

BAB II

PERANCANGAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN JALAN

2.1 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan adalah pengelompokan jalan berdasarkan fungsi jalan, administrasi pemerintahan, dan muatan sumbu yang menyangkut dimensi dan berat kendaraan. Penentuan klasifikasi jalan tergantung pada padatnya lalu lintas jalan, kapasitas jalan, kelayakan ekonomi jalan, dan pembiayaan pembangunan dan pemeliharaan jalan.

Klasifikasi Jalan berdasarkan fungsi jalan yaitu:

a. **Jalan Arteri**

Jalan arteri adalah jalan utama dalam sistem jaringan jalan raya suatu wilayah atau kota. Jalan arteri biasanya memiliki fungsi untuk menghubungkan berbagai daerah atau bagian dalam suatu kota atau wilayah, serta menyediakan akses utama ke pusat-pusat kegiatan ekonomi, komersial, dan perumahan.

b. **Jalan Kolektor**

Jenis jalan yang berada di tingkat hierarki di bawah jalan arteri dalam sistem jaringan jalan raya. Fungsinya adalah mengumpulkan dan mendistribusikan lalu lintas dari dan ke jalan arteri serta menghubungkan daerah perumahan atau komersial dengan jalan arteri utama. Jalan kolektor cenderung lebih kecil dan memiliki kapasitas lalu lintas yang lebih rendah dibandingkan dengan jalan arteri.

c. **Jalan Lokal**

Berdasarkan UU Nomor 38 Tahun 2004, jalan lokal adalah jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat dan kecepatan rata-rata rendah.

d. Jalan Lingkungan

Berdasarkan UU Nomor 38 Tahun 2004, jalan lingkungan adalah jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan dekat dan kecepatan rata-rata rendah.

Ada juga klasifikasi jalan menurut medan jalan yaitu sebagai berikut:

- a. Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus kontur.
- b. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 2.1 Golongan Medan

Golongan Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
Datar	D	< 3
Perbukitan	B	3 – 25
Pegunungan	G	> 25

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

Sesuai dengan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan dan Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang jalan, maka sesuai dengan kewenangan atau status jalan dikelompokkan sebagai berikut:

a. Jalan Nasional

Jalan Nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi, jalan strategis nasional, dan jalan tol.

b. Jalan Provinsi

Jalan provinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota, antar ibukota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi

c. Jalan Kabupaten

Jalan kabupaten merupakan Jalan yang dikelola dan dimiliki oleh pemerintah kabupaten atau pemerintah daerah setingkat kabupaten. Ini termasuk dalam kategori jalan lokal yang bertanggung jawab untuk menghubungkan berbagai desa, kota kecil, dan wilayah pedesaan di suatu kabupaten. Fungsi utama jalan kabupaten adalah memfasilitasi mobilitas lokal, termasuk transportasi barang dan manusia di tingkat kabupaten.

d. Jalan Kota

Jalan kota adalah Jalan di dalam kota atau wilayah perkotaan. Ini adalah jenis jalan yang terletak di tingkat hierarki yang lebih rendah dibandingkan dengan jalan arteri dan jalan kolektor. Jalan kota berfungsi untuk memberikan akses lokal di dalam kota, menghubungkan berbagai bangunan, pusat kegiatan, dan lingkungan perkotaan.

e. Jalan Desa

Jalan desa merupakan Jalan yang terletak di wilayah pedesaan atau rural, menghubungkan berbagai desa atau kawasan pedesaan. Jalan ini merupakan infrastruktur transportasi lokal yang penting untuk memfasilitasi mobilitas penduduk, pertanian, dan aktivitas ekonomi di daerah pedesaan. Jalan desa memiliki peran vital dalam meningkatkan aksesibilitas, konektivitas, dan pertumbuhan ekonomi di wilayah pedesaan.

Kelas jalan diatur di dalam Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan. Jalan dikelompokan dalam beberapa kelas berdasarkan:

- a. Fungsi dan Intensitas Lalu Lintas yang berguna untuk kepentingan pengaturan penggunaan jalan dan kelancaran lalu linta angkutan jalan.
- b. Daya Dukung yang berguna untuk menerima sumbu terberat dan dimensi kendaraan.

Ada beberapa pengelompokan jalan menurut muatan sumbu yang biasanya disebut dengan Kelas Jalan yaitu:

a. Jalan Kelas I

Jalan Kelas I adalah jalan arteri atau jalan nasional yang memiliki kapasitas lalu lintas yang tinggi dan berfungsi sebagai jalur utama menghubungkan antarkota atau antarprovinsi. Jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui oleh kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 milimeter, dan muatan sumbu terberat 10 ton.

b. Jalan Kelas II

Jalan Kelas II adalah jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui oleh kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 12.000 milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 milimeter, dan muatan sumbu terberat 8 ton.

c. Jalan Kelas III

Jalan Kelas III adalah jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui oleh kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.100 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 milimeter, ukuran paling tinggi 3.500 milimeter, dan muatan sumbu terberat 8 ton. Dalam keadaan tertentu daya dukung Jalan Kelas III dapat ditetapkan muatan sumbu terberat kurang dari 8 ton.

d. Jalan Kelas Khusus

Jalan Kelas Khusus adalah jalan arteri yang dapat dilalui oleh kendaraan bermotor dengan ukuran lebar melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang melebihi 18.000 milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 milimeter, dan muatan sumbu terberat lebih dari 10 ton.

Menurut Peraturan Menteri PU Nomor 19 Tahun 2011 tentang Persyaratan Teknik Jalan, ada beberapa bagian yang terdapat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.1 Pemen PU No 19 Tahun 2011

Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan		Jalan Bebas Hambatan			Jalan Raya			Jalan Sedang	Jalan Kecil
LHRT (SMP/Hari)		≤ 153000	≤ 115000	≤ 77000	≤ 106600	≤ 79900	≤ 59800	≤ 21500	Untuk Kendaraan Roda 3 atau Lebih
Medan Bukit									≤ 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	Tanpa Penutup
	Kerataan	IRI Paling Besar	4			6		8	10
		RCI Paling Kecil	Baik			Baik - Sedang		Sedang	Sedang
Kecepatan Rencana, V ₈₅ (Km/jam)		Medan Dasar			80 - 120		60 - 120	60 - 80	30 - 60
		Medan Bukit			70 - 110		50 - 100	50 - 80	25 - 50
		Medan Gunung			60 - 100		40 - 80	30 - 80	20 - 40
Potongan Memanjang	Rumaja paling kecil	Lebar	42,50	35,50	28,50	38,00	31,00	24,00	13,00
		Tinggi, m	5,00			5,00		5,00	5,00
	Dalam, m	1,50			1,50		1,50	1,50	
	Rumaja lebar paling kecil, m	30,00			25,00		15,00	11,00	
	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				Pada jalan arteri jarak antara persimpangan sebidang paling kecil 3,00 Km dan pada jalan kolektor 0,50 Km					
Supererevasi 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		
Kelandalan Paling Dasar %	Alinemen Datar	4			5		6	6	
	Alinemen Bukit	5			6		7	8	
	Alinemen Gunung	6			10		10	12	

Lanjutan Tabel 2.1 Pemen PU No 19 Tahun 2011

Potongan Melintang	Ruwasja 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
	Lebar Jalur lalu lintas, m	Vr < 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
			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
	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:			
	Lebar Pemisah Jalur paling kecil, m	Dengan Rambu		Jembatan			2,00			Tanpa jalur pemisah
		Tanpa Rambu	Lebar paling kecil 2 m + pagar pemisah			1,00				
	Lebar Trotoar	Lebar Trotoar	1,00			1,00			1,00	1,00
		Lebar saluran tepi paling kecil, m	1,00			1,00			1,00	0,50
	Lebar Ambang Pengaman paling kecil, m	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 %	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					
Potongan Memanjang	Jarak Antar Persimpangan Sebidang paling dekat, 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			Pada jalan arteri jarak antara persimpangan sebidang paling kecil 3,00 Km dan pada jalan kolektor 0,50 Km					
	Superelevasi paling besar %	8			8			8	8	
Kekesatan melintang paling tinggi	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 %	Allinemen Datar	4			5			6	6	
		Allinemen Bukit	5			6			7	8
			Allinemen Gunung	6			10			10

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

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 1993, ada beberapa pembagian jenis-jenis kelas jalan yang ada dibawah tabel ini.

Tabel 2.2 Pembagian Jenis-Jenis Kelas Jalan

Dimensi	Kelas I	Kelas II	Kelas III A	Kelas III B	Kelas III C
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	< 9 Ton

Sumber: PP No 43 Tahun 1993

2.2 Bagian-bagian Jalan

Bagian jalan terdiri dari beberapa jenis yaitu:

a. Bagian Jalan untuk Lalu Lintas

1) Jalur lalu lintas

Jalur merupakan seluruh bagian keras dari jalan yang digunakan untuk lalu lintas alat transportasi. Sebuah jalur dapat terdiri dari beberapa lajur (lane) kendaraan. Jalur lalu lintas bertujuan untuk mengatur dan mengarahkan pergerakan kendaraan, sehingga dapat meningkatkan keselamatan lalu lintas dan efisiensi jalan.

2) Trotoar

Trotoar merupakan jalur pejalan kaki yang terpisah dari jalur kendaraan bermotor di sepanjang jalan atau jalan raya. Trotoar biasanya berada di sisi jalan dan dirancang untuk memberikan akses yang aman dan nyaman bagi pejalan kaki yang berjalan kaki, berlari, atau menggunakan kendaraan roda dua seperti sepeda atau skuter.

3) Bahu jalan

Bahu jalan adalah bagian dari permukaan jalan yang berada di sisi tepi atau pinggiran jalan. Bahu jalan biasanya memiliki lebar yang lebih sempit dibandingkan dengan badan jalan utama dan berfungsi sebagai area tambahan yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Fungsi bahu jalan antara lain adalah sebagai tempat berhenti kendaraan, tempat untuk menepi dalam kondisi darurat, membantu pekerasan jalan dari kedua sisi, tempat untuk dilewati kendaraan patroli, lokasi pendukung saat pemeliharaan atau perbaikan jalan, tempat untuk dilewati ambulans atau pemadam kebakaran.

4) Median jalan

Median jalan adalah area atau ruang terbagi yang terletak di tengah-tengah dua lajur jalan yang berlawanan arah. Median ini dapat berupa bidang tanah, hardscape (seperti beton atau aspal). Fungsi median antara lain sebagai daerah netral bagi kendaraan dalam keadaan darurat, sebagai penjaga jarak antar kendaraan yang berlawanan arah, sebagai penambah kenyamanan berkendara, dan sebagai penjaga kebebasan skeamping masing-masing arah lalu lintas.

5) Ruas jalan

Ruas jalan adalah bagian jalan yang terletak di antara dua simpul atau persimpangan jalan, baik sebidang maupun tidak sebidang, memiliki kelengkapan alat atau rambu lalu lintas maupun tidak.

6) Simpang jalan

Simpang jalan merupakan lokasi di mana dua ruas jalan atau lebih saling bertemu, bergabung, atau berpotongan. Simpang jalan dapat berupa pertigaan, perempatan, dan seterusnya. Fungsi simpang jalan untuk mengatur pergerakan kendaraan, pejalan kaki, dan, jika ada, sepeda, sehingga dapat terjadi interaksi yang aman di persimpangan tersebut.

b. Bagian Jalan sebagai Pelengkap Lalu Lintas

1) Kerb atau kereb

Kerb adalah tepi atau pinggiran jalan atau trotoar yang berfungsi sebagai pembatas antara area jalan atau trotoar dengan area yang lain, seperti trotoar dengan jalan atau taman. Kerb dapat terbuat dari berbagai material, termasuk beton, batu, atau bahan lainnya.

2) Pengaman tepi

Guard Rail atau pagar pengaman tepi jalan merupakan media pengaman bagi pejalan kaki maupun kendaraan, yang terbuat dari besi atau baja disusun memanjang memagari jalan.

c. Bagian Jalan untuk Drainase

1) Saluran samping

Drainase saluran samping merupakan saluran atau saluran air yang digunakan sebagai bagian dari sistem drainase untuk mengarahkan air hujan atau air limbah dari suatu area ke tempat pembuangan yang sesuai, yang berfungsi sebagai penampung sekaligus pembuang air yang menggenangi jalan.

2) Kemiringan melintang

Drainase kemiringan melintang memiliki fungsi untuk mengalirkan air dari jalan dengan cara menyeberang melalui gorong-gorong melewati bangunan lain secara terkendali.

3) Kemiringan melintang bahu

Drainase ini memiliki fungsi untuk mengalirkan air melalui bahu jalan agar air tidak merembes masuk ke dalam lapisan perkerasan jalan. Salah satu faktor yang mempengaruhi laju aliran air dan efisiensi sistem drainase. Kemiringan yang tepat dapat memastikan pengaliran air yang efisien ke arah yang diinginkan.

4) Kemiringan lereng

Kemiringan sudut atau kecuraman suatu permukaan tanah atau lereng alami. Kemiringan ini dapat diukur dengan menghitung perbandingan ketinggian vertikal terhadap panjang horizontal dari suatu lereng. Kemiringan lereng

memainkan peran penting dalam banyak aspek, termasuk geologi, topografi, rekayasa sipil, dan mitigasi risiko bencana.

d. Bagian Konstruksi Jalan

1) Lapisan tanah dasar

Lapisan tanah dasar adalah permukaan jalan yang masih berupa tanah, baik itu tanah asal, permukaan galian, maupun tanah timbunan yang sudah dipadatkan. Lapisan ini akan menjadi permukaan dasar untuk diletakkan bagian-bagian jalan lain di atasnya. Kekokohan dan daya tahan konstruksi jalan sangat bergantung kepada kondisi lapisan tanah dasar.

2) Lapisan perkerasan jalan

Lapisan ini merupakan perkerasan yang berada di atas lapisan tanah dasar dan menjadi lapisan yang dilewati roda kendaraan. Lapisan perkerasan jalan telah melalui pengaspalan atau pembetonan dan berfungsi untuk mempermudah pergerakan sarana transportasi dari satu tempat ke tempat lain.

3) Lapisan pondasi atas

Lapisan ini merupakan bagian dari perkerasan di antara lapisan perkerasan dan lapisan pondasi bawah jalan. Apabila tidak menggunakan pondasi bawah, lapisan ini terletak antara lapisan perkerasan dengan tanah dasar.

4) Lapisan pondasi bawah

Lapisan pondasi bawah adalah bagian dari perkerasan yang berada di antara lapisan pondasi atas dan tanah dasar.

e. Bagian Jalan menurut PP Nomor 34 Tahun 2006 pasal 33

1) Rumaja (Ruang Manfaat Jalan)

Ruang manfaat jalan terdiri dari jalur lalu lintas, dengan median atau tanpa median, bahu jalan, trotoar (jika ada), serta batas pengaman jalan.

2) Rumija (Ruang Milik Jalan)

Ruang milik jalan merupakan bagian yang berada di luar rumaja dan diperuntukkan untuk pelebaran maupun penambahan jalur lalu lintas di masa depan.

3) Ruwasja (Ruang Pengawasan Jalan)

Ruang pengawasan jalan adalah area yang berada di luar rumija dan diperuntukkan agar pengemudi dapat memiliki pandangan bebas dari halangan lingkungan sekitar, misalnya oleh pohon atau bangunan liar.

2.3 Parameter Perancangan Geometrik

Perancangan geometrik merupakan bagian dari perencanaan konstruksi jalan yang meliputi rancangan pola arah dan visualisasi dimensi nyata dari suatu trase jalan beserta bagian-bagiannya yang disesuaikan dengan persyaratan parameter pengemudi kendaraan dan lalu lintas. Perancangan geometrik secara umum menyangkut aspek-aspek perencanaan elemen jalan serupa dengan lebar jalan, tikungan kelandaian jalan, jarak pandangan, dan kombinasi dari bagoan-bagian tersebut baik untuk suatu ruas jalan juga untuk perlintasan diantara 2 atau lebih ruas-ruas jalan. Dalam penentuan trase jalan yang dirancang wajib memperhatikan aspek-aspek yaitu jenis tanah, jangan sampai menabrak rumah yang telah dibangun sebelumnya, galian dan timbunan yang tidak terlalu tinggi. Parameter ini artinya penentuan Tingkat kenyamanan dan keamanan yang didapatkan oleh suatu bentuk geometrik. Parameter yang menjadi dasar pada perancangan geometrik adalah kendaraan rencana, volume lalu lintas, kecepatan, radius tikungan, kemiringan jalan, dan lebar jalan sesuai dengan dibawah ini:

- a. Kendaraan rencana digunakan untuk bagian-bagian jalan.

Pada perancangan geometrik, lebar kendaraan rencana akan mempengaruhi lebar jalur yang dibutuhkan.

Tabel 2.3 Kategori Kendaraan

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: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (1997)

b. Volume lalu lintas

Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melewati satu titik pengamatan dalam satuan waktu (hari, jam, menit). Jalan yang terlalu lebar untuk volume lalu lintas rendah cenderung membahayakan dikarenakan pengemudi yang mengemudikan kendaraan yang digunakan pada kecepatan lebih tinggi sedangkan kondisi jalan belum tentu memungkinkan.

c. Kecepatan

Kecepatan adalah besaran yang menunjukkan jarak yang ditempuh kendaraan dibagi waktu tempuh yang biasanya diukur dalam satuan meter per detik (m/s) atau kilometer per jam (km/jam).

Tabel 2.5 Kecepatan Rencana

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana (VR – km/jam)		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	70 – 120	60 – 80	40 – 70
Kolektor	60 – 90	50 – 60	30 – 50
Lokal	40 – 70	30 – 50	20 – 30

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

d. Radius tikungan

Radius tikungan adalah jarak antara pusat lingkaran dengan tepi jalan pada tikungan. Perencanaan geometrik jalan harus memperhatikan radius tikungan agar mobil dapat melewati tikungan dengan aman dan nyaman.

e. Kemiringan jalan

Kemiringan jalan juga harus menjadi pertimbangan dalam perencanaan geometrik jalan. Kemiringan jalan yang tidak sesuai dapat menyebabkan kendaraan tergelincir dan menyebabkan kecelakaan.

f. Lebar jalan

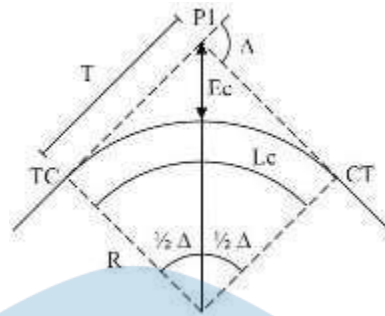
Lebar jalan harus disesuaikan dengan volume dan jenis lalu lintas yang akan melewati jalan tersebut. Hal ini mempengaruhi kapasitas jalan dan juga ruang yang tersedia untuk pejalan kaki dan kendaraan.

2.4 Alinemen Horizontal

Alinemen horizontal atau trase jalan merupakan kumpulan titik-titik yang membentuk garis lurus dan lengkung sebagai proyeksi sumbu atau as jalan pada bidang horizontal. Menurut Sukirman (1999), Tikungan dapat ditemukan dalam berbagai konteks, termasuk jalan raya, jalur sepeda, lintasan balap, atau jalur hiking. Tikungan sering kali merujuk pada bagian jalan yang berbelok atau melengkung, mengubah arah perjalanan dari satu garis lurus ke arah yang melingkar, tikungan *Spiral-Circle-Spiral* atau busur lingkaran ditambah lengkung peralihan, tikungan *Spiral-Spiral* atau busur peralihan saja.

a. Tikungan *Full Circle*

Tikungan *Full Circle* adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Jenis tikungan ini menggunakan lengkung dengan radius yang besar dengan penerapan superelevasi yang tidak melebihi atau setara dengan 3%. Batasan nilai maksimum superelevasi ditetapkan sebesar 10%.



Gambar 2.1 Tikungan *Full Circle*

Keterangan:

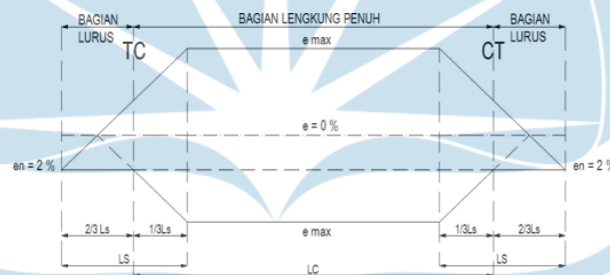
Δ = sudut tikungan atau sudut tangen (derajat)

Tc = jarak Tc ke PI (m)

R = jari-jari (m)

Lc = panjang tikungan (m)

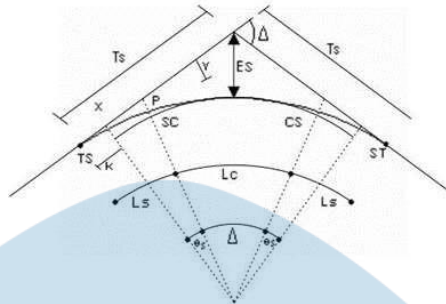
Ec = jarak PI ke lengkung peralihan



Gambar 2. 2 Diagram Superelevasi *Full Circle*

b. Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

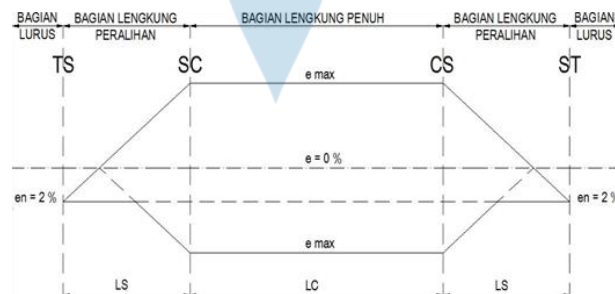
Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS) merupakan tikungan yang terdiri dari satu lengkung lingkaran dan dua lengkung spiral atau lengkung peralihan. Lengkung peralihan adalah bagian jalan yang dirancang untuk merubah arah secara bertahap dari satu arah ke arah lain. Lengkung peralihan digunakan untuk mengakomodasi perubahan arah yang tidak langsung atau perubahan arah yang berangsur-angsur, sehingga meminimalkan tekanan lateral dan memberikan kenyamanan kepada pengemudi.



Gambar 2.3 Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

Keterangan:

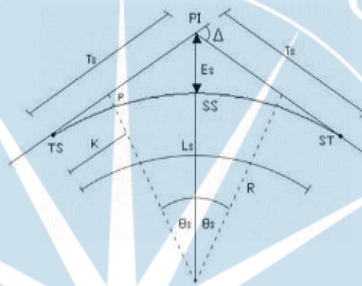
- X_s = absis titik Sc pada garis tangen, jarak titik TS ke SC
- Y_s = ordinat titik SC pada garis tegak lurus pada garis tangen
- L_s = panjang lengkung peralihan
- T_s = jarak titik TS ke P1
- TS = titik peralihan bagian lurus ke bagian berbentuk spiral
- SC = titik peralihan bagian spiral ke bagian 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
- Δ = sudut tikungan atau sudut tangen
- Θ_s = sudut lengkung spiral



Gambar 2. 4 Diagram Superelevasi *Spiral-Circle-Spiral*

c. Tikungan *Spiral-Spiral*

Tikungan *Spiral-Spiral* (SS) adalah desain jalan raya yang dirancang untuk memberikan peralihan yang lembut atau gradasional antara suatu lintasan lurus dan suatu tikungan yang lebih tajam. Dalam desain jalan raya yang baik, tikungan spiral-spiral digunakan untuk mengurangi kejutan dan beban lateral pada pengemudi saat memasuki tikungan. Metode ini memberikan transisi yang halus dan memungkinkan pengemudi untuk menyesuaikan arah kendaraan secara bertahap.



Gambar 2.5 Tikungan *Spiral-Spiral*

Keterangan:

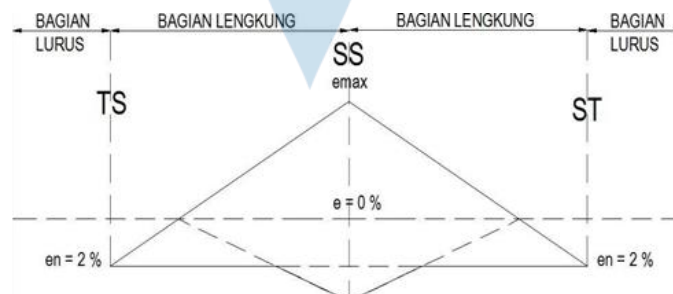
E_s = jarak dari PI ke lingkaran

T_s = jarak dari titik TS ke PI

R = jari-jari lingkaran

K = absis dan p pada garis tangent spiral

p = pergeseran tangent terhadap sudut lengkung spiral



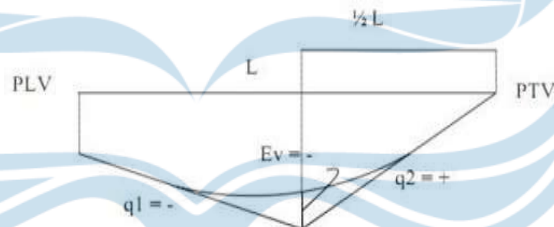
Gambar 2.6 Diagram Superelevasi *Spiral-Spiral*

2.5 Alinemen Vertikal

Alinemen vertikal adalah perpotongan antara bidang vertikal dengan sumbu jalan (Gunadarma, 1997). Desain alinemen vertikal sangat mempengaruhi volume pekerjaan tanah yang akan dilakukan. Perancangan alinemen vertikal juga harus memperhatikan elevasi dari genangan air pada tempat-tempat disekitarnya agar pada saat terjadi hujan, maka jalan tersebut tidak sampai tergenang air dimana hal ini dapat membahayakan keselamatan dan mengurangi kenyamanan dari pengguna jalan. Jenis-jenis lengkung vertikal ada dua yaitu:

a. Lengkung vertikal cekung

Lengkung vertikal cekung terbentuk apabila titik lengkung berada di muka jalan. Peninjauan cekung minimum berdasarkan pada jarak pandang malam hari atau jarak yang dapat dijangkau oleh lampu besar. Disamping itu perlu diperhatikan faktor kenyamanan oleh perhitungan rumus berdasarkan pada pengaruh gaya berat oleh gaya sentripetal maksimum yang diperbolehkan.



Gambar 2.7 Lengkung Vertikal Cekung

Keterangan:

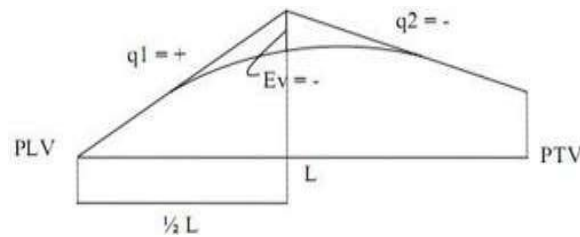
PLV = permulaan lengkung vertikal

PTV = permulaan tangen vertikal

Ev = Pergeseran vertikal PPV ke permukaan jalan rencana

b. Lengkung vertikal cembung

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



Gambar 2. 8 Lengkung Vertikal Cembung

Keterangan:

PLV = permulaan lengkungan vertikal

PTV = permulaan tangen vertikal

Ev = pergeseran vertikal PPV ke permukaan jalan rencana

2.6 Pekerjaan Tanah

Pekerjaan tanah adalah proses pemindahan sejumlah besar tanah dan batu dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Tanah dan batu yang dipindahkan atau ditempatkan di lokasi baru untuk membentuk konfigurasi lanskap tertentu.

Dalam perencanaan jalan raya, kesetimbangan antara volume galian dan timbunan perlu dilakukan perhitungan volume galian dan timbunan dengan mengkombinasikan alinemen horizontal dan vertikal. Dengan cara ini, kita dapat menentukan jumlah volume galian dan timbunan yang dibutuhkan untuk membangun jalan raya dengan kesetimbangan yang optimal. Langkah-langkah dalam perhitungan galian dan timbunan yaitu:

- Perencanaan jarak patok sehingga nantinya diperoleh panjang horizontal jalan dari alinemen horizontal atau trase jalan.
- Gambarkan profil memanjang (alinemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan beda tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.
- Gambarkan potongan melintang (cross section) pada titik stationing sehingga didapatkan luas galian dan timbunan.
- Hitung volume galian dan timbunan dengan mengalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.

2.7 Perancangan Jalan

Perancangan TAPI I dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak Civil 3D sebagai perancangan geometri jalannya hingga volume galian dan timbunan. Masing-masing kelompok akan mendapatkan peta topografi/kontur pada daerah tertentu kemudian dilakukan perancangan alinemen jalan hingga dianalisis sesuai aturan yang berlaku.

Beberapa syarat dan ketentuan dalam perancangan yaitu:

- a. Geometri jalan dan perkerasan jalan
- b. Perancangan dilakukan dari titik A STA. 0 + 000 menuju titik B
- c. Letak posisi titik koordinat awal dan akhir disesuaikan perancangan berserta dengan azimuthnya
- d. Perancangan pada trase disesuaikan dengan kondisi kontur dan peta sesungguhnya
- e. Trase jalan direncanakan dengan 3 alternatif trase berbeda
- f. Panjang perancangan trase minimal 5 km antara titik A menuju titik B
- g. Perancangan alinemen horizontal minimal 2 tikungan
- h. Tipe tikungan pada alinemen disesuaikan dengan kebutuhan dan perancangan:
 - 1) Tipe Tikungan (FC) *Full Circle*.
 - 2) Tipe Tikungan (SCS) *Spiral-Circle-Spiral*.
 - 3) Tipe Tikungan (SS) *Spiral-Spiral*.
- i. Kelas jalan yang digunakan

Tabel 2.4 Permen PU No 19/2011

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

- j. Potongan profil melintang pada jalan lurus dilakukan setiap 50 m dan 25 m pada bagian lengkung

- k. Elevasi perancangan permukaan pada titik A harus di sesuaikan dengan elevasi surface kontur pada alinemen vertikal
- l. Perancangan alinemen vertikal mempertimbangkan galian dan timbunan dengan korelasi selisih volume yang tidak berbanding tinggi

Berikut adalah data dari peta topografi atau kontur:

Koordinat pojok kiri bawah peta kontur (0, 0)

a. Wilayah Batu

- 1) A (712,035 ; 8033,0540, B (3015,072 ; 3286,020)
- 2) A (7385,764 ; 7873,583), B (11993,191 ; 4730,859)
- 3) A (410,972 ; 2536,6730, B (4873,963 ; 7590,097)

b. Wilayah Tawangmangu

- 1) A (5318,081 ; 9958,939), B (9922,327 ; 5440,469)
- 2) A (4282,118 ; 7534, 550), B (10222,372 ; 4396,709)
- 3) A (5792,569 ; 3240,098), B (12249,124 ; 2815,552)

c. Wilayah Temanggung

- 1) A (4507,489 ; 5956,655), B (11077,996 ; 4325,004)
- 2) A (4586,084 ; 1834,190), B (11062,810 ; 3264,923)
- 3) A (5636,184 ; 7095,225), B (12414,420 ; 5443,740)

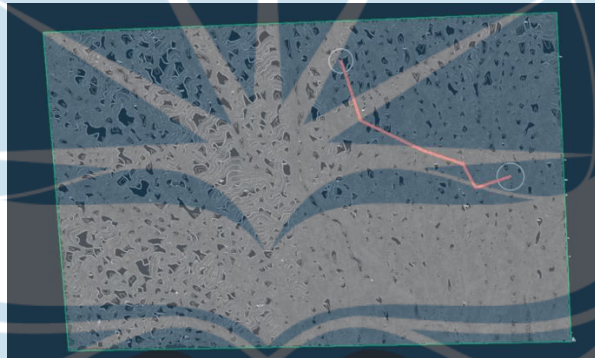
2.8 Alinemen Horizontal

2.8.1 Penetapan Trase Jalan

Pada perencanaan alinemen horizontal dengan bantuan software civil 3D yang dilakukan dengan perencanaan trase jalan sesuai dengan ketentuan pada soal yang tertera. Trase jalan merupakan garis lurus yang saling terhubung pada peta topografi dan merupakan garis acuan dalam penentuan tinggi muka tanah dasar dalam perencanaan jalan yang baru. Trase jalan berfungsi untuk mempermudah dalam perencanaan dengan bantuan civil 3D trase yang dibuat tidak perlu menghitung letak stasioning pada trase.

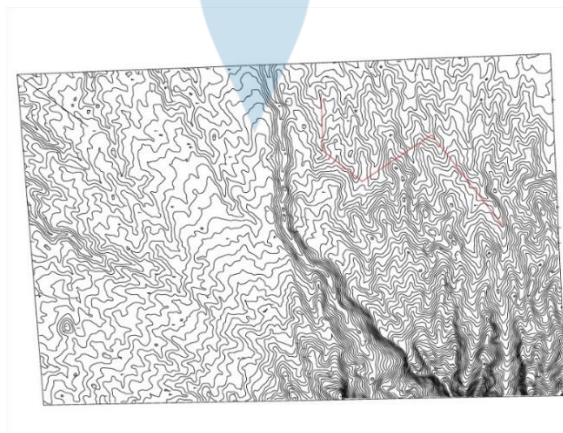
Peta topografi atau kontur wilayah yang akan dibuat dan ditinjau yaitu trase pada wilayah Kota Batu.

a. Trase 1



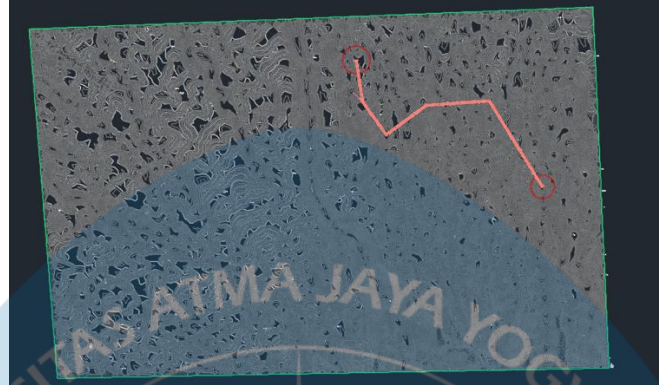
Gambar 2.9 Alternatif Trase Jalan 1

b. Trase 2



Gambar 2.10 Alternatif Trase Jalan 2

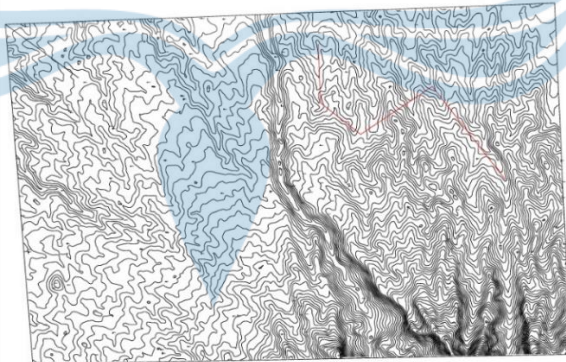
c. Trase 3



Gambar 2.11 Alternatif Trase Jalan 3

2.8.1.1 Trase Terpilih

Dalam pemilihan trase tidak hanya berdasarkan bentuk trase, tetapi melihat dari kondisi pada lapangan dimana mencakup kontur lapangan sehingga kondisi situasi memungkinkan untuk dibuat trase yang baik. Jadi berdasarkan keputusan bersama, maka trase dari kelompok kami yang digunakan adalah Trase 2.



Gambar 2.12 Alternatif *Trase* Jalan Terpilih



Peta Kontur Topografi Batu

Perencanaan trase jalan pada Kota Batu, Malang, Jawa Timur dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa faktor seperti jarak tempuh, pengembangan wilayah dan tata ruang baik pemukiman ataupun lainnya, pembebasan lahan dan aksesibilitas. Dalam konteks perhitungan kami dengan keterbatasan data seperti data perencanaan yang didapat berupa titik awal (A) berada di (7385,764 ; 7873,583) dan titik akhir (B) di (11993,191 ; 4730,859) dengan kemiringan medan jalan yang sudah kami hitung didapatkan sebesar 20,53% sesuai dengan klasifikasi medan Surat Edaran Menteri PUPR Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor: 20/SE/Db/2021 yaitu perbukitan dengan jarak 7+538,68 km. Pada perancangan jalan yang kami rancang, kami tidak melihat dan meninjau langsung dilapangan dan hanya melihat melalui google earth serta data yang diberikan, maka berdasarkan keputusan bersama, trase dari kelompok kami yang digunakan adalah sebagai berikut:

2.8.2 Penetapan Stasioning

Penetapan stasioning adalah proses menentukan posisi stasiun atau titik-titik yang terukur pada suatu proyek konstruksi. Hasil pengukuran ini digunakan untuk membuat peta dan rencana kerja yang diperlukan dalam konstruksi proyek. Penetapan stasioning juga dapat merujuk pada penentuan jarak dari titik awal atau titik nol pada proyek konstruksi yang biasanya digunakan sebagai acuan dalam menghitung jarak antara titik-titik lain pada proyek tersebut. Misalnya pada proyek jalan raya, titik nol sering kali ditempatkan di ujung jalan raya di satu sisi atau di tengah-tengah jalan.

Penetapan stasioning sangat penting dalam konstruksi karena memastikan bahwa konstruksi dilakukan dengan akurasi yang tinggi dan sesuai dengan rencana yang telah ditentukan.

Tabel 2.5 Penetapan Stasioning

TITIK		Perhitungan	Stasioning
A		Sta.A	0+000.000
Tikungan 1 (SCS)	TS	Sta.A+d1-TS1	0+921.038
	SC	Sta.TS+LS	1+026.038
	CS	Sta.SC+LC	1+235.558
	ST	Sta.CS+LS	1+340.558
Tikungan 2 (SCS)	TS	Sta.ST1+d2-TS1-TC2	2+871.740
	SC	Sta.TS+LS	2+976.740
	CS	Sta.SC+LC	3+459.659
	ST	Sta.CS+LS	3+564.659
Tikungan 3 (SCS)	TS	Sta.ST2+d3-TS2-TC3	5+516.251
	SC	Sta.TS+LS	5+621.251
	CS	Sta.SC+LC	5+641.686
	ST	Sta.CS+LS	5+746.686
B		Sta.B	7+538,68

2.8.3 Perencanaan Tikungan

Perencanaan tikungan adalah proses merancang, mengukur, dan menentukan parameter tikungan pada suatu jalan atau lintasan. Tujuan dari perencanaan tikungan untuk menciptakan jalur yang aman dan nyaman bagi kendaraan atau rel kereta api untuk melalui tikungan dengan kecepatan yang diinginkan. Perencanaan tikungan yang tepat sangat penting untuk mencegah kecelakaan dan kerusakan pada kendaraan serta meningkatkan efisiensi dan keamanan transportasi.

Tabel 2.6 Sudut Tikungan

TITIK	KOORDINAT		JARAK			Azimuth	Sudut Tikungan
	X	Y	ΔX (m)	ΔY (m)	d (m)	α	Δ
A	7385.76 4	7873.58 3	104.34	-	1136.67203 9	174.733160 4	
				1131.87 3			
PI1	7490.10 4	6741.71	666.447	-	998.038197 9	138.105815 3	36.627
				742.919			
PI2	8156.55 1	5998.79 1	2158.78 2	1456.34 6	2604.08974 4	235.995820 1	97.890
PI3	10315.3 33	7455.13 7	1677.85 8	-	3199.51529	211.628537 2	24.367
				2724.27 8			
B	11993.1 91	4730.85 9					

Dari data klasifikasi medan jalan didapatkan kemiringan medan sebesar 20,53% sesuai dengan data tabel dibawah in, maka jenis medannya adalah perbukitan dam memiliki notasi B.

Tabel 2.7 Klasifikasi Medan Jalan

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

Tabel 2.8 Klasifikasi Medan menurut AASHTO

Data Diketahui		
Fungsi Jalan	Arteri Kelas I	
LHRT Tahun Rencana	79900	smp/hari
Kriteria Desain		
Klasifikasi Medan	Perbukitan	
Konfigurasi Jalan	4/2'	
Kecepatan Rencana	70	km/h
Lebar Rumaja	5	m
Lebar Rumija	15	m
Lebar Ruwasja	15	m
Lebar Lajur	3	m
Lebar Bahu Dalam	0.5	m
Lebar Bahu Luar	1.5	m
Lebar Median	9	m
Superelevasi Normal	2	%
Superelevasi Bahu	6	%
Superelevasi Maksimum	8	%
Kelandaian Maksimum	7	%

Berikut adalah perhitungan tikungan dari alinemen horizontal:

Tabel 2.9 Perhitungan Tikungan I ($R = 492$ m)

Δ	36,627
R (m)	492
ed tabel (%)	5,6
Ls 1 (MRG)	66,82
Δ	36,627
Ls 2 (Table)	57
Ls 3 (GALA)	12,43
Ls 4 (Min, DC)	48,60
Ls max	108,66
Ls desain	105
Cek Ls	OK
Ltr	37,5
Cek Ltr AB/BC	OK
Cek Ltr CE	OK
Θ_s	6,114
Δ_c	24,4
Lc (m)	209,520
Yc (m)	3,735
Xc (m)	104,880
k (m)	52,480
p (m)	0,936
Cek p	OK
Ts (m)	215,634
Es (m)	27,235
L Total	419,520
A	227,288
Cek A	OK
d (A-PI 1)	1,270,809
CEK d	OK

- a. Tikungan I (*Spiral – Circle – Spiral*)

Klasifikasi jalan : Arteri Jalan Kelas I

Δ = 36,627°

V_r = 70 km/jam

$$e_{\max} = 8\% = 0.08$$

Lebar jalur 9 meter

$$R_{\min} = \frac{Vr^2}{127(e_{\max}+f)} = \frac{70^2}{127(0,08+0,147)} = 169,9677 \text{ m}$$

Dari tabel: $R_{\text{desain}} = 492 \text{ m}$; $L_{S_{\text{desain}}} = 105$; $e = 5,6$

$$L_s = 2\theta_s R_c \rightarrow \theta_s = \frac{L_s}{2R_c} = \frac{120}{2 \times 492} \times \frac{360}{2\pi} = 6,114^\circ$$

$$\Delta = 2\theta_s + \Delta_c \rightarrow \Delta_c = \Delta - 2\theta_s = 36,627^\circ - 2(6,114) = 24,4$$

$$L_c = \frac{\Delta_c}{360} 2\pi R_c = \frac{24,4}{360} \times 2\pi \times 492 = 209,520 \text{ m}$$

$$Y_c = \frac{L_s^2}{6R_c L_s} = \frac{105^2}{6 \times 492} = 3,735 \text{ m}$$

$$X_c = L_s - \frac{L_s^3}{40 R_c^2 L^2} = 105 - \frac{105^3}{40 \times 492^2} = 104,880 \text{ m}$$

$$\theta_s = 6,114^\circ \rightarrow p = 0,936 \text{ m}$$

$$\theta_s = 6,114^\circ \rightarrow k = 52,480 \text{ m}$$

$$E_s = (R_c + P) \sec \frac{\Delta}{2} - R_c = (492 + 0,936) \sec \frac{36,627}{2} - 492 = 27,235 \text{ m}$$

$$T_s = (R_c + P) \tan \frac{\Delta}{2} + k = (492 + 0,936) \tan \frac{36,627}{2} + 52,480 = 215,634 \text{ m}$$

Keterangan:

Δ = sudut tikungan atau sudut tangent (derajat)

V_r = kecepatan rencana

e_{\max} = elevasi maksimum

R_{\min} = jari-jari minimum

L_c = panjang tikungan (m)

R_c = jari-jari

X_s = absis titik SC pada garis tangent, jarak titik TS ke SC.

Y_s = ordinat titik SC pada garis tegak lurus pada garis tangent

- θ_s = sudut lengkung spiral
 E_s = jarak dari PI ke lingkaran
 T_s = jarak dari titik TS ke PI
 p = pergeseran tangen terhadap spiral

Tabel 2. 10 Perhitungan Tikungan II ($R = 492$ m)

Δ	97,890
R (m)	492
ed tabel (%)	5,6
Ls 1 (MRG)	66,82
Ls 2 (Table)	57
Ls 3 (GALA)	12,43
Ls 4 (Min, DC)	48,60
Ls max	108,66
Ls desain	105
Cek Ls	OK
Ltr	37,5
Cek Ltr AB/BC	OK
Cek Ltr CE	OK
k (m)	52,480
p (m)	0,936
Cek p	OK
T_s (m)	618,440
E_s (m)	258,531
L Total	945,583
A	227,288
Cek A	OK
d (A-PI 1)	1270,81
CEK d	OK

b. Tikungan II (*Spiral – Circle – Spiral*)

Klasifikasi jalan : Arteri Jalan Kelas I

Δ = 36.627°

V_r = 70 km/jam

e_{max} = 8% = 0.08

Lebar jalur 9 meter

$$R_{\min} = \frac{V_r^2}{127(e_{\max}+f)} = \frac{70^2}{127(0,08+0,147)}$$

$$= 169,9677 \text{ m}$$

Dari tabel: $R_{\text{desain}} = 492 \text{ m}$; $L_{S_{\text{desain}}} = 105$; $e = 5,6$

$$L_s = 2\theta_s R_c \rightarrow \theta_s = \frac{L_s}{2R_c} = \frac{120}{2 \times 492} \times \frac{360}{2\pi}$$

$$= 6,114^\circ$$

$$\Delta = 2\theta_s + \Delta_c \rightarrow \Delta_c = \Delta - \theta_s = 36,627^\circ - 2(6,114)$$

$$= 24,400$$

$$L_c = \frac{\Delta_c}{360} 2\pi r = \frac{24,400}{360} \times 2\pi 492$$

$$= 209,520 \text{ m}$$

$$Y_c = \frac{L_s^2}{6R_c L_s} = \frac{105^2}{6 \times 492}$$

$$= 3,735$$

$$X_c = L_s - \frac{L_s^3}{40 R_c^2 L^2} = 105 - \frac{105^3}{40 \times 492^2}$$

$$= 104,880 \text{ m}$$

$$\theta_s = 6,114^\circ \rightarrow p = 0,936 \text{ m}$$

$$\theta_s = 6,114^\circ \rightarrow k = 52,480 \text{ m}$$

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

$$= (492 + 0,936) \sec \frac{36,627}{2} - 492$$

$$= 27,235 \text{ m}$$

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

$$= (492 + 0,936) \tan \frac{36,627}{2} + 52,480$$

$$= 215,634 \text{ m}$$

Keterangan:

Δ = sudut tikungan atau sudut tangent (derajat)

V_r = kecepatan rencana

e_{\max} = elevasi maksimum

R_{\min} = jari-jari minimum

L_c = panjang tikungan (m)

R_c = jari-jari

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

Y_s = ordinat titik SC pada garis tegak lurus pada garis tangen

θ_s = sudut lengkung spiral

E_s = jarak dari PI ke lingkaran

T_s = jarak dari titik TS ke PI

p = pergeseran tangen terhadap spiral

Tabel 2. 11 Perhitungan Tikungan III (R = 492 m)

Δ	24,367
R (m)	492
ed tabel (%)	5,6
Ls 1 (MRG)	66,82
Ls 2 (Table)	57
Ls 3 (GALA)	12,43
Ls 4 (Min, DC)	48,60
Ls max	108,66
Ls desain	105
Cek Ls	OK
Ltr	37,5
Cek Ltr AB/BC	OK
Cek Ltr CE	OK
Θ_s	6,114
Δ_c	12,140
Lc (m)	104,242
Yc (m)	3,735
Xc (m)	104,880
k (m)	52,480
p (m)	0,936
Cek p	OK
Ts (m)	158,909
Es (m)	12,295
L Total	314,242
A	227,288
Cek A	OK

c. Tikungan III (*Spiral – Circle – Spiral*)

Klasifikasi jalan : Arteri Jalan Kelas I

$$\Delta = 24,367^\circ$$

$$V_r = 70 \text{ km/jam}$$

$$e_{\max} = 8\% = 0.08$$

Lebar jalur 9 meter

$$R_{\min} = \frac{V_r^2}{127(e_{\max} + f)} = \frac{70^2}{127(0,08 + 0,147)}$$

$$= 169,9677 \text{ m}$$

Dari tabel: R_{desain} = 492 m ; L_{s_{desain}} = 105 ; e = 5,6

$$\begin{aligned}
 L_s &= 2\theta_s R_c \rightarrow \theta_s = \frac{L_s}{2R_c} = \frac{120}{2 \times 492} \times \frac{360}{2\pi} \\
 &= 6,114^\circ \\
 \Delta &= 2\theta_s + \Delta_c \rightarrow \Delta_c = \Delta - 2\theta_s = 24,367^\circ - 2(6,114) \\
 &= 12,140 \\
 L_c &= \frac{\Delta_c}{360} 2\pi r = \frac{12,140}{360} \times 2\pi 492 \\
 &= 104,242 \text{ m} \\
 Y_c &= \frac{L_s^2}{6R_c L_s} = \frac{105^2}{6 \times 492} \\
 &= 3,735 \text{ m} \\
 X_c &= L_s - \frac{L_s^3}{40 R_c^2 L^2} = 105 - \frac{105^3}{40 \times 492^2} \\
 &= 104,880 \text{ m} \\
 \theta_s &= 6,114^\circ \rightarrow p = 0,936 \text{ m} \\
 \theta_s &= 6,114^\circ \rightarrow k = 52,480 \text{ m} \\
 E_s &= (R_c + P) \sec \frac{\Delta}{2} - R_c \\
 &= (492 + 0,936) \sec \frac{24,367}{2} - 492 \\
 &= 12,295 \text{ m} \\
 T_s &= (R_c + P) \tan \frac{\Delta}{2} + k \\
 &= (492 + 0,936) \tan \frac{24,367}{2} + 52,480 \\
 &= 158,909 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Keterangan:

- Δ = sudut tikungan atau sudut tangent (derajat)
- V_r = kecepatan rencana
- e_{max} = elevasi maksimum
- R_{min} = jari-jari minimum
- L_c = panjang tikungan (m)
- R_c = jari-jari
- X_s = absis titik SC pada garis tangen, jarak titik TS ke SC.
- Y_s = ordinat titik SC pada garis tegak lurus pada garis tangent
- θ_s = sudut lengkung spiral
- E_s = jarak dari PI ke lingkaran
- T_s = jarak dari titik TS ke PI
- p = pergeseran tangen terhadap spiral

2.9 Alinemen Vertikal

Alinemen vertikal juga disebut sebagai penampang memanjang jalan yang merupakan perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan dengan sumbu jalan untuk jalan dengan 2 lajur 2 arah.

2.9.1 Elevasi Stasioning

Tabel 2.12 Stasioning Alinemen Vertikal

PVI	Station	Easting	Northing	Elevation Existing	Elevation Design	Elevation Difference	Point Type
0	0+000,00	7,385,764	7,873,583	301,106	324,000	-22,894	Start
1	0+050,00	73,903,537	78,237,941	301,369	325,841	-24,472	Regular
2	0+100,00	73,949,434	77,740,052	301,171	327,682	-26,512	Regular
156	7+800,00	119,206,571	48,486,297	535,856	520,987	14,870	Regular
157	7+850,00	119,468,776	48,060,564	547,605	523,584	24,021	Regular
158	7+900,00	119,730,981	47,634,831	549,043	526,182	22,861	Regular

2.9.2 Superelevasi Tikungan

a. Tikungan I (*Spiral Circle Spiral*)

Superelevation Curve	Start Station	End Station	Length	Overlap	Left Outside Shoulder	Left Outside Lane	Left Inside Lane	Right Inside Lane	Right Outside Lane	Right Outside Shoul..
Curve.1										
Transition In Region	0+883.54m	1+026.04m	142.500m							
Runout	0+883.54m	0+921.04m	37.500m							
End Normal Crown	0+883.54m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-6.00%
Level Crown	0+921.04m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	-6.00%
Runoff	0+921.04m	1+026.04m	105.000m							
Level Crown	0+921.04m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	-6.00%
Reverse Crown	0+963.04m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	2.00%	2.00%	-6.00%
Begin Full Super	1+026.04m				-6.00%	-5.60%	-5.60%	5.60%	5.60%	-6.00%
Begin Curve	1+026.04m									
Transition Out Region	1+235.56m	1+378.06m	142.500m							
Runoff	1+235.56m	1+340.56m	105.000m							
End Full Super	1+235.56m				-6.00%	-5.00%	-5.00%	5.00%	5.00%	-6.00%
End Curve	1+235.56m									
Reverse Crown	1+298.56m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	2.00%	2.00%	-6.00%
Level Crown	1+340.56m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	-6.00%
Runout	1+340.56m	1+378.06m	37.500m							
Level Crown	1+340.56m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	-6.00%
Begin Normal Cro..	1+378.06m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-6.00%

Gambar 2.12 Data Superelevasi Tikungan I

b. Tikungan II (*Spiral Circle Spiral*)

Superelevation Curve	Start Station	End Station	Length	Overlap	Left Outside Shoulder	Left Outside Lane	Left Inside Lane	Right Inside Lane	Right Outside Lane	Right Outside Shoul...
Curve.2										
Transition In Region	1+603.65m	1+746.15m	142.500m							
Runout	1+603.65m	1+641.15m	37.500m							
End Normal Crown	1+603.65m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-6.00%
Level Crown	1+641.15m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	-6.00%
Runoff	1+641.15m	1+746.15m	105.000m							
Level Crown	1+641.15m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	-6.00%
Reverse Crown	1+603.15m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	2.00%	2.00%	-6.00%
Begin Full Super	1+746.15m				-6.00%	-5.60%	-5.60%	5.60%	5.60%	-6.00%
Begin Curve	1+746.15m									
Transition Out Region	2+346.23m	2+488.73m	142.500m							
Runoff	2+346.23m	2+451.23m	105.000m							
End Full Super	2+346.23m				-6.00%	-5.00%	-5.00%	5.00%	5.00%	-6.00%
End Curve	2+346.23m									
Reverse Crown	2+409.23m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	2.00%	2.00%	-6.00%
Level Crown	2+451.23m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	-6.00%
Runout	2+451.23m	2+488.73m	37.500m							
Level Crown	2+451.23m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	-6.00%
Begin Normal Cro.	2+488.73m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-6.00%

Gambar 2.13 Data Superelevasi Tikungan II

c. Tikungan III (*Spiral Circle Spiral*)

Superelevation Curve	Start Station	End Station	Length	Overlap	Left Outside Shoulder	Left Outside Lane	Left Inside Lane	Right Inside Lane	Right Outside Lane	Right Outside Shoul...
Curve.3										
Transition In Region	3+969.72m	4+112.22m	142.500m							
Runout	3+969.72m	4+007.22m	37.500m							
End Normal Crown	3+969.72m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-6.00%
Level Crown	4+007.22m				-6.00%	0.00%	0.00%	-2.00%	-2.00%	-6.00%
Runoff	4+007.22m	4+112.22m	105.000m							
Level Crown	4+007.22m				-6.00%	0.00%	0.00%	-2.00%	-2.00%	-6.00%
Reverse Crown	4+049.22m				-6.00%	2.00%	2.00%	2.00%	-2.00%	-6.00%
Begin Full Super	4+112.22m				-6.00%	5.60%	5.60%	-5.60%	-5.60%	-6.00%
Begin Curve	4+112.22m									
Transition Out Region	4+800.45m	4+942.95m	142.500m							
Runoff	4+800.45m	4+905.45m	105.000m							
End Full Super	4+800.45m				-6.00%	5.00%	5.00%	-5.00%	-5.00%	-6.00%
End Curve	4+800.45m									
Reverse Crown	4+863.45m				-6.00%	2.00%	2.00%	-2.00%	-2.00%	-6.00%
Level Crown	4+905.45m				-6.00%	0.00%	0.00%	-2.00%	-2.00%	-6.00%
Runout	4+905.45m	4+942.95m	37.500m							
Level Crown	4+905.45m				-6.00%	0.00%	0.00%	-2.00%	-2.00%	-6.00%
Begin Normal Cro.	4+942.95m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-6.00%

Gambar 2.14 Data Superelevasi Tikungan III

2.9.3 Jarak Pandang Henti

Jarak pandang henti (*stopping sight distance*) adalah jarak minimal yang diperlukan oleh seorang pengemudi untuk melihat hambatan di depannya, merespons dengan menginjak rem, dan kemudian berhenti dengan aman sebelum mencapai hambatan tersebut. Jarak pandang henti sangat penting untuk keselamatan lalu lintas dan merupakan parameter desain geometris jalan yang harus diperhitungkan dalam perencanaan dan desain jalan.

a. Lengkung vertikal cembung

Tabel 2.13
Panjang Lengkung Cembung

	Cembung 1	Cembung 2	Cembung 3	Cembung 5	Cembung 6
V (km/jam)	70	70	70	70	70
A (%)	0.748	3.389	3.013	9.623	1.076
Stop Sight Distance					
S (m)	105	105	105	105	105
K	17	17	17	17	17
L (m)	-669.749	15.845	-8.409	141.625	-401.804
Lv (Cek S)	-669.749	15.845	-8.409	161.244	-401.804
Lv (K)	12.715	57.614	51.216	163.599	18.284
Lv SSD (m)	12.715	57.614	51.216	163.599	18.284
Passing Sight Distance					
S (m)	210	210	210	210	210
K	51	51	51	51	51
L (m)	-735.171	165.06	133.214	330.219	-383.341
Lv (Cek S)	-735.171	165.06	133.214	491.197	-383.341
Lv (K)	38.145	172.841	153.648	490.796	54.851
Lv PSD (m)	38.145	172.841	153.648	491.197	54.851
Lv Desain					
Lv Desain (m)	39	173	154	492	55

Berikut adalah perhitungan dari lengkung cembung I:

$$\begin{aligned}
 \text{Vrencana} &= 70 \text{ km/jam} \\
 A\% &= 0,748\% \\
 \text{Stop sight distance} \\
 S \text{ (m)} &= 105 \\
 K &= 17 \\
 L \text{ (m)} &= 2s - \frac{658}{A} = 2 \times 105 - \frac{658}{0,748} = -669,749 \\
 \text{Lv (Cek S)} &= -669,749 \\
 \text{Lv (K)} &= K \times A = 17 \times 0,748 = 12,715 \\
 \text{Lv SSD (m)} &= 12,715 \\
 \text{Passing stop distance} \\
 S \text{ (m)} &= 210 \\
 K &= 51 \\
 L &= 2 \times \frac{s-658}{A} = 2 \times \frac{210-658}{0,748} = -735,171 \\
 \text{Lv (Cek S)} &= -735,171 \\
 \text{Lv (K)} &= K \times A = 51 \times 0,748 = 38,145
 \end{aligned}$$

Lv PSD (m) = 38,145
 Lv Desain = 39

b. Lengkung vertikal cekung

Tabel 2.14 Panjang Lengkung Cekung

	Cekung 1	Cekung 2	Cekung 3
V (km/jam)	70	70	70
A (%)	0.82	4.31	9.62
Headlight Sight Distance			
S (m)	105	105	105
L (m)	-387.902	96.913	159.342
Lv (Cek S)	-387.902	96.913	217.638
Lv (m)	0	96.91250049	217.638
Passenger Comfort			
Lv (m)	10.114	53.476	119.379
Design Control			
K	23	23	23
Lv (m)	18.753	99.149	221.339
Lv Desain			
Lv Desain (m)	19	100	222

Table 3-36. Design Controls for Sag Vertical Curves

Metric				U.S. Customary			
Design Speed (km/h)	Stopping Sight Distance (m)	Rate of Vertical Curvature, K^a		Design Speed (mph)	Stopping Sight Distance (ft)	Rate of Vertical Curvature, K^a	
		Calculated	Design			Calculated	Design
20	20	2.1	3	15	80	9.4	10
30	35	5.1	6	20	115	16.5	17
40	50	8.5	9	25	155	25.5	26
50	65	12.2	13	30	200	36.4	37
60	85	17.3	18	35	250	49.0	49
70	105	22.6	23	40	305	63.4	64
80	130	29.4	30	45	360	78.1	79
90	160	37.6	38	50	425	95.7	96
100	185	44.6	45	55	495	114.9	115
110	220	54.4	55	60	570	135.7	136
120	250	62.8	63	65	645	156.5	157
130	285	72.7	73	70	730	180.3	181
				75	820	205.6	206
				80	910	231.0	231

^a Rate of vertical curvature, K , is the length of curve (m) per percent algebraic difference intersecting grades (A), $K = L/A$.

Berikut adalah perhitungan dari lengkung cekung I:

$$\begin{aligned}
 \text{Vrencana} &= 70 \text{ km/jam} \\
 A\% &= 0,82\% \\
 \text{Headlight sight distance} \\
 S \text{ (m)} &= 105 \\
 L \text{ (m)} &= 2s - \frac{658}{A} = 2 \times 105 - \frac{658}{0,82} = -387,902 \\
 L_v \text{ (Cek S)} &= S < L, \text{ maka digunakan } 2s - \frac{658}{A} = -387,902 \\
 L_v \text{ (m)} &= 0 \\
 \text{Passanger comfort} \\
 L_v \text{ (m)} &= \frac{AV^2}{395} = \frac{0,82 \times 70^2}{395} = 10,114 \\
 \text{Design control} \\
 K &= 23 \\
 L_v \text{ (m)} &= K \times A = 23 \times 0,82 = 18,753 \\
 L_v \text{ Desain} &= 19
 \end{aligned}$$

2.10 Pekerjaan Galian dan Timbunan

a. Galian dan Timbunan

Pemindahan sejumlah volume tanah akibat adanya perbedaan ketinggian (ketinggian muka tanah asli dengan ketinggian rencana trase) disebut tempat

Tabel 2.15 Perhitungan Galian dan Timbunan

<u>Station</u>	<u>Cut Area</u> <u>(Sq.m.)</u>	<u>Cut</u> <u>Volume</u> <u>(Cu.m.)</u>	<u>Fill Area</u> <u>(Sq.m.)</u>	<u>Fill</u> <u>Volume</u> <u>(Cu.m.)</u>	<u>Cum. Cut</u> <u>Vol.</u> <u>(Cu.m.)</u>	<u>Cum. Fill</u> <u>Vol.</u> <u>(Cu.m.)</u>
0+000.000	0	0	350.87	0	0	0
0+050.000	0	0	390.84	18542.86	0	18542.86
0+100.000	0	0	439.87	20767.93	0	39310.79
7+450.000	476.59	19544.42	0	0	1517344.78	1186919.33
7+500.000	456.33	23322.88	0	0	1540667.66	1186919.33
7+538.682	425.38	17053.25	0	0	1557720.9	1186919.33

2.11 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan. Perkerasan jalan juga bagian dari jalan raya yang diperkeras dengan agregat dan aspal atau semen yang berfungsi sebagai bahan ikatnya agar mempunyai kekuatan, ketebalan, kekakuan agar mampu mendistribusikan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman. Fungsi utama perkerasan adalah memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan. Perkerasan dirancang untuk menahan dan mendistribusikan beban lalu lintas yang melewati jalan. Perkerasan jalan berperan penting dalam mendukung mobilitas, keamanan, dan kenyamanan di transportasi jalan raya. Menurut Sukirman (1992) berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan seperti berikut,

a. Perkerasan Lentur (*flexible pavement*)

Perkerasan ini menggunakan aspal sebagai bahan ikatnya yang berfungsi untuk menerima beban lalu-lintas dan menyebarkan ke lapisan dibawahnya.

b. Perkerasan Kaku (*rigid pavement*)

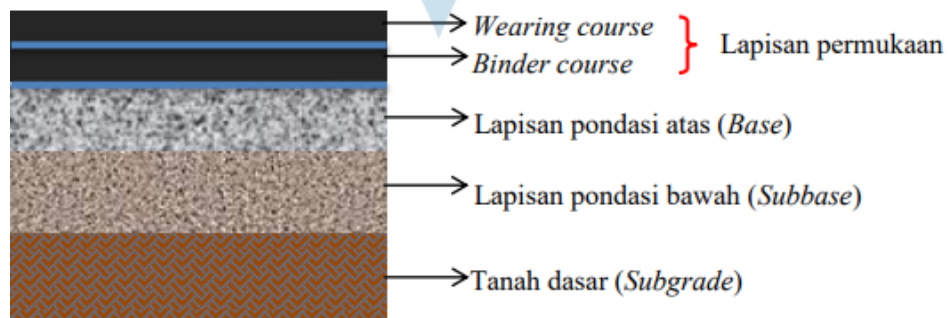
Perkerasan kaku atau perkerasan beton semen adalah suatu konstruksi (perkerasan) dengan bahan baku agregat dan menggunakan semen sebagai bahan ikatnya. Pada perkerasan ini daya dukung utama diperoleh dari pelat beton

2.12 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur atau perkerasan fleksibel adalah perkerasan yang menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan di bawahnya yang memberikan struktur yang *flexible* dan elastis.

Struktur Perkerasan Lentur:

- a. Permukaan aspal (*Surface Course*)
Permukaan aspal adalah lapisan teratas perkerasan lentur yang langsung bersentuhan dengan kendaraan. Lapisan ini terbuat dari campuran aspal panas yang tahan terhadap deformasi dan memberikan permukaan halus untuk lalu lintas.
- b. Lapisan penahan (*Binder Course*)
Lapisan penahan berada di bawah permukaan aspal dan bertindak sebagai lapisan pengikat antara permukaan aspal dan lapisan bawahnya. Lapisan penahan biasanya terdiri dari campuran agregat kasar dengan aspal sebagai bahan ikatnya.
- c. Lapisan dasar (*Base Course*)
Lapisan dasar merupakan lapisan di bawah lapisan penahan dan berfungsi untuk mendistribusikan beban lalu lintas ke tanah dasar. Lapisan dasar terdiri dari campuran agregat kasar yang dikompaksi dengan baik.
- d. *Subbase*
Subbase adalah lapisan di bawah lapisan dasar dan berfungsi untuk meratakan permukaan tanah dasar serta meningkatkan kemampuan drainase. *Subbase* dapat terbuat dari material seperti kerikil atau batu pecah.



Gambar 2.15 Lapisan Perkerasan Lentur

2.13 Perkerasan Kaku

Perkerasan kaku (*rigid pavement*) adalah perkerasan jalan yang terdiri atas plat beton semen sebagai lapis pondasi dan lapis pondasi bawah di atas tanah dasar. Karena memakai beton sebagai bahan bakunya, perkerasan jenis ini juga biasa disebut sebagai jalan beton. Dalam konstruksinya, plat beton sering dinamakan lapis pondasi sebab adanya kemungkinan lapisan aspal beton di atasnya sebagai lapis permukaan. bH Jalan-jalan tersebut pada umumnya menggunakan beton sebagai bahan pekerasannya, tetapi untuk meningkatkan kenyamanan biasanya diatas permukaan perkerasan dilapisi aspal.

Keunggulan dari perkerasan kaku dibandingkan perkerasan lentur (*asphalt*) adalah bagaimana distribusi beban disalurkan ke *subgrade*. Perkerasan kaku mempunyai kekakuan dan *stiffnes*, maka akan mendistribusikan beban pada daerah yang relatif luas pada *subgrade*, beton sendiri bagian utama yang menanggung beban struktural, sedangkan pada perkerasan lentur karena dibuat dari material yang kurang kaku, maka persebaran beban yang dilakukan tidak sebaik pada beton, sehingga memerlukan ketebalan yang lebih besar.

2.14 Perhitungan Perkerasan Jalan

Berikut adalah data perkerasan jalan:

- a. Tipe perkerasan digunakan adalah tipe perkerasan kaku (beton semen)
- b. Data lalu-lintas harian rata-rata dari kota Batu:

1) Sepeda motor	: 1300 buah/hari
2) Mobil pribadi	: 900 buah/hari
3) Bus	: 185 buah/hari
4) Truk 2 as ringan	: 88 buah/hari
5) Truk 2 as berat	: 54 buah/hari
6) Truk 3 as berat	: 50 buah/hari
7) CBR tanah dasar	: 5 %

2.14.1 Perkerasan Lentur

Berikut merupakan prosedur mengenai perkerasan lentur.

Prosedur-prosedur ini harus diikuti sebagaimana diuraikan dalam setiap bab:		
1. Tentukan umur rencana (Tabel 2.1 Umur Rencana Perkerasan)		Bab 2
2. Tentukan nilai-nilai ESA4 dan atau ESA5 sesuai umur rencana yang dipilih		Bab 4
3. Tentukan tipe perkerasan berdasarkan Tabel 3.1 atau pertimbangan biaya (analisis <i>discounted life-cycle cost</i>).		Bab 3
4. Tentukan segmen tanah dasar dengan daya dukung yang seragam.		Bab 6
5. Tentukan struktur fondasi perkerasan.		Bab 6
6. Tentukan struktur perkerasan yang memenuhi syarat dari Bagan Desain - 3 atau Bagan Desain lainnya yang sesuai.		Bab 7
7. Tentukan standar drainase bawah permukaan yang dibutuhkan		Bab 5
8. Tetapkan kebutuhan daya dukung tepi perkerasan		Bab 8
9. Tentukan kebutuhan pelapisan (<i>sealing</i>) bahu jalan		Lampiran F
10. Ulangi langkah 5 sampai 9 untuk setiap segmen yang seragam.		1.1.1

a. Umur Rencana Perkerasan

Umur Rencana (UR) adalah jumlah waktu dalam tahun dihitung dari mulai dibukanya jalan tersebut sampai saat diperlukan perbaikan berat atau dianggap perlu untuk diberi lapis permukaan yang baru.

Tabel 2. 16 Umur Rencana

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun)
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir	20
	Fondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (<i>overlay</i>), seperti: jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan.	
Perkerasan kaku	<i>Cement Treated Based (CTB)</i> Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan.	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

b. JRCP (*Jointed Reinforced Concrete Pavement*)

JRCP (*Jointed Reinforced Concrete Pavement*) adalah jenis perkerasan beton yang menggabungkan material beton yang diperkuat dengan serat baja atau jaring logam untuk meningkatkan kekuatan dan tahan terhadap retak. Sistem ini dirancang untuk mengatasi permasalahan yang dapat timbul pada perkerasan beton konvensional, seperti keretakan permukaan yang disebabkan oleh perubahan suhu dan beban lalu lintas.

$$A_s = \frac{11,76 (F.L.h)}{f_s}$$

Keterangan:

- A_s = luas tulangan yang diperlukan, ($\frac{mm^2}{m}$ lebar)
 F = koefisien-koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan dibawahnya, tak berdimensi-jarak antara sambungan, (m)
 L = jarak antar sambungan, (m)
 h = tebal plat (m)
 f_s = tegangan tarik baja ijin, (Mpa) (± 230 Mpa)

Tabel 2. 17 JRCP (*Jointed Reinforced Concrete Pavement*)

Tabel -7.17 : Koefisien Gesekan antara pelat beton semen dengan Lapisan Pondasi di bawahnya	
Jenis Pondasi	Faktor Gesekan (F)
BURTU, LAPEN dan konstruksi sejenis	2.2
Aspal Beton, LATASTON	1.8
Stabilisasi kapur	1.8
Stabilisasi aspal	1.8
Stabilisasi semen	1.8
Koral sungai	1.5
Batu pecah	1.5
Sirtu	1.2
Tanah	0.9

dari : SKBI 2.3.28.1988

Berikut perhitungan dari JRCP:

1) Tulangan Memanjang

- F = 1,8 (stabilisasi semen)
 L = 14 m
 h = 305 mm

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar lajur} &= 4,5 \text{ m} \\
 f_y &= 210 \text{ Mpa} \\
 A_s &= \frac{11,76 (1,8 \times 14 \times 305)}{230} \\
 &= 153,72 \text{ mm}^2 / \text{ m lebar} \\
 \text{Luas tulangan minimum } A_s &= 0,14\% \text{ (SNI 1991)} \\
 A_{s \text{ min}} &= 0,0014 \times (305) \times (1000) \\
 &= 427 \text{ mm}^2 / \text{ m lebar} \\
 \text{Luas tulangan terpakai } \emptyset 12 \text{ mm} - 250 \text{ mm} &= 452 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

2) Tulangan Melintang

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{11,76 (1,8 \times 14 \times 305)}{210} \\
 &= 430,416 \text{ mm}^2 / \text{ m pias} \\
 \text{Luas tulangan minimum } A_s &= 0,14\% \text{ (SNI 1991)} \\
 A_{s \text{ min}} &= 0,0014 \times (305) \times (1000) \\
 &= 427 \text{ mm}^2 / \text{ m lebar} \\
 \text{Tulangan } \emptyset 10 \text{ mm} - 175 \text{ mm} &= 449 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

3) CRCP (*Continuously Reinforced Concrete Pavement*)

Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan (*Continuously Reinforced Concrete Pavement*) adalah jenis perkerasan beton yang terus menerus diperkuat dengan serat baja atau jaring logam sepanjang panjangnya tanpa adanya sendi pengembangan. Dibandingkan dengan JRCP (*Jointed Reinforced Concrete Pavement*) yang memiliki sendi atau celah yang sengaja dibuat, CRCP dirancang untuk memberikan kekuatan dan daya tahan terhadap retak tanpa memerlukan sendi ekspansi atau kontraksi.

$$P_s = \frac{100 f_t}{(f_y - n \times f_t)} (1,3 - 0,2F)$$

Keterangan:

P_s = presentase tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap penampang beton (%)

f_t = kuat tarik lentur beton yang digunakan $0,4 - 0,5 f_r$ dalam Mpa

f_y = tegangan leleh rencana baja (berdasarkan SNI'91, $f_y < 400$ Mpa BJTD40)

- n = angka ekivalen antara baja dan beton = $\frac{E_s}{E_c}$, tidak berdimensi
F = koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan dibawahnya tidak berdimensi
E_s = modulus elastis baja
E_c = modulus elastis beton



Tabel 2.18 Hubungan antara Kuat Tekan Beton dan Angka Ekuivalen Baja & Beton

f'c (kg/cm ²)	f'c (Mpa)	n	Fr (rata-rata) (Mpa)
115	11.3	13	2.1
x	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

Berikut perhitungan CRCP:

a) Tulangan memanjang

$$f_r = 2,6 \text{ Mpa (karena } f'_c \text{ 18 Mpa), (didapatkan dari ketentuan PPJ)}$$

$$f_t = 0,5 \times f_r = 0,5 \times 2,6 = 1,3 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 210 \text{ Mpa}$$

$$n = 10$$

$$F = 1,8$$

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{18} = 19940, 411 \text{ Mpa}$$

$$P_s = \frac{100 \times 1,3}{(210 - 10 \times 1,3)} \times (1,3 - 0,2 \times 1,8) = 0,611 \%$$

Luas tulangan minimum $A_s = 0,6 \%$

$$A_{s \text{ min}} = 0,006 \times (305) \times (1000)$$

$$= 1830 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

Luas tulangan terpakai $\varnothing 19 \text{ mm} - 150 \text{ mm} = 1890 \text{ mm}$

Pemeriksaan Jarak Teoritis antara Retakan

$$L_{cr} = \frac{f_t^2}{n \cdot p^2 \cdot u \cdot f_b (SE_c - f_t)}, \text{ (diantara } 1 - 2\text{m)}$$

Keterangan:

L_{cr} = jarak teoritis antara retakan dalam meter, (jarak optimum 1-2m)

p = luas tulangan memanjang persatuan luas beban

f_b = tegangan lekat antara tulangan dengan beton

S = koefisien susut beton

F_t = kuat tarik lentur beton yang digunakan 0,4 – 0,5 f_t , dalam Mpa

n = angka ekuivalen antara baja dan beton

u = keliling penampang tulangan persatuan luas penampang = $\frac{4}{d}$, (m⁻¹)
 E_c = modulus elastis beton

Perhitungan:

$$f_t = 0,5 \times f_r = 0,5 \times 2,6 = 1,3 \text{ Mpa}$$

$$n = 10$$

$$f_b = \frac{0,79}{2,2} \times \sqrt{18} = 2 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{18} = 19940,411 \text{ Mpa}$$

$$P = \frac{1830}{(150 \times 1000)} = 0,0122$$

$$u = \frac{4}{d} = \frac{4}{0,019} = 210,526$$

$$L_{cr} = \frac{1,3^2}{8 \times 0,0122^2 \times 210,526 \times 2 \times (0,0005 \times 19940,411 - 1,3)} = 0,408 \text{ m} < 2$$

Tulangan memanjang yang digunakan adalah

b) Tulangan melintang

$$A_s = \frac{11,76 (1,8 \times 14 \times 305)}{210} = 430,416 \text{ mm}^2 / \text{m pias}$$

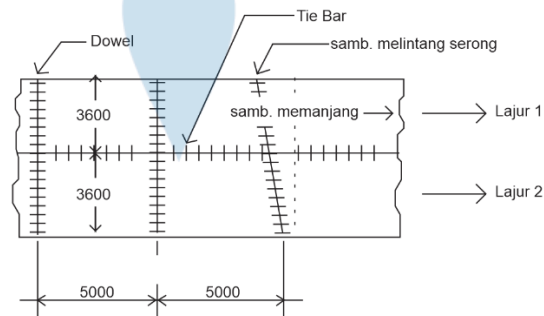
Luas tulangan minimum $A_s = 0,14\%$ (SNI 1991)

$$A_{s \text{ min.}} = 0,0014 \times (305) \times (1000) = 427 \text{ mm}^2 / \text{m lebar}$$

$$\text{Tulangan } \varnothing 10 \text{ mm} - 175 \text{ mm} = 449 \text{ mm}$$

c) Sambungan

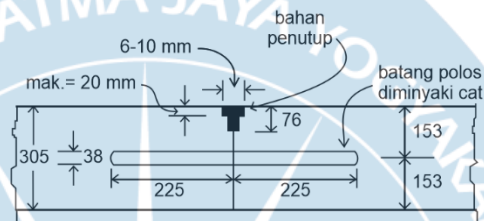
- Tata letak sambungan



Gambar 2.16 Tata letak sambungan

Dengan tebal plat 305 mm, maka jarak sambungan adalah kurang lebih 300 mm.

- Dowel adalah material penghubung antara dua komponen struktur. Dowel dapat berupa batang baja polos maupun profil yang digunakan sebagai sarana penyambung atau pengikat pada perkerasan jalan tipe rigid pavement. Penggunaan dowel bertujuan untuk mentransfer beban dan beban lateral antara dua elemen beton, memastikan kohesi dan kekokohan struktural.



Gambar 2.17 Dowel

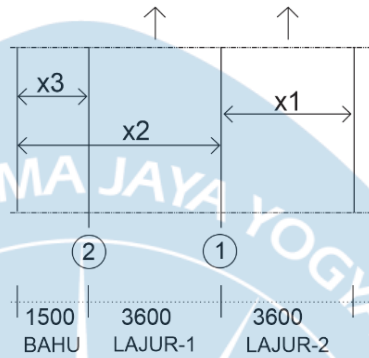
Tebal plat yang digunakan adalah 305 mm, maka ketentuan dowel dapat dilihat pada tabel dibawah, sehingga didapatkan diameter 38 mm dan panjangnya 450 mm dengan jarak 300 mm.

Tabel 2. 19 Tabel Ukuran dan Jarak Batang Dowel

Tebal Pelat Perkerasan		Dowel					
		Diameter		Panjang		Jarak	
Inci	mm	Inci	mm	Inci	mm	Inci	mm
6	150	4-Mar	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

- *Tie Bar*

Tie bar dirancang untuk memegang pelat agar kokoh dan dirancang untuk menahan berbagai gaya tarik maksimum. *Tie bar* sendiri menggunakan batang tulangan.



Gambar 2. 18 *Tie Bar*

Tabel 2. 20 Tabel Perhitungan Biaya

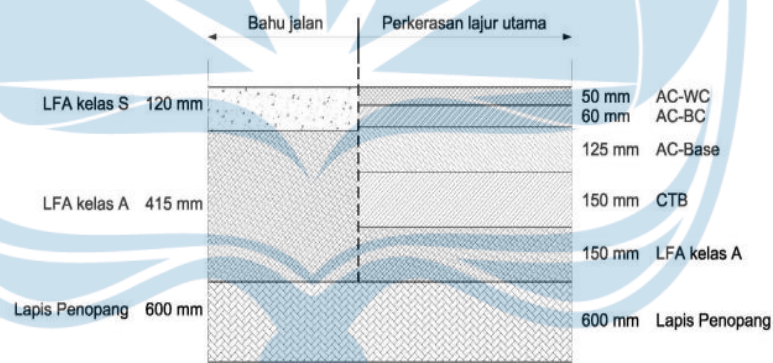
Jenis Kendaraan	Lintas Harian rata-rata (Zarah)	LHR 2026	LHR 2029	VDF 5 faktual	VDF 5 normal	ESA 5 (2026 - 2028)	ESA 5 (2029 - 2053)
1	2	3	4	5	6	7	8
Sepeda Motor	1300	1496	1722	0	0	0	0
Mobil Pribadi	900	1036	1192	0	0	0	0
Bus	185	213	245	1	1	8.00E+04	1.00E+06
Truk 2 as Ringan	88	101	117	0.5	0.5	2.00E+04	3.00E+05
Truk 2 as Berat	54	62	72	9.2	5.1	2.00E+05	2.00E+06
Truk 3 as Berat	50	58	66	14.4	6.4	3.00E+05	2.00E+06
Jumlah ESA 5						6.00E+05	6.00E+06
C ESA 5 ₍₂₀₂₃₋₂₀₅₃₎						6.23E+06	
Faktor Pengalihan Pertumbuhan Lalu Lintas							
R2	2.00048						
R28	28.18219706						

Tabel 2.21 Pertimbangan Biaya

	F1	F2	F3	F4	F5
Repetisi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur rencana	>10-30	>30-50	>50-100	>100-200	>200-500
Jenis permukaan berpengikat	AC	AC			
Jenis Lapisan Fondasi	Cement Treated Base (CTB)				
AC WC	40	40	40	50	550
AC BC	60	60	60	60	60
AC BC atau AC Base	75	100	125	160	220
CTB	150	150	150	150	150
Fondasi Agregat Kelas A	150	150	150	150	150

Berdasarkan hasil Tabel 2.21 maka didapatkan hasil sebagai berikut:

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



Gambar 2. 19 Struktur Perkerasan

Keterangan:

AC WC = Asphaltic Concrete Wearing Course
AC BC = Asphaltic Concrete Binder Course
CTB = Cement Treated Base
LFA = Lapis Fondasi Atas

Tabel 2.22 Desain Perkerasan

STRUKTUR PERKERASAN									
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada jalur rencana	<2	≥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

Berdasarkan hasil Tabel 2.22 maka didapatkan hasil sebagai berikut:

$$AC\ WC = 40$$

$$AC\ BC = 60$$

$$AC\ Base = 80$$

$$LPA\ Kelas\ A = 300$$

Catatan:

Untuk desain perkerasan lentur dengan beban > 6 juta CESA5, diutamakan menggunakan Bagan Desain 4.

a. Struktur fondasi perkerasan

Tabel 2.23 Desain Fondasi Jalan

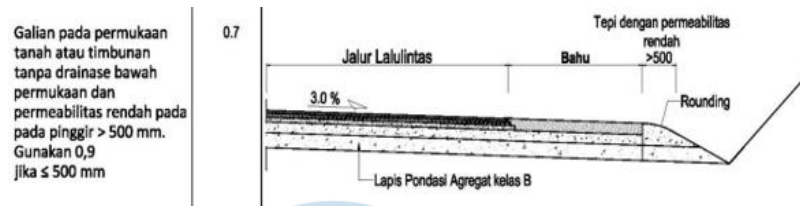
Bagan Desain - 2: Desain Fondasi Jalan Minimum ⁽¹⁾

CBR Tanah dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada jalur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESAS)			
			< 2	2 - 4	> 4	
Tebal minimum perbaikan tanah dasar						
Tidak diperlukan perbaikan						
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi 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	SG2.5		400	500	600	
Tanah ekspansif (potensi pemuaian > 5%)		Lapis penopang ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	1000	1100	1200	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
Perkerasan di atas tanah lunak ⁽²⁾	SG1 ⁽³⁾	-atau- lapis penopang dan geogrid ⁽⁶⁾	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutsir ⁽⁶⁾	1000	1250	1500	

CBR = 2,85%, maka kelas kekuatan Tanah Dasar = SG2.5, dengan tebal minimum perbaikan tanah dasar bernilai = 350 dan stabilisasi semen adalah 300, tanah ekspansif (potensi pemuaian > 5%) = 600.

b. Standar drainase bawah

Drainase merupakan prasarana yang berfungsi mengalirkan air dari permukaan perkerasan ke saluran samping jalan dan selanjutnya ke bangunan resapan buatan atau badan air.



Gambar 2.20 Tipe Drainase

Tabel 2.24 Tabel Tinggi Minimum Tanah Dasar Diatas Muka Air Tanah dan Muka Air Banjir

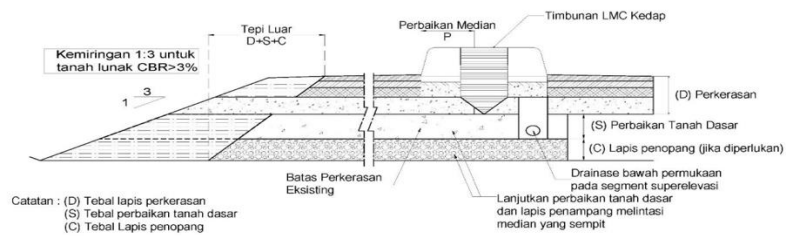
Kelas Jalan (berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan)	Tinggi tanah dasar diatas muka air tanah (mm)	Tinggi tanah dasar diatas muka air banjir (mm)
Jalan Bebas Hambatan	1200 (jika ada drainase bawah permukaan di median)	500 (banjir 50 tahunan)
	1700 (tanpa drainase bawah permukaan di median)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

Apabila timbunan terletak di atas tanah jenuh air sedangkan ketentuan tersebut di atas 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 fondasi (*subbase*). Kontribusi daya dukung lapis drainase terhadap daya dukung struktur perkerasan tidak diperhitungkan.

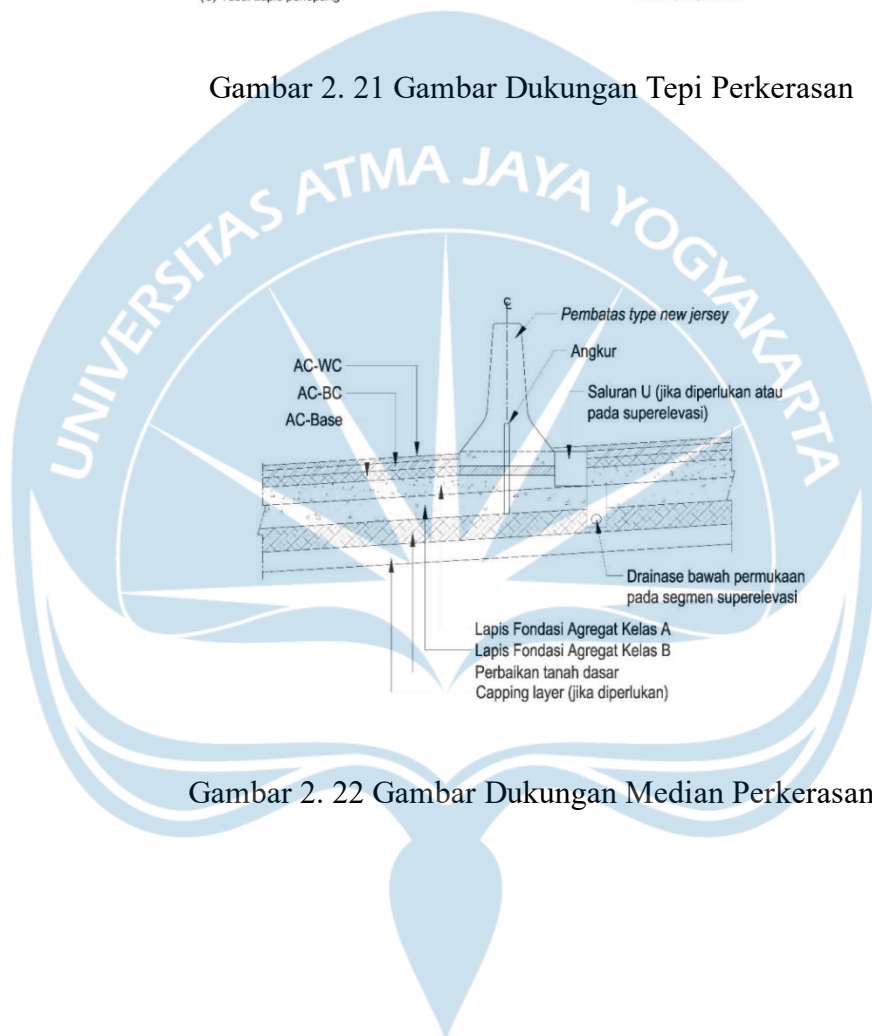
c. Kebutuhan daya dukung tepi perkerasan

Struktur perkerasan memerlukan daya dukung tepi yang cukup, terutama bila terletak pada tanah lunak atau tanah gambut. Ketentuan daya dukung 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
- 2) Timbunan tanpa penahan pada lunak ($CBR < 2.5\%$) atau tanah gambut harus dipasang pada kemiringan tidak lebih curam dari 1C: 3 H



Gambar 2. 21 Gambar Dukungan Tepi Perkerasan



Gambar 2. 22 Gambar Dukungan Median Perkerasan

d. Kebutuhan pelapisan (*sealing*) bahu jalan

Tabel 2. 25 Pelapisan

STRUKTUR PERKERASAN ¹			
	SC1	SC2	SC3
Beban Sumbu 20 tahun pada lajur desain (ESA4 x 10 ⁶)			
	< 0,1	0,1- 0,5	> 0,5 – 4
Ketebalan lapis perkerasan (mm)			
HRS WC, AC WC (halus), Burtu atau Burda	50 (campuran beraspal)		
Lapis Fondasi Agregat Kelas A	160	220	300
Lapis Fondasi Agregat Kelas A atau B ²	110	150	200
Tanah distabilisasi (CBR 6% pada tanah dengan CBR ≥ 3%) ³	160	200	260

- 1) Bahu tanpa pengikat – lapis agregat berbutir kelas S
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) Bahu diperkeras
Bahu diperkeras untuk kebutuhan berikut:
 - a. Jika terdapat kerb (bahu harus ditutup sampai dengan garis kerb).
 - b. Gradien jalan lebih dari 4%.
 - c. Sisi yang lebih tinggi dari kurva superelevasi (superelevasi ≥ 0%).
Dalam kasus ini, bahu pada sisi superelevasi yang lebih tinggi harus sama dengan superelevasi badan jalan.
 - d. Jalan dengan LHRT lebih dari 10.000 kendaraan.
 - e. Jalan tol dan jalan bebas hambatan.

Material bahu diperkeras dapat berupa:

- a. Penetrasi makadam.
- b. Burtu / Burda.
- c. Beton aspal (AC).
- d. Beton semen.

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

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.



2.14.2 Perhitungan Perkerasan Kaku

a. Menentukan umur rencana

Tabel 2.26 Umur Rencana

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun)
Perkerasan Lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir	20
	Fondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (overlay), seperti: jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan.	
	Cement Treated Based (CTB)	
Perkerasan Kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan.	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

b. Faktor pertumbuhan lalu lintas

Tabel 2. 27 Pertumbuhan LHR

	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

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

$$R = \frac{(1+0,01 i)^{UR} - 1}{0,001 i}$$

Keterangan:

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

I = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = umur rencana (tahun)

Dari persyaratan teknis dengan umur rencana 30 tahun.

$$R_{30} = \frac{(1 + 0.01 \times 4.8)^{30} - 1}{0.01 \times 4.8}$$

$$R_{30} = 64,201$$

c. Beban sumbu standar kumulatif

Tabel 2. 28 Kendaraan Niaga

Jenis Kendaraan	Lintas Harian Rata-rata (2 arah)
(1)	(2)
Sepeda Motor	1300
Mobil Pribadi	900
Bus	185
Truk 2 as ringan	88
Truk 2 as berat	54
Truk 3 as berat	50

Tabel 2. 29 Perhitungan CESA5

Jenis Kendaraan	Lintas Harian rata-rata (2arah)	LHR 2026	LHR 2029	VDF 5 faktual	VDF 5 normal	ESA 5 (2026 - 2028)	ESA 5 (2029 - 2053)
1	2	3	4	5	6	7	8
Sepeda Motor	1300	1496	1722	0	0	0	0
Mobil Pribadi	900	1036	1192	0	0	0	0
Bus	185	213	245	1	1	8.E+04	1.E+06
Truk 2 as Ringan	88	101	117	0.5	0.5	2.E+04	3.E+05
Truk 2 as Berat	54	62	72	9.2	5.1	2.E+05	2.E+06
Truk 3 as Berat	50	58	66	14.4	6.4	3.E+05	2.E+06
Jumlah ESA 5						6.E+05	6.E+06
C ESA 5 ₍₂₀₂₃₋₂₀₅₃₎						6.E+06	

Dari perhitungan diatas diperoleh *CESA (Cumulative Equivalent Standard Axles)*

5 adalah 6225064,03

Menentukan struktur fondasi jalan dari Bagan Desain – 2. Bab 6

Tabel 2. 30 Desain Fondasi Jalan

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	
≥ 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)	Tidak diperlukan perbaikan			300
5	SG5		-	-	100	
4	SG4		100	150	200	
3	SG3		150	200	300	
2.5	S2G2.5		175	250	350	
Tanah ekspansif (potensi pemulihan >5%)			400	500	600	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
Perkerasan diatas tanah lunak	SG1	Lapis Penopang	1000	1100	1200	
		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	

CBR tanah dasar yang digunakan adalah sebesar 2,85%, maka kelas kekuatan tanah dasar menggunakan SG2.5 dengan tebal minimum perbaikan tanah dasar adalah 350 dan stabilisasi semen adalah 300.

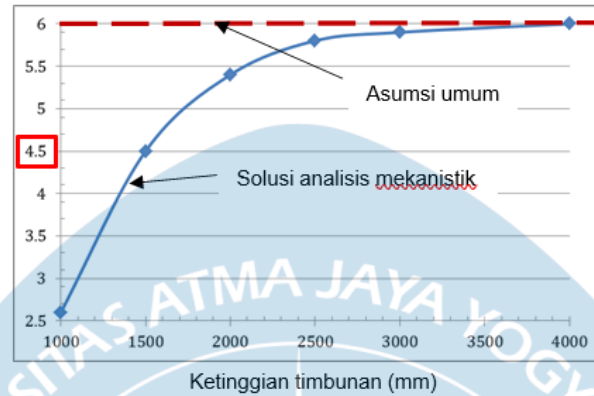
- d. Daya dukung efektif tanah dasar menggunakan solusi tanah lunak Perkerasan kaku sebaiknya tidak menggunakan di atas tanah lunak, kecuali jika dibangun menggunakan fondasi *micro pile*.

Apabila perkerasan kaku dibangun di atas tanah yang lunak, maka fondasi perkerasan tanah lunak harus terdiri atas:

- 1) Penggalian dan penggantian seluruh tanah lunak
- 2) Lapis penopang dengan nilai CBR tidak lebih dari yang ditunjukkan di dalam gambar dan timbunan dengan tinggi tidak kurang dari ketentuan yang telah ditetapkan.

Lapis penopang harus diberikan waktu untuk mengalami konsolidasi (pra pembebanan) harus sesuai dengan batasan perbedaan penurunan. Apabila ketinggian timbunan terbatas seperti halnya pada kasus pelebaran perkerasan

eksisting, harus dilakukan pembongkaran tanah lunak seluruhnya atau menggunakan penanganan khusus.



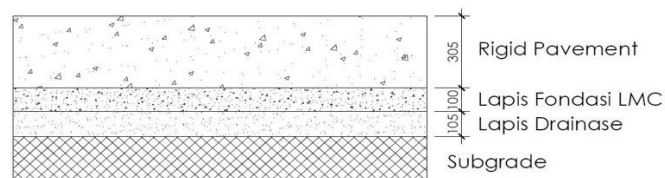
Gambar 2. 23 Daya Dukung Tanah

- e. Struktur lapisan perkerasan sesuai dengan Bagan Desain dan juga tipe jenis sambungan

Tabel 2. 31 Lapisan Perkerasan Sesuai Bagan Desain

Struktur Pakerasan	R5
Kelompok Kendaraan Berat	< 86
Dowel dan Bahu Beton	Ya
Struktur Perkerasan (mm)	
Tebal Pelat	305
Lapis Fondasi LMC	100
Lapis Drainase	150

Dari tabel di atas diketahui bahwa desain perkerasan kaku yang digunakan adalah dengan sambungan dan dowel serta bahu beton, lalu tanpa tulangan distribusi retak.



Gambar 2. 24 Lapisan Perkerasan

- f. Detail desain yang meliputi jenis sambungan dan penulangan pelat Pelat posisi dowel dan *tie bar*, dan sebagainya adalah Pd T-14-2003
- Dengan gambar bagan desain 4, perkerasan beton semen dengan kumulatif kelompok sumbu kendaraan diatas 90 juta, maka struktur untuk lalu lintas dengan jumlah kelompok sumbu kendaraan berat adalah:

Jenis fondasi	: Stabilisasi Semen Pasir dan Tanah
Umur rencana	: 30 tahun
Tebal pelat beton	: 305 mm
Lapis beton kurus (LMC)	: 100 mm
Lapis drainase (LFA kelas A)	: 150 mm
Sambungan	: Dowel dan <i>Tie Bar</i>
Jarak antar sambungan	: 5

