

## **BAB II**

### **PERANCANGAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN JALAN**

#### **2.1 Klasifikasi Jalan dan Analisis Ketentuan Jalan**

Menurut Pasal 1 Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 19/PRT/M/2011, jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi semua bagian jalan di atas permukaan tanah, di atas tanah, di bawah tanah dan/atau di atas permukaan air, dan di atas permukaan air, termasuk bangunan penunjang dan peralatan yang dimaksudkan untuk pergerakannya, kecuali kereta api dan kereta gantung.

Berdasarkan Undang-Undang Jalan RI No. 38 Tahun 2004, yang mendefinisikan jalan sebagai prasarana transportasi darat yang mencakup semua bagian jalan di permukaan tanah, di atas tanah, di bawah tanah, dan/atau di atas air, termasuk bangunan tambahan dan alat transportasi, tidak termasuk rel kereta api, mobil van, dan kereta gantung.

Berdasarkan Undang-Undang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Raya RI No. 22 Tahun 2009, yang ditetapkan setelah Undang-undang No. 38, mendefinisikan jalan untuk semua bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan sarana transportasi umum yang terletak di atas tanah, di atas tanah, di bawah tanah, dan di atas air, tidak termasuk kereta api dan kereta gantung.

Sedangkan menurut Undang-Undang Jalan RI No. 2 Tahun 2022, jalan didefinisikan sebagai prasarana transportasi darat yang mencakup semua bagian jalan di darat, di atas tanah, di bawah tanah, dan/atau di atas air, termasuk aksesoris dan alat transportasi, tidak termasuk rel kereta api, van, dan kereta gantung.

Tabel 2. 1 Permen PU no.19-2011 Persyaratan Teknik Jalan

Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan		Jalan Bebas Hambatan			Jalan Raya			Jalan Sedang	Jalan Kecil			
									Untuk Kendaraan Roda 3 atau Lebih			
LHRT (SMP/Hari)	Medan Bukit	≤ 153000	≤ 115000	≤ 77000	≤ 106600	≤ 79900	≤ 59800	≤ 21500	≤ 16300			
Fungsi Jalan (Penggunaan Jalan)		Arteri (Kelas I,II,III, Khusus) Kolektor (Kelas I,II,III)			Arteri (Kelas I,II,III, Khusus) Kolektor (Kelas I,II,III) Lokal (Kelas I,II,III)			Lokal, Lingkungan (Kelas III)				
Tipe Jalan Paling Kecil		4/2-T			4/2-T			2/2-TT				
Perkerasan Jalan	Jalan Perkerasan		Berpenutup Aspal / Beton			Berpenutup Aspal/Beton			Berpenutup Aspal/Beton			
	Kerataan	IRI Paling Besar	4			6			8		10	
		RCI Paling Kecil	Baik			Baik - Sedang			Sedang		Sedang	
Kecepatan Rencana, V <sub>s</sub> (Km/jam)		Medan Dasar			80 - 120			60 - 120		60 - 80		
		Medan Bukit			70 - 110			50 - 100		50 - 80		
		Medan Gunung			60 - 100			40 - 80		30 - 80		
Potongan Melintang	Rumaja paling kecil	Lebar	42,50	35,50	28,50	38,00	31,00	24,00	13,00	8,50		
		Tinggi, m	5,00			5,00			5,00		5,00	
	Rumija lebar paling kecil, m	Dalam, m	1,50			1,50			1,50		1,50	
			30,00			25,00			15,00		11,00	
Potongan Melintang	Lebar Median paling kecil, m (lebar median termasuk lebar bahu dalam, lebar marka garis tepi termasuk bahu dalam)	Direndahkan	2,50: ditinggikan setinggi kereb dan dilengkapi rel pengaman untuk kecepatan rencana < 80 Km/jam; Konfigurasi lebar bahu dalam + bangunan pemisah setinggi kereb + bahu dalam: 1,00+0,80+1,00.			1,50: ditinggikan setinggi kereb untuk kecepatan rencana <60 Km/jam dan menjadi 1,80; jika median dipakai lapak penyebrangan. Konfigurasi lebar bahu dalam+bangunan pemisah setinggi kereb+bahu dalam: 0,50+0,50+0,50 dan 0,50+0,80+0,50 jika dipakai lapak penyebrangan			Tanpa Median		Tanpa Median	
		Ditinggikan	3,50: ditinggikan setinggi 1,10 m berupa penghalang beton, untuk kecepatan rencana ≥ 80 Km/jam dengan konfigurasi lebar bahu dalam + bangunan pemisah setinggi 1,10 m + bahu dalam:			2,00: ditinggikan 1,10 m berupa penghalang beton, untuk kecepatan rencana ≥ 60 Km/jam. Konfigurasi lebar bahu dalam+bangunan pemisah setinggi kereb+bahu dalam:			Tanpa Median		Tanpa Median	
	Lebar Pemisah Jalur paling kecil, m	Dengan Rambu	Jembatan			2,00			Tanpa Jalur pemisah		Tanpa Jalur pemisah	
		Tanpa Rambu	Lebar paling kecil 2 m + pagar pemisah			1,00			Tanpa Jalur pemisah		Tanpa Jalur pemisah	
		Untuk Jalan Sepeda Motor	1,00			1,00			1,00		1,00	
		Lebar Trotoar	1,00			1,00			1,00		1,00	
		Lebar saluran tepi paling kecil, m	1,00			1,00			1,00		0,50	
		Ruwaja lebar paling kecil, m	Arteri	15,00			15,00			15,00		-
			Kolektor	10,00			10,00			10,00		-
			Lokal	-			7,00			7,00		7,00
		Jalan Lingkungan	-			-			5,00		5,00	
		Jembatan	100			100			100		100	
	Badan Jalan, lebar paling kecil, m	Arteri	21,00			18,00			11,00		11,00	
		Kolektor	21,00			18,00			9,00		9,00	
		Lokal	-			-			-		7,50	
		Lingkungan	-			-			-		6,50	
		Lingkungan Untuk Roda Dua	-			-			-		3,50	
	Lebar Jalur lalu lintas, m	V <sub>r</sub> < 80 Km/jam	2x(4x3,50)	2x(3x3,50)	2x(2x3,50)	2x(4x3,50)	2x(3x3,50)	2x(2x3,50)	2x3,50		2x2,75	
		V <sub>r</sub> ≥ 80 Km/jam	2x(4x3,60)	2x(3x3,60)	2x(2x3,60)	2x(4x3,60)	2x(3x3,60)	2x(2x3,60)	-		-	
	Lebar Bahu Jalan paling	Medan Datar	Bahu Luar 3,50 dan Bahu dalam 0,50			Bahu Luar 2,00 dan Bahu dalam 0,50			1,00		1,00	
		Medan Bukit	Bahu Luar 2,50 dan Bahu dalam 0,50			Bahu Luar 1,50 dan Bahu dalam 0,50			1,00		1,00	
		Medan Gunung	Bahu Luar 2,00 dan Bahu dalam 0,50			Bahu Luar 1,00 dan Bahu dalam 0,50			0,50		0,50	
Potongan Memanjang	Lebar Ambang Pengaman paling kecil, m		1,00			1,00			1,00		1,00	
	Kemiringan normal perkerasan Jalan %		3			3			3		3	
	kemiringan Bahu Jalan paling besar %		6			6			6		6	
	Jarak Antar Jalan Masuk paling dekat, m		Pada jalan Bebas Hambatan, tidak ada jalan masuk langsung dan tidak ada Persimpangan sebidang Jarak antar persimpangan tidak sebidang paling kecil 5 km			Pada jalan arteri paling sedikit 1,00 km dan pada jalan kolektor paling sedikit 0,50 Km. Pada jalan lama, untuk mengatasi jalan masuk yang banyak dapat dibuat jalur samping untuk menampung semua jalan masuk dan membatasi bukaan sebagai jalan masuk ke jalur utama sesuai jarak terdekat di atas						
	Jarak Antar Persimpangan Sebidang paling dekat, km		-			-			-			
	Superelevasi paling besar %		8			8			8		8	
	Kekesatan melintang paling tinggi		0,14			0,14			0,14		0,14	
	Kekesatan memanjang paling tinggi		0,33			0,33			0,33		0,33	
	Kelandaian Paling Dasar %	Alinemen Datar	4			5			6		6	
		Alinemen Bukit	5			6			7		8	
Alinemen Gunung		6			10			10		12		

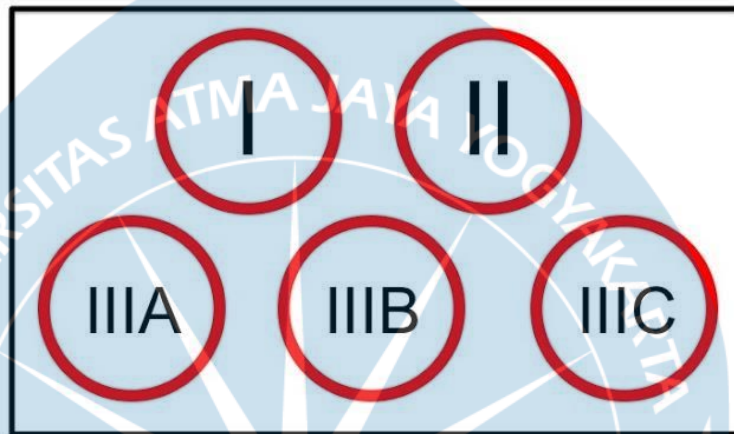
Sumber: Lampiran Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.19/PRT/M/2011

## 2.2 Analisis klasifikasi Jalan

Berdasarkan TPGJAK (1997), klasifikasi jalan terbagi menjadi :

### 2.2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Beban Muatan Sumbu

Dalam klasifikasi ini, kategori jalan dibagi menjadi lima jenis yang mengacu pada PP pasal 11 no. 43 Tahun 1993 tentang Prasarana Jalan dan Lalu Lintas Jalan, meliputi jalan kategori I, II, IIIA, IIIB dan III C. Undang-undang terakhir adalah no. 22 tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan.



Gambar 2. 1Kelas Sumbu Jalan (Sumber: UU No 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan)

Berikut bagannya untuk lebih memudahkan pemahaman bagi pembaca terkait pembagian jenis-jenis kelas jalan berdasarkan PP No. 43 tahun 1993:

1. Jalan Kelas I, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2,5 m, ukuran panjang tidak melebihi 18 m, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan lebih besar dari 10 ton.
2. Jalan Kelas II, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2,5 m, ukuran panjang tidak melebihi 18 m, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan kurang dari 10 ton. Jalan kelas II ini merupakan jalan yang sesuai untuk angkutan peti kemas;
3. Jalan Kelas III A, yaitu jalan arteri atau kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2,5 m, ukuran panjang tidak melebihi 18 m, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan kurang dari 8 ton;

4. Jalan Kelas III B, yaitu jalan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2,5 m, ukuran panjang tidak melebihi 12 m, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan tidak melebihi 8 ton;
5. Jalan Kelas III C, yaitu jalan lokal dan jalan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2,1 m, ukuran panjang tidak melebihi 9 m, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan kurang dari 8 ton.

Tabel 2. 2 Bagan Pembagian Jenis-Jenis Jalan

Dimensi	Kelas I	Kelas II	Kelas IIIA	Kelas IIIB	Kelas IIIC
Lebar	< 2,5 m	< 2,5 m	< 2,5 m	< 2,5 m	< 2,1 m
Panjang	< 18 m	< 18 m	< 18 m	< 12 m	< 9 m
Bobot	< 10 Ton	< 10 Ton	< 8 Ton	< 8 Ton	< 8 Ton

Sumber: PP No. 43 Tahun 1993

Sementara itu, peraturan terbaru tentang kelas jalan dapat dilihat pada Pasal 19(2) dan Pasal 125 UU 22 Tahun 2009, dimana klasifikasi kelas jalan dijelaskan sebagai berikut:

1. Jalan Kelas I, yaitu jalan arteri atau jalan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor. Ukuran standar yang diperbolehkan melewati jalan kelas 1 ini adalah kendaraan bermotor dengan lebar kurang dari 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 milimeter, dan muatan sumbu terberat 10 ton;
2. Jalan Kelas II, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui oleh Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2,5 m, ukuran panjang tidak melebihi 12 m, ukuran paling tinggi 4,2 m, dan muatan sumbu terberat 8 (delapan) ton;
3. Jalan Kelas III, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui oleh kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2,1 m, ukuran panjang tidak melebihi 9 m, ukuran paling tinggi kendaraan 3,5 m, dan muatan sumbu terberat 8 ton; dan
4. Jalan Kelas Khusus, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui oleh kendaraan bermotor yang memiliki ukuran lebar melebihi 2,5 m, ukuran panjangnya

melebihi 18 m, ukuran paling tinggi kendaraan 4,2 m, dan muatan sumbu terberat lebih dari 10 ton.

### 2.2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

Menurut Bina Marga (1997), medan jalan diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok berdasarkan kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur, seperti terlihat pada tabel berikut:

Tabel 2. 3 Jenis Medan Jalan

Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
Datar	D	<3
Perbukitan	B	3-25
Pegunungan	C	>25

Sumber:(Pasal 11, PP. No.43/1993).

### 2.2.3 Klasifikasi Jalan Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Menurut Keputusan Pemerintah No. 26 Tahun 1985, jalan adalah jalan raya, jalan provinsi, jalan administrasi/kota, jalan desa dan jalan khusus, tergantung pada kewenangan pemerintahan.

#### 1. Jalan Nasional

Jalan nasional dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian, yaitu:

- a. Jalan arteri primer.
- b. Jalan kolektor primer.
- c. Jalan yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan nasional yakni jalan yang tidak dominan dalam pembangunan ekonomi tetapi berperan menjamin persatuan dan kesatuan negara dan melayani daerah tertinggal.

#### 2. Jalan Provinsi

Menurut PP Nomor 34 Tahun 2006, jalan provinsi adalah jalan kolektor yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten atau kota dalam satu provinsi tersebut. Selain itu, jalan provinsi juga bisa berupa jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibu kota kabupaten/kota. Jalan provinsi lainnya yaitu jalan strategis provinsi. Khusus untuk wilayah DKI Jakarta, seluruh ruas jalan, kecuali jalan nasional.

3. Jalan Kabupaten/kotamadya

Jalan Kabupaten merupakan kewenangan Pemerintah Kabupaten yang terdiri dari:

- a. Jalan kolektor primer yang tidak termasuk jalan nasional dan jalan provinsi
- b. Jalan lokal primer yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat desa, antar ibukota kecamatan, ibukota kecamatan dengan desa, dan antar desa.
- c. Jalan sekunder yang tidak termasuk jalan provinsi dan jalan sekunder dalam kota.
- d. Jalan strategis kabupaten.

4. Jalan Desa

Jalan Desa adalah jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar permukiman di dalam desa. Jalan desa juga merupakan jalan lokal primer yang tidak termasuk jalan kabupaten didalam kawasan perdesaan.

5. Jalan Khusus

Jalan Khusus merupakan jalan yang dibuat oleh instansi, badan usaha, perseorangan, atau kelompok masyarakat untuk kepentingan sendiri.

#### **2.2.4 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Administrasi Pemerintah**

Menurut administrasi negara, klasifikasi jenis jalan umum berfungsi untuk menciptakan kepastian hukum bagi penyelenggaraan jalan. Jalan umum berdasarkan administrasi negara dibagi menjadi lima jenis: jalan tol, jalan provinsi, jalan administrasi, jalan kota, dan jalan desa. Inilah penjelasannya.

1. Jalan nasional, yaitu jalan arteri atau jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi, termasuk jalan strategis nasional dan juga jalan tol.
2. Jalan provinsi, yaitu jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota, atau antaribukota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi.
3. Jalan kabupaten, yaitu jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang tidak termasuk jalan yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antaribukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antarpusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem

jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten, dan jalan strategis kabupaten.

4. Jalan kota, yaitu jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antarpusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antarpersil, serta menghubungkan antarpusat permukiman yang berada di dalam kota.
5. Jalan desa, yaitu jalan umum yang menghubungkan masyarakat desa dengan kawasan/lokasi permukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan. Jenis jalan ini dipergunakan oleh masyarakat desa dan sekitarnya untuk melaksanakan aktivitasnya sehari-hari, seperti pergi ke sawah, anak-anak pergi sekolah, ibu-ibu ke pasar, dan sebagainya. Jalan desa ini ditetapkan statusnya sebagai ruas jalan desa melalui keputusan bupati dengan memperhatikan pedoman yang sudah ditetapkan oleh menteri.

#### 2.2.5 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Kelas Jalan

Menurut Bina Marga (1997), kelompok jalan kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk memikul beban lalu lintas yang dinyatakan sebagai beban poros berat (MST) dalam satuan ton.

Tabel 2. 4 Kelas Jalan

Fungsi Jalan	Kelas Jalan	Muatan Sumbu Terberat MTS (ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	IIIA	8
Kolektor	IIIA	8
	IIIB	8
Lokal	IIIC	Tidak ditentukan

Sumber:(Pasal 11, PP. No.43/1993).

### 2.3 Bagian-Bagian Jalan

Untuk bagian-bagian jalan ini, penulis mengacu pada nomor bangunan umum:

19/PRT/M/2011, Bagian Keempat Pasal 47 sampai dengan Pasal 50 yang mengatur

tentang ruas jalan. Dalam Bagian 47 Peraturan, ruas jalan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3(3)(c) terdiri dari:

1. Ruang manfaat jalan, selanjutnya disebut Rumaja.
2. Ruang milik jalan, selanjutnya disebut Rumija.
3. Ruang pengawasan jalan, selanjutnya disebut Ruwasja.

Berikut Isi-isi pasal 48 sampai 50 yang membahas bagian-bagian jalan

### **2.3.1 Bagian – bagian Jalan Pada Pasal 48**

1. Rumaja sebagaimana dimaksud dalam Pasal 47 huruf a meliputi badan jalan, saluran tepi jalan untuk drainase permukaan, talud timbunan atau taludgalian dan ambang pengaman jalan yang dibatasi oleh tinggi dan kedalaman tertentu dari muka perkerasan.
2. Rumaja sebagaimana dimaksud pada ayat (1) diperuntukan bagi perkerasan jalan, median, jalur pemisah jalan, bahu jalan, trotoar, saluran tepi dan gorong-gorong, lereng tepi badan Jalan, bangunan pelengkap jalan, dan perlengkapan jalan, yang tidak boleh dimanfaatkan untuk prasarana perkotaan atau keperluan utilitas atau yang lainnya tanpa izin tertulis dari penyelenggara jalan.
3. Ambang pengaman jalan yang dimaksudkan pada ayat (1) berupa bidang tanah dan/atau konstruksi bangunan pengaman yang berada di antara tepi badan jalan dan batas Rumaja yang hanya diperuntukkan bagi pengamanan konstruksi jalan, paling kecil 1 (satu) meter.
4. Tinggi ruang bebas bagi semua kelas jalan yang sebidang dengan tanah paling rendah 5 (lima) meter, serta kedalaman paling rendah 1,5 (satu koma lima) meter dari muka perkerasan jalan. Tinggi ruang bebas bagi semua jalan arteri dan kolektor pada lintas atas, lintas bawah, jalan layang, dan terowongan paling rendah 5 (lima) meter, serta kedalaman ruang bebas sesuai dengan kebutuhan pengamanan konstruksi.
5. Rumaja di bawah kolong jalan layang dapat dimanfaatkan untuk parkir kendaraan, ruang terbuka hijau, lapangan olahraga, dan kantor pengoperasian jalan, dengan syarat tidak mengganggu keselamatan, kelancaran lalu lintas, dan keamanan konstruksi.



6. Pemanfaatan Rumaja di bawah jalan layang sebagaimana dimaksud pada ayat harus mendapat izin dari penyelenggara jalan.

### **2.3.2 Bagian – bagian Jalan Pada Pasal 49**

1. Rumija sebagaimana dimaksud dalam Pasal 47 huruf b merupakan ruang sepanjang jalan, dibatasi oleh lebar yang ditetapkan oleh penyelenggara jalan dan menjadi milik negara.
2. Rumija sebagaimana dimaksud pada ayat (1), harus memiliki lebar minimal sesuai kelas penyediaan prasarana sebagaimana tercantum dalam Lampiran Peraturan Menteri ini, dikuasai oleh penyelenggara jalan dengan suatu hak tertentu sesuai dengan peraturan perundang-undangan, diberi tanda patok Rumija sebagai batas yang ditetapkan oleh penyelenggara jalan.
3. Rumija sebagaimana dimaksud pada ayat (1), memiliki lebar paling sedikit sesuai ketentuan seperti tercantum dalam Lampiran yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri ini.
4. Rumija sebagaimana dimaksud pada ayat (1), selain digunakan untuk ruang manfaat jalan, bisa dimanfaatkan untuk;
  - a. Pelebaran jalan atau penambahan lajur lalu lintas di masa yang akan datang;
  - b. Kebutuhan ruang untuk pengamanan jalan;
  - c. Ruang terbuka hijau yang berfungsi sebagai lansekap jalan;
  - d. Kebutuhan ruang untuk penempatan utilitas.
5. Bangunan utilitas dapat ditempatkan di dalam Rumija namun sekurang-kurangnya pada batas terluar ruang manfaat jalan sesuai dengan pedoman pemanfaatan ruang jalan yang berlaku.

### **2.3.3 Bagian – bagian Jalan Pada Pasal 50**

1. Ruwasja sebagaimana dimaksud dalam Pasal 47 huruf c merupakan ruang tertentu di luar Rumija, dibatasi oleh lebar dan tinggi tertentu, penggunaannya ada di bawah pengawasan penyelenggara jalan.
2. Ruwasja diperuntukkan bagi pemenuhan pandangan bebas pengemudi, ruang bebas bagi kendaraan yang mengalami hilang kendali, dan pengamanan konstruksi jalan serta pengamanan fungsi jalan. Ruwasja sebagaimana

dimaksud pada ayat (2), pada daerah bagian jalan yang menikung ditentukan oleh lebar daerah kebebasan samping jalan.

3. Ruwasja sebagaimana dimaksud pada ayat (2), pada Jalan yang melalui terowongan dan lintas bawah harus memiliki lebar yang disesuaikan dengan kebutuhan pengamanan konstruksi.
4. Lebar Ruwasja sebagaimana dimaksud pada ayat (1) ditentukan dari sisi luar Rumija dengan lebar paling sedikit sesuai ketentuan yang tercantum dalam Lampiran yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri ini.
5. Dalam hal lebar Rumija terbatas, lebar Ruwasja sebagaimana dimaksud pada ayat (5) dapat ditentukan dari tepi luar badan jalan paling sedikit dengan ukuran sesuai ketentuan seperti yang tercantum dalam Lampiran yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri ini.

## 2.4 Perancangan Geometrik Jalan

Dalam mendesain suatu jalan secara geometris, beberapa parameter desain harus dipahami untuk menentukan tingkat kenyamanan dan keamanan yang diberikan oleh bentuk geometrik jalan tersebut, seperti: desain kendaraan, kecepatan desain, volume dan kapasitas jalan, serta tingkat pelayanan yang diberikan oleh jalan tersebut.

### 2.4.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan desain adalah kendaraan yang ukuran dan radius beloknya menjadi acuan untuk desain geometrik. Referensi ini tercantum dalam tabel di bawah ini:

Tabel 2. 5 Kategori 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 : Direktorat Jendral Bina Marga1997)

### 2.4.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana ( $V_r$ ) adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan agar kendaraan dapat berjalan dengan aman dan nyaman pada cuaca cerah. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 19/PRT/M/2011 Bagian 1 Pasal 4, khususnya tentang kecepatan perencanaan, adalah:

1. Kecepatan rencana (Design speed) sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 ayat (2) huruf a merupakan kecepatan kendaraan yang mendasari perencanaan teknis jalan.
2. Kecepatan rencana ditetapkan dengan mempertimbangkan:
  - a. Sistem jaringan jalan, terdiri atas :
    - 1) Sistem jaringan jalan primer; dan
    - 2) sistem jaringan jalan sekunder.
  - b. Lalu lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT);
  - c. Spesifikasi penyediaan prasarana; dan
  - d. Tipe medan (topografi) jalan, terdiri atas :
    - 1) medan datar
    - 2) medan bukit
    - 3) medan gunung.
3. Kecepatan rencana dibatasi oleh batas paling rendah dan batas paling tinggi sesuai kriteria perencanaan teknis jalan dan ketentuan sebagaimana tercantum dalam lampiran yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari peraturan menteri ini.
4. Pemilihan kecepatan rencana diupayakan mendekati batas paling tinggi dengan mempertimbangkan aspek keselamatan, ekonomi, dan lingkungan.
5. Batas paling rendah kecepatan rencana dipilih pada keadaan dimana terdapat kendala topografi dan tataguna lahan atau kendala lain yang tidak dapat dielakkan.
6. Kecepatan rencana pada satu ruas jalan harus seragam sepanjang ruas jalan, kecuali pada ruas jalan dengan kecepatan rencana 60 (enam puluh) km/jam atau lebih terdapat segmen yang sulit untuk memenuhi kecepatan rencana

tersebut, maka kecepatan rencana pada segmen tersebut dapat diturunkan paling besar 20 (dua puluh) km/jam.

7. Penurunan kecepatan rencana harus seizin penyelenggara jalan.

Tabel 2. 6 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana (mph)								
Tipe Topografi	30	40	50	60	65	70	75	80
Datar	6	5	4	3	3	3	3	3
Bukit	7	6	5	4	4	4	4	4
Pegunungan	9	8	7	6	6	6	-	-

### 2.4.3 Volume Lalu Lintas

Menunjukkan jumlah kendaraan yang melewati suatu titik pengamatan dalam satuan waktu (hari, jam, dan menit). Lalu lintas padat membutuhkan jalur yang lebih lebar agar aman dan nyaman, sedangkan lalu lintas ringan terlalu lebar dan berbahaya.

Satuan volume lain:

1. Lalu lintas Harian Rerata (LHR).
2. LHRT adalah volume lalu lintas rerata /hari dalam 1 tahun kedua jurusan dan harus diketahui arah dan tujuan lain.

$$\text{LHRT} = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{lamanya pengamatan}}$$

$$\text{LHRT} = \frac{\text{Jumlah lalu lintas}}{365 \text{ hari}}$$

Data LHRT teliti bila :

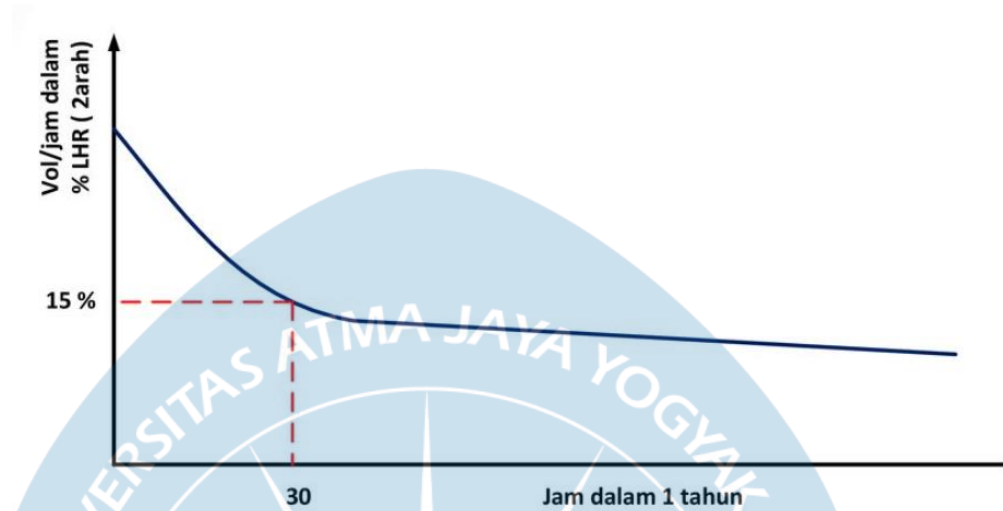
Pengamatan pada interval-interval waktu cukup menggambarkan fluktuasi arus lalin selama 1 tahun.

3. Volume Jam Perencanaan (VJP).

VJP adalah volume lalin dalam 1 jam yang dipakai sebagai dasar perencanaan. Volume 1 jam yang dapat dipakai sebagai VJP asal memenuhi kriteria:

- a. Volume tersebut tidak boleh terlalu sering terdapat pada distribusi arus lalin setiap jam utuk periode 1 tahun.

- b. Bila volume lalin perjam : VJP, kelebihan tersebut tidak boleh mempunyai nilai terlalu besar.
- c. Volume tidak boleh : jalan sering lenggang dan tidak ekonomis.



Gambar 2. 2 Volume Jam Perencana ( Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga 1997)

Menurut AASHTO, lengkung terjadi pada jam sibuk ke-30 saat lalu lintas per jam = 15% LHR. Ini berarti bahwa lalu lintas 30 jam setahun secara signifikan lebih tinggi daripada kurva heel (kurva heel kiri pada Gambar 2-7 naik dengan cepat). Jumlah jam perutean ditentukan sesuai dengan bagan. Secara teoritis, jalan yang direncanakan dengan VJP di ruang lengkung memiliki volume lalu lintas yang lebih besar dari yang direncanakan ± 30 jam dari saat ini 365 x 24 jam per tahun.

$$VJP = k \cdot LHR$$

Keterangan:

**K** = faktor VJP yang dipengaruhi oleh pemilihan jam sibuk 10-15% untuk jalan antar kota <10% untuk jalan dalam kota

## 2.5 Alinemen Horizontal

Alinemen horizontal suatu area jalan adalah proyeksi sumbu jalan tegak lurus bidang horizontal yang terdiri dari garis lurus dan garis lengkung. Didalam perencanaan garis lengkung : perlu diketahui hubungan antara *design speed* dengan lengkung dan hubungan keduanya dengan superelevasi.

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan ke bidang horizontal. Alinyemen horizontal disebut juga alinyemen jalan. Ada banyak diskusi

perencanaan tentang alinyemen horizontal, seperti belokan, denah superelevasi, pelebaran lajur pada belokan, dan jarak bebas lateral pada belokan.

### 2.5.1 Superelevasi

Untuk perencanaan tikungan perlu menentukan superelevasi yang dapat dipakai pada daerah (*range*) lingkungan yang dipergunakan untuk masing-masing *design speed*. Nilai ekstrim dari daerah ini adalah superelevasi ditentukan oleh sifat-sifat praktis dan dipergunakan untuk menentukan jari-jari minimum.

Distribusi dari untuk daerah lengkung dengan *design speed* tertentu ada 4 macam metode mendistribusikan daerah lengkung.

1. Superelevasi berbanding lurus denganderajat lengkung jadi suatu hubungan garis lurus.
2. Superelevasi sedemikian rupa sehingga kendaraan yang berjalan pada design speed mengimbangi seluruh gaya sentrifugal oleh superelevasi pada tikungan
3. Sama dengan metode 2, kecepatan didasarkan pada average running speed.
4. Superelevasi dengan harga antara metode 1 dan 3, yang diperlihatkan garis lengkung.

## 2.5.2 Tikungan Horizontal

Tikungan adalah berupa garis lengkung yang menghubungkan antara garis-garis lurus pada alinyemen horizontal. Ada tiga jenis tikungan yaitu tikungan *full circle* (busur lingkaran saja), tikungan *spiral-circle-spiral* (busur lingkaran ditambah lengkung peralihan), tikungan *spiral-spiral* (busur peralihan saja).

### 1. Tikungan *Full Circle*

Jenis tikungan ini menggunakan lengkung dengan radius yang besar dengan superelevasi yang digunakan kurang atau sama dengan 3%. Nilai superelevasi maksimum ditetapkan 10%.

Keterangan :

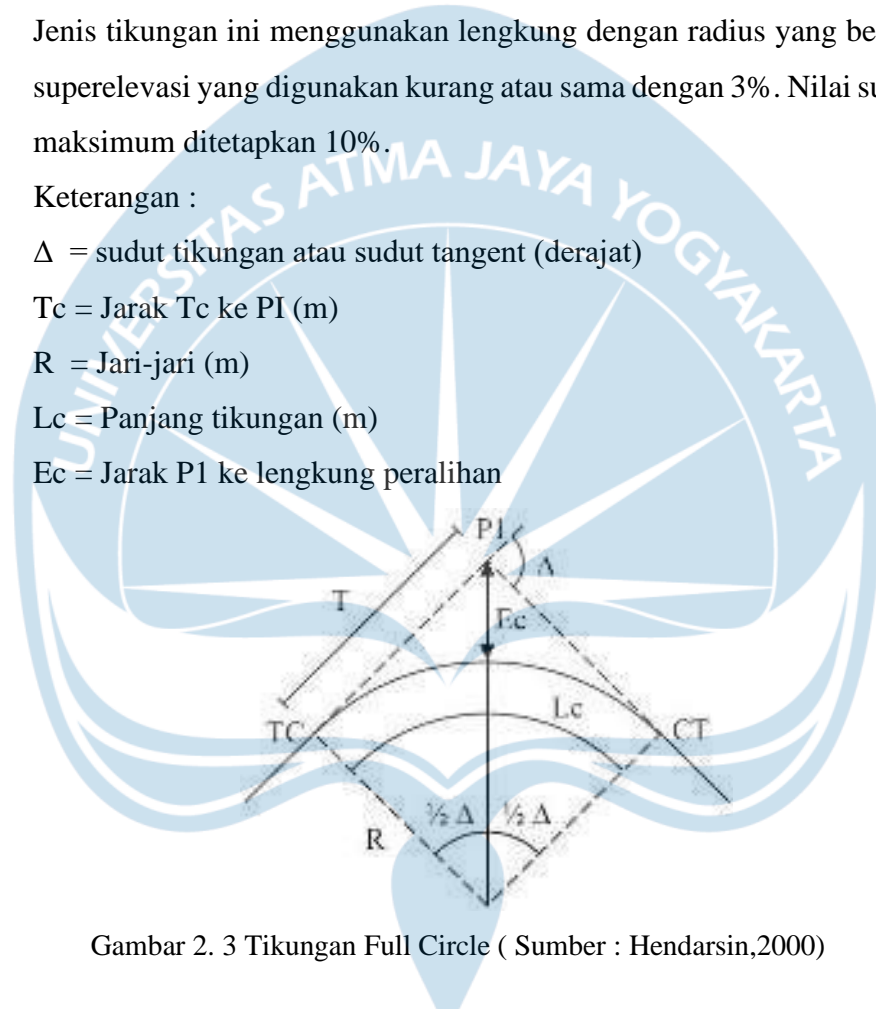
$\Delta$  = sudut tikungan atau sudut tangent (derajat)

$T_c$  = Jarak  $T_c$  ke  $PI$  (m)

$R$  = Jari-jari (m)

$L_c$  = Panjang tikungan (m)

$E_c$  = Jarak  $P1$  ke lengkung peralihan



Gambar 2. 3 Tikungan Full Circle ( Sumber : Hendarsin,2000)



Gambar 2. 4 Diagram Superelevasi *Full Circle* ( Sumber : Hendarsin,2000)

## 2. Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

Bentuk tikungan ini digunakan pada daerah-daerah perbukitan atau pegunungan, karena tikungan jenis ini memiliki lengkung peralihan yang memungkinkan perubahan menikung tidak secara mendadak dan tikungan tersebut menjadi aman.

Lengkung peralihan adalah lengkung yang disisipkan di antara bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan, berfungsi untuk mengantisipasi perubahan alinemen jalan dari bentuk lurus sampai bagian lengkung jalan sehingga gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan saat berjalan di tikungan berubah secara berangsur-angsur, baik ketika kendaraan mendekati tikungan maupun meninggalkan tikungan. Bentuk lengkung peralihan dapat berupa parabola atau spiral (clothoid).

Keterangan

$X_s$  = Absis titik SC pada garis tangen, jarak titik TS ke SC.

$Y_s$  = Koordinat titik SC pada garis tegak lurus pada garis tangen

$L_s$  = Panjang lengkung peralihan

$T_s$  = Jarak titik TS ke P1

TS = Titik peralihan bagian lurus ke bagian berbentuk spiral.

SC = Titik peralihan bagian spiral ke bagian berbentuk lingkaran.

$E_s$  = Jarak dari PI ke lingkaran.

$R$  = Jari-jari lingkaran.

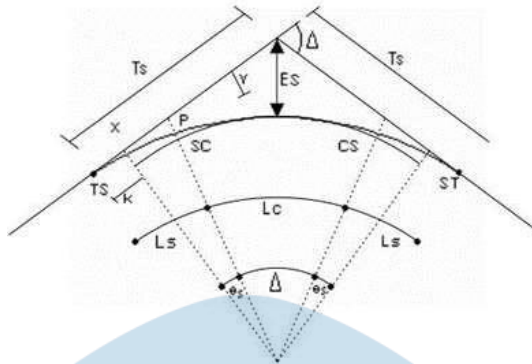
$p$  = Pergeseran tangen terhadap spiral.

$k$  = Absis dari “ $p$ ” pada garis tangen spiral.

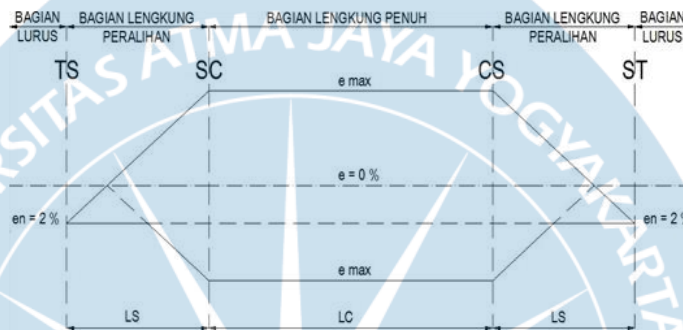
$\Delta$  = Sudut tikungan atau sudut tangen.

$\theta_s$  = Sudut lengkung spiral.





Gambar 2. 5 Tikungan Spiral-Circle-Spiral ( Sumber : Hendarsin,2000)



Gambar 2. 6 Diagram Superelevasi Spiral-Circle-Spiral ( Sumber : Hendarsin,2000)

### 3. Tikungan *Spiral-Spiral*

Lengkung horizontal berbentuk *Spiral-Spiral* adalah lengkung tanpa busur lingkaran. Bentuk tikungan ini digunakan pada keadaan yang sangat tajam. Komponen berat kendaraan untuk mengimbangi gaya sentrifugal diperoleh dengan membuat kemiringan melintang jalan. Kemiringan melintang jalan pada lengkung horizontal yang bertujuan untuk memperoleh komponen berat kendaran guna mengimbangi gaya sentrifugal biasanya disebut superelevasi. Semakin besar superelevasi semakin besar pula komponen berat kendaraan yang diperoleh (Shirley dan Hendrasin 2000).

Superelevasi dapat dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.

Keterangan :

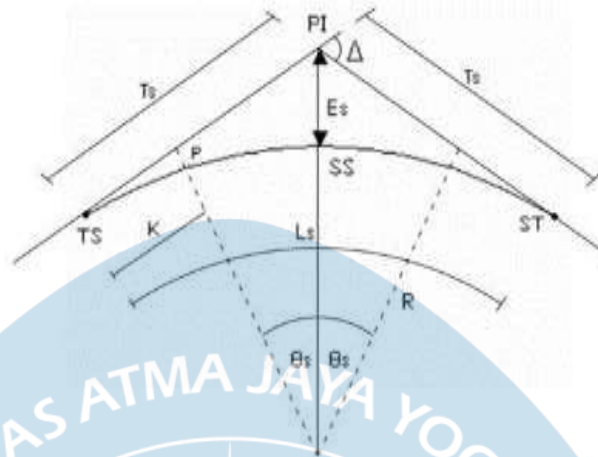
$E_s$  = Jarak dari PI ke lingkaran

$T_s$  = Jarak dari titik TS ke PI

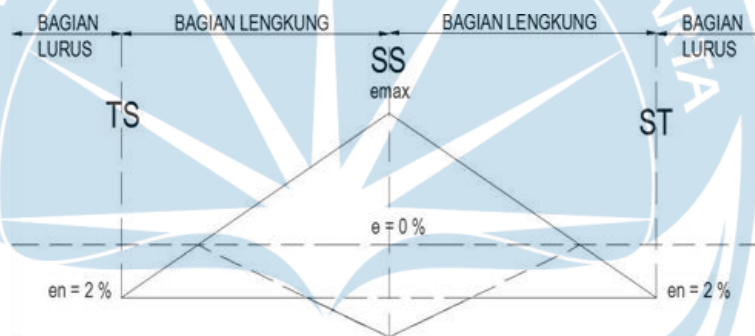
$R$  = Jari-jari lingkaran

$K$  = Absis dan  $p$  pada garis tangen spiral

P = Pergeseran tangen terhadap sudut lengkung spiral.



Gambar 2.7 Tikungan *Spiral-Spiral* ( Sumber : Hendarsin,2000)



Gambar 2. 8 Diagram Superelevasi *Spiral-Spiral* ( Sumber : Hendarsin,2000)

### 2.5.3 Superelevasi Maksimum

Untuk kecepatan tertentu, superelevasi maksimum dan asumsi dari faktor gesekan maksimum bersama-sama menentukan jari-jari minimum. Superelevasi maksimum pada tikungan dipengaruhi oleh beberapa faktor :

1. Kondisi cuaca.
2. Kondisi lapangan (datar atau pegunungan).
3. Tipe daerah (pedalaman atau kota).
4. Sering terhadap kendaraan-kendaraan yang berjalan lambat yang mengakibatkan operasi yang tidak tertentu.

Dengan memperhatikan faktor-faktor diatas superelevasi dapat ditentukan superelevasi maksimal untuk JR yang terbuka/lapangan = 0,12 (angka maks). Penggunaan superelevasi sampai 0,13 :

1. Menguntungkan pengendara-pengendara cepat.
2. Menyulitkan dalam pelaksanaan pembuatan jalan, pemeliharaan dan untuk pengendara pelan.

Superelevasi yang lebih kecil dipergunakan pada :

1. Daerah yang banyak kendaraan seperti dekat kota.
2. Persimpangan-persilangan penting dimana kendaraan biasanya berjalan pelan-pelan karena akan membelok atau memotong.
3. Adanya tanda-tanda lalu lintas.
4. Umumnya digunakan nilai 0,06.

Seperti yang diusulkan oleh ASSHTO 2011 harus ada beberapa superelevasi yaitu:

1. 0,06 ; 0,08 ; 0,10 ; dan 0,12
2. Untuk masing-masing golongan jari-jari minimum dan superelevasi untuk jari-jari lebih besar dapat dihitung

#### **2.5.4 Lengkung Tajam Tanpa Superelevasi**

Kemiringan potongan melintang minimum ditentukan oleh persyaratan drainased. Sehubungan dengan tipe jalan, jumlah curah hujan, hanya yang biasa diterima :

1.  $\pm 0,008$  untuk tipe kelas tinggi perkerasan beton kaku, sampai.
2. 0,02 untuk tipe kelas rendah perkerasan lentur.

Lengkung horizontal yang sangat tumpul tidak memerlukan superelevasi lalu lintas memasuki suatu tikungan ke kiri mempunyai superelevasi dalam potongan melintang, memasuki suatu tikungan ke kanan mempunyai superelevasi yang terbalik.

Pada lengkungan yang lebih tajam dimana diperlukan superelevasi  $> 0,02$ , suatu kemiringan garis lurus seluruh pavement perlu dilakukan. Suatu batasan 0,02 memberikan lengkung dari daerah yang dimulai 2,5% untuk 30 mph design speed sampai 0,5% untuk 80 mph design speed.

#### **2.5.5 Derajat Lengkung Maximum *Degree of Curvature***

Derajat lengkung maksimum atau jari-jari minimum adalah suatu harga batas untuk suatu *design speed* yang ditentukan dari superelevasi maksimum dan faktor geser maksimum.

Menggunakan jari-jari yang lebih kecil untuk *design speed* tadi akan mengakibatkan diperlukan superelevasi yang lebih besar dari batas yang telah ditentukan juga penting untuk mendapatkan superelevasi pada jari-jari yang lebih besar.

Jari jari minimum R dapat dihitung dengan rumus :

$$R = \frac{V^2}{15(e+f)}$$

Mempergunakan harga maksimum pada rumus di atas jari-jari minimum atau derajat lengkung maksimum untuk *design speed* tertentu dapat dihitung.

Untuk salah satu *design speed* hubungan adalah garis lurus, garis yang terputus putus memperlihatkan derajat lengkung maksimum untuk masing-masing design.

## 2.6 Alinemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perencanaan elevasi sumbu jalan pada setiap titik yang ditinjau, berupa profil memanjang. Alinemen vertikal terdiri atas bagian landai vertikal dan bagian lengkung vertikal. Ditinjau dari titik awal perencanaan, bagian landai vertikal dapat berupa landai positif (tanjakan), atau landai negatif (turunan), atau landai nol (datar). Kondisi tersebut dipengaruhi oleh keadaan topografi yang dilalui oleh rute jalan rencana. Kondisi topografi tidak saja berpengaruh pada perencanaan alinyemen horisontal, tetapi juga mempengaruhi perencanaan alinyemen vertikal. Bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cekung atau lengkung cembung. Perencanaan alinemen vertikal yang mengikuti muka tanah asli akan mengurangi pekerjaan tanah, tetapi mungkin saja akan mengakibatkan jalan itu terlalu banyak memiliki tikungan.

Dengan demikian penarikan alinemen vertikal sangat dipengaruhi oleh berbagai pertimbangan yaitu kondisi tanah dasar, keadaan medan, fungsi jalan, muka air banjir, muka air tanah, kelandaian yang masih memungkinkan.

### 2.6.1 Kelandaian Perencanaan Maksimum

Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk menghasilkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah. Kelandaian maksimum untuk berbagai  $V_r$  ditetapkan dapat dilihat dalam tabel 2.7

Tabel 2. 7 Kelandaian Maksimum yang Diizinkan

Vr (km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40
Jari-Jari minimum	600	370	210	110	80	50	30	15
Kelandaian maksimum (%)	3	3	4	5	8	9	10	10

Sumber : Direktorat Bina Marga (1997)

### 2.6.2 Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal digunakan untuk merubah secara bertahap perubahan dari dua macam kelandaian. Lengkung vertikal harus sederhana dalam penggunaannya dan menghasilkan suatu desain yang aman. Lengkung vertikal harus disediakan pada setiap lokasi yang mengalami perubahan kelandaian dengan tujuan mengurangi guncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti.

### 2.6.3 Sifat-sifat lengkung vertikal

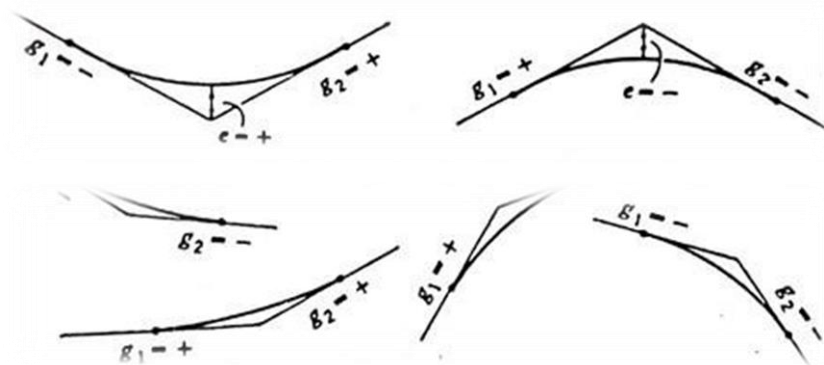
Panjang suatu jalan diukur secara horizontal dan kelandaian secara relatif melalui ratio sumbu vertikal dan mendatar dan lebih sederhana dengan menggunakan sumbu vertikal berpusat di VPI (Vertikal Point Intersection). Perubahan kelandaian konstan yang memberikan jarak dari VPI sebesar  $\Delta L/800$ , dimana:

$\Delta$  = Perubahan aljabar kelandaian dalam persen

L = Panjang horizontal lengkung vertikal

### 2.6.4 Tipe-tipe dari lengkung vertikal

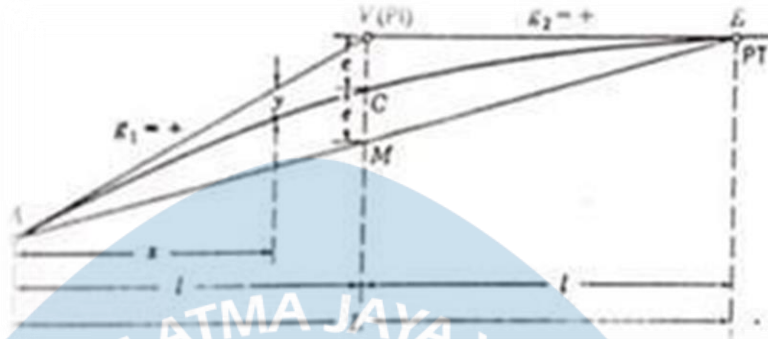
Jenis lengkung vertikal dilihat dari segi letak titik perpotongan kedua bagian lurus (tangen) ada dua yaitu lengkung vertikal cembung dan lengkung vertikal cekung.



Gambar 2.9 Lengkung Cembung dan Cekung ( Sumber: Departemen PU Bina Marga, 1997)

1. Lengkung Vertikal Cembung

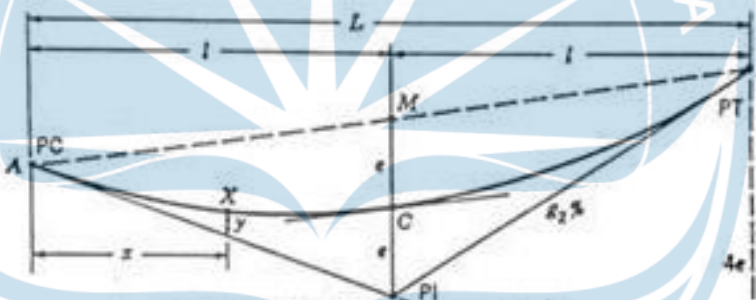
Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada diatas permukaan jalan yang bersangkutan



Gambar 2. 10 Lengkung Vertikal Cembung (Sumber: Departemen PU Bina Marga, 1997)

2. Lengkung Vertikal Cekung

Lengkung vertikal cekung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan.



Gambar 2. 11 Lengkung Vertikal Cekung ( Sumber: Departemen PU Bina Marga, 1997)

3. Panjang minimum lengkung vertikal berdasarkan jarak pandangan yang biasanya memenuhi syarat keamanan, kenyamanan, dan kenampakan menggunakan rumus dasar sebagai berikut:

Jika  $S < L$

$$L = \frac{\Delta S^2}{100(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}$$

Jika  $S > L$

$$L = \frac{2S^2 - [200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2]}{\Delta}$$

di mana:

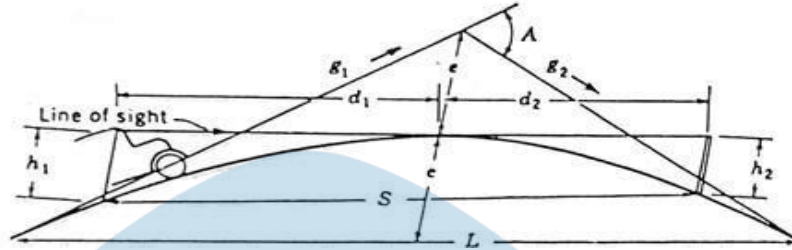
$L$  = panjang horizontal lengkung vertikal,

$S$  = jarak pandangan,

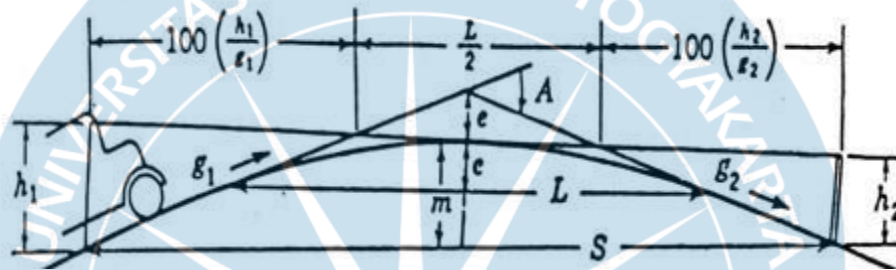
$\Delta$  = perbedaan aljabar kelandaian dalam persen,

$h_1$  = tinggi mata pengemudi,

$h_2$  = tinggi benda



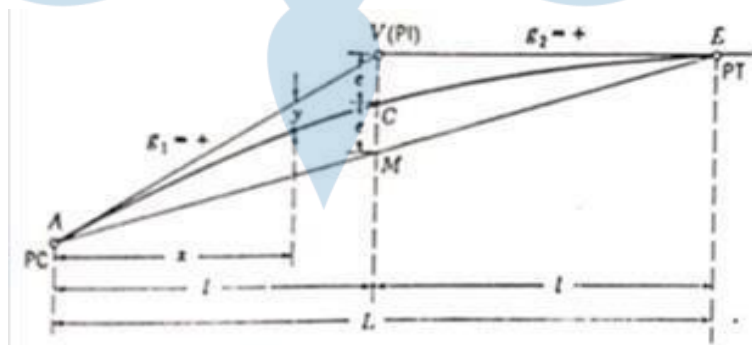
Gambar 2. 12 Jarak Pandang di atas Lengkung Vertikal



Gambar 2. 13 Jarak Pandang di bawah Lengkung Vertikal

### 2.6.5 Persamaan Lengkung Parabolik

Persamaan lengkung parabolik adalah persamaan yang ditujukan untuk mencari kelengkungan pada area alinemen vertikal untuk membentuk suatu parabola atau lengkungan yang sesuai dalam kebutuhan maupun kondisi lapangan yang ada.



Gambar 2. 14 Lengkung Prabolik

## 2.7 Pekerjaan Tanah

Jaringan Jalan terdiri dari jalan nasional, jalan provinsi, jalan kabupaten/kota, jalan desa dan jalan khusus dan jaringan jalan-jalan tersebut saling berhubungan satu sama lain. Fungsi masing-masing ruas telah ditetapkan yaitu jalan arteri, kolektor dan lokal.

Dalam perkembangan sampai saat ini jumlah kendaraan yang melewati ruas jalan tersebut semakin meningkat pesat sehingga kapasitas jalan perlu ditingkatkan, untuk itu perlu dilakukan peningkatan daya dukung jalan terhadap aspek perencanaan, pelaksanaan dan pengawasan dilapangan.

### 1. Pekerjaan Galian

Pekerjaan ini mencakup penggalian, penanganan, pembuangan atau penumpukan tanah atau batu atau bahan lain dari jalan yang mana diperlukan untuk penyelesaian dari pekerjaan dalam kontrak.

Pekerjaan galian dapat berupa:

- a. Galian biasa: meliputi seluruh galian yang tidak dikelompokkan sebagai galian batu, galian struktur, galian sumber bahan dan galian perkerasan beraspal.
- b. Galian Batu: meliputi galian bongkahan batu dengan volume 1 m<sup>3</sup> atau lebih. Galian ini tidak termasuk galian yang dapat dibongkar dengan ripper tunggal yang ditarik oleh traktor dengan berat maksimum 15 ton dan tenaga kuda neto maksimum sebesar 180 PK.
- c. Galian struktur: meliputi galian pada segala jenis tanah dalam batas pekerjaan yang disebut. Setiap galian yang disebut sebagai galian biasa atau galian batu tidak dapat dimasukkan dalam galian struktur.
- d. Galian Perkerasan beraspal: meliputi galian pada perkerasan lama dan pembuangan bahan perkerasan beraspal.

Adapun langkah-langkah penggalian sebagai berikut:

- a. Penggalian harus dilaksanakan menurut kelandaian, garis, dan elevasi yang ditentukan
- b. Pekerjaan galian harus dilaksanakan dengan gangguan yang sedikit mungkin terhadap bahan dibawah dan di luar batas galian.



- c. Apabila bahan pada tanah dasar atau pondasi dalam keadaan lepas, lunak, kotor, tidak memenuhi syarat, maka bahan tersebut harus seluruhnya dibuang dan diganti dengan timbunan yang memenuhi syarat.
- d. Apabila batu, lapisan keras atau bahan yang sukar dibongkar ditemukan pada tanah dasar untuk perkerasan maupun bahu jalan, atau pada dasar galian pipa atau pondasi struktur, maka bahan tersebut harus digali 15 cm lebih dalam sampai permukaan yang merata. Tonjolan-tonjolan batu yang runcing pada permukaan yang terlihat tidak boleh tertinggal dan semua pecahan batu yang diameternya lebih besar dari 15 cm harus dibuang. Profil galian yang disyaratkan harus diperoleh dengan cara menimbun kembali dengan bahan yang memenuhi syarat dan dipadatkan.
- e. Peledakan untuk pembongkaran batu hanya boleh digunakan jika tidak praktis menggunakan alat bertekanan udara atau suatu penggaru (ripper) hidrolis berkuku tunggal.
- f. Kontraktor harus menyediakan anyaman pelindung ledakan untuk melindungi orang, bangunan dan pekerjaan selama penggalian.
- g. Penggalian batu harus dilakukan dengan baik sehingga tepi-tepi potongan harus dibiarkan pada kondisi yang aman dan serata mungkin. Batu yang lepas atau bergantung dapat menimbulkan bahaya terhadap pekerjaan atau orang, maka dari itu perlu dibuang.

## 2. Pekerjaan Timbunan

Pekerjaan ini meliputi pengadaan, pengangkutan, penghamparan dan pemadatan tanah atau bahan berbutir. Adapun yang perlu diperhatikan dalam pekerjaan timbunan yaitu:

### a. Bahan untuk timbunan pilihan.

Timbunan yang dikelompokkan sebagai timbunan pilihan harus terdiri dari bahan tanah atau batu yang memenuhi ketentuan sesuai dengan SNI 03-1744-1989, timbunan pilihan harus memiliki CBR paling sedikit 10 % setelah 4 hari perendaman.

Bahan timbunan pilihan dapat berupa pasir atau kerikil atau bahan berbutir bersih lainnya dengan Indeks Plastisitas maksimum 6 %.

Bahan timbunan pilihan yang digunakan pada lereng atau pada situasi lainnya memerlukan kuat geser yang cukup. Apabila dilaksanakan dengan pemadatan kering normal, maka timbunan pilihan dapat berupa timbunan batu atau kerikil lempungan bergradasi baik. Jenis bahan yang dipilih tergantung pada kecuraman dari lereng yang akan dibangun atau ditimbun, atau pada tekanan yang akan dipikul.

b. Bahan untuk timbunan biasa.

Bahan yang dipilih sebaiknya tidak termasuk tanah yang berplastisitas tinggi. Bila penggunaan tanah yang berplastisitas tinggi tidak dapat dihindarkan, bahan tersebut harus digunakan hanya pada bagian dasar dari timbunan atau pada penimbunan kembali yang tidak memerlukan daya dukung atau kekuatan geser yang tinggi. Tanah plastis seperti itu sama sekali tidak boleh digunakan pada 30 cm lapisan langsung di bawah bagian dasar perkerasan atau bahu jalan atau tanah dasar bahu jalan. Bahan timbunan bila diuji dengan SNI 03-1744-1989, harus memiliki CBR tidak kurang dari 6 % setelah perendaman 4 hari. Bahan untuk timbunan pilihan diatas tanah rawa. Bahan timbunan pilihan di atas tanah rawa harus berupa pasir atau kerikil atau bahan berbutir bersih lainnya dengan Index Plastisitas maksimum 6 %.

c. Pemadatan timbunan.

Setelah penempatan dan penghamparan timbunan, setiap lapis harus dipadatkan dengan peralatan pemadat yang baik. Pemadatan timbunan tanah harus dilaksanakan hanya apabila kadar air berada dalam rentang 3 % di bawah kadar air optimum sampai 1 % di atas kadar air optimum. Seluruh timbunan batu harus ditutup dengan satu lapisan atau lebih setebal 20 cm dari bahan bergradasi menerus dan tidak mengandung batu yang lebih besar dari 5 cm serta mampu mengisi rongga-rongga batu pada bagian atas timbunan batu tersebut. Setiap lapisan timbunan yang dihampar harus diuji kepadatannya sebelum lapisan berikutnya dihampar. Timbunan harus dipadatkan mulai dari tepi luar dan bergerak menuju ke arah sumbu jalan. Apabila bahan timbunan dihampar pada kedua sisi pipa atau drainase beton atau struktur, maka pelaksanaan harus dilakukan

sebaik mungkin agar timbunan pada kedua sisi selalu mempunyai elevasi yang hampir sama. Apabila bahan timbunan dapat ditempatkan hanya pada satu sisi abutment, tembok sayap, pilar, tembok penahan atau tembok kepala gorong-gorong, maka tempat-tempat yang bersebelahan dengan struktur tidak boleh dipadatkan secara berlebihan karena dapat menyebabkan bergesernya struktur atau tekanan yang berlebihan pada struktur. Timbunan yang bersebelahan dengan ujung jembatan tidak boleh ditempatkan lebih tinggi dari dasar dinding belakang abutment sampai struktur bangunan atas telah terpasang. Timbunan pada lokasi yang tidak dapat dicapai dengan peralatan pemadat mesin gilas, harus dihampar dalam lapisan horizontal dengan tebal gembur tidak lebih dari 15 cm dan dipadatkan dengan penumbuk loncat mekanis atau timbris (tamper) manual dengan berat minimum 10 kg. Timbunan pilihan di atas tanah rawa mulai dipadatkan pada batas permukaan air dimana timbunan terendam, dengan peralatan yang baik.

d. Penghamparan timbunan.

Timbunan harus ditempatkan ke permukaan yang telah disiapkan dan disebar dalam lapisan yang merata yang bila dipadatkan akan memenuhi toleransi tebal lapisan yang ditentukan. Tanah timbunan biasanya diangkat langsung dari lokasi sumber bahan ke permukaan yang telah disiapkan pada saat cuaca cerah dan disebarkan. Penimbunan kembali di atas pipa dan di belakang struktur harus dilaksanakan dengan cepat dan teratur setelah pemasangan pipa atau struktur.. Sebelum penimbunan kembali di sekitar struktur penahan tanah dari beton, pasangan batu dengan mortar dibutuhkan waktu perawatan tidak kurang dari 14 hari. Apabila timbunan badan jalan akan diperlebar, lereng timbunan lama harus disiapkan dengan membuang seluruh tumbuhan yang terdapat pada permukaan lereng. Selanjutnya timbunan yang diperlebar harus dihampar horizontal lapis demi lapis sampai dengan elevasi tanah dasar, yang kemudian harus ditutup cepat sehingga bagian yang diperlebar dapat dimanfaatkan.

## **2.8 Perencanaan Jalan**

Perencanaan geometrik jalan raya merupakan bagian dari perencanaan jalan yang di titik beratkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas dan sebagai akses ke rumah-rumah.

### **2.8.1 Rencana Trase Jalan**

Trase jalan merupakan garis tengah sumbu jalan yang merupakan garis lurus yang saling berhubungan dengan peta topografi yang mengacu pada penetapan ketinggian muka tanah dasar. Trase jalan berfungsi untuk membantu dalam perencanaan. Dalam perencanaan menentukan trase yang cocok menggunakan bantuan *Autocad civil 3D* dengan hasil *output* berupa gambar rencana perencanaan trase. Trase yang sudah didapatkan tidak perlu menghitung dan mencari letak *stationing* pada trase. Hal tersebut sudah diprogram secara otomatis dalam *civil 3D*

### **2.8.2 Ketentuan Perencanaan Jalan Daerah Nglanggeran**

Perencanaan geometrik jalan dalam penulisan ini mengacu pada tata cara perencanaan teknis jalan peraturan menteri Pekerjaan Umum No. 19 Tahun 2011 tentang persyaratan teknis dan kriteria perencanaan teknis jalan.

Perencanaan ini akan membahas beberapa hal antara lain sebagai berikut :

1. Perancangan jalan meliputi geometri jalan dan perkerasan jalan.
2. Perancangan geometri jalan dilakukan dari titik A STA 0 + 000 menuju titik B atau titik akhir.
3. Letak posisi titik koordinat awal dan akhir disesuaikan dengan perancangan beserta dengan azimuth.
4. Perancangan trase disesuaikan dengan kondisi kontur dan peta sesungguhnya.
5. Trase jalan direncanakan dengan 3 alternatif trase berbeda.
6. Panjang perancangan trase minimal 5 km antara titik A menuju titik B.
7. Perancangan alinemen horizontal minimal 2 tikungan.
8. Tipe tikungan pada alinyemen disesuaikan dengan kebutuhan dan perancangan:
  - a. Tipe Tikungan Full Circle.
  - b. Tipe Tikungan Spiral Circle Spiral.
  - c. Tipe Tikungan Spiral Spiral.

9. Kelas Jalan yang digunakan (Permen PU No. 19/2011):

Tabel 2. 8 Klasifikasi Kelas Jalan

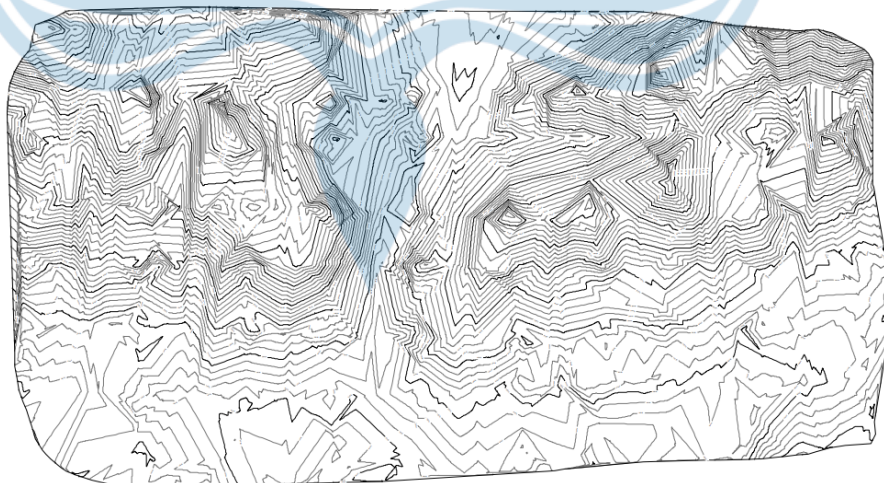
Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan Maks.		Muatan sumbu terberat (ton)
		Panjang (m)	Lebar (m)	
Khusus	Arteri	18	2,5	>10
I	Arteri, Kolektor	18	2,5	8 – 10

(Sumber : Permen PU No. 19/2011)

- Potongan profil melintang pada jalan lurus dilakukan setiap 50 m dan 25 m pada bagian lengkung.
- Elevasi perancangan permukaan pada titik A disesuaikan dengan elevasi surface kontur pada alinyemen vertikal.
- Perancangan alinemen vertikal mempertimbangkan galian dan timbunan dengan korelasi selisih volume yang tidak berbanding tinggi.

### 2.8.3 Perancangan Trase Jalan

Peta topografi atau kontur wilayah yang akan di tinjau dan dibuat trase adalah wilayah Ngalanggeran. Pembuatan trase diawali dari titik A dan di akhiri di titik B. Titik A terletak pada STA 0+000 dengan koordinat A (454407.9; 9131800.51), dan B(458825.46 9130559.16).

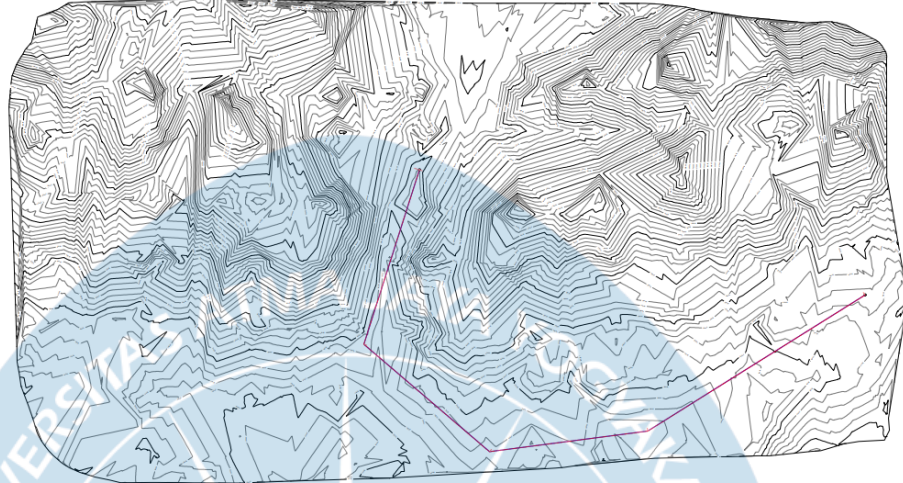


Gambar 2. 15 Peta Topografi Wilayah Ngalanggeran

Perencanaan jalan yang ingin dibuat di topografi wilayah Ngalanggeran memiliki 3 alternatif trase jalan yang sesuai dengan perhitungan dan syarat aturan

jalan (AASHTO 2011). 3 Alternatif trase yang ditentukan dalam perhitungan di antaranya:

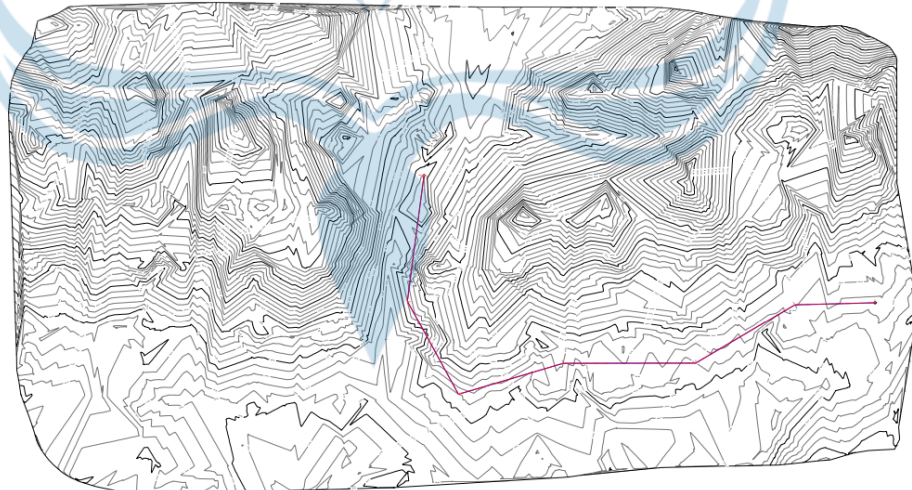
1. Trase 1.



Gambar 2. 16 Trase 01

Trase 1 Jalan merupakan trase yang dimulai dari titik A dan diakhiri dititik B titik koordinat A (454407.93 ; 9131800.51), B (458825.46 ; 9130559.16) dititik A memiliki *Azimuth* 197,67 dan sudut tikungan 67,129°.

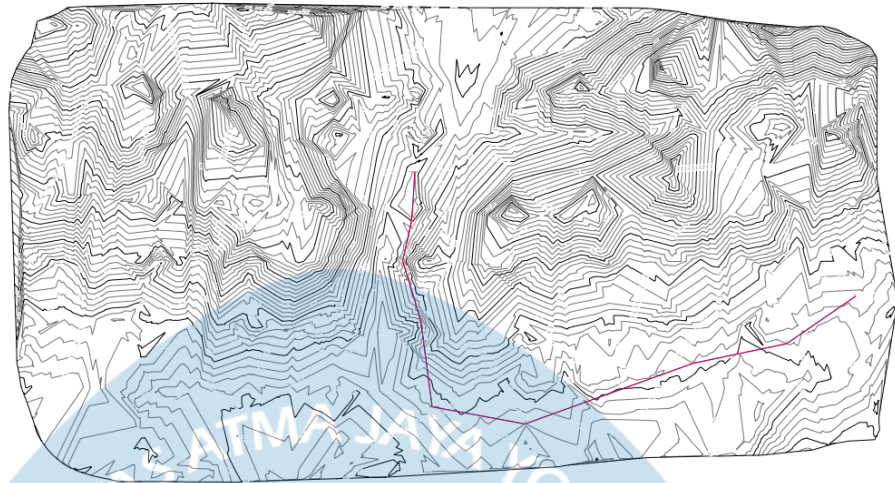
2. Trase 2.



Gambar 2. 17 Trase 02

Trase jalan 2 adalah trase yang diambil dengan koordinat titik A dan titik sama dengan koordinat yang digunakan trase 1 atau pada gambar 2.17, tetapi memiliki bentuk dan koordinat PI atau tikungan yang diambil berbeda.

### 3. Trase 3.



Gambar 2. 18 Trase 03

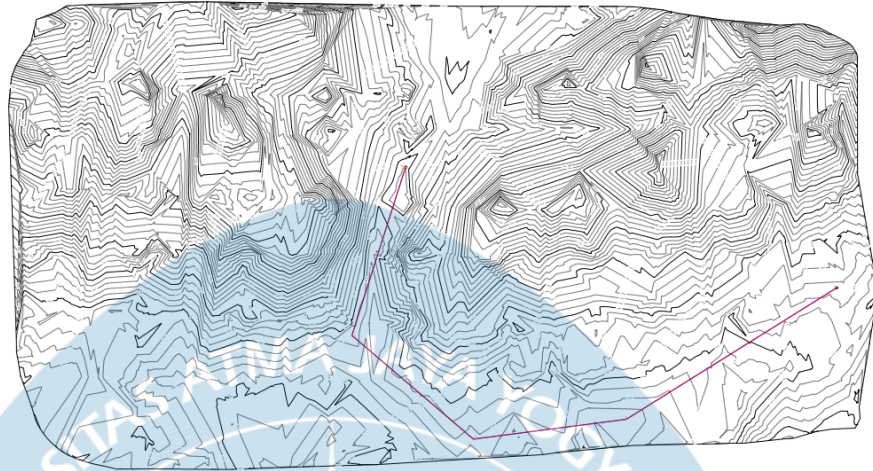
Trase Jalan 3 merupakan trase jalan yang memiliki koordinat dengan ketentuan yang sama dengan trase 1 dan trase 2, tetapi dengan bentuk atau ukuran dan perhitungan *azimuth* dan sudut tikungan yang berbeda.

#### 2.8.4 Perencanaan Trase yang terpilih

Dalam pertimbangan pemilihan trase tidak hanya berdasarkan bentuk trase, melainkan melihat dari kondisi lapangan dimana mencakup kontur lapangan hingga kondisi situasi memungkinkan untuk dibuat trase yang baik. Syarat-syarat lain sebagai berikut :

1. Sudut tikungan  $< 60^\circ$ .
2. Titik awal dan akhir antar tikungan tidak saling bertemu.
3. Selisih *cut and fill* tidak berlebihan di *cut* maupun *fill* atau simbang.

Pada Perencanaan jalan yang menghubungkan titik A dan B dipilih perencanaan trase 1 karena memenuhi syarat yang ada.



Gambar 2. 19 Trase terpilih

### 2.8.5 Penetapan *Stationing*

Penetapan *stationing* bertujuan untuk menetapkan titik-titik lintasan suatu trase jalan dan juga untuk menentukan panjang suatu trase jalan maupun jarak dari suatu tempat ke tempat lain atau pada topografi di atas dari titik A sebagai titik awal ke titik B sebagai akhiran. Titik-titik penting atau titik-titik sepanjang jalan di namakan titik stasiun yang dimulai dari STA 0+000 sampai titik yang akan dicari stasiunnya.

Tabel 2. 9 Klasifikasi Medan

A		Sta.A	0+000,000
Tikungan 1 (SCS)	TS	Sta.A+d1-TS1	1+387,026
	SC	Sta.TS+LS	1+497,026
	CS	Sta.SC+LC	2+044,302
	ST	Sta.CS+LS	2+154,302
Tikungan 2 (SCS)	TS	Sta.ST + d2 - TS1 - TS2	2+827,201
	SC	Sta.TC+LS	2+977,201
	CS	Sta.SC+LC	3+697,409
	ST	Sta.CS+LS	3+847,409
Tikungan 3 (SCS)	TS	Sta.ST + d3 - TS2 - TS3	4+703,539
	SC	Sta.TC+LS	4+813,539



	CS	Sta.SC+LC	4+966,467
	ST	Sta.CS+LS	5+076,467
B		Sta.ST + d4 - TS3	7+428,936



### 2.8.6 Perencanaan tikungan

Perencanaan tikungan yang mengacu pada beberapa tahap antara lain :

#### 1. Kriteria Desain Perancangan.

Kriteria Desain terdiri dari klasifikasi jenis jalan, kelas jalan, fungsi jalan dan lebar jalan.

Tabel 2. 10 Kriteria Desain Perancangan Daerah Ngalanggeran

Data Diketahui		
Fungsi Jalan	Arteri Kelas I	
LHRT Rencana	≤21500	smp/hari
Kriteria Desain		
Klasifikasi Medan	Bukit	
Konfigurasi Jalan	4/2 T	
Kecepatan Rencana	80	km/h
Lebar Rumaja	13	m
Lebar Rumija	15	m
Lebar Ruwasja	15	m
Lebar Lajur	2x3.5	m
Lebar Bahu Dalam	1	m
Lebar Bahu Luar	0,5	m
Lebar Median	-	m
Superelevasi Normal	2	%
Superelevasi Bahu	6	%
Superelevasi Maksimum	10	%
Kelandaian Maksimum	6	%

#### 2. Klasifikasi Medan

Dari data *Elevation Existing* didapat kemiringan medan 18%, jadi jenis medannya ialah perbukitan dan memiliki notasi B.

Tabel 2. 11 Klasifikasi Medan

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

## 2. Sudut Tikungan

Tabel 2. 12 Titik Koordinat Trase terpilih

TITIK	KOORDINAT		JARAK			Azimuth	Sudut Tikungan
	X	Y	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	d (m)	$\alpha$	$\Delta$
A	454407,930	9131800,510					
			-550,74	-	1814,83	197,67	
PI1	453857,192	9130071,263		1729,25			<b>67,129</b>
			1245,23	-	1638,49	130,54	
PI2	455102,421	9129006,337		1064,93			<b>47,942</b>
			1569,42	203,95	1582,62	82,60	
PI3	456671,842	9129210,290					<b>24,656</b>
			2153,62	1348,87	2541,17	57,94	
B	458825,460	9130559,160			7577,11		

Keterangan :

1. Titik A adalah titik awal koordinat trase
2. PI 1 adalah titik koordinat tikungan pertama
3. PI 2 adalah titik koordinat tikungan kedua
4. PI 3 adalah titik koordinat tikungan ketiga
5. Titik B adalah titik akhir koordinat trase

### 2.9 Perhitungan Perancangan Geometrik Daerah Nglanggeran

Alinemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan untuk jalan tanpa median, atau proyeksi tepi perkerasan sebelah dalam untuk jalan dengan median.

#### 2.9.1 Perhitungan Perencanaan Alinemen Horizontal

Dalam Perencanaan Alinemen Horizontal diketahui kecepatan rencana dan data – data setiap tikungan diketahui adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 13 Kriteria Perancangan

Kriteria Perancangan	
V rencana	80
e max	10
f max	0,14
R min	209,97

## 1. Tikungan 1

Tabel 2. 14 Tikungan 1 SCS

Tikungan SCS	
$\Delta$	67,129
<b>R (m)</b>	<b>561</b>
<b>ed tabel (%)</b>	<b>5,8</b>
Ls 1 (MRG)	69,20
Ls 2 (Table)	42
Ls 3 (GALA)	16,28
Ls 4 (Min, DC)	51,89
Ls max	116,03
<b>Ls desain</b>	<b>110,00</b>
Cek Ls	<b>OK</b>
Ltr	<b>37,931</b>
Cek Ltr AB/BC	<b>OK</b>
Cek Ltr CE	<b>OK</b>
$\Theta_s$	5,617
$\Delta_c$	55,894
Lc (m)	547,276
Yc (m)	3,595
Xc (m)	109,894
k (m)	54,982
p (m)	0,901
<b>CEK p</b>	<b>OK</b>
Ts (m)	427,804
Es (m)	113,336
L total	767,276
A	248,4149754
Cek A	<b>OK</b>
d (A-PI1)	1638,49
<b>CEK d</b>	<b>OK</b>

Tikungan 1 (*Spiral circle spiral*)

Klasifikasi jalan : Arteri Jalan Kelas I

$$\Delta = 67,129^\circ$$

$$V_r = 80 \text{ km/jam}$$

$$e_{\max} = 8\%$$

$$= 0,08$$

Lebar jalur 3,5 meter

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

$$= \frac{80^2}{127(0,08 + 0,12)}$$

$$= 192,9134 \text{ m}$$

Dari tabel :

$$R_{\text{desain}} = 561 \text{ m};$$

$$L_{\text{sdesain}} = 110; e = 5,8$$

$$L_s = 2\theta_s R_c$$

$$\theta_s = \frac{L_s}{2R_c}$$

$$= \frac{110^2}{2 \times 561} \times \frac{360}{2\pi}$$

$$= 5,617^\circ$$

$$\Delta = 2\theta_s + \Delta_c$$

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_s$$

$$= 67,129^\circ - 2(5,617)$$

$$= 55,894$$

$$L_c = \frac{\Delta_c}{360} 2\pi R$$

$$= \frac{55,894}{360} 2\pi \times 561$$

$$= 547,276 \text{ m}$$

$$Y_s = \frac{L_s^3}{6R_c L_s}$$

$$= \frac{110^2}{6 \times 561}$$

$$= 3,595 \text{ m}$$

$$X_s = L - \frac{L_s^5}{40 R_c^2 L^2}$$

$$= 70 - \frac{110^5}{40.561^2}$$

$$= 109,894 \text{ m}$$

$$\theta_s = 5,617^\circ \rightarrow p = 0,901 \text{ m}$$

$$\theta_s = 5,617^\circ \rightarrow k = 54,982 \text{ m}$$

$$E_s = (Rc + P) \sec \frac{\Delta}{2} - Rc$$

$$= (561 + 0,901) \sec \frac{67.129}{2} - 561$$

$$= 113,336 \text{ m}$$

$$T_s = (Rc + P) \tan \frac{\Delta}{2} + k$$

$$= (561 + 0,901) \tan \frac{67.129}{2} + 54,982$$

$$= 427,804 \text{ m}$$

## 2. Tikungan 2

Tabel 2. 15 Tikungan 2 SCS 2

Tikungan SCS 2	
$\Delta$	47,942
<b>R (m)</b>	1040
<b>ed tabel (%)</b>	3,4
Ls 1 (MRG)	40,57
Ls 2 (Table)	24
Ls 3 (GALA)	8,78
Ls 4 (Min, DC)	70,65
Ls max	157,99
<b>Ls desain</b>	150,00
Cek Ls	OK
Ltr	88,235
Cek Ltr AB/BC	OK
Cek Ltr CE	OK
$\Theta_s$	4,132
$\Delta_c$	39,678
Lc (m)	720,208
Yc (m)	3,606
Xc (m)	149,922
k (m)	74,987
p (m)	0,903
<b>CEK p</b>	OK
Ts (m)	537,791
Es (m)	99,151

Lanjutan Tabel 2.15	
L total	1020,208
A	394,9683532
Cek A	OK
d (A-PI1)	1638,49
CEK d	OK

Tikungan 2 (Spiral circle spiral)

Klasifikasi jalan : Arteri Jalan Kelas I

$$\Delta = 47,942^\circ$$

$$V_r = 80 \text{ km/jam}$$

$$e_{\max} = 8\% = 0,08$$

Lebar jalur 3,5 meter

$$\begin{aligned} R_{\min} &= \frac{V_r^2}{127(e_{\max}+f)} \\ &= \frac{80^2}{127(0,08+0,12)} \\ &= 192,9134 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari tabel :  $R_{\text{desain}} = 1040 \text{ m}$ ;  $L_{\text{desain}} = 150$ ;  $e = 3,4$

$$L_s = 2\theta_s R_c$$

$$\begin{aligned} \theta_s &= \frac{L_s}{2R_c} \\ &= \frac{1040 \text{ m}^2}{2 \times 150} \times \frac{360}{2\pi} \\ &= 4,132^\circ \end{aligned}$$

$$\Delta = 2\theta_s + \Delta_c$$

$$\begin{aligned} \Delta_c &= \Delta - \theta_s \\ &= 47,942^\circ - 2(4,132^\circ) \\ &= 39,678^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_c &= \frac{\Delta_c}{360} 2\pi r \\ &= \frac{39,678^\circ}{360} 2\pi \times 1040 \\ &= 720,208 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_s &= \frac{L_s^3}{6R_c L_s} \\ &= \frac{150^2}{6 \times 1040} \\ &= 3,606 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_s &= L - \frac{Ls^5}{40 Rc^2 L^2} \\
 &= 70 - \frac{150^5}{40 \cdot 1040^2} \\
 &= 149,922 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\theta_s = 4,132^\circ \rightarrow p = 0,903 \text{ m}$$

$$\theta_s = 4,132^\circ \rightarrow k = 74,987 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 E_s &= (Rc + P) \sec \frac{\Delta}{2} - Rc \\
 &= (1040 + 0,903) \sec \frac{47,942^\circ}{2} - 1040 \\
 &= 99,151 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= (Rc + P) \tan \frac{\Delta}{2} + k \\
 &= (1040 + 0,903) \tan \frac{47,942^\circ}{2} + 74,987 \\
 &= 537,791 \text{ m}
 \end{aligned}$$

3. Tikungan 3

Tabel 2. 16 Tikungan SCS 3

Tikungan SCS 3	
$\Delta$	24,656
<b>R (m)</b>	611
<b>ed tabel (%)</b>	5,4
Ls 1 (MRG)	64,43
Ls 2 (Table)	39
Ls 3 (GALA)	14,94
Ls 4 (Min, DC)	54,16
Ls max	121,10
<b>Ls desain</b>	110,00
Cek Ls	OK
Ltr	40,741
Cek Ltr AB/BC	OK
Cek Ltr CE	OK
$\Theta_s$	5,158
$\Delta_c$	14,341
Lc (m)	152,927
Yc (m)	3,301
Xc (m)	109,911
k (m)	54,985
p (m)	0,827
CEK p	OK



Lanjutan Tabel 2.16	
Ts (m)	188,697
Es (m)	15,267
L total	372,927
A	259,2489151
Cek A	OK
d (A-PI1)	1638,49
CEK d	OK

Tikungan 3 (Spiral circle spiral)

Klasifikasi jalan : Arteri Jalan Kelas I

$$\Delta = 24,656^\circ$$

$$V_r = 80 \text{ km/jam}$$

$$e_{\max} = 8\% = 0,08$$

Lebar jalur 3,5 meter

$$\begin{aligned} R_{\min} &= \frac{V_r^2}{127(e_{\max}+f)} \\ &= \frac{80^2}{127(0,08+0,12)} \\ &= 192,9134 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari tabel :

$$R_{\text{desain}} = 611 \text{ m};$$

$$L_{\text{desain}} = 110 ; e = 5,4$$

$$L_s = 2\theta_s R_c$$

$$\begin{aligned} \theta_s &= \frac{L_s}{2R_c} \\ &= \frac{611 \text{ m}^2}{2 \times 110} \times \frac{360}{2\pi} \\ &= 5,158^\circ \end{aligned}$$

$$\Delta = 2\theta_s + \Delta_c$$

$$\begin{aligned} \Delta_c &= \Delta - \theta_s \\ &= 24,656^\circ - 2(5,158^\circ) = 14,341^\circ \end{aligned}$$

$$L_c = \frac{\Delta_c}{360}$$

$$\begin{aligned} 2\pi r &= \frac{14,341^\circ}{360} 2\pi \times 611 \\ &= 152,927 \text{ m} \end{aligned}$$

$$Y_s = \frac{L_s^3}{6R_c L_s}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{110^2}{6 \times 611} \\
&= 3,301 \text{ m} \\
X_s &= L - \frac{Ls^5}{40 Rc^2 L^2} \\
&= 110 - \frac{110^5}{40.611^2} \\
&= 109,911 \text{ m} \\
\theta_s &= 5,158^\circ \rightarrow p = 0,827 \text{ m} \\
\theta_s &= 5,158^\circ \rightarrow k = 54,985 \text{ m} \\
E_s &= (Rc + P) \sec \frac{\Delta}{2} - Rc \\
&= (611 + 0,827) \sec \frac{24,656^\circ}{2} - 0,827 \\
&= 15,267 \text{ m} \\
T_s &= (Rc + P) \tan \frac{\Delta}{2} + k \\
&= (611 + 0,827) \tan \frac{24,656^\circ}{2} + 74,987 \\
&= 188,697 \text{ m}
\end{aligned}$$

### 2.9.2 Perhitungan Perencanaan Alinemen Vertikal

Alinemen vertikal adalah proyeksi garis sumbu jalan pada bidang vertikal yang melalui sumbu jalan dan terdiri atas bagian lurus dan bagian melengkung. Berikut adalah perhitungan lengkung cembung dan cekung:

#### 1. Lengkung Vertikal Cekung I

$$V_{rencana} = 80 \text{ km/jam}$$

$$A\% = 0,09 \%$$

Headlight Sight Distance

$$S \text{ (m)} = 130$$

$$\begin{aligned}
L \text{ (m)} &= 2s - \frac{658}{A} \\
&= 2 \times 130 - (120 + 3,5 \times 130) / 0,09 \\
&= -5938,817
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
L_v \text{ (Cek S)} &= S > L, \text{ maka digunakan } 2s - \frac{658}{A} \\
&= -5938,817
\end{aligned}$$

$$Lv (m) = 0$$

Passanger Comfort

$$Lv (m) = \frac{AV^2}{395} = \frac{0,09 \cdot 80^2}{395}$$
$$= 1,503$$

Design Control

$$K = 23$$

$$Lv (m) = 30 \times 0,09$$
$$= 2,783$$

$$Lv \text{ Desain} = 3$$

2. Lengkung Vertikal Cembung I

$$V \text{rencana} = 80 \text{ km/jam}$$

$$A \% = 0,29\%$$

Stop Sight Distance

$$S (m) = 130$$

$$K = 26$$

$$L (m) = 2s - \frac{658}{A}$$
$$= 2 \times 130 - \frac{658}{0,29}$$

$$= -2034,133$$

$$Lv (\text{Cek } S) = -2034,133$$

$$Lv (K) = K \times A$$
$$= 26 \times 0,29$$
$$= 7,457$$

$$Lv \text{ SSD} (m) = 7,457$$

Passing Stop Distance

$$S (m) = 245$$

$$K = 69$$

$$L = 2 \times \frac{s-658}{A}$$
$$= 2 \times \frac{130-658}{0,29}$$
$$= -2752,356$$

$$\begin{aligned} \text{Lv (Cek S)} &= -2752,356 \\ \text{Lv (K)} &= K \times A = 69 \times 0,29 = 19,790 \\ \text{Lv PSD (m)} &= 19,790 \\ \text{Lv Desain} &= 20 \end{aligned}$$

3. Lengkung Vertikal Cekung II

$$\text{Vrencana} = 80 \text{ km/jam}$$

$$A\% = 0,29 \%$$

Headlight Sight Distance

$$S \text{ (m)} = 130$$

$$\begin{aligned} L \text{ (m)} &= 2s - \frac{658}{A} \\ &= 2 \times 130 - \frac{(120+3,5) \times 130}{0,29} \\ &= -1744,751 \end{aligned}$$

$$\text{Lv (Cek S)} = S > L, \text{ maka digunakan } 2s - \frac{658}{A} = -1744,751$$

$$\text{Lv} = 0$$

Passanger Comfort

$$\begin{aligned} \text{Lv (m)} &= \frac{AV^2}{395} \\ &= \frac{0,29 \times 80^2}{395} \\ &= 4,647 \end{aligned}$$

Design Control

$$K = 30$$

$$\begin{aligned} \text{Lv (m)} &= K \times A \\ &= 8,605 \end{aligned}$$

$$\text{Lv Desain} = 9$$

Lengkung Vertikal Cembung II

$$\text{Vrencana} = 80 \text{ km/jam}$$

$$A \% = 2,41 \%$$

Stop Sight Distance

$$S \text{ (m)} = 130$$

$$K = 126$$

$$L \text{ (m)} = 2s - \frac{658}{A} = 2 \times 130 - \frac{658}{2,41} = -13,132$$

$$\begin{aligned}Lv (\text{Cek S}) &= -13,132 \\Lv (K) &= K \cdot A = 26 \times 2,41 = 62,636 \\Lv \text{ SSD (m)} &= 105,169\end{aligned}$$

Passing Stop Distance

$$S (\text{m}) = 245$$

$$K = 69$$

$$\begin{aligned}L &= 2x \frac{s-658}{A} \\ &= 2x \frac{130-864}{2,41} \\ &= -98,641\end{aligned}$$

$$Lv (\text{Cek S}) = -98,641$$

$$Lv (K) = K \times A = 69 \times 2,41 = 166,228$$

$$Lv \text{ PSD (m)} = 166,228$$

$$Lv \text{ Desain} = 167$$

4. Lengkung Vertikal Cekung III

$$V \text{rencana} = 80 \text{ km/jam}$$

$$A\% = 2,41 \%$$

Headlight Sight Distance

$$S (\text{m}) = 130$$

$$\begin{aligned}L (\text{m}) &= 2s - \frac{658}{A} \\ &= 2 \times 130 - \frac{(120 + 3,5 \times 130)}{2,41} \\ &= 21,321\end{aligned}$$

$$Lv (\text{Cek S}) = S > L, \text{ maka digunakan } 2s - \frac{658}{A} = 21,321$$

$$Lv = 21,321$$

Passanger Comfort

$$\begin{aligned}Lv (\text{m}) &= \frac{AV^2}{395} \\ &= \frac{2,41 \times 80^2}{395} \\ &= 72,273\end{aligned}$$

Design Control

$$K = 30$$

$$Lv (\text{m}) = 30 \times 2,41$$

$$= 72,273$$

$$Lv \text{ Desain} = 73$$

5. Lengkung Vertikal Cekung IV

$$V \text{ rencana} = 80 \text{ km/jam}$$

$$A\% = 2,34 \%$$

Headlight Sight Distance

$$S \text{ (m)} = 130$$

$$L \text{ (m)} = 2s - \frac{658}{A}$$

$$= 2 \times 130 - \frac{(120 + 3,5 \times 130)}{2,34}$$

$$= 14,382$$

$$Lv \text{ (Cek S)} = S > L, \text{ maka digunakan } 2s - \frac{658}{A} = 14,382$$

$$Lv = 14,382$$

Passanger Comfort

$$Lv \text{ (m)} = \frac{AV^2}{395} = \frac{2,34 \times 80^2}{395}$$

$$= 37,931$$

Design Control

$$K = 30$$

$$Lv \text{ (m)} = 30 \times 2,34$$

$$= 70,231$$

$$Lv \text{ Desain} = 71$$

Berikut Tabel Panjang Cekung dan Cembung :

1. Cembung

Tabel 2. 17 Panjang Cembung

<b>Panjang Lengkung Cembung</b>		
	Cembung 1	Cembung 2
V (km/jam)	80	80
A (%)	0,29	2,41
Stop Sight Distance		
S (m)	130	130
K	26	26
L (m)	-2034,133	-13,132
Lv (Cek S)	-2034,133	-13,132

Lanjutan Tabel 2.17		
Lv (K)	7,457	62,636
Lv SSD (m)	7,457	105,169
Passing Sight Distance		
S (m)	245	245
K	69	69
L (m)	-2752,356	-98,641
Lv (Cek S)	-2752,356	-98,641
Lv (K)	19,790	166,228
Lv PSD (m)	19,790	166,228
Lv Desain		
Lv Desain (m)	<b>20</b>	<b>167</b>

2. Cekung

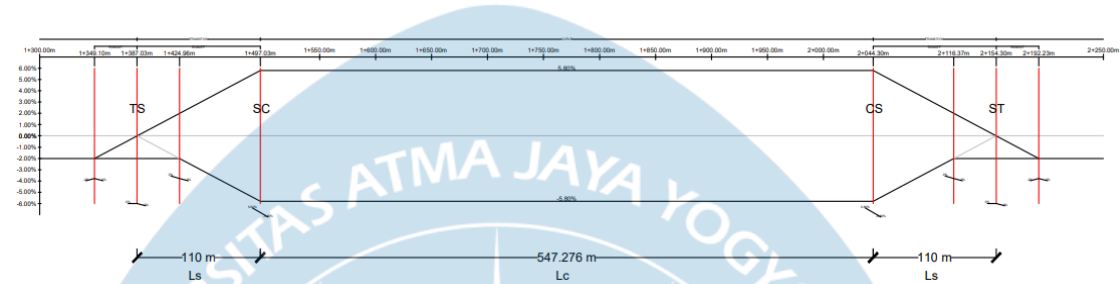
Tabel 2. 18 Panjang Cekung

Panjang Lengkung Cekung				
	Cekung 1	Cekung 2	Cekung 3	Cekung 4
V (km/jam)	80	80	80	80
A (%)	0,09	0,29	2,41	2,34
Headlight Sight Distance				
S (m)	130	130	130	130
L (m)	-5938,817	-1744,751	21,321	14,382
Lv (Cek S)	-5938,817	-1744,751	21,321	14,382
Lv (m)	0	0	21,321	14,382
Passenger Comfort				
Lv (m)	1,503	4,647	39,033	37,931
Design Control				
K	30	30	30	30
Lv (m)	2,783	8,605	72,273	70,231
Lv Desain				
Lv Desain (m)	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>73</b>	<b>71</b>

### 2.9.3 Superelevasi Tikungan Daerah Nglanggeran

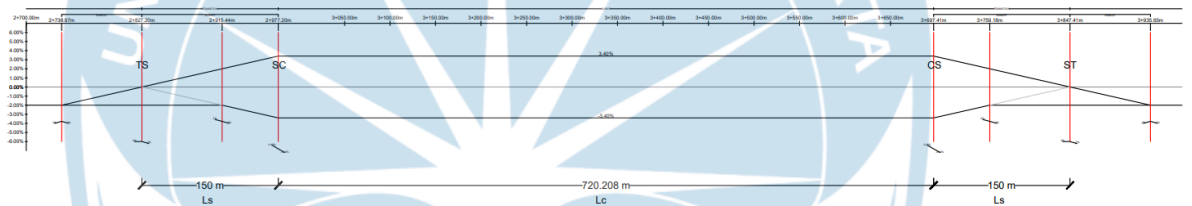
Dalam perhitungan superelevasi, perhitungan elevasi sampai jarak runoff maupun runout sudah di kalkulasi secara otomatis dengan *civil3D*. Oleh karena itu, lebih memudahkan dalam penggambaran dan pendataan. Berikut adalah superelevasi tiap tikungan.

#### 1. Tikungan 1



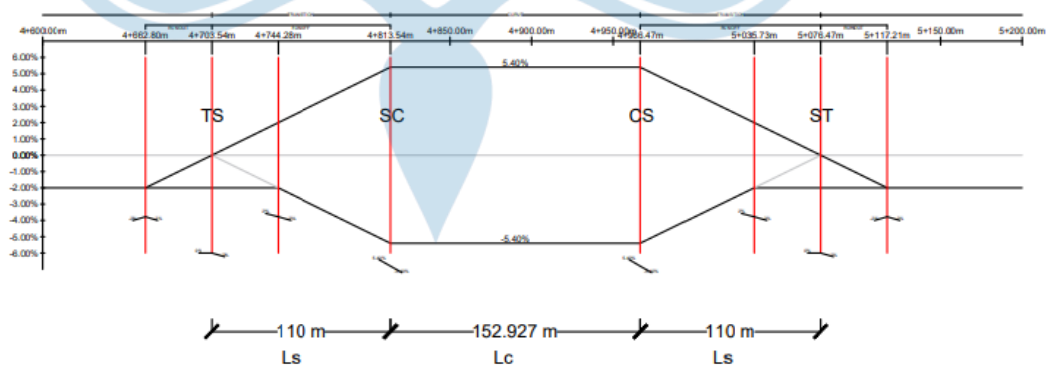
Gambar 2. 20 Data Superelevasi Tikungan 1

#### 2. Tikungan 2



Gambar 2. 21 Data Superelevasi Tikungan 2

#### 3. Tikungan 3



Gambar 2. 22 Data Superelevasi Tikungan 3



## 2.10 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan bagian jalan raya yang diperkeras dengan agregat dan aspal atau semen (*portland cement*) yang berfungsi sebagai bahan ikatannya agar lapis konstruksi tertentu yang mempunyai kekuatan, ketebalan, kekakuan, dan kestabilan tertentu agar mampu mendistribusikan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman.

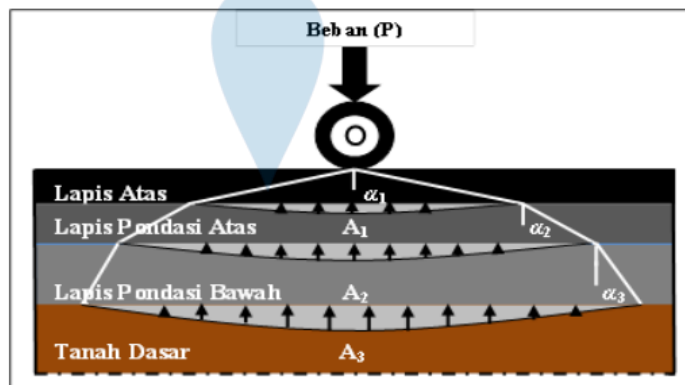
Perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi beberapa bagian, seperti yang diuraikan di bawah ini.

1. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*).
2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*).

### 2.10.1 Perkerasan Jalan Lentur ( *Flexible Pavement* )

Perancangan perkerasan lentur didasarkan pada teori elastis dan pengalaman lapangan. teori elastis sendiri untuk menganalisis regangan dalam setiap lapisan agar defleksi permanen tidak terjadi (Christyady, 2011). Perkerasan lentur adalah campuran agregat batu pecah, pasir, material pengisi, serta aspal yang kemudian dihamparkan lalu dipadatkan. Perkerasan lentur itu sendiri dirancang untuk melendut dan kembali lagi pada posisi semula bersamaan dengan tanah dasar ketika menerima beban.

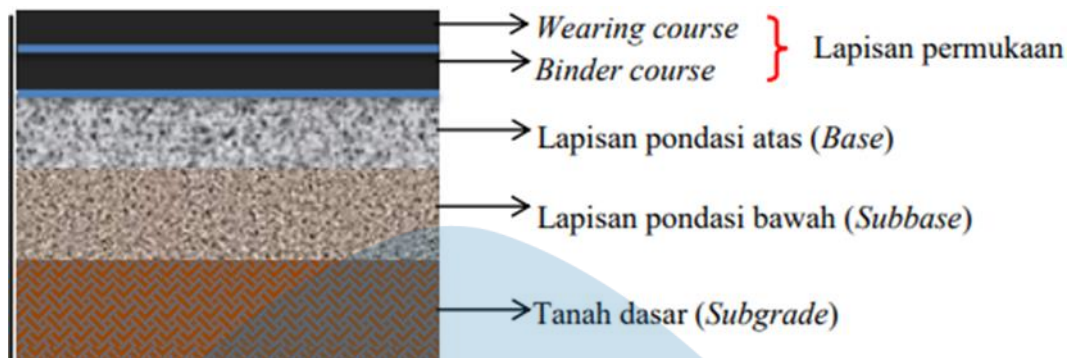
Lapisan permukaan harus mampu menerima seluruh jenis gaya yang bekerja, lapis pondasi atas menerima gaya vertikal dan getaran, sedangkan tanah dasar akan menerima gaya vertikal saja.



Gambar 2. 23. Lapisan Beban Roda pada Perkerasan (sumber: wiryanto, 2011)

Sesuai dengan konsep perkerasan lentur, perkerasan ini akan melendut/melentur saat diberikan beban perkerasan karena sifat penyebaran gaya

maka muatan yang didapat oleh masing-masing lapisan berbeda dan akan semakin kebawah semakin kecil.

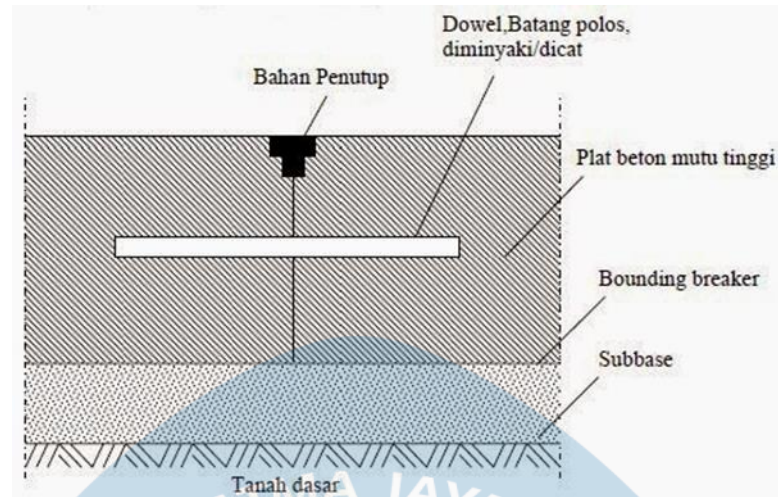


Gambar 2. 24 Struktur Lapisan Perkerasan Lentur (Sumber: Romadhona 2014)

Struktur perkerasan dibuat berlapis-lapis berdasarkan besar beban yang diterima dari roda kendaraan hingga ke tanah dasar. Setiap lapis pada perkerasan memiliki fungsi yang berbeda-beda. Tiap-tiap lapisan juga harus bisa menyalurkan beban sampai ke bawah, apabila salah satu lapisan tidak bisa menyalurkan beban dengan baik, maka akan merusak lapisan yang lain. Lapisan paling atas terdiri dari 2 lapisan, yakni ; *wearing course*, kemudian *binder course*, lalu lapisan pondasi atas (*base course*), lapisan pondasi bawah (*sub-base*), kemudian tanah dasar (*sub-grade*).

### 2.10.2 Perkerasan Kaku

Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), adalah jenis perkerasan yang memakai semen sebagai bahan pengikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton memiliki modulus elastisitas yang tinggi, akan menyalurkan beban lalu lintas menuju tanah dasar yang mencakup daerah lebih luas, sehingga pada bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh melalui tebal lapis pondasi bawah, lapis pondasi, dan lapis permukaan, yang dimana masing-masing lapisan memberikan kontribusinya.



Gambar 2. 25 Lapisan-lapisan perkerasan Kaku (Sumber : Aziz dan Nurhayati, 2006: 7)

Lapisan Perkerasan Kaku terdiri dari dari pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan, terletak di atas lapis pondasi bawah atau tanah dasar, tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal.

### 2.11 Perencanaan Perkerasan Jalan

1. Data Lalu-lintas Harian Rata-rata

Tabel 2. 19 Data Lalu lintas Harian Rata-rata

Data Nglanggeran	
Sepeda Motor	1325 buah/hari
Mobil Pribadi	860 buah/hari
Bus	150 buah/hari
Truk 2 as ringan	88 buah/hari
Truk 2 as berat	54 buah/hari
Truks 3 as berat	50 buah/hari
Truk 5 as	25 buah/hari
CBR Tanah Dasar	5 %
Umur Rencana	
1. N <sub>UR1</sub>	30 tahun
2. N <sub>UR1</sub>	40 tahun
3. N <sub>UR1</sub>	25 tahun

(Sumber :

Analisis menurut Manual Desain Perkerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017)

Dari data tabel 2.17 berisi data lalu lintas harian di daerah Nglanggeran. Umur Rencana yang bakal digunakan adalah NUR2 yaitu 40 tahun

2. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Tabel 2. 20 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu lintas

	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 No. 04/SE/Db/2017)

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

$$R = \frac{(1+0.01 \times i)^{UR} - 1}{0.01 \times i}$$

Keterangan persyaratan teknis dengan umur rencana 40 tahun.

Maka perhitungannya sebagai berikut:

$$R_{28} = \frac{(1+0.01 \times 4.8)^{40} - 1}{0.01 \times 4.8}$$

$$R_{28} = 115,0637289$$

Keterangan:

- a. UR: 40 Tahun
- b. i: 4.8

3. Beban Sumbu Standar Kumulatif

Pada tabel 2.19 berisi lintas rata-rata beberapa jenis kendaraan dan tipe kendaraan.

Tabel 2. 21 Jenis Kendaraan Lintas Harian Rata-rata

Jenis Kendaraan	Lintas Harian Rata-rata (2 arah) 2023
(1)	(2)
Sepeda motor (1)	1325
Mobil Pribadi (2,3,4)	860
Bus (5B.2)	150
Truk 2 as ringan (6A2)	88
Truk 2 as berat (6B2,6B)	54
Truk 3 as berat (7A3,7A2)	50
Truk 5 as (7C2.2)	25

(Sumber: Dinas Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah tahun 2018)

4. Nilai ESA5

Dari perhitungan tabel 2.20 diperoleh CESA5 : 2,98E+7

Tabel 2. 22 Jenis Kendaraan dan Nilai ESA 5

Jenis Kendaraan	Lintas Harian Rata-rata (2 arah) 2022	LHR 2025	LHR 2028	Faktor Ekuivalen Beban (VDF)		ESA5 ('25-'27)	ESA5 ('28-'65)
				VDF 5 Faktual	VDF 5 Normal		
1	Sepeda Motor	1325	1525	1755			
2,3,4	Mobil Pribadi	860	990	1139			
5B	Bus	150	173	199	1,0	1,0	7,57E+04
6A	Truk 2 As Ringan	88	101	117	0,8	0,5	3,55E+04
6B	Truk 2 As Berat	54	62	72	0,8	5,1	2,18E+04
7A2	Truk 3 As Berat	50	58	66	62,3	62,3	1,57E+06
7C2	Truk 5 As	25	29	33	33,2	10,2	4,19E+05
<b>Jumlah ESA5 CESA5 ('25-'65)</b>						2,12E+06	2,77E+07
						2,98E+07	

5. Menentukan Stuktur Fondasi Jalan

Tabel 2. 23. CBR Tanah dasar

CBR Tanah Dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada jalur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5)			
			<2	2-4	>4	
Tabel minimum perbaikan tanah dasar						
Tidak diperlukan perbaikan						
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilitas semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Devisi 3 - Pekerjaan Tanah) (pemadatan lapisan ≤ 200 mm tebal gembur)	-	-	100	300
5	SG5		100	150	200	
4	SG4		150	200	300	
3	SG3		175	250	350	
2,5	S2G2.5		400	500	600	
Tanah ekspansif (potensi pemulihan >5%)	SG1	Lapis Penopang	1000	1100	1200	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
		Lapis penopang dan geogrid	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau BDST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum-ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir	1000	1250	1500	

(Sumber : Analisis menurut Manual Desain Perkerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017)

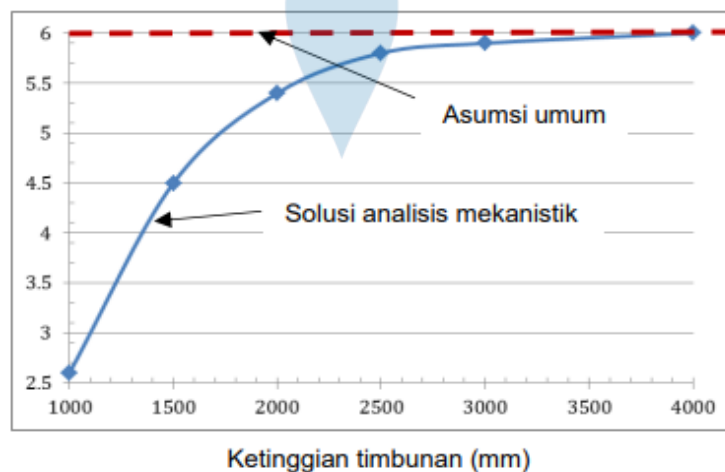
Dari Tabel 2.23 tanah dasar yang digunakan memiliki CBR 5% menggunakan SG5. Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur 40 tahun memiliki tebal minimum perbaikan tanah dasar dengan 2-4 tidak diperlukan perbaikan di mulai dari 500 sampai 1250, berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur dan stabilitas semen 300.

CBR tanah dasar yang digunakan sebesar 4.5% maka kelas kekuatan tanah dasar menggunakan SG4 dengan tebal minimum perbaikan tanah dasar 200 dan stabilisasi semen 300.

Tabel 2. 24 Nilai CBR

CBR tanah dasar	5,00%
CBR tanah dasar	5 (SG5)
Perkerasan lentur	-
Perkerasan kaku	300

6. Daya dukung efektif tanah dasar menggunakan solusi tanah lunak. Perkerasan kaku sebaiknya tidak digunakan di atas tanah lunak, kecuali jika dibangun dengan fondasi *micro pile*. Apabila perkerasan kaku dibangun di atas tanah lunak maka fondasi perkerasan tanah lunak harus terdiri atas:
- Penggalian dan penggantian seluruh tanah lunak atau,
  - Lapis penopang dengan nilai CBR tidak lebih dari yang ditunjukkan di dalam Gambar dan timbunan dengan tinggi tidak kurang dari ketentuan.
  - Lapis penopang harus diberikan waktu untuk mengalami konsolidasi (pra-pembebanan) sesuai batasan perbedaan penurunan.
- Apabila ketinggian timbunan terbatas seperti halnya pada kasus pelebaran perkerasan eksisting, perlu dilakukan pembongkaran tanah lunak seluruhnya atau menggunakan penanganan khusus.



Gambar 2. 26 Kurva CBR maksimum tanah dasar untuk perkerasan kaku tanah lunak

7. Struktur Lapisan Perkerasan Sesuai dan Tipe Jenis Sambungan  
 Persyaratan desain perkerasan kaku dengan sambungan dan ruji (dowel) serta bahu beton (tied shoulder), dengan atau tanpa tulangan distribusi retak.

Tabel 2. 25 Struktur Perkerasaan

Struktur Perkerasan	Rt	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbukendaraan	< 4.3	< 8.6	< 25.8	< 43	< 86
Dowel dan bahu beton	Ya				
STRUKTUR PERKERASAN(mm)					
Tebal pelat beton	265	275	285	295	305
Lapis Fondasi LMC.	100				
Lapis Drainase	150				

(Sumber : Manual Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017)

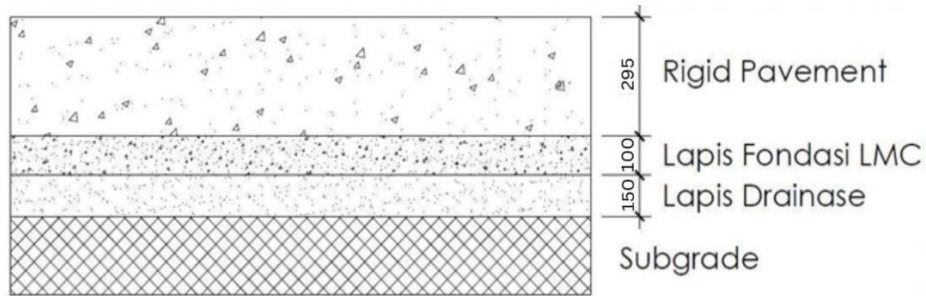
Perencana harus menerapkan kelompok sumbu kendaraan niaga dengan beban yang aktual. Pada Bagan beban tidak boleh digunakan untuk desain perkerasan karena didasarkan pada ketentuan berat kelompok kendaraan yang tidak realistis dengan kondisi Indonesia memberikan pembebanan kelompok sumbu yang mewakili kondisi Indonesia.

Dari tabel di atas diketahui:

Tabel 2. 26 Struktur Perkerasan

Kelompok sumbu kendaraan (overloaded) (10e6)	: 2,98E+07
Dowel dan bahu beton	: Ya
Struktur Perkerasan	
Tebal Pelat Beton	: 295
Lapis Fondasi LMC	: 100
Lapis Drainase ( dapat mengalir dengan baik)	: 150

Desain perkerasan dengan sambungan dan *dowel* serta bahu beton, dengan atau tanpa tulangan distribusi retak.



Gambar 2. 27 Lapisan Perkerasan

8. Detail desain yang meliputi jenis sambungan, penulangan Pelat, posisi dowel dan tie bar, dan sebagainya. Dengan gambar bagan desain perkerasan beton semen dengan kumulatif kelompok sumbu kendaraan diatas 90 juta, maka struktur untuk lalu lintas dengan jumlah kelompok sumbu kendaraan berat tersebut adalah :

Jenis pondasi	: Stabilisasi semen dan tanah
Umur rencana	: 40 Tahun
Tebal pelat beton	: 295 mm
Lapis beton kurus (LMC)	: 100 mm
Lapis drainase (LFA Kelas A)	: 150 mm
Sambungan	: Dowel dan Tie bar
Jarak antar sambungan	: 5

## 2.12 Perhitungan Perkerasan Jalan

### 2.12.1 JRCP (Jointed Reinforced Concrete Pavement)

Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan (*Jointed Reinforced Concrete Pavement*) adalah jenis perkerasan beton semen yang dibuat dengan tulangan ukuran pelatnya berbentuk empat persegi panjang, dimana panjang dari pelatnya dibatasi oleh adanya sambungan-sambungan melintang.

Tabel 2. 27 Koefisien Gesek antara pelat dan beton semen dengan lapisan

Jenis Pondasi	Faktor Gesekan (F)
BURTU, LAPEN dan konstruksi sejenis	2.2
Aspal Beton, LATASTON	1.8
Stabilitas kapur	1.8
Stabilitas aspal	1.8
Stabilitas semen	1.8
Koral sungai	1.5



Batu pecah	1.5
Sirtu	1.2
Tanah	0.9

(Sumber: SKBI 2.3.28.1988)

Tabel 2. 28 Penulangan Perkerasan Kaku

BBDT		
Tebal plat beton (mm)		295
Lebar plat (m)		2 x 3.5
Panjang plat (m)		20
Koefisien gesek antar plat beton pondasi bawah		1,8
Kuat tarik izin baja (MPa)		230
Berat isi beton (MPa)		235,36
Gravitasi (m/s <sup>2</sup> )		9,81
Tulangan memanjang (mm)	Diameter	13
	Panjang	20000
	Jarak	200
Tulangan melintang (mm)	Diameter	10
	Panjang	3500
	Jarak	250

(Sumber : Manual Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017)

1. Tulangan Memanjang

$$F = 1,8 \text{ (stabilisasi semen dan laburan parafin)}$$

$$L = 20 \text{ m}$$

$$h = 295 \text{ mm}$$

$$\text{lebar lajur} = 4.09 \text{ m}$$

$$f_s = 230 \text{ MPa}$$

$$A_s = \frac{11,76 (1,8 \times 20 \times 295)}{230}$$

$$= 543,012 / \text{m lebar}$$

Luas tulangan minimum  $A_s = 0,1 \% \text{ (SNI'2003)}$

$$A_s \text{ min.} = 0,001 \times (295) \times (1000)$$

$$= 295 \text{ mm}^2 / \text{m lebar}$$

Luas tulangan terpakai

$$= \pi \times 13^2 \times 0.25$$

$$= 132,73 \text{ mm}$$

## 2. Tulangan Melintang

$$F = 1,8 \text{ (stabilisasi semen dan laburan parafin)}$$

$$L = 3,5 \text{ m}$$

$$h = 295 \text{ mm}$$

$$\text{lebar lajur} = 3,76 \text{ m}$$

$$f_s = 230 \text{ MPa}$$

$$A_s = \frac{11,76 (1,8 \times 3.65 \times 295)}{230}$$

$$= 95,03 \text{ mm}^2 / \text{m pias}$$

Luas tulangan minimum  $A_s = 0,1 \% \text{ (SNI'2003)}$

$$A_s \text{ min.} = 0,001 \times (295) \times (1000)$$

$$= 295 \text{ mm}^2 / \text{m lebar}$$

Tulangan

$$= \pi \times 10^2 \times 0,25$$

$$= 78,54 \text{ mm}$$

### 2.12.2 CRCP (Continuously Reinforced Concrete Pavement)

Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan (*Continuously Reinforced Concrete Pavement*) adalah jenis perkerasan beton semen yang dibuat dengan tulangan ukuran pelatnya berbentuk empat persegi panjang, dimana panjang dari pelatnya tidak menggunakan sambungan-sambungan melintang.

Tabel 2. 29 Data tulangan memanjang

$f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f_c$ (Mpa)	n	f, (rata-rata) (Mpa)
115	11,3	13	2,1
120 - 135	11,8 - 13,2	12	2,2
140 - 165	13,7 - 16,2	11	2,4
170 - 200	16,7 - 19,6	10	2,6
205 - 250	20,1 - 24,5	9	2,9
260 - 320	25,5 - 31,4	8	3,3
330 - 425	32,4 - 41,7	7	3,7
450	44,1	6	4,1

Tabel 2. 30 Data Perkerasan Beton

BMDT		
Tebal plat beton (mm)		295
Lebar plat (m)		2 x 3.5
Kuat tekan beton (f'c) (MPa)		32
Tegangan baja leleh (fy) (MPa)		230
fb (Mpa)		1,79
n		7
p		0,0083
u		160
Es		200000
Ec		26587,21
Es/Ec		7,52
Koefisien gesek antar plat beton pondasi bawah		1,8
fr (MPa)		3,3
ft = 0.5 fr		1,65
Koefisien susut beton (S)		0,0005
Tulangan memanjang (mm)	Diameter	25
	Panjang	20000
	Jarak	200
Tulangan melintang (mm)	Diameter	10
	Panjang	3500
	Jarak	250

(Sumber : Manual Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017)

1. Tulangan memanjang

$$fr = 3,7 \text{ MPa (karena } f'c \text{ 32 MPa)}$$

$$ft = 0,5 \times fr$$

$$= 0,5 \times 3,7$$

$$= 1,85 \text{ MPa}$$

$$fy = 230 \text{ MPa}$$

$$n = 7$$

$$F = 1,8$$

$$\begin{aligned}
 E_s &= 200.000 \text{ MPa} \\
 E_c &= 4700 \sqrt{32} = 26587,21 \text{ MPa} \\
 P_s &= \frac{100 \times 1,65}{(230 - 10 \times 1,65)} \times (1,3 - 0,2 \times 1,8) \\
 &= 0,71 \%
 \end{aligned}$$

Luas tulangan minimum

$$A_s = 0,71 \%$$

$$A_{s \text{ min}} = 0,71 \times (295) \times (1000) = 2094,51 \text{ mm}^2 / \text{ m lebar}$$

Luas tulangan

$$\begin{aligned}
 &= \pi \times 252 \times 0,25 \times 5 \\
 &= 2454,37 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

## 2. Tulangan Melintang

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{11,76 (1,8 \times 3,5 \times 295)}{230} \\
 &= 95,02591304 \text{ mm}^2 / \text{ m pias}
 \end{aligned}$$

Luas tulangan minimum  $A_s = 0,1 \%$  (SNI'2003)

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ min.}} &= 0,001 \times (295) \times (1000) \\
 &= 295 \text{ mm}^2 / \text{ m lebar}
 \end{aligned}$$

Tulangan

$$\begin{aligned}
 &= \pi \times 10^2 \times 0,25 \\
 &= 78,53981634 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### 2.12.3 Pemeriksaan Jarak Teoritis antara Retakan

$$\begin{aligned}
 f_t &= 0,5 \times f_r \\
 &= 0,5 \times 3,3 \\
 &= 1,65 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$N = 7$$

$$\begin{aligned}
 f_b &= \frac{0,79}{25/10} \times \sqrt{32} \\
 &= 1,79 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

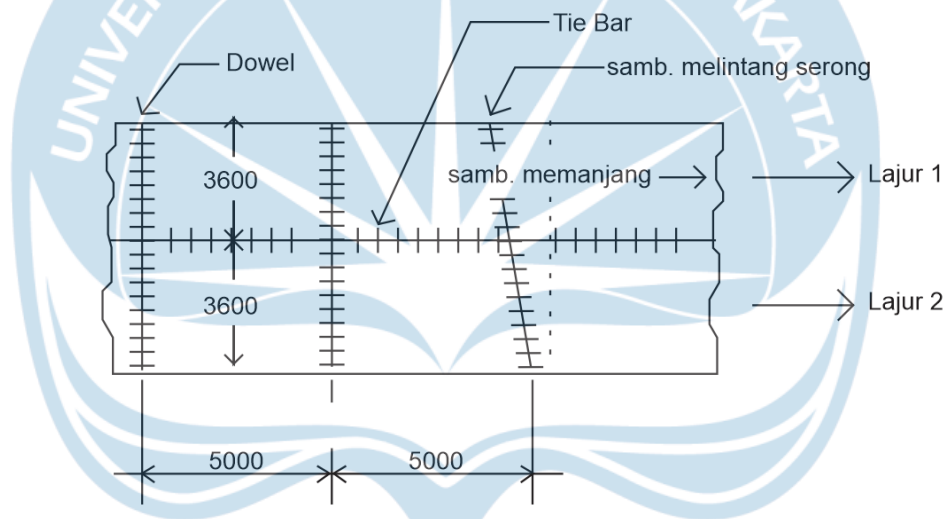
$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700 \sqrt{32} \\
 &= 26587,21 ;
 \end{aligned}$$

$$S = 0,0005$$

$$\begin{aligned}
 p &= \frac{2454,37}{(295 \times 1000)} \\
 &= 0,0083 \\
 u &= \frac{4}{d} \\
 &= \frac{4}{0,025} \\
 &= 160 \\
 L_{cr} &= \frac{1,65^2}{8 \times 0,0083^2 \times 160 \times 1,79 \times (0,0005 \times 26587,21 - 1,65)} \\
 &= 1,48 \text{ m}
 \end{aligned}$$

#### 2.12.4 Tata Letak Sambungan

##### 1. Melintang



Gambar 2. 28 Melintang

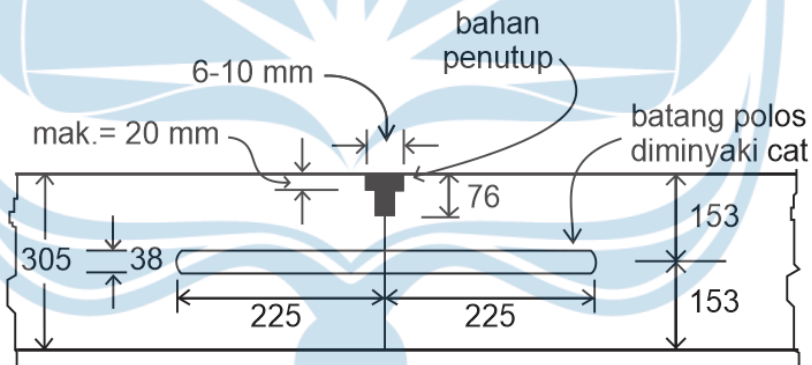
Dengan tebal plat 295 mm, maka jarak sambungan adalah kurang lebih 300 mm.

2. *Dowel*

Tabel 2. 31 Ukuran Jarak batang dowel

Tebal Pelat Perkerasan		Dowel					
		diameter		panjang		jarak	
inci	mm	inci	mm	inci	mm	inci	mm
6	150	3/4	19	18	450	12	300
7	175	1	25	18	450	12	300
8	200	1	25	18	450	12	300
9	225	1 1/4	32	18	450	12	300
10	250	1 1/4	32	18	450	12	300
11	275	1 1/4	32	18	450	12	300
12	300	1 1/2	38	18	450	12	300
13	325	1 1/2	38	18	450	12	300
14	350	1 1/2	38	18	450	12	300

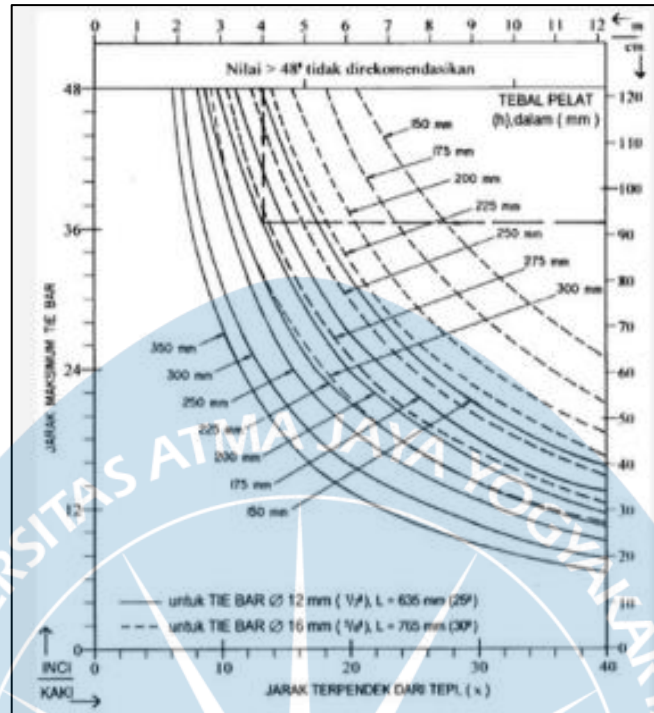
(Sumber : ASSHTO 1993)



Gambar 2. 29 Pelat dan tebalnya

Tebal plat yang dipakai adalah 295 mm, maka ketentuan *dowel* dapat dilihat di table dan didapat diameter 38mm dan panjangnya 450mm dengan jarak 300 mm.

### 3. Tie Bar



Gambar 2. 30 Tie Bar (Sumber: Departemen PU 1990 Perkerasan Kaku (Beton Semen, Direktorat Bina Marga)

Jarak *Tie Bar* maksimum menurut ASSHITO untuk Tulangan baja *grade 40* dan  $F = 1.5$

#### 2.12.5 Pertimbangan biaya

Tabel 2. 32 Desain perkerasan Lentur Minimum dengan CTB

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

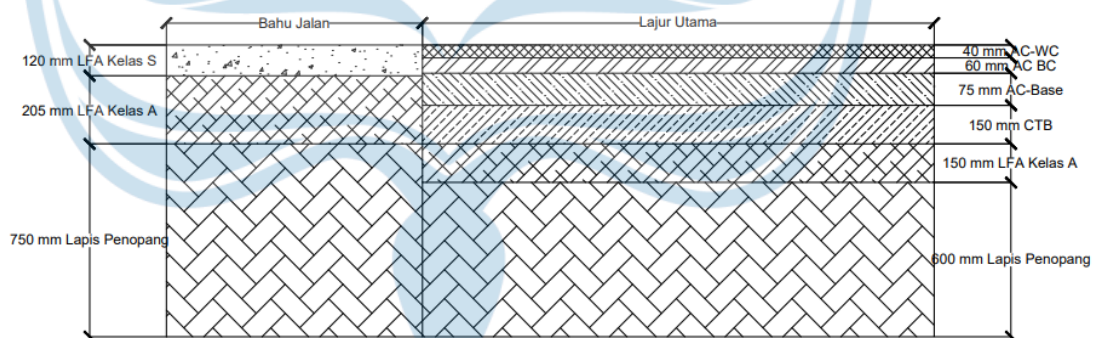
(Sumber : Manual Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017)

Berikut Desain Perkerasan lentur opsi biaya maksimum CTB, desain tersebut memiliki beberapa catatan:

1. Ketentuan-ketentuan struktur fondasi bagan desain 2 berlaku
2. CTB mungkin tidak ekonomis dengan beban lalu lintas < 10 juta ESAS. Rujuk Bagan Desain-3A, 3B dan 3C sebagai alternatif.
3. Pilih bagan desain – 4 untuk solusi perkerasan kaku dengan pertimbangan life cycle cost yang lebih rendah untuk kondisi tanah dasar biasa (bukan tanah lunak)
4. Hanya kontraktor yang dapat mengakses terhadap alat yang sesuai.
5. AC BC harus di hampar dengan benda padat minimum 50 mm dan maksimum 80 mm

Berikut nilai yang diketahui :

AC WC	: 40
AC BC	: 60
AC BC atau AC base	: 75
CTB	: 150
Fondasi Agregat Kelas A	: 150



Gambar 2. 31 Struktur Perkerasan Alternatif 1



Tabel 2. 33 Data Kumulatif Struktur Perkerasaan

STRUKTUR PERKERASAN									
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada jalur rencana	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFFZ	FFF8	FFF9
		<2	>2-4	>4-7	>7-10	>10-20	>20-30	>30-50	>50-100
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

(Sumber : Manual Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017)

Desain Perkerasan lentur berupa aspal dengan lapisan fondasi berbutir.

Berikut Nilai yang diketahui FFF8:

AC-WC = 40

AC-BC = 60

AC Base = 245

LPA Kelas A = 300

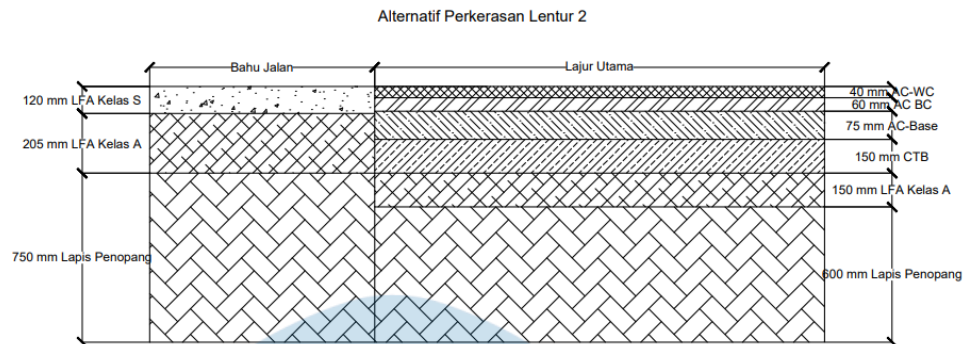
Catatan :

Untuk desain perkerasan lentur dengan beban > 10 juta CESA5, diutamakan menggunakan Bagan Desain - 3. Bagan Desain - 3B digunakan jika CTB sulit untuk diimplementasikan. Solusi dari FFF5 - FFF9 dapat lebih praktis daripada solusi Bagan Desain- 3 atau 4 untuk situasi konstruksi tertentu seperti: (i) perkerasan kaku atau CTB bisa menjadi tidak praktis pada pelebaran perkerasan lentur eksisting atau, (ii) di atas tanah yang berpotensi konsolidasi atau, (iii) pergerakan tidak seragam (dalam hal perkerasan kaku) atau, (iv) jika sumber daya kontraktor tidak tersedia.

Tabel 2. 34 Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan desain	Esa Juta dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0-0,5	0,1 - 4	> 4-10	>10 - 30	> 30-200
Perkerasan kaku denan lintas berat (di atas tanah dengan CBR 2,5%)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1,2	-	-	-
AC WC modifikasi atau modifikasi dengan CTB (ESApangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1,2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir	3A	-	1,2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Fondasi Soil Cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup	7	1	-	-	-	-

(Sumber : Manual Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017)

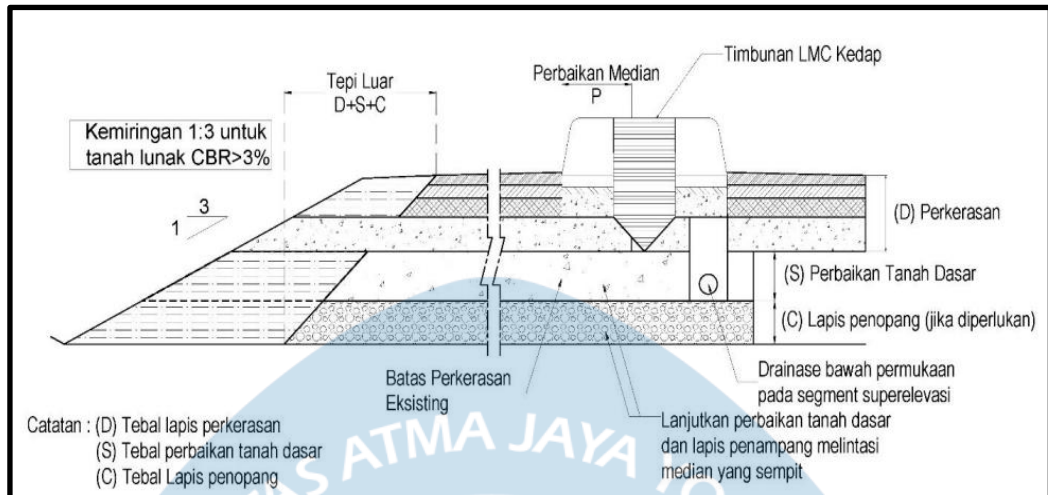


Gambar 2. 32 Alternatif Trase 2

### 2.13 Kebutuhan Daya Dukung Tepi Perkerasan

Struktur perkerasan memerlukan daya dukung yang cukup, terutama bila terletak pada tanah lunak atau tanah gambut. Ketentuan tepi harus dinyatakan secara detail dalam gambar-gambar kontrak (*drawings*). Ketentuan minimum adalah :

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



Gambar 2. 33 Dukungan Tepi Perkerasan (Sumber: Manual Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017)

### 2.13.1 Kebutuhan pelapisan (sealing) bahu jalan

Lapis permukaan harus berupa lapis fondasi agregat kelas S, atau kerikil alam yang memenuhi ketentuan dengan Indeks Plastisitas (IP) antara 4% - 12%. Tebal lapis permukaan bahu LFA kelas S sama dengan tebal lapis beraspal tapi tidak lebih tebal dari 200 mm. Jika tebal lapis beraspal kurang dari 125 mm maka tebal minimum LFA kelas S 125 mm.

### 2.13.2 Bahu Diperkeras

Bahu diperkeras untuk kebutuhan berikut:

1. Jika terdapat kerb (bahu harus ditutup sampai dengan garis kerb).
2. Gradien jalan lebih dari 4%.
3. Sisi yang lebih tinggi dari kurva superelevasi (superelevasi  $\geq 0\%$ ) dalam kasus ini bahu pada sisi superelevasi yang lebih tinggi harus sama dengan superelevasi badan jalan.
4. Jalan dengan LHRT lebih dari 10.000 kendaraan.
5. Jalan tol dan jalan bebas hambatan.
6. Penetrasi makadam.
7. Burtu / Burda.
8. Beton aspal (AC).
9. Beton semen.

10. Kombinasi bahu beton 500 mm – 600 mm atau pelat beton dengan tied shoulder, atau bahu dengan aspal.

### **2.13.3 Lalu Lintas untuk desain bahu**

Beban lalu lintas desain pada bahu jalan tidak boleh kurang dari 10% lalu lintas lajur rencana, atau sama dengan lalu lintas yang diperkirakan akan menggunakan bahu jalan (diambil yang terbesar). Untuk bahu diperkeras dengan lapis penutup, pada umumnya, hal ini dapat dipenuhi dengan Burda atau penetrasi makadam yang dilaksanakan dengan baik.

