BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan merupakan dasar dalam perencanaan dan pembangunan jalan karena memengaruhi desain geometrik, struktur perkerasan, serta tingkat pelayanan yang dibutuhkan. Berdasarkan **Permen PUPR No. 05/PRT/M/2015**, klasifikasi jalan dibagi menurut fungsi, status, medan dan kelas.

2.1.1 Klasifikasi Berdasarkan Peruntukan Jalan

Klasifikasi jalan berdasarkan peruntukan jalan dipertunjukan sebagai jalan umum dan jalan khusus dengan deskripsi sebagai berikut:

1. Jalan Umum

   Jalan umum merupakan jalan yang diperuntukan bagi lalu lintas umum, termasuk jalan bebas hambatan dan jalan tol serta dikelola oleh pemerintah.

2. Jalan Khusus

   Jalan khusus adalah jalan yang tidak ditujukan untuk digunakan oleh masyarakat umum, melainkan hanya untuk kepentingan individu, kelompok tertentu, badan usaha, atau instansi tertentu. Pengelolaan dan pengaturannya tidak dilakukan oleh pemerintah secara umum. Kepemilikan jalan ini dapat berada di tangan perorangan, kelompok masyarakat, badan usaha, maupun instansi tertentu, termasuk instansi pemerintah.

2.1.2 Klasifikasi Berdasarkan Status Jalan

Jalan umum dikelompokan berdasarkan jalannya dibagi menjadi beberapa kelompok, terdiri dari

1. Jalan Nasional

   Jalan nasional merupakan jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah pusat.

2. Jalan Provinsi

   Jalan provinsi merupakan jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah provinsi.

3. Jalan Kabupaten

   Jalan kabupaten merupakan jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah kabupaten.

4. Jalan Kota

   Jalan kota merupakan jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah kota dan berada dalam jaringan jalan di dalam kota.

5. Jalan Desa

   Jalan desa merupakan jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah kabupaten, terdiri dari jalan lingkungan primer dan jalan lokal primer yang tidak termasuk jalan kabupaten, berada di dalam kawasan perdesaan, dan menghubungkan kawasan antar permukiman di dalam desa.

2.1.3 Klasifikasi Berdasarkan Sistem Jaringan Jalan

Sistem jaringan jalan merupakan kesatuan jaringan jalan yang dibedakan menjadi dua yaitu, primer dan sekunder dalam hubungan fungsi jalan.

1. Sistem Jaringan Jalan Primer

   Berfungsi sebagai penghubung antarwilayah pada tingkat nasional yang mencakup berbagai pusat kegiatan, seperti pusat kegiatan nasional (PKN), pusat kegiatan wilayah (PKW), pusat kegiatan lokal (PKL), dan pusat kegiatan lingkungan (PKLing). Pusat-pusat kegiatan tersebut umumnya berbentuk kota maupun kawasan di luar kota, sehingga termasuk dalam kategori jalan antarkota.

2. Sistem Jaringan Jalan Sekunder

Berfungsi sebagai penghubung berbagai pusat kegiatan yang umumnya berupa kawasan di dalam kota, sehingga termasuk dalam kategori jalan perkotaan. Perencanaannya didasarkan pada rencana tata ruang wilayah (RTRW) kabupaten/kota, serta berperan dalam mendukung distribusi barang dan jasa bagi masyarakat di kawasan perkotaan.

2.1.4 Klasifikasi Berdasarkan Fungsi Jalan

Klasifikasi jalan berdasarkan fungsi jalan dibedakan menjadi dua kelompok yaitu:

1. Sistem Jaringan Jalan Primer

a. Jalan Arteri Primer

Berfungsi sebagai penghubung antar Pusat Kegiatan Nasional (PKN) dengan Pusat Kegiatan Wilayah (PKW). Jalan arteri prmer memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

- Melayani perjalanan lalu lintas jarak jauh yang tidak boleh terganggu oleh lalu lintas ulang alik, lalu lintas lokal, dan kegiatan lokal.
- Kecepatan rata-rata tinggi dengan Vo paling rendah 60 km/jam.
- Mempunyai kapasitas yang lebih besar dari volume lalu lintas rata-ratanya.
- Mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 11,0 m.
- Persimpangan sebidang diatur sedemikian sehingga sesuai dengan ketentuan pada butir a, b, dan c.
- Jumlah jalan masuk dibatasi.
- Jalan arteri primer yang memasuki kawasan perkotaan dan/atau kawasan pengembangan perkotaan tidak boleh terputus.

b. Jalan Kolektor Primer

Berfungsi sebagai penghubung antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan wilayah, atau antara pusat kegiatan

wilayah dengan pusat kegiatan lokal. Jalan kolektor primer memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

- Melayani perjalanan lalu lintas jarak sedang.
- Kecepatan rata-rata sedang dengan VD paling rendah 40 km/jam.
- Mempunyai kapasitas yang lebih besar dari volume lalu lintas rata-ratanya.
- Mempunyai lebar badan jalan (terdapat lajur dan bahu jalan) paling sedikit 9,0 m.
- Persimpangan sebidang pada jalan arteri primer dengan pengaturan tertentu harus memenuhi ketentuan sebagaimana dimaksud pada butir a, b, dan c.
- Jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
- Jalan kolektor primer yang memasuki kawasan perkotaan dan/atau kawasan pengembangan perkotaan tidak boleh terputus.

c. Jalan Lokal Primer

Berfungsi sebagai penghubung antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lingkungan, pusat kegiatan lingkungan dengan pusat kegiatan wilayah, maupun antara pusat kegiatan lokal dengan pusat kegiatan lingkungan, serta antar pusat kegiatan lingkungan. Selain itu, jalan lokal juga menghubungkan PKN dengan PKL, PKW dengan PKLing, serta antar PKL dengan PKLing dan sesama PKLing. Jalan ini melayani angkutan umum setempat dan memiliki karakteristik sebagai berikut:

- Perjalanan jarak dekat.
- Kecepatan rata-rata rendah dengan VD paling rendah 20 km/jam.
- Mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 7,5 m.
- Jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
- Jalan lokal promer yang memasuki kawasan perdesaan tidak boleh terputus.

d. Jalan Lingkungan Primer

Berfungsi sebagai penghubung antarpusat kegiatan di dalam kawasan perdesaan dan jalan di dalam lingkungan kawasan perdesaan, melayani angkutan lingkungan dengan ciri-ciri :

- Perjalanan menuji persil/rumah.
- Kecepatan rata-rata rendah dengan VD paling rendah 15 km/jam.
- Mempunyai lebar badan jalan minimal 6,5 m untuk kendaraan roda 3 atau lebih, atau lebar jalan minimal 3,5 m untuk kendaraan roda 2.
- Jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

2. Sistem Jaringan Jalan Sekunder (SJJ)

a. Jalan Arteri Sekunder

Berfungsi menghubungkan kawasan primer (KP) dengan kawasan sekunder (KS1), antar-KS1, atau KS1 dengan kawasan sekunder (KS2), ciri-ciri :

- VD paling rendah 30 km/jam.
- Lebar badan jalan paling sedikit 11 m.
- Mempunyai kapasitas yang lebih besar daripada volume lalu lintas rata-rata.
- Lalu lintas cepat tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat.
- Persimpangan sebidang diatur dengan pengaturan tertentu sesuai dengan ketentuan pada butir a, b, dan c.

b. Jalan Kolektor Sekunder

Berfungsi menghubungkan antar-KS2 atau KS2 dengan kawasan sekunder ketiga (KS3), dengan ciri-ciri:

- VD paling rendah 20 km/jam.
- Lebar badan jalan paling sedikit 9 m.
- Mempunyai kapasitas yang lebih besar daripada volume lalu lintas rata-rata.
- Lalu lintas cepat tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat.

- Persimpangan sebidang diatur dengan pengaturan tertentu sesuai dengan ketentuan pada butir a, b, dan c.

c. Jalan Lokal Sekunder

Berfungsi menghubungkan KS1 dengan perumahan, KS2 dengan perumahan, KS3 dan seterusnya sampai ke perumahan/persil, dengan ciri-ciri :

- VD paling rendah 10 km/jam.
- Lebar badan jalan paling sedikit 7,5 m.

d. Jalan Lingkungan sekunder

Berfungsi menghubungkan antarpersil dalam kawasan perkotaan, ciri-ciri:

- VD paling rendah 10 km/jam.
- Lebar badan jalan paling sedikit 6,5 m.
- Diperuntukkan bagi kendaraan bermotor beroda 3 atau lebih.
- Tidak diperuntukan bagi kendaraan bermotor beroda 3 atau lebih, harus mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 3,5 m.

2.1.5 Klasifikasi Berdasarkan Kelas Jalan

Klasifikasi jalan berdasarkan kelas jalan sesuai fungsi dan intensitas lalu lintas dikelompokkan menjadi beberapa kelas yang sesuai dengan penggunaannya seperti yang dilampirkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Klasifikasi Kelas Jalan

Kelas Jalan	**Fungsi Jalan**	**Dimensi Kendaraan**			**Muatan Sumbu Terberat (MST) ton**
		Lebar	Panjang	Tinggi	
I	Arteri, kolektor	≤ 2,55	≤ 18,0	≤ 4,2	10
II	Arteri, kolektor, local, dan lingkungan	≤ 2,55	≤ 12,0	≤ 4,2	8
III		≤ 2,2	≤ 9,0	≤ 3.5	8*)
Khusus	Arteri	≤ 2,55	≤ 18	≤ 4,2	>10

Catatan: *) dalam keadaan tertentu dapat <8 ton
sumber: Bina Marga, 2021

2.1.6 Klasifikasi Berdasarkan Medan Jalan

Klasifikasi jalan berdasarkan kondisi medan memiliki karakteristik yang ditinjau dari bentuk fisik, unsur geometrik, maupun aspek operasional penggunaan jalan, yang semuanya saling berkaitan satu sama lain. Proses perencanaan awal terhadap medan jalan didasarkan pada kondisi kemiringan yang diukur tegak lurus terhadap garis kontur, serta penentuan alinemen horizontal, vertikal, dan kecepatan rencana jalan. Pada Tabel 2.2 menunjukkan pengelompokan jenis medan jalan berdasarkan kriterianya.

Pada jalan medan datar termasuk jalan wilayah Perkotaan (dalam SJJ sekunder) dan jalan-jalan yang melayani Antarkota dan JBH (dalam SJJ Primer). Pada medan datar, jarak pandang umumnya panjang dan dapat dibuat tanpa kesulitan konstruksi maupun biaya besar. Sebaliknya, pada medan perbukitan, pemenuhan persyaratan teknis alinemen jalan menjadi lebih sulit karena kondisi lereng yang curam serta kontur tanah yang naik turun, sehingga membatasi perencanaan alinemen horizontal dan vertikal. Pada medan gunung kelandaian alinemen memanjang medan gunung lebih curam dibandingkan dengan medan bukit dan medan bukit lebih curam dari medan datar. Kelandaian yang curam padan medan gunung dan bukit mempunyai efek yang lebih besar dari medan darar dan penentuan alinemen jalan.

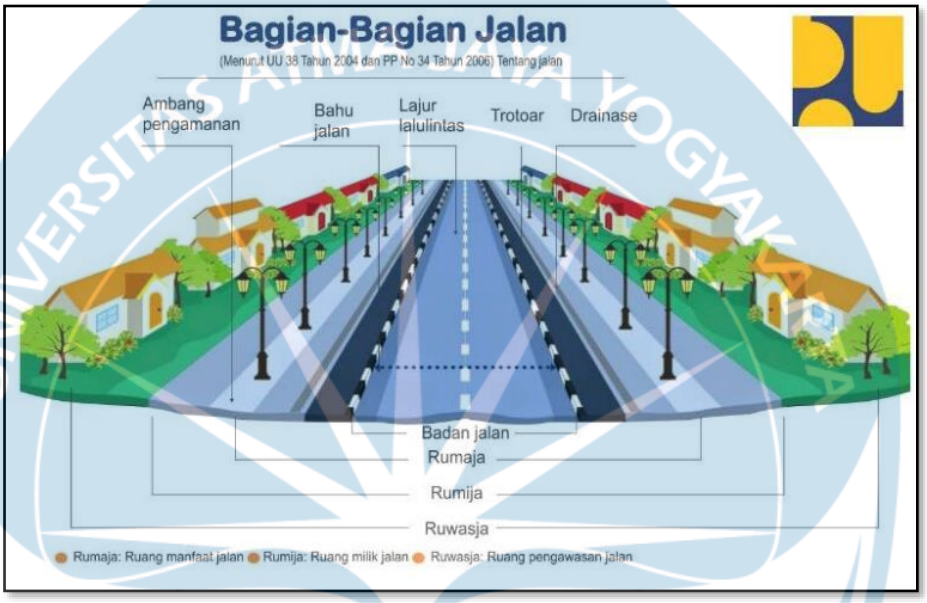
Tabel 2. 2 Klasifikasi Berdasarkan Medan Jalan

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

*Sumber: Bina Marga, 2021 Catatan: *) Nilai kemiringan medan rata-rata per 50 m dalam 1km.*

2.2 Bagian-Bagian Jalan

Bagian-bagian jalan pada Gambar 2.1 adalah bagian pada jalan yang meliputi ruang manfaat jalan (RUMAJA), ruang milik jalan (RUMIJA), dan ruang pengawasan jalan (RUWASJA).



Gambar 2. 1 Bagian-bagian Jalan

Sumber: Bina Marga, 2021

2.2.1 Ruang Manfaat jalan (RUMAJA)

Rumaja merupakan bagian jalan yang dibatasi oleh ukuran lebar, tinggi, dan kedalaman tertentu, yang mencakup badan jalan, saluran tepi jalan, ambang pengaman, serta ruang bebas jalan (Rubeja) jika diperlukan. Badan jalan meliputi jalur lalu lintas, jalur pejalan kaki, dan bahu jalan. Saluran tepi jalan berfungsi untuk mengumpulkan air hujan dari permukaan jalan dan mencegah jalan dari genangan air yang dapat mengganggu lalu lintas atau merusak infrastruktur. Sementara itu, ambang pengaman terletak di bagian tepi jalan untuk melindungi pengendara dan pejalan kaki dari bahaya atau kecelakaan dan mengurangi kemungkinan kendaraan keluar dari jalan atau menabrak objek di sekitarnya.

2.2.2 Ruang Milik Jalan (RUMIJA)

Rumija merupakan bagian pada sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi dan terletak pada bagian kiri dan kanan jalan atau lajur. Syarat lebar pada ruang milik jalan adalah sebagai berikut.

1. Jalan Bebas Hambatan (JBH) sebesar 30 meter.
2. Jalan Raya (JRY) sebesar 25 meter.
3. Jalan Sedang (JKC) sebesar 15 meter.
4. Jalan Kecil (JKC) sebesar 11 meter.

2.2.3 Ruang Pengawasan Jalan (RUWASJA)

Ruwasja merupakan bagian jalan yang meliputi ruang milik jalan dan ruang manfaat jalan yang diperuntukan bagi pandangan bebas pengemudi, serta pengamanan fungsi jalan. Ruwasja ditentukan dari tepi jalan paling sedikit:

1. Jalan arteri primer 15m.
2. Jalan kolektor primer 10m.
3. Jalan lokal primer 7m.
4. Jalan lingkungan primer 5m.
5. Jalan arteri sekunder 15m.
6. Jalan kolektor sekunder 5m.
7. Jalan lokal sekunder 3m.
8. Jalan lingkungan sekunder 2m.
9. Jembatan 100m ke arah hilir dan hulu.

2.3 Parameter Perancangan Geometrik

Berdasarkan Pedoman Bina Marga tahun 2021, dalam perencangan geometrik perlu memperhatikan parameter-parameter sebagai aspek penting untuk memastikan kelayakan dan keamanan terhadap jalan yang akan dirancang.

2.3.1 Kecepatan Desain (VD) Berdasarkaan Pengelompokan Fungsi Jalan

Dalam menyusun penetapan jenis jalan dengan kecepatan yang diizinkan merupakan kriteria utama dalam perancangan geometrik jalan dan merupakan faktor penentu keamanan terhadap laju kendaraan yang dapat dilihat melalui Tabel 2.3 dan Tabel 2.4 yang mengacu pada Pedoman Bina Marga Tahun 2021.

2.3.2 Kriteria Desain Utama

Kecepatan desain merupakan salah satu parameter terpenting dalam merancang sebuah jalan dan dapat ditentukan melalaui Gambar 2.2 dan Gambar 2.3, setelah itu dapat ditetapkan nilai-nilai desain utama melalui Tabel 2.3 yang berlaku untuk JBH. Jalan Antarkota dan Jalan Perkotaan.

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

Gambar 2. 2 Korelasi Padanan Pengelompokan Jalan SJJ Primer

Sumber: Bina Marga, 2021

SJJ	Peran meng-hubungkan	Pengelompokan fungsi Jalan	Status dan Penyelenggara jalan	Kelas jalan			SPPJ	Tipe jalan (paling kecil)	Rentang V_D, Km/Jam			Keterangan
				I	II	III			Datar	Bukit	Gunung	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
SJJ Sekunder (Jalan Perkotaan)	Jalan Tol	Jalan Arteri Sekunder	Jalan Nasional (Pemerintah Pusat)	x	-	-	JBH	4/2-T	60 - 100			kota masuk ke dalam SJJ sekunder dan klasifikasi fungsinya ditetap-kan sesuai perannya. -Khusus untuk keluarga Jalan Nasional, Jalan Provinsi, dan Jalan Kabupaten yang dipersiapkan sebagai calon Jalan Nasional, calon Jalan Provinsi, dan calon Jalan Kabupaten dikategorikan masing-masing dengan sebutan Jalan Strategis Nasional, Jalan Strategis Provinsi, dan Jalan Strategis Kabupaten.
	KP – KS1	Jalan Arteri Sekunder	Jalan Kota (Pemerintah Kota)	x	x	x	JSD	2/2-TT	30 - 60			
	KS1 – KS1			x	x	x	JSD	2/2-TT				
	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			-	-	x	JKC	2/2-TT				
	KSn – Prm			-	-	x	JLR	2/2-TT				
	Prm - Prm	Jalan Lingkungan Sekunder		-	-	x	JLR	2/2-TT	10 - 20			

Gambar 2. 3 Korelasi Padanan Pengelompokan Jalan SJJ Sekunder

Sumber: Bina Marga, 2021

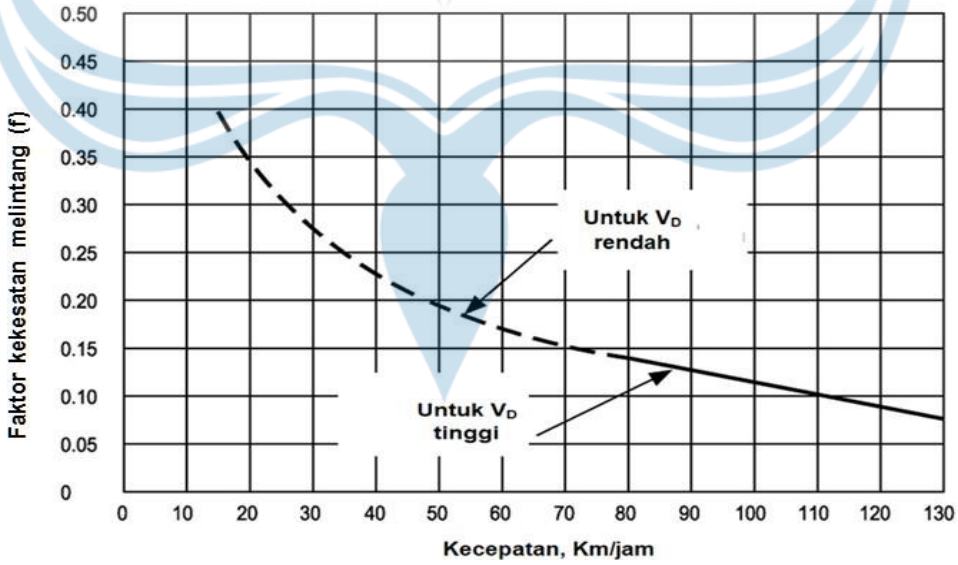
Tabel 2. 3 Kriteria Desain Utama

Elemen Kriteria Desaun Utama		JHB	Jalan antar Kota				Jalan Perkotaan
Rentang VD (km/jam) dapat dilihat pada Tabel 2.3 dan Tabel 2.4	Datar	80 - 120	15 – 100				10 - 60
	Bukit	70 - 110	15 - 90				
	Gunung	60 - 100	15 - 80				
Kelas Penggunaan Jalan		1	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)		Liat diagram faktor kekesatan melintang sebagai fungsi dari kecepatan (Gambar 2.2)					
Kekesatan memanjang		0,35 untuk MP dan 0,29 untuk Truk					
Rmin lengkung Horizontal		$\text{Rmin} = \frac{VD^2}{127\ (fmaks+emaks)}$					
Rmin lengkung Vertikal cembung		Rmin = f { VD ; K}; nilai K dapat dilihat pada Tabel 2.4, Tabel 2.5 dan Tabel 2.6					
Rmin lengkung Vertikal cekung							

2.3.3 Kekesatan Melintang

Kendaraan ketika melintasi suatu busur lingkaran horizontal akan mengalami gaya sentrifugal atau percepatan sentripertal yang bekerja menuju pusat lingkaran. Gaya sentrifugal bekerja pada pusat ”mass” kendaraan yang diakibatkan adanya superelevasi dan gaya gesek yang terjadi antara ban dan permukaan jalan. Jika gaya gesek tidak mencukupi akan menyebabkan kendaraan cenderung bergeser menyamping ke arah alinemen memanjang jalan yang disebut faktor kekesatan menyamping.

Faktor kekesatan menyamping (kekesatan melintang) dapat bervariasi terhadap kecepatan desain dari 0,18 untuk kecepatan 20 km/jam hingga 0,15 untuk kecepatan 70 km/jam. Dengan catatan untuk VD < 80 km/jam masuk dalam kategori kecepatan desain rendah dan VD > 80 km/jam adalah kecepatan desain tinggi. Nilai faktor kekesatan melintang dapat bervariasi tergantung pada jenis dan kondisi permukaan jalan, kondisi serta jenis ban, dan perilaku pengemudi yang terdapat pada Gambar 2.4 untuk digunakan dalam mendesain kurva horizontal.



Gambar 2. 4 Faktor Kekesatan Melintang (f)

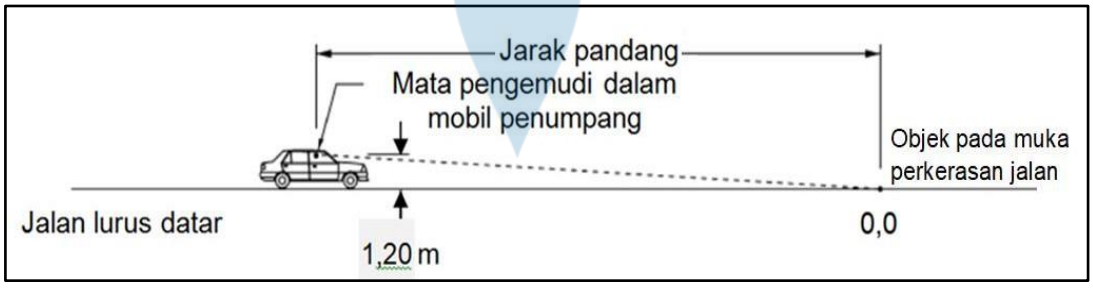
Sumber: Bina Marga, 2021

2.3.4 Jarak Pandang dan Nilai Kontrol Desain

Jarak pandang pengemudi adalah jarak yang diperlukan oleh pengemudi untuk melihat suatu halangan yang membahayakan dan dapat segera melakukan tindakan untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman yang dapat dilihat pada Gambar 2.5.

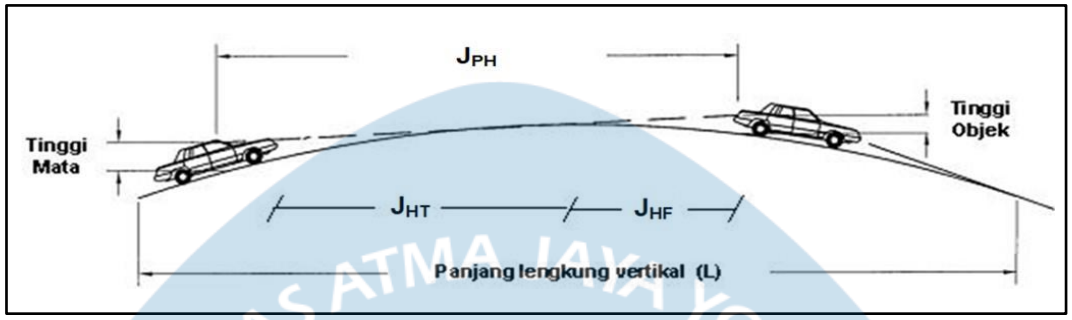
Pada lengkung vertikal cembung dan cekung, nilai Kontrol Desain (K) digunakan untuk menentukan panjang lengkung yang diperlukan untuk memastikan kenyamanan perjalanan yang dapat dilihat pada Tabel 2.4, Tabel 2.5 dan Tabel 2.6. Nilai K pada vertikal cembung dibedakan menjadi dua, yaitu nilai berdasarkan Jarak Pandang Henti (JPH) dan nilai berdasarkan Jarak Pandang Mendahului (JPM). Jarak Pandang Henti (JPH) adalah panjang jalan didepan pengemudi yang terlihat cukup panjang untuk menghentikan kendaraannya sesaat sebelum kendaraan tersebut mencapai halangan yang dapat dilihat pada Gambar 2.6. Jarak pandang mendahului (JPM) adalah panjang jalan jalan didepan pengemudi yang terlihat dan cukup panjang untuk mendahului kendaraan yang ada didepannya dengan aman yang dapat dilihat pada Gambar 2.7.

Untuk mencari nilai Rmin pada Tabel 2.3 diperlukan nilai K. Nilai K untuk lengkung vertikal cembung biasanya lebih besar daripada nilai K untuk lengkung vertikal cekung. Nilai K pada vertikal cembung dapat dilihat melalui Tabel 2.4 dan 2.5, untuk nilai K pada vertikal cekung dapat dilihat melalui Tabel 2.6.



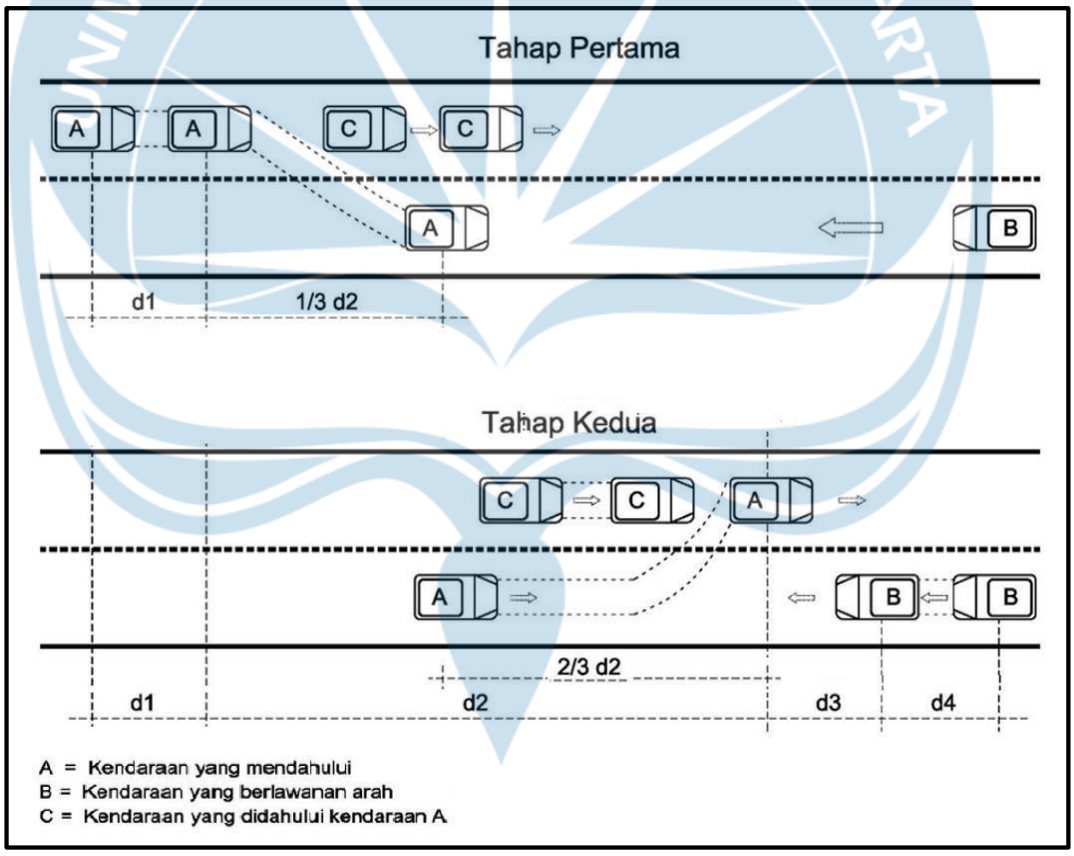
Gambar 2. 5 Jarak Pandang Pengemudi

Sumber: Bina Marga, 2021



Gambar 2. 6 Jarak Pandang Henti (JPH)

Sumber: Bina Marga, 2021



Gambar 2. 7 Jarak Pandang Mendahului (JPM)

Sumber: Bina Marga, 2021

Tabel 2. 4 Kontrol Desain (K) Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan JPH

VD (Km/jam)	JPH (m)	K
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: Bina Marga, 2021

Tabel 2. 5 Kontrol Desain (K) Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan JPM

VD (Km/jam)	JPH (m)	K
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: Bina Marga, 2021

Tabel 2. 6 Kontrol Desain (K) Lengkung Vertikal Cekung

VD (Km/jam)	JPH (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: Bina Marga, 2021

2.3.5 Lebar Lajur Lalu Lintas

Lebar lajur dapat mempengaruhi kenyamanan dan keselamantan bagi pengemudi. Desain lebar lajur lalu lintas paling kecil diatur dalam Permen Pekerjaan Umum No.19 Tahun 2011 yang ditunjukkan pada Tabel 2.7.

Tabel 2. 7 Lebar Lajur Minimum

VD (Km/Jam)		Lebar lajur lalu lintas paling kecil (m)
Kecepatan tinggi :	VD ≥ 80	3,60
Kecepatan sedang :	40 ≤ VD < 80	3,50
Kecepatan rendah :	VD < 40	2,75

Sumber: Bina Marga, 2021

2.3.6 Kemiringan Melintang Bahu Jalan

Kemiringan bahu jalan pada umumnya dibuat lebih curam dari lajur lalu lintas untuk membantu drainase pada permukaan jalan. Namum, bahu jalan terdiri dari perkerasan penuh dan diberi lapisan penutup, lerengnya bisa sama dengan perkerasan jalan di sebelahnya untuk memfasilitasi konstruksi. Pada bagian tikungan yang ber

superelevasi, kemiringan pada bahu jalan di sisi yang tinggi dan yang rendah harus sama dengan kemiringan melintang lajur lalu lintas. Berikut adalah jenis material bahu jalan terhadap kemiringan melintang bahu jalan yang dapat dilihat pada Tabel 2. 8.

Tabel 2. 8 Kemiringan Melintang Bahu Jalan

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

Sumber: Bina Marga, 2021

2.4 Alinemen Horizonal

Alinemen horizontal pada jalan merupakan serangkaian bagian-bagian jalan lurus dan melengkung yang membentuk busur lingkaran dan dihubungkan oleh lengkung peralihan atau tanpa lengkung peralihan. Alinemen horizontal dipengaruhi oleh kecepatan tempuh kendaraan dan kondisi topografi, semakin besar kecepatan kendaraan maka radius yang dibutuhkan dalam desain semakin besar agar saat di lengkungan sama dengan pada bagian lurus.

2.4.1 Panjang Bagian Alinemen yang Lurus

Panjang maksimum bagian jalan lurus harus dipertimbangakn terhadap faktor keselamatan bagi pengguna jalan, panjang maksimum berdasarkan fungsi jalan dapat dilihat pada Tabel 2. 9. Pada jalan lurus dengan kondisi pengemudi 21 mengendarai kendaraan dengan kecepatan tinggi dan tingkat konsentrasi yang tinggi akan

menimbulkan rasa kantuk dan kelelahan saat berkendara. Oleh karena itu desain alinemen jalan lurus perku mempertimbangkan beberapa hal berikut:

1. Silau sorotan lampu pada malam hari dari kendaraan yang berlawanan arah pada jarak < 3.000 m akan mengganggu pengendara lainnya.
2. Pada jarak > 2.500 m, pengemudi akan kesulitan dalam memperkirakan kecepatan kendaraan yang datang dari arah berlawanan.
3. Sinar matahari baik pagi maupun sore pada jalan dengan sumbu alinemen arah timur dan barat dapat menyilaukan mata pengemudi.

Tabel 2. 9 Panjang Bagian Alinemen Lurus

Fungsi	**Panjang Bagian Lurus Maximum**		
	Datar	**Perbukitan**	**Pegunungan**
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

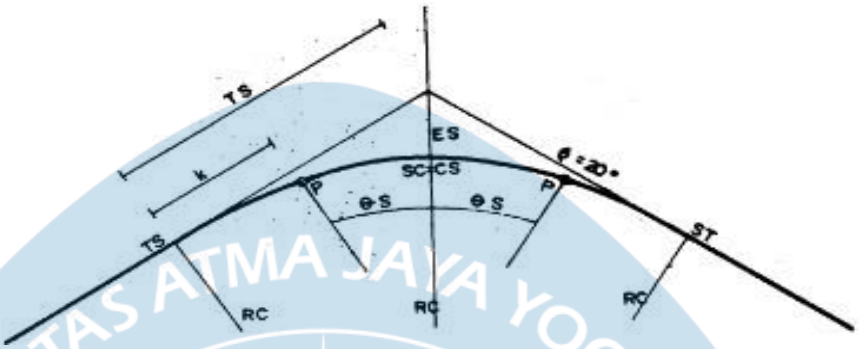
Sumber : Pedoman Bina Marga No. 038/TBM/1997

2.4.2 Desain Tikungan

Dalam mendesain sebuah tikungan perlu diperhatikan beberapa aspek seperti penomoran (*stationing*), jenis tikungan (S-S, S-C-S, FC), radius minimum dan superelevasi, jumlah lajur yang dirotasi dan memperhatikan nilai *Maximum Relative Gradient.*

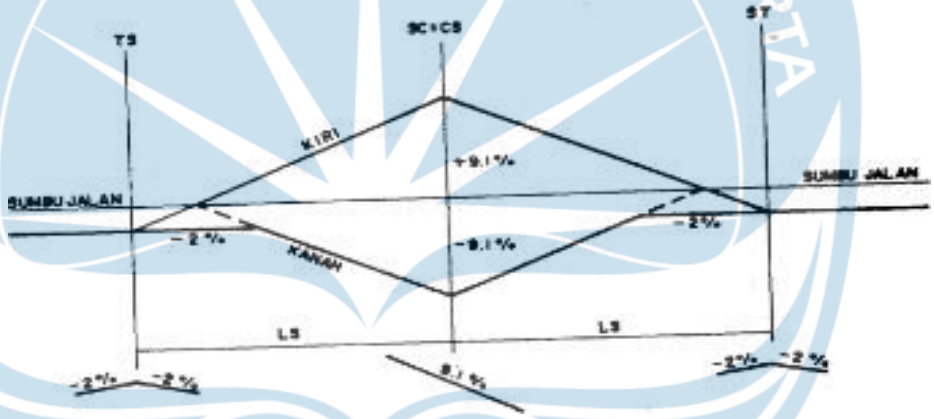
1. Jenis Tikungan
   a. Tikungan Spiral-Spiral (S-S)

      Tikungan yang terdiri atas dua lengkung spiral dan mempunyai sudut tangen (Δ) yang sangat besar. Pada lengkung ini tidak dijumpai busur lingkaran sehingga titik SC berhimpit dengan titik CS. Gambar tikungan dapat dilihat pada Gambar 2.8 dan diagram superelevasi dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 8 Tikungan Spiral-Spiral (S-S)

Sumber: Yuzaeva, DLL (2023)

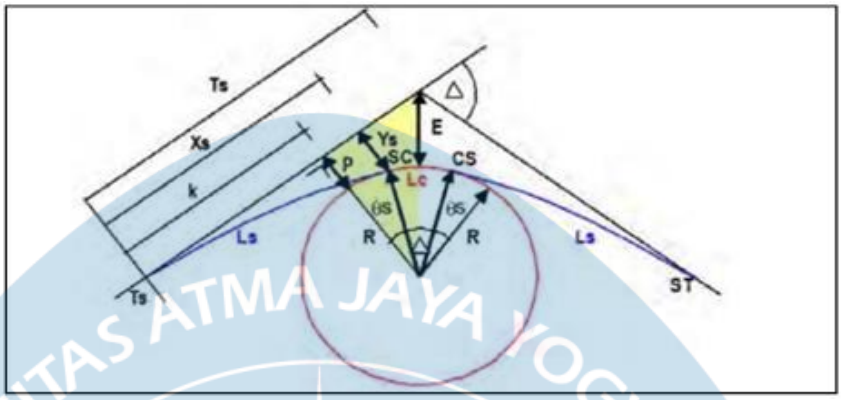


Gambar 2. 9 Diagram Superelevasi Spiral-Spiral (S-S)

Sumber: Yuzaeva, DLL (2023)

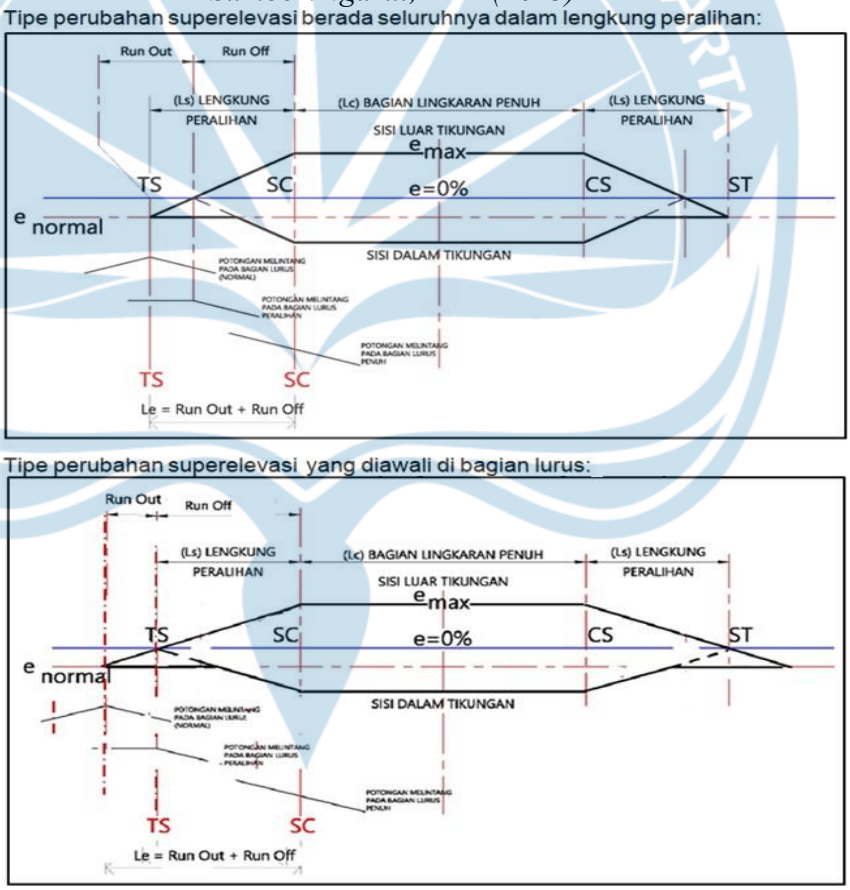
b. Tikungan Spiral-Circle-Spiral (S-C-S)

Tikungan yang terdiri atas satu lengkung circle dan dua lengkung spiral yang memiliki jari-jari serta sudut tangen (Δ) sedang dan perubahan dari Tangen ke lengkung spiral dihubungkan oleh lengkung peralihan (Ls). Tikungan ini berfungsi untuk mengantisipasi perubahan pada alinemen jalan dari lurus sampai bagian lengkung jalan berjari-jari tetap. Gambar tikungan dapat dilihat pada Gambar 2.10 dan diagram superelevasi dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2. 10 Tikungan Spiral-Circle-Spiral (S-C-S)

Sumber:Ngarut, DLL (2023)

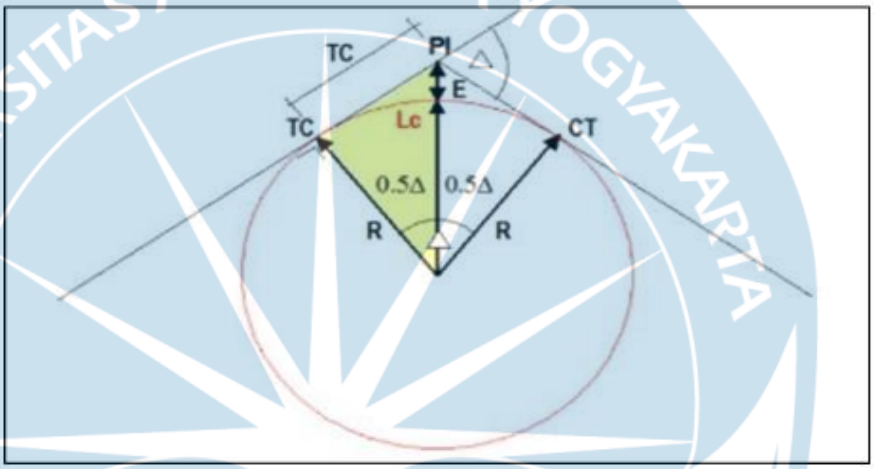


Gambar 2. 11 Diagram Superelevasi Spiral-Circle-Spiral (S-C-S)

Sumber: Bina Marga, 2021

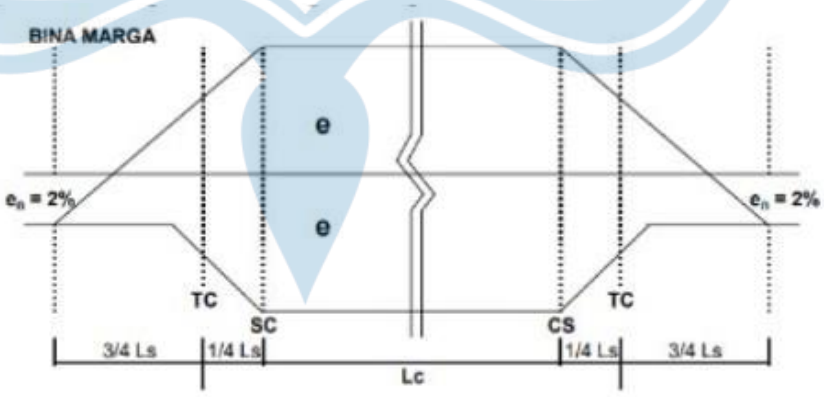
c. Tikungan Full Circle (FC)

Tikungan yang terdiri dari bagian suatu lingkaran saja, tikungan ini berbentuk busur lingkaran secara penuh dan hanya digunakan untuk jari-jari tikungan yang besar agar tidak terjadi patahan. Karena dengan jari-jari yang kecil maka memerlukan superelevasi yang besar. Gambar tikungan dapat dilihat pada Gambar 2.12 dan diagram superelevasi dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2. 12 Tikungan Full Circle (FC)

Sumber: Ngarut, DLL (2022)



Gambar 2. 13 Diagram Superelevasi Full-Circle (FC)

Sumber: Ngarut, DLL (2022)

2. Penerapan nilai superelevasi maksimum

Nilai superelevasi maksumum yang diterapkan adalah 8% untuk jalan Antarkota, Jalan Perkotaan, dan JBH (Permen PU No.19/PRT/M/2011).

3. Radius minimum atau jari-jari minimum dan Superelevasi Runoff

Dalam mendesain sebuah jalan dengan tikungan yang aman dan nyaman, diperlukan perhitungan kemiringan jalan atau superelevasi (e) dan perhitungan jari-jari minimum (R min) dari kecepetan desain (Vd) dan superelevasi (e) yang sudah ditentukan. Ketentuan dalam perancangan desain jalan dapat dilihat melalui Tabel 2.10 untuk mendapatkan nilai jari-jari, Tabel 2.11 untuk mendapatkan nilai (f), dan Tabel 2.12 untuk mendapatkan nilai (e%).

Tabel 2. 10 Penentuan Superelevasi dan Jari-jari Minimum

	V_d = 20 km/h	V_d = 30 km/h	V_d = 40 km/h	V_d = 50 km/h	V_d = 60 km/h	V_d = 70 km/h	V_d = 80 km/h	V_d = 90 km/h	V_d = 100 km/h	V_d = 110 km/h	V_d = 120 km/h	V_d = 130 km/h
e (%)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)
NC	184	443	784	1090	1490	1970	2440	2970	3630	4180	4900	5360
RC	133	322	571	791	1090	1450	1790	2190	2680	3090	3640	4000
2.2	119	288	512	711	976	1300	1620	1980	2420	2790	3290	3620
2.4	107	261	463	644	885	1190	1470	1800	2200	2550	3010	3310
2.6	97	237	421	587	808	1080	1350	1650	2020	2340	2760	3050
2.8	88	216	385	539	742	992	1240	1520	1860	2160	2550	2830
3.0	81	199	354	496	684	916	1150	1410	1730	2000	2370	2630
3.2	74	183	326	458	633	849	1060	1310	1610	1870	2220	2460
3.4	68	169	302	425	588	790	988	1220	1500	1740	2080	2310
3.6	62	156	279	395	548	738	924	1140	1410	1640	1950	2180
3.8	57	144	259	368	512	690	866	1070	1320	1540	1840	2060
4.0	52	134	241	344	479	648	813	1010	1240	1450	1740	1950
4.2	48	124	224	321	449	608	766	948	1180	1380	1650	1850
4.4	43	115	208	301	421	573	722	895	1110	1300	1570	1760
4.6	38	106	192	281	395	540	682	847	1050	1240	1490	1680
4.8	33	96	178	263	371	509	645	803	996	1180	1420	1610
5.0	30	87	163	246	349	480	611	762	947	1120	1360	1540
5.2	27	78	148	229	328	454	579	724	901	1070	1300	1480
5.4	24	71	136	213	307	429	549	689	859	1020	1250	1420
5.6	22	65	125	198	288	405	521	656	819	975	1200	1360
5.8	20	59	115	185	270	382	494	625	781	933	1150	1310
6.0	19	55	106	172	253	360	469	595	746	894	1100	1260
6.2	17	50	98	161	238	340	445	567	713	857	1060	1220
6.4	16	46	91	151	224	322	422	540	681	823	1020	1180
6.6	15	43	85	141	210	304	400	514	651	789	982	1140
6.8	14	40	79	132	198	287	379	489	620	757	948	1100
7.0	13	37	73	123	185	270	358	464	591	724	914	1070
7.2	12	34	68	115	174	254	338	440	561	691	879	1040
7.4	11	31	62	107	162	237	318	415	531	657	842	998
7.6	10	29	57	99	150	221	296	389	499	621	803	962
7.8	9	26	52	90	137	202	273	359	462	579	757	919
8.0	7	20	41	73	113	168	229	304	394	501	667	832

Sumber: AASHTO, 2011

Tabel 2. 11 Minimum Radius *Using Limiting Values of e dan f*

Metric						U.S. Customary					
Design Speed (km/h)	Maximum e (%)	Maximum f	Total (e/100 + f)	Calculated Radius (m)	Rounded Radius (m)	Design Speed (mph)	Maximum e (%)	Maximum f	Total (e/100 + f)	Calculated Radius (ft)	Rounded Radius (ft)
15	4.0	0.40	0.44	4.0	4	10	4.0	0.38	0.42	15.9	16
20	4.0	0.35	0.39	8.1	8	15	4.0	0.32	0.36	41.7	42
30	4.0	0.28	0.32	22.1	22	20	4.0	0.27	0.31	86.0	86
40	4.0	0.23	0.27	46.7	47	25	4.0	0.23	0.27	154.3	154
50	4.0	0.19	0.23	85.6	86	30	4.0	0.20	0.24	250.0	250
60	4.0	0.17	0.21	135.0	135	35	4.0	0.18	0.22	371.2	371
70	4.0	0.15	0.19	203.1	203	40	4.0	0.16	0.20	533.3	533
80	4.0	0.14	0.18	280.0	280	45	4.0	0.15	0.19	710.5	711
90	4.0	0.13	0.17	375.2	375	50	4.0	0.14	0.18	925.9	926
100	4.0	0.12	0.16	492.1	492	55	4.0	0.13	0.17	1186.3	1190
						60	4.0	0.12	0.16	1500.0	1500
15	6.0	0.40	0.46	3.9	4	10	6.0	0.38	0.44	15.2	15
20	6.0	0.35	0.41	7.7	8	15	6.0	0.32	0.38	39.5	39
30	6.0	0.28	0.34	20.8	21	20	6.0	0.27	0.33	80.8	81
40	6.0	0.23	0.29	43.4	43	25	6.0	0.23	0.29	143.7	144
50	6.0	0.19	0.25	78.7	79	30	6.0	0.20	0.26	230.8	231
60	6.0	0.17	0.23	123.2	123	35	6.0	0.18	0.24	340.3	340
70	6.0	0.15	0.21	183.7	184	40	6.0	0.16	0.22	484.8	485
80	6.0	0.14	0.20	252.0	252	45	6.0	0.15	0.21	642.9	643
90	6.0	0.13	0.19	335.7	336	50	6.0	0.14	0.20	833.3	833
100	6.0	0.12	0.18	437.4	437	55	6.0	0.13	0.19	1061.4	1060
110	6.0	0.11	0.17	560.4	560	60	6.0	0.12	0.18	1333.3	1330
120	6.0	0.09	0.15	755.9	756	65	6.0	0.11	0.17	1656.9	1660
130	6.0	0.08	0.14	950.5	951	70	6.0	0.10	0.16	2041.7	2040
						75	6.0	0.09	0.15	2500.0	2500
						80	6.0	0.08	0.14	3047.6	3050
15	8.0	0.40	0.48	3.7	4	10	8.0	0.38	0.46	14.5	14
20	8.0	0.35	0.43	7.3	7	15	8.0	0.32	0.40	37.5	38
30	8.0	0.28	0.36	19.7	20	20	8.0	0.27	0.35	76.2	76
40	8.0	0.23	0.31	40.6	41	25	8.0	0.23	0.31	134.4	134
50	8.0	0.19	0.27	72.9	73	30	8.0	0.20	0.28	214.3	214
60	8.0	0.17	0.25	113.4	113	35	8.0	0.18	0.26	314.1	314
70	8.0	0.15	0.23	167.8	168	40	8.0	0.16	0.24	444.4	444
80	8.0	0.14	0.22	229.1	229	45	8.0	0.15	0.23	587.0	587
90	8.0	0.13	0.21	303.7	304	50	8.0	0.14	0.22	757.6	758
100	8.0	0.12	0.20	393.7	394	55	8.0	0.13	0.21	960.3	960
110	8.0	0.11	0.19	501.5	501	60	8.0	0.12	0.20	1200.0	1200
120	8.0	0.09	0.17	667.0	667	65	8.0	0.11	0.19	1487.5	1480
130	8.0	0.08	0.16	831.7	832	70	8.0	0.10	0.18	1814.8	1810
						75	8.0	0.09	0.17	2205.9	2210
						80	8.0	0.08	0.16	2666.7	2670
15	10.0	0.40	0.50	3.5	4	10	10.0	0.38	0.48	13.9	14
20	10.0	0.35	0.45	7.0	7	15	10.0	0.32	0.42	35.7	36
30	10.0	0.28	0.38	18.6	19	20	10.0	0.27	0.37	72.1	72
40	10.0	0.23	0.33	38.2	38	25	10.0	0.23	0.33	126.3	126
50	10.0	0.19	0.29	67.9	68	30	10.0	0.20	0.30	200.0	200
60	10.0	0.17	0.27	105.0	105	35	10.0	0.18	0.28	291.7	292
70	10.0	0.15	0.25	154.3	154	40	10.0	0.16	0.26	410.3	410
80	10.0	0.14	0.24	210.0	210	45	10.0	0.15	0.25	540.0	540
90	10.0	0.13	0.23	277.3	277	50	10.0	0.14	0.24	694.4	694
100	10.0	0.12	0.22	357.9	358	55	10.0	0.13	0.23	876.8	877
110	10.0	0.11	0.21	453.7	454	60	10.0	0.12	0.22	1090.9	1090
120	10.0	0.09	0.19	596.8	597	65	10.0	0.11	0.21	1341.3	1340
130	10.0	0.08	0.18	739.3	739	70	10.0	0.10	0.20	1633.3	1630
						75	10.0	0.09	0.19	1973.7	1970
						80	10.0	0.08	0.18	2370.4	2370
15	12.0	0.40	0.52	3.4	3	10	12.0	0.38	0.50	13.3	13
20	12.0	0.35	0.47	6.7	7	15	12.0	0.32	0.44	34.1	34
30	12.0	0.28	0.40	17.7	18	20	12.0	0.27	0.39	68.4	68
40	12.0	0.23	0.35	36.0	36	25	12.0	0.23	0.35	119.0	119
50	12.0	0.19	0.31	63.5	64	30	12.0	0.20	0.32	187.5	188
60	12.0	0.17	0.29	97.7	98	35	12.0	0.18	0.30	272.2	272
70	12.0	0.15	0.27	142.9	143	40	12.0	0.16	0.28	381.0	381
80	12.0	0.14	0.26	193.8	194	45	12.0	0.15	0.27	500.0	500
90	12.0	0.13	0.25	255.1	255	50	12.0	0.14	0.26	641.0	641
100	12.0	0.12	0.24	328.1	328	55	12.0	0.13	0.25	806.7	807
110	12.0	0.11	0.23	414.2	414	60	12.0	0.12	0.24	1000.0	1000
120	12.0	0.09	0.21	539.9	540	65	12.0	0.11	0.23	1224.6	1220
130	12.0	0.08	0.20	665.4	665	70	12.0	0.10	0.22	1484.8	1480
						75	12.0	0.09	0.21	1785.7	1790
						80	12.0	0.08	0.20	2133.3	2130

Note: In recognition of safety considerations, use of e_{max} = 4.0% should be limited to urban conditions.

Sumber: AASHTO, 2011

Tabel 2. 12 *Superelevation Runoff Lr (m) for Horizontal Curves*

Metric																										
	V_d= 20 km/h		V_d= 30 km/h		V_d= 40 km/h		V_d= 50 km/h		V_d= 60 km/h		V_d= 70 km/h		V_d= 80 km/h		V_d= 90 km/h		V_d= 100 km/h		V_d= 110 km/h		V_d= 120 km/h		V_d= 130 km/h	
	Number of Lanes Rotated. Note that 1 lane rotated is typical for a 2-lane highway, 2 lanes rotated is typical for a 4-lane highway, etc. (See Table 3-16.)																							
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
e (%)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)
1.5	7	10	7	11	8	12	8	13	9	14	10	15	11	16	12	17	12	18	13	20	14	21	15	23
2.0	9	14	10	14	10	15	11	17	12	18	13	20	14	22	15	23	16	25	18	26	19	28	21	31
2.2	10	15	11	16	11	17	12	18	13	20	14	22	16	24	17	25	18	27	19	29	21	31	23	34
2.4	11	16	12	17	12	19	13	20	14	22	16	24	17	26	18	28	20	29	21	32	23	34	25	37
2.6	12	18	12	19	13	20	14	22	16	23	17	26	19	28	20	30	21	32	23	34	25	37	27	40
2.8	13	19	13	20	14	22	16	23	17	25	18	27	20	30	21	32	23	34	25	37	27	40	29	43
3.0	14	20	14	22	15	23	17	25	18	27	20	29	22	32	23	34	25	37	26	40	28	43	31	46
3.2	14	22	15	23	16	25	18	27	19	29	21	31	23	35	25	37	26	39	28	42	30	45	33	49
3.4	15	23	16	24	17	26	19	28	20	31	22	33	24	37	26	39	28	42	30	45	32	48	35	52
3.6	16	24	17	26	19	28	20	30	22	32	24	35	26	39	28	41	29	44	32	47	34	51	37	56
3.8	17	26	18	27	20	29	21	32	23	34	25	37	27	41	29	44	31	47	33	50	36	54	39	59
4.0	18	27	19	29	21	31	22	33	24	36	26	39	29	43	31	46	33	49	35	53	38	57	41	62
4.2	19	28	20	30	22	32	23	35	25	38	27	41	30	45	32	48	34	52	37	55	40	60	43	65
4.4	20	30	21	32	23	34	24	37	26	40	29	43	32	48	34	51	36	54	39	58	42	63	45	68
4.6	21	31	22	33	24	35	25	38	28	41	30	45	33	50	35	53	38	56	40	61	44	65	47	71
4.8	22	32	23	35	25	37	27	40	29	43	31	47	35	52	37	55	39	59	42	63	45	68	49	74
5.0	23	34	24	36	26	39	28	42	30	45	33	49	36	54	38	57	41	61	44	66	47	71	51	77
5.2	23	35	25	37	27	40	29	43	31	47	34	51	37	56	40	60	43	64	46	68	49	74	53	80
5.4	24	36	26	39	28	42	30	45	32	49	35	53	39	58	41	62	44	66	47	71	51	77	56	83
5.6	25	38	27	40	29	43	31	47	34	50	37	55	40	60	43	64	46	69	49	74	53	80	58	86
5.8	26	39	28	42	30	45	32	48	35	52	38	57	42	63	44	67	47	71	51	76	55	82	60	89
6.0	27	41	29	43	31	46	33	50	36	54	39	59	43	65	46	69	49	74	53	79	57	85	62	93
6.2	28	42	30	45	32	48	34	52	37	56	41	61	45	67	47	71	51	76	54	82	59	88	64	96
6.4	29	43	31	46	33	49	35	53	38	58	42	63	46	69	49	74	52	79	56	84	61	91	66	99
6.6	30	45	32	48	34	51	37	55	40	59	43	65	48	71	51	76	54	81	58	87	63	94	68	102
6.8	31	46	33	49	35	52	38	56	41	61	45	67	49	73	52	78	56	83	60	90	64	97	70	105
7.0	31	47	34	50	36	54	39	58	42	63	46	69	50	76	54	80	57	86	61	92	66	99	72	108
7.2	32	49	35	52	37	56	40	60	43	65	47	71	52	78	55	83	59	88	63	95	68	102	74	111
7.4	33	50	36	53	38	57	41	61	44	67	48	73	53	80	57	85	61	91	65	97	70	105	76	114
7.6	34	51	36	55	39	59	42	63	46	68	50	75	55	82	58	87	62	93	67	100	72	108	78	117
7.8	35	53	37	56	40	60	43	65	47	70	51	77	56	84	60	90	64	96	68	103	74	111	80	120
8.0	36	54	38	58	41	62	44	66	48	72	52	79	58	86	61	92	65	98	70	105	76	114	82	123
8.2	37	55	39	59	42	63	45	68	49	74	54	81	59	89	63	94	67	101	72	108	78	117	84	127
8.4	38	57	40	60	43	65	47	70	50	76	55	82	60	91	64	97	69	103	74	111	80	119	86	130
8.6	39	58	41	62	44	66	48	71	52	77	56	84	62	93	66	99	70	106	76	113	81	122	88	133
8.8	40	59	42	63	45	68	49	73	53	79	58	86	63	95	67	101	72	108	77	116	83	125	91	136
9.0	40	61	43	65	46	69	50	75	54	81	59	88	65	97	69	103	74	110	79	119	85	128	93	139
9.2	41	62	44	66	47	71	51	76	55	83	60	90	66	99	70	106	75	113	81	121	87	131	95	142
9.4	42	63	45	68	48	73	52	78	56	85	62	92	68	102	72	108	77	115	83	124	89	134	97	145
9.6	43	65	46	69	49	74	53	80	58	86	63	94	69	104	74	110	79	118	84	126	91	136	99	148
9.8	44	66	47	71	50	76	54	81	59	88	64	96	71	106	75	113	80	120	86	129	93	139	101	151
10.0	45	68	48	72	51	77	55	83	60	90	65	98	72	108	77	115	82	123	88	132	95	142	103	154
10.2	46	69	49	73	52	79	56	85	61	92	67	100	73	110	78	117	83	125	90	134	97	145	105	157
10.4	47	70	50	75	53	80	58	86	62	94	68	102	75	112	80	119	85	128	91	137	99	148	107	160
10.6	48	72	51	76	55	82	59	88	64	95	69	104	76	114	81	122	87	130	93	140	100	151	109	164
10.8	49	73	52	78	56	83	60	90	65	97	71	106	78	117	83	124	88	133	95	142	102	153	111	167
11.0	50	74	53	79	57	85	61	91	66	99	72	108	79	119	84	126	90	135	97	145	104	156	113	170
11.2	50	76	54	81	58	86	62	93	67	101	73	110	81	121	86	129	92	137	98	148	106	159	115	173
11.4	51	77	55	82	59	88	63	95	68	103	75	112	82	123	87	131	93	140	100	150	108	162	117	176
11.6	52	78	56	84	60	89	64	96	70	104	76	114	84	125	89	133	95	142	102	153	110	165	119	179
11.8	53	80	57	85	61	91	65	98	71	106	77	116	85	127	90	136	97	145	104	155	112	168	121	182
12.0	54	81	58	86	62	93	66	100	72	108	79	118	86	130	92	138	98	147	105	158	114	171	123	185

Sumber: AASHO, 2011

4. Jumlah lajur yang akan dirotasi

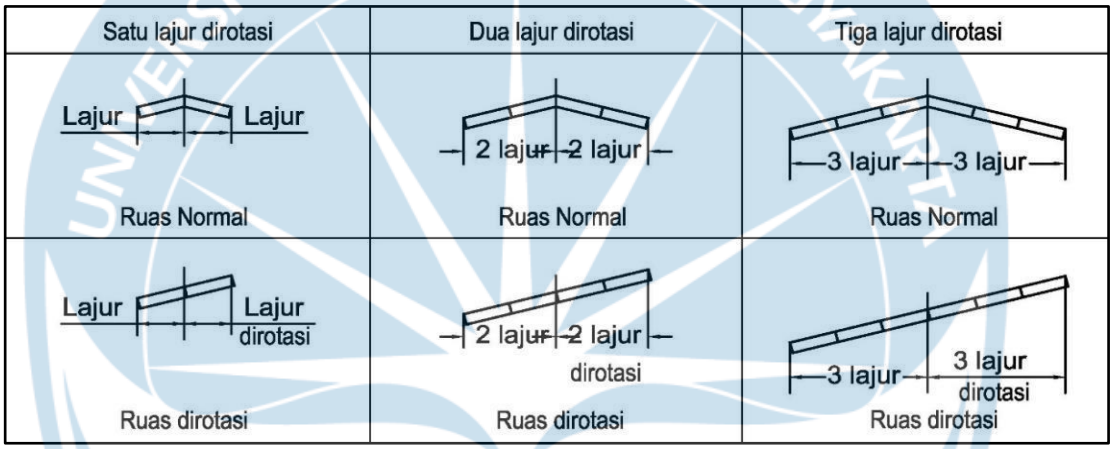
Jika ada jalur yang akan dirotasi, maka faktor-faktor penyesuaian harus diterapkan pada lajur-lajur yang akan dirotasi. Berikut adalah faktor-faktor penyesuaian pada Tabel 2.13, Gambar 2.14 dan Tabel 2.14:

Tabel 2. 13 Faktor Penyesuaian untuk Jumlah Lajur Rotasi

Jumlah Lajur Rotasi n1	**Faktor Penyesuaian bw *)**	**Kenaikan panjang relatif teradap rotasi suatu jalur (n1 bw)**
1,0	1,00	1,00
1,5	083	1,25
2,0	0,75	1,50

Jumlah Lajur Rotasi n1	Faktor Penyesuaian bw *)	Kenaikan panjang relatif teradap rotasi suatu jalur (n1 bw)
2,5	0,70	1,75
3,0	0,67	2,00
3,5	0,64	2,25

Sumber: Bina Marga, 2021



Gambar 2. 14 Faktor Penyesuaian Jumlah Lajur Dirotasi

Sumber: Bina Marga, 2021

5. *Maximum Relative Gradients*

Maximum Relative Gradients adalah batas maksimum perbedaan kemiringan melintang antara lajur yang dirotasi dan yang tidak dirotasi pada bagian tikungan jalan. Nilai ini ditetapkan untuk menjaga kenyamanan dan keselamatan pengemudi saat melewati peralihan superelevasi, serta untuk mencegah perubahan kemiringan yang terlalu tajam dan lajur.

Tabel 2. 14 *Maximum Relative Gradient*

Metric			U.S. Customary		
Design Speed (km/h)	Maximum Relative Gradient (%)	Equivalent Maximum Relative Slope	Design Speed (mph)	Maximum Relative Gradient (%)	Equivalent Maximum Relative Slope
20	0.80	1:125	15	0.78	1:128
30	0.75	1:133	20	0.74	1:135
40	0.70	1:143	25	0.70	1:143
50	0.65	1:154	30	0.66	1:152
60	0.60	1:167	35	0.62	1:161
70	0.55	1:182	40	0.58	1:172
80	0.50	1:200	45	0.54	1:185
90	0.47	1:213	50	0.50	1:200
100	0.44	1:227	55	0.47	1:213
110	0.41	1:244	60	0.45	1:222
120	0.38	1:263	65	0.43	1:233
130	0.35	1:286	70	0.40	1:250
			75	0.38	1:263
			80	0.35	1:286

Sumber: AASHTO, 2011

2.5 Alinemen Vertikal

Alinemen vertikal adalah profil memanjang yang terbentuk dari serangkaian dengan kelandaian memanjang dan lengkung vertikal. Desain alinemen vertikal tergantung pada topografi, desain alinemen horizontal, kriteria desain jalan, pekerjaan tanah dan aspek lainnya. Topografi terbagi menjadi tiga kategori, yaitu : datar, bukit, dan gunung. Pada desain Tugas Akhir Perancangan Infrastuktur 1 ini berada pada kategori bukit.

Dalam pembuatan alinemen vertikal perlu memperhatikan kontrol desain jalan yang memuat hal-hal yang harus diperhatikan dalam desain alinemen vertikal, yakni :

a. Topografi eksisting.
b. Kondisi geoteknis. Berdasarkan status, jalan dapat berupa jalan nasional, provinsi, kabupaten/kota, dan desa, yang masing-masing memiliki wewenang pengelolaan berbeda.
c. Persimpangan eksisting.
d. Jalur masuk properti.
e. *Overpass* (ruang bebas vertikal, jarak pandang, dan pelapisan ulang).
f. *Underpass*.
g. Akses pejalan kaki.
h. Aset pelayanan utilitas dan persyaratan perlindungannya.
i. Bukaan median.

Desain harus memperhatikan dampak profil melintang badan jalan yang berbatasan atau memotong jalan yang bisa mempengaruhi desain geometrik vertikal, khususnya ketika mempertimbangkan drainase, dan juga perubahan- perubahan dalam:

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

2.5.1 Kelandaian Memanjang Minimum

Jalan dengan kelandaian datar dan tanpa menggunakan kerb akan memberikan drainase permukaan yang baik dengan kelandaian minimum yang pantas sebesar 0,3% yang dapat dilihat melalui Tabel 2.15. Akan tetapi, drainase pada tepi jalan dan median memerlukan kelandaian lebih curam daripada kelandaian pada jalan agar bisa mengalirkan air dengan baik.

Tabel 2. 15 Kelandaian Memanjang Minimum

Lokasi	Kelandaian Minimum
Jalan dengan kerb dan saluran	1,0 % (ideal) 0.5 % (minimum)
Jalan pada derah galian : Saluran tanah Saluran pasangan	 0,5 % 0,3 %
Jalan tanpa kerb dan saluran, Bukan daerah galian	0 %
Saluran Pasangan	0,3 %
Jalan tanpa kerb dan saluran, bukan daerah galian	0 %

Sumber: Bina Marga, 2021

2.5.2 Kelandaian Memanjang Maksimum

Mengacu pada Pemen PU No. 19/PRT/M/2011, kelandaian maksimum ditetapkan dan dapat dilihat melalui Tabel 2.16 dengan memberikan spesifikasi penyediaan prasarana jalan dengan jenis medan yang berbeda.

Tabel 2. 16 Kelandaian Memanjang 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: Bina Marga, 2021

2.5.3 Dasar Untuk Investigasi

Turunan yang panjang berpotensi menyebabkan kehilangan daya pengereman untuk kendaraan. Oleh karena itu perlu dipertimbangkan penanganan yang dapat

mengurangi risiko kehilangan kendali tersebut. Bentuk penanganan yang diberikan adalah penyesuaian jarak panjang terhadap kelandaian yang dapat dilihat pada Tabel 2.17.

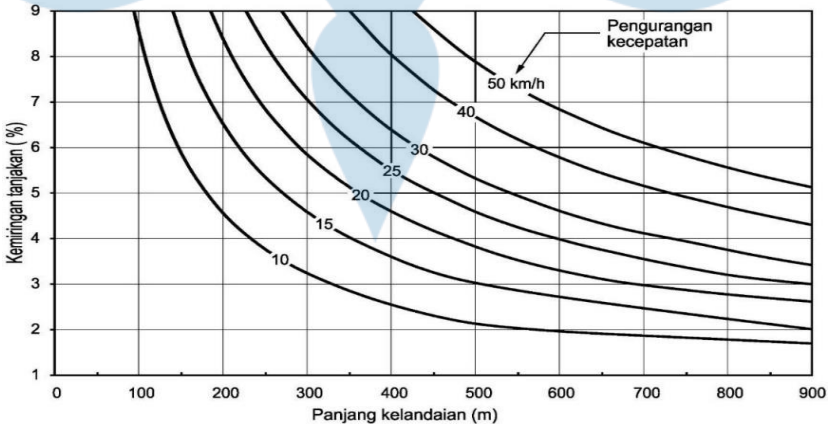
Tabel 2. 17 Dasar tipikal untuk analisa kendaraan kehilangan kendali

Kelandaian (%)	Panjang Menerus Minimum (Km)
-3	8,0
-5	3,1
-7	1,9
-9	1,4
-12	1,0

Sumber: Bina Marga, 2021

2.5.4 Panjang Kelandaian Kritis

Panjang kelandaian kritis merupakan panjang maksimum pada tanjakan dimana truk bermuatan dapat beroperasi tanpa pengurangan kecepatan berlebih. Direkomendasikan untuk menggunakan panjang kelandaian kritis agar pengurangan kecepatan truk sebesar 15 s.d. 25 km/jam. Panjang kelandaian dapat dilihat pada Gambar 2.15. Pada Tabel 2.18 dapat disajikan ringkasan panjang kelandaian kritis berdasarkan penurunan kecepatan 25 km/jam.



Gambar 2. 15 Panjang Kelandaian Kritis

Sumber:BinaMarga, 2021

Tabel 2. 18 Panjang Kelandaian Kritis

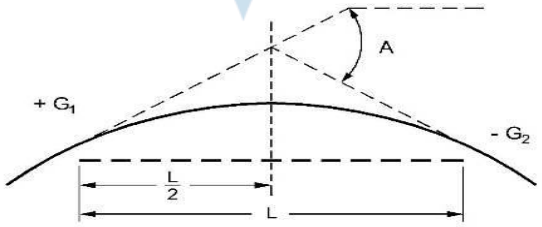
Kelandaian memanjang (%)	Panjang kelandaian kritis (m)
4	600
5	450
6	350
7	300
8	250
9	230
>10	200

Sumber: Bina Marga, 2021

2.5.5 Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal jalan pada Gambar 2.16 terdiri dari serangkaian kelandaian memanjang dengan lengkung vertikal yang berupa lengkung vertikal cembung dan lengkung vertikal cekung. Alinemen vertikal hendaknya mengikuti medan alami untuk memberikan kenyamanan dan keamanan bagi pengguna jalan dengan memperhatikan keseimbangan pekerjaan tanah, penampilan, keselamatan, drainase, dan kelengkungan vertikal maksimum dan minimum (nilai K). Tiga faktor pengendali nilai lengkung vertikal (K), yakni :

a. Jarak pandang sebagai persyaratan dalam semua atau segala situasi untuk keselamatan pengemudi.
b. Penampilan yang diperlukan pada situasi timbunan rendah dan topografi datar.
c. Kenyamanan dalam berkendara.



Gambar 2. 16 Lengkung Vertikal

2.6 Pekerjaan Tanah

Dalam perancangan jalan, terdapat pekerjaan menjadi bagian penting dalam konstruksi, yang mencakup penggalian dan penimbunan. Untuk mengetahui besar volume galian dan timbunan pada saat perancangan jalan dapat diketahui dengan cara:

1. Menentukan trase jalan atau jarak antar stationing untuk mendapatkan panjang horizontal dari alinemen horizontal.
2. Menggambarkan alinemen *vertical* atau profil memanjang untuk dapat memperlihatkan perbedaan tinggi muka tanah asli dengan rencana.
3. Menggambar potongan melintang pada titik stationing untuk mendapatkan luas galian dan timbunan.
4. Setelah itu volume galian dan timbunan dapat dihitung.

2.7 *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

2.7.1 Pengertian AHP

Analytical Hierarchy Process (AHP) adalah metode yang digunakan untuk mengevaluasi dan membantu pengambilan keputusan yang melibatkan banyak kriteria. Metode ini bekerja dengan membandingkan berbagai alternatif berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan, kemudian memberikan nilai atau bobot relatif pada masing-masing alternatif. AHP memungkinkan penggabungan aspek subjektif dan objektif dalam proses pengambilan keputusan, sehingga dapat membantu mengidentifikasi faktor-faktor yang paling berpengaruh dalam kondisi yang kompleks.

Metode AHP dikembangkan pada tahun 1970-an oleh Thomas L. Saaty, seorang profesor di bidang ilmu manajemen di Universitas Pittsburgh. Ia memberikan banyak kontribusi dalam pengembangan AHP melalui berbagai publikasi, baik berupa buku maupun artikel yang membahas konsep serta penerapan metode ini di berbagai bidang. Selain itu, ia juga mendirikan *International Journal of the Analytic Hierarchy Process* serta *Institute for the Analytic Hierarchy Process*. Sebagai salah satu tokoh utama

dalam pengembangan AHP, kontribusinya dalam bidang pengambilan keputusan multi-kriteria sangat signifikan.

Metode AHP tidak hanya dimanfaatkan oleh lembaga pemerintah maupun sektor swasta, tetapi juga dapat diterapkan pada tingkat individu, khususnya dalam penelitian yang berkaitan dengan kebijakan atau penentuan strategi prioritas. AHP dinilai andal karena proses penetapan prioritas dilakukan dengan membandingkan berbagai alternatif yang telah diuraikan ke dalam struktur yang tersusun secara sistematis. Dengan demikian, penentuan prioritas dilakukan melalui proses yang terstruktur *(hierarchical)* dan logis.

Pada dasarnya, AHP digunakan untuk menyelesaikan masalah yang kompleks dengan menyusun hierarki kriteria yang kemudian dinilai secara subjektif oleh pihak-pihak terkait. Selanjutnya, berbagai pertimbangan tersebut diolah untuk menghasilkan bobot atau tingkat prioritas yang dapat dijadikan dasar dalam pengambilan keputusan yang lebih efektif dan rasional.

Tahapan-tahapan pengambilan keputusan dalam metode AHP pada dasarnya adalah sebagai berikut :

1. Menentukan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan.
2. Membuat struktur hirarki yang diawali dengan tujuan umum, dilanjutkan dengan kriteria-kriteria dan alternaif-alternatif pilihan yang ingin dirangking.
3. Menyusun matriks perbandingan berpasangan yang menunjukkan kontribusi atau pengaruh relatif setiap elemen terhadap tujuan atau kriteria pada tingkat di atasnya. Proses perbandingan ini dilakukan berdasarkan penilaian (judgement) dari pengambil keputusan dengan menentukan tingkat kepentingan suatu elemen dibandingkan dengan elemen lainnya.
4. Menormalkan data yaitu dengan membagi nilai dari setiap elemen di dalam matriks yang berpasangan dengan nilai total dari setiap kolom.

5. Menghitung nilai eigen *vector* dan menguji konsistensinya. Apabila hasilnya tidak konsisten maka pengambilan data (preferensi) perlu diulangi. Nilai eigen *vector* yang dimaksud adalah nilai eigen *vector* maksimum yang diperoleh dengan menggunakan matlab maupun dengan manual.
6. Mengulangi langkah 3, 4, dan 5 untuk seluruh tingkat hirarki.
7. Menghitung eigen *vector* dari setiap matriks perbandingan berpasangan. Nilai eigen *vector* merupakan bobot setiap elemen. Langkah ini untuk mensintesis pilihan dalam penentuan prioritas elemen-elemen pada tingkat hirarki terendah sampai pencapaian tujuan.
8. Menguji konsistensi hirarki. Jika tidak memenuhi dengan CR< 0, 100 maka penilaian harus diulang kembali.

2.7.2 Prinsip Dasar AHP

Dalam menyelesaikan permasalahan menggunakan metode AHP, terdapat beberapa prinsip dasar yang perlu dipahami, di antaranya:

1. Dekomposisi *(Decomposition)*

   Dekomposisi adalah proses menguraikan suatu permasalahan yang kompleks menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dalam bentuk hierarki proses pengambilan keputusan, di mana setiap elemen saling berkaitan. Struktur hierarki dalam pengambilan keputusan dapat dikategorikan menjadi *complete* dan *incomplete*. Hierarki keputusan *complete* terjadi ketika setiap elemen pada suatu tingkat memiliki hubungan dengan semua elemen di tingkat berikutnya. Hierarki keputusan *incomplete* merupakan kebalikan dari hierarki *complete,* di mana tidak semua elemen pada suatu tingkat memiliki keterkaitan dengan elemen di tingkat selanjutnya. Bentuk struktur dekomposisi yaitu:

   Tingkat pertama : Tujuan keputusan (Goal)
   Tingkat kedua : Kriteria—kriteria
   Tingkat ketiga : Alternatif—alternatif

2. *Comparative Judgement*

Comparative Judgement adalah proses penilaian yang dilakukan berdasarkan kepentingan relatif antara dua elemen pada suatu tingkat tertentu dalam kaitannya dengan tingkat di atasnya. Prinsip ini merupakan inti dari metode AHP karena berpengaruh terhadap urutan prioritas setiap elemen. Hasil dari *Comparative Judgement* ditampilkan dalam bentuk matriks *pairwise comparisons* atau matriks perbandingan berpasangan. Matriks ini menunjukkan tingkat preferensi beberapa alternatif untuk setiap kriteria. Skala preferensi yang digunakan berkisar dari, skala 1, yang menunjukkan tingkat kepentingan yang paling rendah (*equal importance*). Skala 9, yang menunjukkan tingkat kepentingan yang paling tinggi (*extreme importance*).

3. *Synthesis of Priority*

Synthesis of Priority dilakukan dengan menggunakan metode eigen *vector* untuk menentukan bobot relatif dari setiap elemen dalam pengambilan keputusan.

4. *Logical Consistency*

Logical Consistency dilakukan dengan menggabungkan seluruh eigen *vector* yang diperoleh dari berbagai tingkat hierarki. Proses ini menghasilkan vektor komposit tertimbang, yang digunakan untuk menentukan urutan akhir dalam pengambilan keputusan.

5. Penyusunan Prioritas

Setiap elemen dalam hierarki perlu ditentukan bobot relatifnya untuk mengetahui tingkat kepentingan masing-masing, baik terhadap kriteria maupun terhadap keseluruhan sistem. Tahap awal dalam penentuan prioritas kriteria dilakukan melalui perbandingan berpasangan, yaitu dengan membandingkan setiap kriteria secara berpasangan dalam setiap subsistem hierarki. Hasil perbandingan tersebut kemudian disusun dalam bentuk matriks perbandingan berpasangan yang selanjutnya digunakan dalam analisis secara numerik. Sebagai contoh, jika terdapat suatu subsistem hierarki dengan kriteria C dan sejumlah n

alternatif di bawahnya, yakni A_1 hingga A_n, maka perbandingan antar alternatif dalam subsistem hierarki tersebut dapat disusun dalam bentuk matriks n × n, seperti yang ditampilkan dalam Tabel 2.19 berikut:

Tabel 2. 19 Matriks Perbandingan Berpasangan

C	A_1	A_2	...	A_n
A_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}
...	....	...	...	...
A_m	a_{ml}	a_{m2}	...	a_m

Sumber: Saaty (1993)
*Nilai a11, a22,… amn adalah nilai perbandingan elemen baris Al terhadap kolom Al yang menyatakan hubungan:
1. Seberapa jauh tingkat kepentingan baris A terhadap kriteria C dibandingkan dengan kolom Al
2. Seberapa jauh dominasi baris Al terhadap kolom Al atau
3. Seberapa banyak sifat kriteria C terdapat pada baris Al dibandingkan dengan kolom Al.

Nilai numerik yang digunakan dalam setiap perbandingan diperoleh berdasarkan skala perbandingan 1 hingga 9 yang telah ditetapkan oleh Saaty (1993). Skala ini digunakan untuk mengukur tingkat kepentingan relatif antara dua elemen dalam proses *pairwise comparison*. Secara umum, skala perbandingan yang dikembangkan oleh Saaty (1993) memiliki rentang yang dapat dilihat pada Tabel 2.20 berikut.

Tabel 2. 20 Skala Penilaian Perbandingan Berpasangan

Tingkat Kepentingan	**Definisi**	**Keterangan**
2	Sama pentingnya	Kedua elemen mempunyai pengaruh yang sama
3	Sedikit lebih penting	Pengalaman dan penilaian sangat memihak satu elemen dibandingkan dengam pasangannya

Tingkat Kepentingan	Definisi	Keterangan
5	Lebih penting	Satu elemen sangat disukai dan secara praktis dominasinya nyata, dibandingkan dengan elemen pasangannya
7	Sangat penting	Satu elemen sangat disukai dan secara praktis dominasinya sangat nyata, dibandingkan dengan elemen pasangannya
9	Mutlak lebih penting	Satu elemen mutlak lebih disukai dibandingkan dengan pasangannya, pada ringkat keyakinan tertinggi
2,4,6,8	Nilai-nilai tengah diantara dua pendapat yang berdampingan	Nilai- nilai ini diperlukan suatu kompromi
Kebalikan	Jika elemen i memiliki salah satu angka diatas ketika dibandingkan elemen j, maka j memiliki kebalikannya ketika dibanding elemen i	

Sumber: Saaty (1993)

Seorang pengambil keputusan melakukan penilaian dengan mempertimbangkan persepsi atau perkiraan terhadap kemungkinan suatu kondisi atau peristiwa yang dihadapi. Hasil penilaian tersebut kemudian dituangkan ke dalam bentuk matriks perbandingan berpasangan pada setiap tingkat dalam hierarki keputusan. Berikut ini adalah contoh *Pairwise Comparison Matrix* pada salah satu tingkat hierarki dapat dilihat pada Tabel 2.21 berikut:

Tabel 2. 21 Contoh Matriks Perbandingan Berpasangan

	D	E	F	G
D	1	3	7	9
E	1/3	1	1/4	1/8
F	1/7	4	1	5
G	1/9	8	1/5	1

Sumber: Saaty (1993)

a. *Eigen Value* dan *Eigen Vector*

Setelah pengambil keputusan memberikan penilaian terhadap perbandingan antara kriteria dalam satu tingkatan hierarki, langkah selanjutnya adalah menentukan kriteria yang memiliki tingkat kepentingan atau preferensi tertinggi. Untuk itu, matriks perbandingan disusun pada setiap tingkatan dalam hierarki keputusan. Agar pemahaman tentang *eigen value* dan *eigen vector* lebih lengkap, berikut beberapa definisi terkait matriks dan *vector.*

b. Uji Indeks dan Rasio Konsistensi

Salah satu perbedaan utama antara *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan model pengambilan keputusan lainnya adalah bahwa AHP tidak mensyaratkan konsistensi mutlak dalam penilaian. Karena AHP menggunakan persepsi pengambil keputusan (*decision maker*) sebagai input, maka kemungkinan terjadinya ketidakkonsistenan cukup tinggi. Hal ini terjadi karena manusia memiliki keterbatasan dalam memberikan penilaian yang sepenuhnya konsisten, terutama saat harus membandingkan banyak kriteria sekaligus. Oleh sebab itu, pengambil keputusan diberi kebebasan untuk menyampaikan persepsinya tanpa harus mencapai konsistensi yang mutlak. Namun demikian, untuk memastikan bahwa tingkat ketidakkonsistenan masih dapat diterima, perlu dilakukan uji konsistensi terhadap matriks perbandingan yang digunakan. Tingkat konsistensi suatu matriks perbandingan dalam AHP ditentukan

berdasarkan nilai eigen maksimum (λmax), yang dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$CI = \frac{\lambda\, max - n}{n-1}$$

dengan,

CI : Rasio penyimpangan (deviasi) konsistensi (*consistency* indeks)

λmax : Nilai eigen terbesar dari matriks berordo n

n : Orde Matriks

Jika nilai *Consistency Index* (CI) bernilai nol, maka matriks *pairwise comparison* dianggap sepenuhnya konsisten. Tingkat ketidakkonsistenan dalam metode AHP memiliki batas toleransi yang telah ditetapkan oleh Thomas L. Saaty (1993), yang diukur menggunakan Rasio Konsistensi (CR). CR diperoleh dari perbandingan antara Indeks Konsistensi (CI) dan *Random Index* (RI), yaitu nilai acak yang bergantung pada ukuran matriks. Hubungan ini dapat dinyatakan dalam rumus berikut dengan nilai random indeks bisa di dapatkan dari Tabel 2.22 berikut ini:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

dengan,

CR : Rasio Konsistensi

R I : Indeks Random

Tabel 2. 22 Nilai Random Indeks (RI)

N	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,48

Sumber: Saaty (1993)

2.8 Perkerasan Lentur

2.8.1 Umur Rencana Perkerasan

Dalam melakukan perencanaan perkerasan lentur pada jalan baru dapat dilihat pada tabel 2.23 berikut:

Tabel 2. 23 Umur rencana Perkerasa Jalan Baru (UR)

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

Catatan:

1. Apabila penggunaan umur rencana seperti yang telah ditetapkan sebelumnya dianggap sulit, maka dapat dipilih umur rencana alternatif. Namun, hal tersebut harus didukung dengan analisis *discounted lifecycle cost* yang menunjukkan bahwa umur rencana tersebut menghasilkan biaya siklus hidup terdiskonto paling

rendah. Nilai suku bunga yang digunakan diambil dari rata-rata suku bunga Bank Indonesia yang diperoleh melalui sumber resmi; dan

2. Umur rencana harus memperhatikan kapasitas jalan.

2.8.2 Beban Lalu Lintas (ESA)

1. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%)

Faktor pertumbuhan lalu lintas harus didasarkan pada data pertumbuhan historis atau formula korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang relevan. Jika data tersebut tidak tersedia, dapat menggunakan Tabel 2.24.

Tabel 2. 24 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas, i (%)

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

Tabel 4.4. Nilai VDF masing – masing jenis kendaraan niaga

Jenis kenderaan	Sumatera				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua			
	Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal	
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5
5B	1.0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1.0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6A	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5
6B	4,5	7,4	3,4	4,6	5,3	9,2	4,0	5,1	4,8	8,5	3,4	4,7	4,9	9,0	2,9	4,0	3,0	4,0	2,5	3,0
7A1	10,1	18,4	5,4	7,4	8,2	14,4	4,7	6,4	9,9	18,3	4,1	5,3	7,2	11,4	4,9	6,7	-	-	-	-
7A2	10,5	20,0	4,3	5,6	10,2	19,0	4,3	5,6	9,6	17,7	4,2	5,4	9,4	19,1	3,8	4,8	4,9	9,7	3,9	6,0
7B1	-	-	-	-	11,8	18,2	9,4	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-	13,7	21,8	12,6	17,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7C1	15,9	29,5	7.0	9,6	11,0	19,8	7,4	9,7	11,7	20,4	7,0	10,2	13,2	25,5	6,5	8,8	14,0	11,9	10,2	8,0
7C2A	19,8	39,0	6,1	8,1	17,7	33,0	7,6	10,2	8,2	14,7	4,0	5,2	20,2	42,0	6,6	8,5	-	-	-	-
7C2B	20,7	42,8	6,1	8,0	13,4	24,2	6,5	8,5	-	-	-	-	17,0	28,8	9,3	13,5	-	-	-	-
7C3	24,5	51,7	6,4	8,0	18,1	34,4	6,1	7,7	13,5	22,9	9,8	15,0	28,7	59,6	6,9	8,8	-	-	-	-

Gambar 2. 17 Nilai VDF masing-masing jenis Kendaraan Niaga

Rumus pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif:

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

Keterangan :

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

i : Laju pertumbhan lalu lintas tahunan (%)

UR : Umur rencana (tahun)

9. Merencanakan tebal dari perkerasan lentur dengan menggunakan MDPJ 2024 dan nilai ESA5

Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan nilai beban kumulatif (CESAL) pada jalan yang memiliki dua lajur atau lebih dalam satu arah. Walaupun sebagian besar kendaraan niaga cenderung menggunakan lajur luar, sebagian lainnya juga memanfaatkan lajur dalam. Oleh karena itu, penentuan faktor distribusi lajur perlu didasarkan pada data survei lalu lintas yang diperoleh di lokasi setempat. Jika data tersebut tidak tersedia, dapat menggunakan Tabel 2.25.

Tabel 2. 25 Faktor Distribusi Niaga (LL)

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

Untuk jalan dua arah, berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan Tahun 2024 faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasi-

lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu.

Dalam desain perkerasan, beban lalu lintas dikonversi ke beban standar (ESA) menggunakan faktor ekuivalen beban (*Vehicle Damage Factor* atau VDF). VDF suatu kendaraan merupakan jumlah total nilai beban ESA dari seluruh sumbu yang dimilikinya. Dengan menggunakan VDF, berbagai jenis kendaraan dengan konfigurasi dan beban sumbu yang berbeda dapat dikonversi menjadi total beban ESA. Selanjutnya, analisis struktur perkerasan dilakukan berdasarkan akumulasi beban ESA pada lajur rencana selama umur rencana, yang dihitung dengan memanfaatkan nilai VDF tersebut.

Perencanaan yang akurat membutuhkan perhitungan beban lalu lintas yang tepat. Oleh karena itu, studi atau survei beban gandar yang dirancang dan dilaksanakan dengan baik menjadi dasar yang dapat diandalkan dalam menghitung nilai ESA. Oleh karena itu, survei beban gandar harus dilakukan jika memungkinkan. Ketentuan pengumpulan data beban gandar dapat dilihat pada Tabel 2.26.

Tabel 2. 26 Pengumpulan Data Beban Gandar

Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan	**Sumber Data Beban Gandar***
Jalan Bebas Hambatan*	1 atau 2
Jalan Raya	1 atau 2 atau 3
Jalan Sedang	2 atau 3
Jalan Kecil	2 atau 3

Data beban gandar dapat diperoleh dari:

1. Jembatan timbangan, timbangan statis atau WIM (survey langsung).
2. Survei beban ganda pada jembatan timbang atau WIM yang pernah dilakukan dan dianggap cukup representatif.
3. Data WIM Regional yang dikeluarkan oleh Ditjen Bina Marga.

Desain perkerasan harus mengakomodasi beban kendaraan aktual. Penggunaanbeban sumbu yang terkendali (sesuai ketentuan) harus mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

a. Prosedur pengendalian beban sumbu sudah diterbitkan dan jangka waktu penerapannya telah disetujui oleh semua pemangku kepentingan *Istakeholders*)
b. Telah ada tindakan awal penerapan kebijakan tersebut; dan
c. Adanya kepastian bahwa kebijakan tersebut dapat dicapai.

Tabel 2. 27 Faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

Kondisi	**Kelas Kendaraan**	**Gol 5B**	**Gol 6A**	**Gol 6B**	**Gol 7A1**	**Gol 7A2**	**Gol 7A3**	**Gol 7B1**	**Gol 7B2**	**Gol 7B3**	**Gol 7C1**	**Gol**	**Gol**	**Gol 7C3**	**Gol 7C4**
VDF 4	Faktual	1,0	0,55	4,8	9,9	9,6	-	-	-	-	11,7	8,2	-	13,5	-
	Normal	1,0	0,55	7,4	4,1	4,2	-	-	-	-	7,0	4,0	-	9,8	-
VDF 5	Faktual	1,0	0,5	8,5	18,3	17,7	-	-	-	-	20,4	14,7	-	22,9	-
	Normal	1,0	0,5	4,7	5,3	5,4	-	-	-	-	10,7	5,2	-	15,0	-

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Standard Axle Load* (CESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana yang ditentukan sebagai berikut:

Dengan menggunakan VDF masing-masing kendaraan niaga CESAL = (ΣLHRJK x VDFJK) x 365 x DD x DL x R

Keterangan:

LHRJK : Lintas harian rata-rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari).

VDFJK : Faktor ekivalen beban (*vehicle damage factor*) tiap jenis kendaraan niaga, LAMPIRAN H (MDPJ 2024).

DD : Faktor distribusi arah.

DL : Faktor distribusi lajur (Tabel 4.X).

CESAL : Kumulatif beban sumbu standar ekuivalen selama umur rencana.

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

2.8.3 Jenis Perkerasan

Pemilihan jenis perkerasan akan berbeda tergantung pada volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi fondasi jalan. Meskipun batasan pada Tabel 2.28 tidak bersifat mutlak, perencana teknis harus mempertimbangkan biaya terendah sepanjang umur rencana, serta keterbatasan dan kepraktisan pelaksanaan. Pemilihan alternatif desain yang didasarkan pada manual ini harus mengutamakan biaya siklus hidup terendah yang didiskon.

Tabel 2. 28 Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	**Bagan Desain**	**ESA5 (juta) dalam 20 tahun**				
		0 - 0,5	**0,1 - 4**	**>4 - 10**	**>10-30**	**>30 - 200**
Perkerasan Kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1,2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB	3	-	-	-	2	2
AC tebal ≥ 100 mm dengan lapis fondasi berbutir	3B	-	-	1,2	2	2

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA5 (juta) dalam 20 tahun				
		0 - 0,5	0,1 - 4	>4 - 10	>10-30	>30 - 200
AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir	3A	-	1,2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Fondasi Soil Cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

Catatan:

Tingkat kesulitan:

1 – kontraktor kecil – mediun;

2 – kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai; dan

3 – membutuhkan keahlian dengan tenaga ahli khusus – kontraktor spesialis Burtu/Burda

2.8.4 Tanah Dasar dan Nilai CBR

Tiga faktor utama dalam perencanaan perkerasan jalan adalah lalu lintas, kondisi tanah dasar, dan pengaruh air. Pada perkerasan dengan lapisan aspal tipis, kesalahan kecil dalam mengevaluasi tanah dasar dapat menyebabkan masa layan berkurang drastis, bahkan hingga hanya sepersepuluh dari yang direncanakan. Sementara itu, pada perkerasan dengan lapisan aspal tebal, penurunan masa layan memang tidak sebesar itu, tetapi tetap memberikan dampak yang signifikan. Oleh karena itu, penentuan daya dukung tanah dasar secara akurat serta perancangan fondasi perkerasan yang tepat menjadi sangat penting untuk menghasilkan kinerja perkerasan yang optimal. Dari sisi

pelaksanaan, persiapan tanah dasar yang baik merupakan hal yang wajib dan harus menjadi perhatian utama bagi kontraktor maupun pengawas di lapangan.

Investigasi Tanah dasar:

a. Material yang tersedia di lokasi sebaiknya dimanfaatkan secara optimal untuk menyeimbangkan pekerjaan galian dan timbunan (*cut and fill*). Apabila keseimbangan tersebut tidak dapat dicapai sepenuhnya, maka perencana teknis perlu merekomendasikan sumber material tambahan (*borrow area*) atau lokasi pembuangan material galian berlebih yang memenuhi persyaratan.
b. Penentuan lokasi pengambilan sampel tanah dilakukan dengan mengacu pada peta geologi, hasil investigasi geologi seperti metode geolistrik, profil memanjang alinemen jalan, serta mass haul diagram.
c. Pengambilan sampel tanah dilakukan untuk mengetahui karakteristik tanah serta melakukan pengujian lain yang diperlukan sesuai dengan jenis dan kondisi tanah di lapangan. Pada segmen dengan jenis tanah yang relatif seragam, jarak antar titik pengujian perlu dibuat cukup rapat guna memastikan keseragaman kondisi. Selain itu, uji DCP juga dilakukan untuk menentukan daya dukung tanah, khususnya pada tanah lunak.
d. Pada lokasi rencana galian, penyelidikan harus mencapai kedalaman minimum 1 meter di bawah rencana permukaan tanah dasar.
e. Pada lokasi galian yang dalam, apabila pengambilan sampel tanah yang memadai untuk uji CBR laboratorium tidak memungkinkan, maka penilaian dapat dilakukan melalui interpretasi hasil pengujian sifat-sifat tanah serta data dari uji sondir dan N-SPT.
f. Hasil investigasi harus dapat menunjukkan dengan jelas lokasi-lokasi peralihan jenis tanah pada arah memanjang.

Ruas jalan yang dirancang perlu dikelompokkan ke dalam segmen-segmen dengan kondisi tanah dasar yang seragam. Pengelompokan awal dapat didasarkan pada kesamaan geologi, hidrologi, drainase, topografi, serta sifat geoteknik seperti gradasi

dan plastisitas. Sebaiknya hindari segmen yang terlalu pendek. Jika nilai CBR sangat bervariasi, perencana perlu mempertimbangkan antara penggunaan segmen pendek sesuai variasi CBR atau segmen lebih panjang dengan nilai CBR yang lebih konservatif.

2.8.5 Stuktur Fondasi Perkerasan

Untuk menentukan struktur fondasi perkerasan jalan minimum dapat menggunakan Tabel 2.29 berikut dengam menyesuaikan CBR tanah dasar yang dimiliki.

Tabel 2. 29 Indikasi Perkiraan Nilai CBR

(Tidak berlaku untuk tanah alluvial jenuh dan gambut)

	Posisi muka air tanah (Tabel 5.1)	**Bi bawah standar minimum(tidak dianjurkan)**	**Sesuai desain standar**	**≥ 1200 mm di bawah tanah dasar**
	Implementasi	Semua galian kecuali seperti ditunjukkan untuk kasus - 3 dan timbunan tanpa drainase yang baik dan LAP* < 1000 mm di atas muka tanah asli		Galian di zona iklim 1** dan semua timbunan berdrainase baik dan LAP > 1000 mm di atas muka tanah asli
Jenis tanah	**Kasus PI**	1	2	3
Lempung	50 - 70	2	2	2,5
Lempung kelanauan	40	2,5	3	3,5
	30	3	4	4
Lempung kepasiran	20	4	4	5
	10	4	4	5
Lanau		1	1	2

Bagan Desain - 2: Desain Fondasi Jalan Minimum [1]

CBR Tanah dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5)			Stabilisasi Semen [6]
			< 2	2 - 4	> 4	
			Tebal minimum perbaikan tanah dasar			
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilassi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Devisi 3 – Pekerjaan Tanah) (pemadatan lapisan ≤ 200 mm tebal gembur)	Tidak diperlukan perbaikan			300
5	SG5		-	-	100	
4	SG4		100	150	200	
3	SG3		150	200	300	
2,5	SG2.5		175	250	350	
Tanah ekspansif (potensi pemuaian > 5%)			400	500	600	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
Perkerasan di atas tanah lunak[2]	SG1 [3]	Lapis penopang [4][5]	1000	1100	1200	
		-atau- lapis penopang dan geogrid [4] [5]	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir [4] [5]	1000	1250	1500	

(1) Desain harus mempertimbangkan semua hal yang kritikal; syarat tambahan mungkin berlaku.
(2) Ditandai dengan kepadatan dan CBR lapangan yang rendah.
(3) Menggunakan nilai CBR insitu, karena nilai CBR rendaman tidak relevan.
(4) Permukaan lapis penopang di atas tanah SG1 dan gambut diasumsikan mempunyai daya dukung setara nilai CBR 2.5%, dengan demikian ketentuan perbaikan tanah SG2.5 berlaku. Contoh: untuk lalu lintas rencana > 4 jt ESA, tanah SG1 memerlukan lapis penopang setebal 1200 mm untuk mencapai daya dukung setara SG2.5 dan selanjutnya perlu ditambah lagi setebal 350 mm untuk meningkatkan menjadi setara SG6.
(5) Tebal lapis penopang dapat dikurangi 300 mm jika tanah asal dipadatkan pada kondisi kering.

(6) Untuk perkerasan kaku, material perbaikan tanah dasar berbutir halus (klasifikasi A4 sampai dengan A6) harus berupa stabilisasi semen.

Gambar 2. 18 Desain Pondasi Jalan Minimum

2.8.6 Bagan Desain

Penyusunan bagan desain bertujuan untuk membantu perencana teknis dalam menentukan jenis struktur perkerasan pada ruas jalan yang akan dibangun. Bagan desain perkerasan lentur disusun berdasarkan karakteristik material sesuai Tabel 7.3 dan Tabel 7.4 (MDPJ 2024) dengan tingkat reliabilitas 90%. Pemilihan struktur perkerasan dari bagan tersebut perlu mempertimbangkan biaya terendah selama umur rencana, serta aspek keterbatasan dan kemudahan pelaksanaan. Oleh karena itu, alternatif desain yang dipilih harus didasarkan pada biaya siklus hidup terdiskonto yang paling rendah. Perencana teknis dapat menghitung dan menentukan sendiri struktur perkerasan yang dibutuhkan dengan memperhatikan hal berikut:

a. Apabila perencana teknis menggunakan material yang tidak tercantum dalam manual ini, maka perlu dilakukan pengujian parameter mekanistik sesuai Sub-bab 7.2.3.5 (MDPJ 2024) untuk memperoleh karakteristik mekanistik sebagai data masukan dalam perencanaan.
b. Melakukan perhitungan desain struktur perkerasan dengan metode mekanistik-empiris sesuai tahapan pada Gambar 7.3 (MDPJ 2024), menggunakan perangkat lunak yang mampu memodelkan struktur perkerasan berlapis (multilayer) dengan sifat elastik linier dan isotropik untuk material berpengikat, serta anisotropik untuk material tanpa pengikat.

Tabel 2. 30 Bagan Desain-4 Perkerasan Lentur dengan HRS

Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (106 CESA5)	**FF 1 < 0,5**	**0,5 ≤ FF2 ≤ 4,0**
Jenis Permukaan	HRS atau Penetrasi makadam	HRS2
Struktur Perkerasan	Tebal lapisan (mm)	
HRS-WC	50	30

Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (106 CESA5)	**FF 1 < 0,5**	**0,5 ≤ FF2 ≤ 4,0**
HRS-Base	-	35
LFA Kelas A	150	250
LFA Kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR ≥ 10%3	150	150

Catatan :

1. Bagan Desain-4 merupakan alternatif yang dapat digunakan pada daerah di mana HRS memiliki riwayat kinerja yang baik serta tersedia material yang sesuai, yaitu campuran bergradasi timpang (*gap graded mix*).
2. HRS tidak direkomendasikan untuk digunakan pada jalan dengan tanjakan curam maupun di kawasan perkotaan yang memiliki beban lalu lintas lebih dari 2 juta ESA.
3. Kerikil alam dengan atau material stabilisasi dengan CBR > 10% dapat merupakan pilihan yang paling ekonomis jika material dan sumber daya penyedia jasa yang mampuni tersedia.

2.8.7 Standar Drainase Bawah

Drainase dalam perkerasan jalan memiliki peran untuk menjaga air agar tidak mempengaruhi konstruksi perkerasan jalan tersebut. Air memiliki pengaruh pada konstruksi perkerasan jalan, diantaranya (AASHTO,1993):

- Keberadaan air pada permukaan campuran beraspal dapat menurunkan nilai modulus serta mengurangi kekuatan tariknya. Tingkat kejenuhan air pada lapisan ini bahkan dapat menyebabkan penurunan modulus campuran beraspal hingga ≥ 30%.
- Pengaruh air pada lapisan *Asphalt Concrete Base* (AC-Base) dapat menurunkan nilai modulus hingga sekitar 30% serta meningkatkan potensi erosi pada lapisan di bawahnya, seperti *Cement Treated Base* (CTB) dan Lime Treated Base.

- Peningkatan kadar air pada lapis fondasi agregat (*base dan subbase*) dapat menyebabkan penurunan modulus hingga 50% atau lebih.
- Tanah berbutir halus (*roadbed soil*) yang jenuh air dapat mengalami penurunan nilai modulus lebih dari 50%.

Drainase bawah permukaan (*subsurface pavement drainage*) harus memenuhi ketentuan berikut:

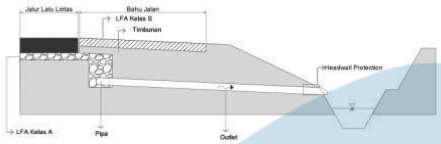
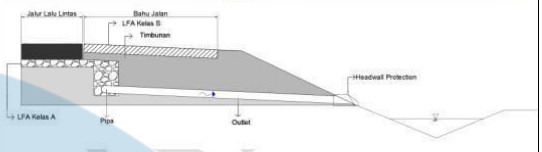
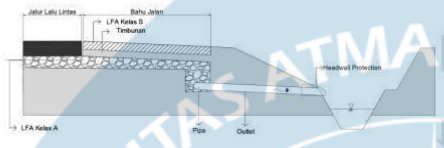
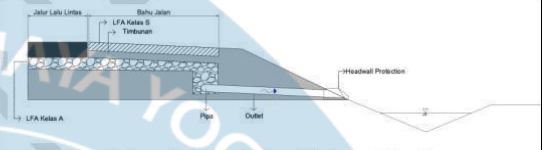
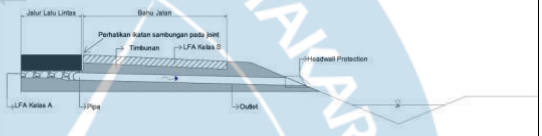
1. Lapis fondasi agregat harus cukup permeabel untuk mengalirkan air.
2. Desain pelebaran perkerasan harus memastikan bahwa air dari lapis granular terbawah perkerasan yang ada dapat dialirkan dengan baik.
3. Lintasan drainase kurang dari 500 mm dari tepi luar lapis granular ke tepi verge timbunan harus mampu mengalirkan air.
4. *French drains* harus dipasang melintang pada setiap titik terendah arah memanjang dengan jarak maksimum 50 m untuk mengalirkan air dari lapis fondasi bawah.
5. Jika lapis fondasi bawah lebih rendah dari elevasi tanah sekitarnya, subdrain harus dipasang (hindari kondisi ini dengan desain geometrik yang baik jika memungkinkan).
6. Subdrain harus ditempatkan dekat saluran U atau struktur lain yang dapat menghalangi aliran air dari lapisan fondasi bawah. Sulingan pada dinding saluran tepi tidak dapat diandalkan sebagai subdrain.
7. Subdrain harus direncanakan dengan kemiringan seragam minimal 0,5% agar aliran air dapat mengalir lancar menuju titik pembuangan. Selain itu, perlu disediakan akses pembersihan subdrain dengan jarak maksimum setiap 50 meter. Elevasi inlet dan outlet subdrain juga harus berada setidaknya 15 cm di atas muka air banjir rencana pada saluran permukaan.
8. Untuk jalan dengan median pemisah, sistem subdrain pada median harus dibuat jika kemiringan permukaan jalan mengarah ke median (pada superelevasi). Sistem subdrain ini harus mengalir ke saluran drainase ke badan air.

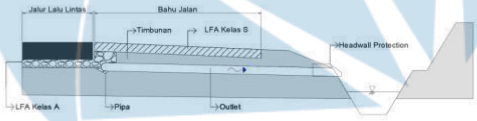
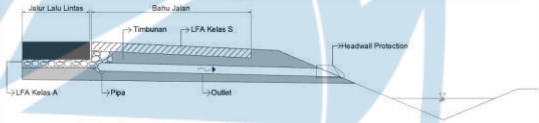
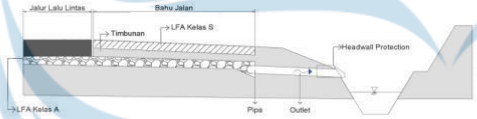
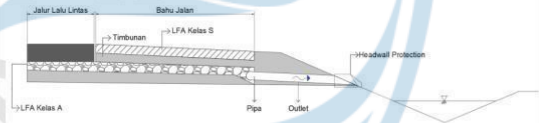
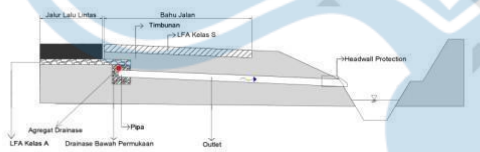
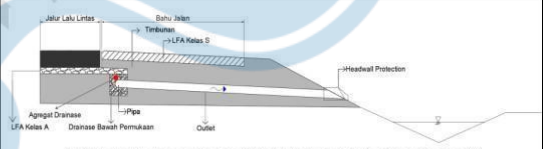
Tinggi minimum permukaan tanah dasar di atas muka air tanah dan level muka air banjir adalah seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.31.

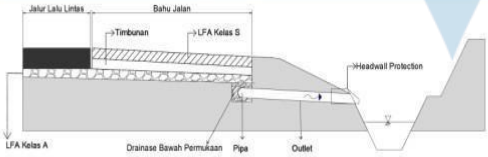
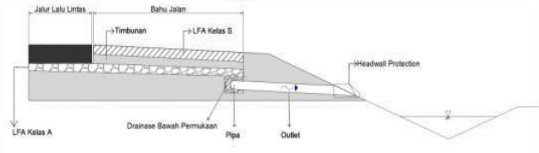
Tabel 2. 31 Tinggi Minimum Perukaan Tanah Dasar

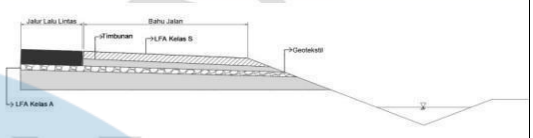
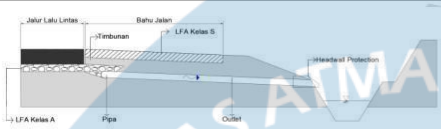
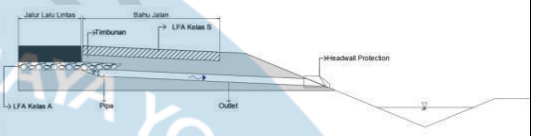
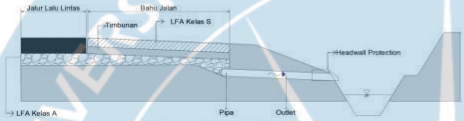
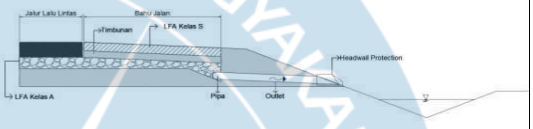
Kelas Jalan (berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan)	**Tinggi Tanah Dasar di Atas Muka Air Tanah (mm)**	**Tinggi Tanah Dasar di Atas Muka Air Banjir (mm)**
Jalan Bebas Hambatan	1200	500 (banjir 50 tahunan)
Jalan Raya	800 (tanah lunak jenuh atau gambut) 600 (tanah dasar normal)	
Jalan Sedang	600	500 (banjir 10 tahunan)
Jalan Kecil	400	NA

Jika timbunan berada di atas tanah jenuh air dan ketentuan tersebut di atas tidak dapat dipenuhi, maka harus disediakan lapisan yang mencegah pumping butiran halus ke lapis fondasi (subbase), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.19 dari struktur perkerasan tipikal.

No.	Daerah Galian	Daerah Timbunan
4	 Saluran Drainase Dalam (Galian) Tipe 1	 Saluran Drainase Dalam (Timbunan) Tipe 1
5	 Saluran Drainase Dalam (Galian) Tipe 2	 Saluran Drainase Dalam (Timbunan) Tipe 2
6	 Saluran Drainase Pada Kondisi Tanah Galian Tipe 3	 Saluran Drainase Pada Kondisi Tanah Timbunan Tipe 3

No.	Daerah Galian	Daerah Timbunan
7	 Saluran Drainase Pada Kondisi Tanah Galian Tipe 4	 Saluran Drainase Pada Kondisi Tanah Timbunan Tipe 4
8	 Saluran Drainase Pada Kondisi Tanah Galian Tipe 5	 Saluran Drainase Pada Kondisi Tanah Timbunan Tipe 5
9	 Saluran Drainase Pada Kondisi Tanah Galian Tipe 6	 Saluran Drainase Pada Kondisi Tanah Timbunan Tipe 6

No.	Daerah Galian	Daerah Timbunan
10	 Saluran Drainase pada kondisi tanah galian Tipe 7	 Saluran Drainase pada kondisi tanah timbunan Tipe 7

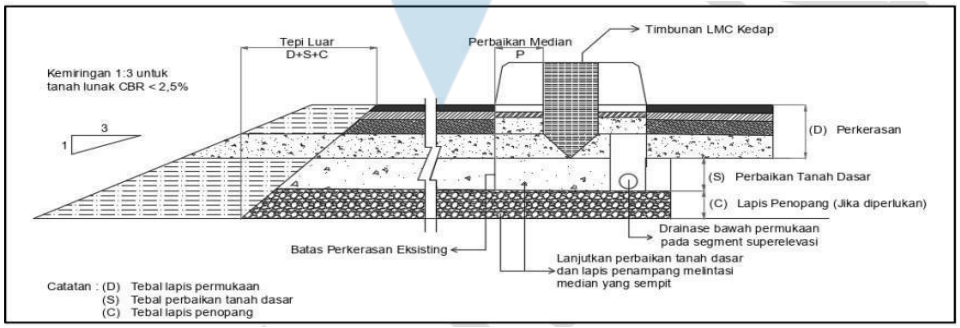
No.	Daerah Galian	Daerah Timbunan
1	 Galian Dengan Drainase Bawah Permukaan yang Ideal	 Timbunan Dengan Lapis Fondasi Bawah Menerus Sampai Bahu Jalan
2	 Saluran Drainase Dangkal (Galian) Tipe 1	 Saluran Drainase Dangkal (Timbunan) Tipe 1
3	 Saluran Drainase Dangkal (Galian) Tipe 2	 Saluran Drainase Dangkal (Timbunan) Tipe 2

Gambar 2. 19 Struktur Perkerasan Tipikal

2.8.8 Kebutuhan Daya Dukung Tepi Perkerasan

Struktur perkerasan memerlukan dukungan tepi yang memadai, terutama jika berada di tanah lunak atau gambut. Ketentuan dukungan tepi harus dijelaskan secara rinci dalam gambar kontrak. Ketentuan minimum meliputi:

- Setiap lapis perkerasan harus dipasang setidaknya sesuai lebar minimum yang dinyatakan dalam Gambar 3.20.
- Timbunan tanpa penahan di tanah lunak (CBR < 2,5%) atau tanah gambut harus dipasang dengan kemiringan tidak lebih curam dari 1V : 3H.



Gambar 2. 20 Dukungan Tepi Perkerasan

2.8.9 Kebutuhan Pelapisan (*Sealing*) Bahu Jalan

Pada jalan non-tol, bahu jalan harus dirancang dengan kekuatan struktur minimal sebesar 10% dari kekuatan perkerasan lentur pada lajur lalu lintas. Lapisan fondasi, baik berupa material berbutir maupun CTB, harus dibuat menerus dari jalur utama hingga bahu jalan agar distribusi beban roda tetap merata serta memungkinkan aliran air berjalan kontinu pada fondasi berbutir. Untuk jalur utama dengan kemiringan kurang dari 4%, bahu jalan tanpa lapisan penutup masih dapat digunakan. Namun, jika kemiringan melebihi 4%, maka bahu jalan harus dilengkapi dengan lapisan penutup.

- ✓ Bahu Tanpa Penutup

  Contoh desain bahu tanpa penutup:

a. Apabila beban rencana pada lajur lalu lintas sebesar $20{,}0 \times 10^6$ ESA4, maka kebutuhan kekuatan lentur pada bahu jalan adalah sebesar 10% dari nilai tersebut, yaitu $2{,}0 \times 10^6$ ESA4.
b. CBR tanah dasar sebesar 6%.
c. Berdasarkan kebutuhan kekuatan struktur untuk melayani beban lalu lintas sesuai MDPJ 2024, pemilihan konstruksi dapat mengacu pada Bagan Desain-3 hingga Bagan Desain-3A untuk lajur lalu lintas, serta Bagan Desain-9 untuk bahu jalan tanpa penutup.