

BAB 2 LANDASAN TEORI

2.1 Definisi Jalan

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian Jalan, termasuk bangunan penghubung, bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah, dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel, jalan lori, dan jalan kabel (UU No.2, 2022).

Jalan antarkota merupakan jalan penghubung simpul di luar kota yang pada kedua sisinya tidak ada perkembangan secara menerus dan permanen, meskipun ada perkembangan permanen, hanya sedikit, jarang dan terpisah jauh, seperti rumah makan, pabrik, perkampungan, kedai makan dan juga pada tempat-tempat tertentu yang dapat dianggap bukan suatu perkembangan permanen (Bina Marga, 2021b).

2.1.1 Kebijakan Pembangunan Jalan

Beberapa tahapan kebijakan pembangunan jalan berkembang dalam enam dekade yang lalu mulai dari periode di awal tahun tujuh puluhan sampai dengan saat ini (Bina Marga, 2021b). Pada dekade 1970-1980 kebijakannya disyaratkan untuk diikuti oleh penyelenggara jalan dengan menerapkan konsep pembangunan yang efektif dan efisien, yaitu lebih menekankan pada keberfungsian jalan yang cepat. Pada dekade berikutnya berkembang isu bahwa jalan harus dibangun dengan mempertimbangkan faktor ekonomi, harus jelas keuntungan dan kerugiannya, bahkan harus mempertimbangkan pengembalian dana pinjaman. Dalam dekade selanjutnya muncul isu bahwa pembangunan jalan harus berwawasan lingkungan, pembangunan jalan harus meminimumkan dampak negatifnya terhadap lingkungan. Selanjutnya dalam dua dekade terakhir, yaitu mulai awal tahun 2000 sampai saat ini berkembang beberapa isu terutama berkaitan dengan keselamatan pengguna jalan dan isu-isu lain yang tidak terkait langsung dengan bidang jalan.

Kebijakan-kebijakan yang telah diterapkan, jelas mempengaruhi hasil pembangunannya terutama untuk jalan yang dibangun pada awal dekade tahun tujuh puluhan dibandingkan dengan jalan-jalan yang terakhir dibangun. Jalan lama

tersebut pada saat digunakan oleh arus lalu lintas dewasa ini yang entiti lalu lintasnya lebih banyak dan dengan fitur kendaraan yang lebih modern, tentu akan mengalami friksi yang cenderung menimbulkan inefisiensi berupa ketidaklancaran dan ketidakselamatan.

2.1.2 Geometrik Jalan

Desain geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititikberatkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas (Sukirman, 1999).

Suatu desain geometrik jalan harus menganut konsep efektif, efisien, ekonomis, berkeselamatan dan berwawasan lingkungan (Permen PU No.19, 2011). Jalan yang dibangun sebelum diberlakukan Permen PU No.19 Tahun 2011 perlu dilakukan desain peningkatan geometrik jalan eksisting atau rekonstruksi. Desain geometrik jalan perlu diserasikan dengan lingkungan dan topografi setempat untuk menghasilkan suatu desain yang estetis dan sekaligus fungsional.

2.2 Konsep Penentuan Koridor Jalan

Penentuan koridor jalan adalah penentuan rute jalan terbaik antara 2 titik yang nantinya harus dihubungkan dengan mempertimbangkan lokasi-lokasi yang harus dihindari. Koridor ini dapat didefinisikan sebagai bidang memanjang dari suatu perencanaan jalan yang menghubungkan 2 titik. Sedangkan trase adalah sebuah garis lurus yang menjadi cikal bakal sebagai garis tengah/sumbu utama jalan/*centerline*. Penentuan koridor ini merupakan suatu tahapan dalam perancangan geometrik jalan yang dilakukan setelah tahap perencanaan dan sebelum tahap perancangan (Raharjo, 2022).

2.2.1 Peta Topografi

Peta topografi adalah representasi grafis dari permukaan bumi yang menggambarkan fitur-fitur fisik seperti gunung, lembah, sungai, dan dataran dalam bentuk kontur dan garis-garis lainnya. Fungsinya yaitu untuk memberikan informasi rinci tentang elevasi atau ketinggian relatif dari berbagai elemen geografi

di suatu wilayah. Peta topografi dibuat berdasarkan survei lapangan, data pemetaan udara dan lainnya. Beberapa karakteristik peta topografi yaitu sebagai berikut:

1. Merupakan garis/lengkungan yang tertutup, juga tidak berpotongan dan tidak bercabang.
2. Untuk menggambarkan daerah yang terjal, jarak antar peta topografi cenderung semakin rapat.
3. Untuk menggambarkan daerah yang landai, jarak antar peta topografi cenderung semakin renggang.
4. Perpotongan garis peta topografi dengan jalan akan “cembung” ke arah bagian yang lebih rendah atau jalan yang menurun.
5. Perpotongan garis peta topografi dengan sungai, saluran, parit, akan “cembung” ke arah hulu sungai.

2.2.2 Faktor Penentuan Trase Jalan

Dalam kegiatan survey topografi berupa penentuan trase jalan yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

1. Trase jalan dibuat lurus, pendek, sedikit tikungan dan kemiringan selandai mungkin.
2. Trase jalan sebaiknya menjauhi daerah aliran sungai, bila rencana trase jalan harus memotong sungai diusahakan bentang sungai yang pendek,serta pembuatan jembatan dibuat tegak lurus sungai.
3. Mempertimbangkan besarnya volume galian dan timbunan dalam penyiapan badan jalan.
4. Trase jalan diletakkan pada kondisi tanah dasar sebaiknya mempunyai nilai CBR memenuhi syarat spesifikasi, sehingga keberadaan tanah di lokasi trase jalan yang akan dibuat dapat digunakan untuk pekerjaan galian dan timbunan.

2.3 Klasifikasi Jalan

Desain geometrik jalan harus ditetapkan klasifikasinya. Dalam PP No.34 tahun 2006 tentang jalan dan UU No.22 tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan, jalan dikelompokkan berdasarkan peruntukkan, status jalan, sistem jaringan

jalan (SJJ), fungsi jalan, kelas jalan dan klasifikasi jalan yang terdiri dari spesifikasi penyediaan prasarana jalan (SPPJ), penggunaan jalan dan medan jalan.

2.3.1 Berdasarkan Peruntukan Jalan

Jalan diklasifikasikan sebagai jalan umum dan jalan khusus.

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

2.3.2 Berdasarkan Status Jalan

Jalan umum menurut statusnya dikelompokkan menjadi 5, yaitu jalan nasional, jalan provinsi, jalan kabupaten, jalan kota dan jalan desa. Berdasarkan fungsi masing-masing kelompok tersebut dikelompokkan lagi menjadi:

1. Jalan nasional, adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah pusat, terdiri atas:
 - a. Jalan arteri primer.
 - b. Jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi.
 - c. Jalan tol dan jalan strategis nasional.
2. Jalan provinsi adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah provinsi, terdiri atas:
 - a. Jalan kolektor primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten atau kota.
 - b. Jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota kabupaten atau kota.
 - c. Jalan strategis provinsi dan jalan di DKI Jakarta.
3. Jalan kabupaten adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah kabupaten, terdiri atas:
 - a. Jalan kolektor primer yang tidak termasuk jalan nasional dan jalan provinsi.

- b. Jalan lokal primer yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat desa, antar ibukota kecamatan, ibukota kecamatan dengan desa, dan antar desa.
 - c. Jalan sekunder yang tidak termasuk jalan provinsi dan jalan sekunder dalam kota.
 - d. Jalan strategis kabupaten.
4. Jalan kota adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah kota dan berada dalam jaringan jalan di dalam kota.
 5. Jalan desa adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah kabupaten, terdiri dari jalan lingkungan primer dan jalan lokal primer yang tidak termasuk jalan kabupaten, berada di dalam kawasan perdesaan, dan menghubungkan permukiman di dalam desa.

2.3.3 Berdasarkan Sistem Jaringan Jalan (SJJ)

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

1. SJJ primer disusun berdasarkan rencana tata ruang dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat kegiatan nasional (PKN), pusat kegiatan wilayah (PKW), pusat kegiatan lokal (PKL) sampai ke pusat kegiatan lingkungan (PKLing) dan menghubungkan antar-PKN. Ruas-ruas jalan dalam SJJ primer yang berfungsi menghubungkan pusat-pusat kegiatan yang umumnya berwujud kota dan berlokasi di luar kota dikategorikan sebagai jalan Antarkota.
2. SJJ sekunder disusun berdasarkan rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan yang menghubungkan secara menerus kawasan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder kesatu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga, dan seterusnya

sampai ke persil. Ruas-ruas jalan dalam SJJ sekunder yang berfungsi menghubungkan pusat-pusat kegiatan yang umumnya berwujud kawasan di dalam kota dikategorikan sebagai jalan Perkotaan.

2.3.4 Berdasarkan Fungsi Jalan

Sesuai dengan fungsinya, jalan dikelompokkan dan dibedakan keberadaannya dalam Sistem Jaringan Jalan (PP No.34 Tahun 2006).

2.3.4.1 Berdasarkan Fungsinya dalam SJJ Primer

1. Jalan arteri primer, berfungsi menghubungkan antar-PKN atau antara PKN dengan PKW, melayani angkutan utama dengan ciri-ciri:
 - a. Melayani perjalanan lalu lintas jarak jauh yang tidak boleh terganggu oleh lalu lintas ulang alik, lalu lintas dan kegiatan lokal.
 - b. Kecepatan rata-rata tinggi dengan V_D paling rendah 60 Km/jam.
 - c. Mempunyai kapasitas yang lebih besar dari volume lalu lintas rata-ratanya.
 - d. Mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 11 m.
 - e. Persimpangan sebidang diatur sedemikian sehingga sesuai dengan ketentuan pada butir a, b, dan c.
 - f. Jumlah jalan masuk dibatasi.
 - g. Jalan arteri primer yang memasuki kawasan perkotaan dan/atau kawasan pengembangan perkotaan tidak boleh terputus.
2. Jalan kolektor primer, berfungsi menghubungkan antara PKN dengan PKL, antar-PKW, atau antara PKW dengan PKL, melayani angkutan pengumpulan/pembagian dengan ciri-ciri:
 - a. Melayani perjalanan lalu lintas jarak sedang.
 - b. Kecepatan rata-rata sedang dengan V_D paling rendah 40 Km/jam.
 - c. Mempunyai kapasitas yang lebih besar dari volume lalu lintas rata-ratanya.
 - d. Mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 9 m.
 - e. Persimpangan sebidang pada jalan arteri primer dengan pengaturan tertentu harus memenuhi ketentuan sebagaimana dimaksud pada butir a, b, dan c.

- f. Jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
- g. Jalan kolektor primer yang memasuki kawasan perkotaan dan/atau kawasan pengembangan perkotaan tidak boleh terputus.
- 3. Jalan lokal primer, berfungsi menghubungkan PKN dengan PKL, PKW dengan PKLing, antar-PKL, atau PKL dengan PKLing, serta antar-PKLing, melayani angkutan setempat, dengan ciri-ciri:
 - a. Perjalanan jarak dekat.
 - b. Kecepatan rata-rata rendah dengan V_D paling rendah 20 Km/jam.
 - c. Mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 7,5 m.
 - d. Jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
 - e. Jalan yang memasuki kawasan perdesaan tidak boleh terputus.
- 4. Jalan lingkungan primer, berfungsi menghubungkan antarpusat kegiatan di dalam kawasan perdesaan dan jalan di dalam lingkungan kawasan perdesaan, melayani angkutan lingkungan dengan ciri-ciri:
 - a. Perjalanan menuju persil/rumah.
 - b. Kecepatan rata-rata rendah dengan V_D paling rendah 15 Km/Jam.
 - c. Mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 6,5 m untuk melayani kendaraan bermotor roda 3 atau lebih, atau lebar badan jalan paling sedikit 3,5 m untuk melayani kendaraan bermotor roda 2.
 - d. Jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

2.3.4.2 Berdasarkan Fungsinya dalam SJJ Sekunder

- 1. Jalan arteri sekunder, berfungsi menghubungkan kawasan primer (KP) dengan kawasan sekunder kesatu (KS1), antar-KS1, atau KS1 dengan kawasan sekunder kedua (KS2), dengan ciri-ciri:
 - a. V_D paling rendah 30 Km/Jam.
 - b. Lebar badan jalan paling sedikit 11 m.
 - c. Mempunyai kapasitas yang lebih besar daripada volume lalu lintas rata-rata.
 - d. Lalu lintas cepat tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat.
 - e. Persimpangan sebidang diatur dengan pengaturan tertentu sesuai dengan ketentuan pada butir a, b, dan c.

2. Jalan kolektor sekunder berfungsi menghubungkan antar-KS2 atau KS2 dengan kawasan sekunder ketiga (KS3), dengan ciri-ciri:
 - a. V_D paling rendah 20 Km/Jam.
 - b. Lebar badan jalan paling sedikit 9 m.
 - c. Mempunyai kapasitas yang lebih besar daripada volume lalu lintas rata-rata.
 - d. Lalu lintas cepat tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat.
 - e. Persimpangan sebidang pada jalan kolektor sekunder dengan pengaturan tertentu harus memenuhi ketentuan sebagaimana dimaksud pada butir a, b, dan c.
3. Jalan lokal sekunder berfungsi menghubungkan KS1 dengan perumahan, KS2 dengan perumahan, KS3 dan seterusnya sampai ke perumahan/persil, dengan ciri-ciri:
 - a. V_D paling rendah 10 Km/Jam.
 - b. Lebar badan jalan paling sedikit 7,5m.
4. Jalan lingkungan sekunder atau juga dikenal sebagai jalan permukiman di lingkungan perkotaan berfungsi menghubungkan antarpersil dalam kawasan perkotaan, dengan ciri-ciri:
 - a. V_D paling rendah 10 Km/Jam.
 - b. Lebar badan jalan paling sedikit 6,5 m.
 - c. Diperuntukkan bagi kendaraan bermotor beroda 3 atau lebih.
 - d. Yang tidak diperuntukkan bagi kendaraan bermotor beroda 3 atau lebih harus mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 3,5 m.

2.3.5 Berdasarkan Kelas Jalan

Kelas jalan dikelompokkan berdasarkan penggunaan jalan dan kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan (LLAJ), serta spesifikasi penyediaan prasarana jalan (SPPJ).

2.3.5.1 Berdasarkan Penggunaan Jalan dan Kelancaran LAAJ

Klasifikasi jalan berdasarkan fungsi dan intensitas lalu lintas guna kepentingan pengaturan penggunaan jalan dan kelancaran LLAJ, diklasifikasikan menjadi 4 seperti diuraikan dalam tabel berikut ini:

Tabel 2.1 Kelas Jalan Sesuai Penggunaanya

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

Catatan: ^{*)} dalam keadaan tertentu dapat < 8 ton

2.3.5.2 Berdasarkan Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan

SPPJ dikelompokkan berdasarkan pengendalian jalan masuk, keberadaan persimpangan sebidang, jumlah dan lebar lajur, ketersediaan median, serta pagar Rumija. SPPJ dikelompokkan menjadi lima, yaitu pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Klasifikasi Jalan Berdasarkan SPPJ

	JBH	JRY	JSD	JKC	JLR
Pengendalian Jalan Masuk	Secara Penuh	Terbatas	Tidak Dibatasi	Tidak Dibatasi	Tidak Dibatasi
Persimpangan Sebidang	Tidak Ada	Ada	Ada	Ada	Ada
Jumlah Lajur Minimum	2 Lajur Tiap Arah	2 Lajur Tiap Arah	2 Lajur 2 Arah	2 Lajur 2 Arah	1 Lajur 2 Arah
Lebar Lajur Minimum	3,5 m	3,5 m	7 m	5,5 m	4 m
Median	Dilengkapi	Dilengkapi	Tidak	Tidak	Tidak
Pagar Rumija	Dilengkapi	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak

Sumber: PDGJ Tahun 2021

2.3.6 Berdasarkan Medan Jalan

Dalam proses desain awal, potongan melintang topografi medan jalan mempunyai pengaruh terhadap penetapan alinyemen horizontal dan vertikal jalan, serta kecepatan desain. Topografi medan jalan diklasifikasi menjadi tiga, yaitu

datar, bukit dan gunung. Masing-masing memiliki kriteria kemiringan medan yang diukur tegak lurus terhadap garis konturnya, dengan tabel sebagai berikut:

Tabel 2.3 Klasifikasi Medan Jalan

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

Catatan: ^{*)} Nilai kemiringan medan rata-rata per 50 m dalam 1 km

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

Secara umum, medan gunung menghasilkan kelayakan alinyemen memanjang jalan yang lebih curam dibandingkan dengan alinyemen pada medan bukit, masing-masing menyebabkan truk berat harus mengurangi kecepatan yang umumnya jauh lebih rendah dari kecepatan mobil penumpang, sehingga medan gunung maupun bukit mempunyai efek yang lebih besar dari medan datar dalam penentuan alinyemen jalan.

2.4 Bagian-Bagian Jalan

Menurut PP No.34 Tahun 2006 tentang Jalan, bagian-bagian jalan terdiri dari Rumaja, Rumija dan Ruwasja, dengan penjelasan sebagai berikut:

2.4.1 Ruang Manfaat Jalan (Rumaja)

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

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

Saluran tepi jalan adalah saluran yang diperuntukkan bagi penampungan dan penyaluran air agar badan jalan bebas dari pengaruh air. Ukuran saluran tepi jalan ditetapkan sesuai dengan lebar permukaan jalan dan keadaan lingkungan. Saluran tepi jalan juga dapat diperuntukkan sebagai saluran lingkungan. Ambang pengaman jalan dapat berupa bidang tanah dan/atau konstruksi bangunan pengaman yang berada di antara tepi badan jalan dan batas ruang manfaat jalan yang hanya diperuntukkan bagi pengamanan konstruksi jalan.

2.4.2 Ruang Milik Jalan (Rumija)

Ruang milik jalan merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi dan kedalaman tertentu yang diperuntukkan bagi ruang manfaat jalan, pelebaran jalan, dan penambahan jalur lalu lintas di masa akan datang serta kebutuhan ruangan untuk pengamanan jalan. Adapun sejalur tanah tertentu yang dimaksud dapat dimanfaatkan sebagai ruang terbuka hijau yang berfungsi sebagai lansekap jalan. Rumija meliputi Rumaja dan sejalur tanah tertentu di luar Rumaja. Rumija paling sedikit memiliki lebar sebagai berikut:

1. Jalan bebas hambatan (JBH) 30 m
2. Jalan raya (JRY) 25 m
3. Jalan sedang (JSD) 15 m
4. Jalan kecil (JKC) 11 m

2.4.3 Ruang Pengawasan Jalan (Ruwasja)

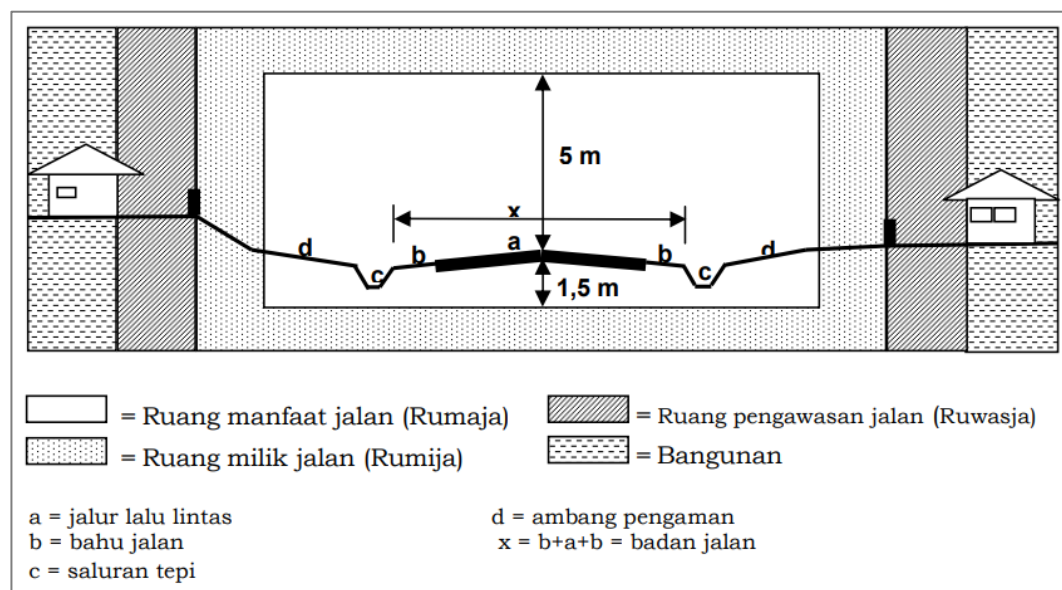
Ruang pengawasan jalan merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar dan tinggi tertentu, meliputi ruang tertentu di luar Rumija. Ruwasja diperuntukkan bagi pandangan bebas pengemudi dan pengaman konstruksi jalan, serta pengamanan fungsi jalan. Ruwasja pada dasarnya adalah ruang lahan milik masyarakat umum yang mendapat pengawasan dari pembina jalan. Dalam hal

Rumija tidak cukup luas, maka lebar Ruwasja ditentukan dari tepi badan jalan paling sedikit di jelaskan pada tabel berikut:

Tabel 2.4 Lebar Ruwasja

	Primer	Sekunder
Arteri	15 m	15 m
Kolektor	10 m	5 m
Lokal	7 m	3 m
Lingkungan	5 m	2 m

Sumber: PDGJ 2021



Gambar 2.1 Hubungan Antara Rumaja, Rumija dan Ruwasja

2.5 Kriteria Desain

Kriteria desain geometrik jalan adalah parameter-parameter geometrik yang nilainya ditetapkan pada awal desain dan menjadi dasar untuk menetapkan desain elemen geometrik lainnya. Desain geometrik jalan berprinsip bahwa alinyemen jalan harus didesain sedemikian sehingga elemen-elemen geometriknya mengoptimalkan efektivitas dan efisiensi antara pemenuhan terhadap kuantitas dan kualitas kebutuhan pergerakan kendaraan yang akan melaluinya dengan ketersediaan sumber daya, lingkungan dan sosial, serta mengacu kepada peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Mengacu kepada kriteria desain teknis jalan yang diatur dalam Permen PU No.19/2011, perwujudan prinsip tersebut menjadi keharusan bahwa suatu desain teknis jalan memiliki persyaratan teknis yang ditetapkan berdasarkan ketentuan penggolongan jalan yang sesuai dengan peruntukan jalan, SJJ, status, fungsi jalan, kelas jalan berdasarkan penggunaannya dan kelas jalan berdasarkan SPPJ, kemudian persyaratan geometrik jalan, Muatan Sumbu Terberat (MST), volume lalu lintas, kapasitas jalan, dimensi jalan, ruang jalan, dan perlengkapan jalan.

Berikut merupakan tabel yang bersumber dari PDGJ Tahun 2021 yang menjelaskan korelasi padanan antara batasan dan karakter dari aspek-aspek yang diatur dalam peraturan perundang-undangan, yaitu jalan umum yang dikelompokkan menurut fungsinya dalam perannya menghubungkan simpul-simpul jasa distribusi, status jalan dan penyelenggaranya terkait fungsi administrasi, kelas penggunaan jalan terkait dengan jenis-jenis kendaraan yang diizinkan menggunakan jalan, dan spesifikasi penyediaan prasarana jalan yang memberi batasan wujud jalan.

Tabel 2.5 Korelasi Padanan antar Pengelompokan Jalan

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

2.5.1 Kecepatan Desain

Penetapan kecepatan desain (V_D) menjadi dasar pemilihan parameter geometrik yang lain, sehingga V_D disebut kriteria utama desain geometrik jalan. Pertimbangan utama dalam memilih V_D adalah:

1. Memungkinkan kendaraan desain melintas dengan aman dan nyaman pada batas-batas kecepatan operasional yang ditentukan.
2. Dipilih V_D tertinggi dari rentang nilai V_D yang diizinkan, kecuali dipilih yang lebih rendah karena pertimbangan keselamatan, ekonomi, lingkungan, dan kemudahan konstruksi.
3. Mempertimbangkan medan jalan (datar, bukit dan gunung).
4. Pada ruas jalan yang akan ditingkatkan dimasa yang akan datang atau pelaksanaan konstruksi bertahap, maka V_D yang dipilih hendaknya yang sesuai dengan V_D di akhir umur desain.

Apabila V_D telah ditetapkan maka nilai kriteria lainnya dapat ditetapkan dengan merujuk pada tabel berikut yang bersumber dari PDGJ Tahun 2021.

Tabel 2.6 Kriteria Desain

Elemen Kriteria Desain		Jalan Antarkota			
Rentang V_D , Km/Jam	Datar	15-100			
	Bukit	15-90			
	Gunung	15-80			
Kelas Penggunaan Jalan		I	II	III	JLR
Kelandaian Memanjang (G), % <i>paling tinggi</i>	Datar	6	6	6	6
	Bukit	8	8	8	10
	Gunung	8	10	12	15
Superelevasi (e), % <i>paling tinggi</i>		8			
Kekesatan Melintang (f_{maks}), <i>paling tinggi</i>		(Terdapat di Diagram Faktor Kekesatan Melintang)			
Kekesatan Memanjang		0,35 untuk MP dan 0,29 untukTruk			
R_{min} Lengkung Horizontal		$R_{min} = V_D^2/127(f_{maks} + e_{maks})$			
R_{min} Lengkung Vertikal Cembung		$R_{min} = f\{V_D; K\}$; (nilai K terdapat pada Tabel)			
R_{min} Lengkung Vertikal Cekung					

Pemilihan nilai kelandaian memanjang yang paling tinggi harus mempertimbangkan kendaraan desain yang sesuai dengan kelas penggunaan jalan agar kecepatan operasionalnya seimbang dengan V_D yang ditetapkan. Superelevasi

dan kekesatan melintang yang nilainya ditetapkan sesuai tabel di atas, nilainya diperlukan untuk menghitung $R_{\min}$ lengkung horizontal yang sesuai dengan V_D .

Berdasarkan kriteria desain tersebut yang menetapkan kecepatan desain, kelandaian memanjang sesuai kelas jalan, radius tikungan (sebagai fungsi dari V_D , superelevasi, dan kekesatan melintang), dan radius lengkung vertikal (sebagai fungsi dari V_D dan K), maka dapat dimulai mendesain garis alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal untuk mendapatkan alternatif trase jalan.

2.5.2 Kendaraan Desain

Kendaraan desain dapat ditentukan setelah kelas penggunaan jalan ditetapkan. Semua elemen geometrik jalan harus dapat melayani semua pergerakan kendaraan yang diwakili oleh kendaraan desain yang dipilih. Ada dua karakteristik utama kendaraan desain. Perbedaan utamanya adalah:

1. Kendaraan penumpang (sedan, minibus/mikrobus, pickup/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.
2. Kendaraan besar (bus dan truk), memiliki tinggi mata pengemudi yang lebih tinggi, kecepatannya langsung dipengaruhi oleh kelandaian jalan, dan kemampuan berakselerasinya lebih rendah.

Undang-undang No.22 Tahun 2009 Pasal 19 mengatur bahwa jalan kelas I harus mampu dilalui oleh kendaraan paling besar dengan klasifikasi Kendaraan Besar (termasuk kendaraan dengan klasifikasi Kendaraan Sedang dan Kendaraan Kecil). Jalan kelas II harus mampu dilalui oleh kendaraan bermotor paling besar dengan klasifikasi Kendaraan Sedang (Kendaraan Besar dilarang masuk tetapi Kendaraan Kecil boleh masuk). Jalan kelas III hanya dapat dilalui oleh paling besar oleh kendaraan dengan klasifikasi Kendaraan Kecil yang artinya Kendaraan Besar dan Kendaraan Sedang tidak boleh masuk.

Tabel berikut menunjukkan dimensi kendaraan-kendaraan yang dapat dipakai sebagai informasi dalam penentuan kendaraan desain sesuai kelas penggunaan jalannya berdasarkan pada PDGJ Tahun 2021.

Tabel 2.7 Dimensi dan Radius Putar Kendaraan Desain

No	Jenis-jenis Kendaraan	Dimensi kendaraan			Jarak Antar Sumbu	Jalur		RPM	RPK	R _{maks}	R _{min} pada sudut belok kendaraan					
		Panjang	Lebar	Tinggi		Depan	Belakang				25°	45°	90°	135°	180°	
																m
Jenis-jenis kendaraan, berdasarkan dimensi, yang dapat beroperasi pada jalan kelas 1, 2, dan 3																
1	Toyota Avenza	4,19	1,66	1,69	2,05	0,75	0,79	5,49	4,72	5,82	3,58	3,40	3,28	3,19	3,10	
2	Toyota Hiace	5,38	1,88	2,29	3,11	1,07	1,20	6,44	5,61	6,95	4,30	4,09	3,91	3,91	3,70	
3	Isuzu ELF NLR 55 BLX	6,17	1,84	2,17	3,36	1,11	1,70	7,41	6,72	7,92	5,44	5,26	5,07	5,07	4,94	
4	Truk Pemadam Kebakaran 2"	7,73	2,40	-	4,28	1,25	2,20	7,77	6,66	8,31	4,90	4,60	4,32	4,19	3,95	
5	Bus Angkutan Masal Sedang*	7,30	2,15	3,15	3,74	1,24	2,33	6,80	5,81	7,35	4,28	3,98	3,65	3,55	3,41	
6	Bus Mitsubishi Kecil	7,05	2,10	3,30	3,78	1,48	2,00	6,86	5,88	7,52	4,37	4,07	3,76	3,64	3,50	
7	Bus Sedang Mitsubishi FE84GBQ(4x2)*	7,68	2,10	3,05	3,85	1,48	2,35	7,00	5,99	7,73	4,44	4,16	3,82	3,71	3,59	
8	Truk Hino 500 Cargo FG 260 JM (T1.2)	8,85	2,49	2,75	5,08	1,28	2,49	9,08	7,90	9,60	5,99	5,62	5,23	5,06	4,86	
9	Truk Isuzu Giga FVR 34 S 245 PS (T1.2)	7,60	2,49	2,97	4,30	1,25	2,05	7,69	6,69	8,38	4,89	4,59	4,25	4,10	3,92	
Jenis-jenis kendaraan, berdasarkan dimensi, yang dapat beroperasi pada jalan kelas 1 dan 2																
10	Truk Pemadam Kebakaran 1"	9,93	2,49	-	4,60	1,40	2,48	9,31	8,17	9,93	6,24	5,89	5,46	5,36	5,08	
11	Bus angkutan massal ukuran besar*	11,95	2,50	3,50	6,00	2,46	3,48	10,53	9,33	11,65	7,36	6,89	6,30	6,20	5,99	
12	Truk Hino 500 Cargo FL 245 JW (T1.22)	11,95	2,49	2,78	5,83+1,35	1,28	3,49	11,11	10,06	11,83	8,03	7,60	7,08	6,83	6,59	
13	Truk Isuzu Giga FVR 34 U (T1.2)	11,95	2,49	2,93	6,60	1,25	4,10	11,49	10,27	11,95	8,16	7,75	7,17	6,97	6,69	
Jenis-jenis kendaraan, berdasarkan dimensi, yang dapat beroperasi pada jalan kelas 1																
14	Bus Besar	12,10	2,50	3,40	5,80	2,90	3,40	10,23	9,03	11,57	7,05	6,61	6,13	5,95	5,74	
15	Truk Gandengan Hino 5 sumbu (T1.22+2.2)	16,80	2,50	2,50	3,20-7,50-1,40-1,40	1,70	3,70	11,37	10,13	11,75	7,53	6,70	5,79	4,54	3,89	
16	Truk Gandengan Hino 4 sumbu (T1.2+2.2)	16,20	2,51	3,10	4,30-5,20-1,30	1,20	2,40	11,04	9,81	11,64	7,52	6,94	6,48	5,84	5,37	
17	Truk Tempelan Hino 6 sumbu (T1.22+2.22)	16,40	2,50	3,20	3,40-1,28-6,70-1,30-1,30	1,20	1,40	11,47	10,24	11,84	7,64	6,86	6,02	4,70	4,01	

Sumber: Lawalata dan Rahman, 2020

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

Sumber: Lavalata dan Rahman, 2020

Catatan: RPM - Radius putar minimum ban kendaraan pada sumbu depan terluar

R_{dep} - Radius putar minimum ban kendaraan pada sumbu paling belakang sebelah dalam

RPK - Radius putar pusat sumbu depan kendaraan

R_{maks} - Radius putar badan kendaraan depan terluar

Kendaraan desain yang dipilih selanjutnya menjadi pertimbangan dalam penetapan lebar lajur jalan dan pemeriksaan semua elemen geometrik yang terkait ketersediaan dimensi lajur lalu lintas yang harus mengakomodasi semua jenis kendaraan yang akan menggunakan jalan tersebut.

2.5.3 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan selama satu satuan waktu (kend/hari, kend/jam). Volume lalu lintas untuk keperluan desain kapasitas geometrik jalan perlu dinyatakan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP), yaitu dengan menyesuaikan dengan nilai Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP) pada setiap jenis kendaraan. Volume lalu lintas juga dipergunakan untuk perencanaan desain, jumlah dan lebar lajur jalan. Istilah-istilah yang berhubungan dengan volume lalu lintas yaitu lalu lintas harian rata-rata (LHR), volume jam perencanaan (VJP), satuan mobil penumpang (SMP), arus lalu lintas jam desain (q_{JD}), kapasitas dan tingkat pelayanan jalan (Raharjo, 2022).

2.5.3.1 Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Menurut cara memperoleh datanya, LHR dibedakan menjadi 3, yaitu:

1. Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) adalah jumlah lalu lintas yang diperoleh selama masa pengamatan, dibagi dengan lamanya waktu pengamatan, data ini tidak tersedia selama satu tahun (satunya kendaraan/hari, untuk total 2 arah).

2. Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT) adalah jumlah lalu lintas rata-rata yang melewati suatu jalan selama 24 jam yang dihitung dari data selama satu tahun dibagi 365 hari.
3. Volume lalu lintas harian rata-rata tahunan desain adalah taksiran atau prakiraan volume lalu lintas harian untuk masa yang akan datang pada bagian jalan tertentu.

2.5.3.2 Volume Jam Perencanaan (VJP)

Volume Jam Perencanaan (VJP) adalah prakiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam SMP/jam. Volume Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan Desain (LHRT_D) adalah prakiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam SMP/hari. VJP digunakan untuk menghitung jumlah jalur jalan dan fasilitas lalu lintas lainnya. Arus lalu lintas bervariasi antara jam ke jam dalam satu hari. Volume lalu lintas dalam satu jam yang digunakan sebagai VJP harus direncanakan sedemikian rupa.

2.5.3.3 Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Satuan mobil penumpang adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan, dari berbagai tipe kendaraan telah diubah menjadi kendaraan ringan dengan menggunakan ekivalen mobil penumpang. Dalam perancangan geometrik jalan, volume lalu lintas umumnya ditetapkan dalam Satuan Mobil Penumpang per satuan waktu (SMP/hari) atau (SMP/jam). Sehingga masing-masing kendaraan yang akan melewati jalan rencana harus dikonversikan ke dalam satuan tersebut, dengan terlebih dahulu dikalikan dengan nilai ekivalen mobil penumpang (EMP).

2.5.3.4 Arus Lalu Lintas Jam Desain

Jalur lalu lintas harus didesain agar mampu melayani arus lalu lintas yang direpresentasikan oleh q_{JD} , sesuai dengan kualitas pelayanan yang diharapkan selama umur desainnya. q_{JD} ditetapkan dari LHRT tahun berjalan yang diproyeksikan sesuai dengan umur desain/pelayanan geometrik ke akhir tahun desain. LHRT pada tahun awal dapat diperoleh dari survei langsung pada jalan yang akan ditingkatkan atau dari suatu kajian transportasi untuk jalan baru.

Manfaat lain dari hasil survei lalu lintas, yaitu dapat digunakan untuk menghitung beban lalu lintas kendaraan berupa jumlah kumulatif ekuivalen beban standar (CESA) sebagai dasar mendesain perkerasan jalan sehingga memiliki kemampuan menampung dan kekuatan jalan yang konsisten (Bina Marga, 2017).

Untuk memproyeksikan LHRT tahun berjalan ke akhir tahun pelayanan, umumnya dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{LHRT}_D = \text{LHRT}_{TB} \times (1 + i)^n \quad (2.1)$$

Keterangan:

LHRT_D	= Volume lalu lintas harian rata-rata tahunan desain
LHRT_{TB}	= Volume lalu lintas harian rata-rata pada tahun berjalan
i	= Faktor pertumbuhan lalu lintas, gunakan nilai yang disepakati, nilai tipikal yang sering digunakan berkisar antara 5,5% sampai 10%
n	= Umur desain (tahun)

Persamaan untuk menghitung q_{JD} ditetapkan sebagai berikut:

$$q_{JD} = \text{LHRT}_D \times K \quad (2.2)$$

Keterangan:

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

Berikut merupakan tabel yang digunakan untuk pemilihan tipe jalan dan dimensi badan jalan. Nilai kapasitas yang dicantumkan dalam tabel-tabel berikut, adalah nilai kapasitas dasar tipe jalannya yang dikalikan dengan rasio volume lalu lintas terhadap kapasitasnya (RVK) sebesar 85%. Tabel berikut memuat besarnya nilai q_{JD} terhadap tipe jalan dan ukuran lajur/jalur lalu lintasnya, sehingga untuk suatu nilai q_{JD} dapat ditetapkan tipe jalan dan dimensi jalur/lajur lalu lintas, bahu jalan, median jalan (jika ada), jenis perkerasan dan ruang jalan.

Tabel 2.8 Menetapkan Tipe Jalan sesuai q_{JD} dan Pilihan Tipe Perkerasan

(1)		(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)
Q _{JD} , SMPU/jam	Datar	300SM	600	1.190	1.920	2.240	2.400	2.640	2.850	3.030	3.190	4.900	5.490	5.880	6.200	6.460	9.700
	Bukit	240SM	480	1.150	1.860	2.170	2.320	2.500	2.750	2.930	3.090	4.800	5.350	5.720	6.040	6.290	9.400
	Gunung	180SM	360	1.110	1.800	2.100	2.240	2.400	2.660	2.830	2.980	4.600	5.200	5.570	5.880	5.760	9.200
Tipe Jalan		2/2-TT	2/2-TT										4/2-TT	4/2-T			6/2-T
Lebar jalur LL, m		3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	2x5,5	2x5,5	2x6,0	2x6,5	2x7,0	2x10,5
Bahu Luar	Lebar bahu luar (L _{bu}), pada jalan baru, m	0,5	2,0										2,0				
	L _{bu} pada rekonstruksi jalan lama, m	0,5	1,5										1,5				
	Kemiringan melintang, %	6	6										6				
Saluran tepi jalan		0,5	1,5										1,5				
Ambang pengaman		0,5	1,0										1,0				
Lebar Median (L _m) dan Bahu Dalam (L _{bd}), m	Median drendahkan	Tanpa median	Tanpa median										- L _m =9,0m & L _{bd} = 1,0m (untuk V≤50Km/jam) - L _m =9,0m & L _{bd} = 1,5m (untuk V>60Km/jam) - L _m =1,5 & L _{bd} =0,5m (untuk V≤50Km/jam, tinggi-kerb, lebar=0,5m) - L _m =1,8m & L _{bd} = 0,5m (utk V≤50Km/jam dan dipakai lapak penyeberangan selebar 0,8m) - L _m =2,0m & L _{bd} = 0,75m (untuk V>60Km/jam, ditinggikan setinggi 1,1m selebar 0,5m)				
	Median ditinggikan																
Perkerasan	Jenis (contoh): (Detail desain perkerasan mengacu pada Manual Desain Perkerasan jalan, DJSM, 2017)	Sirtu; Urpil; Awacac; Kerikil; Nacac; Butir; Bunda	Single-Pennac; Double-Pennac; Butas	HRS; HRSSA; SS; MS; AC		AC; MA; DOGEM; SMA		AC; HSWC Super-Pave Rigid					AC; HSWC Super-Pave Rigid				
	Umur desain	5	10	15	20							20					

Kemiringan melintang normal, %		4	3				2				2							
IRI paling besar ^{*)} , m/Km		12	8 (V≤20Km/Jam); 6 (V≤40Km/Jam); 4 (V≤60Km/Jam); 2,5 (V≤80Km/Jam); 1,5 (V≤100Km/Jam); 1,0 (V≤120Km/Jam)															
RCI ^{*)}		Sedang	Sedang				Sedang s.d. Baik				Baik							
Rumaja, m		6,5	10	10,5	11,0	11,5	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0	28,0	
Rumaja, m	JSD	6,5	15,0								16,0	17,0	25,0	25,0	25,0	25,0	30,0	
	JKC		11,0	11,5	12,0	15,0	15,0	15,0	16,0	17,0								
Ruwaja ^{*)} , m		-	Arteri primer = 15m; Kolektor primer = 10,0m; Lokal primer = 7,0m; Lingkungan primer = 5,0m; Jembatan 100,0m															

Keterangan:

*) Harus dipenuhi pada konstruksi jalan baru atau pada rekonstruksi jalan lama.

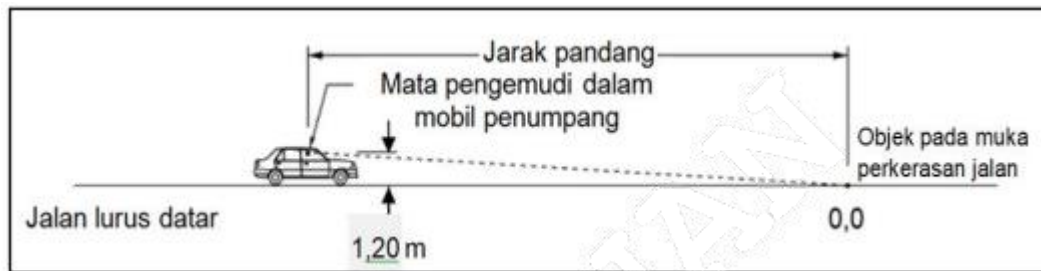
**) Ruwasja diadakan apabila Rumija tidak cukup luas untuk memenuhi jarak pandang, pengamanan konstruksi, pemenuhan fungsi jalan dan Rubeja dihitung dari batas terluar badan jalan ke sebelah luar.

Umur desain geometrik jalan paling sedikit yaitu 20 tahun, dengan memertimbangkan keseimbangan antara umur desain geometrik dengan umur desain elemen-elemen jalan yang lain, termasuk jembatan, perkerasan jalan, sistem drainase dan bangunan utilitas.

2.6 Jarak Pandang

Jarak pandang (*sight distance*) 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. Misalnya adanya penyeberangan orang, rambu-rambu, persimpangan, tikungan, kelandaian dan lain-lain.

Gambar berikut mengilustrasikan konsep jarak pandang. Dalam desain geometrik, jarak pandang didasarkan pada V_D .



Gambar 2.2 Jarak Pandang

Jarak pandang sangat dipengaruhi oleh 3 faktor penting yaitu:

1. Waktu PIEV yaitu *Perception Time, Intellection Process, Emotion Process* dan *Volition*.
 - a. *Perception Time*, waktu untuk menelaah rangsangan melalui mata, telinga maupun reaksi fisik badan.
 - b. *Intellection process*, yaitu waktu menelaah rangsangan disertai dengan proses pemikiran atau perbandingan dengan pengalaman.
 - c. *Emotion Process*, yaitu waktu yang dibutuhkan selama proses penanggapan emosional untuk bereaksi setelah *perception time* dan *intellection time*.
 - d. *Volition*, waktu yang dibutuhkan untuk memutuskan kemauan bertindak atas pertimbangan yang ada.
2. Waktu untuk menghindari keadaan bahaya.
3. Kecepatan kendaraan.

Jarak pandang ditentukan oleh tinggi mata pengemudi, tinggi obyek, waktu reaksi pengemudi, dan perlambatan longitudinal.

1. Tinggi mata pengemudi untuk desain geometrik ditetapkan 120 cm untuk mobil penumpang, untuk bus ditetapkan 180 cm dan truk ditetapkan 240 cm.
2. Tinggi Objek, J_{PH} ditetapkan berdasarkan reaksi pengemudi terhadap objek berbahaya yang ada di permukaan jalur jalan. Semakin kecil objek semakin panjang jarak pandangnya.

3. Waktu reaksi pengemudi untuk desain geometrik jalan ditetapkan 2,5 detik dan digunakan sebagai dasar untuk menghitung J_{PH} .
4. Perlambatan longitudinal, nilainya tergantung pada kecepatan kendaraan, kondisi dan tekanan ban, jenis dan kondisi permukaan perkerasan jalan termasuk basah atau kering. Umumnya nilai perlambatan longitudinal desain sebesar $3,4 \text{ m/det}^2$.

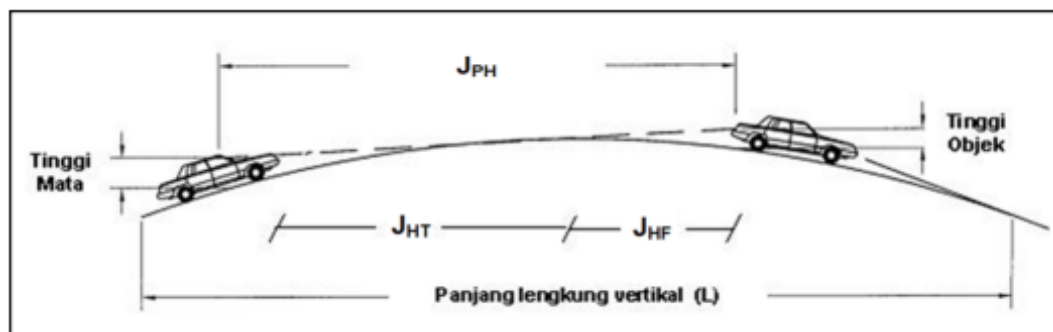
2.6.1 Jarak Pandang Henti

Jarak pandang henti (J_{PH}) ialah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman saat melihat adanya halangan di depan. Truk umumnya memerlukan J_{PH} lebih panjang meskipun mempunyai tinggi mata pengemudi lebih tinggi. Persyaratan teknis jalan menentukan bahwa semua lajur lalu lintas di sepanjang alinyemen horizontal harus memenuhi J_{PH} . Dalam perencanaan jarak pandang henti harus lebih besar daripada jarak pandang henti minimum.

2.6.1.1 Jarak Pandang Henti Mobil Penumpang

J_{PH} terdiri dari komponen Jarak Tanggap (J_{HT}) dan Jarak Pengereman (J_{HF}).

1. Jarak Tanggap (J_{HT}) pada PDGJ Tahun 2021 merekomendasikan waktu tanggap adalah 2,5 detik, perlambatan longitudinal $3,4 \text{ m/detik}^2$ dan koreksi tambahan jarak pandang pada landai menurun atau pengurangan jarak pandang di landai menaik.
2. Jarak Pengereman (J_{HF}) ini dipengaruhi oleh tekanan angin ban, jenis ban, sistem pengereman, permukaan perkerasan dan kelembapan permukaan jalan.



Gambar 2.3 Konsep Jarak Pandang Henti

Jarak pandang henti besarnya dapat dihitung dengan konsep:

$$J_{PH} = J_{ht} + J_{hf} \quad (2.3)$$

Dimana penjabaran perhitungannya sebagai berikut:

$$J_{PH} = \frac{V_D^2}{3,6} + \frac{V_D^2}{2 \times 3,6^2 \times 9,81 \left(\frac{a}{9,81} \pm G \right)} = 0,278 V_D t + 0,039 \frac{V_D^2}{254 \left(\frac{a}{9,81} \pm G \right)} \quad (2.4)$$

Keterangan:

J_{PH} : Jarak pandangan henti (m)

T : Waktu reaksi (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 + untuk menaik

Berikut merupakan tabel untuk nilai jarak pandang henti mobil penumpang yang bersumber dari PDGJ Tahun 2021:

Tabel 2.9 J_{PH} Mobil Penumpang pada Kelandaian Datar, Menurun, Menanjak

V_D (Km/Jam)	J_{HT} (m)	J_{HF} (m)	J_{PH} (dibulatkan), m						
			Datar	Turunan			Tanjakan		
			0%	3%	6%	9%	3%	6%	9%
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

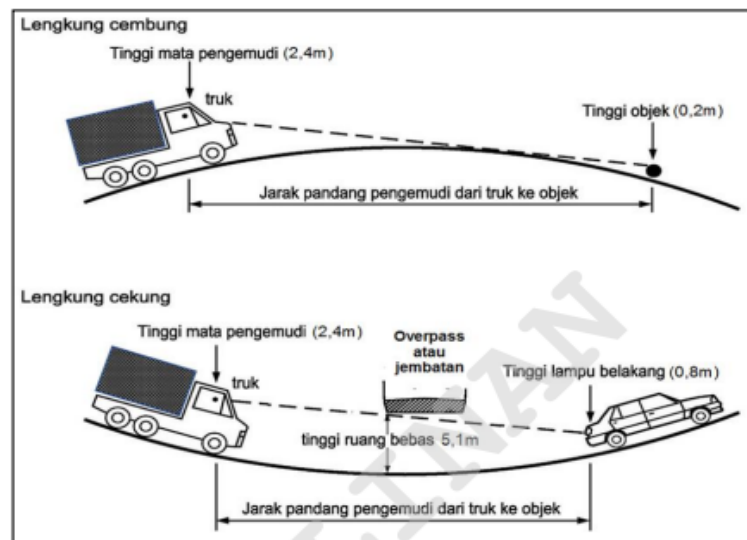
2.6.1.2 Jarak Pandang Henti Truk

Lokasi-lokasi yang harus dipertimbangkan untuk memenuhi J_{PH} truk yaitu sebagai berikut:

1. Menjelang daerah yang memerlukan perubahan kecepatan seperti pada tikungan gabungan dan lajur perlambatan.
2. Menjelang perlintasan rel kereta api dan ketika melalui underpass.
3. Persimpangan dengan jarak pandang samping terbatas, seperti pada persimpangan di wilayah perkotaan, sekitar pertokoan atau yang banyak bangunan, medan berbukit, di dekat tiang jembatan.

4. Menjelang persimpangan dimana kecepatan truk mendekati atau hampir sama dengan kecepatan mobil.
5. Pada lokasi-lokasi lengkung vertikal cembung dan cekung.

Jika J_{PH} tidak mencukupi untuk truk dan tidak mungkin untuk memperbaiki desain geometrik atau keadaan eksisting, maka perlu dipertimbangkan untuk memasang rambu-rambu lalu lintas dan garis marka jalan tambahan untuk meningkatkan keselamatan.



Gambar 2.4 Jarak Pandang Henti Truk

Berikut merupakan tabel untuk nilai jarak pandang henti truk:

Tabel 2.10 J_{PH} Truk pada Kelandaian Normal dan Koreksi Kelandaian

V _D (Km/Jam)	J _{HT} (m)	J _{HF} (m)	J _{PH} (dibulatkan), m							
			Datar	Turunan				Tanjakan		
				0%	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	13,9	5,4	19	20	21	22	19	19	19	
30	20,8	12,2	33	35	37	39	32	31	31	
40	27,8	21,7	49	53	56	60	48	46	45	
50	34,7	33,9	69	73	78	84	66	63	61	
60	41,7	48,9	91	97	104	113	86	83	79	
70	48,6	66,5	115	123	133	145	109	104	100	

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

2.6.2 Jarak Pandang Mendahului

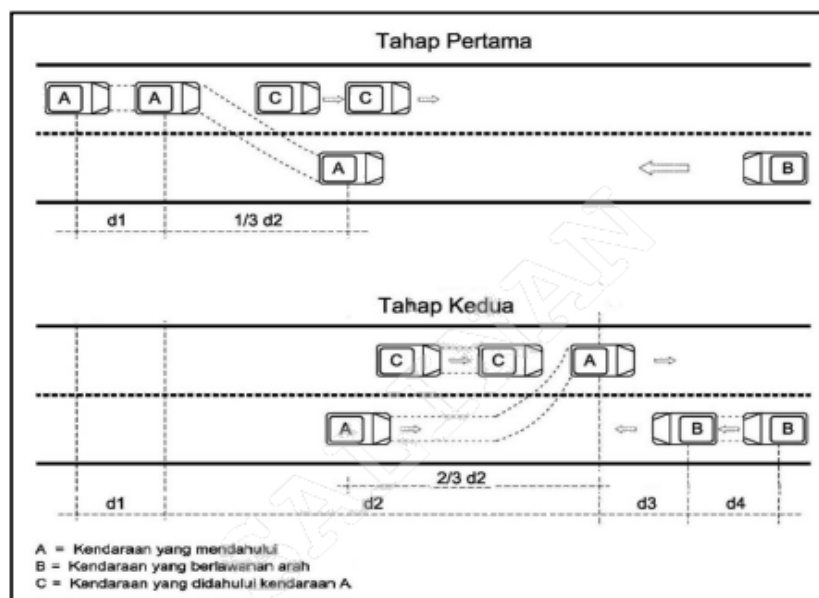
Jarak pandang mendahului (J_{PM}) yaitu panjang jalan di depan pengemudi yang terlihat dan cukup panjang untuk mendahului kendaraan yang ada didepannya dengan aman. Ketentuan teknis untuk J_{PM} adalah bahwa J_{PM} harus dipenuhi hanya pada jalan dua lajur dua arah tanpa median (2/2-TT) di jalan Antarkota dan porsi pemenuhannya paling sedikit 20% dari seluruh panjang ruas yang didesain.

J_{PM} diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi 120 cm dan tinggi halangan (objek) di muka jalan 120 cm. J_{PM} ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$J_{PM} = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \quad (2.5)$$

Keterangan:

- J_{PM} = Jarak pandang mendahului (m)
- d_1 = Jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m)
- d_2 = 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, yang besarnya ditetapkan sama dengan $2/3 d_2$ (m)



Gambar 2.5 Manuver Mendahului

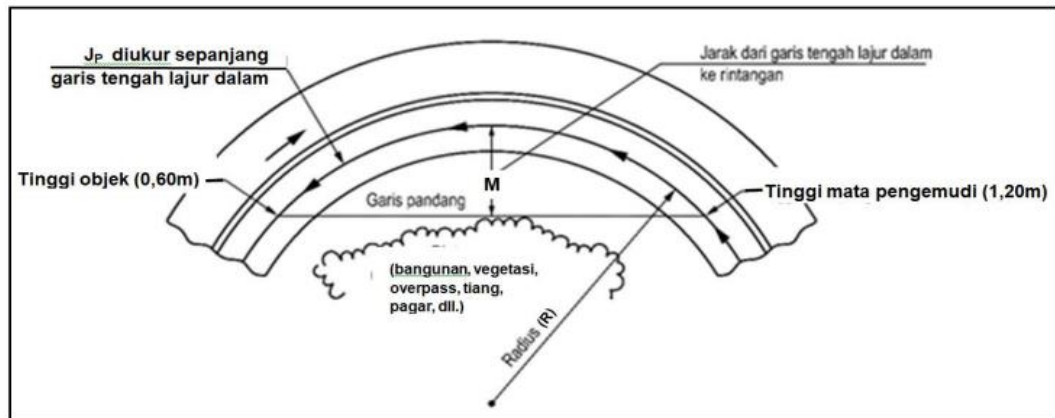
Tabel 2.11 Elemen J_{PM} untuk Jalan 2/2-TT

Komponen dari Manuver Mendahului	Rentang Kecepatan Arus (Km/Jam)			
	50-65	66-80	81-95	96-110
	Kecepatan Rata-Rata Mendahului (Km/Jam)			
	56,2	70,0	84,5	99,8
Awal manuver:				
a=Percepatan rata-rata	2,25	2,30	2,37	2,41
t_1 =Waktu (detik)	3,6	4,0	4,3	4,5
d_1 =Jarak yang ditempuh	45	66	89	113
Keberadaan pada lajur kanan:				
t_2 =Waktu (detik)	9,3	10,0	10,7	11,3
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
$J_{PM}=d_1+d_2+d_3+d_4$	317	446	583	726

Pada lokasi-lokasi dimana mendahului tidak diizinkan, maka garis marka jalan menerus harus dipasang sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan No.34 Tahun 2014 tentang Marka Jalan.

2.6.3 Ruang Bebas Samping di Tikungan

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 (Gambar 2.6). Besarnya ruang yang harus dijaga bebas dari halangan tersebut tergantung pada radius tikungan dan kecepatan desain.



Gambar 2.6 Ruang Bebas Samping di Tikungan

Posisi mata pengemudi:

1. Mobil penumpang : Di tengah lajur
2. Truk yang belok ke kiri : 1,15 m dari tepi kanan lajur
3. Truk yang belok ke kanan : 2,85 m dari tepi kiri lajur

Untuk menentukan jarak bebas bagi truk (M):

1. Gunakan J_{PH} truk dan radius garis tengah lajur
2. Untuk truk membelok ke kiri, kurangi 0,30 m dari perhitungan langkah pertama.
3. Untuk truk membelok ke kanan, tambahkan 0,55 m dari perhitungan langkah pertama.

M dan J_P dihitung oleh persamaan berikut jika $J_P \leq$ panjang lengkung.

$$M = R \left\{ 1 - \cos \left(\frac{28,65 J_P}{R} \right) \right\} \quad (2.6)$$

$$J_P = \frac{R}{28,65} \left\{ \cos^{-1} \left(\frac{R - J_P}{R} \right) \right\} \quad (2.7)$$

Keterangan:

- M = Jarak bebas samping di tikungan (m)
 R = Radius di pusat lajur sebelah dalam (m)
 J_P = Jarak pandang (J_{PH} atau J_{PM}) (m)

2.7 Alinyemen Horizontal

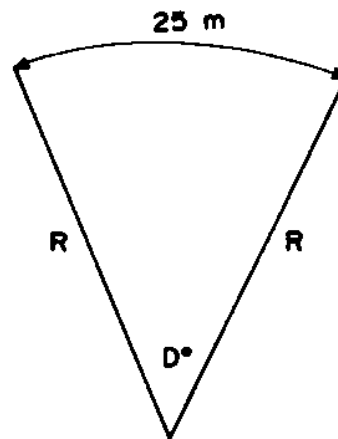
Alinyemen horizontal atau disebut juga trase jalan merupakan garis proyeksi sumbu jalan tegak lurus pada bidang peta. Trase merupakan susunan dari potongan-

potongan garis lurus (*tangen*) yang satu sama lain dihubungkan dengan lengkungan (kurva) sehingga membentuk tikungan. Pada perencanaan alinyemen horizontal, terdapat beberapa komponen utama yang harus masuk dalam proses perhitungan perencanaan, komponen tersebut antara lain sebagai berikut.

2.7.1 Derajat Lengkung

Derajat lengkung ($^{\circ}$) adalah besarnya sudut lengkung yang menghasilkan panjang busur 25 m. Semakin besar nilai R maka semakin kecil nilai D dan semakin tumpul lengkung horizontal rencana. Sebaliknya, semakin kecil nilai R maka nilai D akan semakin besar dan semakin tajam lengkung horizontal yang direncanakan (Suwardo, 2019). Adapun rumus perhitungan nilai derajat lengkung, sebagai berikut:

$$D = \frac{25}{2\pi \cdot R} \times 360 \text{ atau } D = \frac{1432,39}{R} \text{ derajat} \quad (2.8)$$



Gambar 2.7 Hubungan Derajat Lengkung (D) dengan Radius Lengkung (R)

2.7.2 Jari-Jari Tikungan

Radius tikungan atau jari-jari tikungan (R) 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:

$$R_{\min} = \frac{V_D^2}{127(e_{\max} + f)} \quad (2.9)$$

Keterangan:

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

V_D = Kecepatan desain (km/j)

$E_{\max}$ = Superelevasi maksimum (%)

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

Tabel 2.12 Radius Minimum dengan Kemiringan Melintang Normal

V_D (Km/Jam)	Lereng Normal (F-C)			Kemiringan melintang jalan <i>Adverse</i> 3% R_{Minimum} (m)
	$e_{\text{Maksimum}}=4\%$ R_{Minimum} (m)	$e_{\text{Maksimum}}=6\%$ R_{Minimum} (m)	$e_{\text{Maksimum}}=8\%$ R_{Minimum} (m)	
50	951	1050	1090	130
60	1310	1440	1490	200
70	1740	1910	1970	300

2.7.3 Gaya Sentrifugal

Ketika sebuah kendaraan bergerak di jalur melingkar, kendaraan tersebut akan mengalami percepatan sentripetal yang bekerja mengarah ke pusat kelengkungan. Akselerasi ini ditopang oleh komponen bobot kendaraan berupa superelevasi jalan dan gesekan ke samping yang berkembang antara ban kendaraan dengan permukaan perkerasan jalan atau kombinasi keduanya. Sebagai konsep, akselerasi sentripetal ini disamakan dengan gaya sentrifugal. Namun, ini adalah gaya imajiner yang diyakini pengendara mendorong kendaraan keluar tikungan saat menikung, yang pada kenyataan-nya, pengendara benar-benar merasakan kendaraan dipercepat ke arah dalam (ke arah pusat lengkungan).

Dengan demikian, besarnya gaya sentrifugal dapat ditulis sebagai berikut:

$$F = \frac{G \cdot V^2}{g \cdot R} \quad (2.10)$$

Keterangan:

G = Berat kendaraan (kg)

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

V = Kecepatan kendaraan (km/jam)

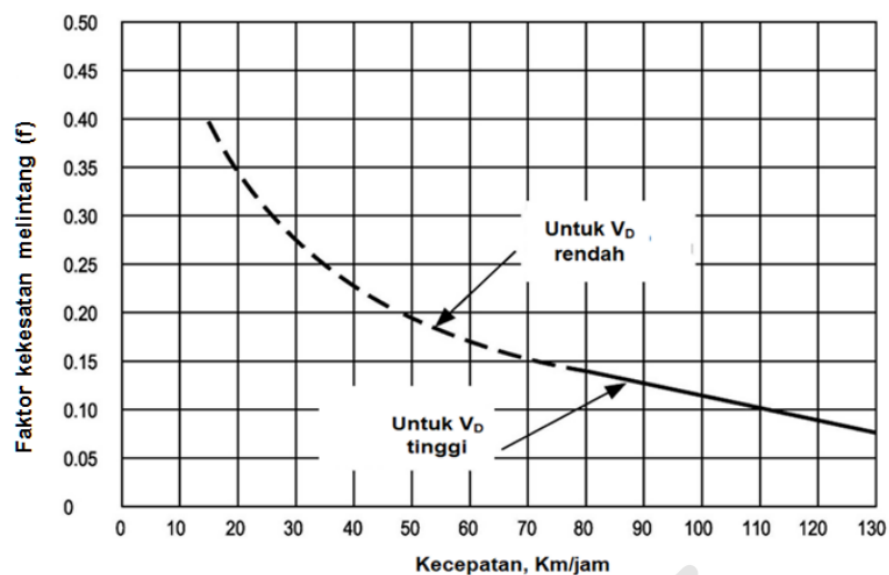
R = Jari-jari lengkung lintasan (m)

2.7.4 Kekesatan Melintang

Kendaraan yang melintasi suatu busur lingkaran horizontal akan mengalami percepatan sentripetal yang bekerja menuju pusat lingkaran. Akselerasi sentripetal ini disamakan dengan gaya sentrifugal yang bekerja pada pusat “mass” kendaraan yang diimbangi oleh komponen berat kendaraan akibat adanya superelevasi dan gaya gesek yang terjadi antara ban dan permukaan jalan. Jika gaya gesek tidak mencukupi, kendaraan akan cenderung bergeser menyamping ke arah alinyemen memanjang jalan.

Faktor kekesatan melintang bervariasi terhadap kecepatan desain yaitu dari 0,18 untuk kecepatan 20Km/Jam, hingga sekitar 0,15 untuk kecepatan 70Km/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. Faktor kekesatan menyamping dapat bervariasi tergantung pada jenis dan kondisi permukaan jalan, perilaku pengemudi dan jenis serta kondisi ban.

Nilai-nilai faktor kekesatan melintang pada Gambar 2.8 direkomendasikan untuk digunakan dalam mendesain kurva horizontal.



Gambar 2.8 Faktor Kekesatan Melintang

2.7.5 Panjang Bagian Jalan Lurus

Mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, Bina marga menetapkan maksimum panjang bagian jalan lurus (L_L) berdasarkan waktu tempuh kurang dari 2,5 menit yang sesuai dengan kecepatan desain (V_D). Desain panjang alinyemen jalan yang lurus perlu mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut.

1. Silau sorotan lampu di malam hari dari kendaraan yang berlawanan arah menjadi mengganggu pada jarak lebih dekat dari 3.000 m.
2. Pada jarak lebih dari 2.500 m, pengemudi akan sulit memperkirakan kecepatan kendaraan yang datang dari arah berlawanan.
3. Silau sinar matahari pagi dan sore pada jalan dengan sumbu alinyemen 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)

2.7.6 Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan (L_s) 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 supaya pengemudi dapat menyesuaikan manuver kendaraan pada bagian-bagian geometrik jalan yang bertransisi dari alinyemen lurus ke lingkaran, atau dari lurus ke lurus atau juga dari alinyemen lingkaran ke lingkaran. Bentuk lengkung peralihan yang paling sesuai dengan gerakan manuver kendaraan yang aman dan nyaman berbentuk spiral atau *clothoid*, yaitu lengkung dengan radius di setiap titik berbanding terbalik dengan panjang lengkungnya. Fungsi lengkung peralihan pada alinyemen horizontal adalah:

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

Bentuk lengkung peralihan dapat berupa parabola atau spiral (*clothoid*).

Panjang lengkung peralihan (L) ditetapkan atas pertimbangan bahwa:

1. Lama waktu perjalanan di lengkung peralihan perlu dibatasi untuk menghindari kesan perubahan alinyemen yang mendadak, ditetapkan 3 detik (pada kecepatan V_D).
2. Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan dapat diantisipasi berangsur-angsur pada lengkung peralihan dengan aman.
3. 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:
 - a. Untuk $VR \leq 70$ km/jam, $r_{e-max} = 0.035$ m/m/detik.
 - b. Untuk $VR \geq 80$ km/jam, $r_{e-max} = 0.025$ m/m/detik.

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

1. Waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan

$$L_s = \frac{V_D}{3,6} T \quad (2.12)$$

Keterangan:

T = Waktu tempuh pada lengkung peralihan (3 detik)

V_D = Kecepatan desain (km/jam)

2. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_s = 0,022 \frac{V_D^2}{R_c} - 2,727 \frac{V_D^e}{C} \quad (2.13)$$

3. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)V_D}{3,6.r_e} \quad (2.14)$$

Keterangan:

V_D = Kecepatan rencana (km/jam)

e_m = Superelevasi maximum

e_n = Superelevasi normal

r_e = Tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan
(m/m/detik)

4. Berdasarkan short

$$L_{Smin} = \frac{0,0214V_D^3}{R_C C} \quad (2.15)$$

Keterangan:

V_D = Kecepatan desain (km/jam)

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

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

$$L_{Smin} = \sqrt[2]{24(P_{min})R_C} \quad (2.16)$$

Keterangan:

L_{smin} = Panjang minimum lengkung peralihan (m)

P_{min} = Jarak offset lateral minimum antara bagian lurus dan busur lingkaran (0,20 m)

R_C = Radius busur lingkaran (m)

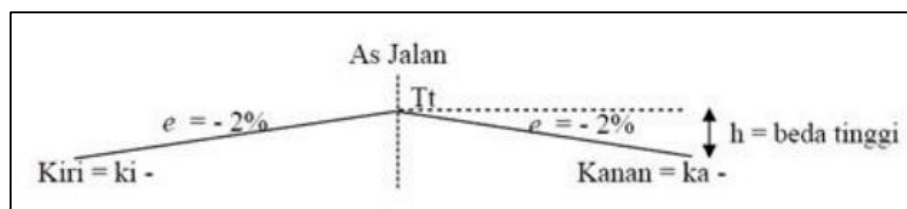
Berikut merupakan tabel radius maksimum yang memerlukan lengkung peralihan. Busur lingkaran dengan radius lebih besar dari nilai-nilai yang ditunjukkan dalam Tabel 2.13, tidak diperlukan lengkung peralihan.

Tabel 2.13 Radius Maksimum yang Memerlukan Lengkung Peralihan

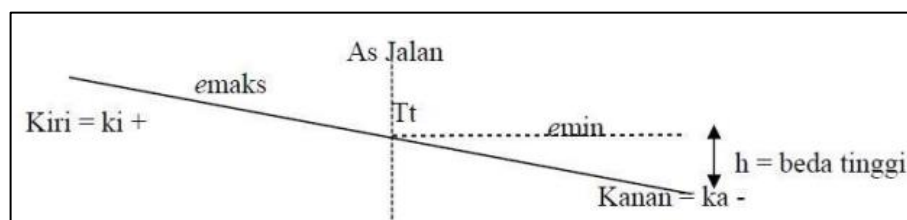
Kecepatan Operasi (Km/Jam)	Radius Maksimum yang Memerlukan Lengkung Peralihan (m)
30	54
40	95
50	148
60	213
70	290

2.7.7 Superelevasi

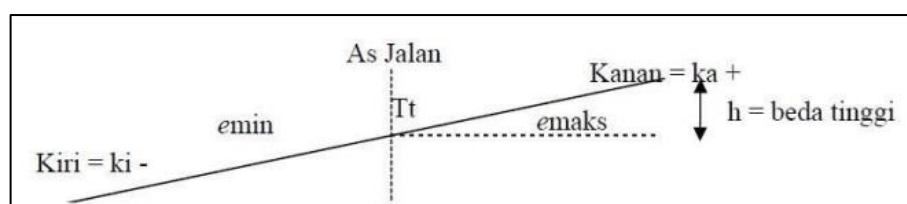
Superelevasi adalah kemiringan melintang jalan pada daerah tikungan. Untuk bagian jalan lurus, jalan mempunyai kemiringan melintang yang biasa disebut lereng normal atau *normal trawn* yaitu diambil minimum 2 % baik sebelah kiri maupun sebelah kanan AS jalan. Harga elevasi (e) yang menyebabkan kenaikan elevasi terhadap sumbu jalan diberi tanda (+) dan yang menyebabkan penurunan elevasi terhadap jalan diberi tanda (-).



Gambar 2.9 Kemiringan Normal pada Bagian Jalan Lurus



Gambar 2.10 Kemiringan Normal pada Bagian Jalan Belok ke Kanan



Gambar 2.11 Kemiringan Normal pada Bagian Jalan Belok ke Kiri

2.7.8 Diagram Superelevasi

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 menggunakan diagram ini dapat ditentukan bentuk penampang melintang pada setiap titik disuatu lengkung horizontal yang direncanakan. Ketentuan umumnya yaitu:

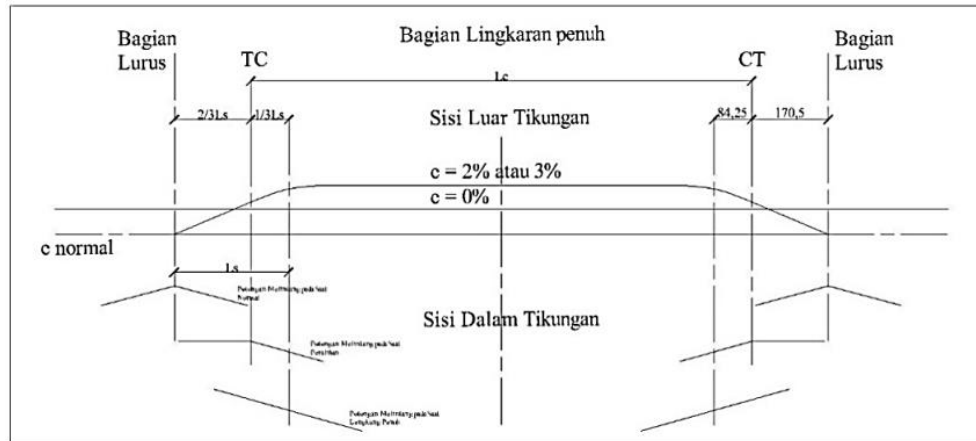
1. Elevasi garis sumbu adalah nol.
2. Elevasi garis tepi perkerasan bila tikungan ke kanan:
 - a. Tepi kiri bertanda positif.
 - b. Tepi kanan bertanda negatif.
3. Elevasi garis tepi perkerasan bila tikungan ke kiri:
 - a. Tepi kiri bertanda negatif.
 - b. Tepi kanan bertanda positif.
4. Tanda positif (+) berarti elevasinya berada diatas elevasi sumbu rencana, tanda negatif (-) untuk sebaliknya.
5. 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:

2.7.8.1 Diagram Superelevasi *Full Circle (FC)*

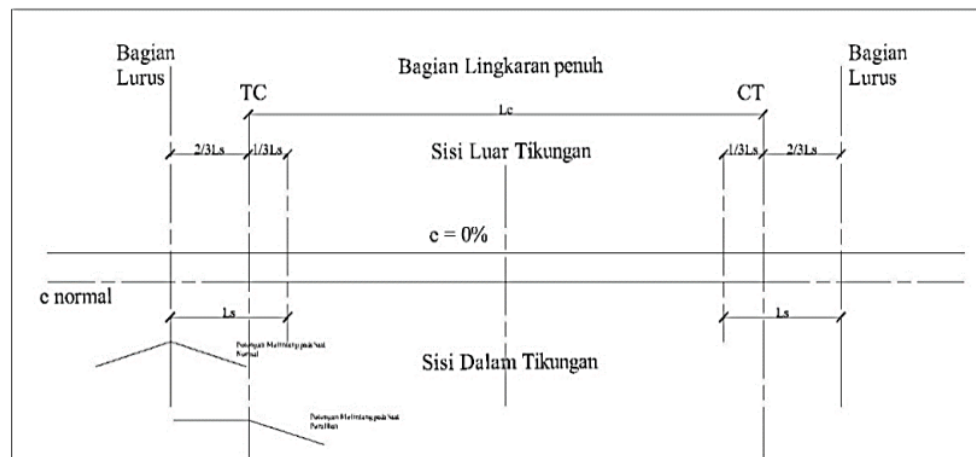
Terdapat 3 kondisi pada tikungan FC seperti pada gambar berikut ini:

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



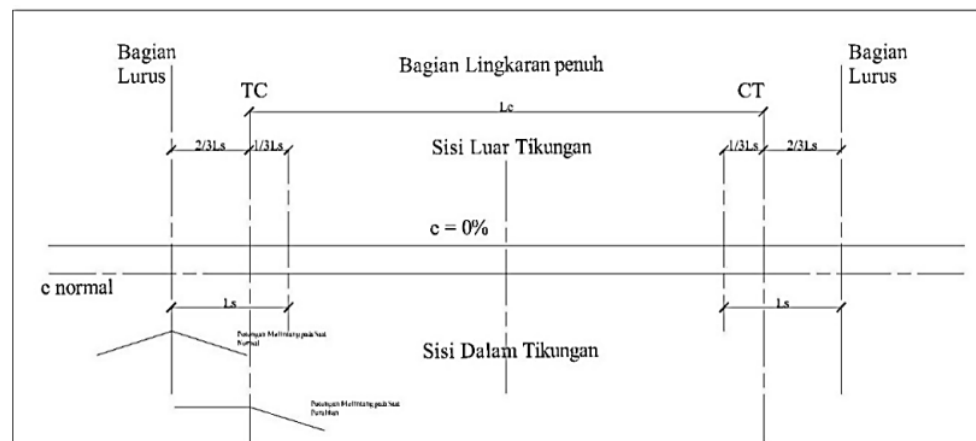
Gambar 2.12 Jenis Diagram Superelevasi FC

2. Jika $e < 1\%$ dan $> -2\%$ atau -3% (N_c) e dibulatkan jadi -2% atau -3% .



Gambar 2.13 Jenis Diagram Superelevasi FC

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

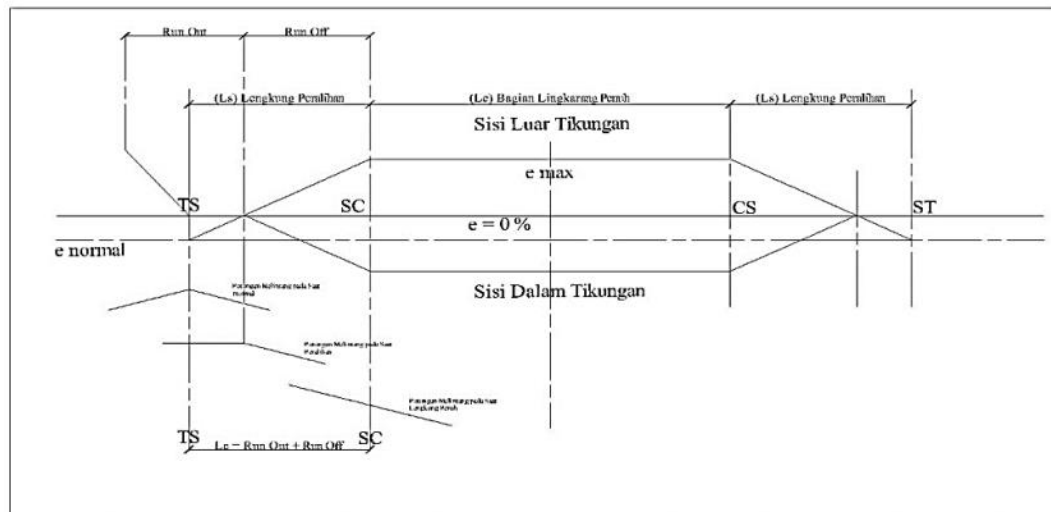


Gambar 2.14 Jenis Diagram Superelevasi FC

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

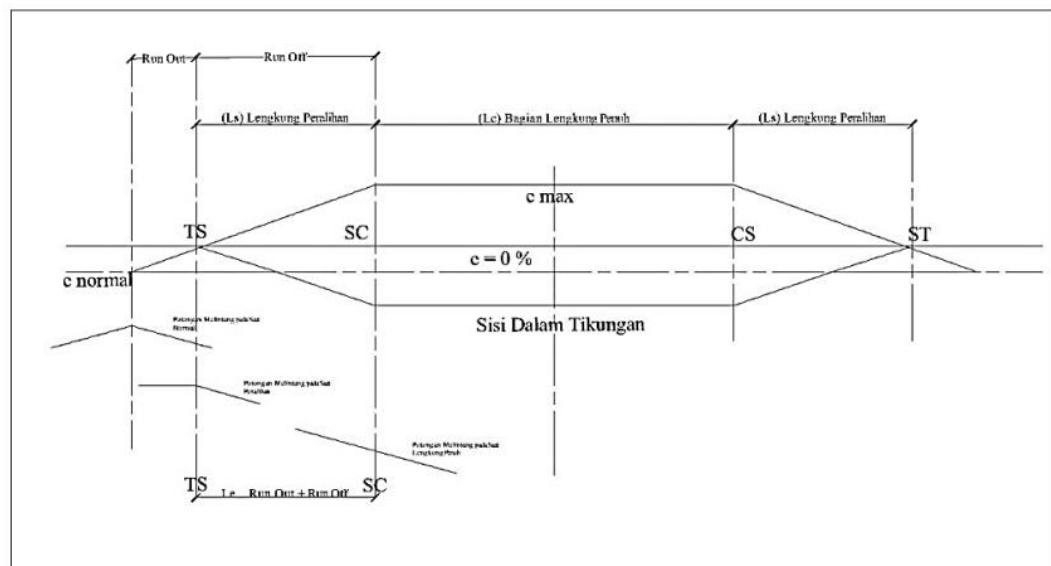
Ada dua model gambar diagram superelevasi yang digunakan, antara lain sebagai berikut:

1. Tipe perubahan superelevasi berada seluruhnya dalam lengkung peralihan.



Gambar 2.15 Jenis Diagram Superelevasi SCS

2. Tipe perubahan superelevasi yang diawali dengan bagian lurus.



Gambar 2.16 Jenis Diagram Superelevasi SCS

2.7.9 Landai Relatif

Landai relatif (1/m) adalah besarnya kelayakan akibat perbedaan elevasi tepi perkerasan sebelah luar sepanjang lengkung peralihan. Perbedaan elevasi dalam hal ini hanya berdasarkan tinjauan atas perubahan bentuk penampang melintang jalan dan belum diperhitungkan terhadap gabungan dari perbedaan elevasi akibat kelayakan vertikal jalan. Agar pengemudi tidak merasakan perubahan yang mendadak pada saat manuver kendaraan terhadap tepi luar perkerasan, maka besarnya landai relatif yang digunakan pada tahap perencanaan dapat dihitung dengan menggunakan rumus perhitungan berikut ini:

$$\text{Landai Relatif} = \frac{1}{m} = \frac{(e+en).B}{L_s} \quad (2.17)$$

Keterangan:

1/m = Landai relatif

Ls = Panjang lengkung spiral (m)

B = Lebar jalur 1 arah (m)

e = Superelevasi (%)

en = Kemiringan melintang normal (superelevasi normal) (2%)

2.7.10 Pergeseran Lintasan pada Tikungan

Setiap kendaraan yang melintas pada suatu tikungan, kendaraan tersebut pasti akan mengalami pergeseran lintasan, dimana posisi lintasan roda kendaraan bergeser mengikuti pola perputaran tikungan. Agar kendaraan dapat tetap berada pada lintasan tikungan dan untuk menghindari ketidaknyamanan pengendara, maka cara yang dapat dilakukan adalah dengan menyediakan radius lengkung yang cukup memadai atau dengan menyisipkan bagian lengkung peralihan di tikungan. Namun, 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 berikut:

$$p = \frac{L_p^2}{24R} \quad (2.18)$$

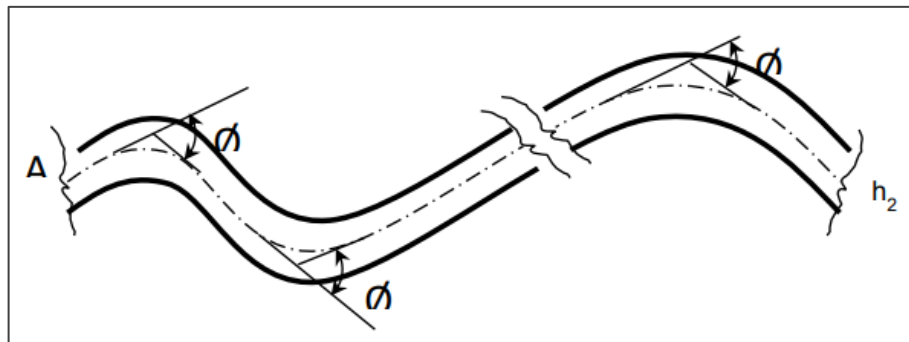
Perolehan nilai p ini menjadi sebuah indikator dalam penentuan tipe perencanaan lengkung yang akan dipilih nantinya. Apabila nilai p kurang dari 0,25m, maka perencanaan lengkung akan termasuk dalam jenis/tipe lengkung *Full Circle (FC)*, namun jika nilai p lebih dari 0,25m, maka perencanaan lengkung termasuk pada jenis / tipe *Spiral-Circle-Spiral (SCS)*.

2.7.11 Bentuk Tikungan

Bentuk geometri lengkung horisontal yang digunakan dan aman diterapkan di lapangan untuk keperluan perencanaan teknis, berdasarkan Pedoman Desain Geometrik Jalan Tahun 2021 terdapat 2 jenis tikungan, yaitu:

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

Bentuk bagian dari lengkung horisontal yang diterapkan dalam perencanaan jalan dapat berupa lengkung penuh atau lengkung peralihan. Pendekatan yang digunakan untuk memilih bentuk tikungan (*Full Circle* dan *Spiral-Circle-Spiral*) dapat menggunakan nilai sudut perpotongan horizontal (ϕ), panjang bagian lurus dan jarak kebebasan samping. Adapun bentuk dan komponen dari type tikungan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.17 Sudut Perpotongan Horizontal

2.7.11.1 Lengkung *Full Circle (FC)*

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

Keterangan:

R_c = Jari-jari lengkung rencana (m)

E_c = Pergeseran horizontal (m)

L_c = Panjang busur lingkaran (m)

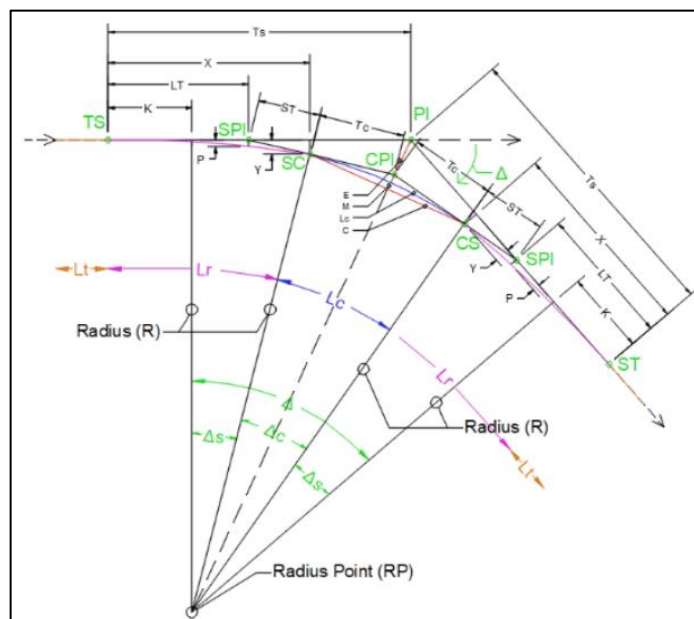
Δ = Sudut defleksi (derajat)

T_{lb} = Panjang tali busur

Pencapaian superelevasi pada lengkun FC dilakukan sebagian pada segmen yang lurus dan sebagian lainnya pada segmen lengkung. Karena ketiadaan bagian lengkung peralihan, panjang daerah pencapaian kemiringan disebut peralihan fiktif (L_s'). Bina Marga menempatkan $\frac{3}{4} L_s'$ dibagian lurus dan $\frac{1}{4} L_s'$ ditempatkan di bagian lengkung.

2.7.11.2 Lengkung *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)

Spiral-Circle-Spiral (SCS) adalah tikungan yang terdiri dari satu lengkung lingkaran dan dua lengkung spiral atau lengkung peralihan. Tikungan ini dimaksudkan jika tidak bisa digunakan jenis FC karena ruang untuk kendaraan berbelok tidak terlalu besar atau sedang, maka alternatif kedua menggunakan tikungan jenis ini, karena pada tikungan ini menggunakan lengkung peralihan pada saat masuk tikungan, kemudian busur lingkaran di puncak tikungan dan diakhiri lagi dengan lengkung peralihan saat kendaraan keluar tikungan.



Gambar 2.19 Bentuk Geometrik Lengkung *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)

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 :

$$1. \quad X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40.R_c^2} \right) \quad (2.25)$$

$$2. \quad Y_s = \frac{L_s^2}{6.R_c} \quad (2.26)$$

$$3. \quad \theta_s = \frac{90}{\pi} \cdot \frac{L_s}{R_c} \quad (2.27)$$

$$4. \quad p = \frac{L_s^2}{6.R_c} - R_c(1 - \cos \theta_s) \quad (2.28)$$

$$5. \quad k = L_s - \frac{L_s^2}{40.R_c^2} - R_c \cdot \sin \theta_s \quad (2.29)$$

$$6. \quad T_s = (R_c + p) \cdot \tan \frac{1}{2} \Delta + k \quad (2.30)$$

$$7. \quad E_s = (R_c + p) \cdot \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c \quad (2.31)$$

$$8. \quad L_c = \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times R_c \quad (2.32)$$

$$9. \quad L_t = L_c + 2L_s \quad (2.33)$$

2.7.12 Pelebaran pada Tikungan

Pelebaran pada tikungan dimaksudkan untuk mempertahankan konsistensi geometrik jalan agar kondisi operasional lalu lintas di tikungan sama dengan di bagian lurus. Pelebaran jalan di tikungan mempertimbangkan:

1. Kesulitan pengemudi untuk menempatkan kendaraan tetap dilajurnya.
2. Penambahan lebar (ruang) lajur yang dipakai saat kendaraan melakukan gerakan melingkar.
3. Pelebaran yang lebih kecil dari 0,5 meter dapat diabaikan.

Adapun cara menghitung pelebaran tikungan, yaitu sebagai berikut:

1. Tentukan besaran nilai R_c . R_c adalah radius lengkung untuk lintasan luar roda depan, sehingga:

$$R_c = R - \frac{1}{2} (B_n/2) + 1/2b \quad (2.34)$$

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

$$B = \sqrt{\left\{ \sqrt{R_c^2 - (p+A)^2} + 1/2b \right\}^2 + (p+A)^2} - \sqrt{R_c^2 - (p+A)^2} + 1/2b \quad (2.35)$$

3. Hitung nilai off tracking (U):

$$U = B - b \quad (2.36)$$

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

$$Z = 0,105V/\sqrt{R} \quad (2.37)$$

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

$$B_t = n(B+C)+Z \quad (2.38)$$

Keterangan:

V	= Kecepatan rencana (km/jam)
C	= Kebebasan samping ($0,5 B_n - B$)
B	= Lebar lajur (m)
R	= Radius lajur sebelah dalam (m)
B_n	= Lebar perkerasan pada bagian lurus (m)
	*jika terdapat 2 lajur maka $B_n = 2 \times B$
b	= Lebar kendaraan rencana (m)
p	= Jarak antar gardan (m)
A	= Tonjolan depan kendaraan (m)
n	= Jumlah lajur
Δb	= $B_t - B_n$

2.7.13 Tikungan Gabungan

Tikungan gabungan merupakan tikungan-tikungan horizontal dengan radius yang berbeda dalam arah yang sama dan terhubung pada titik sambungnya. Penggunaan tikungan gabungan tidak disarankan karena bisa menyebabkan

masalah akibat pengemudi tidak melihat perubahan tikungan dan tidak mengantisipasi perubahan kekesatan menyamping. Jika tikungan gabungan tetap diperlukan, maka berikut ini pedoman yang harus diperhatikan dalam perencanaan.

1. Tikungan gabungan tidak diizinkan pada radius kurang dari 1.000 m.
2. 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.
3. Tidak boleh ada lebih dari dua tikungan dengan radius mengecil.
4. Radius mengecil hendaknya dihindari pada turunan curam.
5. Pada jalan satu arah, sebaiknya tikungan dengan radius lebih kecil mengawali tikungan dengan radius yang lebih besar.

Ada dua macam tikungan gabungan, yaitu:

1. Tikungan gabungan searah, yaitu gabungan dua atau lebih tikungan dengan arah putaran yang sama tetapi dengan jari jari yang berbeda.
2. Tikungan gabungan balik arah, yaitu gabungan dua tikungan dengan arah putaran yang berbeda.

Tikungan gabungan searah harus dilengkapi bagian lurus atau *clothoide* sepanjang paling tidak 20 meter (Gambar 2.20). Setiap tikungan gabungan balik arah harus dilengkapi dengan bagian lurus di antara kedua tikungan tersebut sepanjang paling tidak 30 m. Beberapa ketentuan dalam mendesain tikungan gabungan balik:

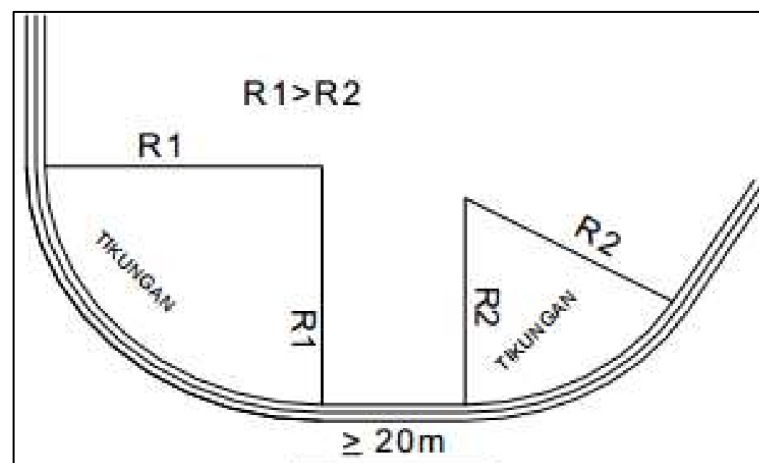
1. Tikungan-tikungan yang membentuk tikungan gabungan hendaknya dihindari sebisa mungkin. Namun jika tidak bisa dihindari, maka jarak antartikungan (bagian lurus) sebaiknya tidak kurang dari $0,7 V_D$, karena pada jalan dua lajur dua arah hal ini akan menghasilkan kemiringan melintang normal.
2. Jika antartikungan dihubungkan dengan lengkung peralihan, maka penggunaan lengkung peralihan akan memberikan peralihan yang halus dan stabil saat perubahan arah dan superelevasi.

3. Jika antar tikungan tidak dihubungkan dengan lengkung peralihan, maka antartikungan dipisahkan oleh bagian lurus yang panjangnya tidak kurang dari $0,3 V_D$ bagi setiap tikungan tanpa peralihan.

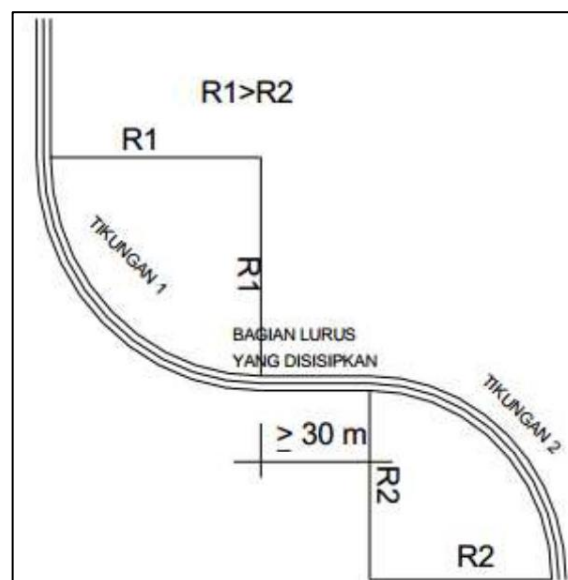
Penggunaan tikungan gabungan bergantung pada perbandingan R_1 dan R_2 .

1. Bila $\frac{R_1}{R_2} > \frac{2}{3}$ terpenuhi, maka tikungan gabungan searah harus dihindari.
2. Bila $\frac{R_1}{R_2} < \frac{2}{3}$ terpenuhi, maka tikungan gabungan harus dilengkapi bagian lurus atau *clothoide* sepanjang minimum 20 m.

Beberapa contoh tikungan gabungan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.20 Tikungan Gabungan Searah dengan Sisipan Bagian Lurus 20 m



Gambar 2.21 Tikungan Gabungan Balik dengan Sisipan Bagian Lurus 30 m

2.7.14 Penomoran Stationing

Stationing (STA) atau penomoran panjang jalan pada tahap desain adalah pemberian nomor pada jarak-jarak tertentu dari awal proyek. Stationing dibutuhkan sebagai prasarana komunikasi bagi pengguna jalan dari tahap desain sampai dengan jalan tersebut dibangun. Oleh sebab itu, STA jalan berguna untuk:

1. Penunjuk tempat atau lokasi dari bagian jalan yang didesain atau dilaksanakan.
2. Penunjuk panjang jalan yang sedang didesain atau dilaksanakan.
3. Informasi tentang panjang tikungan jalan secara keseluruhan.

Penomoran stationing jalan pada ruas jalan yang lurus, STA jalan ditulis menggunakan angka $a + b00$ yang berarti a Km dan $b00$ m dari awal proyek, sebagai contoh STA 10+250, berarti 10 km dan 250 m dari awal proyek.

Penomoran pada tikungan jalan adalah memberikan nomor pada interval tertentu dari awal dimulainya tikungan. Penomoran pada tikungan jalan yaitu untuk stationing titik CT pada tikungan jenis *Full Circle*, stationing titik TS, SC, CS dan ST untuk tikungan dengan jenis *Spiral-Circle-Spiral*.

Bila diketahui titik A awal rencana dibagian tangen pertama dan titik B akhir rencana di bagian tangen kedua, C adalah titik pertemuan tangen horizontal (atau PH). Panjang A ke C adalah d_1 dan panjang C ke B adalah d_2 . Perhitungan penomoran pada tikungan jalan untuk setiap titik penting adalah sebagai berikut:

1. Pada tikungan FC:

$$\text{Sta TC} = \text{Sta titik A} + d_1 - TC$$

$$\text{Sta CT} = \text{Sta TC} + L_C$$
2. Pada Tikungan SCS:

$$\text{Sta TS} = \text{Sta titik A} + d_1 - T_S$$

$$\text{Sta SC} = \text{Sta TS} + L_S$$

$$\text{Sta CS} = \text{Sta SC} + L_C$$

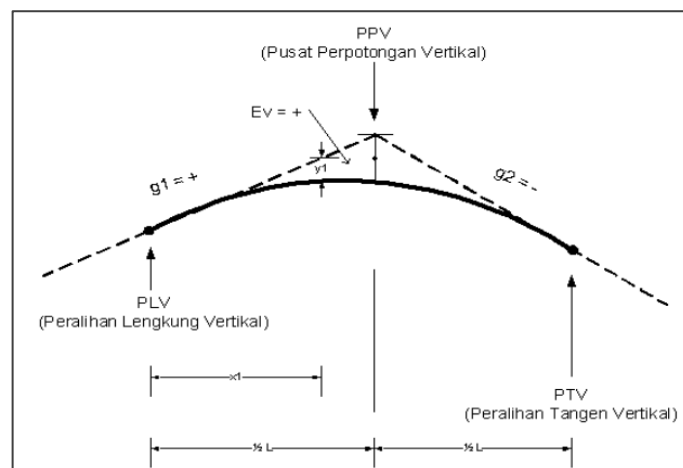
$$\text{Sta ST} = \text{Sta CS} + L_S$$

2.8 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal merupakan profil memanjang sepanjang garis tengah jalan, yang terbentuk dari serangkaian segmen dengan kelandaian memanjang dan lengkung vertikal. Alinyemen vertikal juga dapat disebut sebagai bentuk perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan. Pada perencanaan alinyemen vertikal akan ditemui kelandaian positif berupa tanjakan dan kelandaian negatif berupa turunan, sehingga kombinasinya dapat berupa lengkung cembung ataupun lengkung cekung. Disamping kedua lengkung tersebut ditemui pula kelandaian nol atau disebut sebagai medan datar. Lengkung vertikal pada jalan merupakan lengkungan yang dipakai untuk membuat peralihan secara berangsur-angsur dari suatu landai ke landai berikutnya. Terdapat 2 jenis lengkung vertikal, antara lain:

1. Lengkung vertikal cembung: PVI diatas permukaan jalan.
2. Lengkung vertikal cekung: PVI di bawah permukaan jalan

Lengkung vertikal harus disediakan pada setiap lokasi yang mengalami perubahan kelandaian dengan tujuan mengurangi guncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandangan henti.



Gambar 2.22 Bentuk Geometrik Lengkung Parabola Sederhana

Persamaan umum parabola sederhana:

$$y = \frac{(g_2 - g_1)}{200L} X^2 \quad (2.39)$$

$$Ev = \frac{(g_2 - g_1) \times L}{800} \quad (2.40)$$

Keterangan:

g1 = %

L = Panjang lengkung (m)

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

Alinyemen vertikal hendaknya mengikuti medan alami, mempertimbangkan keseimbangan pekerjaan tanah, penampilan, keselamatan, drainase dan kelengkungan vertikal maksimum dan minimum yang diizinkan (dinyatakan sebagai nilai K). Untuk tujuan praktis, panjang minimal lengkung vertikal dapat dinyatakan sekitar 0,6 kali V_D (Km/Jam), $L_{min} = 0,6 V_D$. Secara praktis, jarak pandang lebih panjang mungkin diizinkan, 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. Umumnya lengkung vertikal didesain menggunakan persamaan berikut:

$$L = K.A \quad (2.41)$$

$$K = \frac{S^2}{200(\sqrt[2]{h_1} - \sqrt[2]{h_2})^2}, \text{ untuk } S < L \quad (2.42)$$

$$K = \frac{25}{A} \cdot \frac{200(\sqrt[2]{h_1} - \sqrt[2]{h_2})^2}{A^2}, \text{ untuk } S > L \quad (2.43)$$

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)

h1 = Tinggi mata pengemudi (m)

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

2.8.1 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.

Kelandaian maksimum pada jalan disesuaikan dengan kecepatan operasi yang ditentukan pada ruas jalan tersebut. Umumnya mobil kecil dapat mengatasi tanjakan maupun turunan yang cenderung curam. Kendaraan penumpang umumnya mampu mengatasi kelandaian antara 4-5%, tetapi tidak untuk truk yang pada umumnya kecepatan truk akan bertambah 5% pada turunan dan berkurang 7% pada tanjakan atau bahkan lebih. Mengacu pada Permen PU No.19/PRT/M/2011, kelandaian maksimum yang diterapkan menurut spesifikasi penyediaan prasarana jalan dengan jenis medan yang berbeda seperti yang ditunjukkan pada table berikut.

Tabel 2.14 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

2.8.2 Kelandaian Minimum

Jalan dengan kontur cenderung datar dan tanpa kerb bisa memberikan drainase permukaan yang baik dimana kemiringanya 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 2.15 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%

2.8.3 Panjang Kelandaian Kritis

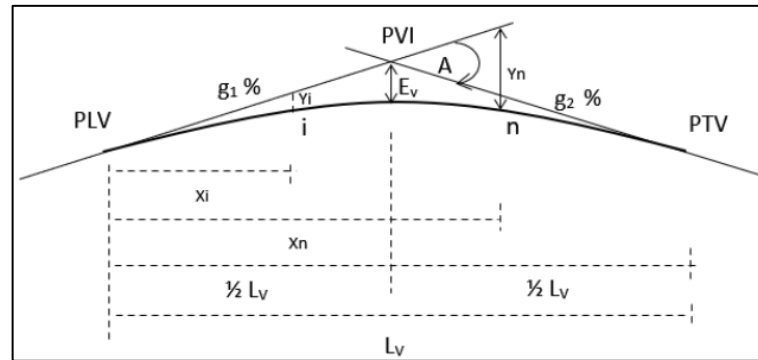
Panjang kelandaian kritis merupakan istilah yang digunakan untuk mengetahui panjang maksimum tanjakan dimana truk yang melewati sebuah ruas jalan dapat beroperasi dengan pengurangan kecepatan yang tidak berlebihan. Pengurangan kecepatan yang direkomendasikan berkisar antara 15 – 25 Km/jam.

Tabel 2.16 Panjang Kelandaian Kritis

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

2.8.4 Lengkung Cembung

Faktor utama lengkung vertikal cembung adalah penyediaan jarak pandang yang cukup, untuk mendapatkan sudut pandang yang aman dan nyaman. Panjang lengkung cembung yang memiliki kelandaian kurang dari 0,3% hingga 0,5% harus dibatasi untuk panjang sekitar 30 m sampai 50 m.



Gambar 2.23 Bentuk Geometrik Alinyemen Vertikal Cembung

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 .

g_1 = Naik, jadi harganya + %

g_2 = Turun, jadi harganya - %

Dalam merencanakan lengkung vertikal cembung dihitung juga berdasarkan jarak pandang henti dan jarak pandang mendahului.

Berikut cara penentuan Panjang Lengkung Vertikal (L_v) Cekung:

1. L_v terhadap Kenyamanan Pengemudi, Berdasarkan waktu tempuh maximum untuk melintasi lengkung (3 detik):

$$L_v = \frac{V_D}{3,6} T \quad (2.44)$$

2. L_v terhadap Nilai Keluwesan Jalan:

$$L_v = 0,6xV_D \quad (2.45)$$

3. L_v terhadap Drainase:

$$L_v = 40xA \quad (2.46)$$

$$A = (g_1 - g_2) \quad (2.47)$$

4. L_v terhadap Pengurangan Guncangan:

$$L_v = \frac{V_D^2 \cdot A}{360} \quad (2.48)$$

5. Panjang L_v berdasarkan Jarak Pandang Henti (J_h), cek dan bandingkan nilai L_v dan nilai J_h , jika:

$$J_h < L_v \text{ maka: } L_v = \frac{A \cdot J_h^2}{412} \quad (2.49)$$

$$J_h > L_v \text{ maka: } L_v = 2 \cdot J_h - \left(\frac{412}{A} \right) \quad (2.50)$$

6. Panjang L_v berdasarkan Jarak Pandang Mendahului (J_d), cek dan bandingkan nilai L_v dan nilai J_d , jika:

$$J_d < L_v \text{ maka: } L_v = \frac{A \cdot J_d^2}{1000} \quad (2.51)$$

$$J_d > L_v \text{ maka: } L_v = 2 \cdot J_d - \left(\frac{1000}{A} \right) \quad (2.52)$$

Sebagai nilai control aman, nilai L_v harus memenuhi persyaratan minimal:

$$L_v \text{ min} = \frac{J_h^2}{405} \quad (2.53)$$

Tabel 2.17 Nilai Jarak Pandang Henti pada Lengkung Vertikal Cembung

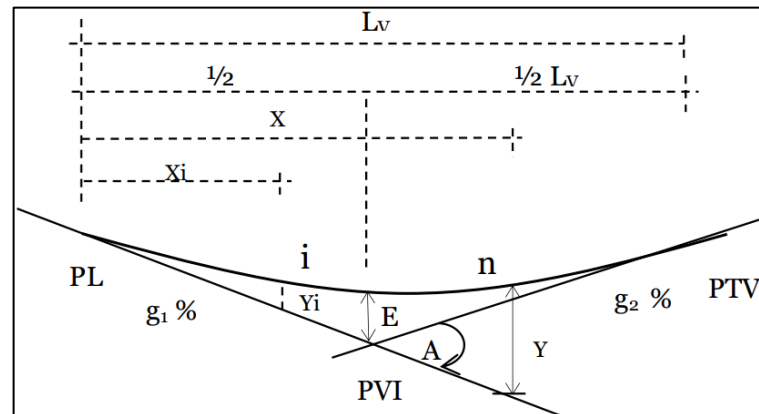
V_D (Km/Jam)	J_{PH} (m)	K^1
30	35	2
40	50	4
50	65	7
60	85	11
70	105	17

Tabel 2.18 Nilai Jarak Pandang Mendahului pada Lengkung 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

2.8.5 Lengkung Cekung

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



Gambar 2.24 Bentuk Geometrik Alinyemen Vertikal Cekung

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 .

Pada Gambar 2.24:

g_1 = Turun, jadi harganya - %

g_2 = Naik, jadi harganya + %

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

EV = Pergeseran vertikal titik tengah busur lingkaran

LV = Panjang lengkung vertikal dihitung secara horisontal

Titik i = Titik lengkungan

X_i = Jarak horizontal titik i, dihitung dari PLV ke titik i horizontal

Y_i = Pergeseran vertikal titik i, dihitung dari titik pada tangen ke titik i pada lengkungan secara vertikal

Rumus-rumus umum pada alinyemen vertikal cekung yaitu:

$$E_v = A \cdot \left(\frac{L_v}{800} \right) \quad (2.54)$$

Keterangan:

A = $g_2 - g_1$ dalam %

LV = Panjang lengkung vertikal (m)

$Y_i = (X_i)^2 \cdot E_v$ ($X_i = \frac{1}{2} LV$)

Jika $X_i = \frac{1}{2} LV$, maka $Y_i = EV$. Sedangkan untuk mencari besaran nilai gradien dalam perencanaan alinyemen vertikal dapat menggunakan rumus berikut:

$$g_1 = \frac{\text{Elevasi PVI} - \text{Elevasi PLV}}{1/2 LV} \quad (2.55)$$

$$g_2 = \frac{\text{Elevasi PTV} - \text{Elevasi PVI}}{1/2 LV} \quad (2.56)$$

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

1. $H_{PVI} = H_{PLV} + \Delta h_{PLV_PVI}$
 $\Delta h_{PLV_PVI} = \frac{1}{2} LV \cdot G_1$
2. $H_{PTV} = H_{PVI} + \Delta h_{PVI_PTV}$
 $\Delta h_{PVI_PTV} = \frac{1}{2} LV \cdot G_2$

Untuk memaksimalkan kenyamanan pengemudi dan penumpang saat melintasi lengkungan, dilakukan pembatasan akselerasi vertikal kurang dari 0.05 g dengan g adalah percepatan gravitasi. Berikut cara penentuan Panjang Lengkung Vertikal (L_v) Cekung:

1. L_v terhadap kenyamanan pengemudi, berdasarkan waktu tempuh maksimum untuk melintasi lengkung (3 detik): $L_v = V R 3.6 \cdot T$

$$L_v = \frac{V_D}{3,6} \cdot T \quad (2.57)$$

2. L_v terhadap Nilai Keluwesan Jalan:

$$L_v = 0,6 \times V_D \quad (2.58)$$

3. L_v terhadap Drainase:

$$L_v = 40 \times A \quad (2.59)$$

$$A = (g_2 - g_1) \quad (2.60)$$

4. L_v terhadap Pengurangan Goncangan:

$$L_v = \frac{V_D^2 \cdot A}{360} \quad (2.61)$$

Panjang lengkung vertikal cekung berdasarkan jarak pandang henti dapat ditentukan dengan rumus berikut:

1. Jika jarak pandang lebih kecil dari panjang lengkung vertikal ($J_h < L$)

$$L = \frac{AJ_h^2}{120 + 3,5S} \quad (2.62)$$

2. Jika jarak pandang lebih besar dari panjang lengkung vertikal ($J_h > L$)

$$L = 2J_h - \left(\frac{120 + 3,5J_h}{A} \right) \quad (2.63)$$

Keterangan:

L = Panjang lengkung cekung (m)

A = Perbedaan aljabar landai (%)

J_h = Jarak pandang henti (m)

Sebagai nilai control aman, nilai L_v harus memenuhi persyaratan minimal:
 $L_v \text{ min} = J_h^2 / 405$.

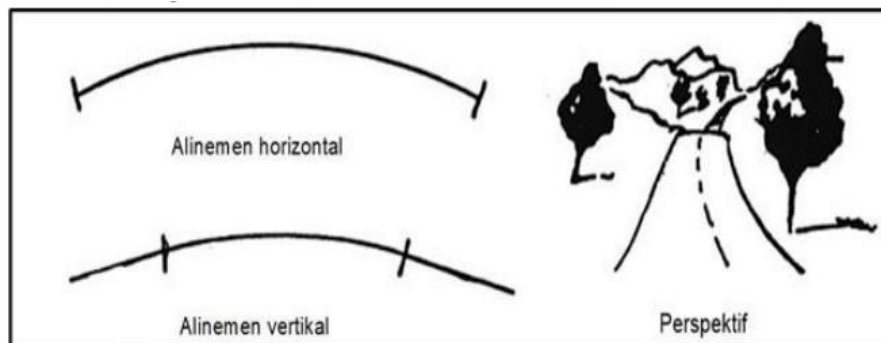
Tabel 2.19 Kontrol Desain (K) untuk Lengkung Vertikal Cekung

V _D (Km/Jam)	J _{PH} (m)	K
30	35	6
40	50	9
50	65	13
60	85	18
70	105	23

2.8.6 Koordinasi Alinyemen

Alinyemen vertikal dan alinyemen horizontal adalah elemen jalan yang perencanaannya harus dikoordinasikan sedemikian rupa sehingga menghasilkan suatu bentuk jalan yang baik, dalam arti memudahkan pengemudi menjalankan kendaraannya dengan aman dan nyaman. Bentuk kesatuan kedua elemen jalan tersebut diharapkan dapat memberikan kesan atau petunjuk kepada pengemudi akan bentuk jalan yang akan dilalui di depannya sehingga pengemudi dapat melakukan antisipasi lebih awal. Koordinasi alinyemen horizontal dan vertikal secara umum harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

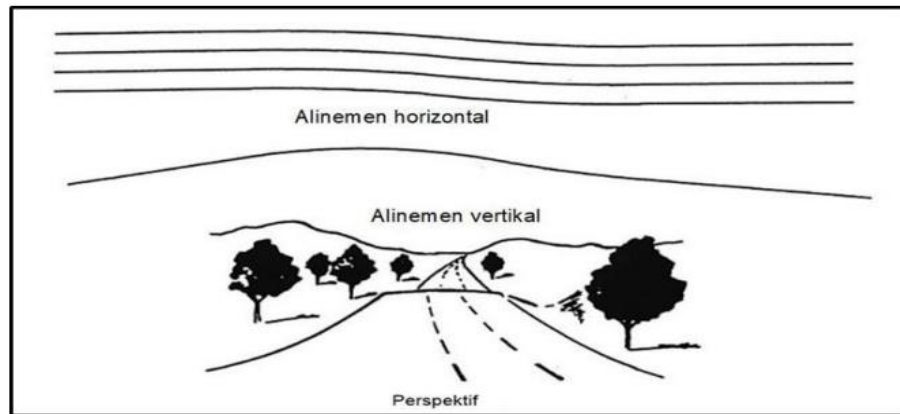
1. Alinyemen horizontal sebaiknya berimpit dengan alinyemen vertikal, dan secara ideal alinyemen horizontal lebih panjang sedikit melingkupi alinyemen vertikal seperti pada Gambar 2.25.
2. Tikungan yang tajam pada bagian bawah lengkung vertikal cekung atau pada bagian atas lengkung vertikal cembung harus dihindarkan.
3. Tikungan yang tajam di antara dua bagian jalan yang lurus dan panjang harus dihindarkan.
4. Lengkung vertikal cekung pada kelandaian jalan yang lurus dan panjang harus dihindarkan.
5. Dua atau lebih lengkung vertikal dalam satu lengkung horizontal harus dihindarkan.



Gambar 2.25 Kurva Horizontal Lebih Panjang dari Lengkung Vertikal

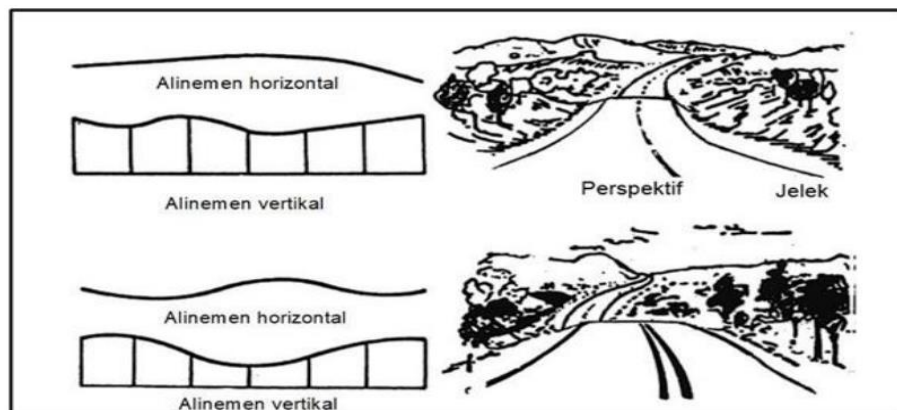
Hubungan antara alinyemen horizontal dan vertikal hendaknya diterapkan terhadap desain sedapat mungkin untuk alasan keselamatan, estetika dan drainase.

1. Suatu lengkung cembung bisa menghalangi alinyemen horizontal dan memperparah lengkung horizontal. Radius minimum lengkung horizontal agar tidak digunakan dengan lengkung vertikal cembung. Pergeseran lateral kira-kira sebesar lebar satu lajur cukup berbahaya sebagaimana terlihat pada Gambar 2.26.



Gambar 2.26 Pergeseran Lateral pada Lengkung Cembung

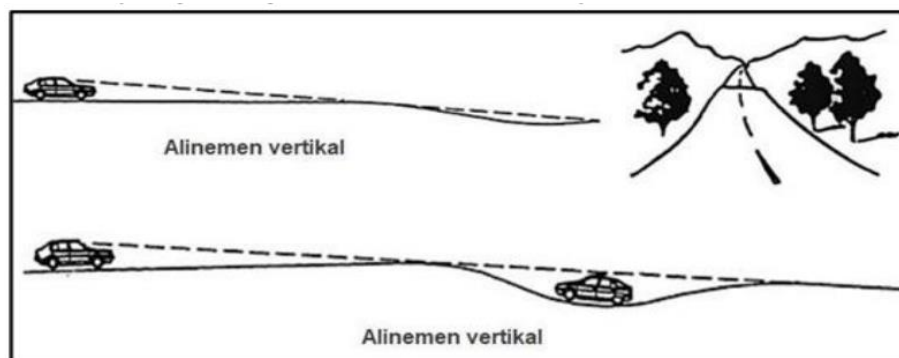
2. Kecepatan desain jalan harus sama, baik untuk alinyemen horizontal dan vertikal.
3. Pergerakan kecil dalam satu dimensi jangan dikombinasikan dengan pergerakan besar lainnya.
4. Jika lengkung cembung membatasi pandangan pengemudi terhadap awal lengkung horizontal, menyebabkan pengemudi kebingungan dan berbelok ke arah yang salah. Ini cukup berbahaya ketika lengkung horizontal tajam berada di dekat puncak lengkung vertikal seperti pada Gambar 2.27.



Gambar 2.27 Perubahan Alinyemen di Belakang Punggungan

5. Lengkung horizontal gabungan balik tajam tidak boleh digunakan bersamaan dengan lengkung vertikal cembung karena punggungan lengkungan akan menghalangi alinyemen berbalik tersebut.

6. Lengkung vertikal cembung atau lengkung horizontal tajam hendaknya tidak terjadi pada persimpangan.
7. Lengkung gabungan yakni lengkungan searah dengan radius yang sangat berbeda hendaknya dihindari.
8. Kelandaian naik-turun (*roller coaster grading*). Kondisi yang demikian perlu untuk dilakukan perbaikan alinyemen guna memperkecil kemungkinan terjadi kecelakaan lalu lintas.
9. Cekungan tersembunyi, karena minimalisasi pekerjaan tanah pada konstruksi jalan baru, yang menimbulkan cekungan jalan, bisa mengurangi tingkat keselamatan.



Gambar 2.28 Cekungan Dangkal (atas), Cekungan Tersembunyi (bawah)

2.9 Penampang Melintang Jalan

Penampang melintang jalan yang didesain tergantung pada:

1. Lokasinya (di dalam SJJ primer, di luar kota atau SJJ sekunder, di dalam kota).
2. Fungsi, kelas penggunaan dan spesifikasi penyediaan prasarana jalan.
3. Volume lalu lintas harian rata-rata (LHRT) dan jenis-jenis kendaraan.
4. Jalan baru atau jalan lama yang ditingkatkan.
5. Ketersediaan angkutan umum.
6. Kondisi lingkungan (topografi, geologi, utilitas publik, lebar Rumija).
7. Ketersediaan material untuk membuat jalan.

Tipikal penampang melintang jalan terdiri dari jalur lalu lintas dengan atau tanpa median, bahu luar (dan bahu dalam pada JRY dan JBH), ada atau tanpa kerb, trotoar, selokan samping baik tipe terbuka maupun tertutup, ambang pengaman dan

sampai dengan batas Rumija yang bisa berupa pagar rumah penduduk sesuai dengan garis sempadan pagar (GSP), atau garis sempadan bangunan (GSB), seperti muka toko dan benteng pabrik. Secara peraturan, perlu ada Ruwasja yang berfungsi memenuhi J_{PH} , tetapi jika Rumija cukup luas untuk memenuhi kebutuhan J_{PH} , maka Ruwasja tidak perlu diadakan. Badan jalan terdiri dari jalur lalu lintas dan bahu jalan. Lebar jalur lalu lintas dan bahu jalan ditentukan oleh klasifikasi jalan dan volume lalu lintas.

2.9.1 Lebar Lajur Lalu Lintas

Lebar lajur pada badan jalan mempengaruhi kenyamanan dan keselamatan pengemudi. Untuk desain, lebar lajur lalu lintas paling kecil yang diatur dalam Permen PU No.19/2011 ditunjukkan pada Tabel 2.20.

Tabel 2.20 Lebar Lajur Minimum

V_D (Km/Jam)	Lebar Lajur Lalu Lintas Paling Kecil (m)
Kecepatan Tinggi: $V_D \geq 80$	3,60
Kecepatan Sedang: $40 \leq V_D < 80$	3,50
Kecepatan Rendah: $V_D < 40$	2,75

Lebar lajur lalu lintas untuk JBH dan JRY diukur dari sisi dalam marka membujur garis tepi jalan (garis menerus) atau sumbu marka garis membujur pembagi lajur (garis terputus putus) ke sisi dalam marka membujur garis menerus atau ke sumbu marka membujur garis terputus-putus. Lebar lajur lalu lintas untuk JSD dan JKC diukur dari sumbu marka membujur ke sumbu marka membujur (Pasal 6 ayat (5) Permen PU No. 19/PRT/M/2011).

Lebar jalur lalu lintas juga perlu diperlebar pada tikungan guna mengakomodasi lintasan tambahan yang diperlukan oleh truk atau bus. Radius lengkungan horizontal yang lebih besar dari 300 m tidak memerlukan pelebaran jalur (Tabel 2.21 dan Tabel 2.22). Jika diperlukan pelebaran, maka lebar lajur harus dibatasi hingga maksimum 4,6 m, karena dengan lebar tersebut memungkinkan dua mobil berjalan berdampingan dalam lajur yang sama. Jika diperlukan lebar jalan yang lebih besar dari 4,6 m untuk membeloknya truk, maka marka garis tepi dapat

ditempatkan pada batas lebar lajur 3,5 m dan pelebaran lajur diakomodasikan pada bahu jalan yang diperkeras dengan penuh (*full depth*).

Tabel 2.21 Lebar Lajur Jalan pada JSD

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

Tabel 2.22 Lebar Lajur pada JRY dan JBH

Unsur	Lebar Lajur (m)	Keterangan
Lajur lalu lintas umum	3,6	Untuk JBH dan JRY dengan $V_D \geq 80$ Km/Jam
Lajur pada <i>ramp interchange</i>	3,5 – 4,5	Rentang lebar lajur pada <i>ramp interchange</i>
Bahu kiri (berpenutup pada seluruh lebar bahu)	2,0 – 3,0 ^{*2)}	Rentang Lebar bahu kiri
	3,0	Lebar bahu minimum yang berbatasan dengan pagar pengaman
Bahu dalam/pembatas ^{*1)}	2,0 – 3,0 ^{*2)}	Rentang lebar bahu jalan

(berpenutup pada seluruh lebar bahu)	3,0	Lebar bahu minimum yang berbatasan dengan pagar pengaman
--------------------------------------	-----	--

Catatan:

*¹⁾ Lebar bahu jalan dapat dipersempit di beberapa ruas tertentu jika terdapat kolom jembatan atau halangan besar serupa. Pertahankan jarak minimum dari jalur lalu lintas ke pagar pembatas jalan dimana bahu jalan menyempit.

*²⁾ Bahu jalan selebar 3,0 m memungkinkan truk untuk berhenti sepenuhnya di luar lajur lalu lintas.

2.9.2 Kemiringan Melintang

Jalan lurus dengan dua lajur dua arah atau tikungan datar mempunyai titik punggung di tengah dan kemiringan ke arah kedua tepi perkerasan. Untuk badan jalan yang dilengkapi median, kemiringan melintang searah dan miring menjauhi median. Kemiringan melintang adalah kemiringan permukaan badan jalan terukur normal terhadap garis tengah desain atau jalan. Maksud dari kemiringan melintang ini adalah untuk mengalirkan air pada badan jalan yang lurus dan tikungan serta memberikan superelevasi pada lengkung horizontal. Kemiringan melintang perkerasan pada jalan lurus untuk berbagai jenis perkerasan ditunjukkan dalam Tabel 2.23.

Tabel 2.23 Kemiringan Melintang Perkerasan Tipikal pada Jalan Lurus

Jenis Perkerasan	Kemiringan Melintang (%)
Tanah	5
Kerikil (<i>Gravel</i>), <i>Water Bound Macadam</i>	4
Burtu / Burda	3
Aspal	2-3
Beton Semen	2

Kemiringan normal perkerasan jalan umumnya 3% kecuali pada JSD di perkotaan dan JBH, dapat digunakan 2%. Penetapan kemiringan normal ini dapat berpedoman sebagai berikut:

1. Kemiringan normal 2% diterapkan terutama pada:
 - a. Lapisan ulang yang kondisi kemiringan eksisting sudah 2%.

- b. Rekonstruksi jalan lebar parsial
- 2. Kemiringan normal jalan 3% diterapkan terutama pada:
 - a. Pembangunan Jalan Baru (Perkerasan Aspal)
 - b. Lapisan ulang yang kondisi kemiringan eksisting sudah 3%
 - c. Rekonstruksi Jalan lebar penuh jalur lalu lintas.

Curah hujan di Indonesia umumnya termasuk tinggi, kemiringan melintang jalan normal 3% membantu mengalirkan air dari atas permukaan jalan aspal lebih cepat dibandingkan dengan yang 2%, sehingga infiltrasi air yang masuk ke dalam permukaan perkerasan relatif kecil yang dapat mencegah kerusakan jalan lebih dini. Perkerasan aspal dengan kemiringan melintang kurang dari 3%, apabila terjadi deformasi dan alur (*rutting*) pada perkerasan jalan, akan menimbulkan tempat menyimpan air berupa genangan, sehingga meningkatkan risiko penurunan kondisi perkerasan. Kemiringan melintang 3% hendaknya diambil untuk semua jalan, mengesampingkan klasifikasi jalan untuk memastikan air mengalir keluar dari perkerasan untuk meningkatkan keselamatan dan memperpanjang umur perkerasan.

2.10 Perkerasan Jalan

Perkerasan (*pavement*) adalah suatu struktur jalan yang dapat melindungi tanah dasar (*subgrade*) dari beban roda kendaraan. Perkerasan harus memberikan permukaan yang rata dengan kekesatan tertentu, dengan umur pelayanan yang cukup panjang, serta pemeliharaan yang minimum (Hardiyatmo, 2019).

Fungsi utama perkerasan adalah menyebarkan beban roda ke area permukaan tanah dasar yang lebih luas dibandingkan luas kontak roda dan perkerasan, sehingga mampu mereduksi tegangan maksimum yang terjadi, yaitu pada tekanan dimana tanah dasar tidak mengalami deformasi berlebih selama masa pelayanan.

Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan dibedakan menjadi:

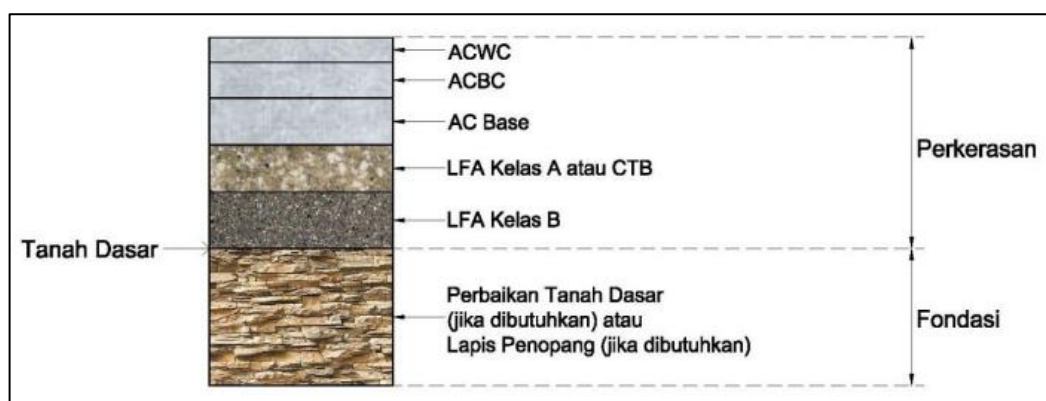
1. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.
3. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

Struktur perkerasan diletakkan pada tanah dasar yang dapat berupa tanah asli, tanah timbunan atau tanah galian. Secara umum, perkerasan lentur terdiri dari tiga lapisan utama, yaitu:

1. Lapis Permukaan (*Surface Course*)
2. Lapis Pondasi (*Base Course*)
3. Lapis Pondasi Bawah (*Sub-base Course*)

Jenis konstruksi perkerasan lentur menurut Manual Desain Perkerasan Jalan (Revisi 2017) Nomor 04/SE/Db/2017 dapat dilihat pada Gambar 2.29.



Gambar 2.29 Susunan Lapisan Perkerasan Lentur

2.10.1 Lapis Permukaan

Lapis permukaan (*surface course*) adalah lapisan paling atas dari perkerasan lentur yang terletak di atas lapis pondasi. Lapis permukaan terdiri dari lapis aus (*wearing course*) dan lapis pengikat (*binder course*). Agar lapis aus tetap awet, kedap air, rata dan mempunyai kekesatan, maka lapisan ini harus disusun dari

campuran beraspal panas, bergradasi padat. Lapis pengikat adalah lapisan transisi antara lapis pondasi dan lapis aus. Lapis pengikat, biasanya mempunyai agregat lebih besar dengan kadar aspal yang lebih sedikit.

Lapis permukaan yang berfungsi untuk memberikan keamanan dan permukaan yang halus/rata, harus memenuhi syarat-syarat:

1. Mempunyai kekesatan atau tahanan terhadap penggelinciran.
2. Mampu menahan beban kendaraan dan deformasi permanen.
3. Dapat mencegah masuknya air ke dalam struktur perkerasan.

2.10.2 Lapis Pondasi

Lapis pondasi (*base course*) merupakan lapisan yang dihamparkan di bawah lapis permukaan. Lapis pondasi terletak di atas lapis pondasi bawah, atau jika lapis pondasi bawah tidak digunakan, maka terletak di atas tanah dasar. Material lapis pondasi terdiri dari agregat, seperti batu pecah, sirtu, terak pecah (*crushed slag*) atau campuran material tersebut.

Lapis pondasi (*base course*), yang merupakan elemen struktural utama perkerasan yang berfungsi:

1. Menyebarkan tekanan akibat beban-beban lalu lintas agar tanah dasar (*subgrade*) tidak mengalami tekanan secara berlebihan.
2. Sebagian dasar perletakan lapisan permukaan.
3. Menyediakan fungsi drainase, bila air hujan merembes lewat retakan atau sambungan.

Lapis pondasi harus mempunyai tahanan yang lebih tinggi terhadap deformasi dibandingkan dengan tanah dasar. Selain itu, lapis pondasi juga harus tahan terhadap pelapukan, karena lapis pondasi ini kurang terlindungi dibanding dengan tanah dasar. Lapis pondasi dapat menambah kekuatan struktur perkerasan, akan tetapi kontribusi terhadap kekuatan perkerasan tidak begitu besar.

Lebar lapis pondasi dibuat melebihi tepi dari lapis aus. Hal ini dimaksudkan untuk meyakinkan kemungkinan adanya beban yang bekerja di tepi perkerasan yang akan didukung oleh lapisan di bawahnya. Lapis pondasi umumnya dilebihkan 30 cm ke luar dari tepi perkerasan, namun dalam hal khusus bisa lebih lebar lagi.

2.10.3 Lapis Pondasi Bawah

Penggunaan lapis pondasi bawah bermaksud untuk membentuk lapis perkerasan yang relatif cukup tebal, tetapi dengan biaya yang lebih murah. Material lapis pondasi bawah (*subbase course*) adalah material yang kualitasnya lebih rendah dari lapis pondasi (*base course*) yaitu terhadap kekuatan plastisitas dan gradasi, tetapi masih lebih tinggi kualitasnya dibandingkan dengan tanah dasar. Dengan demikian, kualitas lapis pondasi bawah dapat sangat bervariasi, sejauh persyaratan tebal rancangan terpenuhi.

Lapis pondasi bawah selalu digunakan bila tanah dasar sangat buruk kualitasnya dan/atau material lapis pondasi tidak tersedia di lokasi proyek. Jika tanah dasar memenuhi syarat digunakan sebagai lapis pondasi bawah, maka lapis pondasi bawah tidak perlu dipasang. Lapis pondasi bawah dapat terdiri dari material kerikil alam yang stabil dan awet. Hanya saja material ini mungkin tidak sepenuhnya memenuhi syarat karakteristik lapis pondasi. Lapis pondasi bawah juga dapat berupa material granuler yang dipadatkan atau tanah yang distabilisasi. Syarat kepadatan dan kadar air ditentukan dari hasil-hasil uji laboratorium atau lapangan.

Fungsi dari lapis pondasi adalah:

1. Sebagai bagian dari struktur perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban kendaraan.
2. Untuk lapisan drainase (bila didalam komponen perkerasan terdapat air, misalnya air hujan masuk melalui retakan).
3. Untuk efisiensi penggunaan material, agar lapisan-lapisan yang lain dapat dikurangi tebalnya, sehingga menghemat biaya.
4. Untuk mencegah material tanah dasar masuk ke dalam lapis pondasi.
5. Sebagai lapisan pertama, agar pelaksanaan pembangunan jalan berjalan lancar.

Lapis pondasi bawah yang diletakkan di atas tanah dasar yang lunak, berguna untuk menutup tanah dasar tersebut agar mempunyai daya dukung yang cukup. Dengan cara ini, alat berat dapat bekerja dengan baik saat pelaksanaan.

2.11 Perancangan Perkerasan Lentur

Perancangan perkerasan lentur umumnya ditujukan pada hitungan tebal masing-masing komponen pembentukan strukturnya, agar dapat memenuhi syarat pelayanan pada periode waktu rancangan yang ditentukan. Perancangan perkerasan dilakukan dengan memperhatikan penurunan kualitas bahan secara berangsur-angsur sesuai dengan berjalannya waktu. Penurunan kualitas tersebut dipengaruhi oleh kualitas material yang digunakan, besarnya beban lalu lintas, jumlah pengulangan beban lalu lintasnya dan kondisi lingkungan.

2.11.1 Umur Rencana

Umur rencana adalah jumlah tahun dari saat jalan tersebut dibuka untuk lalu lintas kendaraan sampai diperlukan suatu perbaikan yang bersifat struktural. Berikut merupakan tabel penentuan umur rencana berdasarkan MDPJ Tahun 2017.

Tabel 2.24 Umur Rencana Perkerasan

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun)
Perkerasan Lentur	Lapis aspal dan lapis berbutir	20
	Pondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (<i>overlay</i>), seperti: Jalan perkotaan, <i>underpas</i> , jembatan, terowongan	
	<i>Cement Treated Based</i> (CTB)	
Perkerasan Kaku	Lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, lapis beton semen dan pondasi jalan	
Jalan Tanpa Penutup	Semua elemen (termasuk pondasi jalan)	Minimum 10

2.11.2 Pemilihan Struktur Perkerasan

Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi pondasi jalan. Pemilihan jenis perkerasan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.25 Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA (Juta) dalam 20 Tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0-0,5	0,1-4	>4-10	>10-30	>30-200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (diatas tanah dengan $\text{CBR} \geq 2,5\%$)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1,2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal >100 mm dengan lapis pondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	1,2	1,2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis pondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3A	-	1,2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LFA Kelas A / batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Pondasi <i>Soil Cement</i>	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat, Jalan Kerikil)	7	1	-	-	-	-

Catatan:

Tingkat Kesulitan:

1 - kontraktor kecil – medium

2 - kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai

3 - membutuhkan keahlian dan tenaga ahli khusus – kontraktor spesialis Burtu

2.11.3 Lalu Lintas

Faktor lalu lintas sangat berpengaruh terhadap perencanaan perkerasan jalan, baik tebal perkerasan, atau pun pemilihan jenis perkerasan yang akan digunakan.

2.11.3.1 Analisis Volume Lalu Lintas

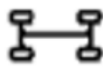
Parameter yang penting dalam analisis struktur perkerasan adalah data lalu lintas yang diperlukan untuk menghitung beban lalu lintas rencana yang dipikul oleh perkerasan selama umur rencana. Beban dihitung dari volume lalu lintas pada tahun survei yang selanjutnya diproyeksikan ke depan sepanjang umur rencana. Volume tahun pertama adalah volume lalu lintas sepanjang tahun pertama setelah perkerasan diperkirakan selesai dibangun.

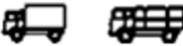
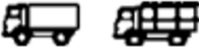
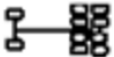
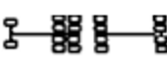
Elemen utama beban lalu lintas dalam desain adalah beban gandar kendaraan komersial dan volume lalu lintas yang dinyatakan dalam beban sumbu standar. Dalam analisis lalu lintas, penentuan volume lalu lintas pada jam sibuk dan lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Penentuan nilai LHRT didasarkan pada data survei volume lalu lintas dengan mempertimbangkan faktor k .

2.11.3.2 Jenis Kendaraan

Beban gandar kendaraan penumpang dan kendaraan ringan sampai sedang cukup kecil sehingga tidak berpotensi menimbulkan kerusakan struktural pada perkerasannya. Hanya kendaraan niaga dengan jumlah roda enam atau lebih yang perlu diperhitungkan dalam analisis.

Tabel 2.26 Golongan dan Kelompok Jenis Kendaraan

Golongan	Kelompok Kendaraan	Jenis Kendaraan	Konfigurasi	Kode
1	Sepeda motor, Kendaraan roda 3			
2	Sedan, Jeep, Station wagon			1.1

3	Angkutan penumpang sedang			1.1
4	<i>Pick Up, Micro,</i> Truk dan Mobil Hantaran			1.1
5a	Bus kecil			1.1
5b	Bus besar			1.2
6a	Truk ringan 2 sumbu			1.1
6b	Truk sedang 2 sumbu			1.2
7a	Trus 3 sumbu			1.2.2
7b	Truk gandeng			1.2.2- 2.2
8	Kendaraan tidak bermotor			

2.11.3.3 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data-data pertumbuhan series (*historical growth data*) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Jika tidak tersedia maka dapat menggunakan faktor pertumbuhan lalu lintas pada tabel berikut.

Tabel 2.27 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-Rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,80	5,83	5,14	4,75
Kolektor Rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan Desa	1,00	1,00	1,00	1,00

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

$$R = \frac{(1+0,01.i)^{UR}-1}{0,01.i} \quad (2.64)$$

Keterangan:

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

i = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = Umur rencana (tahun)

Apabila diperkirakan akan terjadi perbedaan laju pertumbuhan tahunan sepanjang total umur rencana (UR), dengan i 1% selama periode awal (UR1 tahun) dan i 2% selama sisa periode berikutnya (UR – UR1), faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif dapat dihitung dari formula berikut:

$$R = \frac{(1+0,01.i)^{UR}-1}{0,01.i} + (1+0,01.i1)^{(UR-1)}(1+0,01.i2) \left\{ \frac{(1+0,01.i)^{(UR-UR1)}}{0,01.i2} \right\} \quad (2.65)$$

Keterangan:

i1 = Laju pertumbuhan tahunan lalu lintas periode 1 (%)

i2 = Laju pertumbuhan tahunan lalu lintas periode 2 (%)

UR1 = Umur rencana periode 1 (tahun)

Perhitungan diatas digunakan untuk periode rasio volume kapasitas (RVK) yang belum mencapai tingkat kejenuhan ($RVK \leq 0,85$). Apabila kapasitas lalu lintas diperkirakan tercapai pada tahun ke (Q) dari umur rencana (UR), faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif dihitung sebagai berikut :

$$R = \frac{(1+0,01.i)^Q-1}{0,01.i} + (UR-Q)(1+0,01.i)^{(Q-1)} \quad (2.66)$$

2.11.3.4 Lalu Lintas Pada Lajur Rencana

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

diambil 0,50 kecuali pada lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu. Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Faktor distribusi lajur dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.28 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah Lajur Setiap Arah	Kendaraan Niaga pada Lajur Desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

2.11.3.5 Faktor Ekvivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

Dalam desain perkerasan, beban lalu lintas dikonversi ke beban standar (ESA) dengan menggunakan faktor ekuivalen beban (*vehicle damage factor*). Analisis struktur perkerasan dilakukan berdasarkan jumlah kumulatif ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana. Survei beban gandar harus dilakukan apabila dimungkinkan. Jika survei beban gandar tidak mungkin dilakukan oleh perencana dan data survei beban gandar sebelumnya tidak tersedia, maka untuk menghitung ESA dapat menggunakan nilai VDF pada tabel-tabel berikut:

Tabel 2.29 Nilai VDF Masing-Masing Jenis Kendaraan Niaga

Jenis Kendaraan	Sumatera				Jawa				Kalimantan			
	Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal	
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
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
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
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
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
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	11,7	7,0	10,2
7C2A	19,8	39,0	6,1	8,1	17,7	33,0	7,6	10,2	8,2	8,2	4,0	5,2
7C2B	20,7	42,8	6,1	8,0	13,4	24,2	6,5	8,5	-	-	-	-
7C3	24,5	51,7	6,4	8,0	18,1	34,4	6,1	7,7	13,5	13,5	9,8	15,0

Tabel 2.30 Nilai VDF Berdasarkan Jenis Kendaraan dan Muatan

Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi sumbu	Muatan ² yang diangkut	Kelompok sumbu	Distribusi tipikal (%)		Faktor Ekuivalen Beban (VDF) (ESA / kendaraan)	
Klasifikasi Lama	Alternatif					Semua kendaraan bermotor	Semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor	VDF4 Pangkat 4	VDF5 Pangkat 5
1	1	Sepeda motor	1.1	Muatan ² yang diangkut	2	30,4			
2, 3, 4	2, 3, 4	Sedan / Angkot / Pickup / Station wagon	1.1		2	51,7	74,3		
5a	5a	Bus kecil	1.2		2	3,5	5,00	0,3	0,2
5b	5b	Bus besar	1.2		2	0,1	0,20	1,0	1,0
6a.1	6.1	Truk 2 sumbu – cargo ringan	1.1	muatan umum	2	4,6	6,60	0,3	0,2
6a.2	6.2	Truk 2 sumbu – ringan	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2			0,8	0,8
6b1.1	7.1	Truk 2 sumbu – cargo sedang	1.2	muatan umum	2	-	-	0,7	0,7
6b1.2	7.2	Truk 2 sumbu – sedang	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2			1,6	1,7
6b2.1	8.1	Truk 2 sumbu – berat	1.2	muatan umum	2	3,8	5,50	0,9	0,8
6b2.2	8.2	Truk 2 sumbu – berat	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2			7,3	11,2
7a1	9.1	Truk 3 sumbu – ringan	1.22	muatan umum	2	3,9	5,60	7,6	11,2
7a2	9.2	Truk 3 sumbu – sedang	11.2	tanah, pasir, besi, semen	2			28,1	64,4
7a3	9.3	Truk 3 sumbu – berat	1.222		2	0,1	0,10	28,9	62,2
7b	10	Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	1.2-2.2		4	0,5	0,70	36,9	90,4
7c1	11	Truk 4 sumbu - trailer	1.2-22		3	0,3	0,50	13,6	24,0
7c2.1	12	Truk 5 sumbu - trailer	1.2-22		3	0,7	1,00	19,0	33,2
7c2.2	13	Truk 5 sumbu - trailer	1.2-222		3			30,3	69,7
7c3	14	Truk 6 sumbu - trailer	1.22-222		3	0,3	0,50	41,6	93,7

2.11.3.6 Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, dengan menggunakan VDF masing-masing kendaraan niaga yang ditentukan sebagai berikut:

$$ESA_{TH-1} = (\Sigma LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \quad (2.67)$$

Keterangan:

ESA_{TH-1} = Kumulatif lintasan sumbu standar ekuivalen (*equivalent standard axle*) pada tahun pertama.

LHR_{JK} = Lintas harian rata-rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari).

VDF_{JK} = Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*) tiap jenis kendaraan niaga.

DD = Faktor distribusi arah.

DL = Faktor distribusi lajur.

$CESAL$ = Kumulatif beban sumbu standar ekuivalen selama umur rencana.

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

Desain tebal perkerasan didasarkan pada nilai ESA pangkat 4 dan pangkat 5 tergantung pada model kerusakan (*deterioration model*) dan pendekatan desain yang digunakan. Gunakan nilai ESA yang sesuai sebagai input dalam proses perencanaan.

2.11.4 Daya Dukung Tanah

Ruas jalan yang didesain harus dikelompokkan berdasarkan kesamaan segmen yang mewakili kondisi tanah dasar yang dapat dianggap seragam (tanpa perbedaan yang signifikan). Secara umum disarankan untuk menghindari pemilihan segmen seragam yang terlalu pendek. Jika nilai CBR yang diperoleh sangat bervariasi, pendesain harus membandingkan manfaat dan biaya antara pilihan membuat segmen seragam yang pendek berdasarkan variasi nilai CBR tersebut. Dua metode perhitungan CBR karakteristik diuraikan sebagai berikut.

2.11.4.1 Metode Distribusi Normal Standar

Jika tersedia data yang cukup valid (minimum 10 titik data uji per segmen yang seragam) rumus berikut ini dapat digunakan:

$$\text{CBR karakteristik} = \text{CBR rata-rata} - f \times \text{deviasi standar} \quad (2.68)$$

Keterangan:

$f = 1,645$ (probabilitas 95%), untuk jalan tol atau jalan bebas hambatan.

$f = 1,282$ (probabilitas 90%), untuk jalan kolektor dan arteri.

$f = 0,842$ (probabilitas 80%), untuk jalan lokal dan jalan kecil.

Koefisien variasi (CV) maksimum dari data CBR untuk suatu segmen tidak lebih besar dari 25%. Koefisien variasi sampai dengan 30% masih boleh digunakan. Apabila jumlah data per segmen kurang dari 10 maka nilai CBR terkecil dapat mewakili sebagai CBR segmen.

2.11.4.2 Metode Persentil

Metode persentil menggunakan distribusi data nilai CBR pada segmen seragam yang dianggap terdistribusi secara normal. Nilai persentil ke “x” dari suatu kumpulan data membagi kumpulan data tersebut dalam dua bagian, yaitu bagian yang mengandung “x” persen data dan bagian yang mengandung $(100 - x)$ persen data. Nilai CBR yang dipilih adalah nilai persentil ke 10 yang berarti 10% data

segmen yang bersangkutan lebih kecil atau sama dengan nilai CBR pada persentil tersebut. Atau 90% dari data CBR pada segmen seragam tersebut lebih besar atau sama dengan nilai CBR pada persentil tersebut. Adapun prosedur perhitungan untuk persentil ke-10 adalah sebagai berikut.

1. Susun data CBR secara berurutan dari nilai terkecil hingga terbesar.
2. Hitung jumlah total data nilai CBR (n).
3. Hitung 10% dari (n), nilai yang diperoleh disebut sebagai indeks.
4. Jika indeks yang diperoleh dari langkah 3 merupakan bilangan pecahan, lakukan pembulatan ke bilangan terdekat dan lanjutkan ke langkah 4a. Jika indeks yang dihasilkan berupa bilangan bulat, lanjutkan ke langkah 4b.
 - a. Dari kumpulan data yang sudah diurutkan pada langkah 1, hitung mulai dari data terkecil hingga mencapai data diurutkan yang diperoleh dari langkah 3. Nilai CBR pada urutan tersebut adalah nilai CBR persentil ke-10.
 - b. Dari kumpulan data yang sudah diurutkan pada langkah 1, hitung mulai dari data terkecil hingga mencapai data diurutkan yang diperoleh dari langkah 3. Nilai CBR persentil ke-10 adalah nilai rata-rata dari dua nilai CBR yaitu CBR pada urutan tersebut dan urutan berikutnya.

2.11.5 Pondasi Perkerasan

Pondasi perkerasan tergantung kepada jenis tanah yang terdapat di lokasi perencanaan jalan.

1. Tanah dasar normal adalah tanah dasar yang secara umum mempunyai nilai CBR in-situ lebih besar dari 2,5%, termasuk pada daerah timbunan, galian dan permukaan tanah asli.
2. Tanah lunak didefinisikan sebagai tanah terkonsolidasi normal atau sedikit *over* konsolidasi (*lightly over consolidated*), biasanya berupa tanah lempung atau lempung kelanauan dengan CBR kurang dari 2,5% dan kekuatan geser (C_u) lebih kecil dari 7,5 kPa, dan umumnya $IP > 25$. Tanah terkonsolidasi normal yang mendapat pembebanan

statik dan dinamik akan mengalami pergerakan yang jauh lebih besar (akibat konsolidasi sekunder atau rangkai) dibandingkan tanah dasar normal yang dipadatkan secara mekanik. Oleh sebab itu penyebab kerusakan yang berbeda berlaku pada jalan yang dibangun di atas tanah lunak.

3. Tanah aluvial kering pada umumnya memiliki kekuatan sangat rendah (misalnya $\text{CBR} < 2\%$) di bawah lapis permukaan kering yang relatif keras. Kedalaman lapis permukaan tersebut berkisar antara 400 – 600 mm. Metode termudah untuk mengidentifikasi kondisi tersebut adalah menggunakan uji DCP.

Gambar 2.30 Desain Pondasi Jalan Minimum

CBR Tanah Dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur		
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5)		
			< 2	2-4	> 4
			Tebal minimum perbaikan tanah dasar		
> 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan spesifikasi umum, devisi 3 - pekerjaan tanah) (pemadatan lapisan ≤ 200mm tebal gembur)	Tidak diperlukan perbaikan		
5	SG5		-	-	100
4	SG4		100	150	200
3	SG3		150	200	300
2,5	SG2,5		175	250	350
Tanah ekspansif (potensi pemuaiian > 5%)			400	500	600
Perkerasan diatas tanah lunak	SG1	Lapis penopang	1000	1100	1200
		atau lapis penopang dan geogrid	650	750	850
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk jalan raya minor (nilai minimum - ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir	1000	1250	1500

2.11.6 Desain Perkerasan

Desain perkerasan ditentukan berdasarkan beban lalu lintas rencana dan pertimbangan biaya terendah yang ditunjukkan pada tabel berikut, kemudian dipilih yang sesuai dengan perhitungan.

Tabel 2.31 Desain Perkerasan Lentur dengan CTB (Bagan Desain 3)

Kriteria	F1	F2	F3	F4	F5
	Untuk lalu lintas dibawah 10 juta ESA 5 lihat bagan desain 3A, 3B dan 3C	Lihat bagan desain 4 untuk alternatif perkerasan kaku			
Repetisi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ ESA5)	>10 - 30	>30 - 50	>50 - 100	>100 - 200	>200 - 500
Jenis permukaan berpengikat	AC	AC			
Jenis lapis pondasi	Cement Treated Base (CTB)				
AC WC	40	40	40	50	50
AC BC	60	60	60	60	60
AC BC atau AC Base	75	100	125	160	220
CTB	150	150	150	150	150
Pondasi Agregat KelasA	150	150	150	150	150

Tabel 2.32 Desain Perkerasan Lentur dengan HRS (Bagan Desain 3A)

Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 CESA 5)	$FF1 < 0,5$	$0,5 \leq FF2 \leq 4,0$
Jenis Permukaan	HRS atau Penetrasi Makadam	HRS
Struktur Perkerasan	Tebal Lapisan (mm)	
HRS WC	50	30
HRS Base	-	35
LFA Kelas A	150	250
LFA Kelas A atau LFA Kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR > 10%	150	125

2.11.7 Ketebalan Lapis Perkerasan

Keterbatasan pelaksanaan pemadatan dan segregasi menentukan tebal struktur perkerasan. Perencana harus melihat batasan-batasan tersebut, termasuk ketebalan lapisan yang diizinkan. Jika pada bagan desain ditentukan bahwa suatu bahan dihamparkan lebih tebal dari yang diizinkan, maka bahan tersebut harus dihamparkan dan dipadatkan dalam beberapa lapisan. Ketebalan lapisan yang diizinkan terdapat pada tabel berikut.

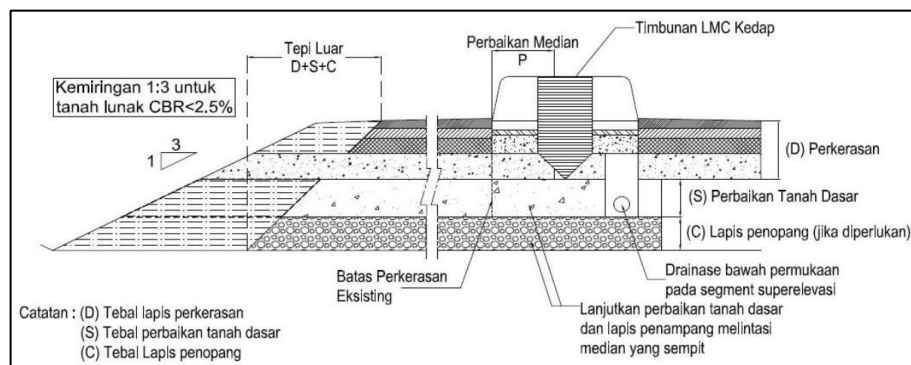
Tabel 2.35 Ketebalan Lapisan yang Diizinkan

Bahan	Rentang tebal padat per hamparan (mm)	Diizinkan penghamparan dalam beberapa lapis
HRS WC	30-50	Tidak
HRS Base	35-50	Ya
AC WC	40-70	Ya
AC BC	60-80	Ya
AC – Base	75-120	Ya
Lapis Pondasi Agregat Kelas A (Gradasi dengan ukuran maksimum 37,5 mm)	150-200	Ya
Lapis Pondasi Agregat Kelas B (Gradasi dengan ukuran maksimum 50 mm)	120-150	Ya
Lapis Pondasi Agregat Kelas S (Gradasi dengan ukuran maksimum 37,5 mm)	100-125	Ya
CTB (Gradasi dengan ukuran maksimum 30 mm) atau LMC	150-300	Tidak
Stabilisasi Tanah atau Kerikil Alam	150-200	Tidak
Kerikil Alami	100-200	Ya

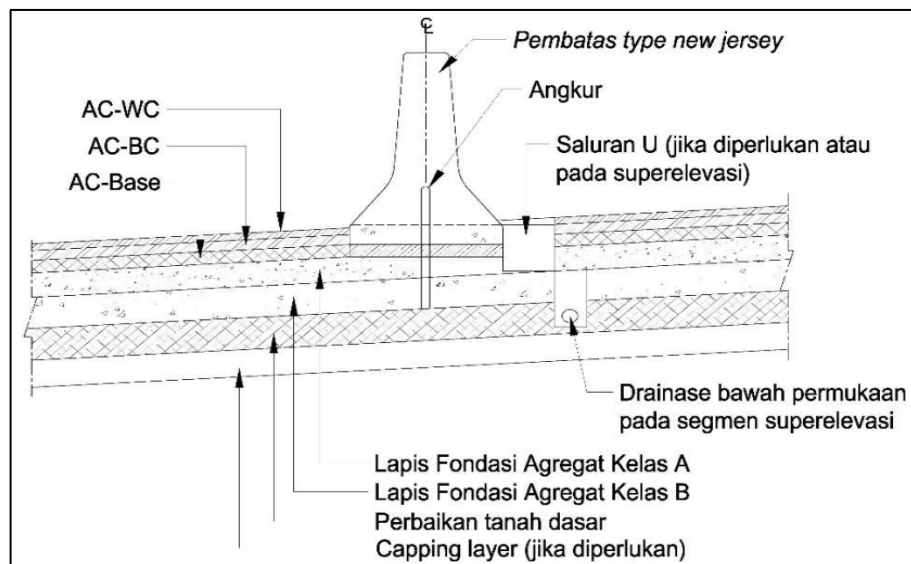
2.11.8 Daya Dukung Tepi Perkerasan

Struktur perkerasan memerlukan daya dukung tepi yang cukup, terutama apabila terletak pada tanah lunak atau tanah gambut. Ketentuan minimum adalah sebagai berikut:

1. Setiap lapis perkerasan harus dipasang sampai lebar yang sama atau lebih dari nilai minimum.
2. Timbunan tanpa penahan pada tanah lunak ($\text{CBR} < 2,5\%$) atau tanah gambut harus dipasang pada kemiringan tidak boleh lebih curam dari 1V : 3H



Gambar 2.31 Dukungan Tepi Perkerasan



Gambar 2.32 Dukungan Median Perkerasan

2.11.9 Pelapisan Bahu Jalan

Pelapisan bahu jalan terkadang diperlukan dalam beberapa kondisi agar mendapatkan hasil perencanaan yang baik.

1. Tebal Lapis Berbutir, elevasi tanah dasar untuk bahu harus sama dengan elevasi tanah dasar perkerasan atau setidaknya pelaksanaan tanah dasar badan jalan harus dapat mengalirkan air dengan baik. Untuk memudahkan pelaksanaan, pada umumnya tebal lapis berbutir bahu dibuat sama dengan tebal lapis berbutir perkerasan.
2. Bahu Tanpa Pengikat, lapis permukaan harus berupa lapis pondasi agregat kelas S, atau kerikil alam yang memenuhi ketentuan dengan Indeks Plastisitas (IP) antara 4% - 12%. Tebal lapis permukaan bahu LFA kelas S sama dengan tebal lapis beraspal tapi tidak lebih tebal dari 200 mm. Jika tebal lapis beraspal kurang dari 125 mm maka tebal minimum LFA kelas S 125 mm.
3. Bahu Diperkeras, materialnya dapat berupa penetrasi makadam, burtu/burda, beton aspal (AC), beton semen, dan kombinasi bahu beton 500 mm – 600 mm atau pelat beton dengan *tied shoulder*, atau bahu dengan aspal. Bahu diperkeras digunakan untuk kebutuhan berikut:
 - a. Jika terdapat kerb (harus ditutup sampai dengan garis kerb).
 - b. Gradien jalan lebih dari 4%.
 - c. Sisi yang lebih tinggi dari kurva superelevasi (superelevasi $\geq$ 0%). Dalam kasus ini, bahu pada sisi superelevasi yang lebih tinggi harus sama dengan superelevasi badan jalan.
 - d. Jalan dengan LHRT lebih dari 10.000 kendaraan.
 - e. Jalan tol dan jalan bebas hambatan.
4. Lalu lintas untuk desain bahu, beban lalu lintas desain pada bahu jalan tidak boleh kurang dari 10% lalu lintas lajur rencana, atau sama dengan lalu lintas yang diperkirakan dengan lapis penutup. Pada umumnya, hal ini dapat dipenuhi dengan burda atau penetrasi makadam yang dilaksanakan dengan baik.

2.11.10 Kapasitas Jalan

Penentuan kapasitas jalan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C = C_0 \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{SF} \quad (2.69)$$

Keterangan:

C = Kapasitas

C_0 = Kapasitas dasar (Tabel 2.36)

FC_W = Faktor penyesuaian lajur lalu lintas (Tabel 2.37)

FC_{SP} = Faktor penyesuaian arah lalu lintas (Tabel 2.38)

FC_{SF} = Faktor penyesuaian gesekan samping (Tabel 2.39)

Tabel 2.36 Kapasitas Dasar untuk Jalan Antarkota dengan 2 Lajur 2 Arah

Jenis dan Alinyemen Jalan (Empat Lajur Terbagi)	Kapasitas Dasar Total Dua Arah (SMP/Jam/Lajur)
Datar	3100
Bukit	3000
Gunung	2900

Tabel 2.37 Penyesuaian Lebar Lajur Lalu Lintas (FC_W) Terhadap Kapasitas

Jenis Jalan	Lebar Efektif Lajur Lalu Lintas (W_c), (m)	FC_W
Empat lajur tak terbagi	Per Lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,03
Dua lajur tak terbagi	Total Dua Arah	
	5,00	0,69
	6,00	0,91
	7,00	1,00
	8,00	1,08
	9,00	1,15
	10,00	1,21

Tabel 2.38 Faktor Penyesuaian Kapasitas Karena Pemisahan Arah (FC_{SP})

Pemisah Arah SP %-%		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FC_{SP}	Dua Lajur 2/2	1,000	0,970	0,940	0,910	0,880
	Empat Lajur 4/2	1,000	0,975	0,950	0,925	0,900

Tabel 2.39 Penyesuaian Kapasitas Akibat Pengaruh Hambatan Samping

Jenis Jalan	Kelas Hambatan	Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pengaruh Gesekan Samping (FC_{SF})			
		$\leq 0,5$	1	1,5	≥ 2
4/2 D	VL	0,99	1,00	1,01	1,03
	L	0,96	0,97	0,99	1,01
	M	0,93	0,95	0,96	0,99
	H	0,90	0,92	0,95	0,97
	VH	0,88	0,90	0,95	1,01
2/2 D 4/2 D	VL	0,97	0,99	1,00	1,02
	L	0,93	0,95	0,97	1,00
	M	0,88	0,91	0,64	0,98
	H	0,84	0,87	0,91	0,95
	VH	0,80	0,83	0,88	0,93

Tabel 2.40 Kelas Hambatan Samping

Frekuensi Hambatan (dari kedua sisi jalan)	Kondisi Tipikal	Kelas Hambatan Samping	
50-149	Pedalaman, beberapa bangunan dan aktivitas di sisi jalan	Rendah	L
150-249	Desa, aktivitas disisi jalan, terdapat angkutan lokal	Sedang	M
250-350	Desa, beberapa aktivitas pasar	Tinggi	H
>350	Hampir berupa perkotaan, terdapat pasar dan aktivitas bisnis lainnya	Sangat Tinggi	VH

2.12 Perancangan Drainase Jalan

Drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, atau membuang air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan tersebut dapat difungsikan secara optimal.

Drainase jalan merupakan prasarana yang dapat bersifat alami ataupun buatan yang berfungsi untuk memutuskan dan menyalurkan air permukaan maupun bawah tanah, biasanya menggunakan bantuan gaya gravitasi, yang terdiri atas saluran samping jalan lalu ke badan air penerima atau tempat peresapan buatan (Bina Marga, 2021a). Secara hidrolika aliran saluran terbuka (*open channel flow*) merupakan aliran dengan permukaan bebas. Kriteria ini digunakan untuk desain saluran tepi/samping jalan. Saluran samping merupakan bagian dari sistem drainase jalan berfungsi untuk mengendalikan limpasan air hujan dipermukaan jalan dan dari daerah sekitarnya agar tidak merusak konstruksi jalan.

Dasar dari perencanaan drainase pada Jalan Majalengka-Cikijing yaitu dengan mengumpulkan data-data curah hujan maksimum pada stasiun hujan yang terdekat dengan lokasi proyek. Dalam praktik pencarian data curah hujan sering ditemui data yang tidak lengkap, ketidak-lengkapan tersebut disebabkan beberapa hal, diantaranya karena kerusakan alat, kelalaian petugas, penggantian alat dan kerusakan akibat banyak hal. Oleh sebab itu untuk memperkirakan besarnya data yang hilang, harus diperhatikan pola penyebaran hujan pada stasiun yang bersangkutan maupun stasiun-stasiun sekitarnya.

Beberapa karakteristik sistem drainase jalan antarkota yaitu sebagai berikut:

1. Lingkungan jalan luar kota, banyak fitur saluran seperti aliran alami, depresi, lahan basah, dataran banjir, tanah permeabel, vegetasi untuk penyerapan (infiltrasi). Kondisi tersebut membantu mengendalikan kecepatan limpasan, memperpanjang waktu konsentrasi, menyaring sedimen, mengurangi polutan lainnya, dan mendaur ulang nutrisi.
2. Adanya saluran irigasi dan/atau alami yang saling beririsan, yang berbeda elevasi dan berbeda tujuan.

3. Teknik yang melestarikan atau melindungi dan meningkatkan saluran alami sangat dianjurkan. Desain yang baik untuk meningkatkan efektivitas sistem saluran tersebut jangan sampai menghilangkan atau mengganti, apalagi mengabaikan.
4. Jalan luar kota umumnya diperuntukan untuk lalu lintas kendaraan berkecepatan lebih tinggi, untuk itu saluran permukaan terbuka lebih disarankan dalam bentuk V. Dengan asumsi jika ada kendaraan yang hilang kendali dan masuk dalam saluran, tidak terjadi kecelakaan yang lebih parah dan kendaraan lebih mudah untuk keluar.

2.12.1 Debit Air Rencana

Dalam menentukan debit air rencana, umumnya menggunakan metode rasional, karena dikembangkan berdasarkan asumsi bahwa curah hujan yang terjadi mempunyai intensitas seragam dan merata di seluruh daerah pengaliran selama paling sedikit sama dengan waktu konsentrasi (t_c). Penetapan debit air rencana, menggunakan rumus matematik metode rasional sebagai berikut:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (2.70)$$

Keterangan:

Q = Debit air rencana ($m^3/detik$)

0,278 = Konstanta, digunakan jika satuan luas daerah menggunakan Km^2

C = Koefisien aliran permukaan ($0 \leq C \leq 1$)

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas DAS (Km^2)

Periode ulang untuk menentukan debit rencana, disesuaikan dengan klasifikasi jalan, seperti ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2.41 Periode Ulang Debit Rencana

Kelas dan/atau Fungsi Jalan	Periode Ulang (Tahun)
Jalan Tol	100
Jalan Arteri	50
Jalan Kolektor	50
Jalan Lokal	25

2.12.2 Koefisien Aliran

Nilai C di lapangan tidak selalu sama tergantung tata guna lahan, nilai C yang digunakan dalam perhitungan adalah nilai C rata-rata. Cara untuk menentukan nilai C rata-rata, dapat dilakukan dengan rumus berikut:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n A_i C_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2.71)$$

Keterangan:

C = Koefisien pengaliran rata-rata

C_i = Koefisien pengaliran tiap tata guna tanah

A_i = Luas tiap tata guna tanah (Km²)

Perkiraan nilai koefisien pengaliran (C) sesuai jenis permukaan seperti ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2.42 Nilai Koefisien Aliran Lahan Khusus (C)

Deskripsi Lahan atau Karakter Permukaan	Koefisien Aliran, C
Perkerasan	
Aspal dan Beton	0,70 – 0,95
Batu Bata, Paving	0,50 – 0,70
Halaman, Tanah Berpasir	
Datar, 2%	0,13 – 0,17
Rata-Rata, 2% - 7%	0,18 – 0,22
Curam, 7%	0,25 – 0,35
Halaman Kereta Api	0,10 – 0,35
Tempat Bermain	0,10 – 0,25
Taman, Pekuburan, Hutan	0,10 – 0,25
Datar, 0% - 5%	0,10 – 0,40
Bergelombang, 5% - 10%	0,25 – 0,50
Berbukit, 10% - 30%	0,30 – 0,60

Tabel 2.43 Nilai Koefisien Aliran secara Umum

Tipe Daerah Aliran	Keterangan	Koefisien C
Rerumputan	Tanah gemuk 2% - 7%	0,18 – 0,22
Bisnis	Daerah kota lama	0,75 – 0,95
	Daerah pinggiran	0,50 – 0,70
Perumahan	Single Family terpisah penuh, tertutup, rapat, apartemen	0,3 – 0,5
		0,4 – 0,6
		0,6 – 0,7
		0,5 – 0,7
Industri	Ringan atau Berat	0,5 – 0,8
		0,6 – 0,9

2.12.3 Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. Hubungan antara intensitas, lama hujan dan frekuensi hujan biasanya dinyatakan dalam kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF). Diperlukan data hujan jangka pendek, misalnya 5 menit, 10 menit, 30 menit, 60 menit dan jam-jam-an untuk membentuk kurva IDF (Bina Marga, 2021a).

Menentukan intensitas hujan dengan menggunakan metode Mononbe, rumus ini digunakan apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \quad (2.72)$$

Keterangan:

I = Intensitas hujan (mm/jam) dengan periode ulang T tahun

R₂₄ = Curah hujan harian maksimum dalam 24 jam (mm) dengan periode ulang T tahun

t_c = Waktu turun / konsentrasi (jam)

2.12.4 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat saluran (titik kontrol) setelah tanah menjadi jenuh. Waktu konsentrasi bervariasi dengan ukuran dan bentuk daerah tangkapan, kemiringan lahan, jenis permukaan. Waktu konsentrasi di daerah pengaliran (t_0) dan di saluran (t_d), kemudian hasil kedua perhitungan dijumlahkan, sehingga rumusnya menjadi seperti berikut:

$$t_c = t_0 + t_d \text{ (menit)} \quad (2.73)$$

Dimana:

$$t_0 = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times I \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right]^{0,167} \text{ (menit)} \quad (2.74)$$

$$t_d = \frac{L_s}{60 \times V} \text{ (menit)} \quad (2.75)$$

Keterangan:

- t_c = Waktu konsentrasi (menit)
- t_0 = Waktu untuk mencapai saluran dari titik terjauh (menit)
- t_d = Waktu aliran dalam saluran sepanjang L dari ujung saluran (menit)
- I = Jarak dari titik terjauh ke fasilitas drainase (m)
- n = Angka kekasaran permukaan lahan
- S = Kemiringan daerah pengaliran
- L_s = Panjang saluran
- V = Kecepatan air rata-rata (m/detik)

Perkiraan nilai koefisien pengaliran (n) sesuai jenis permukaan seperti ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 2.44 Nilai Kekasaran Permukaan Lahan

Kondisi Lapis Permukaan	n
Lapis semen dan aspal beton	0,013
Permukaan licin dan kedap air	0,020
Permukaan licin dan kokoh	0,100
Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,200

Padang rumput dan rerumputan	0,400
Hutan gundul	0,600
Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	0,800

2.12.5 Penentuan Curah Hujan

2.12.5.1 Metode Rata-Rata Aljabar

Metode ini memberikan hasil yang dapat dipercaya jika pos-pos penakarnya ditempatkan secara merata di areal tersebut, dan hasil penakaran masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh pos di seluruh areal.

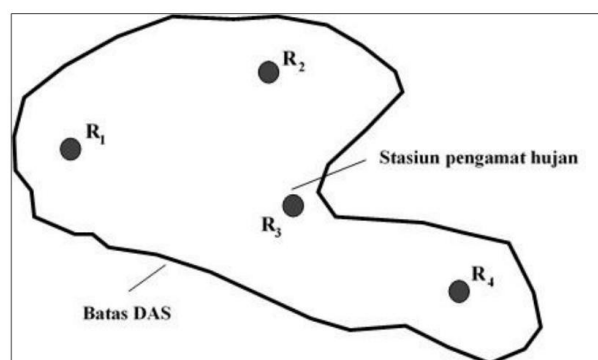
$$R = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \quad (2.76)$$

Keterangan:

R = Curah hujan rata-rata daerah (mm)

n = Jumlah titik atau pos pengamatan

R₁, R₂, ..., R_n = Curah hujan di tiap titik pengamatan



Gambar 2.33 Lokasi Pos Pengamata Hujan

2.12.5.2 Metode Poligon Thiessen

Metode poligon thiessen merupakan perhitungan curah hujan yang dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan jika titik-titik di dalam daerah pengamatan tidak tersebar merata. Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung di antara dua buah pos penakar. Hal

yang perlu diperhatikan dalam cara poligon thiessen ini adalah stasiun pengamatan minimal tiga stasiun dan penambahan stasiun akan merubah seluruh jaringan.

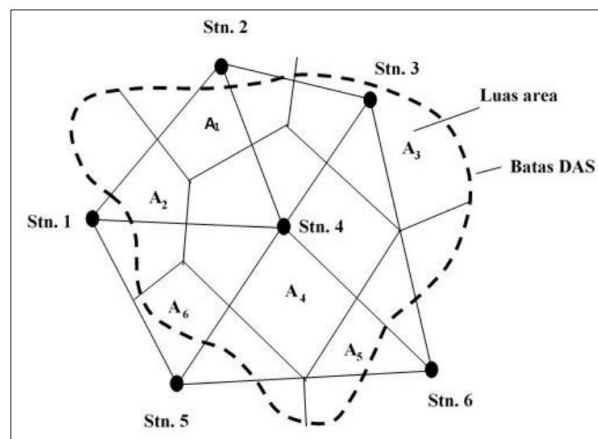
$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.77)$$

Keterangan:

$\bar{R}$ = Curah hujan maksimum rata-rata (mm)

$R_1, R_2, \dots, R_n$ = Curah hujan pada stasiun 1,2,...,n (mm)

$A_1, A_2, \dots, A_n$ = Luas daerah pada poligon 1,2,...,n (Km²)



Gambar 2.34 Curah Hujan Metode Polygon Thiessen

2.12.5.3 Metode Isohyet

Metode isohyet harus menggambar dulu kontur tinggi hujan yang sama (isohyet). Ini adalah cara yang paling teliti untuk mendapatkan hujan areal rata-rata, tetapi memerlukan jaringan pos penakar yang relatif lebih padat yang memungkinkan untuk membuat isohyet. Pada waktu menggambar isohyetse baiknya juga memperhatikan pengaruh bukit atau gunung terhadap distribusi hujan (hujan orografik).

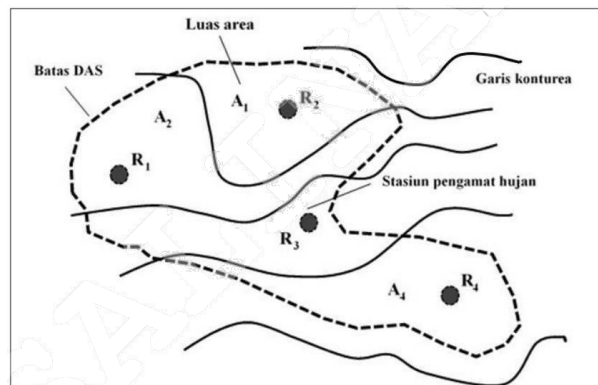
$$\bar{R} = \frac{\frac{R_1 + R_2}{2} A_1 + \frac{R_2 + R_3}{2} A_2 + \dots + \frac{R_n + R_1}{2} A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.78)$$

Keterangan:

$\bar{R}$ = Curah hujan rata rata (mm)

$R_1, R_2, \dots, R_n$ = Curah hujan stasiun 1, 2, ..., n (mm)

$A_1, A_2, \dots, A_n$ = Luas bagian yang dibatasi oleh Isohyet (Km^2)



Gambar 2.35 Curah Hujan Metode Isohyet

Pemilihan metode curah hujan yang cocok dipakai pada suatu DAS dapat ditentukan berdasarkan tiga faktor, seperti ditunjukkan pada tabel berikut.

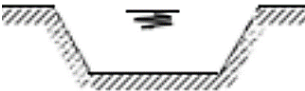
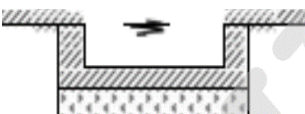
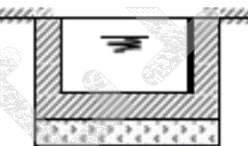
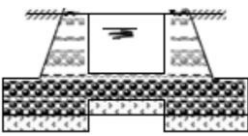
Tabel 2.45 Pemilihan Metode Curah Hujan

Berdasarkan Faktor	Satuan	Metode
Jaringan Pos Penakaran Curah Hujan	Jumlah pos penakaran hujan cukup	Metode Isohyet, Thiessen dan Rata-Rata Aljabar dapat dipakai
	Jumlah pos penakaran hujan terbatas	Metode Thiessen dan Rata- Rata Aljabar
	Pos penakaran hujan tunggal	Metode hujan titik tersebut
Luas DAS	DAS besar (>5000 Km^2)	Metode Isohyet
	DAS sedang (500 $\text{Km}^2 - 5000 \text{ Km}^2$)	Metode Thiessen
	DAS kecil (< 500 Km^2)	Metode Rata-Rata Aljabar
Topografi DAS	Dataran	Metode Thiessen
	Berbukit dan Tidak Beraturan	Metode Thiessen
	Pegunungan	Metode Rata-Rata Aljabar

2.12.6 Tipe dan Luas Penampang Saluran

Penggunaan tipe dan jenis bahan/material saluran didasarkan atas kondisi tanah dasar dan kecepatan abrasi air, seperti ditunjukkan pada tabel berikut.

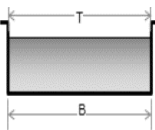
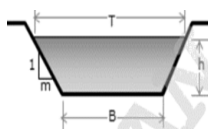
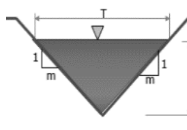
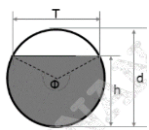
Tabel 2.46 Tipe Penampang Saluran Samping Jalan

Tipe Saluran Samping	Potongan Melintang	Bahan yang Dipakai
Bentuk trapesium		Tanah asli
Bentuk segitiga		Pasangan batu kali atau tanah asli
Bentuk trapesium		Pasangan batu kali
Bentuk segi empat		Pasangan batu kali
Bentuk segi empat		Beton bertulang pada bagian dasar diberi lapisan pasir ± 10 cm
Bentuk segi empat		Beton bertulang pada bagian dasar diberi lapisan pasir ± 10 cm, pada bagian atas ditutup dengan plat beton bertulang
Bentuk segi empat		Beton bertulang pada bagian dasar diberi lapisan pasir ± 10 cm,

		pada bagian atas ditutup dengan plat beton bertulang
Bentuk setengah lingkaran		Pasangan batu kali atau beton bertulang

Perhitungan komponen geometrik saluran dalam menentukan kemampuan penampang saluran, dapat digunakan tabel sebagai berikut.

Tabel 2.47 Rumus Menghitung Komponen Penampang Saluran

Penampang				
Luas, A	Bh	$(B+zh)h$	zh^2	$\frac{1}{2}(\theta - \sin\theta) d_0^2$
Keliling Basah, O	$B+2h$	$B+2h\sqrt{1+z^2}$	$2h\sqrt{1+z^2}$	$\frac{1}{2} \theta d_0$
Jari-jari hidrolis, R	$\frac{Bh}{B+2h}$	$\frac{(B+zh)h}{B+2h\sqrt{1+z^2}}$	$\frac{zh}{2\sqrt{1+z^2}}$	$\frac{1}{4} \left(1 - \frac{\sin\theta}{\theta}\right) d_0$
Lebar Puncak, T	B	$B+2zh$	$2zh$	$\left(\sin \frac{1}{2}\theta\right) d_0$
Kedalaman Hidrolis, D	h	$\frac{(B+zh)h}{B+2zh}$	$\frac{1}{2} h$	$\frac{1}{8} \left(\frac{\theta - \sin\theta}{\sin 1/2\theta}\right) d_0$
Faktor Penampang, Z	$Bh^{1,5}$	$\frac{[(B+zh)h]^{1,5}}{\sqrt{B+2zh}}$	$\frac{\sqrt{2}}{2} zh^{2,5}$	$\frac{\sqrt{2}}{32} \left(\frac{(\theta - \sin\theta)^{1,5}}{(\sin 1/2\theta)^{0,5}}\right) d_0^{2,5}$

2.12.7 Kecepatan Aliran dan Jenis Saluran

Saluran dengan pelapis kaku, kecepatan aliran rata-rata maksimum sebesar 4-5 m/detik dan kecepatan minimum sebesar 0,8 m/detik. Hal lain yang harus diperhatikan:

1. Sambungan penyusutan dan pemuaian untuk meminimalkan risiko timbulnya retak, rembesan dan potensi kerusakan. Jika loncatan hidrolik dikehendaki untuk bergerak di atas sambungan, maka perlu tambahan perkuatan sambungan.
2. Lubang sulingan pelepas tekanan (*pressure relief weep holes*) di dalam dasar saluran dan di dalam lereng saluran samping. Jumlah dan kerapatan lubang sulingan pelepas tekanan hendaknya mencukupi untuk mencegah pengangkatan (*uplift*) hidrolika saluran.
 - a. Perlindungan saluran samping dari aliran air permukaan dengan memasang suatu strip lapisan kaku dengan lebar 0,5 m yang dipasang di bagian atas dari kedua sisi saluran samping.
 - b. Untuk mencegah terjadi penggerusan, aliran air dengan permukaan kasar sebelum membuangnya ke saluran bervegetasi/halus. Hal ini, bisa memasang tapak batu (*rock scour pad*) di titik keluar dari saluran berlantai halus.

Bronjong kawat isi batu atau gabion bisa juga digunakan untuk melapisi tepi atau dasar saluran. Aspek yang harus diperhatikan yaitu sebagai berikut:

1. Potensi kerusakan keranjang dari puing-puing.
2. Kemerosotan kondisi bronjong kawat akibat polusi atau lingkungan.
3. Tumbuhnya tanaman di atas bronjong kawat.
4. Pemeliharaan bronjong kawat perlu dipertimbangkan, terutama terkait akses kebutuhan pemeliharaan perlu disertakan ke dalam program pemeliharaan.
5. Desain dan konstruksi perlindungan gabion sesuai spesifikasi pabrikan dan hendaknya konsisten dengan spesifikasi standar terkini.

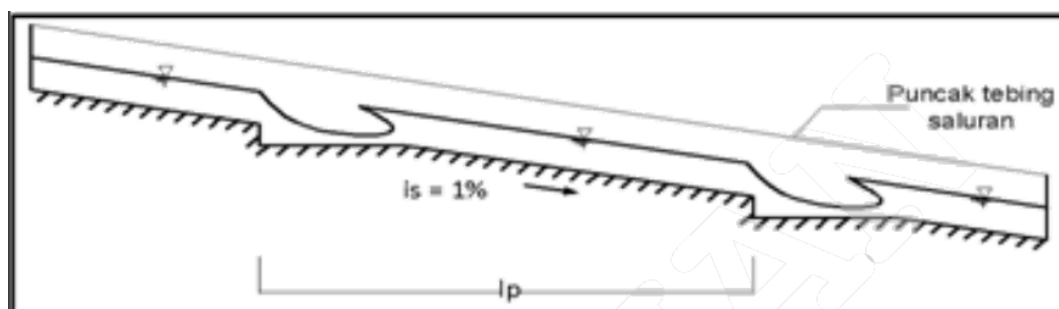
Kecepatan maksimum aliran berdasarkan jenis material konstruksi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.48 Kecepatan Aliran Air yang Diizinkan berdasarkan Jenis Material

Jenis Bahan	Kecepatan Aliran Air (m/detik)
Pasir Halus	0,45
Lempung kepasiran	0,50
Lanau alluvial	0,60
Kerikil halus	0,75
Lempung kokoh	0,75
Lempung padat	1,10
Kerikil kasar	1,20
Batu-batu besar	1,50
Pasangan batu	1,50
Beton	1,50
Beton bertulang	1,50

2.12.8 Aliran Kritis

Pada aliran kritis, diperlukan bangunan terjunan atau pematah arus. Pematah arus untuk mengurangi kecepatan aliran diperlukan untuk saluran yang panjang dan mempunyai kemiringan cukup besar seperti tampak dalam gambar berikut.



Gambar 2.36 Bentuk Pematah Arus

Pemasangan jarak pematah arus (I_p) harus sesuai dengan kemiringan saluran (i_s). Pada kemiringan di atas 10%, maka perlu dilakukan evaluasi terkait elevasi lokasi, serta kebutuhan terjunan, dengan tetap memperhatikan jarak pematah arus yang dicantumkan dalam berikut.

Tabel 2.49 Hubungan Kemiringan Saluran dan Jarak Pematah Arus

	Kemiringan / Jarak						
i_s (%)	6	7	8	9	10	12	15
I_p (m)	16	10	8	7	6	4	2

2.12.9 Kapasitas Aliran

Penampang minimum saluran yaitu $0,50 \text{ m}^2$, untuk kapasitas saluran terbuka harus ditentukan menggunakan metode-metode perhitungan, yaitu sebagai berikut:

1. Rumus penentuan luas penampang saluran:

$$A = \frac{Q}{V} \quad (2.79)$$

Keterangan:

A = Luas penampang basah saluran (m^2)

Q = Debit aliran (m^3/detik)

V = Kecepatan aliran (m/detik)

2. Rumus untuk kecepatan aliran:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2} \quad (2.80)$$

Keterangan:

V = Kecepatan aliran (m/detik)

n = Koefisien kekasaran Manning yang nilainya didasarkan pada bahan saluran

R = Jari-jari hidrolis saluran (m)

i = Kemiringan aliran, dalam hal aliran seragam kemiringan aliran sama dengan kemiringan dasar saluran

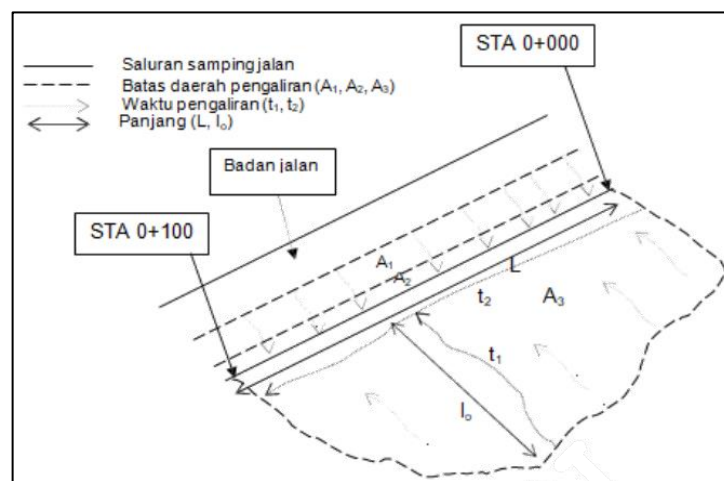
3. Jari-jari hidrolis dihitung untuk rumus kecepatan non-gerusan yang diizinkan dari rumus Manning, yaitu:

$$R = \left[\frac{(n \times V)}{i^{1/2}} \right]^{2/3} \quad (2.81)$$

2.12.10 Luas Daerah Layanan

Luas daerah layanan (A) atau luas area tangkapan air hujan untuk saluran samping jalan perlu diketahui agar dapat diperkirakan daya tampungnya terhadap curah hujan atau untuk memperkirakan volume limpasan permukaan yang akan ditampung saluran samping jalan. Luas daerah layanan terdiri atas luas setengah badan jalan (A_1), luas bahu jalan (A_2) dan luas daerah di sekitar (A_3), tergantung kemiringan daerah bersangkutan.

Batasan luas daerah layanan tergantung dari daerah sekitar dan topografi dan daerah sekelilingnya. Perhitungan luas daerah layanan didasarkan pada panjang segmen jalan yang ditinjau. Panjang daerah pengaliran yang diperhitungkan terdiri atas setengah lebar badan jalan (l_1), lebar bahu jalan (l_2), dan daerah sekitar (l_3) yang terbagi atas daerah perkotaan yaitu ± 10 m dan untuk daerah luar kota yang didasarkan pada topografi daerah tersebut.



Gambar 2.37 Daerah Layanan Tampungan Air Hujan

2.12.11 Kekasaran Manning Saluran

Nilai kekasaran manning (n) pada umumnya yaitu:

1. Menurun dengan meningkatnya kedalaman.
2. Untuk kondisi aliran dangkal (radius hidraulik lebih kecil dari 1 atau ketinggian dari kekasaran adalah sepersepuluh atau lebih dari kedalaman aliran), sangat perlu untuk menyesuaikan nilai ' n ' Manning.

- Untuk jenis aliran yang terkait dengan desain drainase, maka hal ini pada umumnya hanya diperlukan untuk saluran dengan pelapis lentur.

Saluran-saluran dengan pelapis kaku dari batu:

- Untuk saluran-saluran dengan pelapis kaku dari batu, nilai Manning 'n' dapat ditentukan seperti pada Tabel 2.50 atau dihitung menggunakan rumus berikut ini:

$$n = \frac{(d_{90})^{1/6}}{26(1-0,359^m)} \quad (2.82)$$

Keterangan:

$$m = [(R/d_{90})(d_{50}/d_{90})]^{0.7}$$

R = Radius hidraulik dari aliran diatas batuan = Luas/keliling (m)

d₅₀ = Nilai rata-rata ukuran batu(m), 50% dari batu berukuran lebih kecil

d₉₀ = Nilai rata-rata ukuran batu(m), 90% dari batu berukuran lebih kecil

Tabel 2.50 Nilai Kekasaran Manning untuk Saluran

d ₉₀ (mm) Radius Hidraulik (m)	d ₅₀ /d ₉₀ = 0,5				d ₅₀ /d ₉₀ = 0,8			
	200	300	400	500	200	300	400	500
	Kekasaran Manning				Kekasaran Manning			
0,2	0,1	0,14	0,17	0,21	0,06	0,08	0,09	0,11
0,3	0,08	0,11	0,14	0,16	0,05	0,06	0,08	0,09
0,4	0,07	0,09	0,12	0,14	0,04	0,05	0,07	0,08

- Dalam aliran berbasis kerikil 'alami' maka faktor d₅₀/d₉₀ berada pada kisaran 0,2 – 0,5 ,sementara pada saluran-saluran yang dibangun menggunakan batu bermutu, maka nilai rata-rata berada pada kisaran 0,5 – 0,8.

2.12.12 Tikungan dan Superelevasi Saluran

Ketinggian saluran pada suatu tikungan harus didesain untuk menempatkan elevasi permukaan air yang diharapkan pada tikungan sesuai kapasitas desain, seperti halnya juga pada jagaan. Pelimpahan air pada sisi-sisi sebuah lengkungan dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\Delta d = \frac{V^2 \times T}{g \times R_c} \quad (2.83)$$

Keterangan:

- Δd = Perbedaan ketinggian permukaan air antara tepi-tepi dalam dan tepi-tepi luar saluran pada lengkungan (m)
 V = Kecepatan rata-rata (m / detik)
 T = Lebar permukaan pada saluran (m)
 g = Gaya gravitasi (9.81 m / dtk²)
 R_c = Radius garis tengah dari saluran (m)

Tikungan dengan sudut antara 90° dan 180° dihitung dengan rumus berikut:

$$h_b = \left(\frac{2B}{R_2} \right) \times \left(\frac{V^2}{2g} \right) \quad (2.84)$$

Keterangan:

- h_b = Kehilangan energi pada saluran lengkung
 B = Lebar saluran (m)
 V = Kecepatan rata-rata aliran (m / dtk)
 g = Gaya gravitasi (9.81 m / dtk²)
 R = Radius garis tengah dari saluran lengkung (m)

Untuk lengkungan antara 0 dan 90 derajat, disarankan interpolasi linier.

2.12.13 Kemiringan Saluran Memanjang

Menghitung kemiringan saluran digunakan rumus manning sebagai berikut:

$$i_s = \left(\frac{V \times n}{R^{2/3}} \right)^2 \quad (2.85)$$

Keterangan:

- V = Kecepatan aliran (m/detik)
 n = Koefisien kekasaran Manning
 R = A/P = Jari-jari hidrolis (m)
 A = Luas penampang basah (m²)
 P = Keliling basah (m)
 i_s = Kemiringan saluran memanjang

Hubungan antara bahan yang digunakan dengan kemiringan saluran arah memanjang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.51 Kemiringan Saluran Memanjang berdasarkan Jenis Material

Jenis Material	Kemiringan Saluran (%)
Tanah Asli	0 – 5
Kerikil	5 – 7,5
Pasangan Batu	7,5

2.13 Software AutoCAD Civil 3D

AutoCAD Civil 3D adalah perangkat lunak yang dikembangkan oleh Autodesk, Inc yang dirancang khusus untuk insinyur sipil, desainer infrastruktur, dan profesional terkait lainnya. Ini adalah bagian dari perangkat lunak AutoCAD yang memiliki fitur-fitur khusus yang memungkinkan pengguna untuk merancang, menggambar, dan mengelola proyek infrastruktur yang kompleks. Berikut merupakan beberapa fitur utama dari AutoCAD Civil 3D:

1. **Surveying:** Civil 3D juga menyediakan alat untuk mengolah data survei. Ini memungkinkan pengguna untuk mengimpor data survei, membuat tinjauan topografi digital, dan mengintegrasikannya ke dalam model desain.
2. **Desain Infrastruktur:** AutoCAD Civil 3D memungkinkan pengguna untuk merancang berbagai jenis proyek infrastruktur, seperti jalan, jembatan, bendungan, pipa saluran air dan sebagainya.
3. **Analisis Hidrologi dan Hidrolika:** Perangkat lunak ini memiliki alat-alat untuk melakukan analisis hidrologi dan hidrolika yang komprehensif. Pengguna dapat memodelkan aliran air, menghitung debit air, dan menganalisis dampak dari sistem pembuangan dan manajemen air hujan.
4. **Model 3D:** Salah satu fitur utama dari Civil 3D adalah kemampuannya untuk membuat model 3D dari proyek infrastruktur. Ini memungkinkan pengguna untuk melihat proyek secara lebih

mendalam, menganalisisnya dengan lebih baik, dan mengidentifikasi potensi masalah sebelum konstruksi dimulai.

5. Dokumentasi dan Laporan: AutoCAD Civil 3D memudahkan pembuatan dokumen teknis dan laporan untuk proyek infrastruktur. Ini termasuk pembuatan gambar rencana, profil lintasan, penjadwalan proyek, dan sebagainya.
6. BIM (*Building Information Modeling*): Civil 3D mendukung pendekatan BIM, yang dapat terintegrasikan dengan perangkat lunak Autodesk lainnya, seperti Revit dan AutoCAD Map 3D, untuk memperluas fungsionalitas dan efisiensi dalam proyek desain dan konstruksi, ini memfasilitasi manajemen data dan koordinasi proyek yang lebih baik.

AutoCAD Civil 3D adalah alat yang sangat berguna bagi para profesional di bidang infrastruktur dan konstruksi untuk merancang, mengelola, dan melaksanakan proyek infrastruktur secara efisien dan akurat. Ini membantu meningkatkan produktivitas, mengurangi risiko proyek, dan memastikan bahwa proyek berjalan dengan lancar dari awal hingga akhir. Dalam penelitian ini, software autoCAD digunakan untuk memodelkan perancangan geometrik jalan, input perancangan tebal perkerasan dan saluran drainase jalan.