

BAB II

TINJAU PUSTAKA

2.1 Jalan

Jalan raya adalah jalur - jalur tanah di atas permukaan bumi yang dibuat oleh manusia dengan bentuk, ukuran - ukuran dan jenis konstruksinya sehingga dapat digunakan untuk menyalurkan lalu lintas orang, hewan dan kendaraan yang mengangkut barang dari suatu tempat ke tempat lainnya dengan mudah dan cepat (Clarkson H.Ogblesby (1999)). Dalam pembuatannya dilakukan perencanaan geometrik jalan yang sangat matang dengan memperhitungkan berbagai aspek penting. Sehingga jalan tersebut dapat berfungsi secara optimal dan memberikan pelayanan yang maksimal kepada para penggunanya. Sebab tujuan akhir dari perencanaan geometrik ini adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, nyaman, efisien dan memberikan keselamatan kepada pengguna jalan. Hal ini juga dapat membantu meminimalisir gangguan lalu lintas seperti kemacetan, kecelakaan dan sebagainya.

2.2 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan merupakan proses pengelompokan jalan berdasarkan kriteria tertentu. Berdasarkan Pedoman Desain Geometrik Jalan No.13/P/BM/2021 yang mengacu pada Peraturan Pemerintah RI No 34 2006 tentang jalan dan Undang-Undang Republik Indonesia No 22 Tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan kota, jalan dikelompokkan berdasarkan peruntukkan, fungsi jalan, sistem jaringan jalan, status jalan, kelas jalan dan medan jalan. Tujuan dari pengklasifikasian jalan yaitu untuk mempermudah pemahaman, perencanaan, dan

pengelolaan jaringan jalan yang ada, sehingga dapat mencapai penggunaan jalan yang optimal, keamanan lalu lintas yang tinggi, dan efisiensi dalam sistem transportasi.

2.2.1 Klasifikasi Berdasarkan Peruntukan Jalan

Berdasarkan peruntukannya, jalan diperuntukan untuk jalan umum dan jalan khusus.

- a. Jalan umum merupakan jalan yang diperuntukan untuk lalu lintas umum, seperti JBH dan jalan tol yang dikelola oleh pemerintah.
- b. Jalan khusus merupakan jalan yang tidak diperuntukan untuk lalu lintas umum dan hanya diperuntukan bagi kepentingan pemiliknya. Kepemilikan dari jalan khusus ini dapat dimiliki oleh perorangan, kelompok masyarakat tertentu, badan usaha, dan atau instansi tertentu termasuk instansi pemerintah. Sehingga tidak dikelola secara langsung dan secara keseluruhan oleh pemerintah.

2.2.2 Klasifikasi Berdasarkan Status Jalan

Berdasarkan statusnya, jalan dikelompokkan lagi menjadi 5, yaitu jalan nasional, jalan provinsi, jalan kabupaten, jalan kota dan jalan desa.

- a. Jalan nasional adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah pusat, yang terdiri atas jalan arteri primer, jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi, jalan tol, dan jalan strategis nasional.
- b. Jalan provinsi adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah provinsi, yang terdiri atas jalan kolektor primer yang menghubungkan

ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten atau kota dan jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota kabupaten atau kota, jalan strategis provinsi, serta jalan di Daerah Khusus Ibukota Jakarta.

- c. Jalan kabupaten adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah kabupaten, yang terdiri atas jalan kolektor primer yang tidak termasuk jalan nasional dan jalan provinsi, 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, jalan sekunder yang tidak termasuk jalan provinsi dan jalan sekunder dalam kota, serta jalan strategis kabupaten.
- d. Jalan kota adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah kota dan berada dalam jaringan jalan di dalam kota.
- e. Jalan desa adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah kabupaten, yang terdiri dari jalan lingkungan primer dan jalan lokal primer yang tidak termasuk jalan kabupaten, berada di dalam kawasan perdesaan, dan menghubungkan kawasan dan/atau antarpemukiman di dalam desa.

2.2.3 Klasifikasi Berdasarkan Sistem Jaringan Jalan

Berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No 34 2006 pasal 6 ayat (1) “Sistem jaringan jalan merupakan satu kesatuan sistem terdiri dari sistem jaringan jalan primer dan sistem jaringan jalan sekunder yang terjalin dalam hubungan hirarki.”

- a. Sistem jaringan jalan primer berfungsi menghubungkan pusat-pusat kegiatan yang umumnya berwujud kota dan berlokasi di luar kota dikategorikan sebagai jalan antarkota. Sistem jaringan jalan 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, pusat kegiatan wilayah, pusat kegiatan lokal sampai ke pusat kegiatan lingkungan dan menghubungkan antar pusat kegiatan nasional.

- b. Sistem jaringan jalan sekunder berfungsi menghubungkan pusat-pusat kegiatan yang umumnya berwujud kawasan di dalam kota dikategorikan sebagai jalan Perkotaan. Sistem jaringan jalan 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 Klasifikasi Berdasarkan Fungsi Jalan

Berdasarkan sifat dan pergerakannya, fungsi jalan dibedakan atas arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan. Setiap fungsi jalan tersebut terdapat pada sistem jaringan jalan primer dan sistem jaringan jalan sekunder (Peraturan Pemerintah RI No 34 2006 pasal 9). Klasifikasi ini membantu dalam perencanaan, pengembangan, dan pengelolaan jaringan jalan sehingga setiap jenis jalan dapat digunakan sesuai dengan tujuan dan kebutuhannya.

- a. Jalan arteri

Berdasarkan sistem jaringan jalannya, jalan arteri terbagi menjadi jalan arteri primer dan jalan arteri sekunder.

- 1) Jalan arteri primer berfungsi menghubungkan secara berdaya guna antarpusat kegiatan nasional atau antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah.
- 2) Jalan arteri sekunder berfungsi menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu, kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kesatu, atau kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua.

b. Jalan kolektor

Berdasarkan sistem jaringan jalannya, jalan kolektor terbagi menjadi jalan kolektor primer dan jalan kolektor sekunder.

- 1) Jalan kolektor primer berfungsi menghubungkan secara berdaya guna antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lokal, antarpusat kegiatan wilayah, atau antara pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lokal
- 2) Jalan kolektor sekunder berfungsi menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder kedua atau kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga.

c. Jalan lokal

Berdasarkan sistem jaringan jalannya, jalan lokal terbagi menjadi jalan lokal primer dan jalan lokal sekunder.

- 1) Jalan lokal primer berfungsi menghubungkan secara berdaya guna pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lingkungan, pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lingkungan, antarpusat

kegiatan lokal, atau pusat kegiatan lokal dengan pusat kegiatan lingkungan, serta antarpusat kegiatan lingkungan.

- 2) Jalan lokal sekunder berfungsi menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, kawasan sekunder kedua dengan perumahan, kawasan sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan.

d. Jalan lingkungan

Berdasarkan sistem jaringan jalannya, jalan lingkungan terbagi menjadi jalan lingkungan primer dan jalan lingkungan sekunder.

- 1) Jalan lingkungan primer berfungsi menghubungkan antarpusat kegiatan di dalam kawasan perdesaan dan jalan di dalam lingkungan kawasan perdesaan.
- 2) Jalan lingkungan sekunder berfungsi menghubungkan antarpersil dalam kawasan perkotaan.

2.2.5 Klasifikasi Berdasarkan Kelas Jalan

Berdasarkan kelasnya, jalan dikelompokkan berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan dan penggunaan jalan dan kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan (LLAJ).

a. Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan

Klasifikasi kelas jalan berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan dikelompokkan atas jalan bebas hambatan, jalan raya, jalan sedang, dan jalan kecil, yang meliputi pengendalian jalan masuk, persimpangan sebidang, jumlah dan lebar lajur, ketersediaan median, serta pagar.

- 1) Spesifikasi jalan bebas hambatan meliputi pengendalian jalan masuk secara penuh, tidak ada persimpangan sebidang, dilengkapi pagar ruang milik jalan, dilengkapi dengan median, paling sedikit mempunyai 2 lajur setiap arah, dan lebar lajur paling sedikit 3,5 meter.
- 2) Spesifikasi jalan raya adalah jalan umum untuk lalu lintas secara menerus dengan pengendalian jalan masuk secara terbatas dan dilengkapi dengan median, paling sedikit 2 lajur setiap arah, lebar lajur paling sedikit 3,5 meter.
- 3) Spesifikasi jalan sedang adalah jalan umum dengan lalu lintas jarak sedang dengan pengendalian jalan masuk tidak dibatasi, paling sedikit 2 lajur untuk 2 arah dengan lebar jalur paling sedikit 7 meter.
- 4) Spesifikasi jalan kecil adalah jalan umum untuk melayani lalu lintas setempat, paling sedikit 2 lajur untuk 2 arah dengan lebar jalur paling sedikit 5,5 meter.

b. Penggunaan Jalan Dan Kelancaran Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan

Klasifikasi kelas jalan berdasarkan penggunaan jalan dan kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan dikelompokkan atas jalan kelas I, jalan kelas II, jalan kelas III dan jalan kelas khusus, yang dibedakan berdasarkan fungsi jalannya, dimensi panjang dan lebar kendaraan, serta muatan sumbu terberat yang diizinkan. Berdasarkan Pedoman Desain Geometrik Jalan No.13/P/BM/2021, Tabel 2.1 merupakan klasifikasi jalan menurut kelas jalannya:

Tabel 2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

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

(Sumber: Pedoman Geometrik Jalan, 2021)

2.2.6 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Medan jalan mempunyai pengaruh terhadap penetapan alinemen horizontal dan vertikal jalan, serta kecepatan desain. Medan jalan diklasifikasi menjadi tiga, yaitu: datar, bukit dan gunung.

- Medan jalan datar umumnya memiliki jarak pandang yang panjang dan dapat dibuat tanpa kesulitan konstruksi atau pun biaya besar.
- Medan jalan bukit memiliki kontur yang berlereng naik turun dan kadang-kadang berlereng curam sehingga membatasi bentuk alinemen horizontal dan vertikal untuk memenuhi persyaratan teknis alinemen jalan.
- Medan jalan gunung permukaan tanahnya memiliki perubahan memanjang maupun melintang yang besar dan mendadak, serta sering menyebabkan pembelokan alinemen sehingga memerlukan penggalian ataupun penimbunan untuk mendapatkan alinemen horizontal dan vertikal yang dapat memenuhi kriteria desain.

Secara umum, medan gunung memiliki kelandaian alinemen memanjang jalan yang lebih curam dibandingkan dengan alinemen pada medan bukit dan pada medan bukit menghasilkan kelandaian memanjang yang lebih curam dibandingkan dengan medan datar. Sehingga pada medan gunung dan medan bukit mengharuskan

truk-truk berat untuk mengurangi kecepatannya jauh lebih rendah dari kecepatan mobil penumpang. Hal ini menyebabkan dari kedua medan jalan tersebut mempunyai efek yang lebih besar dari medan datar dalam penentuan alinemen jalan. Berdasarkan Pedoman Desain Geometrik Jalan No.13/P/BM/2021, Tabel 2.2 berikut ini merupakan klasifikasi medan jalan:

Tabel 2.2 Klasifikasi Medan Jalan

Medan Jalan	Notasi	Kemiringan Medan ^{*)}
Datar	D	< 10
Bukit	B	10 - 25
Gunung	G	> 25

Catatan: ^{*)} nilai kemiringan medan rata-rata per 50m dalam satu kilometer
(Sumber: Pedoman Geometrik Jalan, 2021)

2.3 Kecepatan Desain (V_D)

Menurut Raharjo, N. D (2022) kecepatan desain adalah kecepatan yang ditentukan untuk perencanaan dan korelasi dari bentuk fisik jalan yang mempengaruhi operasi dari kendaraan. Kecepatan rencana merupakan kecepatan maksimum yang masih dalam ambang aman dilakukan oleh pengendara di sepanjang ruas jalan tersebut. Kecepatan rencana ini harus disesuaikan dengan kelas jalan, fungsi jalan, dan tentunya klasifikasi medan jalan tersebut. Selain itu, bentuk geometrik jalan seperti bentuk tikungan, superelevasi, dan jarak pandang juga turut memberikan kontribusi dalam penentuan kecepatan rencana dalam sebuah jalan.

Penetapan kecepatan rencana diupayakan harus mendekati batas paling tinggi dengan mempertimbangkan aspek keselamatan, ekonomi, dan lingkungan. Tetapi dapat juga dipilih batas paling rendah pada keadaan dimana terdapat kendala topografi dan tataguna lahan atau kendala lain yang tidak dapat dielakkan. Kecepatan rencana pada suatu ruas jalan haruslah seragam, terkecuali pada suatu

ruas jalan dengan kecepatan rencana 60km/jam atau lebih yang terdapat segmen jalan sulit untuk memenuhi kecepatan rencananya, maka harus diturunkan paling besar 20 km/jam dan penurunan kecepatan rencana ini harus seizin penyelenggara jalan (PermenPU No 19/PET/M/2011 pasal 4). Hal tersebut dijelaskan juga dalam Pedoman Desain Geometrik Jalan No.13/P/BM/2021 juga dijelaskan mengenai pertimbangan utama dalam pemilihan kecepatan desain, diantaranya 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, 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).

Berdasarkan Pedoman Desain Geometrik Jalan No.13/P/BM/2021, Tabel 2.3 dapat digunakan untuk pemilihan rentang kecepatan desain (V_D) dengan mengacu pada PermenPU No 19/PET/M/2011, Peraturan Pemerintah RI No 34 2006 pasal 12 s.d. pasal 18 serta Peraturan Pemerintah RI No 79 Tahun 2013 Pasal 23.

Tabel 2.3 Korelasi padanan antarpengelompokan jalan berdasarkan SJJ, Fungsi, Status, Kelas, dan SPPJ serta tipe jalan dan rentang V_D

SJJ	Peran meng- hubungkan	Pengelompokan fungsi jalan	Status dan penyelenggaraan jalan	Kelas jalan			SPPJ	Tipe jalan (paling kecil)	Rentan V _D (Km/jam)			Keterangan
				I	II	III			Datar	Bukit	Gunung	
SJJ Primer (Jalan Antarkota)	Jalan Tol	Jalan Arteri Primer	Jalan Nasional (Pemerintah Pusat)	x	-	-	JBH	4/2-T	80-120	70-110	60-100	• IKN = Ibu Kota Negara • IKP = Ibu Kota Provinsi • IKK = Ibu Kota Kabupaten • KT = Kota • IKC = Ibu Kota Kecamatan • PD = Pusat Desa (di pulau Jawa seperti kelurahan) • DS = Desa (di pulau Jawa seperti Dukuh) • KP = Kawasan Primer • KS1 = Kawasan Sekunder1 • KS2 = Kawasan Sekunder2 • KS3 = Kawasan Sekunder3 • KSn = Kawasan Sekunder ke-n; • Prm = Perumahan/Persil • Semua jalan Antarkota yang masuk ke dalam kota, pengelompokannya dari SJJ primer berubah menjadi SJJ sekunder, adapun jalan-jalan
	IKP-IKN IKP-IKP IKP-IKP		Jalan Nasional (Jalan Peintis dan Ex jalan daerah)	x	x	x	JRY	4/2-T	60-100	50-90	40-80	
				x	x	x	JRY	4/2-T				
				-	-	x	JLR	2/2-TT				
	IKP-IKP	Jalan Kolektor Primer	Jalan Nasional (Jalan perintis dan Ex jalan daerah)	x	x	x	JRY	4/2-T	40-80	30-70	20-60	
	IKP-IKP			-	-	x	JLR	2/2-TT	15-40	15-40	15-40	
	IKP-IKK/KT IKK-IKK KT-KT	Jalan Lokal Primer	Jalan Provinsi (Pemerintah Provinsi)	x	x	x	JSD	2/2-TT	40-80	30-70	20-60	
				x	x	x	JSD	2/2-TT				
				x	x	x	JSD	2/2-TT				
	IKK-IKC IKK-PD IKC-IKC		Jalan Kabupaten (Pemerintahan Kabupaten)	-	x	x	JSD	2/2-TT	20-60	20-50	20-40	
				-	x	x	JSD	2/2-TT				
				-	-	x	JKC	2/2-TT				
	-			-	x	JKC	2/2-TT					
	IKC-PD	Jalan Lingkungan Primer	-	-	x	JLR	2/2-TT	15-30	15-30	15-30		
	PD-PD PD-DS DS-DS		-	-	x	JLR	1/2					
			-	-	x	JLR	1/2					

SJJ	Peran meng- hubungkan	Pengelompokan fungsi jalan	Status dan penyelenggaraan jalan	Kelas jalan			SPPJ	Tipe jalan (paling kecil)	Rentan V_D (Km/jam)			Keterangan
				I	II	III			Datar	Bukit	Gunung	
SJJ Sekunder (Jalan Perkotaan)	Jalan Tol	Jalan Arteri Sekunder	Jalan Nasional (Pemerintah Pusat)	x	-	-	JBH	4/2-T	60-100			lainnya yang sudah ada di dalam kota masuk ke dalam SJJ sekunder dan klasifikasi fungsinya ditetapkan sesuai perannya. • Khusus untuk keluarga Jalan Nasional, Jalan Provinsi, dan Jalan Kabupaten yang dipersiapkan sebagai calon Jalan Nasional, calon Jalan Provinsi, dan calon Jalan Kabupaten dikategorikan masing-masing dengan sebutan Jalan Strategis Nasional, Jalan Strategis Provinsi, dan Jalan Strategis Kabupaten.
	KP-KS1		Jalan Kota (Pemerintah Kota)	x	x	x	JSD	2/2-TT	30-60			
	KS1-KS1			x	x	x	JSD	2/2-TT				
	KS1-KS2			-	x	x	JSD	2/2-TT				
	KS2-KS2	Jalan Kolektor Sekunder		-	x	x	JSD	2/2-TT	20-40			
	KS2-KS3			-	x	x	JSD	2/2-TT				
	KS1-Prm	Jalan Lokal Sekunder		-	-	x	JKC	2/2-TT	10-30			
	KS2-Prm			-	-	x	JKC	2/2-TT				
	KS3-Prm	Jalan Lingkungan Sekunder		-	-	x	JKC	2/2-TT				
	KSm-Prm			-	-	x	JLR	2/2-TT				
Prm-Prm		-		-	x	JLR	2/2-TT	10-20				

(Sumber: Pedoman Geometrik Jalan, 2021)

Kecepatan desain (V_D) dapat ditetapkan secara langsung dari rentannya sesuai dengan Tabel 2.3, tetapi ada pula nilai-nilai kriteria desain utama yang lain yang dapat ditetapkan berdasarkan Tabel 2.4 ini berlaku untuk jalan bebas hambatan (JBH), jalan Antarkota dan jalan Perkotaan (Pedoman Desain Geometrik Jalan No.13/P/BM/2021).

Tabel 2.4 Kriteria Desain Utama

Elemen Kriteria desain utama		JBH	Jalan Antarkota				Jalan Perkotaan
Rentang V_D (Km/jam) (lihat Tabel 2.3)	Datar	80-120	15-100				10-60
	Bukit	70-110	15-90				
	Gunung	60-100	15-80				
Kelas pengguna 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 2.20 dan Gambar 2.21)					
Kekesatan memanjang		0,35 untuk MP dan 0,29 untuk Truk (lihat sub-bab 0)					
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 2.14, Tabel 2.15 dan Tabel 2.16					
R_{min} lengkung vertikal cekung							

(Sumber: Pedoman Geometrik Jalan, 2021)

2.4 Kendaraan Desain

Kendaraan Rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Dalam Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021 terdapat dua karakteristik utama kendaraan desain yang perbedaan utamanya antara lain:

- a. Kendaraan penumpang (sedan, minibus, truk kecil) memiliki tinggi mata pengemudi yang lebih rendah, kecepatannya relatif kurang terpengaruh oleh kelandaian jalan, dan dapat berakselerasi lebih cepat sehingga jarak pengeremannya lebih pendek.
- b. Kendaraan besar (bus dan truk) jika dibandingkan dengan kendaraan penumpang, memiliki tinggi mata pengemudi yang lebih tinggi, kecepatannya langsung dipengaruhi oleh kelandaian jalan, dan kemampuan berakselerasinya lebih rendah sehingga jarak pengeremannya lebih panjang; memerlukan lajur yang lebih lebar, radius tikungan yang lebih besar, pelebaran lajur di tikungan yang lebih besar untuk mengakomodasi jalur lapak roda dan jalur ruang bebas vertikal badan kendaraan.

Sifat dan karakteristik dari semua jenis kendaraan ini, akan diwakili oleh kendaraan rencana pada waktu desainer menetapkan bagian-bagian jalan, lebar ajur kendaraan, jari tikungan, kelandaian geometrik serta lebar median apabila diperlukan tempat untuk memutar (U-Turn). Tabel 2.5 menunjukkan dimensi kendaraan-kendaraan yang dominan beroperasi di jalan-jalan nasional. Dimensi kendaraan-kendaraan tersebut dapat dipakai sebagai informasi dalam penentuan kendaraan desain sesuai kelas penggunaan Jalannya (Kelas I, II, dan III). Dimana kendaraan desain untuk jalan kelas I adalah kendaraan dengan klasifikasi Kendaraan Besar, untuk kelas II adalah kendaraan dengan klasifikasi Kendaraan Sedang, dan untuk kelas III adalah kendaraan dengan klasifikasi Kendaraan Kecil. Tabel 2.5 berikut ini merupakan jenis-jenis kendaraan yang dapat beroperasi di kelas jalan I, II dan III (Pedoman Desain Geometrik Jalan No.13/P/BM/2021).

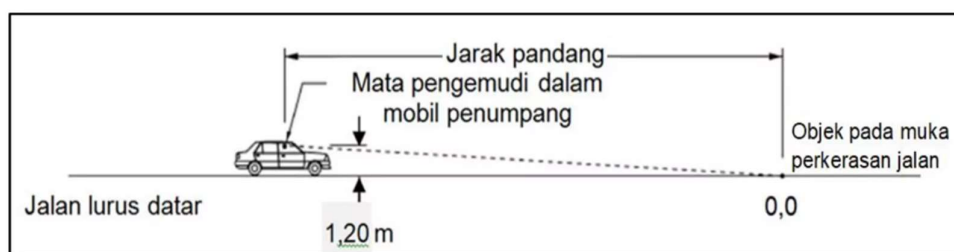
Tabel 2.5 Dimensi dan Radius putar kendaraan desain sesuai Kelas Penggunaan Jalan

No	Jenis-Jenis Kendaraan	Dimensi Kendaraan (m)			Jarak Antar Sumbu (m)	Jalur (m)		RPM	RPK	R _{maks}	R _{min} pada sudut belok kendaraan (m)				
		Panjang	Lebar	Tinggi		Depan	Belakang				25°	45°	90°	135°	180°
Jenis-jenis kendaraan, berdasarkan dimensi yang dapat beroperasi pada jalan kelas I, II dan III															
1.	Toyota Avanza	4,19	1,66	1,69	2,65	0,75	0,79	5,49	4,72	5,82	3,58	3,4	3,28	3,19	3,1
2.	Toyota Hiace	5,38	1,88	2,29	3,11	1,07	1,2	6,44	5,61	6,95	4,3	4,09	3,91	3,91	3,7
3.	Isuzu ELF NLR 55 BLX	6,17	1,84	0,17	3,36	1,11	1,7	7,41	6,72	7,92	5,44	5,26	5,07	5,07	4,94
4.	Truk pemadam kebakaran 2	7,73	2,4	-	4,28	1,25	2,2	7,77	6,66	8,31	4,9	4,6	4,32	4,19	3,95
5.	Bus angkutan masal sedang	7,3	2,15	3,15	3,74	1,24	2,33	6,8	5,81	7,35	4,28	3,98	3,65	3,55	3,41
6.	Bus mitsubishi kecil	7,05	2,1	3,3	3,78	1,48	2	6,86	5,88	7,52	4,37	4,07	3,76	3,64	3,5
7.	Bus sedang mitsubishi FE84GBC(4x2)	7,68	2,1	3,05	3,85	1,48	2,35	7	5,99	7,73	4,44	4,16	3,82	3,71	3,59
8.	Truk hino 500 cargo FG 260 JM (T1.2)	8,85	2,49	2,75	5,08	1,28	2,49	9,08	7,9	9,6	5,99	5,62	5,23	5,06	4,86
9.	Truk isuzu giga FVR 34 S 245 PS (T1.2)	7,6	2,49	2,97	4,3	1,25	2,05	7,69	6,69	8,38	4,89	4,59	4,25	4,1	3,92
Jenis-jenis kendaraan, berdasarkan dimensi yang dapat beroperasi pada jalan kelas I dan II															
10.	Truk pemadam kebakaran 1	9,39	2,49	-	4,6	1,4	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	2,5	3,5	6	2,46	3,48	10,53	9,33	11,65	7,36	6,89	6,3	6,2	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	7,6	7,08	6,83	6,59
13.	Truk isuzu giga FVR 34 U (T1.2)	11,95	2,49	2,93	6,6	1,25	4,1	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 I															
14.	Bus besar	12,1	2,5	3,4	5,8	2,9	3,4	10,23	9,03	11,57	7,05	6,61	6,13	5,95	5,74
15.	Truk gandeng hino 5 sumbu (T1.22+2.2)	16,8	2,5	2,5	3,20-7,50-1,40-1,40	1,7	3,7	11,37	10,13	11,75	7,53	6,7	5,79	4,54	3,89
16.	Truk gandeng hino 4 sumbu (T1.2+2.2)	16,2	2,51	3,1	4,30-5,20-1,30	1,2	2,4	11,04	9,81	11,64	7,52	6,94	6,48	5,84	5,37
17.	Truk tempelan hino 6 sumbu (T1.22+222)	16,4	2,5	3,2	3,40-1,20-6,70-1,30-1,30	1,2	1,4	11,47	10,24	11,84	7,64	6,86	6,02	4,7	4,01

(Sumber: Pedoman Geometrik Jalan, 2021)

2.5 Jarak Pandang dan Jarak Ruang Bebas Samping Di Tikungan

Menurut Raharjo, N. D (2022) jarak pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. Jarak pandang dibutuhkan untuk menjamin faktor keamanan bagi pengendara kendaraan. Tersedianya jarak pandang yang cukup akan memungkinkan pengendara mampu mengendalikan kendaraannya menghadapi hambatan yang ada didepannya, seperti adanya penyeberangan orang, rambu-rambu, persimpangan, tikungan, kelandaian, dll. Sehingga jarak pandang akan sangat mempengaruhi dalam penetapan kecepatan rencana. Jarak pandang yang harus ada di jalan adalah yang mencukupi untuk kendaraan berjalan pada kecepatan desainnya dan berhenti sesaat sebelum mencapai objek atau halangan yang ada pada lajur jalannya. Berdasarkan Pedoman Desain Geometrik Jalan No.13/P/BM/2021, Gambar 2.1 berikut merupakan ilustrasi konsep jarak pandang:



Gambar 2.1 Jarak Pandang

(Sumber: Pedoman Geometrik Jalan, 2021)

Dalam ketentuannya, Jarak pandang ditentukan oleh 4 hal yaitu tinggi mata pengemudi, tinggi obyek, waktu reaksi pengemudi, dan perlambatan longitudinal.

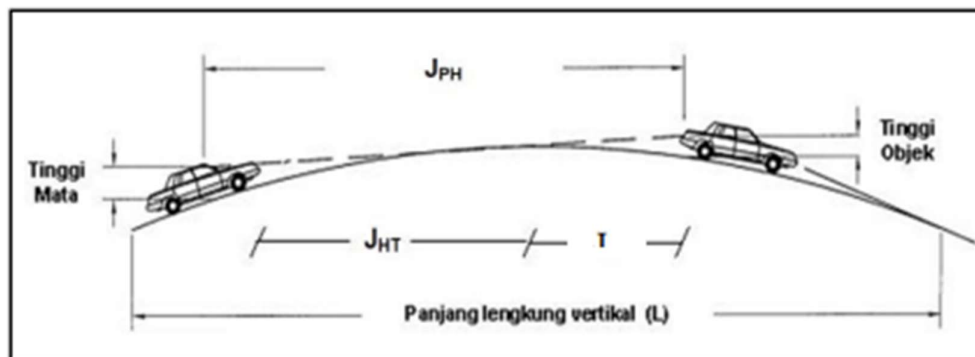
- a. Tinggi mata pengemudi, ditentukan oleh kombinasi dari ketinggian tubuh pengemudi, tinggi kursi pengemudi, tinggi kursi kendaraan, dan jenis kendaraan diukur dari muka perkerasan jalan. Tinggi mata pengemudi untuk desain geometrik ditetapkan untuk mobil penumpang 120 cm, untuk bus ditetapkan 1,80m, dan truk ditetapkan 240 cm.
- b. Tinggi obyek, jarak pandang henti (J_{PH}) ditetapkan berdasarkan reaksi pengemudi terhadap objek berbahaya yang ada di permukaan jalur jalan. Semakin kecil objek semakin panjang jarak pandangnya. Untuk menetapkan jarak pandang pada desain geometrik, dapat menggunakan nilai-nilai tinggi objek seperti berikut:
 - 1) Tinggi objek permukaan tanah 0 m.
 - 2) Tinggi objek diam di jalan 0,1 m.
 - 3) Tinggi objek lampu belakang mobil/lampu stop/lampu sign 0,8 m.
- c. Waktu reaksi pengemudi, adalah waktu yang diperlukan oleh pengemudi mulai dari melihat, berfikir, dan bereaksi terhadap objek yang dilihat dimuka jalan, termasuk waktu untuk kemudian memutuskan suatu tindakan yang tepat. Untuk desain geometrik, waktu reaksi pengemudi ditetapkan 2,5 detik dan digunakan sebagai dasar untuk menghitung jarak pandang henti (J_{PH}).
- d. Perlambatan longitudinal, nilainya tergantung pada kecepatan kendaraan, kondisi dan tekanan ban, jenis dan kondisi permukaan perkerasan jalan termasuk basah atau kering. Friksi antara ban kendaraan dengan permukaan jalan (koefisien friksi atau kekesatan memanjang) mempengaruhi perlambatan ini. Nilai koefisien friksi desain pada permukaan aspal dan

beton ditetapkan sebesar 0,35 untuk mobil penumpang dan 0,29 untuk truk. Nilai tersebut cukup untuk mendukung umumnya nilai perlambatan longitudinal desain sebesar $3,4 \text{ m/det}^2$.

Berdasarkan Pedoman Desain Geometrik Jalan No.13/P/BM/2021 jarak pandang dibedakan menjadi 3 jenis jarak pandang, yaitu jarak pandang henti (J_{PH}), jarak pandang mendahului (J_{PM}) dan Ruang Bebas Samping di tikungan (M).

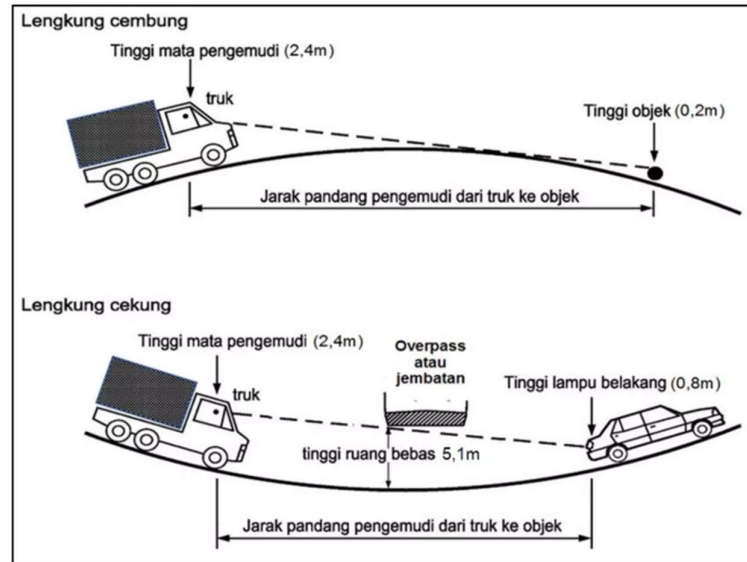
2.5.1 Jarak Pandang Henti (J_{PH})

Jarak pandang henti ialah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman saat melihat adanya halangan didepan (Raharjo, N. D (2022)). Jarak pandang henti untuk mobil penumpang dan untuk mobil truk memiliki perbedaan, keduanya memiliki bobot dan tinggi mata pengemudi yang berbeda sehingga mempunyai karakteristik pengereman yang berbeda pula. Berdasarkan Pedoman Desain Geometrik Jalan No.13/P/BM/2021, gambar berikut merupakan konsep jarak pandang henti:



Gambar 2.2 Konsep J_{PH} untuk mobil penumpang

(Sumber: Pedoman Geometrik Jalan, 2021)



Gambar 2.3 Konsep JPH untuk Truk

(Sumber: Pedoman Geometrik Jalan, 2021)

Jarak pandang henti (J_{PH}) terdiri dari jarak tanggap (J_{HT}) dan jarak pengereman (J_{HF}), dimana jarak tanggap (J_{HT}) adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi sadar melihat adanya halangan yang menyebabkan harus berhenti sampai pengemudi menginjak rem. Lalu jarak pengereman (J_{HF}) adalah jarak yang diperlukan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti. Jarak pandang henti besarnya dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$J_{PH} = J_{HT} + J_{HF} \quad (2.1)$$

Dimana penjabarannya sebagai berikut:

$$J_{PH} = \frac{V_D \times t}{3,6} + \frac{V_D^2}{2 \times 3,6^2 \times 9,81 \left(\frac{a}{9,81} \pm G \right)} \quad (2.2)$$

Keterangan:

J_{PH} : Jarak pandang henti (m)

t : Waktu tanggap (2,5 detik)

V_D : Kecepatan desain (Km/jam)

a : Perlambatan longitudinal (3,4 m/detik²)

G : Kelandaian memanjang jalan (e.g. 0,05 (=5%)), tanda plus (+) untuk menaik

Pada Tabel 2.6 berikut ini menunjukkan nilai jarak pandang henti (J_{PH}) untuk desain yang berdasarkan pada waktu tanggap sebesar 2,5 detik dan perlambatan longitudinal sebesar 3,4 m/detik² dan koreksi tambahan jarak pandang pada kelandaian menurun atau pengurangan jarak pandang pada kelandaian menaik (Pedoman Desain Geometrik Jalan No.13/P/BM/2021).

Tabel 2.6 Jarak pandang henti (J_{PH}) pada kelandaian Datar, Menurun dan Menanjak

V_D (Km/jam)	J_{HT} (m)	J_{HF} (m)	J_{PH} (dibulatkan) (m)						
			Datar		Menurun		Menanjak		
			<i>Grade: 0%</i>	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 Geometrik Jalan, 2021)

2.5.2 Jarak Pandang Mendahului (J_{PM})

Jarak pandang mendahului (J_{PM}) adalah panjang minimum jalan yang diperlukan pengemudi untuk mendahului kendaraan yang lebih lambat di depannya dengan aman terhadap lalu lintas yang datang dari arah yang berlawanan (Pedoman Desain Geometrik Jalan No.13/P/BM/2021). Jarak pandang mendahului diukur

berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi sekitar 120cm dan tinggi objek halangan sekitar 120cm. Jarak pandang mendahului (J_{PM}) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$J_{PM} = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \quad (2.3)$$

Keterangan:

J_{PM} : Jarak pandang mendahului

d_1 : jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m)

d_2 : adalah jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m)

d_3 : jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m)

d_4 : jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan (m)

Dimana untuk d_1 , d_2 , d_3 dan d_4 dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$d_1 = 0,278 \cdot T_1 \cdot (V_R - m + \frac{a \cdot T_1}{2}) \quad (2.4)$$

$$d_2 = 0,278 \cdot V_R \cdot T_2 \quad (2.5)$$

d_3 dapat menggunakan ketentuan jarak kendaraan menyiap di akhir gerakan dengan kendaraan di arah lawan, diambil 100 - 300 ft (1m = 3,28 ft) (2.6)

$$d_4 = \frac{2}{3} \cdot d_2 \quad (2.7)$$

Keterangan:

T_1 : waktu penyesuaian awal = $2,12 + 0,026 V_R$ ($\pm 3,7 - 4,3$ detik)

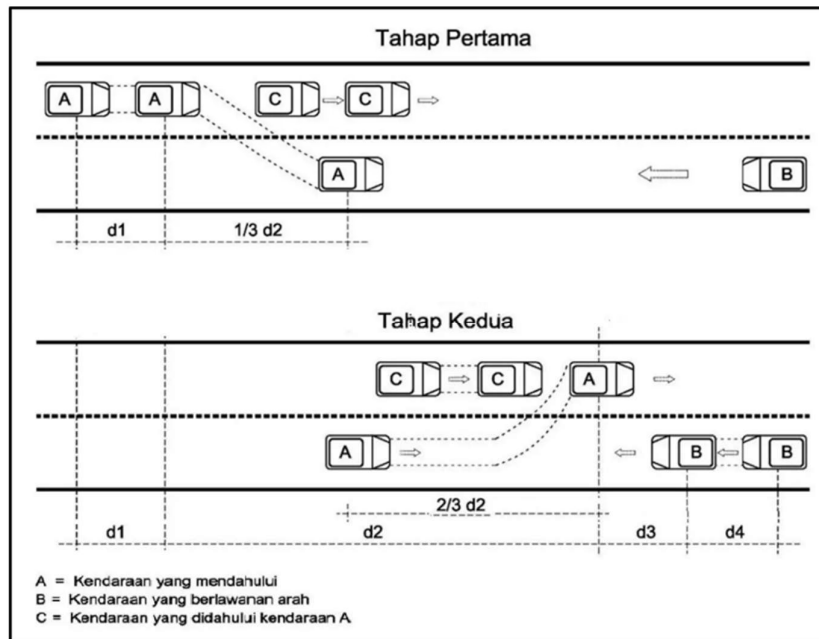
a : Percepatan rata-rata kendaraan yang menyiap (km/jam/detik) = $2,052 + 0,0036 V_R$

V_R : kecepatan kendaraan yang menyiap

M : selisih kecepatan kendaraan yang menyiap dan disiap (biasanya diambil 10-15 km/jam)

T2 : waktu kendaraan menyiap di jalur lawan ($d_{tk} = (6,56 + 0,048 V_R)$)

Sering terjadinya pergerakan mendahului pada jalan yang bertipe 2 lajur 2 arah tak terbagi (2/2-TT) seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Manuver mendahului pada jalan 2/2-TT

(Sumber: Pedoman Geometrik Jalan, 2021)

Jarak pandang yang dipakai dalam desain Pedoman Desain Geometrik Jalan No.13/P/BM/2021 ditunjukkan dalam Tabel 2.7 dan Tabel 2.8 berikut ini:

Tabel 2.7 Elemen J_{PM} untuk jalan 2/2-TT

Komponen dari manuver mendahului	Rentan kecepatan arus (Km/jam)			
	50-65	66-80	82-95	96-110
	Kecepatan rata-rata mendahului (Km/jam)			
	56,2	70	84,5	99,8
Awal manuver:				
• a = percepatan rata-rata	2,25	2,30	2,37	2,41
• T1 = waktu (detik)	3,6	4	4,3	4,5
d1 = jarak yang ditempuh	45	66	89	113
Keberadaan pada lajur kanan:				
• t2 = waktu (detik)	9,3	10	10,7	11,3

Komponen dari manuver mendahului	Rentan kecepatan arus (Km/jam)			
	50-65	66-80	82-95	96-110
	Kecepatan rata-rata mendahului (Km/jam)			
	56,2	70	84,5	99,8
• d_2 = jarak yang ditempuh	145	195	251	314
Panjang yang diizinkan: • d_3 = jarak yang ditempuh	30	55	75	90
Kendaraan arah berlawanan: • d_4 = jarak yang ditempuh	97	130	168	209
$JPM = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$	317	446	583	726

(Sumber: Pedoman Geometrik Jalan, 2021)

Tabel 2.8 Jarak pandang mendahului (J_{PM})

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

(Sumber: Pedoman Geometrik Jalan, 2021)

2.5.3 Ruang Bebas Samping Di Tikungan (M)

Ruang bebas samping di tikungan merupakan jarak yang perlu dijaga bebas pandang sehingga pengemudi dapat melihat objek di jalan atau mobil di seberang tikungan dengan jelas (Pedoman Desain Geometrik Jalan No.13/P/BM/2021). Besarnya ruang yang harus dijaga bebas dari halangan tersebut tergantung pada radius tikungan dan kecepatan desain. M dan JP dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini, jika $J_{PH} \leq L_{tot}$:

$$M = R \left\{ 1 - \cos \left(\frac{28,65 J_{PH}}{R} \right) \right\} \quad (2.8)$$

Jika $J_{PH} \geq L_{tot}$:

$$M = R \left\{ 1 - \cos \left(\frac{28,65 J_{PH}}{R} \right) \right\} + \frac{1}{2} (J_{PH} - L_{tot}) \sin \left(\frac{28,65 J_{PH}}{R} \right) \quad (2.9)$$

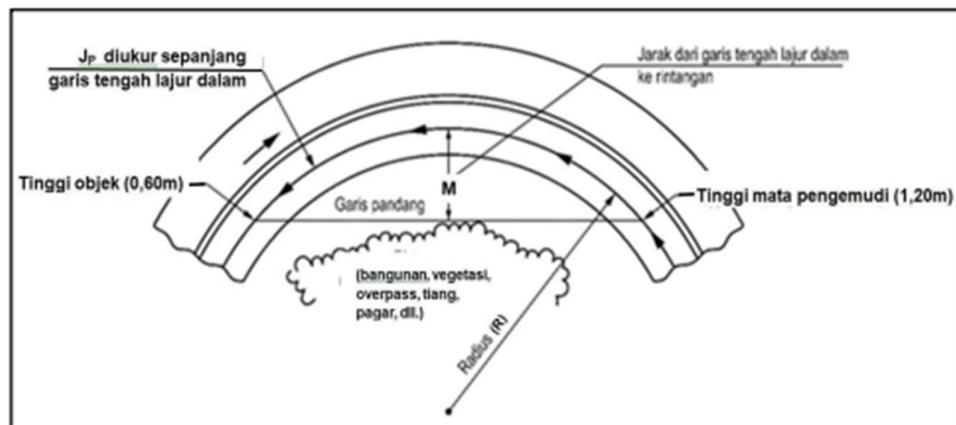
Keterangan:

M : Jarak bebas samping di tikungan (m)

R : Radius di pusat lajur sebelah dalam (m)

J_{PH} : Jarak pandang Henti (m)

L_{tot} : Panjang lengkung (m)



Gambar 2.5 Ruang bebas samping di tikungan

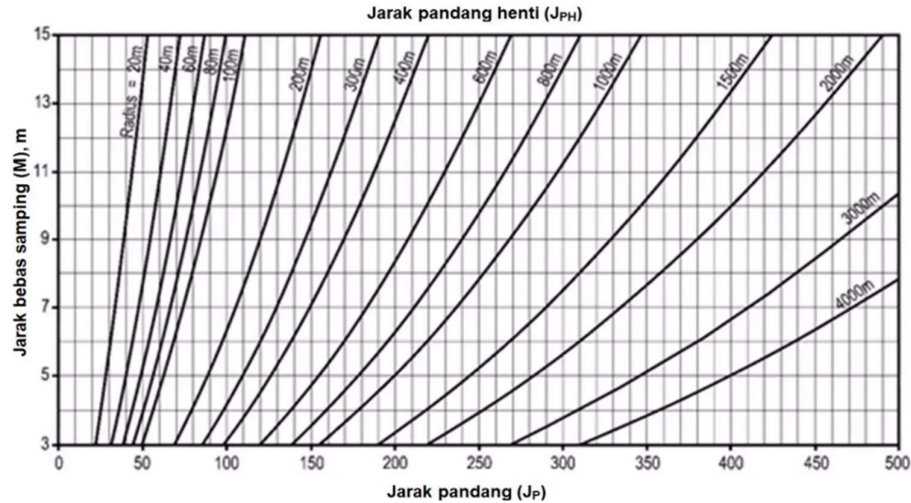
(Sumber: Pedoman Geometrik Jalan, 2021)

Pada menunjukkan hubungan antara radius lengkung horizontal, jarak pandang henti (J_{PH}), dan jarak ruang bebas samping di tikungan (M) yang diperlukan bagi pengemudi agar bisa melihat objek pada jarak pandang hentinya dengan aman. Gambar 2.6 merepresentasikan dalam bentuk kurva yang bisa digunakan untuk mengekstrapolasi nilai M yang diperlukan bagi suatu kecepatan desain dan radius tikungan tertentu. Angka M digunakan untuk mengontrol desain lengkungan terhadap pemenuhan J_{PH} (Pedoman Desain Geometrik Jalan No.13/P/BM/2021).

Tabel 2.9 Jarak ruang Bebas Samping (M) di tikungan untuk pemenuhan J_{PH}

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							1,82	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	2,68	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					
	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 Geometrik Jalan, 2021)



Gambar 2.6 Jarak ruang bebas samping di tikungan

(Sumber: Pedoman Geometrik Jalan, 2021)

2.6 Alinyemen Horizontal

Menurut Raharjo, N. D (2022) alinyemen horizontal adalah trase suatu jalan yang merupakan garis proyeksi sumbu jalan tegak lurus pada bidang peta. Trase merupakan susunan dari potongan-potongan garis lurus (*tangen*) yang satu sama lain dihubungkan dengan lengkungan (*curva*) sehingga membentuk tikungan. Pada perencanaan alinyemen horizontal, terdapat beberapa kompone utama yang harus masuk dalam proses perhitungan perencanaan, komponen tersebut antara lain sebagai berikut.

2.6.1 Radius/Jari-jari Tikungan (R)

Perencanaan alinyemen horizontal radius tikungan dipengaruhi oleh nilai e dan f serta nilai kecepatan rencana yang ditetapkan. Artinya terdapat nilai radius minimum untuk nilai superelevasi maksimum dan koefisien gesekan melintang maksimum. Besaran nilai Radius tikungan minimum dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$R_{\min} = \frac{V_D^2}{127 (e_{\max} + f)} \quad (2.10)$$

Keterangan:

$R_{\min}$: Jari jari tikungan minimum (m)

V_D : Kecepatan Desain (km/jam)

$e_{\max}$: Superelevasi maximum (%)

f : Koefisien gesek, untuk perkerasan aspal $f = 0,14 - 0,24$

Berdasarkan Raharjo, N. D (2022) panjang jari-jari minimum ($R_{\min}$) dapat menggunakan ketentuan pada Tabel 2.10 dibawah ini:

Tabel 2.10 Panjang Jari - Jari Minimum

V_D (Km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
$R_{\min}$ (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

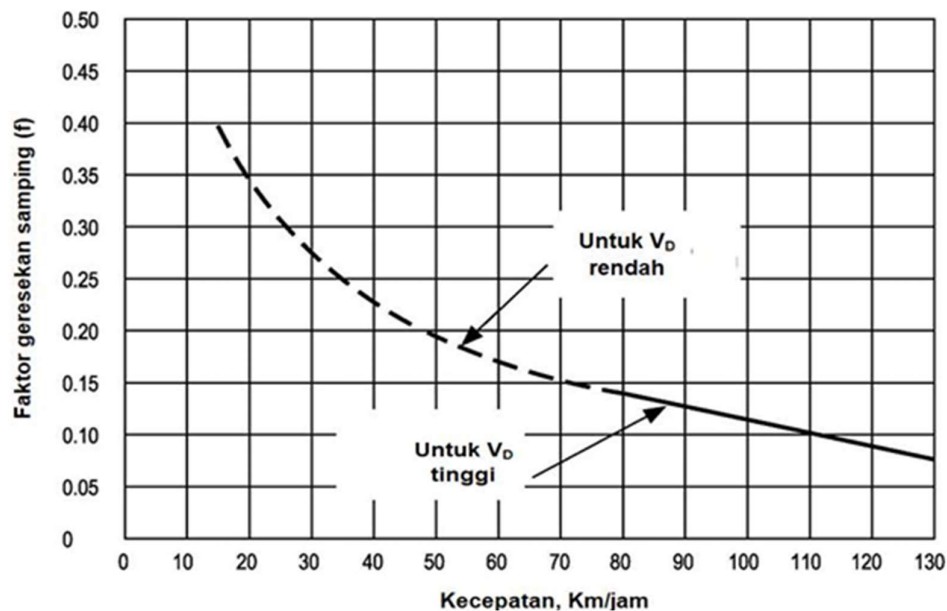
(Sumber: Nain Dhaniarti Raharjo, 2022)

2.6.2 Kekesatan Melintang (f)

Apabila suatu kendaraan bergerak dengan kecepatan tetap (V) pada bidang datar atau miring dengan lintasan berbentuk suatu lengkung seperti lingkaran, maka pada kendaraan tersebut bekerja suatu gaya kecepatan dan gaya setrifugal (F), gaya sentrifugal mendorong kendaraan secara radial keluar dari lajur jalannya, berarah tegak lurus terhadap gaya kecepatan. Gaya sentrifugal menimbulkan rasa tidak nyaman pada pengemudi kendaraan, dengan demikian untuk dapat mempertahankan kendaraan tersebut agar tetap pada sumbu lajur jalannya, maka perlu adanya gaya yang dapat mengimbangi gaya tersebut sehingga menjadi suatu keseimbangan. Gaya yang mengimbangi gaya sentrifugal tersebut dapat berasal

dari gaya gesekan melintang antara ban kendaraan dengan permukaan jalan, serta komponen berat kendaraan akibat kemiringan melintang permukaan jalan.

Faktor kekesatan ke arah samping (kekesatan melintang) bervariasi terhadap kecepatan desain yaitu 0,22 untuk kecepatan 40 Km/Jam, 0,17 untuk kecepatan 60 Km/Jam, 0,15 untuk kecepatan 70 Km/Jam, 0,14 untuk kecepatan 80 Km/Jam, 0,12 untuk kecepatan 100 Km/Jam, dan 0,08 untuk kecepatan 120 Km/Jam. Catatan, bahwa $V_D < 80\text{Km/Jam}$ dikategorikan sebagai kecepatan desain rendah dan $V_D \geq 80\text{Km/Jam}$ dikategorikan sebagai kecepatan desain tinggi. Nilai koefisien gesek melintang dapat berbeda tergantung dengan kecepatan rencana, dan dapat dicari nilainya dengan menggunakan grafik pada Gambar 2.7 berikut:



Gambar 2.7 Faktor Kekesatan Melintang

(Sumber: Pedoman Geometrik Jalan, 2021)

2.6.3 Panjang Bagian Lurus (LL)

Mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, Bina marga menetapkan maksimum bagian jalan yang lurus berdasarkan waktu tempuh kurang

dari 2,5 menit yang sesuai dengan Kecepatan Rencana (V_D). 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 3.000m.
- b. Pada jarak lebih dari 2.500m, pengemudi akan sulit memperkirakan kecepatan kendaraan yang datang dari arah berlawanan, tanpa komponen visual dari samping seperti saat kendaraan berada di tikungan.
- c. Silau sinar matahari pagi dan sore pada jalan dengan sumbu alinemen arah timur-barat yang bisa menyilaukan mata pengemudi.

Untuk menentukan Panjang bagian lurus dapat menggunakan persamaan rumus berikut ini:

$$L_L \leq 2,5 \text{ menit} \times V_D \quad (2.11)$$

Keterangan:

L_L : Panjang bagian lurus (km)

V_D : Kecepatan Desain (km/jam)

2.6.4 Lengkung Peralihan (L_s)

Lengkung peralihan adalah lengkung yang disisipkan di antara bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan berjari-jari tetap R , berfungsi mengantisipasi perubahan alinyemen jalan dari bentuk lurus (R tak terhingga) sampai bagian lengkung jalan berjari jari tetap R sehingga gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan saat berjalan di tikungan berubah secara berangsur-angsur, baik ketika kendaraan mendekati tikungan maupun meninggalkan tikungan. Lengkung peralihan diperlukan agar para pengemudi dapat melakukan dan menyesuaikan saat melakukan manuver kendaraan pada bagian geometrik jalan yang bertransisi seperti

dari alinyemen lurus ke lingkaran, dari lurus ke lurus ataupun dari alinyemen lingkaran ke lingkaran. Bentuk *spiral* atau *clothoid* menjadi bentuk lengkung peralihan yang aman dan nyaman. Lengkung peralihan berbentuk *spiral* atau *clothoid* yaitu lengkung dengan radius di setiap titik berbanding terbalik dengan panjang lengkungnya. Adapun fungsi dari lengkung peralihan pada alinyemen horizontal, adalah sebagai berikut:

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

Bentuk lengkung peralihan dapat berupa parabola atau spiral (*clothoid*). Dalam tata cara ini digunakan bentuk spiral. Panjang lengkung peralihan (L_s) ditetapkan atas pertimbangan bahwa:

- a. Lama waktu perjalanan di lengkung peralihan perlu dibatasi untuk menghindari kesan perubahan alinyemen yang mendadak, ditetapkan 3 detik (pada kecepatan V_D).
- b. Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan dapat diantisipasi berangsur-angsur pada lengkung peralihan dengan aman.
- c. Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan (r_e) dari bentuk kelandaian normal ke kelandaian superelevasi penuh tidak boleh melampaui $r_{e_{max}}$ yang ditetapkan sebagai berikut:

- 1) untuk $V_D \leq 70$ km/jam, $re_{\max} = 0.035$ m/m/detik.
- 2) untuk $V_D \geq 80$ km/jam, $re_{\max} = 0.025$ m/m/detik.

Lengkung Peralihan (L_s) ditentukan dari nilai yang terbesar yang dihasilkan dari rumus sebagai berikut:

- a. Berdasarkan superelevasi *runoff*

$$L_s = \frac{w \cdot n_1 \cdot e_d}{\Delta} (b_w) \quad (2.12)$$

Keterangan:

w : lebar satu jalur lalu lintas (m)

n_1 : jumlah lajur yang diputar

e_d : tingkat superelevasi desain (%)

Δ : kelandaian relatif maksimum (%)

b_w : faktor penyesuaian untuk jumlah jalur yang diputar

Untuk menentukan nilai kelandaian relatif maksimum (Δ), jumlah lajur yang diputar (n_1) dan nilai faktor penyesuaian untuk jumlah jalur yang diputar (b_w) dapat dilihat berdasarkan Tabel 2.11 dan Tabel 2.12 berikut ini:

Tabel 2.11 Kelandaian Relatif Maksimum (Δ)

V_D (Km/Jam)	Δ (%)	Kemiringan Relatif Ekvivalen Maksimum
20	0,80	1:125
30	0,75	1:133
40	0,70	1:143
50	0,65	1:154
60	0,60	1:167
70	0,55	1:182
80	0,50	1:200
90	0,47	1:213
100	0,44	1:227

110	0,41	1:244
120	0,38	1:263
130	0,35	1:286

(Sumber: Pedoman Geometrik Jalan, 2021)

Tabel 2.12 Faktor Penyesuaian untuk Jumlah Lajur Rotasi

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

(Sumber: Pedoman Geometrik Jalan, 2021)

b. Berdasarkan rumus *short*

$$L_s = \frac{0,0214 \cdot V_D^3}{R_D \cdot C} \quad (2.13)$$

Keterangan:

V_D : Kecepatan desain (Km/jam)

R_D : Radius busur lingkaran (m)

C : Laju maksimum perubahan akselerasi lateral (1,20 m/detik³)

c. Berdasarkan kenyamanan kendaraan

$$L_s = \sqrt[2]{24 \cdot (P_{min}) \cdot R_D} \quad (2.14)$$

Keterangan:

P_{min} : jarak *offset* lateral minimum antara bagian lurus dan busur lingkaran (0,20 m)

R_D : Radius busur lingkaran (m)

Kemudian perlu dikontrol bahwa panjang lengkung peralihan yang digunakan dalam desain adalah harus lebih besar dari persyaratan dari perhitungan rumus berikut ini:

$$L_s \leq \frac{1}{2} (6 \text{ detik} \times V_D) \quad (2.15)$$

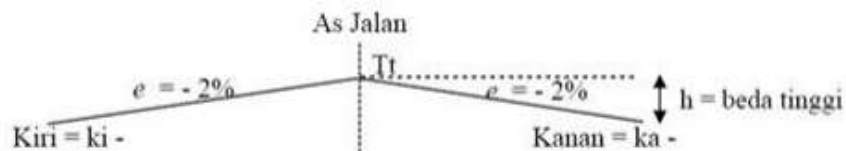
Keterangan:

L_s : Panjang lengkung peralihan (m)

V_D : Kecepatan Desain (km/jam)

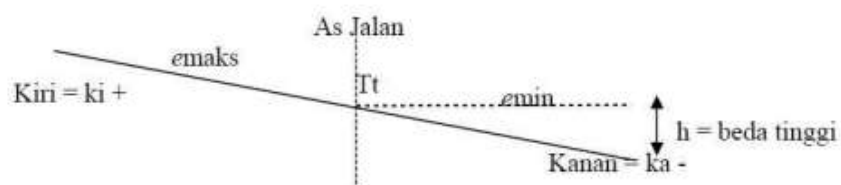
2.6.5 Superelevasi

Superelevasi adalah kemiringan melintang jalan pada daerah tikungan. Pada bagian jalan yang lurus, kemiringan melintangnya yaitu 2% baik sebelah kiri maupun kanan AS jalan. Nilai elevasi (e) yang diberi tanda (+) adalah yang mengalami kenaikan elevasi terhadap sumbu jalan dan untuk yang diberi tanda (-) adalah yang mengalami penurunan elevasi terhadap jalan.



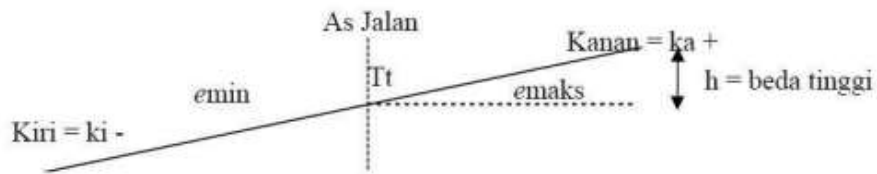
Gambar 2.8 Kemiringan normal pada bagian jalan lurus

(Sumber: Nain Dhaniarti Raharjo, 2022)



Gambar 2.9 Kemiringan normal pada bagian jalan belok ke kanan

(Sumber: Nain Dhaniarti Raharjo, 2022)



Gambar 2.10 Kemiringan normal pada bagian jalan belok ke kiri

(Sumber: Nain Dhaniarti Raharjo, 2022)

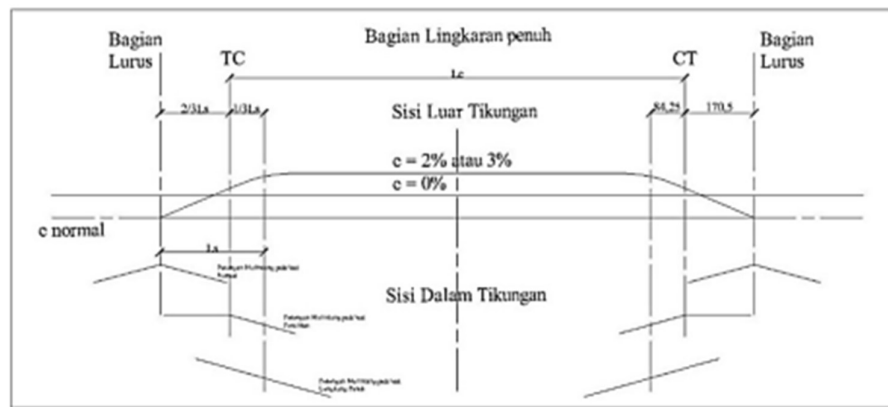
Keberadaan superlevasi dapat disajikan dan dibaca melalui diagram superelevasi. Diagram superelevasi adalah diagram yang menggambarkan pencapaian superelevasi dari lereng normal ke superelevasi penuh sehingga dengan memepergunakan diagram ini dapat ditentukan bentuk penampang melintang pada setiap titik disuatu lengkung horizontal yang dirncanakan. Ketentuan Umum:

- a. Elevasi Garis sumbu adalah nol.
- b. Elevasi garis tepi perkerasan:
 - 1) Bila tikungan ke kanan:
 - Tepi kiri bertanda positif
 - Tepi kanan bertanda negative
 - 2) Bila tikungan ke kiri:
 - Tepi kiri bertanda negative.
 - Tepi kanan bertanda positif.
- c. Tanda positif (+) berarti elevasinya berada diatas elevasi sumbu rencana tanda negative (-) untuk sebaliknya.
- d. Menurut Bina Marga metode pencapaian superelevasi adalah diputar terhadap sumbu jalan.

Dari gambar diagram superelevasi, akan diketahui perubahan kemiringan pada setiap titik sepanjang tikungan jalan. Berikut ini merupakan contoh gambar diagram superelevasi untuk masing-masing tipe lengkung horizontal:

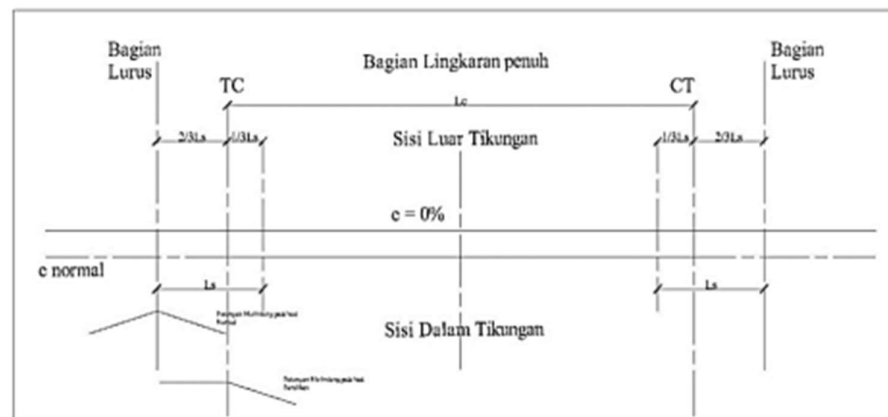
2.6.5.1 Diagram Superelevasi Lengkung *Full Circle* (FC)

Terdapat 3 kondisi pada tikungan FC seperti pada Gambar 2.11, Gambar 2.12 dan Gambar 2. 13



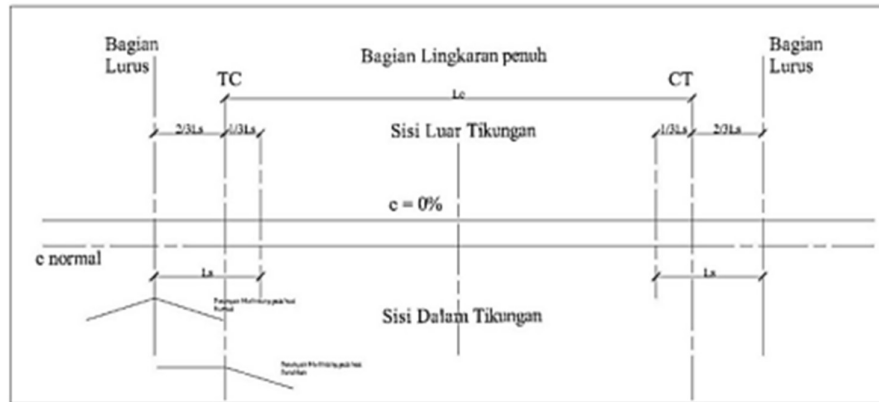
Gambar 2.11 Diagram Super Elevasi *Full Circle* jika $e > 1\%$ dan $< +2\%$ atau $+3\%$ (RC) nilai e dibulatkan menjadi $+2\%$ atau $+3\%$

(Sumber: Nain Dhaniarti Raharjo, 2022)



Gambar 2.12 Diagram Super Elevasi *Full Circle* jika $e < 1\%$ dan $> -2\%$ atau -3% (NC) e dibulatkan menjadi -2% atau -3%

(Sumber: Nain Dhaniarti Raharjo, 2022)

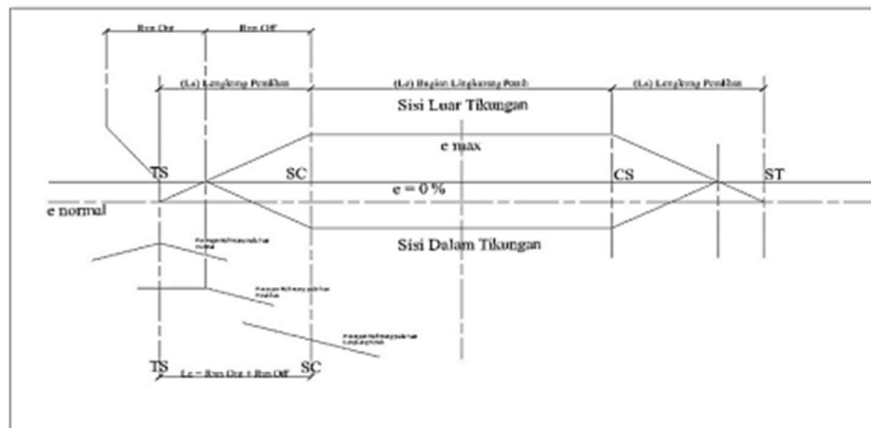


Gambar 2. 13 Diagram Super Elevasi *Full Circle* jika $e > e_{\text{normal}}$ dan $e < e_{\text{max}}$, nilai e menjadi e penuh

(Sumber: Nain Dhaniarti Raharjo, 2022)

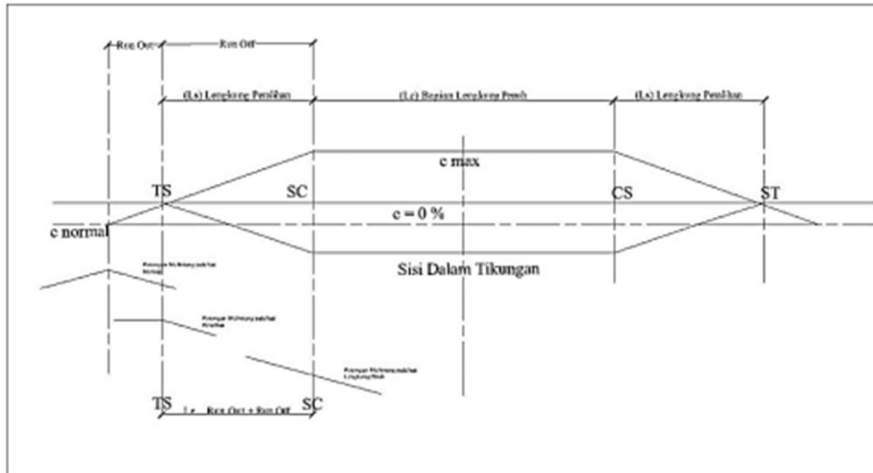
2.6.5.2 Diagram Superelevasi Lengkung *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)

Ada dua model gambar diagram superelevasi yang digunakan, seperti pada



Gambar 2.14 Diagram superelevasi *Spiral-Circle-Spiral* tipe perubahan superelevasi berada seluruhnya dalam lengkung peralihan

(Sumber: Nain Dhaniarti Raharjo, 2022)



Gambar 2.15 Diagram superelevasi Spiral-Circle-Spiral tipe perubahan superelevasi yang diawali dengan bagian lurus

(Sumber: Nain Dhaniarti Raharjo, 2022)

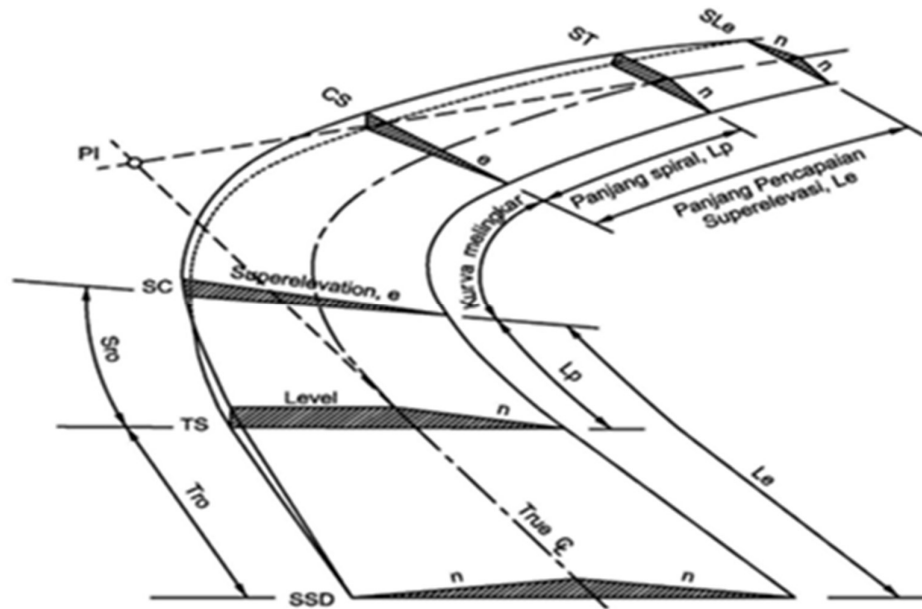
2.6.5.3 Panjang Pencapaian Superelevasi

Panjang pencapaian superelevasi merupakan transisi kemiringan dari kemiringan badan jalan normal hingga kemiringan superelevasi penuh pada tikungan. Panjang yang dibutuhkan untuk pencapaian superleevasi adalah pencapaian superelevasi (L_s). Terdapat 2 elemen utama yaitu:

- Panjang *superelevation runoff* (S_{ro}) merupakan panjang yang dibutuhkan untuk mencapai superelevasi penuh dari kemiringan melintang jalan yang datar.
- Panjang tangen *runout* (T_{ro}) adalah panjang jalan yang diperlukan untuk mencapai kemiringan melintang jalan yang datar dari superelevasi penuh.

Dalam Tabel 2.13 ditunjukkan hubungan antara panjang minimum *superelevation runoff* atau panjang minimum lengkung peralihan (L_s) yang tidak termasuk tangen runoff, radius tikungan (R_D), dan superelevasi maksimum (e_{max})

untuk V_D dan kecepatan berjalan (V_{JLN}). Tabel 2.13 tersebut dapat digunakan untuk menentukan L_S (Pedoman Desain Geometrik Jalan No.13/P/BM/2021).



Gambar 2.16 Profil tipikal pencapaian superelevasi pada jalan dua lajur

(Sumber: Pedoman Geometrik Jalan, 2021)

Tabel 2.13 Hubungan LS (run-off) dengan VD (=Vr), untuk R, en=2%, emax=8%, pada jalan dengan lebar lajur=3,50m

R (m)	Vr = 20 km/jam			Vr = 30 km/jam			Vr = 40 km/jam			Vr = 50 km/jam			Vr = 60 km/jam			Vr = 70 km/jam			Vr = 80 km/jam			Vr = 90 km/jam			Vr = 100 km/jam			Vr = 110 km/jam			Vr = 120 km/jam		
	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)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)	
		2	4		2	4		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			LN			LN		
5000	LN			LN			LN			LN			LN			LN			LN			LN			LN			LN			RC	19	28
3000	LN			LN			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			LN			RC	14	21	RC	15	23	2,1	17	26	2,4	21	32	2,9	27	40
2000	LN			LN			LN			LN			LN			RC	13	20	RC	14	21	2,2	17	25	2,6	21	32	3,0	26	39	3,5	33	49
1500	LN			LN			LN			LN			RC	12	18	RC	13	20	2,4	17	25	2,8	22	32	3,4	27	41	3,9	34	50	4,6	43	64
1400	LN			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	4,9	45	68
1300	LN			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	5,2	48	72
1200	LN			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	5,6	52	77
1000	LN			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	6,5	60	90
900	LN			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	7,1	66	98
800	LN			LN			RC	10	15	2,0	11	17	2,7	16	24	3,4	22	33	4,1	29	43	4,8	36	54	5,7	46	69	6,5	56	84	7,6	71	106
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	7,2	62	92	8,0	74	111
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	7,7	66	99			
500	LN			LN			2,2	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	5,9	26	39	8,0																													
20	7,1	31	47																														

(Sumber: Pedoman Geometrik Jalan, 2021)

2.6.6 Landai Relatif

Landai relatif ($1/m$) adalah besarnya kelandaian akibat perbedaan elevasi tepi perkerasan sebelah luar sepanjang lengkung peralihan. Perbedaan elevasi dalam hal ini hanya berdasarkan perubahan dalam bentuk penampang melintang jalan dan belum diperhitungkan terhadap gabungan dari perbedaan elevasi akibat kelandaian vertikal jalan. Hal ini dilakukan agar tidak memberikan perasaan perubahan mendadak kepada para pengemudi pada saat bermanuver terhadap tepi luar perkerasan. Maka besarnya landai relative yang digunakan pada tahap perencanaan dapat dihitung dengan menggunakan rumus perhitungan berikut ini:

$$\text{Landai relatif} = 1/m = \frac{(e+e_n) \cdot B}{L_s} \quad (2.16)$$

Keterangan:

$1/m$: Landai relatif

L_s : Panjang lengkung *spiral* (m)

B : Lebar jalur 1 arah (m)

e : superelevasi (%)

e_n : superelevasi normal (2%)

2.6.7 Pergeseran Lintasan Pada Tikungan

Kendaraan yang melintas pada suatu tikungan akan mengalami pergeseran lintasan, hal ini mengakibatkan roda kendaraan tersebut bergeser mengikuti pola perputaran tikungan, sehingga kendaraan tetap stabil saat melintasinya. Untuk menghindari efek ketidaknyamanan bagi pengendara akibat kondisi tersebut, maka dilakukan penyediaan radius lengkung yang cukup memadai dan dengan menyusupkan bafian lengkung peralihan di tikungannya. Tetapi perlu diperhatikan

bahwa pergeseran terkait dengan transisi harus lebih besar dari pelebaran tikungan yang diterapkan pada sisi luar tikungan. Jika lengkung peralihan digunakan, posisi lintasan tikungan bergeser dari bagian jalan yang lurus ke arah sebelah dalam sebesar p . Nilai pergeseran di tikungan (p) ini dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah ini:

$$p = \frac{L_s^2}{24R} \quad (2.17)$$

Keterangan:

- p : Pergeseran (m)
 L_s : Lengkung peralihan (m)
 R : Radius busur lingkaran (m)

Nilai p yang diperoleh menjadi indikator penentuan tipe perencanaan lengkung yang akan digunakan. Cara penentuannya sebagai berikut:

- a. Apabila nilai $p < 0,25$ m, maka digunakan perencanaan tipe lengkung *Full Circle (FC)*
- b. Apabila nilai $p \geq 0,25$ m, maka digunakan perencanaan tipe lengkung *Spiral-Circle-Spiral (SCS)*

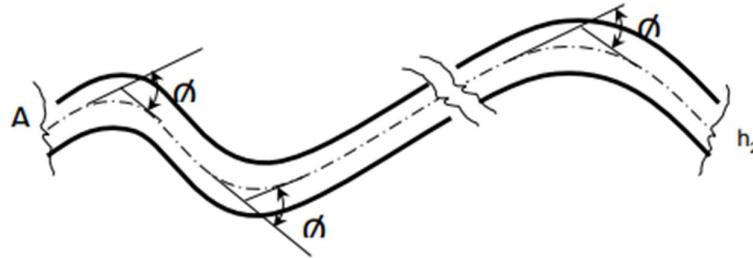
2.6.8 Bentuk Tikungan

Berdasarkan Pedoman Desain Geometrik Jalan No.13/P/BM/2021, terdapat 2 jenis tikungan yang aman digunakan di lapangan, yaitu:

- a. Busur lingkaran/*Full Circle (FC)*
- b. Gabungan busur spiral-lingkaran-spiral/*Spiral-Circle-Spiral (SCS)*

Bentuk bagian dari tikungan lengkung horizontal yang diterapkan dalam perencanaan jalan raya dapat berupa lengkung penuh atau lengkung peralihan. Pendekatan yang digunakan untuk memilih bentuk tikungan dapat menggunakan

nilai sudut perpotongan horizontal (ϕ), panjang bagian lurus dan jarak kebebasan samping. Adapun bentuk dan komponen dari tipe tikungan dapat dilihat pada berikut:

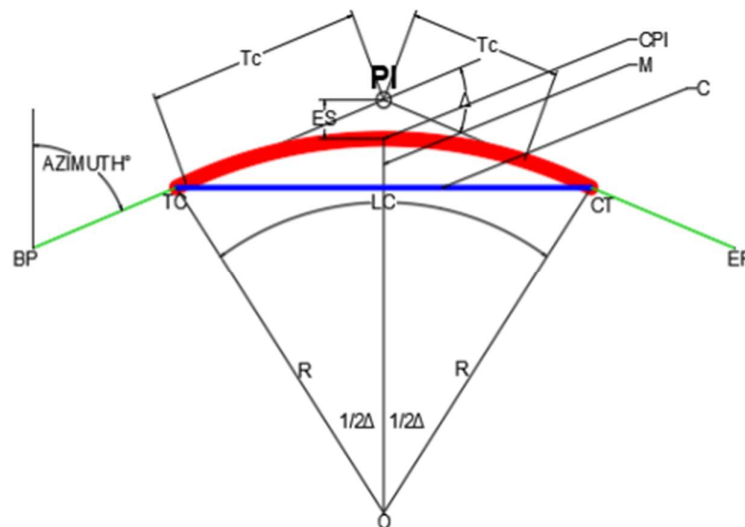


Gambar 2.17 Sudut Perpotongan Horizontal

(Sumber: Nain Dhaniarti Raharjo, 2022)

2.6.8.1 Lengkung *Full Circle* (FC)

Full Circle (FC) adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan ini digunakan untuk tikungan yang memiliki jari-jari (R) besar, hal ini bertujuan agar tidak terjadi patahan dikarenakan dengan R yang kecil maka dibutuhkan superelevasi yang besar.



Gambar 2.18 Bentuk Geometri Lengkung *Full Circle* (FC)

(Sumber: Nain Dhaniarti Raharjo, 2022)

Keterangan:

R = jari-jari kelengkungan busur

TC, CT = titik singgung, perubahan dari garis lurus ke garis lengkung

PI = titik perpotongan antara tergent I dan II (*Point of Intersection*)

O = titik pusat lingkaran

Δ = sudut defleksi

α = sudut jurusan/Azimuth

Jika α_1 merupakan azimuth tangen I dan α_2 merupakan azimuth tangen II, maka $\Delta = \alpha_2 - \alpha_1$ dengan catatan $\Delta > 0$.

Perhitungan komponen utama pada lengkung tipe *Full Circle* dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$D = \frac{25}{2\pi} \times 360^\circ \quad (2.18)$$

$$R = \frac{v^2}{127(e+f)} \quad (2.19)$$

$$Tc = Rc \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{2} \Delta \quad (2.20)$$

$$Ec = Tc \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{4} \Delta \quad (2.21)$$

$$Lc = \frac{\pi}{180} \cdot \Delta \cdot Rc \quad (2.22)$$

$$Tlb \text{ TC} - \text{CT} = 2 \cdot Rc \cdot \sin 0,5 \Delta \quad (2.23)$$

Keterangan:

Rc : Jari-jari lengkung rencana (m)

Ec : Pergeseran horizontal (m)

Lc : Panjang busur lingkaran (m)

Δ : Sudut defleksi ($^\circ$)

Tlb : Panjang Tali Busur

Lengkung TS-SC adalah lengkung peralihan berbentuk spiral yang menghubungkan bagian lurus dengan bagian radius tak berhingga diawal spiral (kiri TS) dan bagian berbentuk lingkaran dengan radius = Rc diakhir spiral (kanan SC). Titik TS adalah titik peralihan bagian lurus ke bagian berbentuk spiral dan titik SC adalah peralihan bagian spiral ke bagian lingkaran. Perhitungan komponen tikungan *Spiral-Circle-Spiral* dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40 \cdot R_c^2} \right) \quad (2.24)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 \cdot R_c} \quad (2.25)$$

$$\theta_s = \frac{90}{\pi} \cdot \frac{L_s}{R_c} \quad (2.26)$$

$$p = Y_s - R_c (1 - \cos \theta_s) \quad (2.27)$$

$$k = X_s - R_c \sin \theta_s \quad (2.28)$$

$$T_s = (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \quad (2.29)$$

$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c \quad (2.30)$$

$$L_c = \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times R_c \quad (2.31)$$

$$L_t = L_c + 2L_s \quad (2.32)$$

Keterangan:

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

Y_s : ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen (m)

L_s : panjang lengkung peralihan (jarak TS-SC atau CS-ST) (m)

L_c : panjang busur lingkaran (jarak SC-CS) (m)

T_s : jarak tangen dari PI ke TS atau ST (m)

TS : Titik dari tangen ke spiral

E_s : jarak dari PI ke puncak busur lingkaran (m)

Δ : sudut tikungan ($^\circ$)

- Δc : sudut lengkung circle ($^{\circ}$)
 θ_s : sudut lengkung spiral ($^{\circ}$)
 R : jari-jari tikungan (m)
 p : pergeseran tangen terhadap spiral (m)
 k : absis p pada garis tangen spiral (m)
 L : panjang tikungan SCS (m)

2.6.9 Pelebaran Pada Tikungan

Pelebaran pada tikungan bertujuan untuk mempertahankan konsistensi geometrik jalan agar kondisi operasional lalu lintas di tikungan sama dengan di bagian lurus. Pelebaran jalan pada tikungan harus mempertimbangkan hal-hal berikut ini:

- Kesulitan pengemudi untuk menempatkan kendaraan tetap pada lajunya.
- Penambahan lebar (ruang) lajur yang dipakai saat kendaraan melakukan gerakan melingkar.
- Pelebaran yang lebih kecil dari 0.6 meter dapat diabaikan.

Untuk cara perhitungan pelebaran tikungan, sebagai berikut:

- Tentukan besaran nilai T_d . T_d adalah lebar tonjolan depan kendaraan, sehingga:

$$T_d = \sqrt{R_D^2 + A(2P + A)} - R_D \quad (2.33)$$

- Tentukan nilai B . B adalah lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan di tikungan pada lajur sebelah dalam, sehingga:

$$B = b + R_D - \sqrt{R_D^2 - P^2} \quad (2.34)$$

- Hitung tambahan lebar akibat kesukaran mengemudi di tikungan (Z):

$$Z = \frac{0,105V_D}{\sqrt{R_D}} \quad (2.35)$$

d. Sehingga, tambahan lebar tikungan (Δb) dapat dihitung:

$$\Delta b = B_t - B_n \quad (2.36)$$

Dimana:

$$B_t = n(B + C) + (n - 1)T_d + Z \quad (2.37)$$

Keterangan:

V_D : Kecepatan desain (Km/Jam)

R_D : Jari-jari desain (m)

A : Julur depan kendaraan (m)

P : Jarak antar sumbu (m)

b : Lebar kendaraan rencana (m)

B_t : Lebar perkerasan di tikungan (m)

B_n : Lebar perkerasan pada bagian lurus (m) (jika terdapat 2 lajur maka
 $B_n = 2 \times \text{lebar lajur}$)

n : Jumlah lajur

C : Kebebasan samping (m) (sebesar 0,5 m, 1 m dan 1,25 m untuk jalan
dengan lebar lajur 6 m, 7 m, dan 7,50 m)

2.6.10 Tikungan Gabungan

Tikungan gabungan merupakan tikungan-tikungan horizontal dengan radius yang berbeda dalam arah yang sama dan terhubung pada titik sambungannya. Tikungan gabungan ini kurang disarankan untuk digunakan, karena akan membahayakan kepada pengendara yang tidak dapat melihat perubahan tikungan dan tidak mengantisipasi perubahan kekesatan menyamping. Tetapi jika tikungan

gabungan ini tetap diperlukan, maka harus memperhatikan hal-hal berikut ini dalam merencanakannya:

- a. Tikungan gabungan tidak dikehendaki pada radius kurang dari 1.000 m.
- b. Jika radius kurang dari 1.000 m tidak bisa dihindari, maka penurunan kecepatan operasional pada setiap tikungan tersebut hendaknya tidak lebih dari 5 km/jam, dan tetap di atas kecepatan operasi minimumnya pada bagian jalan tersebut.
- c. Tidak boleh ada lebih dari dua tikungan dengan radius mengecil.
- d. Radius mengecil hendaknya dihindari pada turunan curam.
- e. Pada jalan satu arah, sebaiknya tikungan dengan radius lebih kecil mengawali tikungan dengan radius yang lebih besar.

Terdapat 2 macam tikungan gabungan, yaitu:

- a. Tikungan gabungan searah (*Brokenback curve*), yaitu gabungan dua atau lebih tikungan dengan arah putaran yang sama tetapi dengan jari jari yang berbeda.
- b. Tikungan gabungan balik arah (kurva S), yaitu gabungan dua tikungan dengan arah putaran yang berbeda.

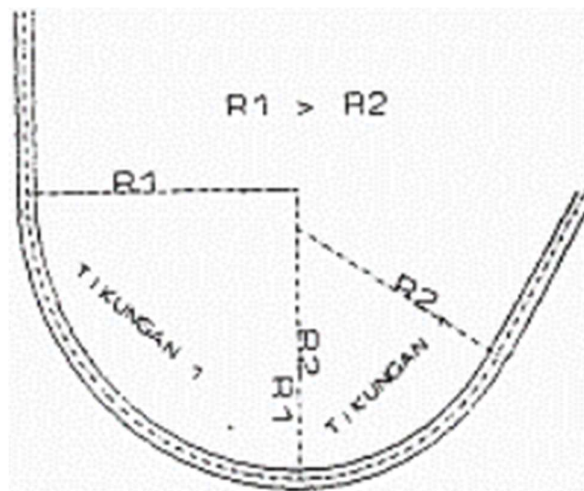
Penggunaan tikungan gabungan tergantung terhadap perbandingan R_1 dan

R_2 . Jika $\frac{R_1}{R_2} > \frac{2}{3}$ maka tikungan gabungan searah harus dihindarkan, dan jika $\frac{R_1}{R_2} < \frac{2}{3}$

maka tikungan gabungan harus dilengkapi bagian lurus atau *clothoide* sepanjang paling tidak 20 meter seperti pada Gambar 2.21 (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 038/TBM/1997). Setiap tikungan gabungan balik arah harus dilengkapi dengan bagian lurus di antara kedua tikungan tersebut sepanjang paling tidak 20 meter seperti pada Gambar 2.23 (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan

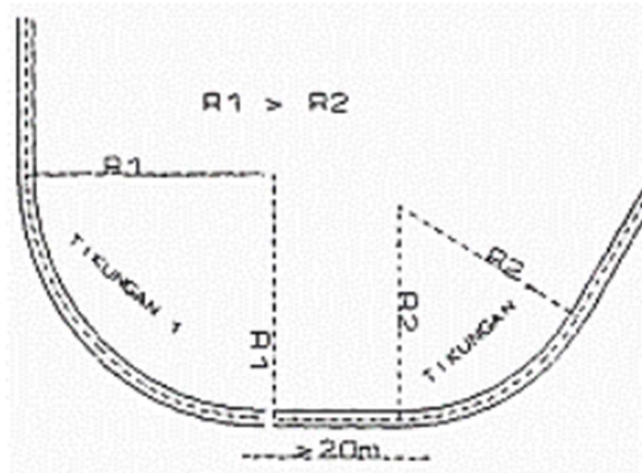
Antar Kota 038/TBM/1997). Beberapa ketentuan dalam mendesain tikungan gabungan balik:

- a. Tikungan-tikungan yang membentuk tikungan gabungan hendaknya dihindari sebisa mungkin. Namun jika tidak bisa dihindari, maka jarak antartikungan (bagian lurus) sebaiknya tidak kurang dari $0,7V D$, karena pada jalan dua lajur dua arah hal ini akan menghasilkan/mencapai kemiringan melintang normal.
- b. Jika antartikungan dihubungkan dengan lengkung peralihan, maka penggunaan lengkung peralihan akan memberikan peralihan yang halus dan stabil saat perubahan arah dan superelevasi.
- c. Jika antar tikungan tidak dihubungkan dengan lengkung peralihan, maka antartikungan dipisahkan oleh bagian lurus yang panjangnya tidak kurang dari $0,3V D$ bagi setiap tikungan tanpa peralihan.



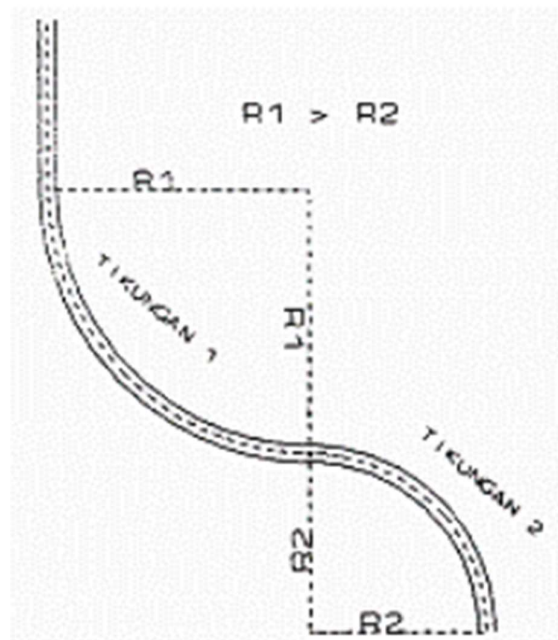
Gambar 2.20 Tikungan Gabungan Searah

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)



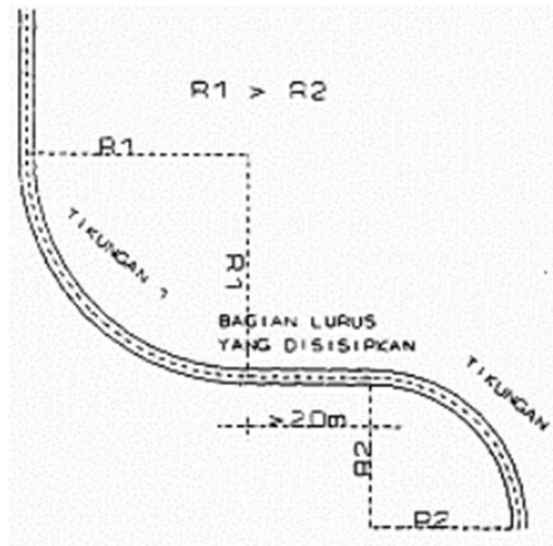
Gambar 2.21 Tikungan Gabungan Searah dengan Sisipan Bagian Lurus min. 20m

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)



Gambar 2.22 Tikungan Gabungan Bolak Balik

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)



Gambar 2.23 Tikungan Gabungan Balik dengan Sisipan Bagian Lurus min. 20m

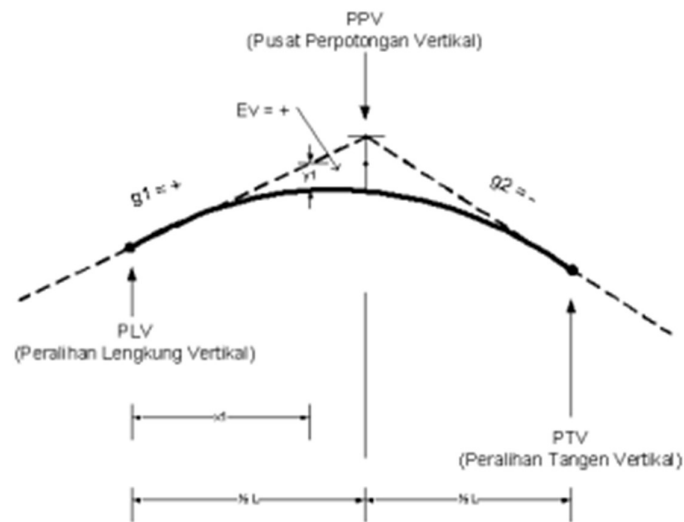
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

2.7 Alinyemen Vertikal

Alinemen vertikal adalah profil memanjang sepanjang garis tengah jalan, yang terbentuk dari serangkaian segmen dengan kelandaian memanjang dan lengkung vertikal. Alinemen vertikal juga bisa diartikan sebagai tempat di mana bidang vertikal berpotongan dengan permukaan perkerasan jalan. Ketika merencanakan alinemen vertikal, akan ditemukan kelandaian positif (+) seperti tanjakan dan kelandaian negatif (-) seperti turunan, sehingga gabungannya bisa berupa lengkungan cembung atau lengkungan cekung. Di antara kedua jenis lengkung ini, ada juga bagian medan datar di mana kelandaianannya nol. Terdapat 2 jenis lengkung vertikal, antara lain:

- a. Lengkung Vertikal cembung (PVI di atas permukaan jalan)
- b. Lengkung vertikal cekung (PVI di bawah permukaan jalan)

Lengkungan Vertikal harus ada disetiap lokasi yang mengalami perubahan kelandaian sehingga dapat digunakan untuk menghubungkan peralihan secara berangsur-angsur dari suatu kelandaian ke kelandaian berikutnya, dengan tujuan agar dapat mengurangi guncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jaak pandang henti. Untuk merencanakan bentuk lengkung vertikal, didasarkan pada bentuk parabola vertikal sederhana, dengan persamaan matematik $y = Ax^2 + bX + C$.



Gambar 2.24 Bentuk Geometri Lengkung Parabola Sederhana

(Sumber: Nain Dhaniarti Raharjo, 2022)

Berikut persamaan umum untuk parabola sederhana:

$$y = \frac{(g_2 - g_1)}{200L} X^2 \quad (2.38)$$

$$EV = \frac{(g_2 - g_1)}{800} L \quad (2.39)$$

Keterangan:

g_1 dan g_2 (%)

L : Panjang lengkung

$X = 0 - \frac{1}{2} L$

Lengkung vertikal sebaiknya mengikuti karakteristi medan alaminya, dengan mempertimbangkan keseimbangan pekerjaan tanah, penampilan, keselamatan, drainase, dan kelengkungan vertikal maksimum dan minimum yang diizinkan; dinyatakan sebagai nilai K. Untuk tujuan praktis, panjang minimal lengkung vertikal ($L_{\min}$) dapat dinyatakan sekitar $0,6V_D$. Secara praktis, jarak pandang lebih panjang mungkin lebih dikehendaki, dimana lebih sesuai dengan kondisi medan dan tidak berbenturan dengan pengendali desain lainnya. Lengkung vertikal yang terlalu besar hendaknya dihindari untuk mencegah genangan air. Lengkungan vertikal besar juga meningkatkan panjang jarak pandang yang terbatas. Pada umumnya lengkung vertikal didesain menggunakan persamaan:

$$L = K \cdot A \quad (2.40)$$

Dimana:

$$K = \frac{S^2}{200(\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2})^2} \text{ untuk } S < L \quad (2.41)$$

$$K = \frac{2S}{A} \cdot \frac{200(\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2})}{A^2} \text{ untuk } S > L \quad (2.42)$$

Keterangan:

L : Panjang lengkung vertikal (m)

K : Panjang lengkung vertikal dalam meter untuk setiap perubahan kelandaian 1%

A : Perubahan kelandaian aljabar (%)

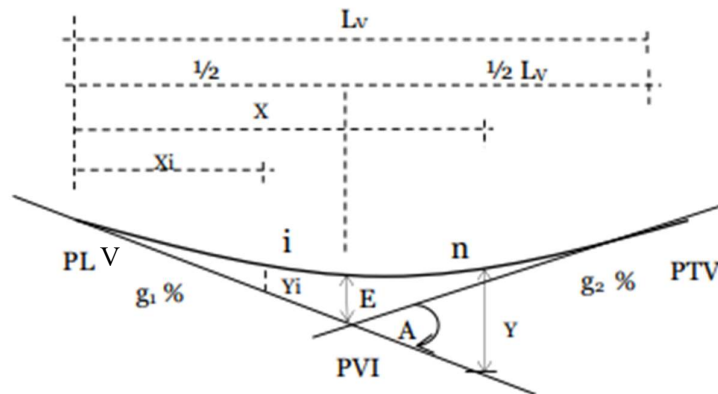
S : Jarak pandang (m)

h_1 : Tinggi mata pengemudi (m)

h_2 : Tinggi objek, digunakan untuk menetapkan jarak pandang (m)

2.7.1 Alinyemen Vertikal Cekung

Pemilihan panjang lengkung cekung vertikal haruslah merupakan panjang terpanjang yang dibutuhkan setelah mempertimbangkan jarak penyinaran lampu dari kendaraan, ketentuan drainase, kenyamanan pengemudi dan penampilan secara umum.



Gambar 2.25 Bentuk Geometri Alinyemen Vertikal Cekung

(Sumber: Nain Dhaniarti Raharjo, 2022)

Keterangan:

Titik PLV-PVI dan PVI-PTV adalah garis tangen kelandaian g_1 dan g_2

Titik PLV : titik awal lengkungan parabola

Titik PVI : titik perpotongan kelandaian g_1 dan g_2

Titik PTV : titik akhir lengkungan parabola

g_1 : turun, jadi harganya (-) %

g_2 : naik, jadi harganya (+) %

A : Perbedaan Aljabar Landai : $g_2 - g_1$ dalam %

E_v : Pergeseran vertikal titik tengah busur lingkaran

L_v : Panjang lengkung vertikal dihitung secara horisontal

X_i : Jarak horisontal titik i , dihitung dari PLV ke titik i secara horisontal

Y_i : Pergeseran vertikal titik i, dihitung dari titik pada kelandaian ke titik i pada lengkungan secara vertikal

Titik i : Titik lengkungan

Berikut merupakan rumus-rumus umum pada alinyemen vertikal cekung:

$$E_v = A \left(\frac{L_v}{800} \right) \quad (2.43)$$

Dimana:

$A = g_2 - g_1$ (dalam %)

L_v = Panjang lengkung vertikal (m)

$$Y_i = (X_i)^2 \cdot E_v \quad (2.44)$$

Dimana nilai $X_i = \frac{1}{2} L_v$

$$Y_i = \frac{A}{200 \cdot L_v} \cdot (X_i)^2 \quad (2.45)$$

Jika $X_i = \frac{1}{2} L_v$, maka $Y_i = E_v$.

Untuk mencari besaran nilai gradien dalam perencanaan alinyemen vertikal dapat menggunakan rumus berikut ini:

$$g_1 = \frac{\text{Elevasi PVI} - \text{Elevasi PLV}}{\frac{1}{2} L_v} \quad (2.46)$$

$$g_1 = \frac{\text{Elevasi PTV} - \text{Elevasi PVI}}{\frac{1}{2} L_v} \quad (2.47)$$

Cara menghitung elevasi pada titik utama lengkung vertikal (PLV, PVI, PTV):

$$a. H_{PVI} = H_{PLV} + \Delta h_{PLV_PVI} \quad (2.48)$$

$$\Delta h_{PLV_PVI} = \frac{1}{2} L_v \cdot g_1 \quad (2.49)$$

$$b. H_{PTV} = H_{PVI} + \Delta h_{PVI_PTV} \quad (2.50)$$

$$\Delta h_{PVI_PTV} = \frac{1}{2} L_v \cdot g_2 \quad (2.51)$$

Kriteria yang menjadi penentu panjang lengkung vertikal cekung adalah Kenyamanan pengemudi, Silau sorotan lampu, Pengendalian drainase dan Penampilan. Agar dapat memaksimalkan kenyamanan untuk pengendara saat melintasi lengkung, maka dilakukan pembatasan akselerasi vertikal kurang dari 0,05g (g adalah gravitasi). berikut cara penentuan Panjang lengkung vertikal (L_v) cekung:

- a. L_v terhadap Kenyamanan Penumpang:

$$K = \frac{V_D^2}{1296 \cdot A} \quad (2.52)$$

$$L_v = K \cdot A \quad (2.53)$$

- b. L_v terhadap faktor penampilan:

$$L_v = 30 \cdot A \quad (2.54)$$

- c. L_v terhadap faktor Drainase:

$$L_v = 51 \cdot A \quad (2.55)$$

$$A = (g_2 - g_1) \quad (2.56)$$

- d. Panjang lengkung vertikal cekung berdasarkan jarak pandang henti dapat ditentukan dengan rumus $L_v = K \times A$, dimana nilai K dapat ditentukan oleh Tabel 2.14 berikut ini.

Tabel 2.14 Kontrol Desain (K) untuk Lengkung Vertikal Cekung

V_D (Km/jam)	J_{PH} (m)	k
20	20	3
30	35	6
40	50	9
50	65	13
60	85	18
70	105	23
80	130	30
90	160	38
100	185	45

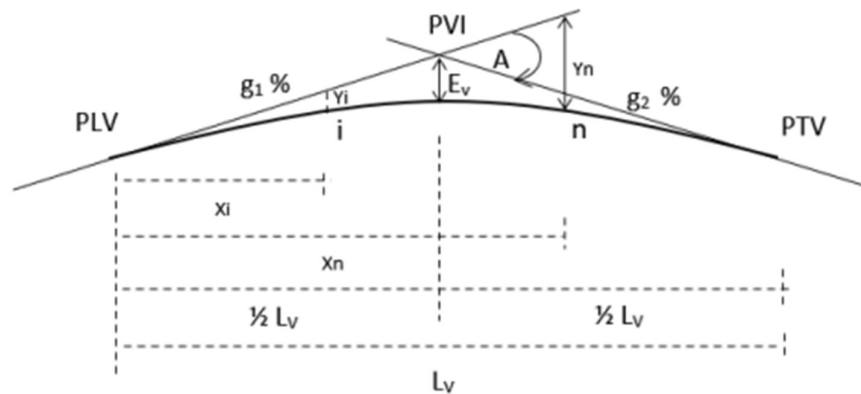
110	220	55
120	250	63

(Sumber: *Pedoman Geometrik Jalan*, 2021)

Sebagai nilai control aman, nilai L_v harus memenuhi persyaratan nilai $K_{\text{cekung}} \geq K_{\text{ref}}$, dimana nilai K_{ref} di dapatkan pada Tabel 2.14.

2.7.2 Alinyemen Vertikal Cembung

Pengendali utama lengkung vertikal cembung adalah penyediaan jarak pandang yang cukup, untuk mendapatkan sudut pandang yang aman, kenyamanan, dan penampilan. Perencana hendaknya membatasi panjang lengkung cembung yang memiliki kelandaian kurang dari 0,3% hingga 0,5% untuk panjang sekitar 30 m sampai dengan 50 m.



Gambar 2.26 Bentuk Geometri Alinyemen Vertikal Cembung

(Sumber: *Nain Dhaniarti Raharjo*, 2022)

Keterangan:

Titik PLV : titik awal lengkungan parabola

Titik PVI : titik perpotongan kelandaian g_1 dan g_2

Titik PTV : titik akhir lengkungan parabola

Titik PLV-PVI dan PVI-PTV adalah garis tangen kelandaian g_1 dan g_2 . Dimana yang dapat dilihat pada Gambar 2.26, g_1 naik sehingga harganya menjadi (+) dan g_2 turun jadi harganya (-). Pada saat merencanakan lengkung vertikal cembung harus dihitung juga berdasarkan jarak pandangnya, baik itu jarak pandang henti maupun jarak pandang mendahuluinya. Pada jarak pandang henti (J_{PH}) terdapat pengendalian yang penting terhadap lengkung vertikalnya yaitu penyediaan jarak pandang yang cukup untuk mendapatkan kenyamanan dan keamanan. Cara penentuan Panjang lengkung vertikal (L_v) cembung dihitung berdasarkan dua hal, yaitu berdasarkan Jarak Pandang Henti (J_{PH}) dan Jarak Pandang Mendahului (J_{PM}). Perhitungannya menggunakan rumus berikut:

$$L_v = K \cdot A \quad (2.57)$$

Dimana nilai K dapat ditentukan oleh Tabel 2.15 dan Tabel 2.16 berikut ini.

Tabel 2.15 Nilai Jarak Pandang Henti Pada lengkung Vertikal Cembung

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

(Sumber: Pedoman Geometrik Jalan, 2021)

Tabel 2.16 Nilai Jarak Pandang Mendahului Pada lengkung Vertikal Cembung

V_D (Km/jam)	J_{PM} (m)	K^1
30	120	17
40	140	23

50	160	30
60	180	38
70	210	52
80	245	70
90	280	91
100	320	119
110	355	146
120	395	181

(Sumber: *Pedoman Geometrik Jalan*, 2021)

2.7.3 Hitungan Elevasi Titik Di Sepanjang Alinyemen Vertikal

Pada saat merencanakan alinyemen vertikal, diperlukan adanya data detail mengenai ketinggian posisi titik yang berada di sepanjang alinyemen vertikal cekung maupun cembung. Elevasi masing-masing titik tersebut dapat dihitung dengan rumus empiris berikut ini:

$$Y = \frac{1}{2} \cdot \frac{(g_2 - g_1)}{L} \cdot X^2 + g_1 X + Y_{T1} \quad (2.58)$$

atau

$$H = \frac{1}{2} \cdot \frac{(g_2 - g_1)}{L} \cdot X^2 + g_1 X + H_{T1} \quad (2.59)$$

Pada lengkung parabola vertikal yang simetris, nilai dari $\frac{(g_2 - g_1)}{L}$ merupakan suatu parameter perencanaan yang pada umumnya diberi notasi r . Sehingga persamaannya menjadi:

$$Y = \frac{1}{2} r x^2 + g_1 x + Y_{T1} \quad (2.60)$$

atau

$$H = \frac{1}{2} r x^2 + g_1 x + H_{T1} \quad (2.61)$$

Keterangan:

H : elevasi atau tinggi titik pada parabola dalam jarak "x" dari Awal lengkung vertikal.

H_{T1} : elevasi atau tinggi titik awal lengkung parabola vertikal.

- L : panjang lengkung Parabola
 r : angka perubahan gradien/parameter perencanaan
 g1 : gradien (kemiringan) tangen I (%)
 g2 : gradien (kemiringan) tangen II (%)

2.7.4 Titik Perubahan Arah

Titik perubahan arah merupakan tempat-tempat yang posisi vertikalnya berada pada kedudukan tertinggi atau terendah dari suatu lengkung alinyemen vertikal. Yang dimaksudkan titik tertinggi ialah untuk alinyemen vertikal cembung, sedangkan titik terendah ialah untuk alinyemen vertikal cekung. Dalam memperhitungkan elevasi untuk titik perubahan arah perlu diketahui terlebih dahulu letak atau posisi mendatannya. Posisi mendatar yaitu dinyatakan oleh jarak terhadap titik awal lengkung parabola pada alinyemen vertikal. Berikut merupakan rumus perhitungan untuk jarak titik perubahan arah pada alinyemen vertikal:

$$X = -g_1 \cdot \frac{L}{(g_2 - g_1)} \quad (2.62)$$

Jarak X terukur dari Titik Awal Lengkung Parabola Vertikal. Sedang untuk perhitungan posisi nilai elevasi titik balik pada alinyemen vertical, diformulasikan sebagai berikut:

$$H_X = H_A = \frac{1}{2} \cdot \left[\frac{g_1^2 \cdot Lv}{(g_2 - g_1)} \right] \quad (2.63)$$

2.7.5 Kelandaian Maksimum

Landai maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus

menggunakan gigi rendah. Panjang kritis yaitu panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh V_D . Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak lebih dari satu menit.

2.7.5.1 Kelandaian Memanjang

Kontur jalan yang cenderung datar dan tanpa *kerb* bisa memberikan drainase permukaan yang baik dimana kemiringannya mencukupi dalam pembuangan air menuju saluran samping. Umumnya, kelandaian minimum adalah 0,3%. Akan tetapi, dengan perbedaan kondisi jalan akan membutuhkan kelandaian yang berbeda.

Tabel 2.17 Kelandaian Minimum

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

(Sumber: *Pedoman Geometrik Jalan, 2021*)

Kelandaian maksimum pada jalan disesuaikan dengan kecepatan operasi yang ditentukan pada ruas jalan tersebut. Mengacu pada PermenPU No 19/PET/M/2011, kelandaian maksimum yang diterapkan menurut spesifikasi penyediaan prasarana jalan dengan jenis medan yang berbeda seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.18 berikut ini (Pedoman Desain Geometrik Jalan No.13/P/BM/2021):

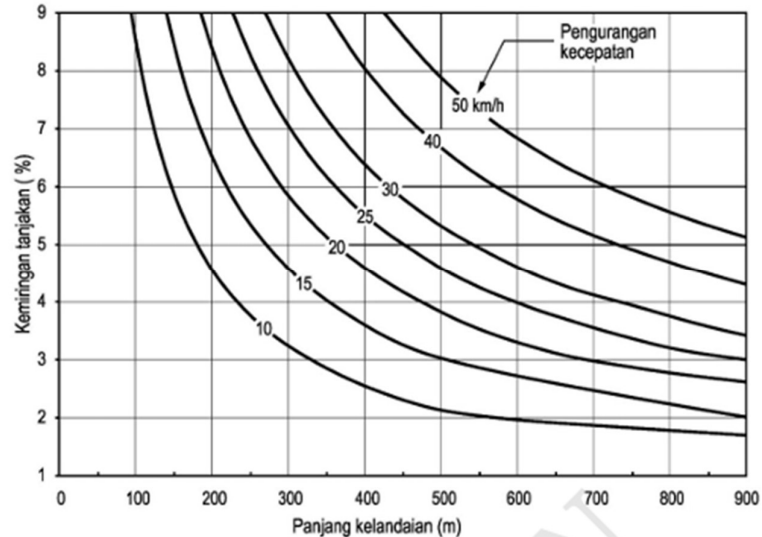
Tabel 2.18 Kelandaian Maksimum

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 Geometrik Jalan, 2021)

2.7.5.2 Panjang Kelandaian Kritis

Panjang kelandaian kritis merupakan istilah yang digunakan untuk mengetahui panjang maksimum tanjakan dimana truk yang melewati sebuah ruas jalan dapat beroperasi dengan pengurangan kecepatan yang tidak berlebihan. Pengurangan kecepatan yang direkomendasikan berkisar antara 15 – 25 Km/jam. Panjang kelandaian ditentukan dari Gambar 2.27.



Gambar 2.27 Panjang kelandaian kritis tipikal truk dengan WPR 120 kg/kw, $V_{awal} = 110$ Km/Jam

(Sumber: Pedoman Geometrik Jalan, 2021)

Berdasarkan Gambar 2.27, pada Tabel 2.19 menyajikan ringkasan panjang kelandaian kritis berdasarkan penurunan kecepatan 25 Km/Jam.

Tabel 2.19 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 Geometrik Jalan, 2021)

2.8 Fasilitas Pelengkap Jalan

Fasilitas pelengkap jalan merupakan berbagai elemen yang dipasang di sepanjang jalan untuk meningkatkan keselamatan, kenyamanan dan efisiensi pengguna jalan. Menurut Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat No. SK.7234/AJ.401/DRJD/2013 tentang Petunjuk Teknis Perlengkapan Jalan, fasilitas pelengkap jalan terdiri dari alat pemberi isyarat lalu lintas, rambu lalu lintas, marka jalan, alat penerangan jalan, pagar pengaman, cermin tikungan, tanda patok tikungan (*delineator*), pita pengaduh dan alat pengendali pemakai jalan.

2.8.1 Rambu Lalu Lintas

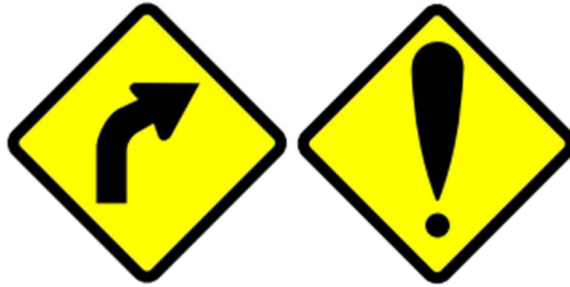
Rambu lalu lintas adalah bagian perlengkapan Jalan yang berupa lambang, huruf, angka, kalimat, dan/atau perpaduan yang berfungsi sebagai peringatan, larangan, perintah, atau petunjuk bagi Pengguna Jalan (Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 13 Tahun 2014 Tentang Rambu Lalu Lintas). Rambu lalu lintas ditempatkan disebelah kiri jalan sejauh 60 cm dari bagian terluar bahu jalan dan memiliki tinggi antara 175 cm sampai 265 cm dari permukaan

jalan. Setiap rambu lalu lintas harus menarik perhatian, dapat dimengerti dan mudah untuk dibaca agar dapat berfungsi sebagai mestinya. Berdasarkan jenisnya rambu lalu lintas terdiri atas:

- a. Rambu peringatan, digunakan untuk memberi peringatan kemungkinan ada bahaya di jalan atau tempat berbahaya pada jalan dan menginformasikan tentang sifat bahaya, sehingga memberikan kewaspadaan bagi pengguna jalan. Rambu peringatan memiliki warna dasar kuning dengan garis tepi berwarna hitam, dan memiliki lambang, huruf ataupun angka berwarna hitam. Jarak penempatan rambu ini dapat disesuaikan dengan kecepatan rencananya seperti untuk kecepatan 60 Km/Jam atau lebih dapat ditempatkan sejauh 150 – 250 meter, pada kecepatan 40 – 60 Km/Jam ditempatkan sejauh 100 – 150 meter, dan pada kecepatan 40 Km/Jam atau dibawahnya dapat ditempatkan sejauh 50 – 100 meter.
- b. Rambu larangan, digunakan untuk menyatakan perbuatan yang dilarang dilakukan oleh Pengguna Jalan. Rambu larangan memiliki dua jenis, yang pertama rambu larangan yang biasa memiliki warna dasar putih dengan garis tepi berwarna merah dimana untuk lambang, huruf ataupun angkanya berwarna hitam, dan jika terdapat kata-kata digunakan warna merah. Lalu rambu larangan yang kedua adalah rambu batas akhir larangan yang memiliki warna dasar putih dengan garis tepi berwarna hitam dimana untuk lambang, huruf ataupun angkanya berwarna hitam. Jarak penempatan rambu ini dapat disesuaikan dengan kecepatan rencananya seperti untuk kecepatan 60 Km/Jam atau lebih dapat ditempatkan sejauh 150 – 300 meter, pada kecepatan 40 – 60 Km/Jam ditempatkan sejauh 100 – 150 meter, dan

pada kecepatan 40 Km/Jam atau dibawahnya dapat ditempatkan sejauh 50 – 100 meter.

- c. Rambu perintah, digunakan untuk menyatakan perintah yang wajib dilakukan oleh Pengguna Jalan. Rambu ini memiliki warna dasar biru dengan garis tepi berwarna putih, dimana untuk lambang, huruf ataupun angkanya berwarna putih, lalu jika terdapat kata-kata digunakan warna putih juga. Jarak penempatan rambu ini dapat disesuaikan dengan kecepatan rencananya seperti untuk kecepatan 60 Km/Jam atau lebih dapat ditempatkan sejauh 100 – 200 meter, pada kecepatan 40 – 60 Km/Jam ditempatkan sejauh 50 – 100 meter, dan pada kecepatan 40 Km/Jam atau dibawahnya dapat ditempatkan sejauh 20 – 50 meter.
- d. Rambu petunjuk, digunakan untuk memandu Pengguna Jalan saat melakukan perjalanan atau untuk memberikan informasi lain kepada Pengguna Jalan. Rambu petunjuk memiliki warna dasar hijau, biru ataupun coklat dengan garis tepi berwarna putih, dimana untuk lambang, huruf dan angkanya berwarna putih. Jarak penempatan rambu ini dapat disesuaikan dengan kecepatan rencananya seperti untuk kecepatan 60 Km/Jam atau lebih dapat ditempatkan sejauh 500 – 1000 meter, pada kecepatan 40 – 60 Km/Jam ditempatkan sejauh 200 – 500 meter, dan pada kecepatan 40 Km/Jam atau dibawahnya dapat ditempatkan sejauh 100 – 200 meter.



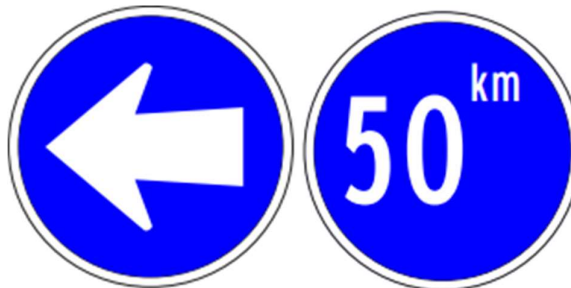
Gambar 2.28 Contoh Beberapa Rambu Peringatan

(Sumber: Peraturan menteri perhubungan RI tahun 2014 tentang rambu lalu lintas)



Gambar 2.29 Contoh Beberapa Rambu Larangan

(Sumber: Peraturan menteri perhubungan RI tahun 2014 tentang rambu lalu lintas)



Gambar 2.30 Contoh Beberapa Rambu Perintah

(Sumber: Peraturan menteri perhubungan RI tahun 2014 tentang rambu lalu lintas)



Gambar 2.31 Contoh Beberapa Rambu Petunjuk

(Sumber: Peraturan menteri perhubungan RI tahun 2014 tentang rambu lalu lintas)

2.8.2 Marka Jalan

Marka jalan menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 13 Tahun 2014 Tentang Marka Jalan merupakan suatu tanda yang berada di permukaan jalan atau di atas permukaan jalan yang meliputi peralatan atau tanda yang membentuk garis membujur, garis melintang, garis serong, serta lambang yang berfungsi untuk mengarahkan arus lalu lintas dan membatasi daerah kepentingan lalu lintas. Terdapat 3 warna marka dengan kegunaan yang berbeda, seperti marka jalan berwarna putih untuk menyatakan bahwa pengguna jalan wajib mengikuti perintah atau larangan sesuai dengan bentuknya, lalu marka jalan berwarna kuning untuk menyatakan bahwa pengguna jalan dilarang berhenti pada area tersebut dan marka jalan berwarna merah untuk menyatakan keperluan atau tanda khusus. Marka jalan harus dapat berfungsi selama 24 jam, sehingga marka jalan harus dibuat dari bahan-bahan yang dapat merefleksikan cahaya, dengan tujuan agar marka jalan dapat mudah terlihat pada saat malam hari oleh pengendara. Marka jalan juga memerlukan pemeliharaan yang berkelanjutan dikarenakan marka jalan mudah rusak dan memiliki umur teknis selama 2 (dua) tahun. Berdasarkan jenisnya marka jalan dibedakan berdasarkan bentuk dan fungsinya, berikut jenis-jenis marka jalan:

- a. Marka membujur, marka ini sejajar dengan sumbu jalan dan memiliki warna putih, marka ini dibagi menjadi beberapa garis yaitu garis utuh, garis putus-putus dan garis ganda. Dimana garis utuh berfungsi sebagai larangan bagi kendaraan untuk melintasi garis tersebut dan sebagai pembatas serta pembagi jalur sedangkan garis putus-putus berfungsi sebagai pembatas serta pembagi lajur, pengarah lalu lintas dan sebagai peringatan akan adanya marka membujur berupa garis utuh di depan.
- b. Marka melintang, marka ini dibuat tegak lurus dengan sumbu jalan dan memiliki warna putih. Marka melintang terbagi dalam 2 macam garis, yang pertama berupa garis utuh dengan fungsi untuk menyatakan batas berhenti kendaraan yang diwajibkan berhenti oleh alat pemberi isyarat lalu lintas, rambu berhenti, tempat penyeberangan, atau *zebra cross*. Lalu yang kedua berupa garis putus-putus dengan fungsi untuk menyatakan batas yang tidak dapat dilampaui kendaraan sewaktu memberi kesempatan kepada kendaraan yang mendapat hak utama pada persimpangan.
- c. Marka serong, yaitu marka jalan yang membentuk garis utuh yang tidak termasuk dalam pengertian marka membujur atau marka melintang, untuk menyatakan suatu daerah permukaan jalan yang bukan merupakan jalur lalu lintas kendaraan. Marka serong terbagi menjadi marka serong dengan garis utuh yang dibatasi dengan rangka garis utuh dan garis utuh yang dibatasi dengan rangka garis putus-putus.
- d. Marka lambang adalah marka jalan berupa panah, gambar, segitiga, atau tulisan yang dipergunakan untuk mengulangi maksud rambu lalu lintas atau

untuk memberitahu pengguna jalan yang tidak dapat dinyatakan dengan rambu lalu lintas.

- e. Marka kotak kuning adalah marka jalan berbentuk segi empat dengan 2 (dua) garis diagonal berpotongan dan berwarna kuning yang berfungsi untuk melarang kendaraan berhenti di suatu area.

2.8.3 Cermin Tikungan

Cermin tikungan menurut Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat No. SK.7234/AJ.401/DRJD/2013 tentang Petunjuk Teknis Perlengkapan Jalan adalah kelengkapan tambahan pada jalan yang berfungsi sebagai alat untuk menambah jarak pandang pengemudi kendaraan bermotor. Cermin tikungan ditempatkan pada tepi jalan yang memiliki jarak pandang terbatas atau terhalang benda lain seperti pada tikungan tajam dan persimpangan. Cermin ini memiliki umur teknis selama 5 (lima) tahun dan harus menggunakan cermin cembung berbahan *acrylic*.



Gambar 2.32 Cermin Tikungan

(Sumber: Rajarak.co.id)

2.8.4 Pita Penggaduh (*Rumble Strips*)

Rumble strips menurut Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat No. SK.7234/AJ.401/DRJD/2013 tentang Petunjuk Teknis Perlengkapan Jalan adalah kelengkapan tambahan pada jalan yang berfungsi untuk meningkatkan kewaspadaan bagi pengemudi menjelang lokasi yang berpotensi terjadinya kecelakaan lalu lintas. Selain itu *rumble strips* juga bertujuan untuk menyadarkan pengemudi sehingga kecepatan kendaraan dapat dikurangi demi meningkatkan keselamatan lalu lintas dengan memberikan efek getaran yang dapat dikendalikan, sehingga diharapkan dapat meningkatkan kewaspadaan pengemudi dan mengurangi angka kecelakaan yang ada. *Rumble strips* dapat ditempatkan pada jarak 50 meter sebelum lokasi yang berpotensi terjadi kecelakaan lalu lintas.



Gambar 2.33 Pita penggaduh (*Rumble Strip*)

(Sumber: eckellsparks.com)

2.9 Penelitian Terdahulu

2.9.1 Pieter L. Hutagalung (2010)

Pieter L. Hutagalung melakukan penelitian mengenai “Evaluasi Jarak Pandang Pada Alinemen Vertikal Dan Horizontal Pada Tikungan Jalan Luar Kota (Studi Kasus Sei Rampah-Tebing Tinggi)”. Pada penelitian ini mengangkat

permasalahan mengenai tingginya tingkat kecelakaan pada ruas jalan Sei Rampah sampai dengan Tebing Tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan jarak pandang pada ruas tersebut untuk dijadikan dasar menentukan kelayakan geometrik jalan luar kota. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode kuantitatif dan dalam menganalisisnya berdasarkan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997. Dalam proses pemetaan kondisi lapangannya digunakan theodolite NE-20 S. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa Alinemen vertikal pada seluruh lokasi yang ditinjau di Desa Firdaus Km 56 Kecamatan Sei Rampah dan Kecamatan Sei Bamban Km 71 tidak memenuhi syarat perencanaan geometrik sedangkan pada Alinemen Horizontal untuk lokasi Desa Pon Km 65 Kecamatan Sei Rampah dan Kecamatan Sei Bamban Km 71 pada tikungan pertama memenuhi syarat perencanaan geometrik. Untuk tikungan kedua pada Kecamatan Sei Bamban Km 71 tidak memenuhi syarat perencanaan. Sehingga untuk mengantisipasinya perlu dibuat rambu pengurangan kecepatan dan untuk dikemudian hari perlu adanya evaluasi perencanaan geometrik untuk mendapatkan kondisi geometrik yang baik dan benar.

2.9.2 Darwin Leonardo Pandiangan (2011)

Darwin Leonardo Pandiangan melakukan penelitian mengenai “Evaluasi Alinemen Horizontal Pada Ruas Jalan Sembahe – Sibolangit”. Pada penelitian ini mengangkat permasalahan mengenai tingginya tingkat kecelakaan pada ruas Jalan Sembahe sampai dengan Sibolangit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah alinemen horizontal telah memenuhi persyaratan pada peraturan yang ada. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode kuantitatif dan dalam menganalisisnya berdasarkan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota

No. 038/TBM/1997. Dalam proses pemetaan kondisi lapangannya digunakan theodolite NE-20 S. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa Alinemen horizontal pada seluruh lokasi yang ditinjau pada Ruas jalan Sembahe – Sibolangit tidak memenuhi syarat perencanaan geometrik dimana semua tikungan tidak memenuhi syarat nilai $R_{\min}$ (jari - jari minimum) untuk penggunaan jenis tikungan full circle sesuai kecepatan rencana dan tidak memiliki ketersediaan jarak pandang yang disyaratkan. Sehingga perlu dilakukan perencanaan ulang pada alinyemen horizontalnya karena semua tikungan yang ditinjau tidak memenuhi syarat dari peraturan yang ada. Apabila perencanaan ulang tidak dapat dilakukan, untuk menghindari kecelakaan di ruas jalan Sembahe - Sibolangit tersebut perlu dibuat rambu pengurangan kecepatan dan untuk dikemudian hari perlu adanya evaluasi perencanaan geometrik untuk mendapatkan kondisi geometrik yang baik dan benar.

2.9.3 Randolph Flamonía Sitompul (2020)

Randolf Flamonía Sitompul melakukan penelitian mengenai “Evaluasi Jarak Pandang Pada Alinyemen Vertikal Dan Alinyemen Horizontal Pada Tikungan Jalan Sei Rampah – Tebing Tinggi”. Pada penelitian ini mengangkat permasalahan mengenai tingginya tingkat kecelakaan pada ruas jalan Sei Rampah sampai dengan Tebing Tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan jarak pandang pada ruas tersebut untuk dijadikan dasar menentukan kelayakan geometrik jalan luar kota. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode kuantitatif dan dalam menganalisisnya berdasarkan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997. Dalam proses pemetaan kondisi lapangannya digunakan theodolite NE-20 S. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa Alinemen vertikal pada seluruh lokasi yang ditinjau di Desa Firdaus KM 56 Kecamatan Sei Rampah

dan Kecamatan Sei Bamban KM 71 tidak memenuhi syarat perencanaan geometrik sedangkan pada Alinemen Horizontal untuk lokasi Desa Pon KM 65 Kecamatan Sei Rampah dan Kecamatan Sei Bamban KM 71 pada tikungan pertama memenuhi syarat perencanaan geometrik. Untuk tikungan kedua pada Kecamatan Sei Bamban KM 71 tidak memenuhi syarat perencanaan. Sehingga untuk mengantisipasinya perlu dibuat rambu pengurangan kecepatan dan untuk dikemudian hari perlu adanya evaluasi perencanaan geometrik untuk mendapatkan kondisi geometrik yang baik dan benar.

Tabel 2.20 Persamaan dan Perbedaan dengan Penelitian Terdahulu

No	Judul dan Peneliti	Persamaan	Perbedaan
1.	“Evaluasi Jarak Pandang Pada Alinemen Vertikal Dan Horizontal Pada Tikungan Jalan Luar Kota (Studi Kasus Sei Rampah-Tebing Tinggi)” Pieter L. Hutagalung	• Dasar permasalahan yang diangkat mengenai daerah rawan kecelakaan. • Menganalisis jarak pandang, alinyemen vertikal dan alinyemen horizontal. • Dilakukan analisis serta evaluasi dalam hasil dan pembahasannya.	• Berpedoman pada TCPGJAK No. 038/TBM/1997. • Pemetaan lokasi penelitian menggunakan theodolite NE-20 S.
2.	“Evaluasi Alinemen Horizontal Pada Ruas Jalan Sembahe – Sibolangit” Darwin Leonardo Pandiangan	• Dasar permasalahan yang diangkat mengenai daerah rawan kecelakaan. • Dilakukan analisis serta evaluasi dalam hasil dan pembahasannya.	• Berpedoman pada TCPGJAK No. 038/TBM/1997. • Pemetaan lokasi penelitian menggunakan theodolite NE-20 S. • Hanya menganalisis dan mengevaluasi alinyemen horizontal saja

No	Judul dan Peneliti	Persamaan	Perbedaan
3.	“Evaluasi Jarak Pandang Pada Alinyemen Vertikal Dan Alinyemen Horizontal Pada Tikungan Jalan Sei Rampah – Tebing Tinggi” Randolf Flamonia Sitompul	• Dasar permasalahan yang diangkat mengenai daerah rawan kecelakaan.	• Berpedoman pada TCPGJAK No. 038/TBM/1997. • Pemetaan lokasi penelitian menggunakan theodolite NE-20 S. • Hanya dilakukan penganalisisan saja.