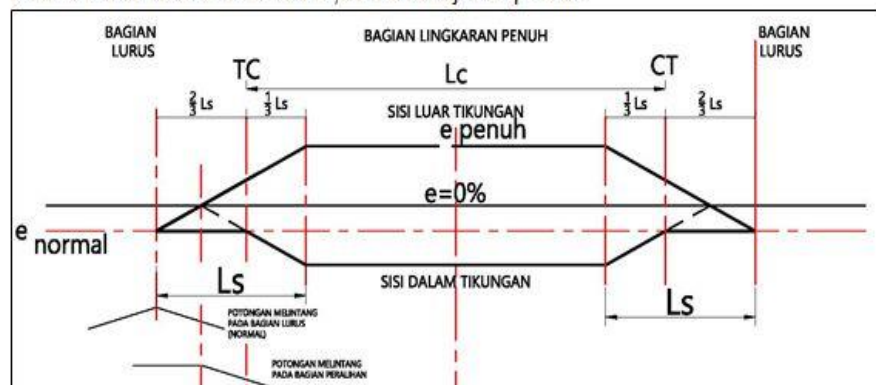
1. Jika $e > 1\%$ dan $< +2\%$ atau $+3\%$ (RC) nilai e dibulatkan menjadi $+2\%$ atau $+3\%$.



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



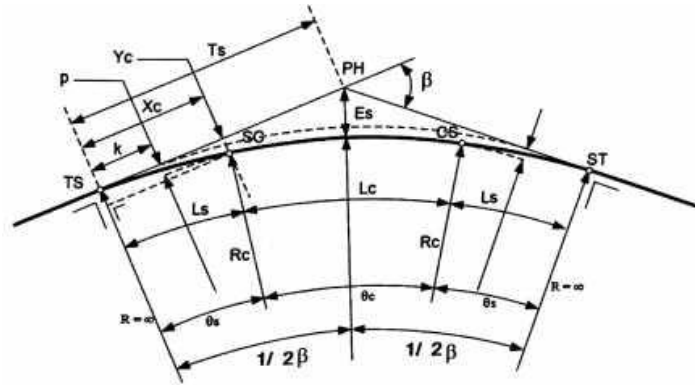
3. Jika $e > e_{normal}$ dan $< e_{max}$, nilai e menjadi e penuh.



Gambar 2.12 Diagram superelevasi *full circle*)

Sumber: Pedoman Desain Geometri Bina Marga (2021)

- b. Lengkung busur lingkaran dengan lengkung peralihan (*Spiral-Circle-Spiral, S-C-S*)



Gambar 2.13 Lengkung *spiral-circle-spiral*

Gambar 2.13 merupakan sebuah lengkung *spiral-circle-spiral* atau bisa disingkat menjadi S-C-S yang memiliki panjang lengkung peralihan dari TS ke SC sama dengan dari CS ke ST ($=L_s$). Lengkung TS-SC adalah lengkung peralihan berbentuk spiral (*clothoid*) yang menghubungkan bagian lurus dengan bagian radius tak terhingga di awal spiral (kiri TS) dan bagian berbentuk lingkaran dengan radius = R_c diakhiri spiral (kanan SC). Lengkung spiral berfungsi mengurangi pengaruh gaya sentrifugal. Titik TS adalah titik peralihan bagian lurus ke bagian berbentuk spiral dan titik SC adalah titik peralihan bagian spiral ke bagian lingkaran. Rumus-rumus yang digunakan dalam menghitung tikungan SCS adalah:

$$\theta_s = \frac{L_s}{2} \cdot R_c \quad \text{dalam radian}$$

$$\theta_s = \frac{L_s}{2 \cdot R_c} * \frac{180}{\pi} = \frac{90L_s}{\pi \cdot R_c} \quad \text{dalam derajat}$$

$$x = l - \frac{l^5}{40 \cdot R^2 L_s^2}$$

$$y = \frac{l^3}{6 \cdot R \cdot L_s}$$

$$X_s = L_s - \frac{L_s^3}{40 \cdot R_c^2}$$

$$Y_s = \frac{L^2}{6 \cdot R_c}$$

$$p = Y_s + R_c \cos \theta_s - R_c$$

$$p = Y_s - R_c (1 - \cos \theta_s)$$

$$p = Y_s - R_c (1 - \cos \theta_s)$$

$$k = X_s - R_c \sin \theta_s$$

$$\theta_c = \beta - 2 * \theta_s$$

$$L_c = R_c \cdot \theta_c * \frac{2\pi}{360}$$

$$L_{tot} = L_c + 2 \cdot L_s$$

$$T_s = (R_c + p) * \tan \frac{1}{2} \beta + k$$

$$E_s = \frac{(R_c + p)}{\cos \frac{1}{2} \beta} - R_c$$

Dimana:

θ_s = besarnya sudut spiral TS – SC (derajat)

L_c = panjang busur lingkaran (m)

θ_c = sudut pusat busur lingkaran (derajat)

E_s = jarak PH ke busur lingkaran (m)

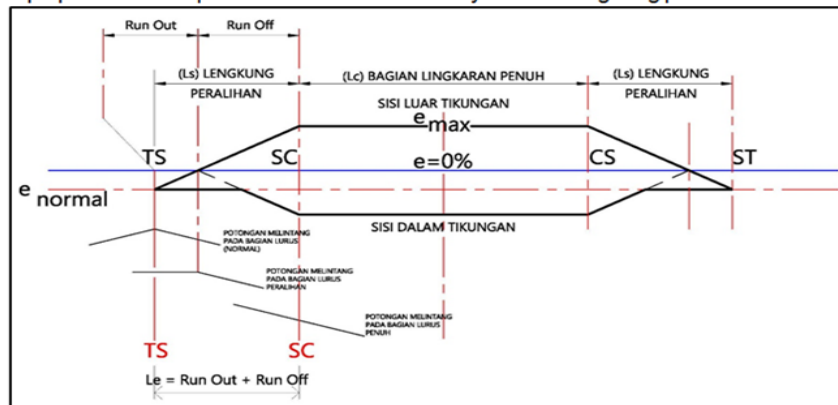
T_s = jarak TS ke PH (m)

R_c = jari-jari rencana (m)

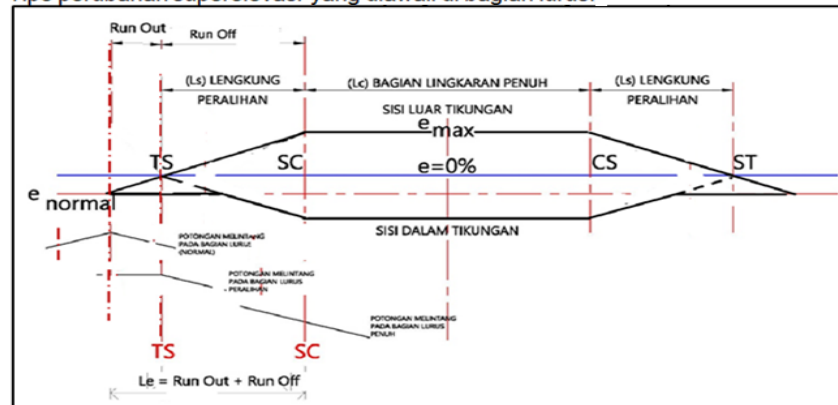
L_{tot} = panjang lengkung total (m)

Ada dua tipe yang dapat digunakan, pertama S-C-S dengan perubahan kemiringan melintang normal ke superelevasi penuh seluruhnya berada sepanjang lengkung peralihan (gambar 2.14 atas) dan kedua S-C-S yang perubahan kemiringan melintang normal ke superelevasi penuh diawali pada bagian lurus (gambar 2.14 Bawah).

Tipe perubahan superelevasi berada seluruhnya dalam lengkung peralihan:



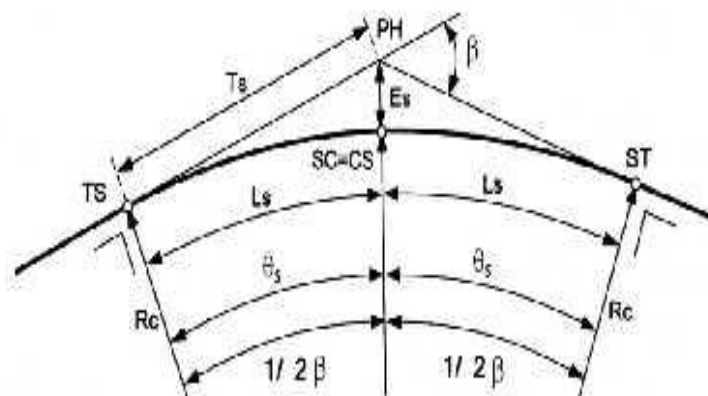
Tipe perubahan superelevasi yang diawali di bagian lurus:



Gambar 2.14 Diagram superelevasi *spiral-circle-spiral* (S-C-S)

Sumber: Pedoman Desain Geometri Bina Marga (2021)

c. Lengkung berbentuk *Spiral-Spiral* (S-S)



Gambar 2.15 Lengkung *Spiral-Spiral*

Lengkung horizontal berbentuk *spiral-spiral* adalah lengkung busur lingkaran sehingga titik SC berimpit dengan titik CS. Panjang busur lingkaran $L_c = 0$ dan sudut $\frac{1}{2}\beta$. Jari-jari R_c yang dipilih harus sedemikian rupa sehingga L_s yang dibutuhkan lebih besar dari L_s yang menghasilkan landai relatif minimum yang disyaratkan. Panjang lengkung peralihan L_s yang dipergunakan haruslah yang diperoleh dari rumus berikut:

$$L_s = \frac{\pi}{90} * R_c * \theta_s$$

Sehingga bentuk lengkung adalah lengkung spiral dengan sudut $\theta_s = \frac{1}{2}\beta$. L_s minimum berdasarkan landai relatif menurut metoda Bina Marga adalah :

$$L_s \text{ minimum} = m \cdot (e + e_n) B$$

Syarat $L_s > L_s$ minimum untuk lengkung berbentuk spiral-spiral.

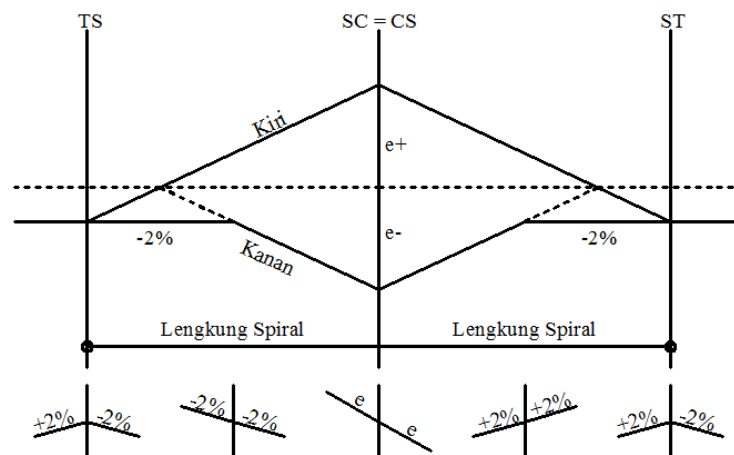
Dimana :

m = nilai satu per kelandaian relative maksimum

e = superelevasi rencana

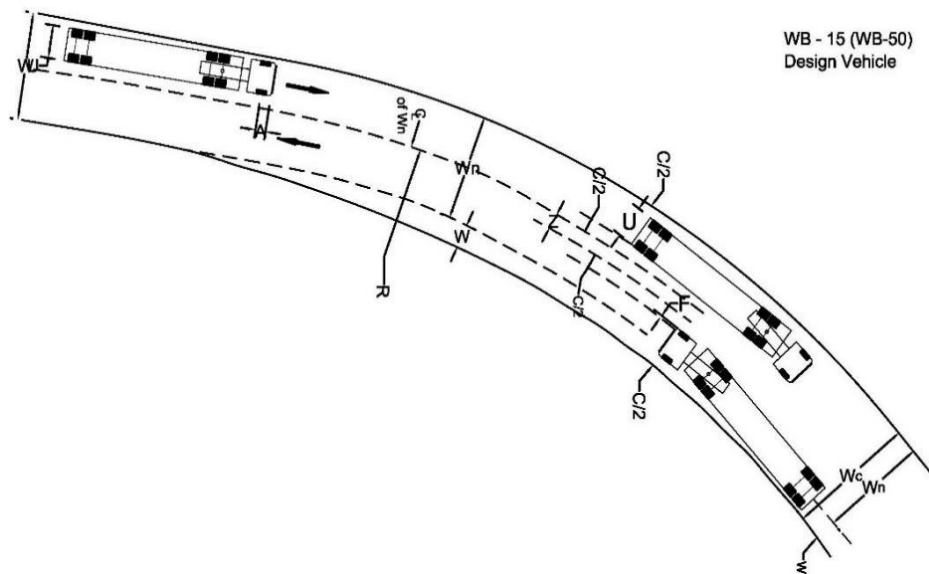
e_n = superelevasi normal

B = lebar badan jalan (satu lajur)



Gambar 2.16 Diagram superelevasi lengkung *spiral-spiral*

9. Pelebaran Perkerasan pada Lengkung Horizontal



Gambar 2.17 Pelebaran perkerasan di tikungan

Sumber: Pedoman Desain Geometri Bina Marga (2021)

Perkerasan bisa diperlebar pada tikungan untuk menjaga ruang bebas samping antar kendaraan, sejajar dengan ruang bebas yang ada pada jalan lurus. Kendaraan yang bergerak dari jalan lurus menuju ke tikungan seringkali tak dapat mempertahankan lintasannya pada lajur yang disediakan. Oleh karena itu pelebaran dibutuhkan karena sebagai berikut:

- a. Kendaraan yang melintasi tikungan memerlukan lebar perkerasan jalan yang lebih dibanding melintas di 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.
- b. Ketika di tikungan kendaraan lebih banyak menyimpang dari garis tengah lajur dibandingkan jalan lurus. Untuk menghindari hal diatas maka perlu dilakukan pelebaran perkerasan jalan pada tikungan-tikungan yang tajam.

Besaran pelebaran yang dibutuhkan tergantung pada:

- a. Radius tikungan
- b. Lebar lajur pada jalan lurus
- c. Panjang dan lebar kendaraan
- d. Ruang bebas kendaraan

Selain itu, faktor-faktor lain yang juga berperan seperti jalur depan kendaraan, jarak sumbu roda dan lebar lintasan roda kendaraan. Terdapat batasan 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. Tabel 2.29 menunjukkan pelebaran untuk suatu rentang radius busur lingkaran dan kendaraan desain.

Tabel 2.29 Pelebaran tikungan per lajur untuk kendaraan desain.

Radius (m)	Pelebaran tikungan untuk Truk atau Bus Tunggal (m)	Pelebaran tikungan untuk Truk Semi-Trailer (m)
30	-	-
40	1,03	-
50	0,82	-
60	0,71	1,27
70	0,59	1,03
80	0,52	0,91
90	0,46	0,81
100	0,41	0,71
120	0,36	0,63
140	0,32	0,56
160	0,28	0,49
180	0,24	0,42
200	-	0,35
250	-	0,29
300	-	0,23

Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Bina Marga (2021)

Catatan:

Kebutuhan penggunaan template belokan ditentukan oleh variasi pelebaran akibat sudut belokan.

Kebutuhan pelebaran tikungan berhenti saat pelebaran per lajur = 0,25m.

Pelebaran tikungan untuk badan jalan adalah pelebaran / lajur x jumlah lajur.

Lebar total dari lajur lalu lintas bisa dibulatkan ke 0,25 m terdekat.

Pelebaran per lajur tidak tergantung pada lebar lajur di jalan lurus.

Pelebaran ditujukan untuk menjaga ruang bebas horizontal yang digunakan jalan lurus.

Untuk pelebaran lajur dengan lengkung peralihan, umumnya menerapkan setengah dari pelebaran tikungan pada setiap sisi jalan. Maka pergeseran terkait dengan transisi harus lebih besari dari pelebaran tikungan yang diterapkan pada sisi luar tikungan sehingga kendaraan desain akan memanfaatkan pelebaran tersebut dan untuk menjaga penampilan tikungan. Nilai pergeseran tikungan ini dapat dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$Ls \text{ min} = \frac{0.0214 \cdot V^3}{RC}$$

$$p = \frac{Lp^2}{24R}$$

Keterangan :

Ls_{min} = panjang minimum lengkung peralihan

V = kecepatan desain, km/jam

R = radius busur lingkaran, m

C = laju maksimum perubahan akselerasi lateral (1,20 m/detik³)

P = pergeseran, m

Lp = panjang lengkung peralihan

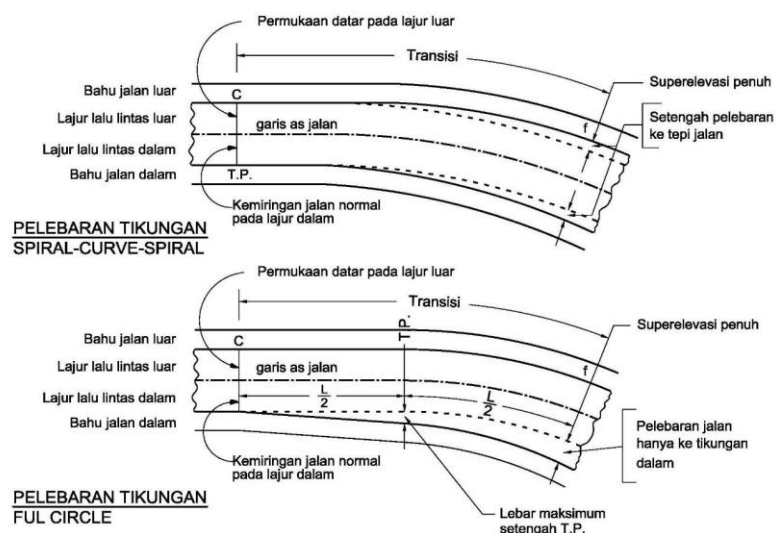
Untuk tikungan tanpa lengkung peralihan, praktisnya semua pelebaran tikungan di sisi dalam tikungan dengan garis marka tengah jalan kemudian diimbangi (*offset*) dari garis kontrol agar lebar lajur semuanya sama. Dengan ini membantu pengemudi menentukan peralihannya sendiri.

Secara umum pelebaran perkerasan di tikungan dapat diperoleh dari Tabel dibawah ini:

Tabel 2.30 Penambahan lebar penunjang (z) pada pelebaran

Radius (m)	V (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: Pedoman Desain Geometrik Jalan Bina Marga (2021)



Gambar 2.18 Metode penggunaan pelebaran tikungan.

Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Bina Marga (2021)

Berdasarkan Silvia Sukarman (1999) persamaan yang dipergunakan untuk mencari tambahan lebar perkerasan yang diperlukan adalah:

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

R_c = radius lajur sebelah dalam $- \frac{1}{2}$ lebar perkerasan $+ \frac{1}{2} b$

$$R_c = R_i - \frac{1}{2} L + \frac{1}{2} b$$

$$U = B - b$$

$$Z = \frac{0,105 \cdot V}{\sqrt{R}}$$

$$B_t = n (B + C) + Z$$

$$\Delta_b = B_t - B_n$$

Kendaraan rencana berupa truk tunggal dengan:

p = jarak antar gandar 6,5 m

A = tonjolan depan kendaraan 1,5 m

B = lebar kendaraan rencana 2,5 m

Keterangan notasi rumus tersebut adalah:

L = lebar lajur perkerasan rencana

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

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

C = lebar kebebasan samping di kiri dan di kanan kendaraan biasanya 0,5 m, 1 m dan 1,5 m untuk lebar jalan 6 m, 7 m, dan 7,5 m.

R = radius lengkung (m)

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

n = jumlah jalur

B_t = lebar total perkerasan di tikungan (m)

B_n = lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

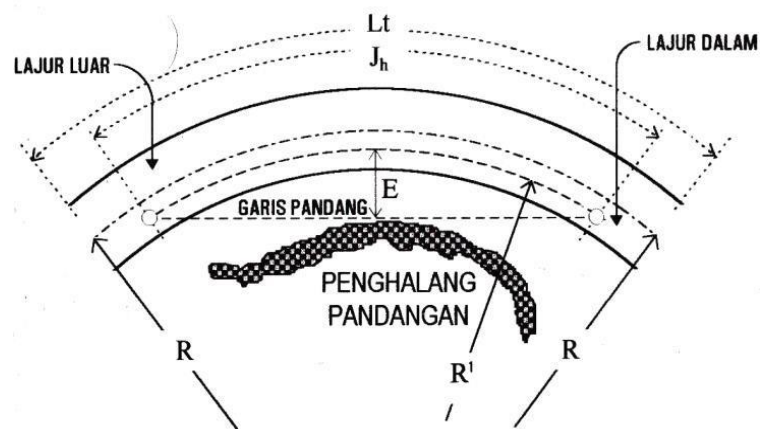
Δ_b = tambahan lebar perkerasan di tikungan (m)

10. Jarak Pandang dan Daerah Bebas Samping pada Lengkung Horizontal

Jarak pandang mengemudi kendaraan yang bergerak pada lajur tepi sebelah dalam sering kali dihalangi oleh gedung-gedung, hutan-hutan kayu,

tebing galian, dan lain lain. Karena banyaknya penghalang-penghalang yang mungkin terjadi dengan tiap sifat penghalang berbeda-beda maka harus ditinjau faktor-faktor apa saja yang menimbulkan halangan tersebut.

Untuk menjaga keamanan pemakai jalan, panjang jarak pandang henti minimum harus terpenuhi di sepanjang lengkung horizontal. Penentuan batas minimum jarak antara sumbu lajur sebelah dalam ke penghalang ditentukan berdasarkan kondisi dengan jarak pandang lebih kecil daripada panjang lengkung horizontal ($J_h < L_t$).



Gambar 2.19 Jarak pandang pada lengkung horizontal, $J_h < L_t$

Untuk mengetahui besarnya jarak pandang pada lengkung horizontal digunakan rumus sebagai berikut:

$$J_h = 0,278 * V \cdot t + \frac{V^2}{254 * (fm \pm i)}$$

Dan untuk daerah bebas halangan di tikungan digunakan persamaan:

$$\frac{J_h}{2\pi R} = \frac{\theta}{360} \rightarrow \theta = \frac{180 \cdot J_h}{\pi R}$$

$$E = R - R \cdot \cos \frac{1}{2} \theta$$

$$E = R * \left(1 - \cos \left(\frac{90 \cdot J_h}{\pi R} \right) \right)$$

Dimana:

Garis A – B = garis pandang

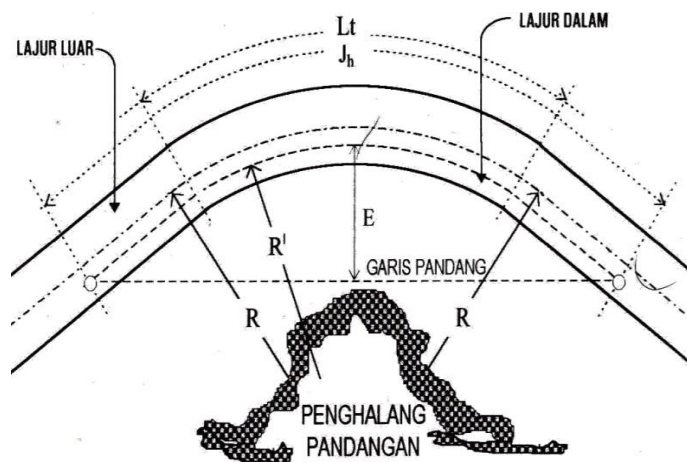
Lengkung A – B = jarak pandang

E = jarak dari penghalang ke sumbu lajur sebelah dalam (m)

- J_h = jarak pandang (m)
 L = panjang busur lingkaran (m)
 R = radius sumbu lajur sebelah dalam (m)
 i = kelandaian jalan terbesar (%)

sedangkan untuk jarak pandang lebih besar dari panjang lengkung ($S > L$) maka ditentukan rumus sebagai berikut:

$$E = R * \left(1 - \cos\left(\frac{90 \cdot J_h}{\pi R}\right)\right) + \frac{(J_h - L)}{2} \cdot \sin\left(\frac{90 \cdot J_h}{\pi R}\right)$$



Gambar 2.20 Jarak pandang pada lengkung horizontal, $J_h > L_t$

11. Penomoran (*Stationing*) pada Tikungan Jalan

Penomoran (*Stationing*) panjang jalan pada tikungan jalan adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal dimulainya tikungan. Penomoran jalan (*stationing*) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenal lokasi suatu tempat. Pada tikungan, noasanya dilakukan penomoran (*stationing*) pada titik-titik penting. Seperti terdapat *stationing* titik TC dan titik CT pada tikungan jenis lingkaran sederhana. Sedangkan pada jenis tikungan *spiral-circle-spiral* dan *spiral-spiral* terdapat *stationing* titik TS, *stationing* titik SC, *stationing* titik CS dan *stationing* titik ST.

Penomoran pada tikungan jalan untuk setiap titik penting tersebut adalah sebagai berikut:

Pada tikungan FC :

1. $STA\ TC = STA\ titik\ A + d_1 - T_c$

$$2 \quad \text{STA CT} = \text{STA TC} + L_c$$

Pada tikungan SCS:

1. $\text{STA TS} = \text{STA Titik A} + d_1 - T_s$
2. $\text{STA SC} = \text{STA TS} + L_s$
3. $\text{STA CS} = \text{STA SC} + L_c$
4. $\text{STA ST} = \text{STA CS} + L_s$

2.11 Alinemen Vertikal

Alinemen vertikal diartikan sebagai proyeksi sumbu jalan pada bidang vertikal, berbentuk penampang memanjang jalan. Alinemen vertikal adalah profil memanjang sepanjang garis tengah jalan, yang terbentuk dari serangkaian segmen dengan kelandaian memanjang dan lengkung vertikal. Profilnya tergantung dari topografi, desain alinemen horizontal, kriteria desain, geologi, pekerjaan tanah dan aspek ekonomi lainnya. Tujuan dari perancangan alinemen vertikal yaitu untuk menentukan elevasi titik-titik penting jalan untuk dapat menjamin drainase jalan secara tepat dan tingkat keselamatan yang tinggi.

Kendala utama dalam perancangan alinemen vertikal adalah transisi antara elevasi jalan diantara dua buah kelandaian. Transisi ini dicapai dengan menggunakan lengkungan vertikal. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam merancang alinemen vertikal ialah:

- a. Topografi eksisting
- b. Kondisi geoteknis
- c. Persimpangan eksisting
- d. Jalur masuk properti
- e. *Overpass* (ruang bebas vertikal, jarak pandang dan pelapisan ulang)
- f. *Underpass*
- g. Akses pejalan kaki
- h. Asset pelayanan utilitas dan persyaratan perlindungannya
- i. Buka median

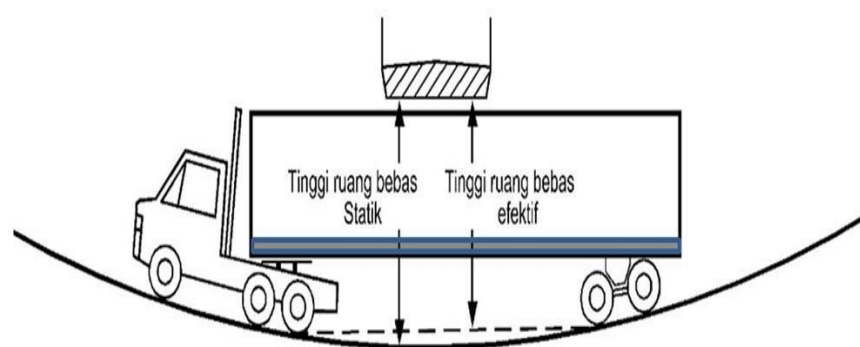
Untuk membedakan topografi, medan dibagi menjadi tiga kategori, yaitu: datar, bukit, dan gunung. Pada medan datar biasanya jarak pandang lebih mudah

dipenuhi tanpa kesulitan mengkonstruksinya atau tidak berbiaya besar. Pada medan bukit, lereng alami naik dan turun secara konsisten terhadap jalan. Kadang kala, lereng curam membatasi desain alinemen horizontal dan vertikal yang normal. Pada medan gunung, perubahan elevasi permukaan tanah baik memanjang maupun melintang sepanjang alinemen jalan muncul secara mendadak, sehingga sering menyebabkan dibutuhkan penggalian yang terjal dan membuat lereng bertangga (*benching*) untuk memperoleh alinemen horizontal dan vertikal yang dapat diterima.

Desain harus memperhatikan dampak profil melintang badan jalan yang berbatasan atau memotong jalan yang bisa memengaruhi desain geometrik vertikal terutama dalam pertimbangan pembangunan drainase, dan juga perubahan-perubahan dalam:

- Profil melintang atau superelevasi
- Posisi puncak kemiringan melintang jalan
- Penambahan atau pengurangan lajur lalu lintas
- Sudut antara jalan dan objek

Kesemuanya dapat berdampak pada ruang bebas vertikal dan harus diperiksa terhadap pemenuhannya. Harus diperhatikan spesifikasi kendaraan yang panjang bagi struktur diatas jalan, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.21 berikut:



Gambar 2.21 Ruang bebas untuk kendaraan panjang

Kemudian, objek-objek yang relatif besar seperti *overpass* dan pepohonan harus diperiksa dampaknya terhadap jarak pandang terutama jika terjadi di dekat

lengkung vertikal cekung, memakai tinggi mata pengemudi truk sebesar 2,40 m dan tinggi lampu belakang kendaraan sebesar 0,80 m.

2.11.1 Muka Air Tanah atau Ketinggian Banjir

Untuk menjaga perkerasan jalan agar tetap kering dan tanah dasar tidak kehilangan kekuatannya ketika jenuh air, maka level tanah dasar hendaknya di atas ketinggian muka air tanah atau muka air banjir. Ketinggian minimum tanah dasar di atas muka air tanah ini mengacu pada tabel berikut:

Tabel 2.31 Tinggi minimum tanah dasar di atas muka air tanah banjir

SPPJ	Tinggi tanah dasar di atas muka air tanah (mm)	Tinggi tanah dasar di atas muka air banjir (mm)
JBH	1200 (jika ada drainase bawah permukaan di median)	500 (banjir 50 tahunan)
	1700 (tanpa drainase bawah permukaan di median)	
JRY	1200 (tanah lunak jenuh atau gambut tanpa lapis drainase)	
	800 (tanah lunak jenuh atau gambut dengan lapis drainase)	
	600 (tanah dasar normal)	
JSD	600	500 (banjir 10 tahunan)
JKC	400	NA

Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Bina Marga (2021)

2.11.2 Ruang Bebas Vertikal

Tipikal ruang bebas vertikal untuk objek-objek yang dibangun di atas jalan diuraikan pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.32 Ruang bebas vertikal minimum di atas badan jalan dan jalur pjalanan kaki

Lokasi	Tinggi Ruang Bebas Minimum (m)
JBH dan jalan arteri	5,1
Jalan kolektor	5,1
Jalan lokal	5,1
Jembatan penyeberangan pejalan kaki	5,1
<i>Underpass</i> pejalan kaki	3
Struktur rambu-rambu di atas jalan	5
Jalur pengendara sepeda	3
Jalur kereta api diukur dari puncak rel	6,5

Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Bina Marga (2021)

2.11.3 Jaringan Layanan Utilitas Bawah Tanah

Semua jaringan layanan bawah tanah di sekitar pekerjaan jalan harus diidentifikasi dan dipastikan bahwa ketentuan ruang bebas minimum dipenuhi.

Layanan yang umumnya terlibat meliputi:

- a. Jaringan pipa gas
- b. Jaringan pipa air
- c. Drainase air hujan
- d. Buangan air limbah
- e. Kabel telekomunikasi
- f. Kabel listrik bawah tanah
- g. Aset pengelola jalan untuk sinyal lalu lintas dan penerangan jalan

2.11.4 Kelandaian Memanjang Minimum

Jalan dengan kelandaian data dan tanpa kerb biasanya bisa memberikan drainase permukaan yang baik dimana kemiringan melintangnya mencukupi untuk membuang air secara lateral melalui bahu dan kemudian ke saluran samping. Kelandaian minimum yang pantas biasanya 0,3 % (Tabel 2.33) akan tetapi drainase tepi jalan dan median mungkin memerlukan kelandaian lebih curam daripada kelandaian jalan agar bisa mengalirkan air dengan baik.

Tabel 2.33 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 pemasangan	0,3%
Jalan tanpa kerb dan saluran, bukan daerah galian	0%

Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Bina Marga (2021)

2.11.5 Kelandaian Memanjang Maksimum

Mengacu pada Permen PU No.19/PRT/M2011, kelandaian maksimum yang diterapkan menurut spesifikasi penyediaan prasarana jalan dengan jenis medan yang berbeda ditampilkan pada tabel 2.34. Untuk menetapkan kriteria desain kelandaian maksimum harus memperhatikan kendaraan desainnya terkait dengan kemampuannya dalam melintasi tanjakan dengan kelandaian maksimum. Pada jalan kelas I dengan kendaraan desain kendaraan besar (truk berat semi trailer), kemampuannya melintasi tanjakan dengan kecepatan 40 km/jam paling tinggi kira-kira 5,5% sehingga kelandaian maksimum perlu dibatasi sesuai kemampuan tersebut. Jika kelandaian maksimum lebih besar dari 5,5% sangat dimungkinkan akan ditemui kendaraan besar dengan kecepatan ≤ 40 km/jam. Berikut tabel kelandaian maksimum:

Tabel 2.34 Kelandaian Maksimum

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

Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Bina Marga (2021)

2.11.6 Panjang Kelandaian Kritis

Panjang kritis ialah panjang landai maksimum yang harus ada untuk mempertahankan kecepatan sehingga penurunan kecepatan kurang dari atau sama dengan 50% dari kecepatan rencana dengan lama satu menit. Tabel 2.35 Menyajikan ringkasan panjang kelandaian kritis berdasarkan penurunan kecepatan 25 km/jam.

Tabel 2.35 Panjang Kelandaian kritis

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

Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Bina Marga (2021)

2.11.7 Lajur Pendakian

Dengan adanya lajur pendakian pada jalan dua lajur dua arah dapat mengimbangi penurunan kecepatan operasi lalu lintas yang disebabkan oleh efek kelandaian, peningkatan arus lalu lintas, dan keberadaan kendaraan berat (truk), serta menyediakan cara yang relatif murah untuk menunda rekonstruksi dalam waktu lama.

2.11.8 Jalur Penyelamat

Turunan curam dan panjang bisa menyebabkan pengemudi kendaraan berat kehilangan kendali akibat kegagalan mekanis, kehilangan daya pengereman, atau gagal mengganti gigi. Untuk mencegah dan membatasi konsekuensi terjadinya kehilangan kendali pada kendaraan berat maka dibutuhkan suatu jalur penyelamat. Agar jalur penyelamat menjadi efektif, diperlukan lokasi yang strategis. Jenis-jenis sarana penahan kendaraan kehilangan kendali pada jalur penyelamat ialah:

1. *Ramp* pengaman gravitasi
2. *Arrester beds*, atau

3. Jaring pengaman (*dragnets*)

2.11.9 Bentuk Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal merupakan lengkung peralihan antara dua kelandaian. Lengkung vertikal harus direncanakan sedemikian rupa agar memenuhi standar keamanan, kenyamanan dan drainase. Pada umumnya lengkung vertikal didesain menggunakan persamaan sebagai berikut

$$L = KA$$

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

$$K = \frac{2S}{A} - \frac{200(\sqrt[2]{h_1} - \sqrt[2]{h_2})^2}{A^2}$$

Keterangan:

L = panjang lengkung vertikal, m

K = panjang lengkung vertikal dalam meter
untuk setiap perubahan kelandaian 1%

A = perubahan kelandaian aljabar, %

S = jarak pandang, m

h_1 = tinggi mata pengemudi, digunakan untuk menetapkan
jarak pandang, m

h_2 = tinggi objek, digunakan untuk menetapkan jarak pandang, m

Jenis lengkung vertikal dilihat dari letak titik perpotongan kedua bagian lurus (tangen), adalah:

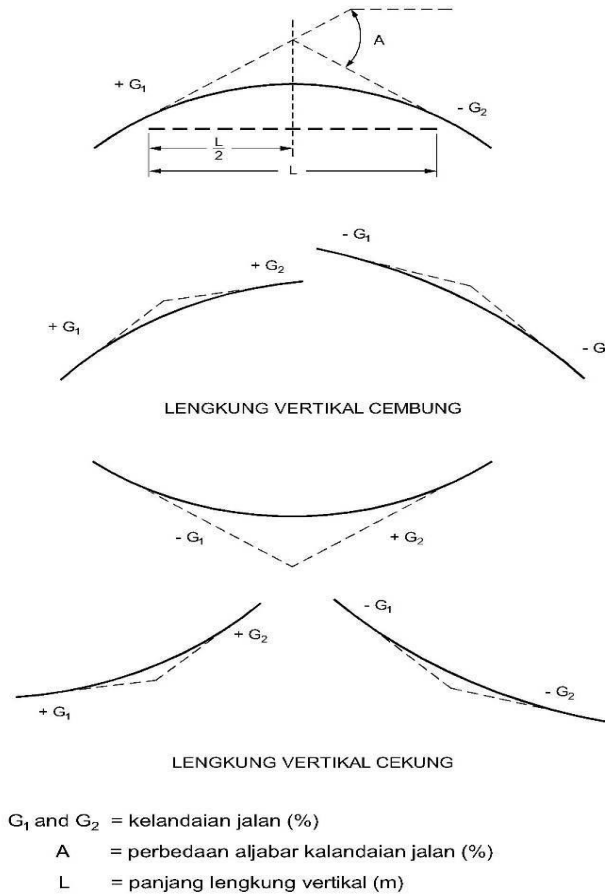
1. Lengkung Vertikal Cekung (*crest vertical curves*)

Lengkung vertikal cekung adalah titik potong antara dua landai berbeda di atas muka sumbu atau as jalan. Terdapat empat kriteria untuk menentukan panjang lengkung vertikal cekung, yaitu: Kenyamanan pengemudi, Silau sorotan lampu, Pengendalian drainase dan Penampilan.

2. Lengkung Vertikal Cembung (*sag vertical curves*)

Lengkung vertikal cembung ialah titik potong antara dua landai berada di bawah muka as jalan. Pengendali utama lengkung vertikal cembung adalah penyediaan jarak pandang yang cukup, untuk mendapatkan sudut pandang

yang aman, kenyamanan dan penampilan. Berikut gambar jenis-jenis lengkung vertikal:



Gambar 2.22 Jenis-jenis lengkung vertikal

Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Bina Marga (2021)

2.12 Penampang Melintang Jalan

Penampang melintang jalan yang didesain tergantung pada:

- Lokasinya (di dalam SJJ primer, di luar kota atau SJJ sekunder, di dalam kota);
- Fungsi jalan;
- Kelas penggunaan Jalan;
- Spesifikasi penyediaan prasarana jalan

- e. Volume lalu lintas harian rata-rata (LHRT) dan jenis-jenis kendaraan (mobil, bus, truk, sepeda motor, fisik);
- f. Jalan baru atau jalan lama yang ditingkatkan;
- g. Ketersediaan angkutan umum;
- h. Kondisi lingkungan (topografi, geologi, utilitas publik, lebar Rumija, vegetasi);
- i. Ketersediaan material untuk membuat jalan.

Tipikal penampang melintang jalan terdiri dari jalur lalu lintas, bahu luar (dan bahu dalam pada JRY dan JBH), *verge* (jika ada), selokan samping, ambang pengaman, dan lereng (jika ada). Badan jalan terdiri dari jalur lalu lintas dan bahu jalan. Lebar jalur lalu lintas dan bahu jalan ditentukan oleh klasifikasi jalan dan volume lalu lintas

2.13 Perkerasan Jalan

Dibutuhkan suatu struktur untuk melindungi daya dukung tanah terhadap beban berulang dari lalu-lintas kendaraan tanpa mengalami deformasi yang besar. Struktur ini disebut dengan perkerasan (*pavement*). Perkerasan merupakan struktur yang diletakkan diatas tanah dasar yang memisahkan antara ban kendaraan dengan tanah dasar yang berada di bawahnya. Perkerasan harus memberikan permukaan yang rata dengan kekesatan tertentu, dengan umur pelayanan yang cukup panjang, serta pemeliharaan yang minimum. Struktur perkerasan jalan terdiri atas berbagai lapisan material. Komponen material yang berkualitas tinggi diletakkan pada bagian atas, semakin ke bawah kualitas material semakin berkurang. Hal ini diakibatkan tegangan akibat beban roda lalu-lintas, disebarkan semakin ke bawah semakin mengecil.

Menurut *Federal Highway Administration* (Hardiyatmo, 2019:2) komponen-komponen perkerasan meliputi :

- a. Lapis aus (*wearing course*) yang memberikan cukup kekesatan, tahanan gesek dan penutup kedap air atau drainase dipermukaan.
- b. Lapis perkerasan terikat atau tersementasi (aspal atau beton) yang memberikan daya dukung yang cukup dan sekaligus sebagai penghalang air yang masuk ke

dalam material tak terikat dibawahnya.

- c. Lapis pondasi (*base course*) dan lapisan pondasi bawah (*sub-base course*) tak terikat yang memberikan tambahan kekuatan (khususnya untuk perkerasan lentur dan ketahanan terhadap pengaruh air yang merusak struktur perkerasan, serta pengaruh degradasi yang lain (erosi dan instruksi butiran halus).
- d. Tanah dasar (*subgrade*) yang memberikan cukup kekakuan, kekuatan yang seragam dan merupakan landasan yang stabil bagi lapisan material perkerasan di atasnya.
- e. Sistem drainase yang dapat membuang air dengan cepat dari sistem perkerasan, sebelum air menurunkan kualitas lapisan material granuler tak terikat dan tanah dasar.

2.13.1 Fungsi Perkerasan

Fungsi utama dari perkerasan ialah menyebarkan beban roda ke area permukaan tanah dasar yang lebih luas dibandingkan luas kontak roda dan perkerasan, sehingga mereduksi tegangan maksimum yang terjadi pada tanah dasar, yaitu pada tekanan di masa tanah dasar tidak mengalami deformasi berlebihan selama masa pelayanan perkerasan. Secara umum fungsi perkerasan jalan adalah : (Hardiyatmo, 2019:3)

1. Untuk memberikan struktur yang kuat dalam mendukung beban lalu-lintas.
2. Untuk memberikan permukaan rata bagi pengendara.
3. Untuk memberikan kekesatan atau tahanan gelincir (*skid resistance*) di permukaan perkerasan.
4. Untuk mendistribusikan beban kendaraan ke tanah dasar secara memadai, sehingga tanah dasar terlindung dari tekanan yang berlebihan.
5. Untuk melindungi tanah dasar dari pengaruh buruk perubahan cuaca.

2.13.2 Tipe-Tipe Perkerasan

Pertimbangan tipe perkerasan yang dipilih terkait dengan dana pembangunan yang tersedia, biaya pemeliharaan, volume lalu-lintas yang dilayani, serta kecepatan pembangunan agar lalu-lintas tidak terlalu lama terganggu oleh pelaksanaan proyek. Tipe-tipe perkerasan yang banyak digunakan adalah :

1. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)
Perkerasan kaku yaitu perkerasan yang terdiri atas tanah dasar, lapis pondasi bawah dan pelat beton semen Portland, dengan atau tanpa tulangan.
2. Perkerasan Lentur (*Flexibel Pavement*)
Perkerasan lentur atau perkerasan aspal ialah perkerasan yang terdiri atas lapis permukaan aspal yang di atas lapis pondasi dan lapis pondasi bawah granular yang dihamparkan di atas tanah dasar.
3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)
Perkerasan komposit adalah perkerasan gabungan antara perkerasan beton semen Portland dan perkerasan aspal. Lapis beton aspal berada diatas perkerasan beton semen Portland.
Tugas Akhir kami merencanakan jalan menggunakan perkerasan kaku, karena sesuai dengan kriteria perkerasan kaku yang cocok dengan jalan yang melayani beban lalu lintas berat dengan kecepatan yang tinggi.

2.14 Perkerasan Kaku

Perkerasan beton semen adalah struktur yang terdiri atas pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan, terletak di atas lapis pondasi bawah, tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal. Perkerasan kaku yang terbuat dari pelat beton bersifat lebih kaku dan modulus elastisitasnya tinggi, maka beban lalu lintas yang bekerja akan disebarkan ke area yang lebih luas ke tanah dasar.

Berdasarkan Pd T-14-2003, perkerasan beton semen dibedakan atas 4 jenis:

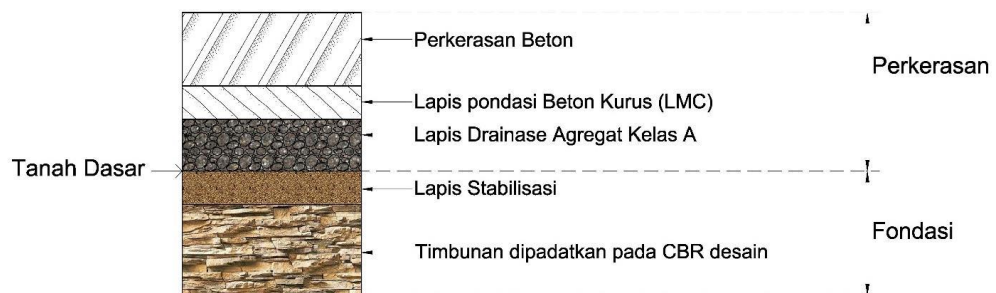
1. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan untuk kendali retak
2. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan plat untuk kendali retak. Digunakan *wire mesh* diantara siar dan penggunaannya independent terhadap adanya tulangan dowel.
3. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan. Tulangan terdiri atas baja tulangan dengan presentasi besi yang relative cukup banyak.
4. Perkerasan beton semen pra-tegang.

Struktur perkerasan beton semen secara tipikal terlihat pada gambar berikut:

1. Perkerasan Kaku pada Permukaan Tanah Asli



2. Perkerasan Kaku pada Timbunan



3. Perkerasan Kaku pada Galian



Gambar 2.23 Tipikal struktur perkerasan beton semen

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan (2017)

2.14.1 Prosedur Desain Perkerasan Kaku

Menurut Manual Desain Perkerasan Jalan 2017

1. Tentukan umur rencana (Tabel 2-1. Umur Rencana Perkerasan). Bab 2
2. Tentukan volume kelompok sumbu kendaraan niaga. Bab 4 dan Lampiran D
3. Tentukan stuktur fondasi jalan dari Bagan Desain - 2. Bab 6
4. Tentukan daya dukung efektif tanah dasar menggunakan solusi tanah Bab 6 normal atau tanah lunak.
5. Tentukan struktur lapisan perkerasan sesuai Bagan Desain – 4 atau 4A. Bab 7

6. Tentukan jenis sambungan (umumnya berupa sambungan dengan Bab 7 *dowel*)
7. Tentukan jenis bahu jalan (biasanya menggunakan bahu beton). Lampiran F
8. Tentukan detail desain yang meliputi dimensi pelat beton, penulangan Pd T-14-2003 pelat, posisi *dowel & tie bar*, ketentuan sambungan dan sebagainya.
9. Tetapkan kebutuhan daya dukung tepi perkerasan Bab 8

2.14.2 Persyaratan Teknis Perencanaan Perkerasan Kaku

1. Kekuatan Lapis Tanah Dasar

Tanah dasar merupakan permukaan tanah asli atau permukaan galian atau permukaan timbunan yang dipadatkan dan merupakan dasar untuk perletakan struktur perkerasan di atasnya. Fungsi tanah dasar adalah sebagai tempat perletakan lapis perkerasan. Daya dukung Tanah dasar pada konstruksi perkerasan beton semen, ditentukan berdasarkan nilai CBR insitu dengan SNI 03-1731-1989, atau CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03-1744-1989 masing-masing untuk perencanaan tebal perkerasan lama dan perkerasan jalan baru. Disini apabila tanah dasar memiliki nilai CBR dibawah 2% maka digunakan pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean-Mix Concrate*) setebal 10-15cm sehingga tanah dianggap memiliki CBR 5%.

Berdasarkan Spesifikasi Teknis Jalan Bebas Hambatan (2017), seluruh material sampai kedalaman 30 cm di bawah elevasi tanah dasar harus dipadatkan sekurang-kurangnya 100% dari kepadatan kering maksimum sebagaimana ditentukan sesuai dengan SNI 1742 : 2008 (AASHTO T99-01 (2004)) pada rentang kadar air – 3% sampai dengan + 1% dari kadar air optimum di laboratorium. Nilai CBR minimum yang diharuskan untuk *subgrade* pada pekerjaan perkerasan jalan dalam kontrak Spesifikasi Teknis JBH Divisi 7 – *Subgrade* adalah lebih dari 6%. Apabila tidak memungkinkan tercapai nilai CBR 6% maka dilakukan *stabilisasi* tanah dasar atau diperlukan lapis penopang (*capping kayers*) dengan *selected borrow material*.

Berikut Desain Fondasi Jalan Minimum menurut Manual Desain Perkerasan Jalan 2017:

Tabel 2.36 Bagan Desain Desain Fondasi Jalan Minimum

CBR Tanah dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5)			
			< 2	2 - 4	> 4	
Tebal minimum perbaikan tanah dasar			Tidak diperlukan perbaikan			
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Devisi 3 – Pekerjaan Tanah) (pemadatan lapisan ≤ 200 mm tebal gembur)	-	-	100	150 mm stabilisasi di atas 150 mm material timbunan pilihan.
5	SG5		100	150	200	
4	SG4		150	200	300	
3	SG3		175	250	350	
2,5	SG2.5		400	500	600	
Tanah ekspansif (potensi pemuaian > 5%)		Lapis penopang ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	1000	1100	1200	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
Perkerasan di atas tanah lunak ⁽²⁾		-atau- lapis penopang dan geogrid ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	1000	1250	1500	

(1) Desain harus mempertimbangkan semua hal yang kritikal; syarat tambahan mungkin berlaku.

(2) Ditandai dengan kepadatan dan CBR lapangan yang rendah.

(3) Menggunakan nilai CBR insitu, karena nilai CBR rendaman tidak relevan.

(4) Permukaan lapis penopang di atas tanah SG1 dan gambut diasumsikan mempunyai daya dukung setara nilai CBR 2.5%, dengan demikian ketentuan perbaikan tanah SG2.5 berlaku. Contoh: untuk lalu lintas rencana > 4 juta ESA, tanah SG1 memerlukan lapis penopang setebal 1200 mm untuk mencapai daya dukung setara SG2.5 dan selanjutnya perlu ditambah lagi setebal 350 mm untuk meningkatkan menjadi setara SG6.

(5) Tebal lapis penopang dapat dikurangi 300 mm jika tanah asal dipadatkan pada kondisi kering.

(6) Untuk perkerasan kaku, lapis permukaan material tanah dasar berbutir halus (klasifikasi A4 - A6) hingga kedalaman 150 mm harus berupa stabilisasi semen.

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2017

2 Lapis Pondasi bawah

Material lapis pondasi agregat harus dipilih dari sumber yang telah disetujui sesuai spesifikasi. Bahan pondasi bawah dapat berupa

1. Bahan berbutir,
2. Stabilisasi atau beton kurus giling padat (*lean rolled concrete*) dan
3. Campuran beton kutus (*lean-mix concrete*)

Lapis pondasi bawah perlu diperlebar sampai 60 cm diluar tepi perkerasan beton semen. Tebal lapis pondasi minimum 10 cm yang paling sedikit mempunyai mutu sesuai dengan SNI No. 03-6388-2000 dan AASHTO M-155 serta SNI 03-1743-1989.

3 Pelat Beton

Pelat beton terbuat dari beton semen mempunyai mutu tinggi, yang dicor setempat diatas pondasi bawah. Lapis perkerasan beton ini sebagai konstruksi utama dari konstruksi perkerasan beton semen. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton itu sendiri, lapis pondasi bawah digunakan di bawah plat beton karena beberapa pertimbangan, yaitu untuk menghindari terjadinya *pumping*,

kendali terhadap sistem drainase, kendali terhadap kembang-susut yang terjadi pada tanah dasar dan untuk menyediakan lantai kerja (*working platform*) untuk pekerjaan konstruksi.

Struktur perkerasan kaku untuk jalan dengan beban lalu lintas berat ditentukan dalam bagan desain dibawah ini dengan cara menghitung kelompok sumbu kendaraan niaga

Tabel 2.37 Bagan Desain Perkerasan Kaku

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat (<i>overloaded</i>) (10E6)	< 4.3	< 8.6	< 25.8	< 43	< 86
Dowel dan bahu beton	Ya				
STRUKTUR PERKERASAN (mm)					
Tebal pelat beton	265	275	285	295	305
Lapis Fondasi LMC	100				
Lapis Drainase (dapat mengalir dengan baik)	150				

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2017

4. Jenis-jenis Sambungan

Semua sambungan harus ditutupi dengan bahan penutup (*joint sealer*), kecuali pada sambungan isolasi terlebih dahulu harus diberi bahan pengisi (*joint filler*). Menurut Pd T-14-2003, terdapat beberapa jenis sambungan pada perkerasan beton semen, antara lain sebagai berikut :

- 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 BJT-U24 dan berdiameter 16 mm. Ukuran batang pengikat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$A_t = 204 \times b \times h \text{ dan}$$

$$I = (38,3 \times \Phi) + 75$$

Dimana :

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

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

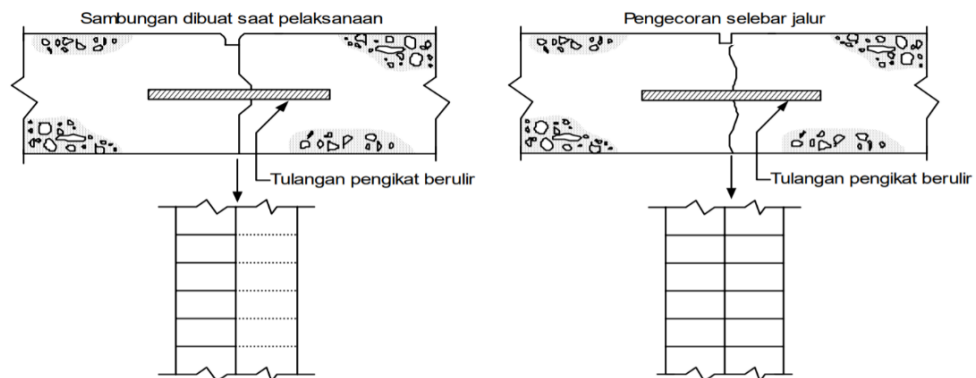
h : Tebal pelat (m).

I : Panjang batang pengikat (mm).

Φ : Diameter batang pengikat yang dipilih (mm).

Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm.

Tipikal sambungan memanjang diperlihatkan pada gambar 2.24

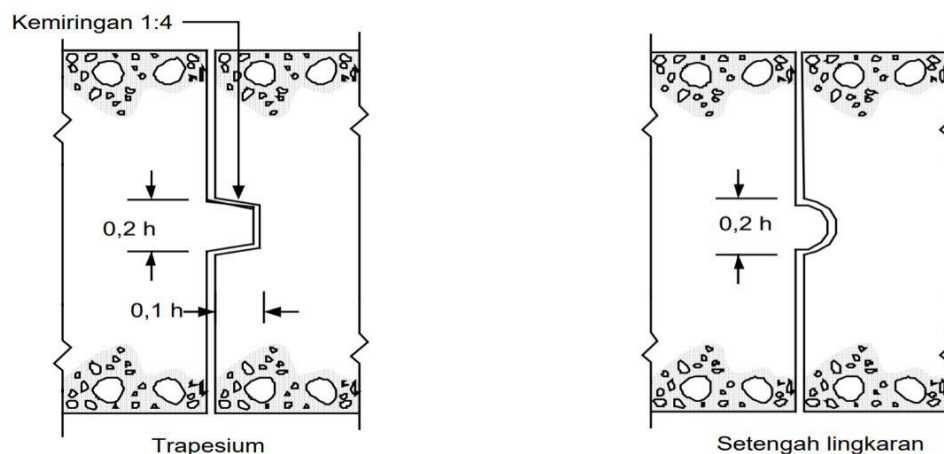


Gambar 2.24 Tipikal Sambungan Memanjang

Sumber: Pd T-14-2003

- Sambungan Pelaksanaan Memanjang

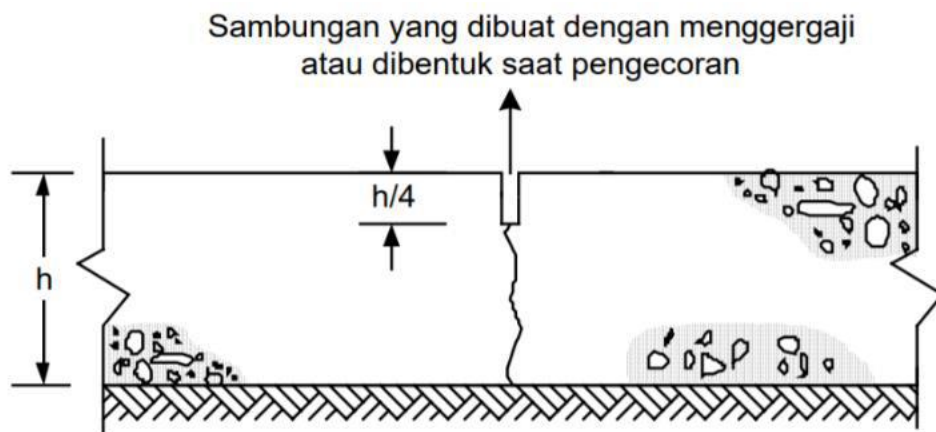
Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dilakukan dengan cara penguncian. Bentuk dan ukuran penguncian dapat berbentuk trapesium atau setengah lingkaran sebagai mana diperlihatkan pada gambar 2.25



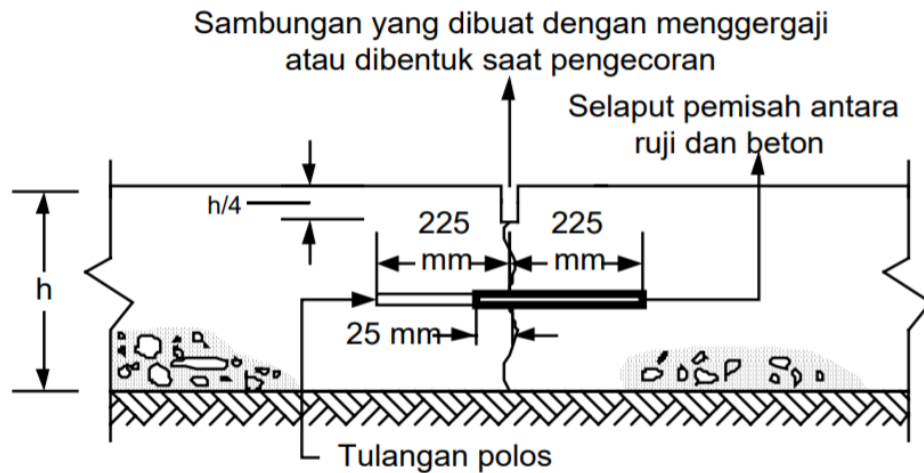
Gambar 2.25 Tipikal Sambungan Pelaksanaan Memanjang

Sumber: Pd T-14-2003

- 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.
- Sambungan Susut dan Sambungan Pelaksanaan Melintang
Ujung sambungan ini harus tegak lurus terhadap sumbu memanjang jalan dan tepi perkerasan. Untuk mengurangi beban dinamis, sambungan melintang harus dipasang dengan kemiringan 1 : 10 searah perputaran jarum jam.
- Sambungan Susut Melintang
Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagai mana diperlihatkan pada gambar 2.26 - 2.27



Gambar 2.26 Tipikal Sambungan Susut Melintang Tanpa Ruji
Sumber: Pd T-14-2003



Gambar 2.27 Tipikal Sambungan Susut Melintang Dengan Ruji

Sumber: Pd T-14-2003

Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4 - 5 m, sedangkan untuk perkerasan beton bersambung dengan tulangan 8 - 15 m dan untuk sambungan perkerasan beton menerus dengan tulangan sesuai dengan kemampuan pelaksanaan.

Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas pada saat pelat beton menyusut. Setengah panjang ruji polos harus dicat atau dilumuri dengan bahan anti lengket untuk menjamin tidak ada ikatan dengan beton. Diameter ruji tergantung pada tebal pelat beton sebagaimana terlihat pada tabel 2.38

Tabel 2.38 Diameter Ruji

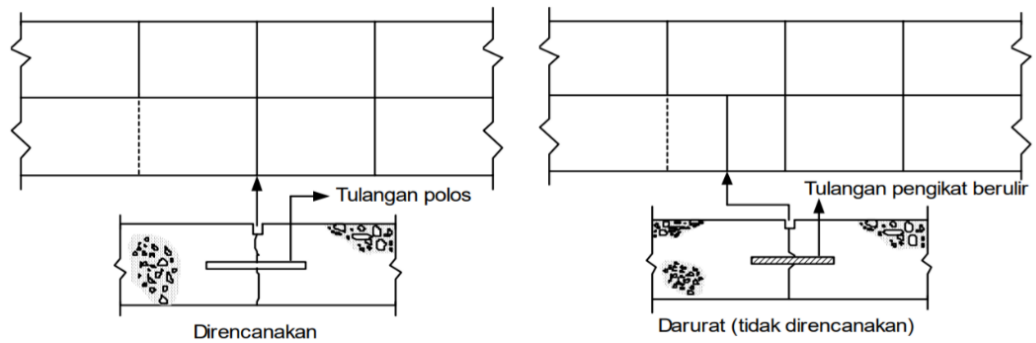
No.	Tebal pelat beton, h (mm)	Diameter ruji (mm)
1	$125 < h \leq 140$	20
2	$140 < h \leq 160$	24
3	$160 < h \leq 190$	28
4	$190 < h \leq 220$	33
5	$220 < h \leq 250$	36

Sumber: Pd T-14-2003

- Sambungan Pelaksanaan Melintang

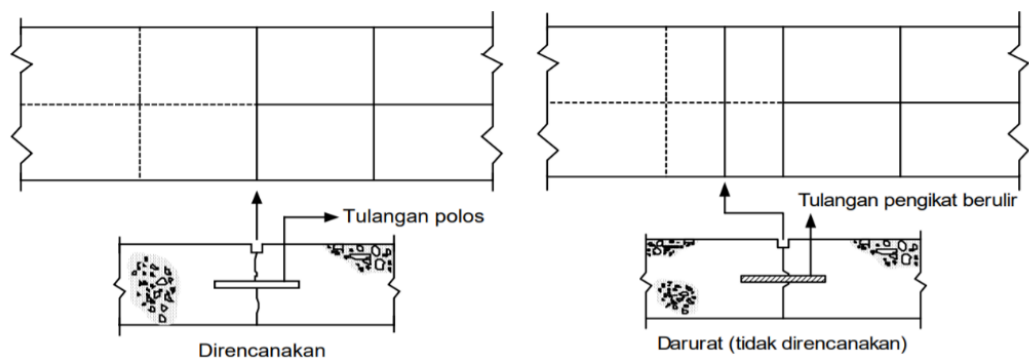
Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak direncanakan (darurat) harus menggunakan batang pengikat berulir, sedangkan pada sambungan yang

direncanakan harus menggunakan batang tulangan polos yang diletakkan di tengah tebal pelat. Tipikal sambungan pelaksanaan melintang diperlihatkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.28 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran per lajur

Sumber: Pd T-14-2003



Gambar 2.29 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan

Sumber : Pd T-14-2003

Sambungan pelaksanaan tersebut di atas harus dilengkapi dengan batang pengikat berdiameter 16 mm, panjang 69 cm dan jarak 60 cm, untuk ketebalan pelat sampai 17 cm. Untuk ketebalan lebih dari 17 cm, ukuran batang pengikat berdiameter 20 mm, panjang 84 cm dan jarak 60 cm.

- Sambungan Isolasi

Sambungan isolasi memisahkan perkerasan dengan bangunan yang lain, misalnya *manhole*, jembatan, tiang listrik, jalan lama, persimpangan dan lain sebagainya. Sambungan isolasi harus dilengkapi dengan bahan penutup (*joint sealer*) setebal 5 – 7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (*joint filler*)

- 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*).

2.15 Perhitungan Galian dan Timbunan

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

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

- Penentuan *stationing* (jarak patok) sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase jalan)
- Gambarkan profil memanjang (alinemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan beda tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.
- Gambar potongan melintang (*Cross Section*) pada titik *stationing*, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan.
- Hitung volume galian dan timbunan dengan mengalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.

Tabel 2.39 Perhitungan Galian dan Timbunan

STA	Luas (m ²)		Jarak (m)	Volume (m ³)	
0+000	A	A	L	$\frac{A+B}{2} \times L = C$	$\frac{A+B}{2} \times L = C$
0+100	B	B		$\frac{A+B}{2} \times L = C$	$\frac{A+B}{2} \times L = C$
Jumlah				ΣC	ΣC

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, (2006)

2.16 Bangunan Pelengkap

Untuk memenuhi persyaratan kelancaran dan keamanan lalu lintas, serta

menghindari kerusakan akibat air yang berdampak pada struktur perkerasan dan mengganggu kenyamanan pengguna jalan maka diperlukan adanya bangunan pelengkap

a. Drainase

Sistem drainase ialah serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan ke badan air atau tempat peresapan buatan. Sedangkan drainase merupakan suatu prasarana yang berfungsi mengalirkan air permukaan ke badan air bangunan resapan. Perencanaan sistem drainase jalan didasarkan pada keberadaan air permukaan dan bawah permukaan. Hal ini membuat perencanaan drainase jalan dibagi menjadi dua yaitu:

1. Drainase permukaan (*surface drainage*)

Sistem drainase permukaan berfungsi untuk mengendalikan limpasan air hujan dipermukaan jalan dan dari daerah sekitarnya agar tidak merusak konstruksi jalan, seperti kerusakan karena air banjir yang melimpas diatas perkerasan jalan atau kerusakan badan jalan akibat erosi. Suatu sistem drainase permukaan terdiri dari kemiringan melintang, perkerasan dan bahu jalan, saluran samping jalan, drainase lereng dan gorong-gorong.

2. Drainase bawah permukaan (*sub surface drainage*)

Drainase bawah permukaan bertujuan untuk menurunkan muka air tanah dan mencegah serta membuang air infiltrasi dari daerah sekitar jalan dan permukaan jalan atau air yang naik dari *subgrade* jalan.

Keberadaan sungai dan bangunan air yang terdapat di lokasi harus diperhatikan. Badan sungai yang terpotong oleh rute jalan harus ditanggulangi dengan perencanaan gorong-gorong, dengan menghitung debit sungai berdasarkan SNI 03-1724-1989, Tata Cara Perencanaan Hidrologi dan Hidrolika untuk bangunan di Sungai.

Hal-hal yang diperhatikan dalam perencanaan drainase permukaan adalah sebagai berikut:

1. Plot rute jalan di peta topografi (L) untuk mengetahui kondisi sepanjang trase jalan
2. Inventarisasi data bangunan drainase agar tidak mengganggu sistem drainase yang telah ada
3. Panjang Segmen Saluran (L) didasarkan pada kemiringan rute jalan, adanya tempat buangan air dan perkiraan dimensi paling ekonomis
4. Luas daerah layanan (A) untuk mengetahui daya tampung atau volume limpasan

$$A = (L1+L2+L3). L$$

Dimana:

A = Luas Daerah Pengaliran (km²)

L1 = Lebar Badan Jalan (m)

L2 = Lebar Bahu Jalan (m)

L3 = Panjang Drainase yang Ditinjau (m)

L = Jarak dari titik terjauh ke drainase (m)

5. Koefisien pengaliran (C) untuk memperkirakan daya tampung saluran karna mempengaruhi debit yang mengalir. Koefisien pengaliran dipengaruhi kondisi permukaan tanah. Rumus koefisien pengaliran yaitu:

$$C_w = \frac{C1.L1 + C2.L2 + C3.L3}{L1 + L2 + L3}$$

Dimana :

C_w = Koefisien Pengaliran

C1 = Koefisien Pengaliran pada Badan Jalan

C2 = Koefisien Pengaliran pada Bahu Jalan

C3 = Koefisien Pengaliran pada Sisi Luar Jalan

L1 = Lebar Badan Jalan (m)

L2 = Lebar Bahu Jalan (m)

L3 = Panjang Drainase yang Ditinjau (m)

6. Faktor limpasan (fk) bertujuan agar kinerja saluran tidak melebihi kapasitasnya

Tabel 2.40 Harga Koefisien Pengaliran (C) dan Harga faktor Limpasan Fk)

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)	Faktor limpasan (Fk)
BAHAN			
1	Jalan Beton dan Jalan aspal	0,70 – 0,95	
2	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40 – 0,70	
3	Bahu jalan		
	- Tanah berbutir halus	0,40 – 0,65	
	- Tanah berbutir kasar	0,10 – 0,20	
	- Batuan keras	0,70 – 0,85	
	- Batuan 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 – 0,90	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
7	Persawahan	0,45 – 0,60	0,5
8	Perbukitan	0,70 – 0,80	0,4
9	Pegunungan	0,75 – 0,90	0,3

Sumber : Pedoman Perencanaan Drainase Jalan, (2006)

Keterangan :

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

Adapun persamaan mengenai koefisien pengaliran

$$C = \frac{C_1 \times A_1 + C_2 \times A_2 + C_3 \times A_3 \times Fk_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

Keterangan :

$C_1 C_2 C_3$: Koefisien pengalihan sesuai dengan tipe kondisi permukaan.

$A_1A_2A_3$: Luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan.

F_k : Faktor limpasan sesuai dengan guna lahan.

7. Waktu konsentrasi (T_c) adalah waktu terpanjang yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan aliran air

$$T_c = T_1 + T_2$$

Dimana :

T_c = Waktu konsentrasi (jam)

T_1 = Waktu In-Let (menit)

T_2 = Waktu Aliran dalam Saluran (menit)

Tabel 2.41 Koefisien Hambatan (n_d) berdasarkan kondisi permukaan

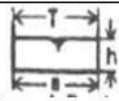


No	Kondisi lapis permukaan	N_d
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan licin dan kedap air	0,020
3	Permukaan licin dan kokoh	0,100
4	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,200
5	Padang rumput dan rerumputan	0,400
6	Hutan gundul	0,600
7	Hutan rimbum dan hutan gundul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

Sumber : Pedoman Perencanaan Drainase Jalan, (2006)

8. Ukuran dan Bentuk-bentuk Saluran

Bentuk yang paling umum dipakai untuk saluran ber dinding tanah yang tidak dilapisi adalah bentuk trapesium, sebab stabilitas kemiringan dindingnya dapat disesuaikan. Bentuk persegi panjang dan segi tiga merupakan bentuk khusus selain trapesium. Berhubung bentuk persegi panjang mempunyai sisi tegak, biasanya dipakai untuk saluran yang dibangun dengan bahan yang stabil, seperti pasangan batu, padas, logam atau kayu.

Penampang segitiga hanya dipakai untuk saluran kecil, selokan, dan penyalidikan di laboratorium.

Penampang Melintang	Area (A)	Keliling Penampang Basah (P)	Radius (R)	Lebar Atas (T)	Kedalaman (D)
 Persegi Panjang	bh	$b+2h$	$\frac{bh}{b+2h}$	b	h
 Trapesium	$(b+zh)h$	$b+2h\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zh)h}{b+2h\sqrt{1+z^2}}$	$b+2y$	$\frac{(b+zh)h}{b+2z}$
 Segitiga	zh^2	$2h\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zh}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zh$	$\frac{1}{2h}$

Gambar 2.30 Bentuk-bentuk saluran dan geometriknnya

Sumber : Pedoman Perencanaan Drainase Jalan, (2006)

9. Analisa hidrologi

a. Data curah hujan

Data curah hujan merupakan curah hujan maksimum dalam setahun dinyatakan dalam mm/hari. Data curah hujan ini diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Jumlah data curah hujan yang diperlukan minimal 10 tahun terakhir

b. Periode ulang

Hujan yang besar mempunyai periode ulang tertentu. Periode ulang untuk pembangunan saluran drainase ditentukan 5 tahun sesuai peruntukannya

c. Analisa Frekuensi dengan Metode Gumbel

Hujan rata-rata (\bar{x})

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x$$

Dimana:

\bar{x} = Hujan rata-rata

$\sum x$ = Jumlah data curah hujan

n = Banyaknya data

d. Standar Deviasi

$$Sx = \sqrt{\frac{\sum(x^2) - \bar{x} \cdot \sum x}{n - 1}}$$

Dimana :

Sx = Standar Deviasi

n = Banyaknya data

x = Hujan Rata-rata

$\sum x$ = Jumlah data curah hujan

$\sum x^2$ = Jumlah data curah hujan dikuadratkan

e. Frekuensi Hujan pada Periode Ulang T

$$Rt = \bar{x} + K \cdot Sx$$

Rt = Frekuensi Hujan pada Periode Ulang T (mm)

x = Hujan Rata-rata

K = Faktor Frekuensi

Sx = Standar Deviasi

f. Intensitas curah hujan (I)

Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Satuan intensitas curah hujan (I) adalah mm/jam.

Formulasi perhitungan intensitas curah hujan

Perhitungan ini sesuai SNI 03-2415-1991, metode perhitungan debit banjir

$$I = \frac{Rt}{24} \times \left[\frac{24}{tc} \right]^{\frac{2}{3}}$$

Dimana :

Iv = Intensitas curah hujan (mm/jam)

R_t = Frekuensi hujan (mm)

$T_c =$ Waktu konsentrasi (jam)

10. Waktu aliran dalam saluran (T_2)

$$T_2 = \frac{L}{60V}$$

Dimana:

$T_2 =$ Waktu Aliran dalam Saluran (menit)

$L =$ Panjang Saluran yang Ditinjau (m)

$V =$ Kecepatan rata-rata Aliran dalam Saluran (m/dt)

11. Waktu In-Let (T_1)

$$T_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_t \times \frac{nd}{\sqrt{k}} \right)^{0,167}$$

Dimana :

$T_1 =$ Waktu In-Let (menit)

$L_t =$ Jarak dari titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

$nd =$ Koefisien Hambatan

$k =$ Kemiringan daerah pengaliran/tanah (%)

12. Untuk menghitung debit aliran air (Q)

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

Dimana :

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

$C =$ koefisien pengaliran rata-rata dari C_1, C_2, C_3

$I =$ intensitas curah hujan (mm/jam)

$A =$ luas daerah layanan (km) terdiri atas A_1, A_2, A_3

b. Median *Concrete Barrier* dan *Guard Rail*

Median jalan atau pemisah tengah adalah suatu jalur yang memisahkan dua jalur lalu lintas yang berlawanan arah. Untuk jalan yang memiliki 4 (empat) lajur atau lebih pada lalu lintas dua arah diperlukan media yang terdiri dari jalur tepian dan bangunan pemisah. Untuk jenis jalan bebas hambatan sering kali menggunakan *concrete barrier* dan *guard rail* sebagai median dan pelindung tepi jalan. Keduanya memiliki fungsi yang sama, namun terbuat dari bahan yang berbeda.

Concrete barrier merupakan jenis beton pracetak dengan f_c 30 Mpa. Sedangkan *guard rail* terbuat dari *rail* besi atau baja panjang.

2.17 Manajemen Proyek

Setiap proyek konstruksi, terdapat sumber daya yang akan diproses, pada saat proses inilah diperlukan manajemen agar proses ini berjalan efektif dan efisien, dan diperoleh hasil yang memuaskan. Sumber daya adalah berbagai daya untuk memungkinkan sebuah hasil yang ingin dicapai. Sumber daya itu terdiri dari 6M+I+S+T yaitu: *Money* (uang), *Material* (bahan), *Machine* (peralatan), *Manpower* (tenaga manusia), *Market* (pasar), dan *Method* (metode) serta *Information* (informasi), *Space* (ruang) dan *Time* (waktu). Manajemen pada suatu konstruksi merupakan suatu alat untuk mengefektifkan dan mengefisienkan kegiatan-kegiatan pada proyek tersebut. Parameter yang digunakan di sini adalah fungsi waktu dan biaya dari setiap kegiatan proyek konstruksi. Jadi, untuk mengatur atau menata kegiatan-kegiatan ini seseorang harus lebih dahulu mengerti dan memahami persoalan dari awal sampai akhir, dengan kata lain kita harus memasuki ke dalam konstruksi secara utuh.

Manajemen proyek dapat didefinisikan sebagai suatu proses dari perencanaan, pengaturan, kepemimpinan, dan pengendalian dari suatu proyek oleh para anggotanya dengan memanfaatkan sumber daya se-optimal mungkin untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan. Selain itu, manajemen proyek yaitu penerapan ilmu pengetahuan, keahlian dan ketrampilan, cara teknis yang terbaik dan dengan sumber daya yang terbatas untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil yang optimal. Dalam manajemen proyek, perlunya pengelolaan yang baik dan terarah karena suatu proyek memiliki keterbatasan sehingga tujuan akhir dari suatu proyek bisa tercapai. Yang perlu dikelola dalam area manajemen proyek yaitu biaya, mutu, waktu, kesehatan dan keselamatan kerja, sumber daya, lingkungan, resiko dan sistem informasi.

Ada banyak faktor yang memengaruhi jalannya suatu proyek. Parameter yang digunakan di sini adalah fungsi waktu dan biaya dari setiap kegiatan proyek konstruksi. Dalam industri konstruksi, estimasi biaya adalah istilah yang sering

digunakan untuk memperkirakan biaya yang diperlukan untuk tiap pekerjaan dalam proyek konstruksi sehingga menghasilkan biaya total yang diperlukan dalam menyelesaikan proyek tersebut. Hal ini dikarenakan untuk merealisasikan proyek konstruksi dilakukan melalui beberapa tahapan yang membutuhkan rentang waktu tertentu. Adanya rentang waktu tersebut kemungkinan yang akan terjadi adalah perubahan besarnya biaya. Secara umum, estimasi proyek dibagi menjadi 2, yaitu:

1. Estimasi Pendahuluan atau Konseptual

Estimasi ini dibuat pada tahapan awal suatu proyek, selama proses perancangan berlangsung. Estimasi pendahuluan digunakan untuk bermacam-macam keperluan tergantung siapa yang memerlukan, antara lain; Pemberi Tugas dan Konsultan. Untuk membuat estimasi pendahuluan dibutuhkan data-data seperti produk yang dihasilkan proyek, fasilitas yang terdapat pada proyek, denah, waktu, dan peralatan. Estimasi biaya konseptual digunakan untuk menentukan fisibilitas proyek dan mengembangkan *project financing*. Ekspektasi akurasi pada estimasi tahap ini ialah ± 15 sampai 20%. Pada estimasi konseptual telah tersedia gambar lengkap ataupun belum lengkap.

2. Estimasi Detail

Estimasi detail yaitu estimasi yang dilakukan untuk mendapatkan perkiraan biaya proyek yang lebih akurat. Informasi mengenai proyek sudah mencakup gambar-gambar arsitektur, struktur, sanitasi, elektrikal, yang sudah detail.

Adapun yang diperlukan untuk menyusun estimasi detail adalah sebagai berikut:

- a. Gambar rencana
- b. Harga bahan setempat
- c. Harga upah pekerja setempat
- d. Harga sewa peralatan
- e. Peraturan dan syarat-syarat

Estimasi detail dibagi menjadi dua yaitu estimasi perencana (OE atau EE) dan estimasi penawaran kontraktor. Estimasi perencana digunakan oleh pihak pemilik untuk mengevaluasi penawaran-penawaran kontraktor. Sedangkan estimasi penawaran kontraktor digunakan untuk memenangkan lelang.

Dalam merealisasikan proyek industri konstruksi secara umum paling tidak ada 3 pihak yang satu terkait dengan yang lain, dimana masing masing memiliki kepentingan terhadap estimasi suatu biaya konstruksi. Pihak yang terkait tersebut antara lain: Pemilik Proyek, Konsultan Perencana, maupun Kontraktor atau mungkin Manajemen Konstruksi. Kegunaan estimasi biaya bagi pihak pihak akan digunakan sebagai:

1. Pemilik Proyek

Bagi pemilik adalah angka yang menunjukkan jumlah perkiraan biaya yang akan menjadi salah satu patokan untuk menentukan kelanjutan suatu investasi. Secara praktis di lapangan disebut dengan *Owner Estimation* (OE). Estimasi biaya dapat digunakan :

- a. Sebagai dasar untuk menyediakan biaya untuk mewujudkan keinginannya untuk membangun
- b. Sebagai dasar untuk menyediakan biaya proyek/ investasi
- c. Sebagai dasar untuk menetapkan besarnya biaya bagi jasa perencanaan
- d. Sebagai dasar dalam menentukan mengevaluasi biaya penawaran calon kontraktor yang mengajukan penawaran

2. Konsultan Perencana

Bagi Konsultan adalah angka yang diajukan kepada pemilik proyek (*Owner*) sebagai usulan biaya yang terbaik untuk berbagai kegunaan sesuai perkembangan proyek dan sampai derajat ketelitian tertentu, kredibilitasnya terkait dengan kebenaran atau ketepatan angka-angka yang diusulkan. Harga estimasi yang diajukan oleh konsultan disebut dengan *Bill of Quantity* (BOQ). Estimasi biaya dapat digunakan :

- a. Sebagai dasar dalam membuat perencanaan proyek sesuai dengan keinginan pemilik.
- b. Sebagai dasar menetapkan perkiraan biaya proyek dalam merealisasikan.
- c. Sebagai dasar dalam mengevaluasi biaya penawaran oleh calon kontraktor.

3. Kontraktor

Bagi kontraktor adalah angka finansial yang diajukan dalam proses lelang guna memperoleh pekerjaan dan memperhitungkan keuntungan, dimana angka

tersebut tergantung kepada seberapa kecakapannya dalam membuat perkiraan biaya. Bila penawaran yang diajukan didalam proses lelang terlalu tinggi, kemungkinan besar kontraktor yang bersangkutan akan mengalami kekalahan dalam lelang. Sebaliknya, bila memenangkan lelang dengan harga yang terlalu rendah akan mengalami kesulitan di belakang hari. Harga yang diajukan oleh kontraktor ini disebut dengan *Estimate Engineering* (EE). Estimasi biaya dapat digunakan :

- a. Sebagai dasar dalam menetapkan besarnya biaya penawaran dalam pelelangan
- b. Sebagai acuan dalam menetapkan besarnya biaya pelaksanaan pekerjaan
- c. Sebagai dasar dalam negosiasi dengan sub kontraktor yang akan ikut serta dalam pelaksanaan pekerjaan
- d. Sebagai dasar dalam menetapkan keuntungan

2.18 Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya dibuat sebelum proyek dilaksanakan, jadi masih merupakan suatu anggaran perkiraan atau bukan anggaran yang sebenarnya berdasarkan pelaksanaan (*actual cost*). Rencana anggaran biaya biasanya dibuat oleh Dinas/Instansi Pemerintah, Perencana dan Kontraktor. Rencana anggaran biaya dihitung berdasarkan gambar-gambar rencana dan spesifikasi yang sudah ditentukan, upah tenaga kerja dan harga satuan alat dan bahan. Tujuan pembuatan Rencana Anggaran Biaya adalah untuk mengetahui harga item atau bagian pekerjaan sebagai pedoman dalam mengeluarkan biaya-biaya saat melaksanakan pembangunan dan agar bangunan yang dibangun mampu dilaksanakan secara efisien dan efektif. Orang yang mengerjakan dan membuat rencana anggaran biaya disebut estimator atau *quantity engineer* (QE) atau *quantity surveyor* (QS)

Dalam menyusun rencana anggaran biaya diperlukan data-data sebagai berikut:

- a. Gambar rencana arsitektur dan struktur
- b. Peraturan dan syarat-syarat (RKS)
- c. Berita acara penjelasan pekerjaan

- d. Spseifikasi bahan dari pabrik/industri
- e. Peraturan-peraturan terkait
- f. Daftar harga upah
- g. Daftar harga bahan (material)
- h. Daftar analisa (buku pedoman analisa)
- i. Daftar jumlah (volume) tiap jenis pekerjaan

Sebelum menghitung harga satuan pekerjaan, estimator harus mampu menguasai penggunaan analisa SNI. Analisa SNI merupakan pembaharuan dari Analisa *Burgelyks Openbare Werkon* (BOW), sehingga terdapat perbedaan nilai indeks baik indeks bahan maupun indeks tenaga kerja.

Langkah dan cara membuat Rencana Anggaran Biaya (RAB) suatu proyek adalah:

1. Kumpulkan data-data yang diperlukan dan berkaitan
2. Estimator harus mengetahui keadaan lapangan lokasi proyek
3. Membuat sistem dan tabel-tabel untuk memudahkan perhitungan volume dan harga satuan
4. Membuat perhitungan volume untuk tiap pekerjaan yang ada.
5. Membuat perhitungan harga satuan untuk tiap pekerjaan
6. Membuat perhitungan jumlah harga tiap pekerjaan
7. Menjumlah harga tiap jenis pekerjaan
8. Membuat rekapitulasi dari masing-masing jenis pekerjaan, sehingga diperoleh harga nominal proyek. Kemudian dengan menambah jasa pemborong/kontraktor (10% dari jumlah nominal) dan PPN 10%, maka diperoleh jumlah total anggaran biaya proyek sebagai anggaran biaya penawaran/kontrak.

2.19 Rencana Kerja (*Time Schedule*)

Setelah pekerjaan proyek dibagi menjadi pekerjaan-pekerjaan, selanjutnya dapat dibuat penjadwalan pelaksanaannya. Yang perlu diperhatikan adalah waktu pengerjaan (durasi) dari pekerjaan tersebut. *Time Schedule* merupakan suatu alat pengendali prestasi pelaksanaan proyek secara menyeluruh agar dalam pelaksanaan

atau pengerjaan suatu proyek dapat berjalan dengan lancar dan tertata. Kegiatan pada *time schedule* meliputi jadwal pelaksanaan pekerjaan, jadwal penggunaan peralatan, jadwal penggunaan tenaga kerja dan jadwal penggunaan material. Jadwal pelaksanaan pekerjaan (*time schedule*) dalam dokumen penawaran harus dibuat untuk mengetahui apakah jadwal pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan jumlah hari yang ada dalam kontrak.

Tujuan dari *time schedule* adalah menentukan urutan pekerjaan agar sesuai dengan kebutuhan dan kemampuan yang ada serta untuk mendeteksi jika ada keterlambatan pekerjaan sehingga bisa dicegah sedini mungkin atau diambil kebijakan lain agar tidak mengganggu pekerjaan yang lain.

Adapun cara membuat rencana kerja atau *time schedule* yakni:

1. Kondisi lapangan
Pertama kali yang harus dilakukan adalah memantau kondisi lapangan, mempelajari medan yang akan dibangun untuk konstruksi.
2. Daftar bagian-bagian pekerjaan
Membuat daftar yang berisi semua bagian-bagian pekerjaan yang akan dilaksanakan secara jelas dan rinci
3. Urutan pekerjaan atau metode pelaksanaan
Menyusun urutan pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan metode pelaksanaan, untuk mengetahui pekerjaan apa yang harus dilakukan terlebih dahulu dan pekerjaan apa yang dapat dilakukan setelah pekerjaan tersebut selesai
4. Waktu pelaksanaan pekerjaan
Jangka waktu pelaksanaan dari seluruh pekerjaan yang dihitung dari permulaan pekerjaan sampai dengan seluruh pekerjaan selesai.
5. Jumlah sumber daya manusia yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan tepat waktu
6. Faktor iklim dan cuaca yang ada
Iklim dan cuaca memberikan pengaruh atas jalannya suatu pekerjaan sehingga akan menghambat pekerjaan dan terjadinya keterlambatan.

Dalam proyek konstruksi terdapat beberapa jenis model rencana kerja atau *time schedule*, diantaranya sebagai berikut.

a. Bar Chart dan Kurva S

Bar chart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal, dan kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat terlihat dengan jelas, sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang. Bagan balok terdiri atas sumbu x dan sumbu y, sumbu y yang menyatakan uraian kegiatan atau paket kerja dari lingkup proyek sedangkan sumbu x menyatakan durasi atau waktu yang dibutuhkan dalam setiap aktifitas dengan satuan harian, mingguan dan bulanan.

Sedangkan Kurva S merupakan suatu grafik yang menunjukkan hubungan antara kemajuan pelaksanaan proyek terhadap waktu penyelesaian, dimana fungsinya sebagai alat control atas maju mundurnya pelaksanaan pekerjaan. Menurut Hannum (penemu kurva-S) aturan yang harus dipenuhi dalam membuat Kurva S adalah:

1. Pada seperempat waktu pertama, grafiknya naik landai sampai 10%
2. Pada setengah waktu, grafiknya naik terjal mencapai 45%
3. Pada saat tiga per empat waktu terakhir, grafiknya naik terjal mencapai 82%
4. Waktu terakhirnya, grafiknya naik landau hingga mencapai 100%

Secara lebih terperinci *Bar Chart* dan Kurva S dibuat sebagai berikut:

- a. Pada kolom paling kiri dituliskan item-item pekerjaan
- b. Kolom kedua dituliskan durasi setiap item pekerjaan;
- c. Kolom ketiga berisi harga setiap item pekerjaan
- d. Kolom keempat berisi bobot setiap pekerjaan

$$\text{Bobot (\%)} = \frac{\text{Biaya setiap pekerjaan}}{\text{Biaya total}} \times 100\%$$

- e. Selanjutnya dibuat diagram batang, panjangnya sesuai dengan durasi pekerjaan (hari kerja atau hari kalender)
- f. Bila bobot setiap pekerjaan telah dihitung, kemudian dapat dicari persentase pekerjaan harian dengan menjumlahkan bobot harian dari pekerjaan masing-masing. Kemudian dicari persentase harian

komulatif di mana pada akhir jadwal harus 100%. Hubungan antara persentase komulatif (sumbu X) dengan nilai persentase 0 s/d 100% (sumbu Y) ditarik sebuah garis yang membentuk huruf S. Garis yang dihasilkan inilah yang disebut dengan *Kurva-S*. Kurva S ini berfungsi untuk memberikan gambaran kemajuan setiap pekerjaan terhadap fungsi waktu.

Penggunaan Kurva S menyangkut 2 aspek, yaitu:

1. Aspek perencanaan

Dalam hal ini, kurva S yang dihasilkan merupakan kurva S rencana yang diperoleh berdasarkan jadwal rencana. Kurva S ini dijadikan sebagai dasar untuk mengetahui apakah pekerjaan terlambat, sesuai atau lebih cepat

2. Aspek pengendalian

Kurva S yang dibuat pada suatu pekerjaan selesai dan kurva S yang dihasilkan merupakan kurva aktual yang diperoleh dari jangka waktu pelaksanaan pekerjaan sebenarnya di lapangan.

Beberapa kelebihan dan kelemahan dari Bar Chart dan Kurva S adalah sebagai berikut

Kelebihannya:

1. Kemudahan dalam membaca waktu mulainya dan diselesaikan suatu pekerjaan
2. Memberikan informasi cepat, normal atau terjadi keterlibatan pelaksana setiap pekerjaan dalam pelaksanaan suatu proyek
3. Mudah dibuat

Kelemahannya:

1. Tidak memberikan informasi mengenai rincian pekerjaan secara pasti seperti susunan pekerjaan yang sesuai dengan pelaksanaan di lapangan
2. Tidak memberikan informasi mengenai hubungan ketergantungan antar kegiatan

3. Tidak memberikan informasi mengenai adanya kegiatan-kegiatan dengan waktu kritis sehingga tidak dapat dilakukan pekerjaan bila terjadi keterlambatan

b. *Network Planning* (NWP)

Network Planning (NWP) merupakan salah satu model yang digunakan dalam menyelenggarakan proyek, dimana produknya adalah kegiatan-kegiatan yang ada dalam proyek dan informasi yang dihasilkan adalah sumber daya yang digunakan. Kegunaan dari *Network Planning* (NWP) yaitu :

1. Mengkoordinasikan berbagai pekerjaan
2. Mengetahui apakah suatu pekerjaan bebas atau tergantung dengan pekerjaan lainnya
3. Mengetahui logika proses yang berlangsung dan hasil proses itu sendiri

NWP memiliki beberapa tipe yaitu :

1. *Critical Path Method* (CPM)
2. *Precedence Path Method* (PDM)
3. *Program Evaluation and Review Technique* (PERT)
4. *Graf Evaluation and Technique* (GERT)

Langkah-langkah yang penting diperhatikan pada pembuatan *network planning*, yaitu :

1. Tentukan jenis-jenis kegiatan yang ada
2. Urutkan jenis-jenis kegiatan tersebut
3. Kaitkan jenis kegiatan yang mempunyai kaitan hubungan
4. Tentukan lamanya waktu penyelesaian setiap jenis kegiatan
5. Buat daftar kegiatan (logika ketergantungan)
6. Buat NWP nya
7. Dalam membuat *network planning* yang dilakukan :
8. Memperinci proyek dalam kegiatan-kegiatan
9. Menyusun urutan kegiatan-kegiatan
10. Menggambar diagram *Network*
11. Menentukan waktu penyelesaian masing-masing kegiatan
12. Menghitung waktu penyelesaian proyek

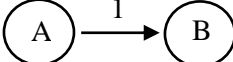
13. Mencari kegiatan kritis dan lintasan kritis

14. Menghitung *float* masing-masing kegiatan

Simbol dan istilah dalam *network planning*:

Activity (→) merupakan simbol suatu pekerjaan/tugas dimana penyelesaiannya memerlukan waktu, biaya, tenaga kerja dan fasilitas tertentu

Event/Node (O) artinya Awal atau akhir dari suatu kegiatan (*Activity*)

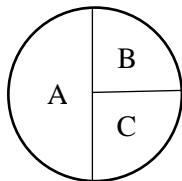
Hubungan *event* dengan *activity* 

Dummy (----->) merupakan kegiatan semu, tidak mempunyai durasi dan tidak menghabiskan sumber daya.

Path (Jalur) adalah rangkaian kegiatan yang menghubungkan secara kontinu permulaan proyek

Critical Path (Jalur Kritis) ialah jalur yang jumlah jangka waktu penyelesaian kegiatan-kegiatannya terbesar sehingga akan menentukan jangka waktu penyelesaian proyek

Duration yaitu lama waktu penyelesaian aktivitas.



A = Nomor *Event/Node*

B = *Earliest Event Time* (EET)

C = *Latest Event Time* (LET)