

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan Geometrik Jalan

Perencanaan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan route dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar, yang didapatkan dari hasil survey lapangan, kemudian dianalisis berdasarkan acuan persyaratan perencanaan geometrik yang berlaku. Acuan perencanaan yang dimaksud adalah sesuai dengan standar perencanaan geometrik yang dianut di Indonesia. Standar perencanaan tersebut, dibuat oleh Direktorat Jenderal Bina Marga (sekarang dilebur dalam Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah-Kimpraswil) yang disesuaikan dengan klasifikasi jalan berdasarkan peruntukan jalan raya. (Hamirhan Saodang, 2004)

Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan rasio tingkat penggunaan / biaya pelaksanaan. Ruang, bentuk, dan ukuran jalan dikatakan baik jika dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pemakai jalan. (Silvia Sukirman, 1999).

Persyaratan geometrik jalan, adalah salah satu dari persyaratan-persyaratan yang ada, untuk memberikan kenyamanan, keamanan, dan kecepatan tersebut diatas. Banyak syarat-syarat lain diluar syarat geometrik ini, yang merupakan persyaratan konstruksi jalan secara umum, meliputi antara lain persyaratan struktur jalan, persyaratan bahan jalan, persyaratan pelaksanaan jalan dan lain-lain. (Hamirhan Saodang, 2004).

Dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya harus memiliki data perencanaan, diantaranya data lalu lintas, data topografi, data tanah dan data penunjang lainnya. Semua data ini sangat diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya karena data-data ini memberikan gambaran yang sebenarnya dari kondisi suatu daerah dimana ruas jalan ini akan dibangun. Dengan adanya data-data ini, kita dapat menentukan geometrik dan ketebalan perkerasan yang diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya.

2.1.1 Peta Topografi

Keadaan topografi dalam penetapan trase jalan memegang peranan penting, karena akan mempengaruhi penetapan alinyemen, kelandaian jarak, jarak pandang, penampang melintang, saluran tepi dan lain sebagainya. (Hamirhan Saodang, 2004)

Peta topografi digunakan untuk menentukan kecepatan sesuai dengan daerahnya. Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan raya. Pekerjaan pengukuran terdiri dari beberapa kegiatan berikut:

- a) Pekerjaan perintisan untuk pengukuran, dimana secara garis besar ditentukan kemungkinan rute alternatif dan trase jalan.
- b) Kegiatan pengukuran meliputi :
 - a. Penentuan titik-titik kontrol *vertikal* dan *horizontal* yang dipasang setiap interval 100 meter pada rencana as jalan.
 - b. Pengukuran penampang melintang dan penampang memanjang.
 - c. Pengukuran situasi pada bagian kiri dan kanan dari jalan yang di maksud dan di sebutkan serta tata guna tanah disekitar trase.
 - d. Perhitungan perencanaan desain jalan dan penggambaran peta topografi berdasarkan titik-titik koordinat kontrol di atas.

2.1.2 Keadaan Lalu Lintas

Data lalu lintas adalah data utama yang diperlukan dalam perencanaan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan digunakan pada suatu segmen jalan yang akan ditinjau. Besarnya volume atau arus lalu lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar jalan pada satu jalur dalam penentuan karakteristik geometrik, sedangkan jenis keadaan akan menentukan kelas beban atau muatan sumbu terberat yang akan berpengaruh langsung pada perencanaan konstruksi perkerasan. (Hamirhan Saodang, 2004).

Data arus lalu lintas merupakan informasi dasar bagi perencanaan dan desain suatu jalan. Data ini dapat mencakup suatu jaringan jalan atau hanya suatu daerah tertentu dengan batasan yang telah di tentukan. Data lalu lintas didapatkan dengan melakukan pendataan kendaraan yang melintasi suatu ruas jalan, sehingga dari hasil pendataan ini kita dapat mengetahui volume lalu lintas yang melintasi jalan

tersebut, namun data volume lalu lintas yang diperoleh dalam suatu kendaraan perjam (kend/jam).

Volume lalu lintas dinyatakan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP) yang didapat dengan mengalikan atau mengkonfensikan angka faktor ekivalen (FE) setiap kendaraan yang melintasi jalan tersebut dengan jumlah kendaraan yang kita peroleh dari hasil pendataan (kend/perjam). Volume lalu lintas dalam SMP ini menunjukkan besarnya jumlah Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut. Dari lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang didapatkan kita dapat merencanakan tebal perkerasan.

2.1.3 Penyelidikan Tanah

Data penyelidikan tanah didapatkan dengan cara melakukan penyelidikan tanah di lapangan, yang meliputi pekerjaan :

a) Pengujian

Pengujian data tanah yang terdiri dari sifat-sifat indeks, klasifikasi USCS dan AASHTO, pemadatan dan nilai CBR. Pengambilan data CBR dilapangan dilakukan sepanjang ruas jalan rencana, dengan interval 100 meter dengan menggunakan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*). Hasil test DCP ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampakkan hasil nilai CBR disetiap titik lokasi. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan duacara yaitu cara analisis dan grafis.

a. Metode Analisis

Adapun rumus pada CBR analisis menggunakan metode *Japan Road Ass*:

Dengan:

$$CBR_{\text{Segmen}} = CBR_{\text{Rata-rata}} - \frac{(CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}})}{R} \dots \dots \dots (2.1)$$

CBR_{segmen} = CBR yang mewakili nilai CBR satu segmen.

$CBR_{\text{rata-rata}}$ = CBR yang mewakili nilai CBR satu segmen.

CBR_{maks} = CBR maksimum dalam satu segmen.

CBR_{min} = CBR minimum dalam satu segmen.

R = koefisien yang disajikan pada tabel 2.1

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam suatu segmen.
 Nilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada tabel 2.1 dibawah ini:

Tabel 2.1 Nilai R untuk perhitungan CBR segmen

Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,57
7	2,83
8	2,96
9	3,08
>10	3,18

(Sumber: Silvia Sukirman, *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur Nova 2010*)

b. Cara Grafis

Prosedur adalah sebagai berikut :

- a) Tentukan nilai CBR terendah.
- b) Tentukan berapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR kemudian disusun pada tabel, mulai dari CBR terkecil sampai yang terbesar.
- c) Angka terbanyak diberi nilai 100%, Angka yang lain merupakan persentase dari 100%.
- d) Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dengan persentase nilai tadi.
- e) Nilai CBR segmen adalah nilai pada keadaan 90%.

b) Analisa

Melakukan analisa pada contoh tanah terganggu dan tidak terganggu, juga terhadap bahan konstruksi dengan menggunakan ketentuan ASTM (*American Standard Testing and Material*) dan AASHTO(*The American Association Of State Highway and Transportation Official*) maupun standar yang berlaku di Indonesia.

c) Pengujian Laboratorium

Uji bahan konstruksi untuk mendapatkan :

- a. Sifat-sifat *Indeks (Indeks properties)* yaitu meliputi SG (*Spesifik Gravity*), WN (*Water Natural Content*), γ (berat isi), e (angkapori), n (Porositas), DS (Derajat kejenuhan).
- b. Klasifikasi USCS dan AASHTO
- c. Analisa ukuran butir (*Grain Size Analysis*)
 - a) Analisa Saringan (*Sieve Analysis*)
 - b) Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)
- d. Batas-batas Atteberg (*Atteberg Limits*)
 - a) *Liquid Limit (LL)* = Batas Cair
 - b) *Plastic Limit (PL)* = Batas Plastis
 - c) *Indeks Plastis (IP)* = $LL - PL$
- e. Pemadatan : γ_d maks dan W_{opt}
 - 1) Pemadatan standar
 - 2) Pemadatan modifikasi
 - 3) Di lapangan dicek dengan *Sandcone* $\pm 100\%$ γ_d maks
- f. CBR laboratorium (CBR rencana), berdasarkan pemadatan γ_d maks dan W_{opt} , CBR Lapangan : DCP \rightarrow CBR Lapangan

2.1.4 Penyelidikan Material

Untuk menentukan bahan konstruksi jalan atau *highway* material, dilakukan survey pada lokasi-lokasi sumber material (*quairr*) yang berada pada daerah sepanjang trase jalan dengan pertimbangan ekonomis, tetapi apabila tidak ditemui maka dilakukan survey pada daerah disekitarnya. Data penyelidikan material dilakukan dengan melakukan penyelidikan material meliputi pekerjaan sebagai berikut :

- a) Mengadakan penelitian terhadap semua data material yang ada selanjutnya melakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut akan dilakukan berdasarkan survey langsung dilapangan maupun dengan pemeriksaan laboratorium.

- b) Penyelidikan lokasi sumber material yang ada beserta perkiraan jumlahnya untuk pekerjaan-pekerjaan penimbunan pada jalan dan jembatan serta bangunan pelengkap.

Pengidentifikasi material secara virtual yang dilakukan oleh teknisi tanah dilapangan hanya berdasarkan gradasi butiran dan karakteristik keplastisan saja yaitu :

- a. Tanah berbutir kasar

Tanah yang termasuk dalam kelompok butiran kasar contohnya adalah kerikil dan pasir.

- b. Tanah berbutir halus

Dilapangan tanah kelompok ini sudah dibedakan secara virtual antara lempung dan lanau, kecuali dengan cara perkiraan karak plastisnya.

2.2 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan merupakan aspek penting yang pertama kali harus didefinisikan sebelum melakukan perancangan jalan. Karena kriteria desain suatu rencana jalan yang ditentukan dari standar desain ditentukan dari standar desain (baik untuk jalan dalam kota maupun jalan luar kota) didasarkan kepada klasifikasi jalan menurut undang-undang dan peraturan pemerintah yang berlaku.

Menurut Pedoman Desain Geometrik Jalan (2021), jalan dikelompokkan berdasarkan :

2.2.1 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Kelas Penggunaan Jalan

Menurut Pedoman Desain Geometrik Jalan (2021), jalan berdasarkan fungsi dan intensitas lalu lintas guna kepentingan pengaturan penggunaan jalan dan kelancaran LLAJ (lalu lintas dan angkutan jalan), diklasifikasikan menjadi 4 seperti pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Kelas Jalan Sesuai Dengan Penggunaannya

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan			Muatan Sumbu Berat (MST) ton
		Lebar (mm)	Panjang (mm)	Tinggi (mm)	
Kelas I	Arteri, Kolektor	$\leq 2,55$	$\leq 18,0$	$\leq 4,2$	10
Kelas II	Arteri, Kolektor, Lokal, dan Lingkungan	$\leq 2,55$	$\leq 12,0$	$\leq 4,2$	8
Kelas III		$\leq 2,2$	$\leq 9,0$	$\leq 3,5$	8
Kelas Khusus	Arteri	$> 2,55$	$> 18,0$	$\leq 4,2$	> 10

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Tabel 2.3 Klasifikasi Kelas Jalan Sesuai Dengan Volume Lalu Lintas

Fungsi	Kelas	Volume Lalu Lintas (SMP/hari)
Sekunder : - Arteri	I	> 20.000
	II	< 20.000
- Kolektor	II	> 6.000
	III	< 6.000
- Jalan Lokal	III	> 500
	IV	< 500

(Sumber: Konstruksi Jalan Raya Hamirhan Saodang, 2004)

2.2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

Menurut Pedoman Desain Geometrik Jalan (2021), dalam proses awal desain, potongan melintang topografi medan jalan memiliki pengaruh terhadap penetapan alinyemen vertikal dan horizontal jalan. Topografi medan jalan diklasifikasikan menjadi 3 yakni datar, bukit, dan gunung. Dari ketiga jenis medan jalan tersebut masing-masing memiliki kriteria kemiringan medan yang diukur tegak lurus terhadap konturnya, dapat dilihat dalam tabel 2.4 dibawah ini:

Tabel 2.4 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

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

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

2.2.3 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Fungsi Jalan

Menurut Pedoman Desain Geometrik Jalan (2021), fungsi jalan berdasarkan SJJ (sistem jaringan jalan) yang terbagi menjadi 2 yakni SJJ Primer dan SJJ Sekunder. 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. Dan ruas-ruas jalan dalam SJJ sekunder yang berfungsi menghubungkan pusat-pusat kegiatan yang umumnya berwujud kawasan di dalam kota dikategorikan sebagai jalan Perkotaan.

a) SJJ Primer

a) Jalan arteri primer, berfungsi menghubungkan antar-PKN (pusat kegiatan nasional) atau antara PKN dengan PKW (pusat kegiatan wilayah), melayani angkutan utama dengan ciri-ciri:

- Melayani perjalanan lalu lintas jarak jauh yang tidak boleh terganggu oleh lalu lintas ulang alik, lalu lintas lokal, dan kegiatan lokal.
- Kecepatan rata-rata tinggi dengan V_R paling rendah 60 km/jam.
- Mempunyai kapasitas yang lebih besar dari volume lalu lintas rata-ratanya.
- Mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 11,0 m.
- Jumlah jalan masuk dibatasi.

b) Jalan kolektor primer, berfungsi menghubungkan antara PKN dengan PKL (pusat kegiatan lokal), antar-PKW, atau antara PKW dengan PKL, melayani angkutan pengumpulan/pembagian dengan ciri-ciri:

- Melayani perjalanan lalu lintas jarak sedang.
- Kecepatan rata-rata sedang dengan V_R paling rendah 40 km/jam .

- Mempunyai kapasitas yang lebih besar dari volume lalu lintas rata-ratanya.
 - Mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 9,0 m.
 - Jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
- c) Jalan lokal primer, berfungsi menghubungkan PKN dengan PKL, PKW dengan PKLing (pusat kegiatan lingkungan), antar-PKL, atau PKL dengan PKLing, serta antar-PKLing, melayani angkutan setempat, dengan ciri-ciri:
- Perjalanan jarak dekat.
 - Kecepatan rata-rata rendah dengan V_R paling rendah 20 km/jam.
 - Mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 7,5 m.
 - Jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
 - Jalan lokal primer yang memasuki kawasan perdesaan tidak boleh terputus.
- d) Jalan lingkungan primer, berfungsi menghubungkan antar pusat kegiatan di dalam kawasan perdesaan dan jalan di dalam lingkungan kawasan perdesaan, melayani angkutan lingkungan dengan ciri-ciri:
- Perjalanan menuju persil/ rumah.
 - Kecepatan rata-rata rendah dengan V_R paling rendah 15 km/jam.
 - 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.
 - Jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
- b) SJJ Sekunder
- a) 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:
- V_R paling rendah 30 km/jam.
 - Lebar badan jalan paling sedikit 11,0.
 - Mempunyai kapasitas yang lebih besar daripada volume lalu lintas rata-rata.
 - Lalu lintas cepat tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat.
 - Persimpangan sebidang diatur dengan peraturan tertentu sesuai dengan ketentuan diatas.

- b) Jalan kolektor sekunder berfungsi menghubungkan antar-KS2 atau KS2 dengan kawasan sekunder ketiga (KS3), dengan ciri-ciri:
- V_R paling rendah 20 km/jam.
 - Lebar badan jalan paling sedikit 9,0 m.
 - Mempunyai kapasitas yang lebih besar daripada volume lalu lintas rata-rata.
 - Lalu lintas cepat tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat.
 - Persimpangan sebidang pada jalan kolektor sekunder diatur dengan peraturan tertentu sesuai dengan ketentuan diatas.
- c) Jalan lokal sekunder berfungsi menghubungkan KS1 dengan perumahan, KS2 dengan perumahan, KS3 dan seterusnya sampai ke perumahan/persil, dengan ciri-ciri:
- V_R paling rendah 10 km/jam.
 - Lebar badan jalan paling sedikit 7,5 m.
- d) Jalan lingkungan sekunder atau juga dikenal sebagai jalan permukiman di lingkungan perkotaan berfungsi menghubungkan antarpersil dalam kawasan perkotaan, dengan ciri-ciri:
- V_R paling rendah 10 km/jam.
 - Lebar badan jalan paling sedikit 6,5 m.
 - Diperuntukkan bagi kendaraan bermotor beroda 3 atau lebih.
 - Yang tidak diperuntukkan bagi kendaraan bermotor beroda 3 atau lebih harus mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 3,5 m.

Tabel 2.5 Korelasi Padanan Antar Pengelompokan Jalan Berdasarkan SJJ, Fungsi, Status, Kelas dan SPPJ serta Tipe Jalan dan Rentang Vr

SJJ	Peran Menghubungkan	Pengelompokan Fungsi Jalan	Status dan Penyelenggaraan Jalan	Kelas Jalan			SPPJ	Tipe Jalan (paling kecil)	Rentang Vr (Km/Jam)			Keterangan
				I	II	III			Datar	Bukit	Gunung	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	
SJJ Sekunder (Jalan Perkotaan)	Jalan Tol	Jalan Arteri Sekunder	Jalan Nasional (Pemerintah Pusat)	X	-	-	JBH	4/2-T	60 - 100			kota masuk ke dalam SJJ sekunder dan klasifikasi fungsinya ditetapkan sesuai perannya. -Khusus untuk keluarga Jalan Nasional, Jalan Provinsi, dan Jalan Kabupaten yang dipersiapkan sebagai calon Jalan Nasional, calon Jalan Provinsi, dan calon Jalan Kabupaten dikategorikan masing-masing dengan sebutan Jalan Strategis Nasional, Jalan Strategis Provinsi, dan Jalan Strategis Kabupaten.
	KP – KS1	Jalan Arteri Sekunder	Jalan Kota (Pemerintah Kota)	X	X	x	JSD	2/2-TT	30 - 60			
	KS1 – KS1			X	X	x	JSD	2/2-TT				
	KS1 – KS2			-	X	x	JSD	2/2-TT				
	KS2 – KS2	Jalan Kolektor Sekunder		-	X	x	JSD	2/2-TT	20 - 40			
	KS2 – KS3			-	X	x	JSD	2/2-TT				
	KS1 – Prm	Jalan Lokal Sekunder		-	-	x	JKC	2/2-TT	10 - 30			
	KS2 – Prm			-	-	x	JKC	2/2-TT				
	KS3 – Prm			-	-	x	JKC	2/2-TT				
	KS _n – Prm			-	-	x	JLR	2/2-TT				
Prm - Prm	Jalan Lingkungan Sekunder	-		-	x	JLR	2/2-TT	10 - 20				

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

2.2.4 Klasifikasi Jalan Menurut Status Jalan

Menurut Pedoman Desain Geometrik Jalan (2021), Jalan umum dikelompokkan menjadi 5, yaitu:

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

provinsi, terdiri atas:

- a) Jalan kolektor yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten atau kota.
 - b) Jalan kolektor yang menghubungkan antar ibukota kabupaten atau kota.
 - c) Jalan strategis provinsi.
- c) 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.
- d) Jalan kota adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah kota dan berada dalam jaringan jalan di dalam kota.
- e) Jalan desa adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah kabupaten, terdiri dari jalan lingkungan primer dan jalan lokal primer yang tidak termasuk jalan kabupaten, berada di dalam kawasan perdesaan, dan menghubungkan kawasan dan/atau antar permukiman di dalam desa.

2.3 Penampang Melintang Jalan

Menurut Hamirhan Saodang (2004), macam-macam penampang melintang jalan sebagai berikut:

1. Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang, diabatasi oleh marka lajur jalan, memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana.
2. Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang digunakan untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan.
3. Bahu jalan adalah bagian jalan yang berdampingan ditepi jalur lalu lintas, dan harus diperkeras, berfungsi untuk lajur lalu lintas darurat, ruang bebas samping

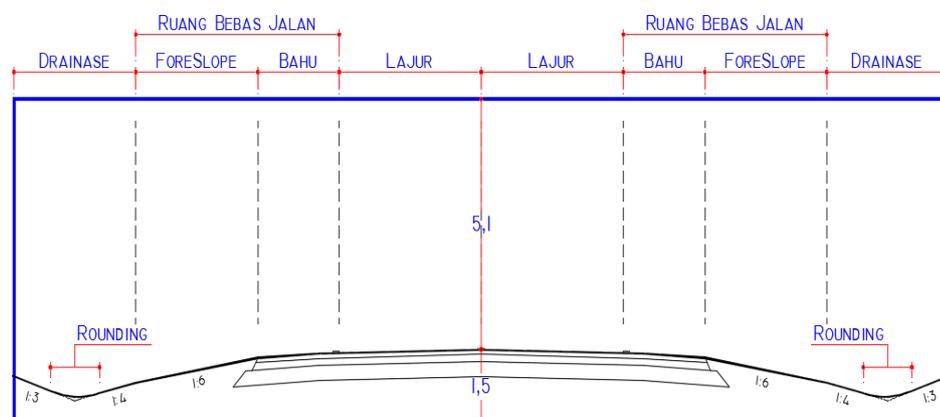
dan penyangga perkerasan terhadap beban lalu lintas.

Tabel 2.6 Penentuan Lebar Bahu Jalan

VLHR (smp/hari)	Arteri		Kolektor		Lokal	
	Ideal	minimum	Ideal	minimum	Ideal	Minimum
	Lebar bahu (m)					
<3.000	1,5	1	1,5	1	1	1
3.000-10000	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1
10000-25000	2	2	2	**)	-	-
>25000	2,5	2	2	**)	-	-

(Sumber: Bina Marga, 1997)

- Median adalah bagian jalan yang secara fisik memisahkan dua jalur lalu lintas yang berlawanan arah, guna memungkinkan kendaraan bergerak cepat dan aman.
- Saluran tepi/samping adalah selokan yang memiliki fungsi menampung dan mengalirkan air hujan, limpasan air dari permukaan jalan dan daerah disekitarnya.
- Trotoar adalah jalur pejalan kaki yang terletak pada Damija, diberi lapisan permukaan, diberi elevasi yang lebih tinggi dari permukaan perkerasan, dan umumnya sejajar dengan jalur lalu lintas kendaraan.



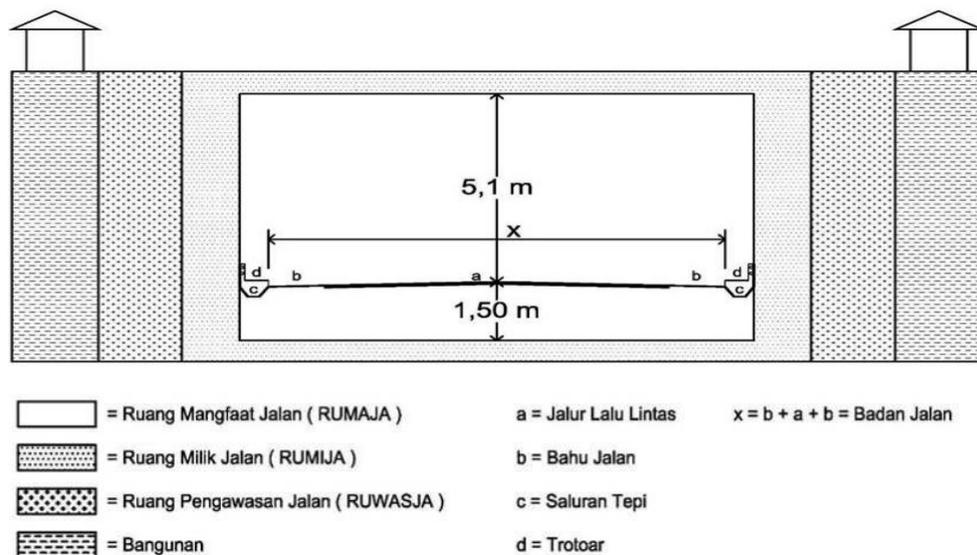
Gambar 2.1 Penampang Melintang Pada Tipikal Jalan

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

2.3.1 Ruang Penguasaan Jalan

Menurut Pedoman Desain Geometrik Jalan (2021), ruang jalan dibagi menjadi rumaja, rumija, dan ruwasja, yakni:

- Ruang Manfaat Jalan (Rumaja) adalah daerah yang meliputi seluruh badan jalan, saluran tepi jalan dan ambang pengaman. Yang dibatasi oleh tinggi, lebar, dan kedalaman tertentu
- Ruang Milik Jalan (Rumija) adalah ruang yang meliputi seluruh ruang manfaat jalan dan ruang yang diperuntukkan bagi pelebaran jalan dan penambahan jalur lalu lintas di kemudian hari serta kebutuhan ruangan untuk pengaman jalan, yang meliputi Rumaja dan sejalur tanah tertentu di luar Rumaja, sekurang-kurangnya sama dengan Rumaja diproyeksikan ke tanah dasar.
- Ruang Pengawasan Jalan (Ruwasja) adalah lajur lahan yang berada di bawah pengawasan penguasa jalan, ditujukan untuk penjagaan terhadap terhalangnya pandangan bebas pengemudi kendaraan bermotor dan untuk pengamanan konstruksi jalan dalam hal ruang ruas milik jalan tidak mencukupi. Ruwasja pada dasarnya adalah ruang lahan milik masyarakat yang mendapat pengawasan dari pembina jalan. Lebar Ruwasja ditentukan dari tepi badan jalan seperti jalan arteri sekunder 15 m dan jalan kolektor sekunder 5 m.



Gambar 2.2 Ruang Bagian Jalan

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

2.4 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

Dalam perancangan geometrik jalan terdapat beberapa parameter perencanaan yang harus dipahami seperti, kendaraan rencana, kecepatan rencana, volume dan kapasitas jalan, dan tingkat pelayanan yang diberikan oleh jalan tersebut. Parameter-parameter ini merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan. (Silvia Sukirman, 1999)

Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat 3 tujuan utama, yaitu :

1. Memberikan keamanan dan kenyamanan, seperti jarak pandang, ruang yang cukup bagi manuver kendaraan dan koefisien gesek permukaan jalan yang cukup.
2. Menjamin suatu perencanaan yang ekonomis.
3. Memberikan suatu keseragaman geometrik jalan sehubungan dengan jenis medan.

Berikut ini adalah parameter yang direncanakan dalam perencanaan geometrik jalan antara lain :

2.4.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. (Hamirhan Saodang, 2004)

Kendaraan rencana dikelompokkan dalam 3 kategori, yaitu :

- a. Kendaraan ringan/kecil adalah kendaraan yang mempunyai 2 (dua) as dengan empat roda dengan jarak as 2,0 - 3,0 meter. Meliputi: mobil penumpang, mikrobus, pick-up, dan truck kecil sesuai sistem klasifikasi Bina Marga.
- b. Kendaraan sedang adalah kendaraan yang mempunyai dua as gandar dengan jarak as 3,5 - 5,0 meter. Meliputi: bus kecil, truk dua as dengan enam roda.
- c. Kendaraan berat/besar, bus besar yaitu, dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,0 - 6,0 meter.

Dimensi dasar untuk masing-masing kategori kendaraan rencana ditunjukkan pada tabel 2.7

Tabel 2.7 Dimensi Kendaraan Rencana

Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar (cm)		Radius Tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min.	Maks.	
Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

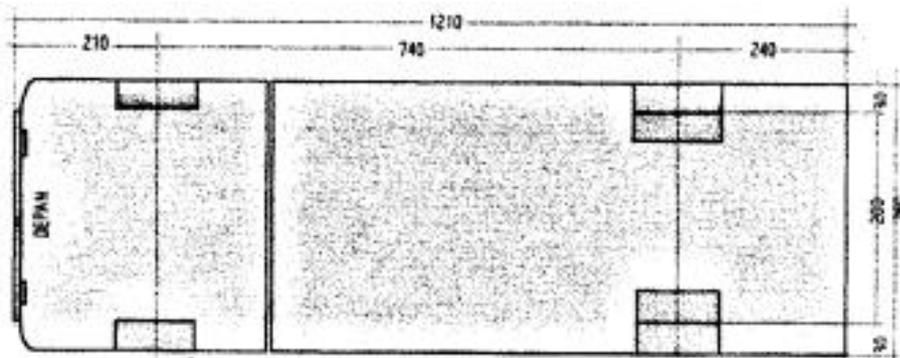
(Sumber: *Konstruksi Jalan Raya Hamirhan Saodang, 2004*)

Gambar 2.3 s.d Gambar 2.5 berikut menampilkan sketsa dimensi kendaraan:



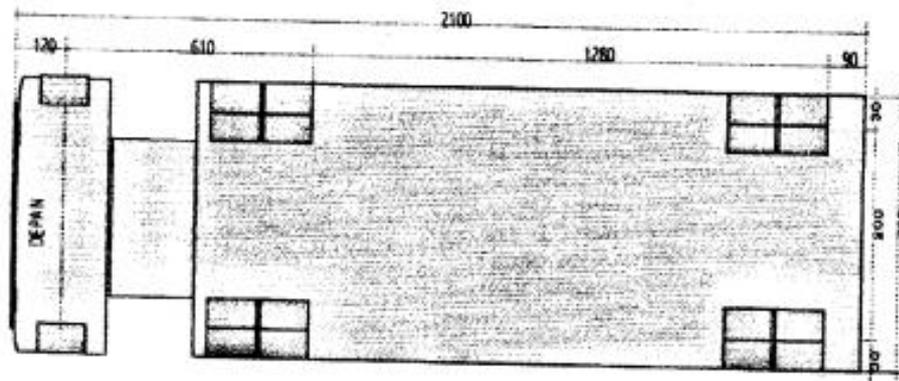
Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Kecil

(Sumber : *Konstruksi Jalan Raya Hamirhan Saodang, 2004*)



Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Sedang

(Sumber : *Konstruksi Jalan Raya Hamirhan Saodang, 2004*)



Gambar 2.5 Dimensi Kendaraan Besar
(Sumber : *Konstruksi Jalan Raya Hamirhan Saodang, 2004*)

2.4.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana (V_r) pada suatu ruas ajalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti. (Hamirhan Saodang, 2004)

Menurut Pedoman Desain Geometrik Jalan (2021). Penetapan V_r akan menjadi dasar parameter geometrik sehingga disebut kriteria utama desain geometrik jalan. Pertimbangan utama dalam memilih kecepatan rencana adalah:

- a. Memungkinkan kendaraan desain melintas dengan aman dan nyaman pada batas-batas kecepatan operasional yang ditentukan, dalam cuaca yang cerah, arus lalu lintas yang kepadatannya sedang, dan gangguan dari jalan masuk yang dapat diabaikan.
- b. Mempertimbangkan medan jalan (datar, bukit, dan gunung).
- c. Mempertimbangkan karakter dan kendaraan pengemudi.

Spesifikasi standar kecepatan masing-masing kendaraan sesuai dengan Klasifikasi Fungsi dan Klasifikasi Medan dapat ditetapkan pada tabel 2.8

Tabel 2.8 Kecepatan Rencana (V_r)

Elemen Kriteria desain utama		JBH	Jalan Antarkota				Jalan Perkotaan
Rentang V_r (Km/Jam)	Datar	80 – 120	15 – 100				10 – 60
	Bukit	70 – 110	15 – 90				
	Gunung	60 – 100	15 – 80				
Kelas penggunaan jalan		I	I	II	III	JLR	I, II, III
Kelandaian memanjang, G, paling tinggi, %	Datar	4	6	6	6	6	5
	Bukit	5	8	8	8	10	
	Gunung	6	8	10	12	15	
Superelevasi (e), %, paling tinggi		8					
Kekesatan memanjang		0,35 untuk MP dan 0,29 untuk Truk					
R_{min} lengkung Horizontal		$R_{min} = \frac{V_D^2}{127 (f_{max} + e_{max})}$					
R_{min} lengkung Vertikal Cembung		$R_{min} = f \{VD; K\}$					
R_{min} lengkung vertikal cekung							

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

2.4.3 Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan ialah jumlah tahun dari saat jalan tersebut dibuka untuk lalu lintas kendaraan sampai diperlukan suatu perbaikan yang bersifat struktural (sampai diperlukan *overlay* lapisan perkerasan). Selama umur rencana tersebut pemeliharaan perkerasan jalan tetap harus dilakukan, seperti pelapisan *nonstruktural* yang berfungsi sebagai lapisan aus.

Umur desain geometrik jalan paling sedikit 20 tahun dengan mempertimbangkan keseimbangan antara umur desain geometrik dengan umur desain elemen-elemen jalan yang lain, termasuk jembatan, perkerasan jalan, sistem drainase, dan bangunan utilitas. Perkerasan jalan baru memiliki umur desain seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.9. Umur desain geometrik jalan baru paling sedikit 20 tahun, tetapi umur desain Rumijanya adalah 40 tahun. (Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Tabel 2.9 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun)
Perkerasan lentur	Lapis aspal dan lapisan berbutir	20
	Fondasi Jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (overlay), seperti: jalan perkotaan, underpass, jembatan, dan terowongan	
	Cement Treated Based (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

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

2.4.4 Volume Lalu Lintas Rencana

Volume Lalu Lintas Harian Rencana (VLHR), adalah prakiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas, yang dinyatakan dalam SMP/hari. Volume Jam Rencana (VJR), adalah prakiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam SMP/jam. (Hamirhan Saodang, 2004)

Satuan volume lalu lintas yang umum digunakan sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar jalur adalah:

a. Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT)

Adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data satu tahun penuh.

$$LHRT = \frac{\text{Jumlah Lalu Lintas dalam 1 Tahun}}{365} \dots\dots\dots(2.2)$$

b. Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)

Adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan.

$$LHR = \frac{\text{Jumlah Lalu Lintas selama pengamatan}}{\text{Lamanya pengamatan}} \dots\dots\dots(2.3)$$

c. Volume Jam Rencana

Volume Jam Rencana (VJR) adalah prakiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam SMP/jam, dihitung dengan rumus:

$$VJR = \frac{LHR}{24} \dots\dots\dots(2.4)$$

d. Kapasitas (C)

Kapasitas adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu penampang jalan pada jalur selama 1 jam dengan kondisi serta arus lalu lintas tertentu. Kapasitas jalan akan menunjukkan jumlah arus lalu lintas yang maksimum dapat melewati penampang tersebut dalam waktu satu jam sesuai kondisi jalan. Persamaan dasar yang menghitung kapasitas ruas jalan dalam Manual Desain Perkerasan Jalan (2017) jalan luar kota adalah sebagai berikut:

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \text{ (SMP/jam)} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

C	= Kapasitas (smp/ jam)
C _o	= Kapasitas dasar (smp/ jam)
FC _w	= Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas
FC _{sp}	= Faktor Penyesuaian Pemisah arah
FC _{sf}	= Faktor penyesuaian hambatan samping

e. Derajat kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio arus jalan terhadap kapasitas, yang digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak. Persamaan dasar untuk menentukan derajat kejenuhan adalah sebagai berikut:

$$DS = \frac{Q}{C} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana:

DS = Derajat Kejenuhan

Q = Arus lalu lintas (smp/ jam)

C = Kapasitas (smp/ jam)

Tabel 2.10 Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Pemisah Arah (FCsp)

Pemisah arah SP % - %		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FCsp	Dua lajur 2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat lajur 4/2	1,00	0,985	0,97	0,955	0,94

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

Tabel 2.11 Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Lebar Jalur Lalu Lintas (FCw)

Tipe Jalan	Lebar efektif lajur lalu lintas (Wc) (m)	FCw
Enam lajur terbagi empat lajur terbagi	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,03
Empat lajur tak terbagi (4/2 UD)	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,03
Dua lajur tak terbagi (2/2 UD)	Total dua arah	
	5,0	0,69
	6,0	0,91
	7,0	1,00
	8,0	1,08
	9,0	1,15
	10,0	1,21
	11,0	1,27

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

Tabel 2.12 Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Hambatan Samping (FCsf)

Jenis Jalan	Kelas hambatan	Faktor penyesuaian akibat pengaruh gesekan samping (FCsf)			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
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	0,93	0,96
2/2 UD 4/2 UD	VL	0,97	0,99	1,00	1,02
	L	0,93	0,95	0,97	1,00
	M	0,88	0,91	0,94	0,98
	H	0,84	0,87	0,91	0,95
	VH	0,80	0,83	0,88	0,93

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

1) Satuan Mobil Penumpang (smp)

Satuan mobil penumpang adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan, dari berbagai tipe kendaraan telah diubah menjadi kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan ekivalen mobil penumpang.

Tabel 2.13 Satuan Mobil Penumpang (SMP)

No	Jenis Kendaraan	Nilai SMP
1	Sepeda	0,5
2	Mobil penumpang/sepeda motor	1,0
3	Truk Ringan (<5 ton)	2,0
4	Truk Sedang (≥ 5 ton)	2,5
5	Truk Berat (> 10 ton)	3,0
6	Bus	3,0
7	Kendaraan tak bermotor	7,0

(Sumber: MKJI, 1997)

2) Ekivalen Mobil Penumpang (emp)

Faktor konversi berbagai jenis kendaraan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalu lintas (untuk mobil penumpang dan kendaraan lainnya, emp = 1,0).

Tabel 2.14 Ekuivalen Mobil Penumpang (emp)

No	Jenis Kendaraan	Datar/Perbukitan	Pegunungan
1	Sedan, Jep Station Wagon	1,0	1,0
2	Pick Up, Bus kecil, Truk kecil	1,2 – 2,4	1,9 – 3,5
3	Bus dan Truk Besar	1,2 – 5,0	2,2 – 6,0

(Sumber: Konstruksi Jalan Raya Hamirhan Saodang, 2004)

2.4.5 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data pertumbuhan series (*historical growth data*) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan yang berlaku. Jika tidak tersedia data maka tabel faktor laju pertumbuhan lalu lintas dapat digunakan (2015-2035) menurut Manual Desain Perkerasan Jalan (2017).

Tabel 2.15 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu lintas (i) (%)

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

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

2.5 Alinyemen Horizontal

Alinyemen Horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal dikenal juga dengan nama “*situasi jalan*” atau “*trase jalan*”. Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus (biasa disebut “*tangen*”), yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah busur peralihan saja ataupun busur lingkaran saja. (Hamirhan Saodang, 2004)

Pada perencanaan alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis dari bagian jalan yaitu bagian lurus dan bagian lengkung atau disebut dengan tikungan. Dalam perencanaan bagian jalan yang lurus dari suatu ruas jalan harus

dapat ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit sesuai V_r dengan mempertimbangkan keselamatan pengemudi akibat kelelahan.

Nilai panjang bagian lurus maksimum dapat dilihat pada tabel 2.16

Tabel 2.16 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi	Kecepatan Rencana V_r , Km/Jam		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Arteri	3000	2500	2000
Kolektor	2000	1750	1500

(Sumber: Bina Marga, 1997)

2.5.1 Penentuan Trase Jalan

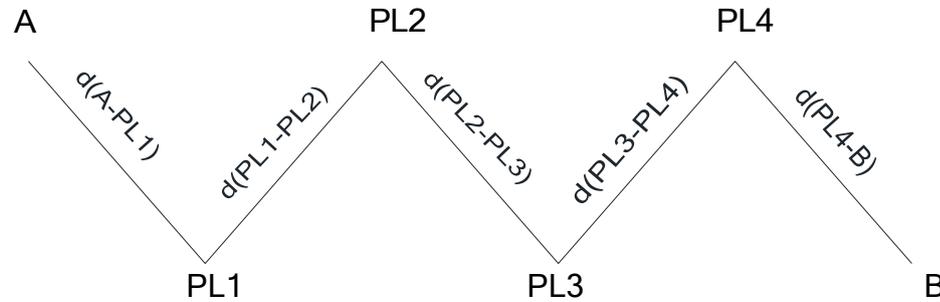
Menurut Hamirhan Saodang (2004), Penentuan lokasi dan perencanaan suatu trase jalan sampai pada batas-batas tertentu sangat dipengaruhi oleh keadaan fisik topografi, serta peruntukan lahan yang dilaluinya. Keadaan tanah dasar dapat mempengaruhi lokasi dan bentuk trase dari suatu jalan, misalnya keadaan tanah dasar yang kurang baik dapat memaksa perencana untuk memindahkan trase jalan atau melakukan penimbunan yang tinggi, hal yang sama juga dapat terjadi apabila didapati tanah dasar dengan permukaan air tanah yang tinggi, walaupun dalam kondisi tertentu dapat diatasi dengan tata salir drainase yang baik.

Keadaan iklim juga dapat mempengaruhi penetapan lokasi serta bentuk geometrik, misalnya pada daerah yang banyak hujan memaksa perencana untuk menggunakan lereng melintang perkerasan yang lebih besar daripada keadaan normal, juga dapat memaksa pelaksana membuat alinyemen yang jauh lebih tinggi daripada permukaan tanah asli.

Dalam kondisi normal, penentuan trase jalan sekaligus pemetaannya dilapangan, tidak terlalu banyak memerlukan perbaikan-perbaikan tanah (*soil improvement*), sehingga hanya terbatas pada pekerjaan gali-timbun (*cut-fill*) saja.

2.5.2 Menentukan Koordinat dan Jarak

Penentuan titik-titik penting yang diperoleh dari pemilihan rencana alinyemen horizontal. Gambar koordinat dapat dilihat pada gambar 2.6 dibawah ini:



Gambar 2.6 Koordinat dan Jarak

Titik penting yang perlu ditentukan koordinatnya adalah:

- Titik awal proyek dengan simbol A
- Titik P1.1, P1.2,.....PI.n sebagai titik potong dari kedua bagian lurus rencana alinyemen horizontal
- Titik akhir proyek dengan simbol B

Rumus yang dipakai untuk menghitung jarak adalah:

$$d = \sqrt{(X1 - X2)^2 + (Y1 - Y2)^2} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana: d =Jarak titik A ke PI.1

$X2$ =Koordinat titik PI.1 pada sumbu X

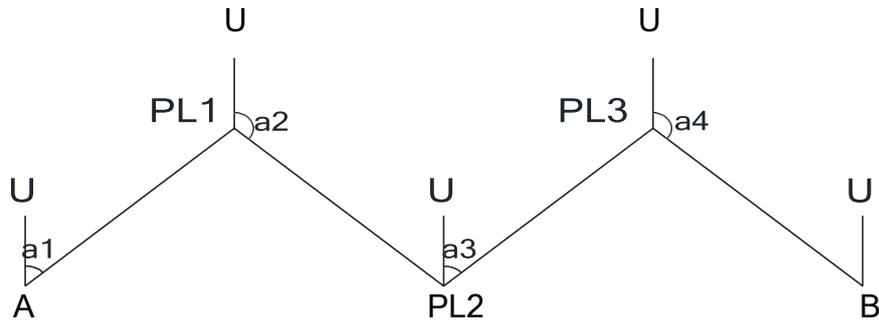
$X1$ =Koordinat titik A pada sumbu X

$Y2$ =Koordinat titik PI.1 pada sumbu Y

$Y1$ =Koordinat titik PI.1 pada sumbu Y

2.5.3 Menentukan Sudut Azimuth (α) dan Sudut Bearing (Δ)

Sudut Azimuth (α) ditentukan berdasarkan arah utara. Gambar sudut Jurusan dapat dilihat pada gambar 2.7 di bawah ini :



Gambar 2.7 Sudut Azimuth (α)

$$\alpha_1 = \alpha(A-P1 \ 1)$$

$$\alpha_2 = \alpha(P1-P1 \ 2)$$

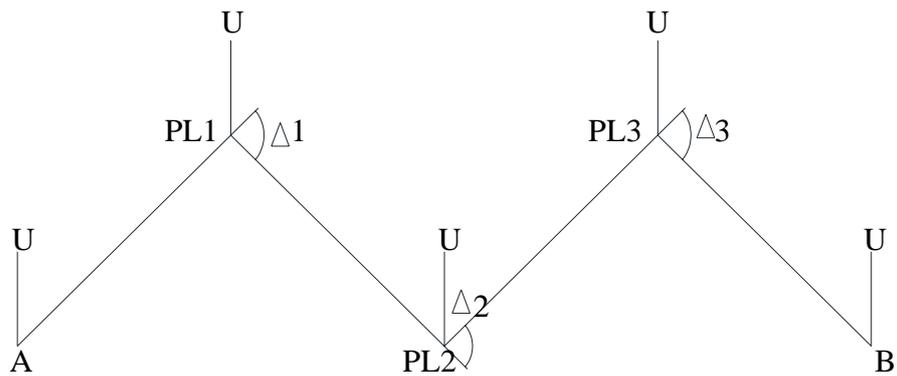
$$\alpha_1 = \alpha(P1 \ 2-P1 \ 3)$$

$$\alpha_1 = \alpha(P1 \ 3-B)$$

Sudut azimuth (α) dihitung dengan rumus :

$$\alpha = \text{arc tg } \frac{(XP_{1.1}-XA)}{(YP_{1.1}-YA)} \dots\dots\dots(2.8)$$

Sudut bearing (Δ) diperoleh dalam menentukan tikungan. Gambar sudut bearing dapat dilihat pada gambar 2.8 di bawah ini:



Gambar 2.8 Sudut Bearing (Δ)

Sudut bearing (Δ) dihitung dengan rumus :

$$\Delta_1 = (\alpha_2-\alpha_1) \dots\dots\dots(2.9)$$

$$\Delta_2 = (\alpha_3-\alpha_2)$$

$$\Delta_3 = (\alpha_4-\alpha_3)$$

2.5.4 Menentukan Medan Jalan

Berdasarkan perhitungan rata-rata dari ketinggian muka tanah lokasi rencana, maka dapat diketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan. Klasifikasi golongan medan dapat dilihat pada tabel 2.4

2.5.5 Tikungan

Bagian yang sangat kritis pada alinyemen horizontal adalah bagian tikungan, di mana terdapat gaya sentrifugal. Gaya sentrifugal ini mendorong kendaraan secara radial keluar jalur dan menyebabkan kendaraan tidak stabil. Atas dasar ini maka perencanaan tikungan agar dapat memberikan keamanan dan kenyamanan perlu mempertimbangkan hal-hal berikut :

1. Jari-jari Lengkung Minimum

Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu ditentukan jari-jari minimum untuk superelevasi maksimum 8%. Nilai panjang jari - jari minimum dapat dilihat pada tabel 2.17 dibawah ini :

Tabel 2.17 Hubungan Ls (*runoff*) Dengan Vr untuk R, $e_n = 2\%$, $e_{maks} = 8\%$, pada Jalan Dengan Lebar Lajur = 3,50 m

R (m)	Vr= 20 km/j		Vr= 30 km/j		Vr= 40 km/j		Vr= 50 km/j		Vr= 60 km/j		Vr= 70 km/j		Vr= 80 km/j		Vr= 90 km/j		Vr= 100 km/j		Vr= 110 km/j		Vr= 120 km/j	
	e(%)		e(%)		e(%)		e(%)		e(%)		e(%)		e(%)		e(%)		e(%)		e(%)		e(%)	
	Ls (m)	Ls (m)	Ls (m)	Ls (m)	Ls (m)	Ls (m)	Ls (m)	Ls (m)														
7000	LN		LN		LN		LN															
5000	LN		LN		LN		LN															
3000	LN		LN		LN		LN															
2500	LN		LN		LN		LN															
2000	LN		LN		LN		LN															
1500	LN		LN		LN		LN															
1400	LN		LN		LN		LN															
1300	LN		LN		LN		LN															
1200	LN		LN		LN		LN															
1000	LN		LN		LN		LN															
900	LN		LN		LN		LN															
800	LN		LN		LN		LN															
700	LN		LN		LN		LN															
600	LN		LN		LN		LN															
500	LN		LN		LN		LN															
400	LN		LN		LN		LN															
300	LN		LN		LN		LN															
250	LN		LN		LN		LN															
200	RC	9	14	3,0	19	22	4,6	24	35	5,8	32	47	7,0	41	62	7,9	51	76				
175	RC	9	14	3,4	16	24	5,0	25	38	6,2	34	50	7,4	44	65	8,0	51	77				
150	RC	9	14	3,8	18	27	5,4	27	41	6,7	36	54	7,8	46	69							
140	RC	9	14	4,0	19	28	5,6	28	42	6,9	38	56	7,9	47	70							
130	RC	10	15	4,2	20	30	5,8	29	44	7,1	39	58	8,0	47	70							
120	RC	11	16	4,4	21	31	6,0	31	46	7,4	40	60										
110	RC	11	17	4,7	22	33	6,3	32	47	7,6	41	62										
100	RC	12	18	4,9	24	35	6,5	33	49	7,8	42	63										
90	RC	13	20	5,2	25	37	6,8	35	52	7,9	43	65										
80	RC	15	22	5,5	26	39	7,2	36	54													
70	RC	16	24	5,9	28	43	7,5	38	57													
60	RC	18	27	6,3	30	45	7,8	40	59													
50	RC	20	30	6,9	33	49	8,0	40	60													
40	RC	23	34	7,5	35	53																
30	RC	26	39	8,0																		
20	RC	31	47																			

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik 2021)

2. Batas Tikungan Tanpa Kemiringan

Kemiringan jalan adalah fungsi dari ketajaman tikungan. Untuk tikungan-tikungan yang tumpul karena kecilnya kemiringan yang diperlukan, dapat saja tidak di adakan kemiringan.

3. Lengkung Peralihan

Menurut Pedoman Desain Geometrik (2021), Lengkung peralihan digunakan untuk menghubungkan bagian lurus jalan dengan busurlingkarana agar lintasan kendaraan dapat berubah mulus di dalam lajur lalu lintas. Kegunaan utama lengkung peralihan adalah:

- a) Lengkung peralihan akan memberikan jalur belok alami kendaraan yang mudah dilalui dan menyebabkan gaya *lateral* meningkat dan menurun secara gradual seiring gerakan kendaraan memasuki dan keluar tikungan. Lengkung peralihan meminimalkan kemungkinan kendaraan berpindah lajur ke lajur yang berdampingan dan cenderung mendukung kecepatan lintasan yang konstan.
- b) Di sepanjang lengkung peralihan merupakan lokasi yang cocok bagi pembentukan superelevasi dari kemiringan melintang normal pada bagian lurus ke bagian dengan superelevasi penuh pada tikungan, dan dapat didesain sesuai dengan perbandingan kecepatan dan radius bagi kendaraan yang melintasinya.

Lengkung peralihan tidak selalu diperlukan pada tikungan dengan radius horizontal besar. Hal ini terjadi jika kecepatan operasi lebih dari 60 Km/Jam ataudimana pergeseran busur lingkaran lengkung peralihan kurang dari 0,25 m-0,30 m, karena pengemudi mempunyai cukup ruang untuk membuat jalur transisi tanpa memasuki lajur yang berdampingan.

Tabel 2.19 Jari-Jari Tikungan Yang Memerlukan Lengkung Peralihan (L_s)

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

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik, 2021)

4. Bentuk – bentuk Tikungan

Suatu perencanaan garis lengkung maka perlu diketahui hubungan kecepatan rencana dengan kemiringan melintang jalan (superelevasi) karena garis lengkung yang direncanakan harus dapat mengurangi gaya sentrifugal secara berangsur-angsur mulai dari nol sampai nol kembali.

Bentuk tikungan dalam perencanaan tersebut adalah :

a) *Full Circle* (FC)

Menurut RSNI Geometrik Jalan Perkotaan (2004), *Full Circle* (FC) yaitu tikungan yang berbentuk busur lingkaran secara penuh. Tikungan ini memiliki satu titik pusat lingkaran dengan jari-jari seragam. Jenis ini digunakan hanya pada tikungan dengan radius lengkung yang besar dan sudut tangen relatif kecil. Tikungan *full circle* memiliki sudut tikungan yang besar dan tidak memiliki lengkung peralihan. Dalam merencanakan tikungan harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- Lengkung peralihan
- Kemiringan melintang (*superelevasi*)
- Pelebaran perkerasan jalan
- Kebebasan samping

Menurut Hamirhan Saodang (2004) rumus yang digunakan pada tikungan *full circle* yaitu:

$$F_m = 0,192 - 0,000652 \times V_r \dots \dots \dots (2.10)$$

$$R_{min} = \frac{V_r^2}{127 + (e_{max} + f_m)} \dots \dots \dots (2.11)$$

$$D_{max} = \frac{181913,53 (e_{max} + f_m)}{V_r^2} \dots \dots \dots (2.12)$$

$$D = \frac{1432,39}{R} \dots \dots \dots (2.13)$$

$$e_p = - \left(\frac{e_{max}}{D^2_{max}} \times D^2 \right) + \left(\frac{2 \cdot e_{max}}{D_{max}} \times D \right) \dots \dots \dots (2.14)$$

$$T_c = R_c \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{2} \Delta \text{ (m)} \dots \dots \dots (2.15)$$

$$E_c = T_c \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{4} \Delta \text{ (m)} \dots \dots \dots (2.16)$$

$$L_c = 0,01745 \cdot \Delta \cdot R_c \text{ (m)} \dots \dots \dots (2.17)$$

Keterangan :

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

V_r = Kecepatan rencana (km/jam)

e_{maks} = Superelevasi maksimum

f_{maks} = Koefisien maksimum

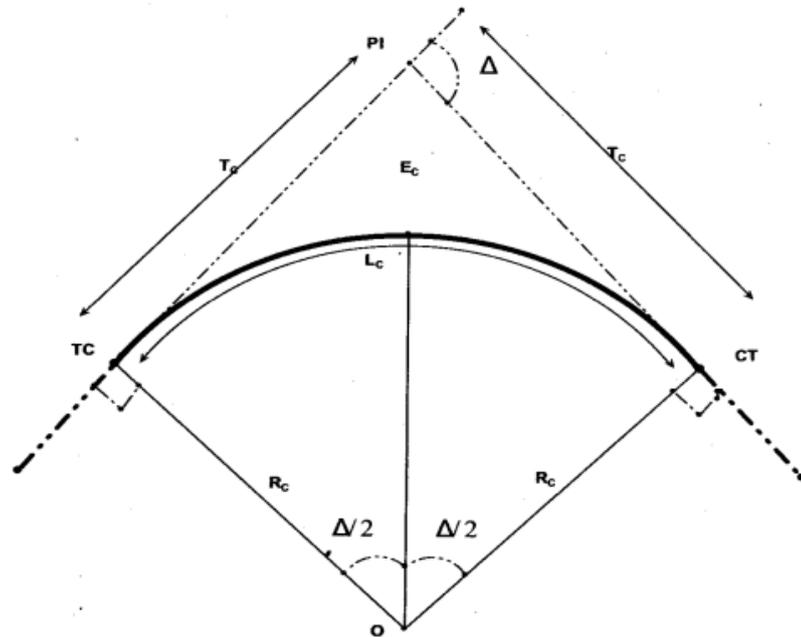
Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen ($^{\circ}$)

T_c = Panjang tangen dari TC ke PI atau PI ke CT (m)

R_c = Jari-jari lingkaran (m)

L_c = Panjang busur lingkaran (m)

E_c = Jarak luar dari PI ke busur lingkaran (m)



Gambar 2.9 Tikungan *Full Circle*

(Sumber: *Konstruksi Jalan Raya Hamirhan Saodang, 2004*)

Keterangan:

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen ($^{\circ}$)

O = Titik pusat lingkaran

R_c = Jari-jari tikungan (m)

T = Jarak TC-PI atau PI-CT

E_c = Jarak PI ke puncak busur lingkaran (m)

L_c = Panjang lengkung (CT-TC),(m)

PI = Titik potong antara 2 garis tangen

b) Tikungan *Spiral Circle Spiral* (SCS)

Spiral Circle Spiral yaitu tikungan yang terdiri atas 1 lengkung *circle* dan 2 lengkung *spiral*. (RSNI Geometrik Jalan Perkotaan, 2004)

Bentuk tikungan ini digunakan pada daerah - daerah perbukitan atau pegunungan, karena jenis tikungan ini memiliki lengkung peralihan

(L_s) yang memungkinkan perubahan menikung tidak secara mendadak dan tikungan tersebut menjadi aman.

Panjang lengkung peralihan (L_s) diambil nilai yang terbesar dari tiga persamaan dibawah ini:

- a. Berdasarkan waktu tempuh maksimum (3 detik), untuk melintas lengkung peralihan, maka panjang lengkung

$$L_s = \frac{V_r}{3,6} T \text{ (m)} \dots \dots \dots (2.18)$$

- b. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus:

$$L_s = 0,022 \frac{V_r^3}{R.C} T - 2,272 \frac{V_r - e}{C} \text{ (m)} \dots \dots \dots (2.19)$$

- c. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian, digunakan rumus:

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \cdot r_e} V R \text{ (m)} \dots \dots \dots (2.20)$$

Dimana:

E = Superelevasi

T = waktu tempuh pada lengkung peralihan, ditetapkan 3 detik

V_r = Kecepatann rencana (km/jam)

C = Perubahan percepatan diambil 0,3 - 1,0 disarankan 0,4m/det²

R = Jari-jari busur lingkaran (m)

e_m = Superelevasi maksimum

e_n = Superelevasi Normal

r_e = tingkat pencapaian perubahan kemiringngan melintang jalan:

Untuk $V \leq 70$ km/jam, r_e = 0,035 m/m/dt

Untuk $V_R \geq 280$ km/jam, r_e = 0,025 m/m/dt

Menurut Hamirhan Saodang (2004) rumus yang digunakan dalam menghitung perencanaan tikungan *spiral circle sipral* adalah:

$$F_m = 0,192 - 0,000652 \times V_r \dots \dots \dots (2.21)$$

$$R_{min} = \frac{V_r^2}{127 + (e_{max} + f_m)} \dots \dots \dots (2.22)$$

$$D_{max} = \frac{181913,53 (e_{max} + fm)}{Vr^2} \dots\dots\dots(2.23)$$

$$D = \frac{1432,39}{R} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$ep = - \left(\frac{e_{max}}{D^2} \times D^2 \right) + \left(\frac{2 \cdot e_{max}}{D_{max}} \times D \right) \dots\dots\dots(2.25)$$

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40Rc^2} \right) \quad (m) \dots\dots\dots(2.26)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 Rc} \quad (m) \dots\dots\dots(2.27)$$

$$E_s = \frac{(Rc+p)}{\sec \frac{1}{2}\Delta} - Rc \quad (m) \dots\dots\dots(2.28)$$

$$\theta_s = \frac{90}{\pi} \frac{L_s}{Rc} \quad (^\circ) \dots\dots\dots(2.29)$$

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_s \quad (^\circ) \dots\dots\dots(2.30)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6 R} - Rc (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots(2.31)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40Rc^2} - Rc (\sin \theta_s) \dots\dots\dots(2.32)$$

$$L_c = \frac{\Delta_c}{180} \pi \cdot Rc \dots\dots\dots(2.33)$$

$$T_s = (Rc+p) \tan \frac{\Delta}{2} + k \dots\dots\dots(2.34)$$

$$L_{tot} = L_c + 2 \cdot L_s \dots\dots\dots(2.35)$$

$$\text{Kontrol} = L_{tot} < 2 \times T_s$$

Di mana :

X_s = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari TS ke SC (m)

Y_s = Ordinat titik SC pada titik tegak lurus pada titik tangen (m)

L_s = Panjang lengkung peralihan (m)

L_c = Panjang busur lingkaran (dari titik SC ke CS), (m)

T_s = Panjang tangen (dari titik PI ke TS atau ke ST), (m)

E_s = Jarak dari PI ke lingkaran (m)

Rc = Jari-jari lingkaran (m)

p = Pergeseran tangen terhadap spiral (m)

k = Absis dari p pada garis tangen spiral (m)

L_{tot} = panjang tikungan SCS, (m)

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen ($^{\circ}$)

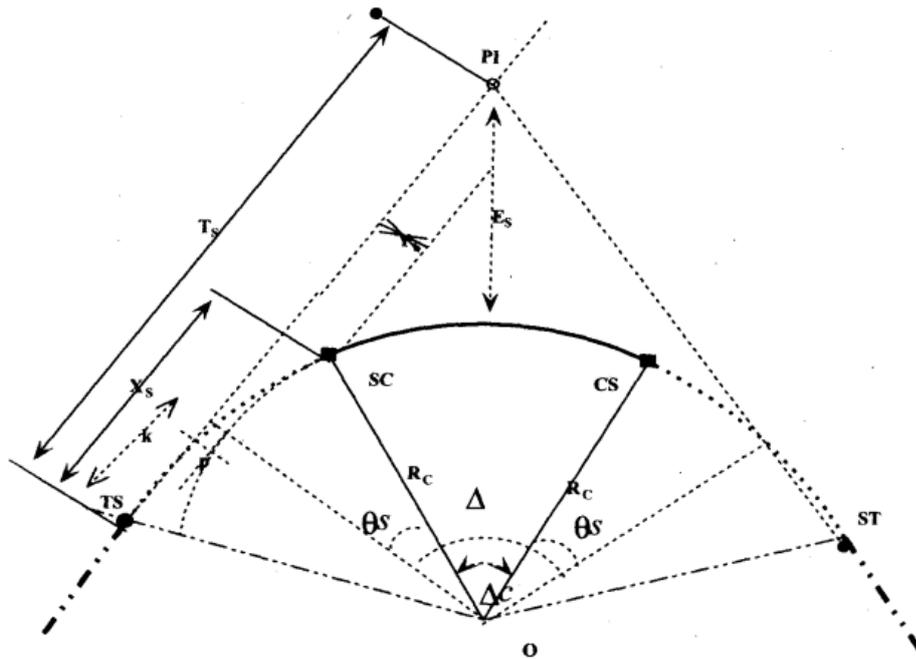
Θ_s = Sudut lengkung spiral ($^{\circ}$)

Δ_c = sudut lengkung circle ($^{\circ}$)

Kontrol:

Jika diperoleh $L_c < 20$ m , maka sebaiknya tidak digunakan untuk SCS, tetapi digunakan lengkung SS, yaitu lengkung yang terdiri dari 2 lengkung peralihan. Jika P yang di hitung dengan rumus :

$$P = \frac{L_s^2}{24 \cdot R_c} < 0,25 \text{ maka digunakan tikungan jenis Full Circle (FC)}$$



Gambar 2.10 Tikungan *Spiral Circle Spiral* (SCS)

(Sumber: Konstruksi Jalan Raya Hamirhan Saodang, 2004)

c) Tikungan *Spiral Spiral* (SS)

Spiral Spiral yaitu tikungan yang terdiri dari 2 lengkung *spiral*. (RSNI Geometrik Jalan Perkotaan, 2004) Bentuk tikungan ini digunakan pada keadaan yang sangat tajam. Lengkung Horizontal berbentuk *spiral-spiral* adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga SC terhimpit dengan titik CS.

Adapun semua rumus dan aturannya sama seperti rumus *Spiral Circle Spiral*, yaitu :

$$F_m = 0,192 - 0,000652 \times V_r \dots \dots \dots (2.36)$$

$$R_{min} = \frac{V_r^2}{127 + (e_{max} + f_m)} \dots \dots \dots (2.37)$$

$$D_{max} = \frac{181913,53 (e_{max} + f_m)}{V_r^2} \dots \dots \dots (2.38)$$

$$D = \frac{1432,39}{R} \dots \dots \dots (2.39)$$

$$e_p = - \left(\frac{e_{max}}{D^2_{max}} \times D^2 \right) + \left(\frac{2 \cdot e_{max}}{D_{max}} \times D \right) \dots \dots \dots (2.40)$$

$$\Theta_s = \frac{1}{2} \Delta, L_c = 0 \dots \dots \dots (2.41)$$

Untuk menentukan lengkung peralihan (Ls) dapat dilakukan beberapa pendekatan sebagai berikut:

- a. Berdasarkan Konstruksi Jalan Raya Hamirhan Saodang 2004:

$$L_s 1 = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R}{90} \dots \dots \dots (2.42)$$

- b. Berdasarkan tabel Pedoman Desain Geometrik 2021:

$$L_s \text{ min} = 47 \text{ m} \dots \dots \dots (2.43)$$

- c. Berdasarkan waktu tempuh maksimum (3 detik), untuk melintas lengkung peralihan, maka panjang lengkung

$$L_s 2 = \frac{V_r}{3,6} T \text{ (m)} \dots \dots \dots (2.44)$$

- d. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus:

$$L_s 3 = 0,022 \frac{V_r^3}{R \cdot C} T - 2,272 \frac{V_r - e}{C} \text{ (m)} \dots \dots \dots (2.45)$$

e. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian, digunakan rumus:

$$L_s 4 = \frac{(em-en)}{3,6 \cdot re} \cdot V R (m) \dots \dots \dots (2.46)$$

Jika $L_s 1 > L_s \text{ min}$, maka L_s yang digunakan $L_s 1 = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R}{90}$

$$p = p^* \times L_s \dots \dots \dots (2.47)$$

$$k = k^* \times L_s \dots \dots \dots (2.48)$$

$$T_s = (R_c + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots \dots \dots (2.49)$$

$$E_s = \frac{R_c + P}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R_c \dots \dots \dots (2.50)$$

$$L_c = \frac{(\Delta - 2 \theta_s)}{180} \cdot \pi \cdot R_c = 0 \dots \dots \dots (2.51)$$

$$L_{tot} = 2 \cdot L_s \dots \dots \dots (2.52)$$

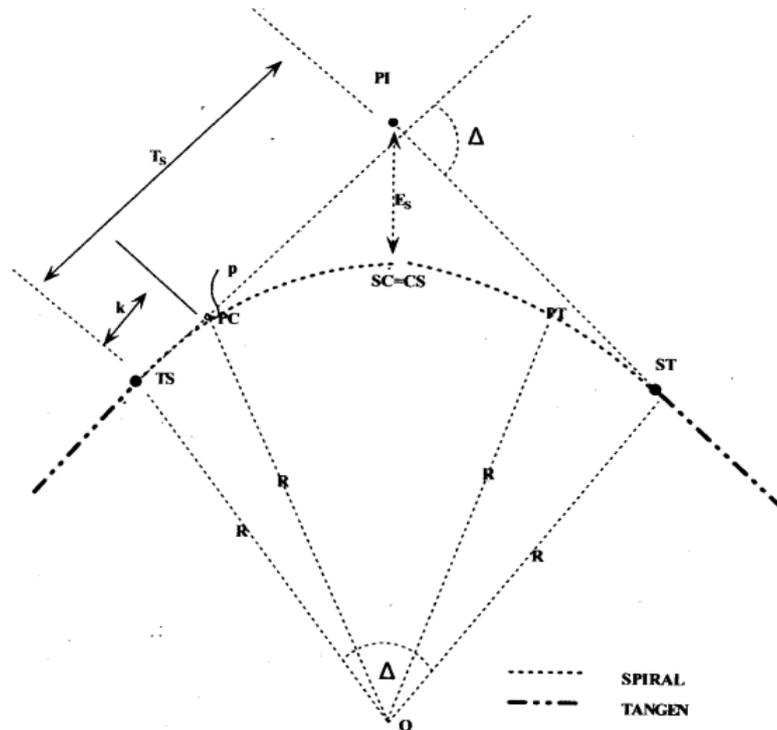
$$\text{Kontrol} = L_{tot} < 2 \times T_s$$

Tabel untuk melihat nilai p^* dan k^* di bawah ini:

Tabel 2.20 Tabel Untuk Nilai p^* dan k^* (Menurut J. Barnett)

O_n	p^*	k^*	O_s	p^*	k^*
0,5	0,0007315	0,4999987	20,5	0,0309385	0,4977965
1,0	0,0014631	0,4999949	21,0	0,0317409	0,4976842
1,5	0,0021948	0,4999886	21,5	0,0325466	0,4975688
2,0	0,0029268	0,4999797	22,0	0,0333559	0,4974504
2,5	0,0036591	0,4999682	22,5	0,0341687	0,4973288
3,0	0,0043919	0,4999542	23,0	0,0349852	0,4972042
3,5	0,0051251	0,4999377	23,5	0,0358055	0,4970764
4,0	0,0058589	0,4999186	24,0	0,0366296	0,4969454
4,5	0,0065934	0,4998970	24,5	0,0374576	0,4968112
5,0	0,0073286	0,4998727	25,0	0,0382895	0,4966738
5,5	0,0080647	0,4998459	25,5	0,0391255	0,4965331
6,0	0,0088016	0,4998166	26,0	0,0399657	0,4963891
6,5	0,0095396	0,4997846	26,5	0,0408101	0,4962418
7,0	0,0102786	0,4997501	27,0	0,0416587	0,4960912
7,5	0,0110188	0,4997130	27,5	0,0425117	0,4959372
8,0	0,0117602	0,4996732	28,0	0,0433692	0,4957798
8,5	0,0125030	0,4996309	28,5	0,0442312	0,4956189
9,0	0,0132471	0,4995859	29,0	0,0450978	0,4954546
9,5	0,0139928	0,4995383	29,5	0,0459690	0,4952868
10,0	0,0147400	0,4994880	30,0	0,0468450	0,4951154
10,5	0,0154888	0,4994351	30,5	0,0477258	0,4949405
11,0	0,0162394	0,4993795	31,0	0,0486115	0,4947620
11,5	0,0169919	0,4993213	31,5	0,0495022	0,4945798
12,0	0,0177462	0,4992603	32,0	0,0503979	0,4943939
12,5	0,0185025	0,4991966	32,5	0,0512988	0,4942044
13,0	0,0192608	0,4991303	33,0	0,0522048	0,4940111
13,5	0,0200213	0,4990611	33,5	0,0531162	0,4938140
14,0	0,0207840	0,4989893	34,0	0,0540328	0,4936131
14,5	0,0215490	0,4989146	34,5	0,0549549	0,4934084
15,0	0,0223165	0,4988372	35,0	0,0558825	0,4931997
15,5	0,0230863	0,4987570	35,5	0,0568156	0,4929872
16,0	0,0238588	0,4986739	36,0	0,0577544	0,4927706
16,5	0,0246338	0,4985880	36,5	0,0586989	0,4925501
17,0	0,0254116	0,4984993	37,0	0,0596492	0,4923254
17,5	0,0261921	0,4984077	37,5	0,0606053	0,4920967
18,0	0,0269756	0,4983132	38,0	0,0615673	0,4918639
18,5	0,0277619	0,4982158	38,5	0,0625354	0,4916269
19,0	0,0285513	0,4981154	39,0	0,0635095	0,4913857
19,5	0,0293438	0,4980121	39,5	0,0644897	0,4911402
20,0	0,0301396	0,4979058	40,0	0,0654762	0,4908904

(Sumber: Konstruksi Jalan Raya Hamirhan Saodang, 2004)



Gambar 2.11 Tikungan *Spiral Spiral* (SS)

(Sumber: *Konstruksi Jalan Raya Hamirhan Saodang, 2004*)

Keterangan:

E_s = Jarak dari P1 ke lingkaran (m)

T_s = Titik dari tangen ke *spiral* (m)

T_s = Panjang Tangen dari titik P1 ke titik TS atau ke titik ST (m)

S_c = Titik dari *spiral* ke lingkaran (m)

R_c = Jari-jari Lingkaran (m)

k = Absis dari P pada garis tangen spiral (m)

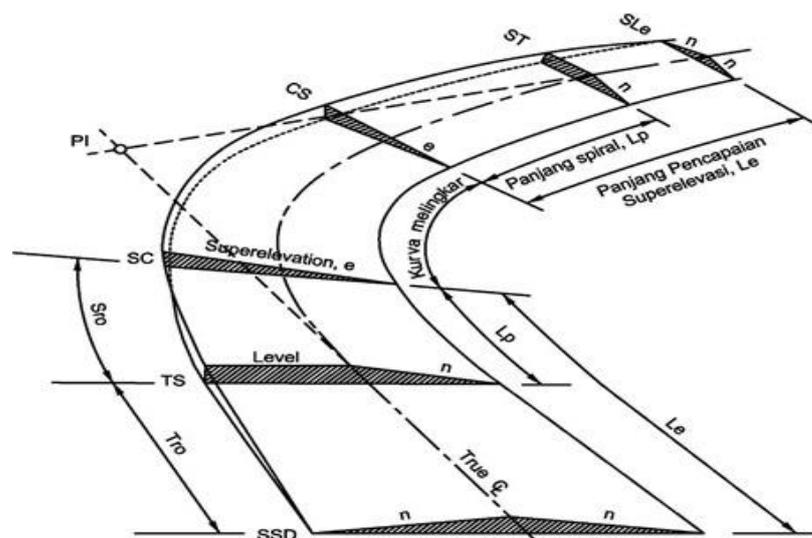
p = Pergesekan tangen terhadap spiral (m)

2.5.6 Superelevasi

Menurut Pedoman Desain Geometrik Jalan (2021) Metode pencapaian superelevasi didasarkan kepada hubungan curvilinear antara superelevasi dan kekesatan samping jalan dengan kebalikan radius lengkung (AASHTO: Metode Modifikasi 5). Metode ini mempunyai bentuk parabola asimetris dan mewakili sebaran praktis superelevasi terhadap suatu rentang kelengkungan. Metode ini

menerapkan “kecepatan tempuh rata-rata” yang lebih rendah dari kecepatan desain untuk mencapai superelevasi melebihi nilai untuk lengkung pertengahan pada metode hubungan garis lurus.

Metode ini berasumsi bahwa tidak semua pengendara berkendara berjalan dengan kecepatan yang sama dengan kecepatan desain. Superelevasi maksimum yang diterapkan adalah 8% untuk jalan Antarkota, Jalan Perkotaan, dan JBH.



Gambar 2.12 Perubahan Kemiringan Melintang Pada Tikungan

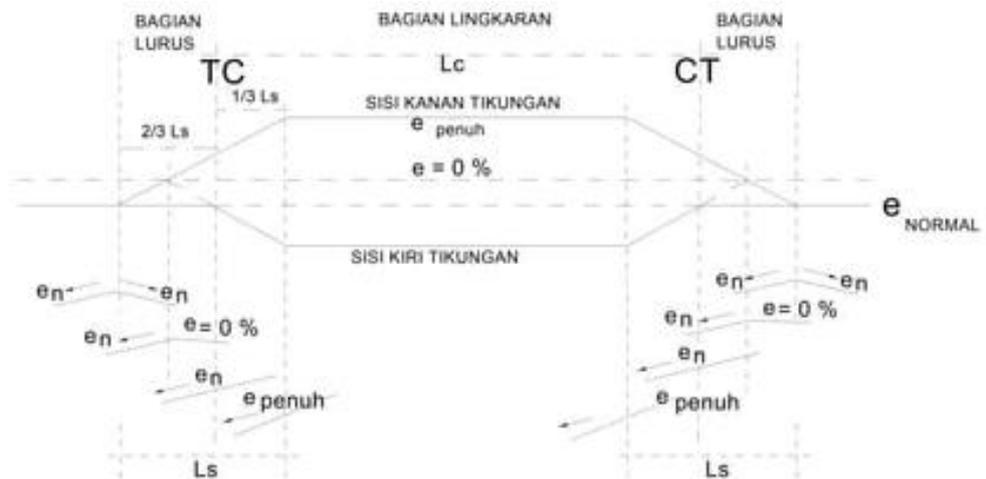
(Sumber: Pedoman Desain Geometrik, 2021)

Pada tikungan SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bentuk normal () sampai awal lengkung peralihan (TS) yang berbentuk () pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh () pada akhir bagian lengkung peralihan (SC).

Metoda atau cara untuk melakukan superelevasi yaitu merubah lereng potongan melintang, dilakukan dengan bentuk profil dari tepi perkerasan yang dibundarkan, tetapi disarankan cukup untuk mengambil garis lurus saja. Ada tiga cara untuk mendapatkan superelevasi yaitu :

- Memutar perkerasan jalan terhadap profil sumbu.
- Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah dalam.
- Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah luar.

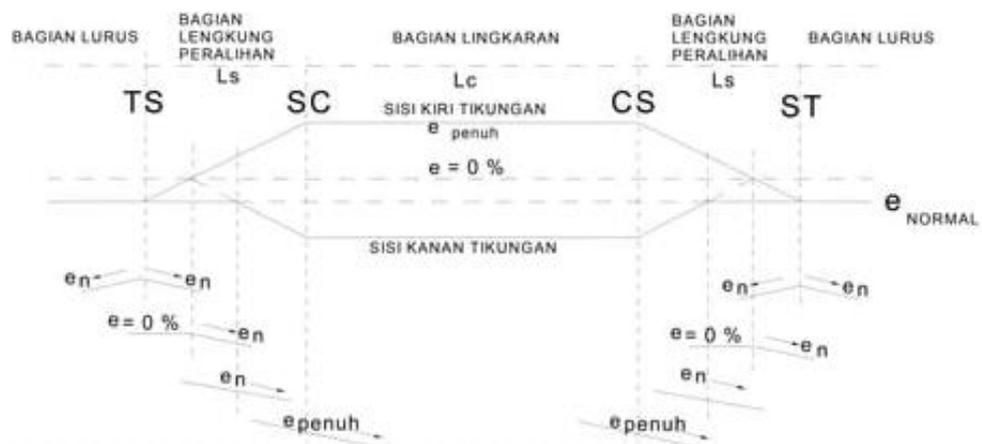
1. Superelevasi tikungan *Full Circle* dapat dilihat pada gambar 2.13 di bawah ini :



Gambar 2.13 Superelevasi Tikungan *Full Circle* (FC)

(Sumber : RSNI Geometrik Jalan Perkotaan, 2004)

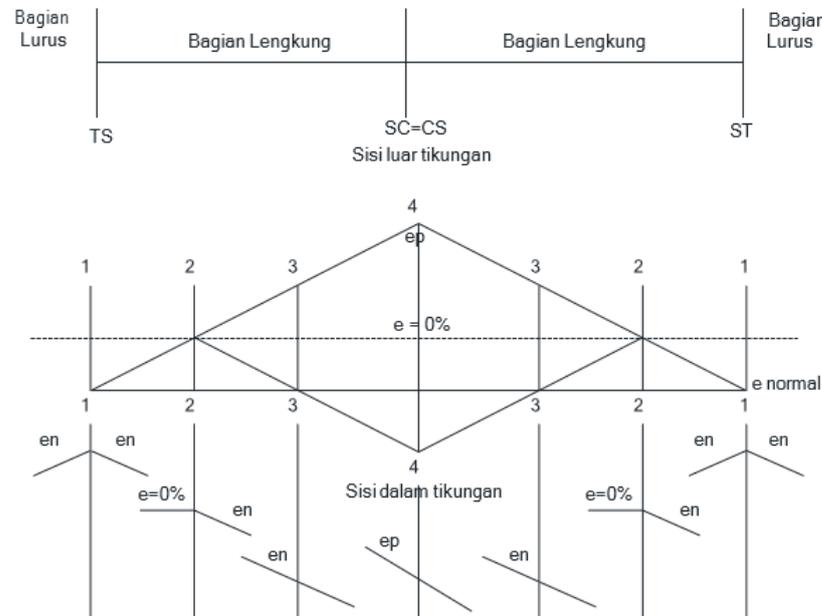
2. Superelevasi tikungan *Spiral-Circle-Spiral* dapat dilihat pada gambar 2.14 dibawah ini :



Gambar 2.14 Superelevasi Tikungan *Spiral Circle Spiral* (SCS)

(Sumber : RSNI Geometrik Jalan Perkotaan, 2004)

3. Superelevasi tikungan *Spiral-Spiral* dapat dilihat pada gambar 2.15 di bawah ini :



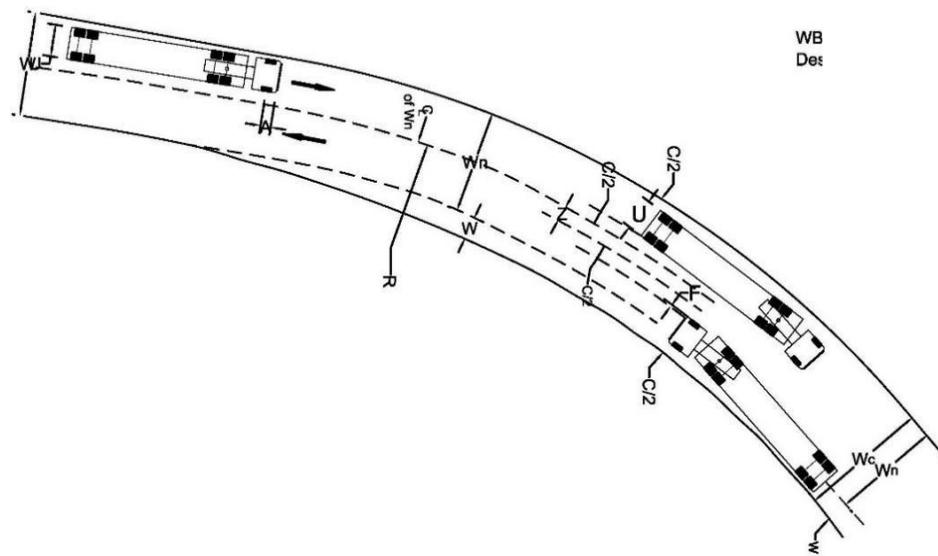
Gambar 2.15 Superelevasi Tikungan *Spiral Spiral* (SS)

2.5.7 Pelebaran Perkerasan Jalan Pada Tikungan

Pelebaran pada tikungan dimaksudkan untuk mempertahankan kondisi pelayanan operasional lalu lintas di bagian tikungan, sehingga sama dengan pelayanan operasional dibagian jalan lurus. Ada pembatasan terhadap pelebaran akibat kelayakan konstruksi untuk jalan dua lajur, pelebaran ditiadakan ketika total pelebaran kurang dari 0,50 m. (Pedoman Desain Geometrik, 2021)

Pelebaran jalan ditikungan menurut Bina Marga mempertimbangkan sebagai berikut:

- Kesulitan pengemudi untuk menempatkan kendaraan tetap pada lajurnya.
- Penambahan lebar (ruang) lajur yang dipakai saat kendaraan melakukan gerakan melingkar. Dalam segala hal pelebaran di tikungan harus memenuhi gerak berputar kendaraan rencana sedemikian sehingga proyeksi kendaraan tetap pada lajurnya.
- Pelebaran di tikungan ditentukan oleh radius belok kendaraan rencana.



Gambar 2.16 Pelebaran Perkerasan di Tikungan
 (Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Adapun rumus-rumus yang digunakan untuk perhitungan pelebaran jalan pada tikungan menurut buku Konstruksi Jalan Raya Hamirhan Saodang (2004) sebagai berikut:

$$B = \sqrt{\left(\sqrt{Rc^2 - (P + A)^2} + \frac{1}{2}b\right)^2 + (P + A)^2} - \sqrt{Rc^2 - (P + A)^2} + \frac{1}{2}b \dots \dots \dots (2.53)$$

Dimana :

B = Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan di tikungan pada lajur sebelah dalam (m)

Rc = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan

P = Jarak anatar ganadar (m)

A = Tonjolan depan kendaraan (m)

b = Lebar kendaraan rencana (m)

Untuk lintasan luar roda depan (Rc) dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$Rc = R - \frac{1}{2} \text{ lebar perkerasan} + \frac{1}{2}b \dots \dots \dots (2.54)$$

Dimana :

R_c = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan

R = Jari – jari busur lingkaran pada tikungan (m)

B_n = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar kendaraan rencana (m)

$$B_t = n(B + C) + Z \dots\dots\dots(2.55)$$

Dimana :

n = Jumlah jalur lalu lintas

B = Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan di tikungan pada lajur sebelah dalam (m)

C = Lebar kebebasan samping di kiri dan kanan kendaraan 1,0 m

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

Adapun rumus untuk menghitung tambahan lebar perkerasan di tikungan sebagai berikut :

$$\Delta b = B_t - B_n \dots\dots\dots(2.56)$$

$$Z = \frac{0,105 \times V}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots(2.57)$$

Dimana :

Δb = Tambahan lebar perkerasan di tikungan (m)

B_n = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

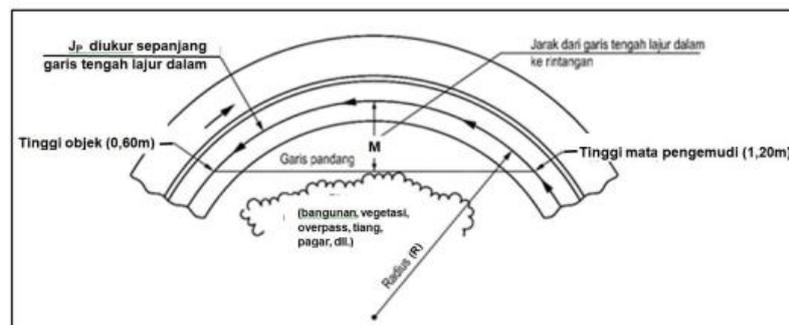
V = Kecepatan rencana (Km/jam)

R = Jari – jari busur lingkaran pada tikungan (m)

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

2.5.8 Kebebasan Samping Pada 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. Besarnya ruang yang harus dijaga bebas dari halangan tersebut tergantung pada radius tikungan dan kecepatan desain. Tabel 2.22 menunjukkan hubungan antara radius lengkung horizontal, jarak pandang henti (J_h), dan jarak ruang bebas samping di tikungan (M) yang diperlukan bagi pengemudi agar bisa melihat objek pada jarak pandang hentinya dengan aman. Angka M digunakan untuk mengontrol desain lengkungan terhadap pemenuhan J_{PH} . (Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

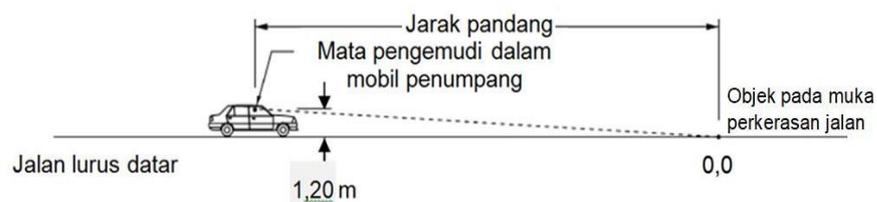


Gambar 2.17 Ruang Bebas Samping di Tikungan

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

2.5.9 Jarak Pandang

Jarak pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. Dibedakan dua jarak pandang, yaitu Jarak Pandang Henti (J_{PH}) dan Jarak Pandang Mendahului (J_{PM}). (Hamirhan Saodang, 2004)



Gambar 2.18 Jarak Pandang

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

1. Jarak Pandang Henti (J_{PH})

Menurut Pedoman Desain Geometrik Jalan (2021), jarak pandang henti (J_{PH}) merupakan jarak yang memungkinkan pengemudi terbiasa waspada berkendara pada kecepatan desain di atas perkerasan jalan basah, untuk melihat, bereaksi, dan mengerem hingga kendaraan berhenti sebelum mencapai objek bahaya yang ada di depannya. Jarak pandang diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan.

Jarak pandang henti dapat dihitung menggunakan rumus dibawah ini:

$$M = R \left(1 - \cos \left(\frac{28,65 J_p}{R} \right) \right) \dots \dots \dots (2.58)$$

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

Tabel 2.21 Jarak Ruang Bebas Samping (M) Di Tikungan Untuk Pemenuhan J_{PH}

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

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

2. Jarak Pandang Mendahului (J_{PM})

Jarak pandang mendahului (J_{PM}) adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula. J_{PM} diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 120 cm dan tinggi halangan adalah 120 cm. J_{PM} dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut:

$$J_{PM} = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots \dots \dots (2.59)$$

Dimana:

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 diambil sama dengan $2/3 d_2$ (m)

Tabel 2.22 Panjang Jarak Pandang Mendahului (J_{PM})

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
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

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik, 2021)

Jarak pandang mendahului dapat dihitung menggunakan rumus dibawah ini:

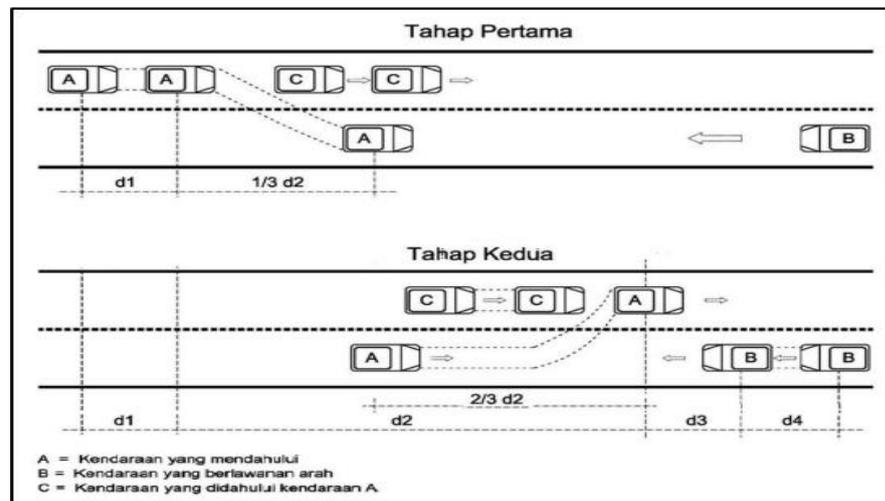
$$M = R \left(1 - \cos \left(\frac{28,65 J_P}{R} \right) \right) \dots \dots \dots (2.60)$$

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



Gambar 2.19 Jarak Pandang Mendahului

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik, 2021)

2.6 Alinyemen Vertikal

Alinemen vertikal merupakan profil memanjang sepanjang garis tengah jalan, yang terbentuk dari serangkaian segmen dengan kelandaian memanjang dan lengkung vertikal. Profilnya tergantung topografi, perencanaan alinemen horizontal, kriteria desain, geologi, pekerjaan tanah, dan aspek ekonomi lainnya. Untuk membedakan topografi, medan dibagi menjadi tiga kategori, yaitu: datar, bukit, dan gunung. Pada medan datar biasanya jarak pandang lebih mudah dipenuhi tanpa kesulitan mengkonstruksinya atau tidak berbiaya besar. Pada medan bukit, lereng alami naik dan turun secara konsisten terhadap jalan. Kadang kala, lereng curam membatasi desain alinemen horizontal dan vertikal yang normal. (Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Menurut Hamirhan Saodang (2004) alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan, yang umumnya biasa disebut dengan profil/penampang memanjang jalan.

Alinyemen vertikal disebut juga penampang memanjang jalan yang terdiri dari garis-garis lurus dan garis-garis lengkung. Garis lurus tersebut dapat datar, mendaki, menurun, dan biasa disebut landai dengan dinyatakan persen. Menurut Hamirhan Saodang (2004) perencanaan alinyemen vertikal sangat dipengaruhi oleh berbagai pertimbangan seperti :

1. Kondisi tanah dasar
2. Keadaan medan fungsi jalan
3. Muka air banjir
4. Muka air tanah
5. Kelandaian yang masih memungkinkan

2.6.1 Kelandaian Minimum

Jalan dengan kelandaian datar dan tanpa kerb biasanya bisa memberikan drainase permukaan yang baik dimana kemiringan melintangnya mencukupi untuk membuang air secara lateral melalui bahu dan kemudian ke saluran samping. Kelandaian minimum yang pantas biasanya 0,3 persen. Akan tetapi, drainase tepi jalan dan median mungkin memerlukan kelandaian lebih curam daripada kelandaian jalan agar bisa mengalirkan air dengan baik. (Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Tabel 2.23 Kelandaian Memanjang Minimum

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

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

2.6.2 Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum yang ditetapkan untuk berbagai variasi kecepatan rencana dimaksudkan agar kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum hanya digunakan bila pertimbangan biaya pembangunan sangat memaksa dan hanya untuk jarak pendek. Untuk nilai kelandaian maksimum dapat dilihat pada tabel 2.24 di bawah ini :

Tabel 2.24 Kelandaian Maksimum

Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan	Kelandaian Maksimum (%)		
	Medan Datar	Medan Bukit	Medan Gunung
JBH (Jalan Bebas Hambatan)	4	5	6
JRY (Jalan Raya)	5	6	10
JSD (Jalan Sedang)	6	7	10
JKC (Jalan Kecil)	6	8	12

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

2.6.3 Panjang Kritis Suatu Kelandaian

Panjang kritis adalah panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatan sedemikian rupa, sehingga penurunan kecepatan yang terjadi tidak lebih dari separuh kecepatan rencana (V_R). Lama perjalanan tersebut tidak lebih dari satu menit. (Hamirhan Saodang, 2004)

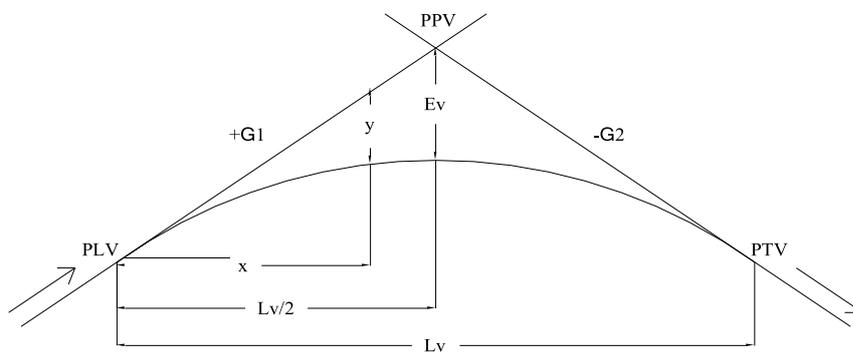
Tabel 2.25 Panjang Kelandaian Kritis

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

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

2.6.4 Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal adalah garis yang menghubungkan antara dua kelandaian arah memanjang jalan agar tidak terjadi patahan, yang bertujuan untuk memenuhi keamanan, nyaman bagi pengguna jalan serta penyediaan drainase yang baik. Titik perpotongan dua bagian tangen vertikal dinamakan Perpotongan Titik Vertikal (PTV), dikenal dengan nama Point of Vertical Intersection (PVI) atau sering disebut Poin Perpotongan Vertikal (PPV).



Gambar 2.20 Lengkung Vertikal

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Keterangan :

PPV = titik perpotongan kelandaian G1 dan G2

PLV = titik awal lengkung parabola.

PTV = titik akhir lengkung parabola.

G = kemiringan tangen ; (+) naik; (-) turun.

Ev = pergeseran vertikal titik tengah busur lingkaran (PVI - m)
meter

Lv = panjang lengkung vertikal

x = jarak dari titik PLV ke titik yang ditinjau

y = Perbedaan elevasi antara titik PLV dan titik yang ditinjau
pada STA, (m)

Kelandaian menaik diberi tanda (+) dan kelandaian menurun diberi tanda (-). Ketentuan pendakian atau penurunan ditinjau dari kiri ke kanan.

Rumus yang digunakan:

$$A = g_2 - g_1 \dots \dots \dots (2.61)$$

$$EPLV = EPV \pm g \cdot \frac{1}{2} \dots \dots \dots (2.62)$$

$$Y' = \frac{A \cdot x^2}{200 \cdot Lv} x^2 \dots \dots \dots (2.63)$$

$$Ev = \frac{A \times Lv}{800} \dots \dots \dots (2.64)$$

Dimana :

x = Jarak horizontal dari titik PLV ke titik yang ditinjau (m)

y = Perbedaan elevasi antara titik PLV dan titik yang ditinjau pada STA, (m)

Y' = Besarnya penyimpangan (jarak vertikal) antara garis kemiringan dengan lengkungan (m)

Lv = Panjang lengkung vertikal (m)

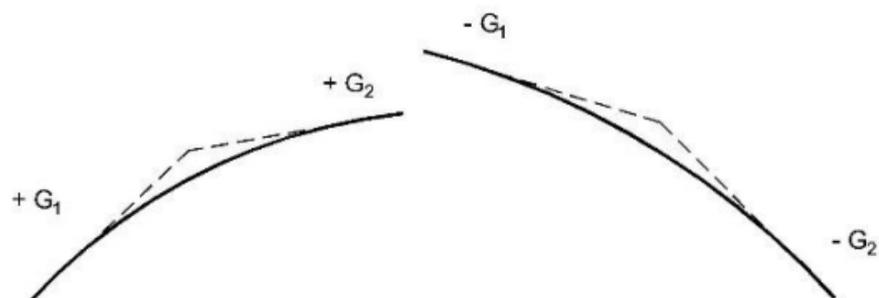
g1 = Kelandaian tangent dari titik PLV, (%)

g2 = Kelandaian tangent dari titik PTV, (%)

A = Perbedaan Aljabar Kelandaian

Lengkung vertikal terbagi menjadi 2 macam, yaitu:

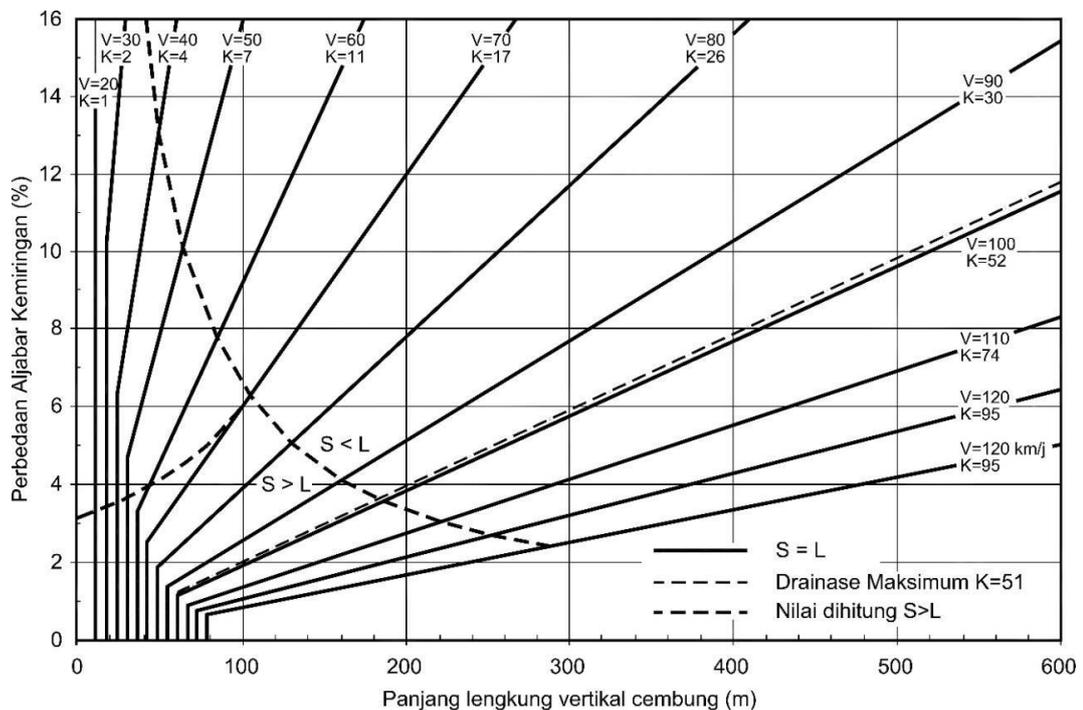
- a) Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan. (Hamirhan Saodang, 2004)



Gambar 2.21 Lengkung Vertikal Cembung

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Untuk menentukan panjang lengkung vertikal cembung (L_v) dapat juga ditentukan berdasarkan grafik pada gambar 2.22 (untuk jarak pandang henti)



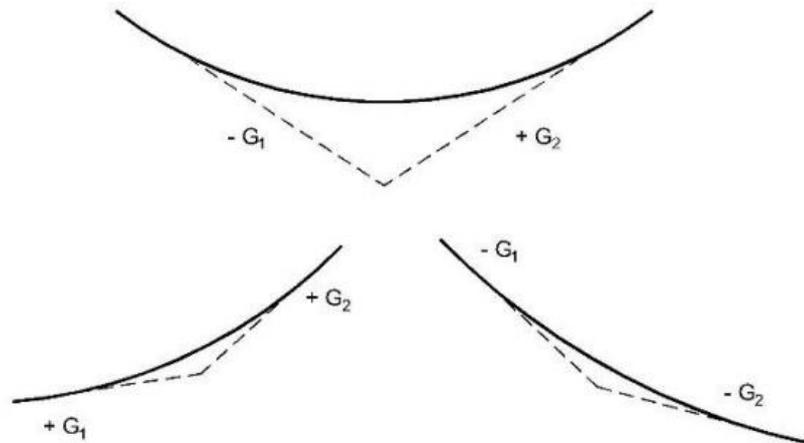
Gambar 2.22 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik, 2021)

b) Lengkung Vertikal Cekung adalah suatu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan. (Hamirhan Saodang, 2004)

Menurut Pedoman Desain Geometrik (2021) Terdapat empat kriteria untuk menentukan panjang lengkung vertikal cekung, yakni:

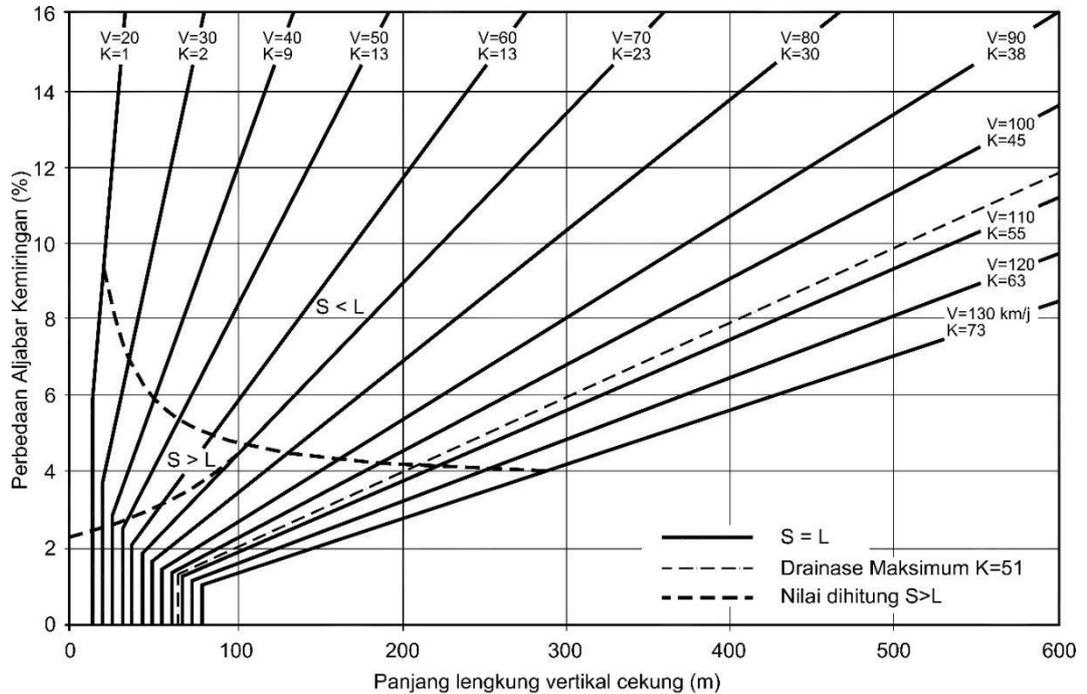
- a. Kenyamanan pengemudi
- b. Silau sorotan lampu
- c. Pengendalian drainase, dan
- d. Penampilan



Gambar 2.23 Lengkung Vertikal Cekung

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandang pada waktu malam hari dan syarat drainase sebagaimana tercantum dalam grafik gambar 2.24 dibawah ini :



Gambar 2.24 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik, 2021)

2.7 Perencanaan Galian dan Timbunan

Dalam merencanakan suatu ruas jalan raya diusahakan agar pada pekerjaan tanah dasar volume galian seimbang dengan volume timbunan. Hal ini bertujuan agar jumlah kebutuhan tanah timbunan dapat dipenuhi oleh tanah dari hasil galian yang ada di lokasi tersebut. Namun perlu diingat bahwa asumsi demikian hanya berlaku apabila kualitas tanahnya memenuhi kriteria yang disyaratkan.

Dengan mengkombinasikan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal, yang dilengkapi dengan bentuk penampang melintang jalan yang direncanakan, memungkinkan kita untuk menghitung besarnya volume galian dan timbunan. Untuk memperoleh hasil perhitungan yang logis, ada beberapa langkah yang perlu dilakukan, yaitu :

- a. Penentuan jarak patok (*stationing*), sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinemen horizontal (trase).
- b. Penggambaran profil memanjang (alinyemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan elevasi muka tanah asli dengan muka perkerasan yang direncanakan.
- c. Penggambaran profil melintang (*cross section*) pada setiap titik *stationing*, sehingga memungkinkan untuk menghitung luas bagian galian ataupun timbunan yang ada pada potongan tersebut. Pengukuran tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan alat bantu planimetri.
- d. Penghitungan volume galian dan timbunan, yaitu dengan mengalikan luas rata-rata dari penampang galian atau timbunan dengan jarak antar *stationing* tersebut.

Tabel 2.26 Perhitungan Galian Dan Timbunan

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

(Sumber: Bina Marga, 1997)

2.8 Perencanaan Tebal Perkerasan

Menurut Shirley L. Hendarsin (2000) Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun diatas lapisan tanah dasar (*subgrade*), yang berfungsi untuk menopang beban lalu lintas. Supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai namun tetap ekonomis, maka perkerasan jalan dibuat berlapis-lapis.

Secara umum perkerasan jalan mempunyai persyaratan yaitu kuat, awet, kedap air, rata, tidak licin, murah, dan mudah dikerjakan. Oleh karenanya bahan perkerasan jalan yang paling cocok adalah pasir, kerikil, batu dan bahan pengikat (aspal atau semen).

Berdasarkan suatu bahan pengikat, lapisan perkerasan jalan dibagi menjadi 3 kategori, yaitu :

1. Perkerasan Lentur (*Flexibel Pavement*)

Perkerasan lentur yaitu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dari agregat atau bahan-bahan yang bersifat tidak kaku / lentur.

2. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku yaitu perkerasan yang menggunakan bahan campuran beton bertulang, atau bahan-bahan yang bersifat kaku.

3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Perkerasan komposit yaitu perkerasan dengan memakai dua bahan, dengan maksud menggabungkan dua bahan yang berbeda yaitu aspal dan beton.

2.8.1 Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur yaitu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dari agregat atau bahan-bahan yang bersifat tidak kaku / lentur. Konstruksi perkerasan terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas permukaan tanah dasar yang telah dipadatkan. Gambar lapisan perkerasan lentur dapat dilihat pada gambar 2.25 dan 2.26 di bawah ini :



Gambar 2.25 Perkerasan Lentur pada Permukaan Tanah Asli

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)



Gambar 2.26 Perkerasan Lentur pada Timbunan

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

1. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Menurut Silvia Sukirman (2010) lapisan permukaan adalah lapisan yang terletak paling atas dari suatu perkerasan yang biasanya terdiri dari lapisan bitumen sebagai penutup lapisan permukaan. Fungsi dari lapisan permukaan ini adalah sebagai berikut :

- a. Lapis perkerasan penahan roda, yang mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan roda selama masa pelayanan.
- b. Lapis kedap air, air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan bawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut.
- c. Lapis aus, lapisan ulang yang langsung menderita gesekan akibat roda kendaraan
- d. Lapisan-lapisan yang menyebabkan beban ke lapisan di bawahnya sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain dengan daya dukung yang lebih jelek.

Untuk memenuhi fungsi di atas, pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehinggamenghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama.

2. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas merupakan lapisan utama dalam menyebabkan beban badan, perkerasan umumnya terdiri dari batu pecah (kerikil) yang tercantum dengan batuan pasir lempung dengan stabilitas semen, kapur, dan bitumen. Menurut Silvia Sukirman (2010) Adapun fungsi dari lapisan pondasi atas adalah:

- a. Sebagai perletakkan terhadap lapisan permukaan.
- b. Untuk menerima beban terusan dari lapisan permukaan yang disebarkan ke lapis bawahnya.
- c. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.

3. Lapisan Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)

Lapis pondasi bawah adalah bagian dari struktur perkerasan lentur yang terletak antara tanah dasar dan lapis pondasi. Biasanya terdiri atas lapisan dari material berbutir (*granular material*) yang dipadatkan, distabilisasi ataupun tidak, atau lapisan tanah yang distabilisasi.

Menurut Silvia Sukirman (2010) Fungsi dari lapisan pondasi bawah adalah sebagai berikut:

- a. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
- b. Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan lapisan di atasnya dapat dikurangi tebalnya (*penghematan biaya konstruksi*).
- c. Untuk mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapisan pondasi.
- d. Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar.

4. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah dasar adalah permukaan tanah semula atau permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan dasar untuk perletakkan bagian-bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan tergantung dari sifat-sifat daya dukung tanah dasar. Menurut Silvia Sukirman (2010), persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut:

- a. Perubahan bentuk tetap (*deformasi permanent*) dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.
- b. Sifat kembang susut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
- c. Daya dukung tanah yang tidak merata, sukar ditentukan secara pasti ragam tanah yang sangat berbeda sifat dan kelembabannya.
- d. Lendutan atau lendutan balik.

Menurut Silvia Sukirman (2010) Ada tiga tipe lapisan tanah dasar:

- 1) Tanah dasar tanah galian
- 2) Tanah dasar tanah timbunan
- 3) Tanah dasar tanah asli

2.8.2 Metode Perencanaan Tebal Perkerasan

Metode perencanaan yang diambil untuk menentukan tebal lapis perkerasan didasarkan perkiraan sebagai berikut :

- a. Kekuatan lapisan tanah dasar yang dinamakan nilai CBR atau modulus reaksi tanah dasar (k).
- b. Kekuatan beton yang digunakan untuk lapis perkerasan.
- c. Prediksi volume dan komposisi lalu lintas selama umur rencana.
- d. Ketebalan dan kondisi lapisan pondasi bawah (sub base) yang diperlukan untuk menopang konstruksi, lalu lintas, penurunan akibat air dan perubahan volume lapisan tanah dasar serta sarana pelengkapan daya dukung permukaan yang seragam dibawah dasar beton.

Terdapat banyak metode yang telah dikembangkan dan dipergunakan di berbagai Negara untuk merencanakan tebal perkerasan. Metode tersebut kemudian secara spesifik diakui sebagai standar perencanaan tebal perkerasan. Salah satunya adalah Manual Desain Perkerasan Jalan 2017.

2.8.3 Analisis Volume dan Data 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 survey yang selanjutnya di proyeksikan ke depan sepanjang tahun perkerasan diperkirakan selesai dibangun atau direhabilitasi.

Elemen utama beban lalu lintas dalam desain adalah:

1. Beban gandar kendaraan komersial.
2. 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 (LHRT) mengacu pada Manual Desain Perkerasan Jalan (2017). Penentuan nilai LHRT didasarkan pada data survey volume lalu lintas dengan mempertimbangkan faktor k.

Akurasi data lalu lintas penting untuk menghasilkan desain perkerasan yang efektif. Data harus meliputi semua jenis kendaraan komersial. Apabila diketahui atau diduga terdapat kesalahan data, harus dilakukan perhitungan lalu lintas khusus sebelum perencanaan akhir dilakukan.

System klasifikasi kendaraan dinyatakan dalam Pedoman Survey Pencacahan Lalu Lintas. Beban gandar kendaraan penumpang dan kendaraan ringan sampai sedang cukup kecil sehingga tidak berpotensi menimbulkan kerusakan struktural pada perkerasan. Hanya kendaraan niaga dengan jumlah roda enam atau lebih yang perlu diperhatikan dalam analisis.

2.8.4 Pertumbuhan Lalu Lintas (i)

Nilai faktor pertumbuhan lalu lintas (i) dapat dilihat pada tabel 2.15. Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*cumulative growth factor*):

$$R = \frac{(1+0,01)^{UR-1}}{0,01 \cdot i} \dots\dots\dots (2.65)$$

Dengan :

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

i = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = umur rencana (tahun)

Apabila diperkirakan akan terjadi perbedaan laju pertumbuhan tahunan sepanjang total umur rencana (UR), dengan 1% selama periode awal (UR1 tahun) dan 12% selama sisa periode berikutnya (UR-UR1). faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif dapat dihitung dari formula berikut:

$$R = \frac{(1+0,01 i_1)^{UR1-1}}{0,01 \cdot i_1} + (1 + 0,01 i_1)^{(UR1-1)} (1 + 0,01 i_2) \left\{ \frac{(1+0,01 i_2)^{(UR-UR1)-1}}{0,01 i_2} \right\} \dots\dots (2.66)$$

Dengan :

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

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

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

UR = total umur rencana (tahun)

UR1 = umur rencana periode 1 (tahun)

Formula di atas 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:

$$R = \frac{(1+0,01 i)^Q - 1}{0,01 \cdot i} + (UR - Q)(1 + 0,01 i)^{(Q-1)} \dots\dots\dots (2.67)$$

2.8.5 Lalu Lintas Pada Lajur Utama

Menurut Manual Desain Perkerasan Jalan (2017), lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL). Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu.

Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Pada jalan yang demikian, walaupun sebagian besar kendaraan niaga akan menggunakan lajur luar, sebagian lainnya akan menggunakan lajur-lajur dalam.

Tabel 2.27 Faktor Distribusi Lajur (DL)

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

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

2.8.6 Faktor Ekuivalen 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. Desain akurat memerlukan perhitungan beban lalu lintas yang akurat pula. Studi atau survey beban gandar yang dirancang dan dilaksanakan dengan baik merupakan dasar perhitungan ESA yang andal. Oleh karena itu, survey beban gandar harus dilakukan apabila dimungkinkan

Tabel 2.28 Pengumpulan Data Beban Gandar

Spesifikasi penyediaan Prasarana jalan	Sumber Data Beban Gandar
Jalan bebas hambatan	1 atau 2
Jalan raya	1 atau 2 atau 3
Jalan sedang	2 atau 3
Jalan kecil	2 atau 3

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

Tabel 2.29 Nilai VDF Masing – Masing Jenis Kendaraan Niaga

Jenis kendaraan	Sumatera				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua				
	Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	
5B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6A	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,5
6B	4,5	7,4	3,4	4,6	5,3	9,2	4,0	5,1	4,8	8,5	3,4	4,7	4,9	9,0	2,9	4,0	3,0	4,0	2,5	3,0	
7A1	10,1	18,4	5,4	7,4	8,2	14,4	4,7	6,4	9,9	18,3	4,1	5,3	7,2	11,4	4,9	6,7	-	-	-	-	
7A2	10,5	20,0	4,3	5,6	10,2	19,0	4,3	5,6	9,6	17,7	4,2	5,4	9,4	19,1	3,8	4,8	4,9	9,7	3,9	6,0	
7B1	-	-	-	-	11,8	18,2	9,4	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7B2	-	-	-	-	13,7	21,8	12,6	17,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7C1	15,9	29,5	7,0	9,6	11,0	19,8	7,4	9,7	11,7	20,4	7,0	10,2	13,2	25,5	6,5	8,8	14,0	11,9	10,2	8,0	
7C2A	19,8	39,0	6,1	8,1	17,7	33,0	7,6	10,2	8,2	14,7	4,0	5,2	20,2	42,0	6,6	8,5	-	-	-	-	
7C2B	20,7	42,8	6,1	8,0	13,4	24,2	6,5	8,5	-	-	-	-	17,0	28,8	9,3	13,5	-	-	-	-	
7C3	24,5	51,7	6,4	8,0	18,1	34,4	6,1	7,7	13,5	22,9	9,8	15,0	28,7	59,6	6,9	8,8	-	-	-	-	

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

2.8.7 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 yang ditentukan sebagai berikut :

Menggunakan VDF masing masing kendaraan Niaga

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

Dengan :

ESA_{TH-1} : Kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen pada tahun pertama.

LHR_{JK} : Lintasan harian rata-rata tiap jenis kendaraan.

VDF_{JK} : Faktor ekivalen beban tiap jenis kendaraan niaga.

DD : Fator distribusi arah.

DL : Faktor distribusi lajur.

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

CESAL : Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana.

2.8.8 Drainase Perkerasan

1. Dampak drainase perkerasan terhadap lapisan perkerasan

Menurut Manual Desain Perkerasan Jalan (2017), secara umum perencana harus menerapkan desain yang dapat menghasilkan "faktor m" \geq 1,0 kecuali jika kondisi lapangan tidak memungkinkan. Apabila drainase bawah permukaan tidak dapat disediakan, maka tebal lapis pondasi agregat bawah permukaan harus disesuaikan dengan menggunakan nilai koefisien drainase "m".

Bagan desain yang dalam manual ini ditetapkan dengan asumsi bahwa drainase berfungsi dengan baik. Apabila kondisi drainase menyebabkan nilai m lebih kecil dari 1 maka tebal lapis pondasi agregat seperti tercantum dalam bagan desain harus dikoreksi menggunakan formula berikut :

$$\text{Tebal desain lapisan agregat} = \frac{\text{tebal berdasarkan perhitungan}}{m} \dots\dots\dots(2.68)$$

Dalam proses desain, pengguna koefisien drainase m yang lebih besar dari 1 tidak digunakan kecuali jika ada kepastian bahwa mutu pelaksanaan untuk mencapai kondisi tersebut dapat dipenuhi.

2. Tinggi minimum timbunan untuk drainase

Tinggi minimum permukaan tanah dasar diatas muka air tanah dan level muka air banjir adalah seperti ditunjukkan pada tabel 2.30

Tabel 2.30 Tinggi Minimum Tanah Dasar diatas Muka Air Tanah dan Muka Air Banjir

Kelas jalan (berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan)	Tinggi tanah dasar muka diatas muka air tanah (mm)	Tinggi tanah dasar diatas muka air banjir (mm)
Jalan bebas hambatan	1200 (jika ada drainase bawah permukaan di median)	500 (banjir 50 tahunan)
	1700 (tanah lunak jenuh atau gambut tanpa lapis drainase)	
Jalan raya	1200 (tanah lunak jenuh atau gambut tanpa lapis drainase)	
	800 (tanah lunak jenuh atau gambut dengan lapis drainase)	
	600 (tanah dasar normal)	
Jalan sedang	600	500 (banjir 10 tahunan)
Jalan kecil	400	NA

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

Apabila timbunan terletak diatas tanah jenuh air, sedangkan ketentuan tersebut diatas tidak dapat dipenuhi maka harus disediakan lapis drainase (*drainage blanket layer*). Lapisan tersebut berfungsi untuk mencegah terjadinya perembesan material halus tanah lunak ke dalam lapis pondasi (sub base). Kontribusi daya dukung lapis drainase terhadap daya dukung struktur perkerasan tidak diperhitungkan.

Tabel 2.31 Koefisien Drainase “m” Untuk Tebal Lapis Berbutir

Kondisi Lapangan (digunakan untuk pemilihan nilai m yang sesuai)	Nilai “m” untuk desain
Galian dengan drainase bawah permukaan yang ideal (outlet drainase bawah permukaan selalu diatas muka air banjir)	1,0
Timbunan dengan lapis pondasi bawah menerus sampai bahu jalan (<i>day-lighting</i>) (tidak terkena banjir)	1,0
Timbunan dengan tepi permeabilitas rendah dan lapis pondasi bawah berbentuk kotak	1,0
Galian pada permukaan tanah atau timbunan tanpa drainase bawah permukaan dan permeabilitas rendah pada pinggir > 500 mm. Gunakan 0,9 jika ≤ 500 mm	0,7
Tanah dasar jenuh air secara permanen selama musim hujan dan tidak teralirkan. Tidak ada system outlet. Ketentuan lapisan penopang (<i>capping layer</i>) dapat digunakan.	0,4

(Sumber : *Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017*)

2.8.9 Desain Pondasi Jalan

1. Pengujian daya dukung dan asumsi asumsi

Spesifikasi umum pelaksanaan menetapkan bawah lapisan tanah yang lebih dalam dari 30 cm dibawah elevasi tanah dasar harus dipadatkan sampai 95% kepadatan kering maksimum. Hingga kedalam 30 cm dari elevasi tanah dasar tanah dipadatkan hingga 100% kepadatan kering maksimum.

Untuk desain, daya dukung rencana tanah dasar diperoleh dari nilai CBR rendaman 4 hari pada 95% kepadatan standar kering maksimum. Bagan desain-1 menunjukkan indikasi daya dukung berbagai jenis tanah Nilai yang disajikan hanya digunakan sebagai acuan awal. Pengujian daya dukung harus dilakukan untuk mendapatkan nilai CBR yang sebenarnya. Bagan tersebut mengindikasikan bahwa kondisi setempat mempengaruhi daya dukung tanah dasar. Fakta tersebut harus dipertimbangkan apabila kondisi

yang tidak mendukung tersebut ditemui di lapangan.

Berdasarkan kriteria-kriteria pada bagan tersebut, tanah dasar yang lazim ditemui di Indonesia mempunyai nilai CBR sekitar 4% bahkan dapat serendah 2%. Prosedur pengambilan contoh dan pengujian yang sesuai dengan kondisi lapangan harus diperhatikan. Dalam hal ini tanah lunak kepadatan berdasarkan standar pengujian laboratorium tidak mungkin dicapai di lapangan. Dengan demikian nilai CBR laboratorium tanah lunak menjadi tidak relevan.

2. Pengukuran daya dukung DCP (*Dynamic Cone Penetration Test*)

Pengujian daya dukung dengan DCP tidak memberikan hasil dengan tingkat ketelitian yang sama dengan pengujian di laboratorium. Pengujian DCP hanya dilakukan pada kondisi berikut:

- a. Tanah rawa jenuh air sehingga tidak mungkin dapat dipadatkan, sehingga pengujian CBR laboratorium menjadi tidak relevan. Dalam hal ini nilai CBR yang diperoleh dari pengujian DCP memberikan nilai yang lebih dapat diandalkan. Pengujian DCP juga digunakan untuk menentukan kedalaman tanah lunak. Pengujian penetrometer atau piezometer juga dapat digunakan.
- b. Pada kawasan tanah aluvial kering, khususnya daerah persawahan kemungkinan terdapat lapisan dengan kepadatan rendah (antara 1200-1500 kg/m³) dibawah permukaan tanah yang kering. Pengujian DCP harus dilakukan untuk memastikan kondisi faktual terbasah di lapangan dan harus diperhitungkan dalam desain. Untuk keamanan, dalam proses desain harus diasumsikan bahwa lapisan tersebut jenuh selama musim penghujan.

Menurut Manual Desain Perkerasan Jalan (2017), secara umum disarankan untuk menghindari pemilihan segmen seragam yang terlalu pendek. Jika nilai CBR yang diperoleh sangat bervariasi, perancang harus membandingkan manfaat dan biaya antara pilihan membuat segmen seragam yang pendek berdasarkan variasi nilai CBR tersebut, atau membuat

segmen yang lebih panjang berdasarkan nilai CBR yang lebih konservatif. Dua metode perhitungan CBR karakteristik diuraikan sebagai berikut:

a) Metode distribusi normal standar

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

$$\text{CBR karakteristik} = \text{CBR rata-rata} - f \times \text{deviasi standar} \dots \dots \dots (2.69)$$

- $f = 1,645$ (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.

b) 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 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.

Prosedur perhitungan untuk presentil ke – 10 adalah sebagai berikut:

- Susun data CBR secara berurutan dari nilai terkecil hingga terbesar.
- Hitung jumlah total data nilai CBR (n).

- Hitung 10% dari (n), nilai yang diperoleh disebut sebagai indeks.
- Jika indeks yang diperoleh dari langkah ke 3 merupakan bilangan pecahan, lakukan pembulatan ke bilangan terdekat dan lanjutkan ke langkah selanjutnya.
- Dari Kumpulan data yang sudah diurutkan, hitung mulai dari data terkecil hingga mencapai data diurutkan yang diperoleh dari langkah ke 3. Nilai CBR pada urutan tersebut adalah nilai CBR persentil ke - 10.
Indeks = 10% (n).....(2.70)

Nilai modulus tanah dasar yang diperoleh dari DCP harus disesuaikan dengan kondisi musim. Faktor penyesuaian minimum ditunjukkan pada tabel 2.32

Tabel 2.32 Faktor Penyesuaian Modulus Tanah Dasar Terhadap Kondisi Musim

Musim	Faktor penyesuaian minimum nilai CBR berdasarkan pengujian DCP
Musim hujan dan tanah jenuh	0,90
Masa transisi	0,80
Musim kemarau	0,70

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

Nilai CBR desain = (CBR hasil pengujian DCP) x Faktor penyesuaian (2.71)

2.8.10 Pemilihan Struktur Perkerasan

Tabel 2.33 Pemilihan Tipe Perkerasan

Struktur Pakerasan	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 CBR \geq 2,5%)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah perdesaan dan perkotaan)	4A	-	1,2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal \geq 100 mm dengan lapis pondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1,2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis pondasi berbutir	3A	-	1,2	-	-	-
Burda atau burtu dengan LPA Kelas A atau batuanasli	5	3	3	-	-	-
Lapis pondasi soil cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (japat,jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi pondasi jalan. Batasan pada tabel 2.33 tidak mutlak, perencana harus mempertimbangkan biaya terendah selama umur rencana, keterbatasan dan kepraktisan pelaksanaan. Pemilihan alternatif desain berdasarkan manual ini harus didasarkan pada *discounted lifecycle cost* terendah.

2.8.11 Kebutuhan Pelapisan (*Sealing*) Bahu Jalan

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 berbutir kelas S

Lapis permukaan harus berupa lapis pondasi agregat kelas S, atau kerikil alam yang memenuhi ketentuan dengan Indeks Plastisitas (IP) antara -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. Langkah-langkah perencanaan tebal perkerasan

- a. Mempersiapkan data lalu lintas harian rata rata.
- b. Menentukan kumulatif beban (ESA).

Terdapat beberapa langkah untuk menentukan nilai ESA, yaitu :

- 1) Menentukan nilai faktor ekivalen beban (VDF) aktual dan normal.
- 2) Perhitungan lalu lintas.
- 3) Menentukan nilai faktor pengali pertumbuhan lalu lintas (R)
- 4) Menghitung nilai ESA.
- c. Menentukan tipe perkerasan.
- d. Menentukan segmen tanah dasar.
- e. Menentukan struktur pondasi perkerasan.

Menentukan struktur pondasi perkerasan dapat dilihat pada tabel tabel berikut:

Tabel 2.34 Bagan Desain -2: Desain Pondasi Jalan Minimum

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

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

1. Desain harus mempertimbangkan semua hal yang kritikal, syarat tambahan mungkin berlaku.
2. Ditandai dengan kepadatan dan CBR lapangan yang rendah.
3. Menggunakan nilai CBR insitu, karena nilai CBR rendaman tidak relevan.

4. Permukaan lapis penopang diatas tanah SG1 dan gambut di asumsikan mempunyai daya dukung setara nilai CBR 2,5% dengan demikian ketentuan perbaikan tanah SG 2,5 berlaku. Contoh untuk lalu lintas rencana > 4 juta ESA, tanah SG1 memerlukan lapis penopang sebesar 1200mm untuk mencapai daya dukung setara SG 2,5 dan selanjutnya perlu ditambah lagi setebal 350 mm untuk meningkatkan menjadi setara SG 6.
5. Tebal lapis penopang dapat dikurangi 300 mm jika tanah asli didapatkan pada kondisi kering.
6. Untuk perkerasan kaku, material perbaikan tanah dasar berbutir halus (Klasifikasi A4 sampai dengan A6) harus berupa stabilisasi semen.

Tabel 2.35 Bagan Desain -3 : Desain Perkerasan Lentur Opsi Biaya Minimum dengan CTB

	F1 ²	F2	F3	F4	F5
	Untuk lalu lintas di bawah 10 juta ESA ⁵ lihat bagan desain 3A – 3B dan 3 C				
	Lihat Bagan Desain 4 untuk alternatif perkerasan kaku ³				
Repetisi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ ESA ₅)	> 10 - 30	> 30 – 50	> 50 – 100	> 100 – 200	> 200 – 500
Jenis permukaan berpengikat	AC	AC			
Jenis lapis Fondasi	Cement Treated Base (CTB)				
AC WC	40	40	40	50	50
AC BC ⁴	60	60	60	60	60
AC BC atau AC Base	75	100	125	160	220
CTB ³	150	150	150	150	150
Fondasi Agregat Kelas A	150	150	150	150	150

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

Tabel 2.36 Bagan Desain -3A : Desain Perkerasan Lentur dengan HRS

Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana ($10^6 CESA_6$)	FF1<0,5	$0,5 \leq FF2 \leq 4,0$
Jenis permukaan	HRS atau penetrasi makadem	HRS
Struktur perkerasan	Tebal lapisan (mm)	
HRS WC	50	30
HRS Base	-	35
LFA kelas A	150	250
LFA kelas A atau kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR > 10% ⁵	150	125

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

Tabel 2.37 Bagan Desain -3B : Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Pondasi Berbutir

	STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
	Solusi yang dipilih				Lihat Catatan 2				
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana ($10^6 ESA5$)	< 2	$\geq 2 - 4$	> 4 - 7	> 7 - 10	> 10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200
	KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)								
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1		2		3				

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

Tabel 2.38 Bagan Desain -3C : Penyesuaian Tabel Lapis Pondasi Agregat A
Untuk Tanah Dasar CBR $\geq 7\%$ (Hanya untuk Bagan Desain -3B)

	STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 CESA5)	> 2	> 2 - 4	> 4 - 7	> 7 - 10	> 10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200
TEBAL LFA A (mm) PENYESUAIAN TERHADAP BAGAN DESAIN 3B									
Subgrade CBR $\geq 5.5 - 7$	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Subgrade CBR > 7- 10	330	220	215	210	205	200	200	200	200
Subgrade CBR ≥ 10	260	150	150	150	150	150	150	150	150
Subgrade CBR ≥ 15	200	150	150	150	150	150	150	150	150

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

f. Menentukan standar drainase bawah permukaan

Dalam menentukan standar drainase bawah permukaan dapat dilihat pada tabel 2.30 Tinggi Minimum Tanah Dasar diatas Muka Air Tanah dan Muka Air Banjir.

g. Menetapkan kebutuhan daya dukung tepi perkerasan.

h. Menetapkan kebutuhan pelapisan (*Sealing*) bahu jalan.

i. Ulangi langkah a-i untuk setiap segmen yang seragam.

2.9 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Manajemen proyek tumbuh karena dorongan mencari pendekatan pengelolaan yang sesuai dengan tuntutan dan sifat kegiatan proyek, suatu kegiatan yang dinamis dan berbeda dengan kegiatan operasional rutin. (Hafnidar A. Rani, 2016)

Adapun yang akan direncanakan adalah sebagai berikut :

1. RKS (Rencana Kerja dan Syarat)

Sebagai kelengkapan dari dokumen tender, Rencana Kerja dan Syarat (RKS) ditempatkan sebagai dokumen penting selain gambar rencana, karena menentukan kepentingan dari berbagai pihak yang akan terlibat dalam realisasi pekerjaan, dimulai sejak tahap awal dari proses realisasi ide dari pemilik proyek (*owner*). Rencana kerja dan syarat terdiri dari:

- Syarat-syarat umum
Menjelaskan pasal-pasal yang berisi tentang proyek tersebut dari awal sampai akhir proyek tersebut.
- Syarat-syarat administrasi
Dalam peraturan administrasi dibedakan pula antara peraturan administrasi keuangan dan teknis.
 - a) Administrasi keuangan mencakup harga penawaran termasuk didalamnya biaya pelelangan, ketentuan apabila terjadi pekerjaan tambah kurang, persyaratan yang harus dipenuhi dari setiap jenis jaminan yang digunakan, ketentuan denda yang disebabkan karena keterlambatan, kelalaian pekerjaan, pemutusan kontrak dan pengaturan pembayaran kepada kontraktor, resiko akibat kenaikan harga upah dan bahan.
 - b) Administrasi teknis mencakup ketentuan apabila terjadi perselisihan beserta cara-cara penyelesaian, syarat-syarat penawaran, ketentuan penyampaian dokumen penawaran dan sampul penawaran, syarat peserta lelang dan sanksi yang harus diberikan apabila terjadi pelanggaran, hak sanggah dan kegagalan pelelangan, serta persyaratan pengadaan subkontraktor dan kualifikasi
- Syarat teknis
Rincian dari setiap bagian pekerjaan yang akan dilaksanakan dimulai pekerjaan persiapan sampai dengan *finishing*. Bisa juga disebut Metode Kerja Pelaksanaan Pekerjaan, bahan-bahan yang akan digunakan beserta persyaratan.

2. RAB (Rencana Anggaran Biaya)

Rencana Anggaran Biaya merupakan prakiraan atau estimasi ialah suatu rencana biaya sebelum bangunan/proyek dilaksanakan. Diperlukan baik oleh pemilik bangunan atau *owner* maupun kontraktor sebagai pelaksana pembangunan. (Oni Widianoro, 2017)

Dalam RAB terdiri dari:

- Perhitungan Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyak suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga satuan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada didalam suatu proyek.

- Perhitungan Produktifitas Kerja Aktual

Menghitung produksi kerja aktual (PKA) adalah menentukan angka perkiraan produksi kerja dengan mempertimbangkan semua faktor yang mempengaruhinya

- Perhitungan Biaya Sewa Alat

Dalam pekerjaan yang besar seperti pekerjaan kontruksi selalu digunakan alat berat. Untuk operasi dengan alat-alat berat harus dipertimbangkan biaya-biaya yang disediakan untuk penggunaan alat, waktu yang harus disesuaikan, keuntungan yang diperoleh dan pertimbangan lainnya. Biaya untuk alat berat dapat dihitung dengan perkiraan yang dapat dipertanggung jawabkan. Biaya tersebut yaitu terdiri dari :

- a) Biaya kepemilikan

Adalah biaya alat yang harus diperhitungkan selama alat yang bersangkutan dioperasikan, apabila alat tersebut milik sendiri

- b) Biaya operasi

Adalah biaya yang dikeluarkan selama alat tersebut digunakan. Biaya operasi ini meliputi bahan bakar, minyak pelumas, pergantian ban dan perbaikan atau pemeliharaan serta penggantian suku cadang khusus.

c) Analisa Harga Satuan

Analisa satuan harga adalah perhitungan-perhitungan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Guna dari satuan harga ini agar kita dapat mengetahui harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat didalam analisa satuan harga ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya

d) Perhitungan Rekapitulasi Biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikan dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya. Biasanya untuk pekerjaan yang dilaksanakan oleh Instansi Pemerintah dalam rekap tersebut sudah dimasukkan pajak serta keuntungan dari kontraktor.

3. Rencana Pelaksanaan

a) NWP

Network planning adalah alat manajemen yang memungkinkan dengan lebih luas dan lengkap dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Proyek secara umum didefinisikan sebagai suatu rangkaian kegiatan-kegiatan (aktivitas) yang mempunyai saat permulaan dan yang harus dilaksanakan serta diselesaikan untuk mendapat satu tujuan tertentu. Ini penting untuk digunakan oleh orang yang bertanggung jawab atas bidang-bidang engineering, produksi, marketing administrasi dan lain-lain, di mana setiap kegiatan tersebut tidak merupakan kegiatan rutin. (Hafnidar A. Rani, 2016)

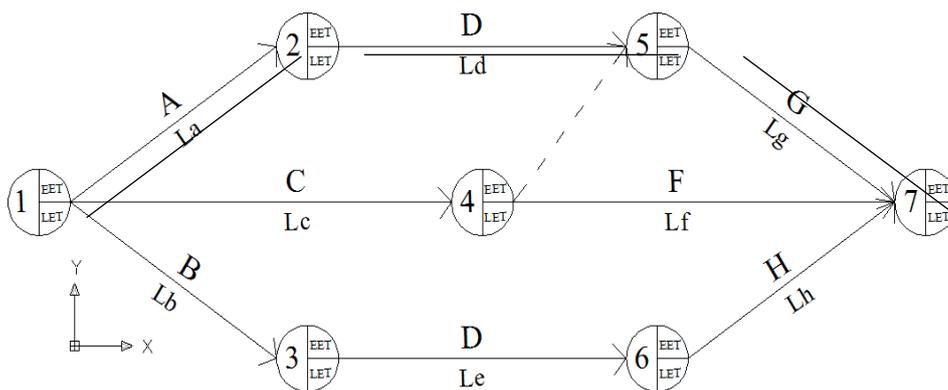
Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

- Dalam *network planning* digambarkan logika ketergantungan setiap pekerjaan dalam sebuah jaringan, maka memaksa

perencana merencanakan sebuah proyek secara mendetail.

- Dalam *network planning* ditunjukkan dengan jelas pekerjaan-pekerjaan yang waktunya penyelesaiannya kritis dan yang tidak, sehingga memungkinkan pengaturan pembagian usaha terhadap pekerjaan tersebut.
- Dalam *network planning* memungkinkan dapat dicapainya pelaksanaan proyek yang lebih ekonomis dari sudut biaya langsung, ketidakraguan dalam penggunaan sumber-sumber daya dan lain-lain.

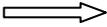
Gambar *Network Planning* dapat dilihat pada gambar 2.27 dibawah ini:



Gambar 2.27 Sketsa *Network Planning*

Keterangan :

- 1) \longrightarrow (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan resources tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.
- 2) \bigcirc (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan.

- 3)  (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critikcal path*).
- 4) - - - - \rightarrow (*Dummy*), bentuknya merupakan anak oanah putus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.
- 5)  1 = Nomor Kejadian
 EET (*Earliest Event Time*) = waktu yang paling cepat yaitu menjumlahkan durasi dari kejadian yang dimulai dari kejadian awal dilanjutkan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka yang terbesar.
 LET (*Laetest Event Time*) = waktu yang paling lambat, yaitu mengurangi durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir dilanjutkan kegiatan sebelumnya dengan mengambil angka terkecil.
- 6) A, B, C, D, E, F, G, H merupakan kegiatan, sedangkan La, Lb, Lc, Ld, Le, Lf, Lg dan Lh merupakan durasi dari kegiatan tersebut.

b) *Barchart*

Barchart merupakan suatu bagan balok secara grafis menguraikan suatu proyek yang terdiri dari kumpulan tugas atau aktivitas yang telah dirumuskan dengan baik di mana suatu penyelesaian pekerjaan merupakan titik akhirnya. (Hafnidar A. Rani, 2016)

c) Kurva S

Kurva S merupakan suatu grafik yang menunjukkan hubungan antara kemajuan pelaksanaan proyek terhadap waktu penyelesaian, di mana fungsinya sebagai alat kontrol atas maju mundurnya pelaksanaan pekerjaan. (Hafnidar A. Rani, 2016)