

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Perencanaan Geometrik

2.1.1 Pengertian

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik 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 (Silvia Sukirman, 1999). Perencanaan geometrik jalan juga adalah perencanaan route dari suatu ruas jalan secara lengkap, meliputi beberapa elemen yang disesuaikan dengan kelengkapan dan data dasar yang ada atau tersedia dari hasil survei lapangan dan telah dianalisis, serta mengacu pada ketentuan yang berlaku (Shirley L. Hendarsin, 2000).

Yang menjadi dasar perencanaan dasar perencanaan geometrik jalan adalah sifat gerakan dan ukuran kendaraan, sifat pengemudi dalam mengendalikan gerak kendaraannya dan karakteristik arus lalu lintas. Hal tersebut haruslah menjadi bahan pertimbangan perencana sehingga dihasilkan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan yang memenuhi tingkat kenyamanan dan keamanan yang diharapkan. (Silvia Sukiman, 1999).

Dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya harus memiliki data perencanaan, diantaranya data topografi, data lalu lintas, data tanah dan penunjang lainnya. Semua data ini diperlukan dalam merencanakan konstruksi jalan raya.

Data ini diperlukan dalam merencanakan konstruksi jalan raya karena data ini dapat memberikan gambaran yang sebenarnya dari kondisi suatu daerah dimana ruas jalan ini dibangun. Dengan adanya data ini, kita dapat menentukan geometrik dan tebal perkerajaan yang diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya.

2.1.2 Data Peta Topografi

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

Pengukuran peta topografi dimaksudkan untuk mengumpulkan data topografi yang cukup untuk digunakan dalam perencanaan geometrik. Data peta topografi digunakan untuk menentukan kecepatan sesuai dengan daerahnya. Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan raya. Pekerjaan pengukuran terdiri dari beberapa kegiatan berikut :

- A. Pekerjaan perintisan berupa merintis atau membuka sebagian daerah yang akan diukur sehingga pengukuran dapat berjalan lancar.
- B. Kegiatan pengukuran yang meliputi :
 1. Penentuan titik-titik kontrol vertikal dan horizontal yang dipasang setiap interval 100 meter pada rencana as jalan .
 2. Pengukuran penampang melintang dan penampang memanjang.
 3. Pengukuran situasi pada bagian kiri dan kanan dari jalan yang dimaksud dan disebutkan serta tata guna tanah disekitar trase.
 4. Perhitungan perencanaan desain jalan dan penggambaran peta topografi berdasarkan titik-titik koordinasi kontrol diatas.

2.1.3 Data Lalu Lintas

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

Data arus lalu lintas merupakan informasi dasar bagi perencanaan dan desain suatu jalan. Data ini dapat mencakup suatu jaringan jalan atau hanya suatu daerah tertentu dengan batasan yang telah ditentukan. Data lalu lintas didapatkan dengan melakukan pendataan kendaraan yang melintasi suatu ruas jalan, sehingga dari hasil pendataan ini kita dapat mengetahui volume lalu lintas yang melintasi jalan tersebut, namun data volume lalu lintas yang diperoleh dalam suatu kendaraan per jam (kend/jam).

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

Untuk menghitung Lalu Lintas Harian Rata-Rata pada akhir umur rencana, maka diperlukan faktor laju pertumbuhan lalu lintas (i). Jika tidak tersedia data, maka dapat digunakan faktor laju pertumbuhan lalu lintas (i) menurut Manual Perkerasan Jalan (Revisi Juni 2017) Nomor 04/SE/Db/2017.

Faktor laju pertumbuhan Lalu Lintas (i) pada tahun 2015-2035 dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%)

	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 Perkerasan Jalan, 2017)

2.1.4 Data Penyelidikan Tanah

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

A. Penelitian

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

1. Cara Analisis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analisis adalah :

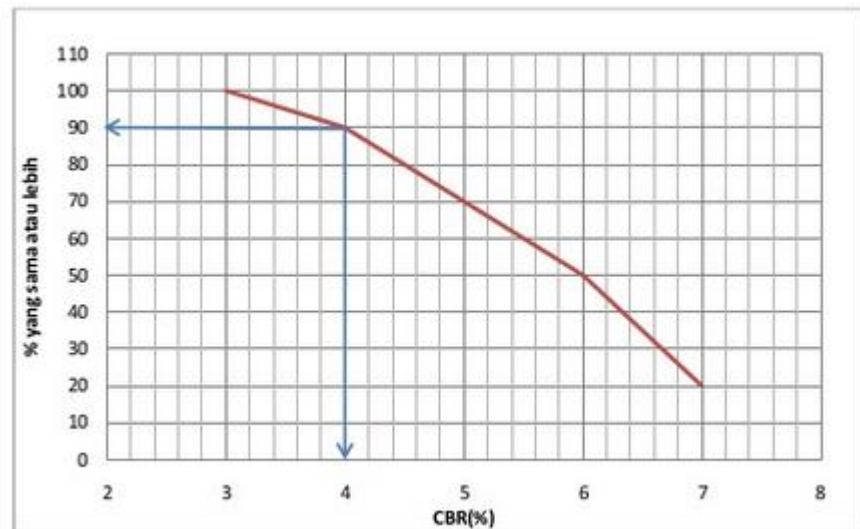
$$CBR_{\text{segmen}} = \frac{(CBR_{\text{rata-rata}} - CBR_{\text{min}})}{R} \dots\dots\dots(2.1)$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam suatu segmen. Nilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada tabel 2.2 di bawah ini:

Tabel 2.2 Nilai R untuk Perhitungan CBR Segmen

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

(Sumber : Silvia Sukirman, *Perkerasan Lentur Jalan Raya Nova 1993*)



Gambar 2.1 Grafik CBR 90%

2. Cara Grafis

Prosedur adalah sebagai berikut :

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

B. Analisa

Melakukan analisa pada contoh tanah terganggu dan tidak terganggu, juga terhadap bahan konstruksi, dengan menggunakan ketentuan ASTM dan AASTHO maupun standar yang berlaku di Indonesia.

C. Pengujian Laboratorium

Uji bahan konstruksi untuk mendapatkan :

1. Sifat-sifat *Indeks (Indeks Properties)* yaitu meliputi G_s (*Specific Gravity*), W_N (*Water Natural Content*), γ (berat isi), e (Angka Pori), n (*Porositas*), S_r (Derajat Kejenuhan).
2. Klasifikasi USCS dan AASTHO
 - a. Analisa ukuran butir (*Grain Size Analysis*)
 - Analisa Saringan (*Sieve Analysis*)
 - Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)
 - b. Batas – batas *Atteberg (Atteberg Limits)*
 - *Liquid Limit (LL)* = Batas Cair
 - *Plastic Limit (PL)* = Batas Plastis
 - *Indeks Plastis (IP)* = $LL - PL$
 - c. Pemasatan : γ_d maks dan W_{opt}
 - Pemasatan Standar
 - Pemasatan Modifikasi
 - Dilapangan di cek dengan *sandcone* $\pm 100\%$ γ_d maks
 - d. CBR Laboratorium (CBR Rencana) , berdasarkan pemasatan γ_d maks dan W_{opt}
 - CBR Lapangan : DCP \rightarrow CBR Lapangan

2.1.5 Data Penyelidikan Material

Data penyelidikan material dilakukan dengan melakukan penyelidikan material meliputi pekerjaan sebagai berikut :

- a. Mengadakan penelitian terhadap semua data material yang ada selanjutnya melakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut akan dilakukan berdasarkan survey langsung di lapangan maupun dengan pemeriksaan laboratorium.
- b. Penyelidikan lokasi sumber material yang ada beserta perkiraan jumlahnya untuk pekerjaan-pekerjaan penimbunan pada jalan dan jembatan serta bangunan pelengkap.

2.2 Klasifikasi Jalan

Berdasarkan tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota (TPGJAK) No.038/TBM/1997, jalan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis:

2.2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi Jalan

Klasifikasi jalan menurut fungsinya terdiri dari :

1. Jalan Arteri

Jalan arteri merupakan jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.

2. Jalan Kolektor

Jalan kolektor merupakan jalan yang melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah masuk dibatasi.

3. Jalan Lokal

Jalan lokal merupakan jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

4. Jalan Lingkungan

Jalan Lingkungan merupakan jalan yang hanya melayani angkutan lingkungan dengan ciri-ciri jarak pendek dan kecepatan yang rendah.

2.2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi jalan menurut kelasnya terbagi atas :

1. Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton.
2. Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat pada Tabel 2.3 (Pasal 11, PP No.43/1993).

Tabel 2.3 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	
Lokal	III C	8

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometri Jalan Raya, 1970))

2.2.3 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

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

Tabel 2.4 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

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

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometri Jalan Raya, 1970)

2.2.4 Klasifikasi Jalan Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Menurut wewenang pembinaan jalan dikelompokkan menjadi Jalan Nasional, Jalan Propinsi, Jalan Kabupaten, Jalan Kotamadya dan Jalan Khusus (Direktorat Jenderal Bina Marga: 2006)

1. Jalan Nasional Yang termasuk kelompok jalan nasional adalah jalan arteri primer, jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota propinsi,

dan jalan lain yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan nasional. Penetapan status suatu jalan sebagai jalan nasional dilakukan dengan Keputusan Menteri.

2. Jalan Propinsi Yang termasuk kelompok jalan propinsi adalah:
 - a. Jalan kolektor primer yang menghubungkan Ibukota Propinsi dengan Ibukota Kabupaten/Kotamadya.
 - b. Jalan kolektor primer yang menghubungkan antar Ibukota Kabupaten/Kotamadya.
 - c. Jalan lain yang mempunyai kepentingan strategis terhadap kepentingan propinsi.
 - d. Jalan dalam Daerah Khusus Ibukota Jakarta yang tidak termasuk jalan nasional.
 - e. Penetapan status suatu jalan sebagai jalan propinsi dilakukan dengan Keputusan Menteri Dalam Negeri atas usul Pemerintah Daerah Tingkat I yang bersangkutan, dengan memperhatikan pendapat Menteri.

2.2.5 Klasifikasi Jalan Menurut Volume Lalu Lintas

Klasifikasi jalan menurut volume lalu lintas sesuai dengan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPCGR) No. 13/1970 sebagai berikut :

Tabel 2.5 Klasifikasi Menurut Volume Lalu Lintas

No	Fungsi	Kelas	LHR dalam smp
1	Utama	I	>20.000
2	Sekunder	IIA	6.000 sampai 20.000
		IIB	1.500 sampai 8.000
		IIC	<20.000
3	Penghubung	III	-

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometri Jalan Raya, 1970)

a. Kelas I

Kelas jalan ini mencakup semua kelas jalan utama dan dimaksudkan untuk dapat melayani lalu lintas cepat dan berat.

b. Kelas II

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan sekunder. Dalam komposisi lalu lintas terdapat lalu lintas lambat. Kelas jalan ini selanjutnya berdasarkan komposisi dan sifat lalu lintasnya, dibagi dalam tiga kelas yaitu II A, II B, II C.

1) Kelas II A

Jalan kelas II A adalah jalan-jalan raya sekunder dua lajur atau lebih dengan konstruksi permukaan jalan dari sejenis aspal beton (*hot mix*) atau yang setaraf, dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dan tidak bermotor.

2) Kelas II B

Jalan kelas II B adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari penetrasi berganda atau yang setaraf dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat tanpa kendaraan tidak bermotor.

3) Kelas II C

Jalan kelas II C adalah jalan-jalan raya sekunder dua lajur dengan konstruksi permukaan jalan dari penetrasi tunggal dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tidak bermotor.

c. Kelas III

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan penghubung dan merupakan konstruksi jalan berjalur tunggal atau dua. Konstruksi permukaan jalan yang paling tinggi adalah peleburan dengan aspal.

2.3 Bagian-Bagian Jalan

Jalan memiliki bagian-bagian yang sangat penting, bagian-bagian tersebut dikelompokkan menjadi 4 bagian, yaitu bagian yang berguna untuk lalu lintas, bagian yang berguna untuk drainase jalan, bagian pelengkap jalan dan bagian konstruksi jalan.

1. Bagian yang berguna untuk lalu lintas terdiri dari :
 - a. Jalur lalu lintas
 - b. Lajur lalu lintas
 - c. Bahu jalan
 - d. Trotoar
 - e. Median
2. Bagian yang berguna untuk drainase jalan antara lain :
 - a. Saluran samping
 - b. Kemiringan melintang
 - c. Kemiringan melintang bahu
 - d. Kemiringan lereng
3. Bagian pelengkap jalan meliputi :
 - a. Kerb
 - b. Pengaman tepi
4. Bagian konstruksi jalan meliputi :
 - a. Lapisan perkerasan jalan
 - b. Lapisan pondasi atas
 - c. Lapisan pondasi bawah
 - d. Lapisan tanah dasar

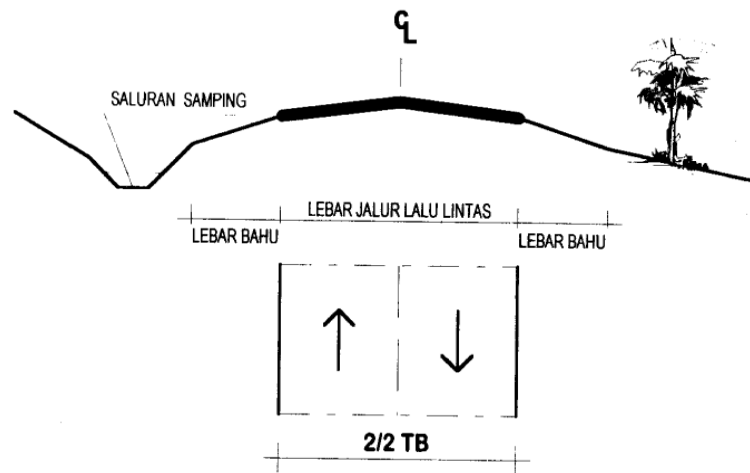
2.4 Penampang Melintang

2.4.1 Komposisi Penampang Melintang

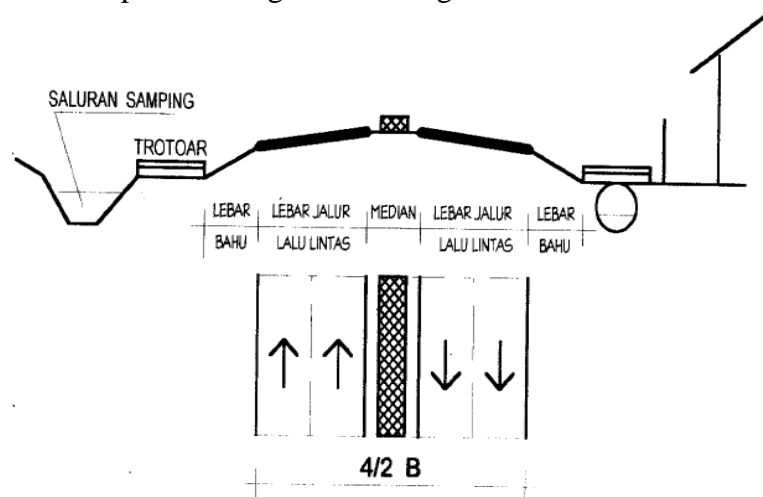
Penampang melintang jalan terdiri atas bagian-bagian sebagai berikut (lihat gambar 2.2 dan 2.3) :

- a. Jalur lalu lintas
- b. Median dan jalur tepian (kalua ada)

- c. Bahu
- d. Jalur pejalan kaki
- e. Selokan, dan
- f. Lereng



Gambar 2.2 Tipikal Potongan Melintang Normal dan Denah untuk 2/2 TB



Gambar 2.3 Tipikal Potongan Melintang Normal dan Denah untuk 4/2 TB

Untuk Lebar Jalur pada jalan sangat ditentukan oleh jumlah dan lebar lajur peruntukannya. Tabel 2.6 menunjukkan lebar jalur dan bahu jalan sesuai VLHR-nya.

Tabel 2.6 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan

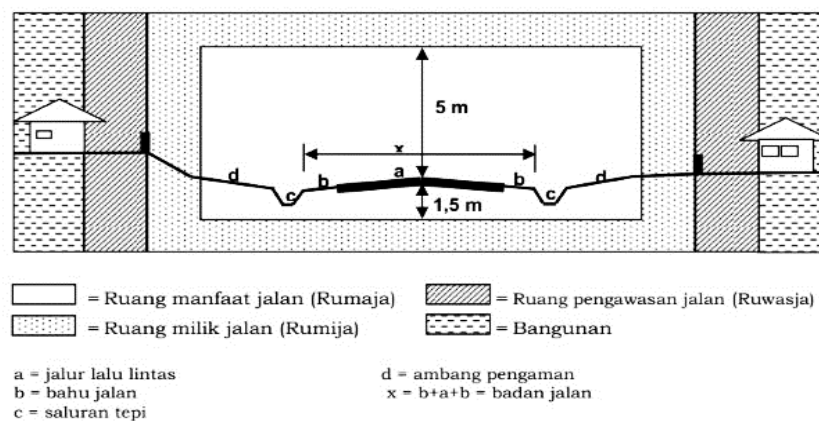
VLHR Smp / Hari	ARTERI				KOLEKTOR				LOKAL			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu
<3000	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,0	4,5	1,0
3000 - 10000	7,0	2,0	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,0
10001 - 25000	7,0	2,0	7,0	2,0	7,0	2,0	MENGACU PADA PERSYARATAN IDEAL		TIDAK DITENTUKAN			
>25000	$2n \times$ 3,5	2,5	$2 \times$ 7,0	2,0	$2n \times$ 3,5	2,0						

$2n \times 3,5 \gg 2 = 2$ Jalur, $n =$ Jumlah lajur per Jalur, $3,5 =$ Lebar Per Lajur

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

2..5 Ruang Bebas Jalan

Menurut petunjuk Tertib Pemanfaatan Jalan No. 004/T/BNKT/1990 Direktorat Jenderal Bina Marga Direktorat Pembinaan Jalan Kota, berdasarkan Gambar 2.4 ruang bebas jalan dibagi menjadi :



Gambar 2.4 Rumaja, Rumija dan Ruwasja di Lingkungan antar Kota

1. Ruang Manfaat Jalan (Rumaja)

Ruang manfaat jalan adalah daerah yang meliputi seluruh badan jalan, saluran tepi jalan dan ambang pengaman.

2. Ruang Milik Jalan (Rumija)

Ruang milik jalan adalah meliputi seluruh ruang manfaat jalan dan ruang yang diperuntukkan bagi pelebaran jalan dan penambahan jalur lalu lintas kemudian hari serta kebutuhan ruangan untuk pengaman jalan.

3. Ruang Pengawasan Jalan (Ruwasja)

Ruang Pengawasan Jalan adalah lajur lahan yang berada dibawah pengawasan pembinaan jalan, ditujukan untuk penjagaan terhadap terhalangnya pandangan bebas pengendara kendaraan bermotor dan untuk pengaman konstruksi jalan dalam hal ruang milik jalan yang tidak mencukupi.

2.6 Parameter Perencanaan Geometrik

2.6.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Kendaraan rencana dikelompokkan kedalam 3 kategori:

1. Kendaraan Ringan/Kecil (LV)

Kendaraan ringan/kecil adalah kendaraan bermotor ber as dua dengan empat roda dan dengan jarak as 2,0 – 3,0 (meliputi: mobil penumpang, oplet, mikrobus, pick up dan truk kecil sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

2. Kendaraan Sedang (MHV)

Kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5 – 5,0 m (termasuk bus kecil, truk dua as dengan enam roda, sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

3. Kendaraan Berat/Besar (LB-LT)

a. Bus Besar (LB)

Bus dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,0-6,0 m.

b. Truk Besar (LT)

Truk tiga gandar dan truk kombinasi tiga, jarak gandar (gandar pertama ke kedua) < 3,5 m (sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

4. Sepeda Motor (MC)

Kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda (meliputi : sepeda motor dan kendaraan roda 3 sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

5. Kendaraan Tak Bermotor (UM)

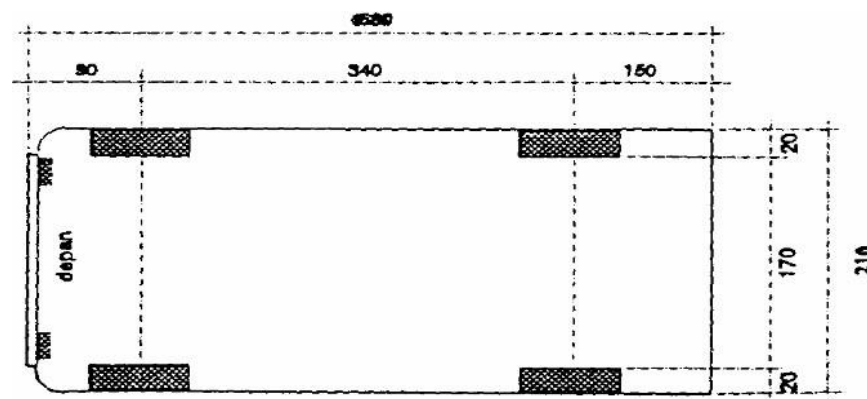
Kendaraan dengan roda yang digerakkan oleh orang atau hewan (meliputi: sepeda, becak, kereta kuda, dan kereta dorong sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

Tabel 2.7 Dimensi Kendaraan Rencana

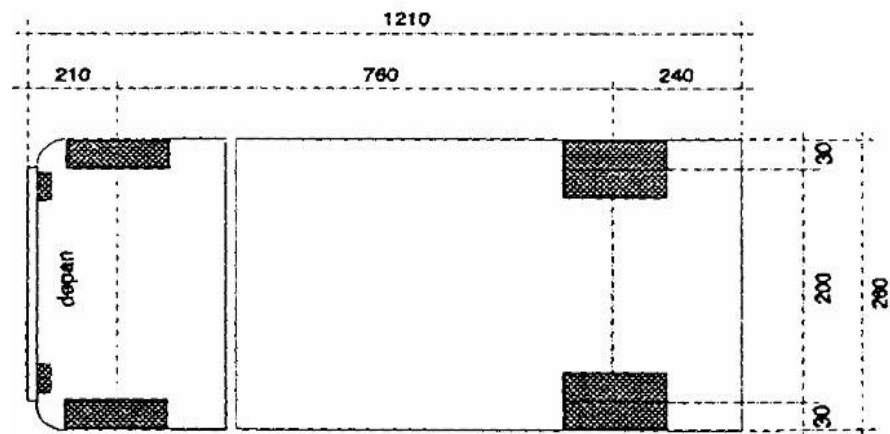
Kategori kendaraan rencana	Dimensi kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius putar (cm)		Radius tonjolan (cm)
	tinggi	lebar	panjang	depan	belakang	min	maks	
Kecil	310	210	580	90	150	420	730	780
Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	410	260	2100	90	90	290	1400	1370

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

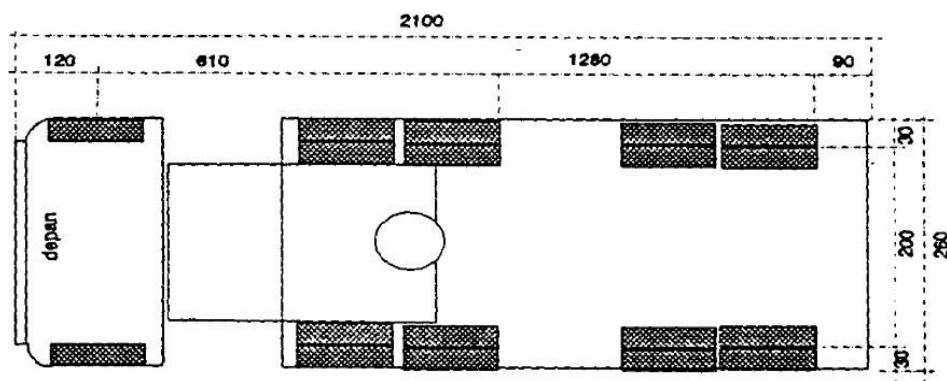
Gambar 2.5 s.d 2.7 berikut menampilkan sketsa dimensi kendaraan rencana berdasarkan tabel 2.7



Gambar 2.5 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar 2.6 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.7 Dimensi Kendaraan Besar

2.6.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih untuk keperluan perencanaan setiap bagian jalan raya seperti : tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang, kelandaian jalan dan lain-lain. Kecepatan rencana tersebut merupakan kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya tergantung dari bentuk jalan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kecepatan rencana antar lain :

- Kondisi pengemudi dan kendaraannya yang bersangkutan
- Sifat fisik jalan dan keadaan medan sekitarnya
- Sifat dan tingkat penggunaan daerah

- d. Cuaca sekitar.
- e. Adanya gangguan dari kendaraan lain.
- f. Batasan kendaraan yang diizinkan.

Kecepatan rencana inilah yang digunakan untuk perencanaan geometrik (alinyemen). Kecepatan rencana dari masing-masing kendaraan dapat ditetapkan pada tabel 2.8.

Tabel 2.8 Kecepatan Rencana (V_R) Sesuai Klasifikasi Fungsi Dan Medan Jalan

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana (V_R) (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 Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

2.6.3 Volume Lalu Lintas Rencana

Volume lalulintas harian rata-rata (VLHR) adalah prakiraan volume lalulintas harian pada akhir tahun rencana lalulintas dinyatakan dalam smp/hari.

1. Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Satuan arus lalulintas, dimana arus dari berbagai tipe kendaraan telah diubah menjadi kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan emp.

2. Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP)

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

Tabel 2.9 Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP)

No	Jenis Kendaraan	Datar/Bukit	Gunung
1	Sedan, Jeep, Station Wagon	1,0	1,0
2	Pick-Up, Bus Kecil, Truck Kecil	1,2 – 2,4	1,9 – 3,5
3	Bus dan Truck Besar	1,2 – 5,0	2,2 – 6,0

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

3. Faktor (F)

Faktor adalah variasi tingkat lalulintas per 15 menit dalam satu jam.

4. Faktor VLHR (K)

Faktor untuk mengubah volume yang dinyatakan dalam VLHR menjadi lalulintas jam sibuk.

5. Volume Jam Rencana (VJR)

VJR adalah prakiraan volume lalulintas pada jam sibuk tahun rencana lalulintas, dinyatakan dalam smp/jam, dihitung dengan rumus :

$$VJR = VLHR \times \frac{K}{F} \dots \dots \dots (2.2)$$

VJR digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalulintas lainnya yang diperlukan.

Tabel 2.10 Penentuan Faktor K dan Faktor F berdasarkan Volume Lalu lintas Harian Rata-rata

VLHR	Faktor / K (%)	Faktor / F (%)
>50.000	4 – 6	0,9 – 1
30.000 – 50.000	6 – 8	0,8 - 1
10.000 – 30.000	6 – 8	0,8 - 1
5.000 – 10.000	8 – 10	06 – 8
1.000 – 5.000	10 – 12	06 – 8
<1.000	12 – 16	<0,6

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

6. Kapasitas (C)

Volume lalu lintas maksimum (mantap) yang dapat dipertahankan (tetap) pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu (misalnya: rencana geometrik, lingkungan, komposisi lalu lintas dan sebagainya).

7. Derajat Kejenuhan (DS)

Rasio volume lalu lintas terhadap kapasitas

2.6.4 Jarak Pandang

Jarak Pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian rupa, sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu (antisipasi) untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. Jarak Pandang terdiri dari :

1. Jarak Pandang Henti (J_h)

Jarak pandang henti adalah jarak pandang minimum yang diperlukan pengemudi untuk menghentikan kendaraan yang sedang berjalan setelah melihat adanya rintangan pada jalur yang dilaluinya. Jarak ini merupakan dua jarak yang ditempuh sewaktu melihat benda hingga menginjak rem dan jarak untuk berhenti setelah menginjak rem. Jarak pandang henti terjadi dari 2 elemen jarak yaitu :

a. Jarak Tanggap

Jarak tanggap adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.

b. Jarak Pengereman

Jarak pengereman adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti. Jarak minimum ini harus dipenuhi dalam setiap bagian jalan raya, besar yang diperlukan dapat dilihat pada tabel 2.10

Tabel 2.11 Berisi J_h Minimum Yang Dihitung Berdasarkan Persamaan Diatas Dengan Pembulatan-Pembulatan Untuk Berbagai V_r .

V_r (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
J_h Minimum (M)	250	175	120	75	55	40	27	16

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

Jarak Pandang Henti (J_h) dalam satuan meter, dalam dihitung dengan rumus

$$: Jh = 0,694 V_R + 0,004 \frac{V_R^2}{f_p} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

V_R = Kecepatan rencana (Km/Jam)

F_p = Koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35 – 0,55

Untuk jalan dengan kelandaian tertentu :

$$Jh = 0,694 V_R + 0,004 \frac{V_R^2}{f_p \pm L} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

V_R = Kecepatan rencana (Km/Jam)

F_p = Koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35 – 0,55

L = Landai jalan dalam (%) dibagi 100

2. Jarak Pandang Mendahului (J_d)

Jarak pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke jalur semula. Jarak pandang mendahului dengan kendaraan datang dan jarak pandang mendahului sesuai V_R dapat dilihat pada tabel 2.12 dan 2.13.

Tabel 2.12 Jarak Kendaraan Mendahului dengan Kendaraan Datang

V _r (km/jam)	50 – 65	65 – 80	80 – 95	95 – 110
d ₃	30	55	75	90

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

Tabel 2.13 Jarak Kendaraan Mendahului berdasarkan V_R

V _r (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jd (meter)	800	670	550	350	250	200	150	100

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

Jarak pandang mendahului (Jd), dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut :

$$Jd = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots \dots \dots (2.5)$$

$$d_1 = 0,278t_1(V - m + \frac{al_1}{2}) \dots \dots \dots (2.6)$$

$$d_2 = 0,278 \times V \times t_2 \dots \dots \dots (2.7)$$

d₃ = diambil 30 – 100 meter (berdasarkan buku dasar-dasar geometrik jalan, penerbit Nova)

$$d_4 = \frac{2}{3}d_2 \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana :

d₁ = Jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m)

d₂ = Jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m)

d₃ = Jarak antar kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m)

d₄ = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan, yang besarnya diambil sama dengan 2/3 d₂ (m).

2.7 Alinyemen Horizontal

Alinyemen Horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal dikenal juga dengan nama “situasi jalan” atau “trase jalan”. Alinyemen Horizontal terdiri dari garis-garis lurus (biasa disebut “*tangen*”), yang

dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah dengan lengkung peralihan atau busur-busur peralihan saja ataupun busur lingkaran saja. (Ir. Hamirhan Saodang MSCE, 2010).

Pada perencanaan alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis bagian jalan, yaitu : bagian lurus ,dan bagian lengkung atau umum disebut tikungan yang terdiri dari tiga jenis tikungan yang digunakan, yaitu :

- a. Lingkaran (*Full Circle = FC*)
- b. *Spiral – circle – spiral (S-C-S)*
- c. *Spiral – spiral (S-S)*

Untuk keselamatan pemakai jalan, jarak pandang dan daerah bebas samping jalan harus diperhitungkan.

1. Bagian Lurus

Panjang maksimum bagian lurus, harus dapat ditempuh dalam waktu \leq 2,5 menit (sesuai V_r) dengan pertimbangan keselamatan pengemudi akibat dari kelelahan.

Tabel 2.14 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maksimum (meter)		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

2. Tikungan

a. Jari-jari minimum

Kendaraan pada saat melalui tikungan dengan kecepatan (V) akan menerima gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Untuk mengimbangi gaya sentrifugal tersebut, perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi (e). Pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi, akan terjadi gesekan arah melintang jalan antara ban kendaraan dengan permukaan aspal

yang menimbulkan gaya gesekan melintang. Perbandingan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang (f).

Rumus umum untuk lengkung horizontal adalah :

$$R = \frac{v^2}{127(e+f)} \dots \dots \dots (2.9)$$

$$D = \frac{25}{2\pi R} \times 360^\circ \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana : R = jari-jari lengkung (m)

D = derajat lengkung ($^\circ$)

Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu dapat dihitung jari-jari minimum untuk superelevasi maksimum dan koefisien gesekan maksimum.

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

$$D_{\max} = \frac{181913,53(e_{\max} + f_{\max})}{v_r} \dots \dots \dots (2.12)$$

Dimana : R_{\min} = jari-jari tikungan minimum (m)

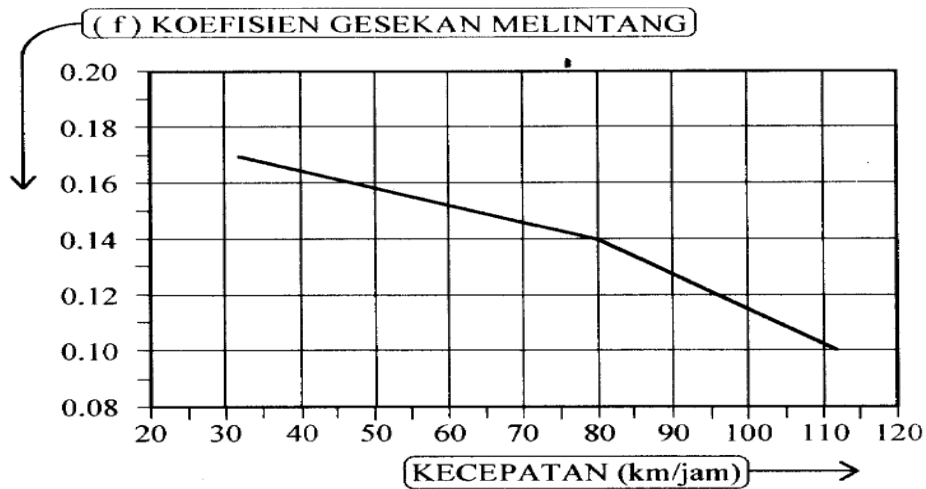
v_r = kecepatan kendaraan rencana (km/jam)

e_{\max} = superelevasi maksimum (%)

f_{\max} = koefisien gesekan melintang maksimum

D_{\max} = derajat maksimum

Untuk pertimbangan perencanaan, digunakan $e_{\max} = 10\%$ dan f_{\max} sesuai gambar 2.18 yang hasilnya dibulatkan. Untuk berbagai variasi kecepatan dapat digunakan tabel 2.15



Gambar 2.8 Grafik nilai f , untuk $e_{maks} = 6\%$, 8% dan 10%
(menurut AASHTO)

Tabel 2.15 Panjang Jari-Jari Minimum (Dibulatkan) untuk $e_{maks} = 10\%$

Vr (km/jam)	120	100	90	80	60	50	40	30	20
R _{min}	600	370	280	210	115	80	50	30	15

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

b. Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran ($R = tak$ terhingga $R = R_c$), jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lingkaran (*circle*), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran. Lengkung peralihan dengan bentuk *spiral (clotoid)* banyak digunakan juga oleh Bina Marga. Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan jenis SCS. (Shirley L.Hendarsin, 2000).

Panjang lengkung peralihan (L_s), menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Raya Antar Kota (TPGJAK) 1997, diambil nilai yang terbesar dari tiga persamaan di bawah ini :

a) Berdasarkan waktu tempuh maksimum (3 detik) di lengkung peralihan

$$L_s = \frac{VR}{3,6} \cdot T \dots\dots\dots(2.13)$$

b) Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_s = 0,022 \cdot \frac{VR^3}{R \cdot c} - 2,727 \frac{VR \cdot e}{c} \dots\dots\dots(2.14)$$

c) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s = \frac{(em-en)}{3,6 \cdot re} \cdot VR \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan:

- T = waktu tempuh (3 detik)
- R = jari-jari busur lingkaran
- C = perubahan percepatan, 0,3 - 1,0 disarankan 0,4 m/det²
- VR = kecepatan rencana (km/jam)
- e = superelevasi
- em = superelevasi maksimum
- re = tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan,
sebagai berikut :
 - untuk $VR \leq 70$ km/jam re maks = 0,035 m/m/det
 - untuk $VR \geq 80$ km/jam re maks = 0,025 m/m/det

Tabel 2.16 Jari-Jari yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

V (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Rmin (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

Tabel 2.17 Panjang Lengkung Peralihan Minimum Dan Superlevasi
Yang Dibutuhkan (E Maksimum = 10% Metoda Bina Marga)

i) (o)	R (m)	V = 50 km/jam		V = 60 km/jam		V = 70 km/jam		V = 80 km/jam		V = 90 km/jam	
		e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls
0,250	5730	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0
0,500	2865	LN	0	LN	0	LP	60	LP	70	LP	75
0,750	1910	LN	0	LP	50	LP	60	0,020	70	0,025	75
1,000	1432	LP	45	LP	50	0,021	60	0,027	70	0,033	75
1,250	1146	LP	45	LP	50	0,025	60	0,033	70	0,040	75
1,500	955	LP	45	0,023	50	0,030	60	0,038	70	0,047	75
1,750	819	LP	45	0,026	50	0,035	60	0,044	70	0,054	75
2,000	716	LP	45	0,029	50	0,039	60	0,049	70	0,060	75
2,500	573	0,026	45	0,036	50	0,047	60	0,059	70	0,072	75
3,000	477	0,030	45	0,042	50	0,055	60	0,068	70	0,081	75
3,500	409	0,035	45	0,048	50	0,062	60	0,076	70	0,089	75
4,000	358	0,039	45	0,054	50	0,068	60	0,082	70	0,095	75
4,500	318	0,043	45	0,059	50	0,074	60	0,088	70	0,099	75
5,000	286	0,048	45	0,064	50	0,079	60	0,093	70	0,100	75
6,000	239	0,055	45	0,073	50	0,088	60	0,098	70	Dmaks = 5,12	
7,000	205	0,062	45	0,080	50	0,094	60	Dmaks = 6,82			
8,000	179	0,068	45	0,086	50	0,098	60				
9,000	159	0,074	45	0,091	50	0,099	60				
10,000	143	0,079	45	0,095	60	Dmaks = 9,12					
11,000	130	0,083	45	0,098	60						
12,000	119	0,087	45	0,100	60						
13,000	110	0,091	50	Dmaks = 12,79							
14,000	102	0,093	50								
15,000	95	0,096	50								
16,000	90	0,097	50								
17,000	84	0,099	60								
18,000	80	0,099	60								
19,000	75	Dmaks = 18,85									

Keterangan:

LN = lereng jalan normal diasumsikan = 2 %

LP = lereng luar diputar sehingga perkerasan mendapat superelevasi sebesar lereng jalan normal = 2 %.

i_s = diperhitungkan dengan mempertimbangkan rumus modifikasi Shortt, landai relatif maksimum (gambar 12), jarak tempuh 2 detik, dan lebar perkerasan $2 \times 3,75$ m.

(Sumber : Metode Bina Marga)

2.7.1 Menentukan titik koordinat

Berdasarkan gambar trase jalan rencana yang telah dibuat, setelah itu dapat menentukan posisi titik koordinat. Posisi koordinat titik dari jalan diperoleh dengan menggunakan program *Google earth* dan *AutoCAD*.

2.7.2 Menghitung panjang garis tangen

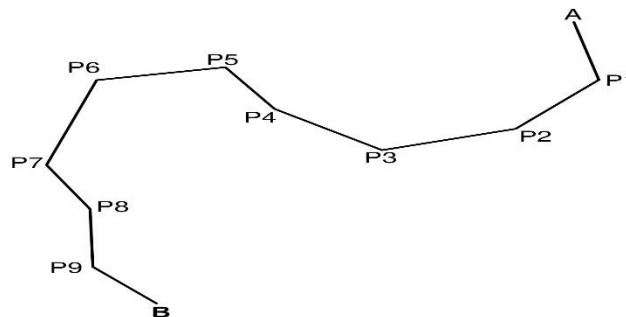
Perencanaan geometrik jalan raya merupakan perencanaan bentuk fisik jalan dalam tiga dimensi. Untuk mempermudah dalam penggambaran bagian-bagian perencanaan, maka bentuk fisik jalan digambarkan dalam bentuk alinyemen horizontal atau trase jalan, alinyemen vertikal atau penampang jalan dan potongan melintang.

Adapun perhitungan jarak titik-titik penting yang diperoleh dari pemilihan rencana alinyemen horizontal dapat menggunakan rumus berikut ini.

$$d = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan:

- d = Jarak titik A ke titik P1
- X₂ = Koordinat titik P1.1 pada sumbu X
- X₁ = Koordinat titik A pada sumbu X
- Y₂ = Koordinat titik P1.1 pada sumbu Y
- Y₁ = Koordinat titik A pada sumbu Y



Gambar 2.9 Panjang Trase dari Titik A ke Titik B

2.7.3 Menghitung sudut azimuth dan sudut antara dua tangen (Δ)

Setelah menentukan koordinat dan menghitung panjang garis tangen maka selanjutnya menghitung sudut azimuth dan sudut antara dua tangen dengan rumus berikut ini :

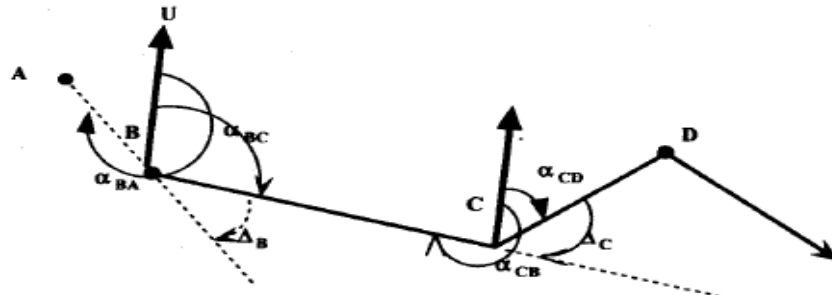
$$\alpha_A = \text{arc tg} \frac{X_{P1} - X_A}{Y_{P1} - Y_A} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$\text{Azimuth A} = 180^\circ - \alpha_A \dots\dots\dots(2.18)$$

$$\alpha_{P1} = \text{arc tg} \frac{X_{P2} - X_{P1}}{Y_{P2} - Y_{P1}} \dots\dots\dots(2.19)$$

$$\text{Azimuth P1} = 180^\circ - \alpha_{P1} \dots\dots\dots(2.20)$$

$$\Delta_1 = \text{Azimuth } \alpha_A \text{ (terbesar)} - \text{Azimuth } \alpha_{P1} \text{ (terkecil)} \dots\dots\dots(2.21)$$



Gambar 2.10 Sudut Azimuth dan Sudut Tangen

2.7.4 Menghitung medan jalan

Berdasarkan perhitungan rata-rata dari ketinggian muka tanah lokasi rencana, maka dapat diketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan, dapat dilihat pada tabel 2.3 apakah medan jalan tersebut datar, perbukitan atau pegunungan

2.7.5 Bentuk-Bentuk Tikungan

1. Lingkaran (Full Circle = FC)

Jenis tikungan ini biasanya digunakan pada jalan yang tikungannya berjari-jari besar serta dengan sudut tangen yang relatif kecil. Atas dasar ini maka perencanaan tikungan dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan raya, dalam merencanakan tikungan harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a. Lengkung peralihan
- b. Kemiringan melintang (*superelevasi*)
- c. Pelebaran perkerasan jalan
- d. Kebebasan samping

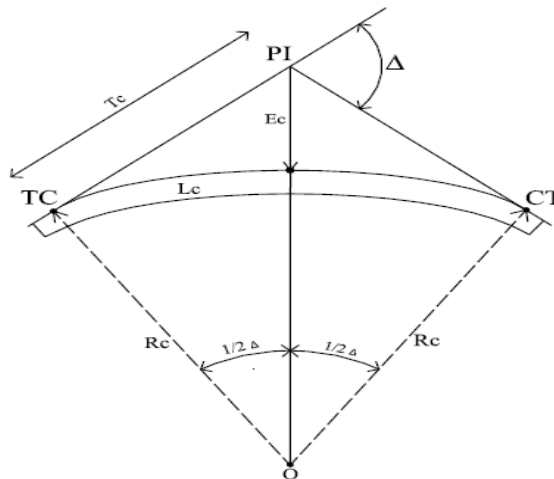
Tikungan *full circle* hanya digunakan untuk R (jari-jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka diperlukan *superelevasi* yang besar. Jari-jari tikungan untuk tikungan jenis *full circle*

ditunjukkan pada table 2.18 berikut :

Tabel 2.18 Jari-Jari Minimum Yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

V (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R _{min} (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)



Gambar 2.11 Full circle

Rumus yang digunakan pada tikungan full circle yaitu :

$$F_m = -0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk kec. } < 80 \text{ km/jam) } \dots\dots\dots (2.22)$$

$$X = \frac{(ep+en) \cdot \frac{3}{4} \cdot L_s}{L_s} - en \dots\dots\dots (2.23)$$

$$R_{min} = \frac{v^2}{127(emax+Fm)} \dots\dots\dots (2.24)$$

$$D_{max} = \frac{181913,53(emaks+fmaks)}{v^2} \dots\dots\dots (2.25)$$

$$D = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots (2.26)$$

$$e = -\frac{emax}{D^2max} D^2 + \frac{2 \cdot emax}{Dmax} D \dots\dots\dots (2.27)$$

$$\theta_s = \frac{\Delta}{2} \dots\dots\dots (2.28)$$

$$T_c = R \cdot \tan \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots (2.29)$$

$$E_c = T_c \cdot \tan \frac{1}{4} \Delta \dots\dots\dots (2.30)$$

$$L_c = \frac{\pi}{180} \cdot \Delta \cdot R \dots \dots \dots (2.31)$$

$$\frac{ep+en}{L_s} = \frac{x+en}{\frac{3}{4}L_s} \dots \dots \dots (2.32)$$

$$\text{Kontrol} = 2 \cdot T_c > L_c \dots \dots \dots (2.33)$$

Keterangan :

Δ = Sudut tikungan

O = Titik pusat lingkaran

T_c = Panjang tangen jarak dari TC ke PI atau PI ke CT

R_c = Jari-jari lingkaran

L_c = Panjang busur lingkaran

E_c = Jarak luar dari PI ke busur lingkaran

2. Spiral – Lingkaran – spiral (Spiral – Circle – Spiral = S-C-S)

Spiral circle spiral adalah bentuk tikungan dari bagian lurus ke *circle* yang panjangnya diperhitungkan dengan melihat perubahan gaya *sentrifugal* dari nol sampai ada nilai gaya *sentrifugal*.

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.

Panjang lengkung peralihan, L_s menurut TPGJAK 1997 diambil nilai yang terbesar dari tiga persamaan dibawah ini :

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

$$L_s = \frac{V_R}{3.6} T \dots \dots \dots (2.34)$$

- b. Berdasarkan antipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus *modifikasi short*, sebagai berikut :

$$L_s = 0,022 \frac{V_R^3}{R_c \cdot C} T - 2,727 \frac{V_R - e}{C} \dots \dots \dots (2.35)$$

c. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian :

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3.6\Gamma_e} V_R \dots\dots\dots(2.36)$$

Dimana :

T = Waktu tempuh (3 detik)

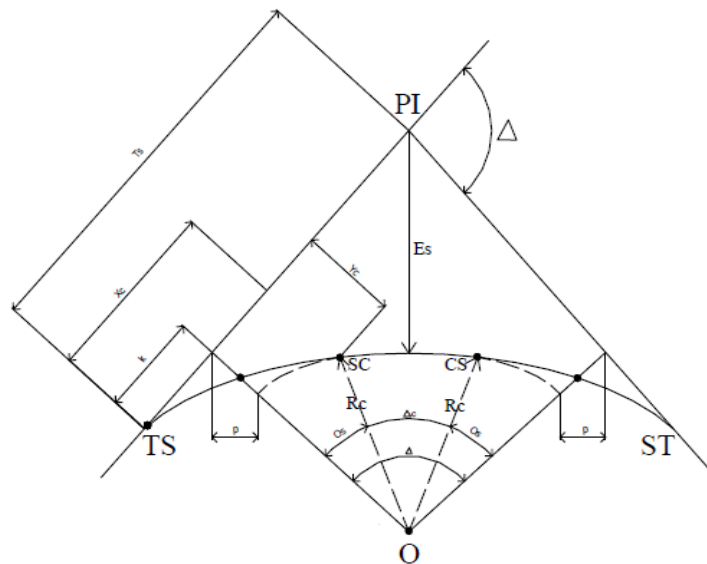
R_c = Jari-jari busur lingkaran (m)

C = Perubahan Kecepatan 0,3 – 1,0 m/detik

Γ_e = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan

Untuk V ≤ 70 km/jam, Γ_e = 0,035 m/m/dt

Untuk V_R ≥ 80 km/jam, Γ_e = 0,025 m/m/dt



Gambar 2.12 Spiral Circle Spiral

Rumus-rumus yang berlaku dalam perencanaan tikungan *Spiral Circle*

Spiral ini adalah :

$$F_m = - 0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk kec. } < 80 \text{ km/jam) } \dots\dots\dots(2.37)$$

$$R_{min} = \frac{v^2}{127(e_{max} + F_m)} \dots\dots\dots(2.38)$$

$$D_{max} = \frac{181913,53 (e_{maks} + f_{maks})}{v^2} \dots\dots\dots(2.39)$$

$$D = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots(2.40)$$

$$E = -\frac{emax}{D^2max} D^2 + \frac{2 \cdot emax}{Dmax} D \dots\dots\dots(2.41)$$

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

$$\Delta_c = \Delta - 2 \cdot \theta_s \dots\dots\dots(2.43)$$

$$P = \frac{Ls^2}{6 \cdot R} - R (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots(2.44)$$

$$k = Ls - \frac{Ls^3}{40 \cdot R^2} - R \cdot \sin \theta_s \dots\dots\dots(2.45)$$

$$Ts = (R+P) \tan \frac{\Delta}{2} + k \dots\dots\dots(2.46)$$

$$Es = \frac{(R+P)}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \dots\dots\dots(2.47)$$

$$Lc = \frac{\Delta - 2 \cdot \theta_s}{180} \pi \cdot R \dots\dots\dots(2.48)$$

$$L_{total} = Lc + 2 \cdot Ls \dots\dots\dots(2.49)$$

$$Xs = Ls \left(1 - \frac{Ls^2}{40 R^2} \right) \dots\dots\dots(2.50)$$

$$Ys = \frac{Ls^2}{6 \cdot R} \dots\dots\dots(2.51)$$

$$\text{Kontrol} = L_{total} < 2 \cdot Ts \dots\dots\dots(2.52)$$

Keterangan :

X_s = absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS-SC (jarak lurus lengkung peralihan), (m)

Y_s = ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, (m)

L_s = panjang lengkung peralihan (jarak TS-SC atau CS-ST), (m)

L_c = panjang busur lingkaran (jarak SC-CS), (m)

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

E_s = jarak dari PI ke puncak busur lingkaran, (m)

Δ = sudut tikungan, ($^{\circ}$)

- Δc = sudut lengkung *circle* ($^{\circ}$)
 θ_s = sudut lengkung spiral, ($^{\circ}$)
 R = jari-jari tikungan, (m)
 p = pergeseran tangen terhadap spiral, (m)
 k = absis p pada garis tangen spiral, (m)
 L_{total} = panjang tikungan SCS, (m)

3. Spiral – Spiral (S-S)

Bentuk tikungan ini digunakan pada keadaan yang sangat tajam. Lengkung horizontal berbentuk spiral-spiral adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga SC berimpit dengan titik CS. Adapun semua rumus dan aturannya sama seperti rumus spiral-spiral, yaitu :

$$F_m = -0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk kec. } < 80 \text{ km/jam)} \dots\dots\dots(2.53)$$

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(e_{max} + F_m)} \dots\dots\dots(2.54)$$

$$D_{max} = \frac{181913,53(e_{maks} + f_{maks})}{V^2} \dots\dots\dots(2.55)$$

$$D = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots(2.56)$$

$$e = -\frac{e_{max}}{D^2 \cdot max} D^2 + \frac{2 \cdot e_{max}}{D_{max}} D \dots\dots\dots(2.57)$$

$$\theta_s = \frac{\Delta}{2} \dots\dots\dots(2.58)$$

Untuk menentukan nilai L_s dapat digunakan beberapa pendekatan sebagai berikut :

- a) Berdasarkan tabel Bina Marga

$$L_{s1} = 50 \text{ m} \dots\dots\dots(2.59)$$

- b) Berdasarkan waktu tempuh maksimum 3 detik

$$L_{s2} = \frac{V_R}{3,6} \cdot T \dots\dots\dots(2.60)$$

- c) Berdasarkanantisipasi gaya sentrifugal

$$L_{s3} = 0,022 \frac{V^3}{R \cdot C} - 2,727 \frac{V \cdot e}{C} \dots\dots\dots(2.61)$$

d) Berdasarkan tingkat pencapaian kelandai

$$L_{s4} = \frac{(em-en)}{3,6 \cdot re} \cdot V \dots\dots\dots(2.62)$$

L_s yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$L_{s5} = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R}{90} \dots\dots\dots(2.63)$$

$L_{s5} > L_{s \min}$, maka L_s yang digunakan L_{s5}

Misalkan $\theta_s = 31,33^\circ$, maka dari tabel 2.16 Besaran p^* dan k^* didapat :

$$\theta_s = 31^\circ \quad p^* \Rightarrow 0,0486115 \quad k^* \Rightarrow 0,4947620$$

$$\theta_s = 31,5^\circ \quad p^* \Rightarrow 0,0495022 \quad k^* \Rightarrow 0,4945798$$

Interpolasi :

$$\begin{aligned} p^* &= 0,0486115 + \frac{0,0495022 - 0,0486115}{31,5 - 31} \times (31,33^\circ - 31^\circ) \\ &= 0,0491993 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k^* &= 0,4947620 + \frac{0,4947620 - 0,4945798}{31,5 - 31} \times (31,33^\circ - 31^\circ) \\ &= 0,4948822 \end{aligned}$$

$$P = p^* \times L_s \dots\dots\dots(2.64)$$

$$K = k^* \times L_s \dots\dots\dots(2.65)$$

$$T_s = (R + P) \tan \frac{\Delta}{2} + K \dots\dots\dots(2.66)$$

$$E_s = \frac{(R+P)}{\cos \frac{\Delta}{2}} - R \dots\dots\dots(2.67)$$

$$L_{total} = 2 \cdot L_s \dots\dots\dots(2.68)$$

$$\text{Kontrol} = 2 \cdot L_s < 2 \cdot T_s \dots\dots\dots(2.69)$$

Keterangan:

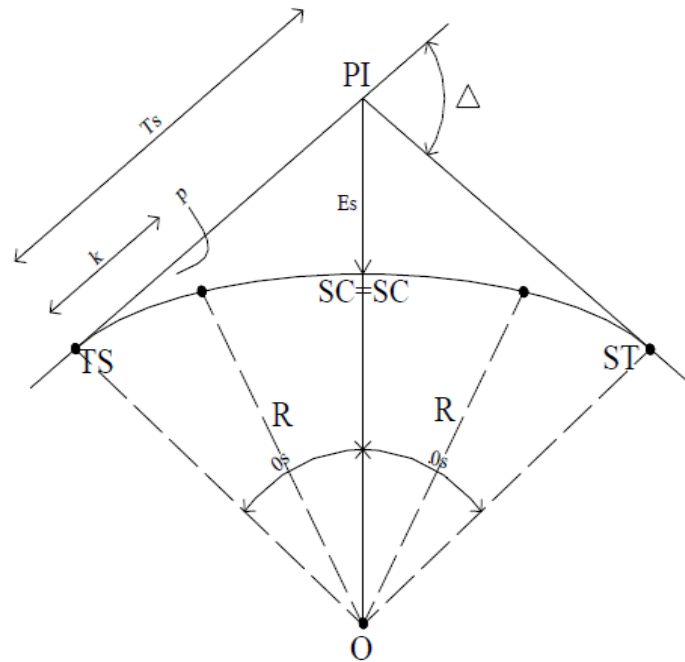
L_c = panjang busur lingkaran (panjang dari SC ke CS), (m).

θ_s = sudut lengkung spiral, ($^\circ$).

L_s = panjang lengkung peralihan (panjang dari titik TS ke titik SC), (m).

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

- Es = jarak dari PI ke busur lingkaran, (m).
 Δ = sudut lengkung *circle*, ($^{\circ}$).
 R = jari-jari lingkaran, (m).
 p = pergeseran tangen terhadap spiral, (m).
 k = absis dari p pada garis tangen spiral,(m).



Gambar 2.13 *Spiral Spiral*

Tabel untuk menentukan nilai p dan k dapat dilihat pada tabel 2.19 dibawah ini
 :

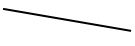
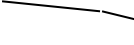
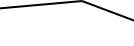
Tabel 2.19 Tabel p dan k untuk $L_s = 1$

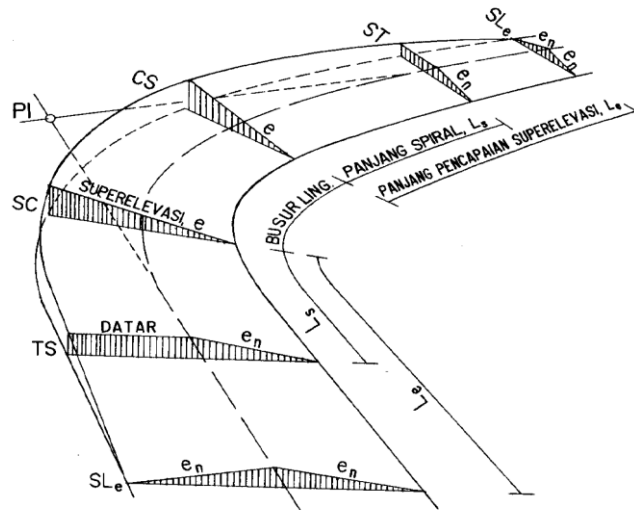
qs (°)	p [±]	k [±]	qs (°)	p [±]	k [±]	qs (°)	p [±]	k [±]
0.5	0.0007272	0.4999987	14.0	0.0206655	0.4989901	27.5	0.0422830	0.4959406
1.0	0.0014546	0.4999949	14.5	0.0214263	0.4989155	28.0	0.0431365	0.4957834
1.5	0.0021820	0.4999886	15.0	0.0221896	0.4988381	28.5	0.0439946	0.4956227
2.0	0.0029098	0.4999797	15.5	0.0229553	0.4987580	29.0	0.0448572	0.4954585
2.5	0.0036378	0.4999683	16.0	0.0237236	0.4986750	29.5	0.0457245	0.4952908
3.0	0.0043663	0.4999543	16.5	0.0244945	0.4985892	30.0	0.0465966	0.4951196
3.5	0.0050953	0.4999377	17.0	0.0252681	0.4985005	30.5	0.0474735	0.4949448
4.0	0.0058249	0.4999187	17.5	0.0260445	0.4984090	31.0	0.0483550	0.4947665
4.5	0.0065551	0.4998970	18.0	0.0268238	0.4983146	31.5	0.0492422	0.4945845
5.0	0.0072860	0.4998728	18.5	0.0276060	0.4982172	32.0	0.0501340	0.4943988
5.5	0.0080178	0.4998461	19.0	0.0283913	0.4981170	32.5	0.0510310	0.4942094
6.0	0.0094843	0.4998167	19.5	0.0291797	0.4980137	33.0	0.0519333	0.4940163
6.5	0.0102191	0.4997848	20.0	0.0299713	0.4979075	33.5	0.0528408	0.4938194
7.0	0.0102191	0.4997503	20.5	0.0307662	0.4977983	34.0	0.0537536	0.4936187
7.5	0.0109550	0.4997132	21.0	0.0315644	0.4976861	34.5	0.0546719	0.4934141
8.0	0.0116922	0.4997350	21.5	0.0323661	0.4975708	35.0	0.0555957	0.4932057
8.5	0.0124307	0.4993120	22.0	0.0331713	0.4974525	35.5	0.0562500	0.4929933
9.0	0.0131706	0.4995862	22.5	0.0339801	0.4973311	36.0	0.0574601	0.4927769
9.5	0.0139121	0.4995387	23.0	0.0347926	0.4972065	36.5	0.0584008	0.4925566
10.0	0.0146551	0.4994884	23.5	0.0356088	0.4970788	37.0	0.0593473	0.4923322
10.5	0.0153997	0.4994356	24.0	0.0364288	0.4969479	37.5	0.0602997	0.4921037
11.0	0.0161461	0.4993800	24.5	0.0372528	0.4968139	38.0	0.0612581	0.4918711
11.5	0.0168943	0.4993218	25.0	0.0380807	0.4966766	38.5	0.0622224	0.4916343
12.0	0.0176444	0.4992609	25.5	0.0389128	0.4965360	39.0	0.0631929	0.4913933
12.5	0.0183965	0.4991973	26.0	0.0397489	0.4963922	39.5	0.0641694	0.4911480
13.0	0.0191507	0.4991310	26.5	0.0405893	0.4962450	40.0	0.0651522	0.4908985
13.5	0.0199070	0.4990619	27.0	0.0414340	0.4960945			

(Sumber : Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan, 1999)

2.7.6 Pencapaian Superelevasi

Superelevasi adalah suatu kemiringan melintang di tikungan yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima pada saat berjalan melalui tikungan pada kecepatan V_r . Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang harus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.

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

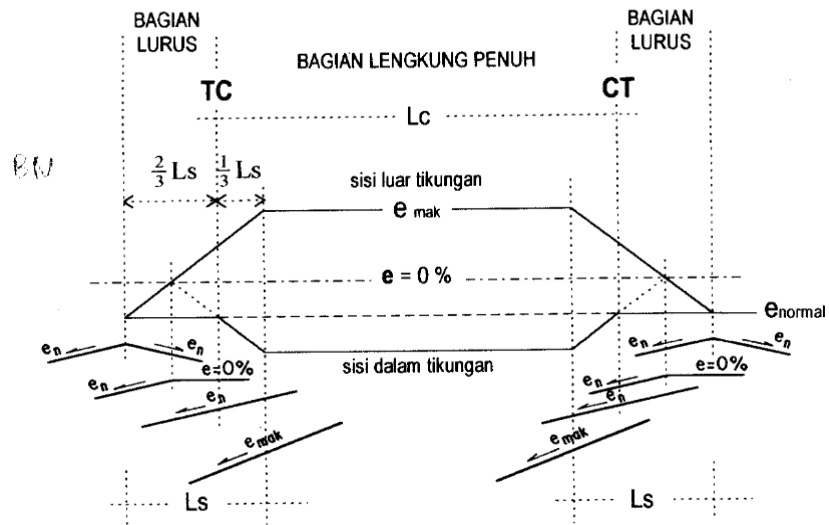


Gambar 2.14 Perubahan Kemiringan Melintang Pada Tikungan

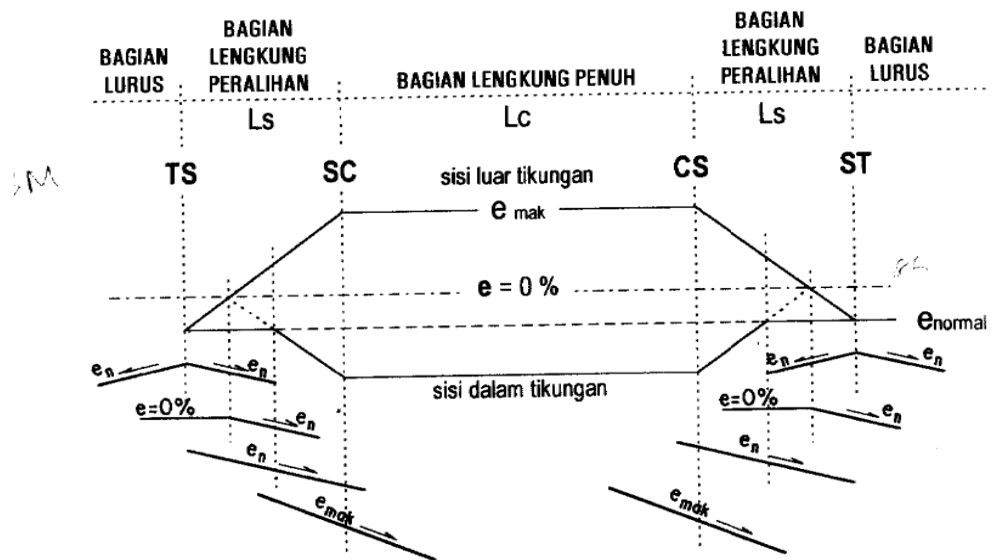
Metoda atau cara untuk melakukan superelevasi yaitu merubah lereng potongan melintang, dilakukan dengan bentuk profil dari tepi perkerasan yang dibundarkan, tetapi disarankan cukup untuk mengambil garis lurus saja.

Ada tiga cara untuk mendapatkan superelevasi yaitu :

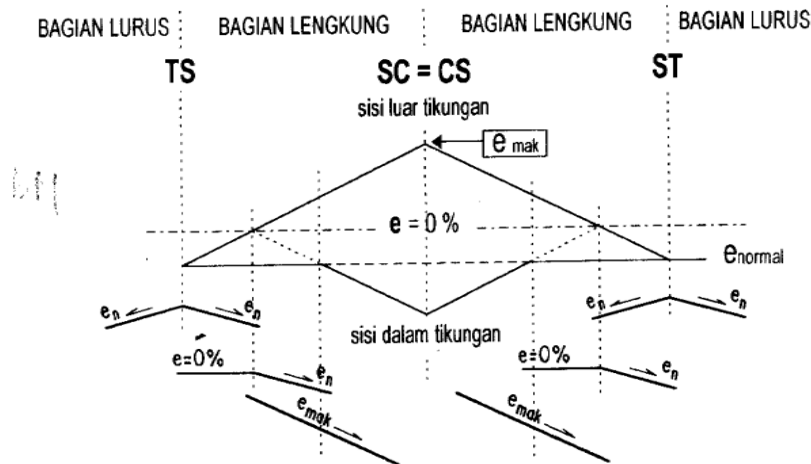
- Memutar perkerasan jalan terhadap profil sumbu
- Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah dalam
- Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah luar



Gambar 2.15 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Full Circle*



Gambar 2.16 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

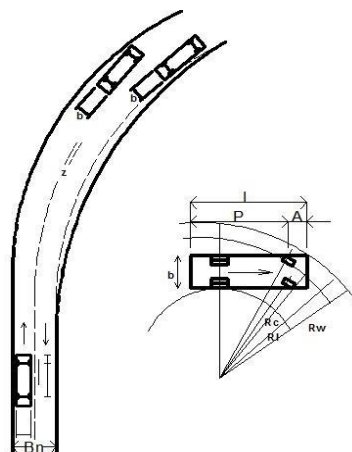


Gambar 2.17 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Spiral*

2.7.7 Pelebaran di Tikungan

Pelebaran perkerasan atau jalur lalulintas di tikungan, dilakukan untuk mempertahankan kendaraan tetap pada lintasannya (lajurnya) sebagaimana pada bagian lurus. Hal ini terjadi karena pada kecepatan tertentu kendaraan pada tikungan cenderung untuk keluar lajur akibat posisi roda depan dan roda belakang yang tidak sama, yang tergantung dari ukuran kendaraan.

Penentuan lebar pelebaran jalur lalulintas di tikungan ditinjau dari elemen-elemen : keluar lajur (off tracking) dan kesukaran dalam mengemudi di tikungan.



Gambar 2.18 Pelebaran Perkerasan Pada Tikungan

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung pelebaran perkerasan pada tikungan menurut Hamirhan Saodang (2004) sebagai berikut :

$$B = \sqrt{(\sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25)^2 + 64} - \sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25 \dots \dots \dots (2.70)$$

$$Z = \frac{0,105 \times V}{\sqrt{R}} \dots \dots \dots (2.71)$$

$$B_t = n(B + C) + Z \dots \dots \dots (2.72)$$

$$\Delta b = B_t - B_n \dots \dots \dots (2.73)$$

Dimana :

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

Rc = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan

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

Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar Kendaraan Rencana (m)

Z = Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi tikungan (m)

Δb = Tambahan lebar perkerasan ditikungan (m)

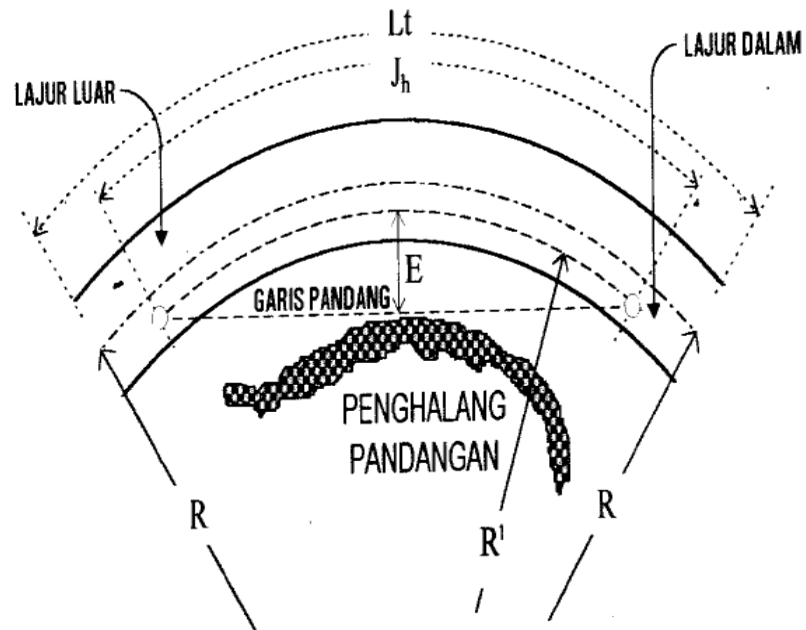
2.7.8 Daerah bebas samping di Tikungan

Jarak pandang pengemudi pada lengkung horizontal (di tikungan) adalah pandangan bebas pengemudi dari halangan benda-benda di sisi jalan (daerah bebas samping).

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga J_h dipenuhi.

Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh E (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan J_h dipenuhi.

Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus-rumus sebagai berikut :



Gambar 2.19 Daerah Bebas Samping Di Tikungan Untuk $J_h < L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{90 \cdot J_h}{\pi \cdot R} \right) \dots \dots \dots (2.74)$$

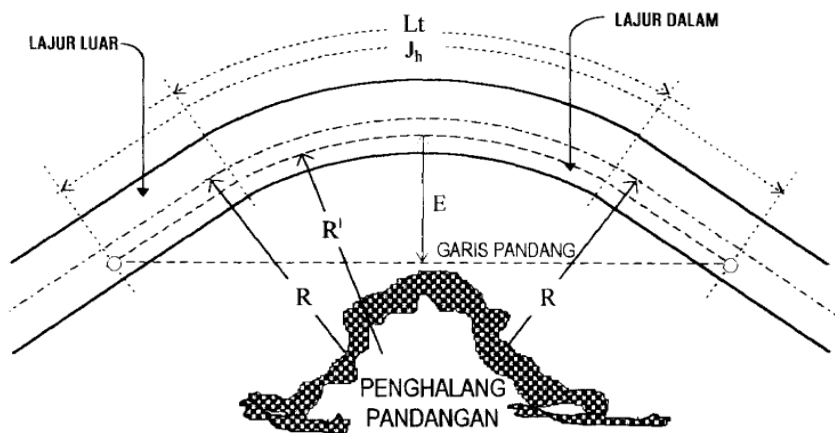
Dimana :

E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari-jari tikungan (m)

R' = Jari-jari sumbu jalur dalam (m)

Jh = jarak pandang henti (m)



Gambar 2.20 Daerah Bebas Samping Ditikungan Untuk $J_h > L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{90 \cdot Jh}{\pi \cdot R} \right) + \left(\frac{Jh - Lt}{2} \sin \frac{28,65 \cdot Jh}{R'} \right) \dots \dots \dots (2.75)$$

Dimana :

E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari-jari tikungan (m)

R' = Jari-jari sumbu jalur dalam (m)

Jh = jarak pandang henti (m)

Lt = Panjang tikungan (m)

Daerah bebas samping tikungan dihitung berdasarkan jarak pandang mendahului menggunakan rumus-rumus sebagai berikut :

$$M = R' (1 - \cos \Theta) + \frac{1}{2} (Jd - L) \sin \Theta \dots \dots \dots (2.76)$$

Dimana :

M = Jarak dari sumbu penghalang ke sumbu lajur sebelah dalam (m)

Θ = Setengah sudut pusat sepanjang L

R' = Radius sumbu lajur sebelah dalam (m)

Jd = Jarak pandangan (m)

L = Panjang tikungan (m)

2.8 Alinyemen Vertikal

Alinyemen Vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan, yang umumnya biasa disebut dengan profil/penampang memanjang jalan (Ir. Hamirhan Saodang MSCE, 2010).

Perencanaan alinyemen vertikal sangat dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain :

- a. Kondisi tanah dasar
- b. Keadaan medan
- c. Fungsi jalan
- d. Muka air banjir
- e. Muka air tanah

f. Kelandaian yang masih memungkinkan

Pada perencanaan alinyemen vertikal akan ditemui kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan), sehingga kombinasinya berupa lengkung cembung dan lengkung cekung. Disamping kedua lengkung tersebut ditemui pula kelandaian datar (Shirley L. Hendarsin, 2000).

Kondisi tersebut dipengaruhi oleh keadaan topografi yang dilalui oleh rute jalan rencana. Kondisi topografi tidak saja berpengaruh pada perencanaan alinyemen horizontal, tetapi mempengaruhi perencanaan alinyemen vertikal.

1. Kelandaian

Untuk menghitung dan merencanakan lengkung vertikal, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu :

a. Karakteristik kendaraan pada kelandaian

Hampir seluruh kendaraan penumpang dapat berjalan baik dengan kelandaian 7 - 8 % tanpa ada perbedaan dibandingkan pada bagian datar. Pengamatan menunjukkan bahwa untuk mobil penumpang pada kelandaian 3 % hanya sedikit sekali pengaruhnya dibandingkan dengan jalan datar. Sedangkan untuk truk, kelandaian akan lebih besar pengaruhnya.

b. Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum yang ditentukan untuk berbagai variasi rencana, dimaksudkan agar kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh mampu bergerak dengan kecepatan tidak kurang dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.

Tabel 2.20 Kelandaian Maksimum

V _r (km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40
Kelandaian Maksimum (%)	3	3	4	5	8	9	10	10

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

c. Kelandaian Minimum

Pada jalan yang menggunakan kerb pada tepi perkerasannya, perlu dibuat kelandaian minimum 0,5% untuk keperluan kemiringan saluran samping, karena kemiringan melintang jalan dengan kerb hanya cukup untuk mengalirkan air ke samping

- d. Panjang kritis ini diperlukan sebagai batasan panjang kelandaian maksimum agar pengurangan kecepatan kendaraan tidak lebih dari separuh V_r . Lama perjalanan pada panjang kritis tidak lebih dari satu menit.

Tabel 2.21 Panjang kritis (m)

Kecepatan pada awal tanjakan (km/jam)	Kelandaian (%)						
	4	5	6	7	8	9	10
80	630	460	360	270	230	230	200
60	320	210	160	120	110	90	80

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

e. Lajur Pendakian pada Kelandaian Khusus

Pada jalur jalan dengan rencana volume lalu lintas yang tinggi, terutama untuk tipe 2/2 TB, maka kendaraan berat akan berjalan pada lajur pendakian dengan kecepatan dibawah V_r , sedangkan kendaraan lain masih dapat bergerak dengan V_r , sebaiknya dipertimbangkan untuk dibuat lajur tambahan pada bagian kiri dengan ketentuan untuk jalan baru menurut MKJI didasarkan pada BSH (Biaya Siklus Hidup).

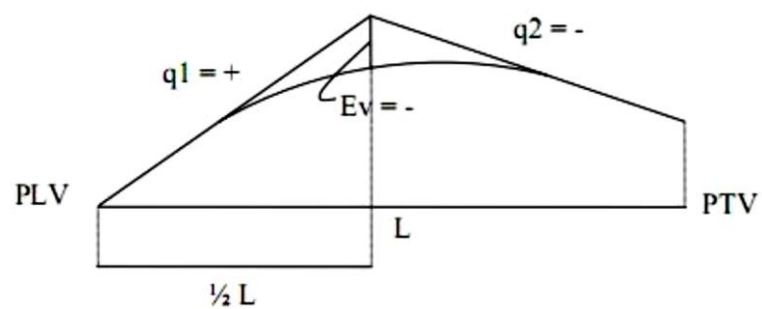
2. Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal direncanakan untuk merubah secara bertahap perubahan dari dua macam kelandaian arah memanjang jalan pada setiap lokasi yang diperlukan. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi guncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti yang cukup, untuk keamanan dan kenyamanan.

Lengkung vertikal terdiri dari dua jenis yaitu :

a. Lengkung vertikal cembung

Lengkung vertikal cembung, yaitu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada dibawah permukaan jalan.



Gambar 2.21 Lengkung Vertikal Cembung

$$Y' = EV = \frac{(ALV)}{800} \dots\dots\dots(2.77)$$

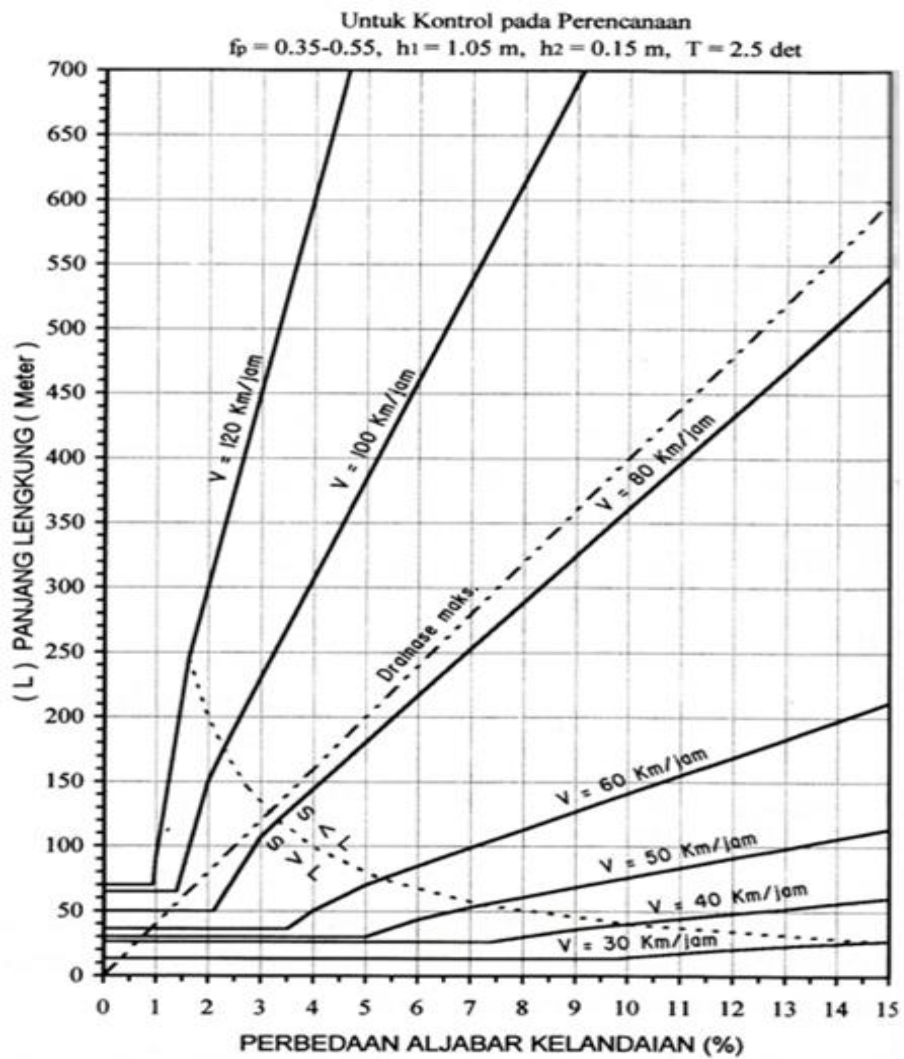
$$A = q^2 - q_1 \dots\dots\dots(2.78)$$

Dimana :

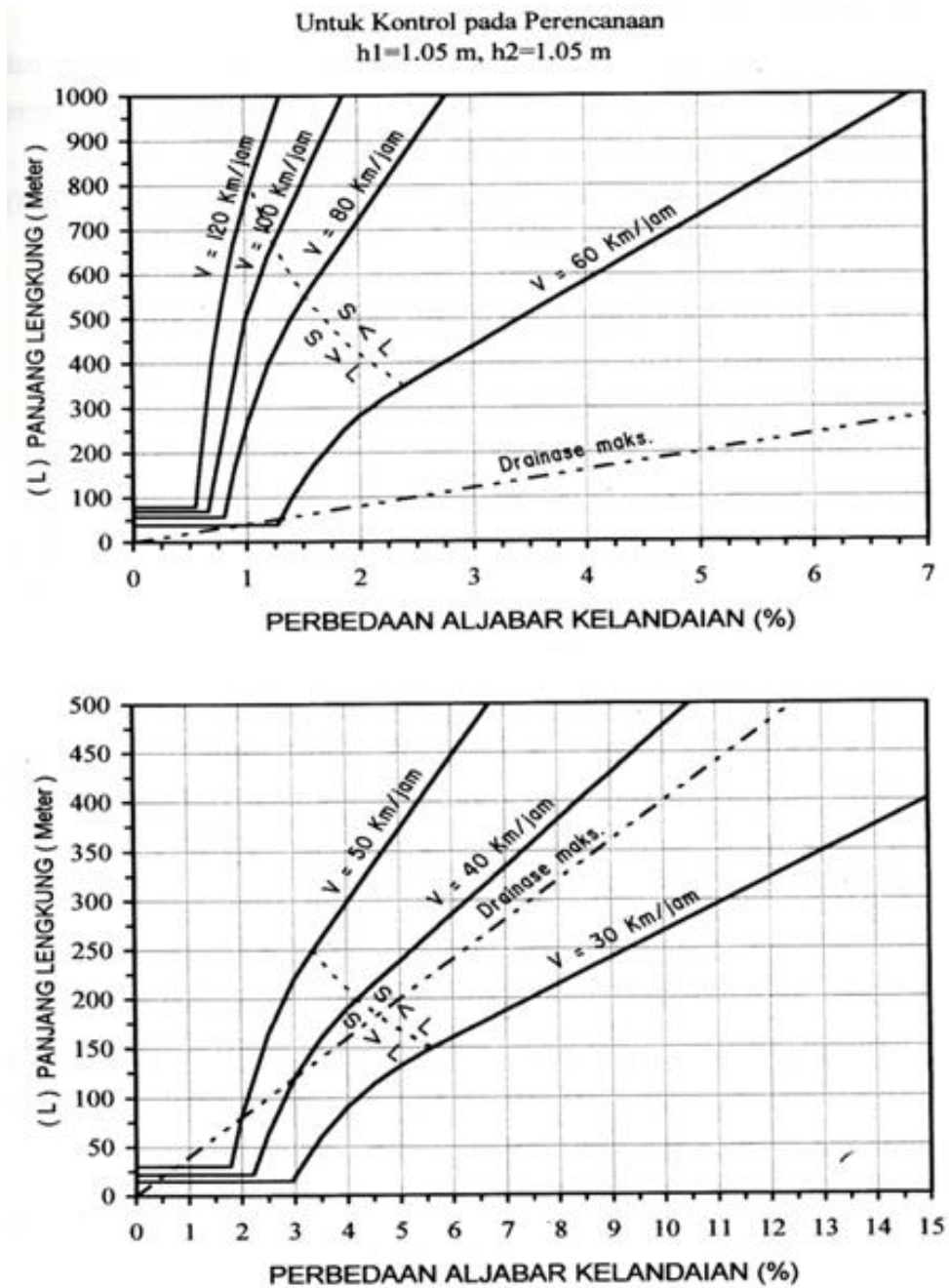
EV = Penyimpangan kedua dari titik potong kedua tangen kelengkungan vertikal ($Y' = EV$ untuk $x = \frac{1}{2} L$)

L = Panjang lengkung vertikal cembung

Untuk menentukan panjang lengkung vertikal cembung (L_v) dapat juga ditentukan berdasarkan grafik pada gambar 2.22 (untuk jarak pandang henti) dan grafik pada gambar 2.23 (untuk jarak pandang menyiap) dibawah ini.



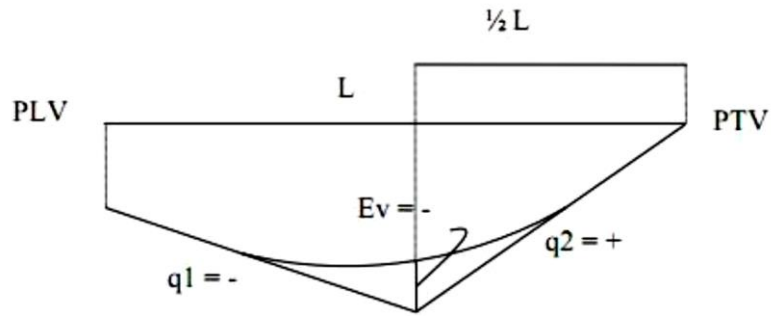
Gambar 2.22 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan Jarak Pandang Henti (J_h)



Gambar 2.23 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan Jarak Pandang Mendahului (J_d)

b. Lengkung vertikal cekung

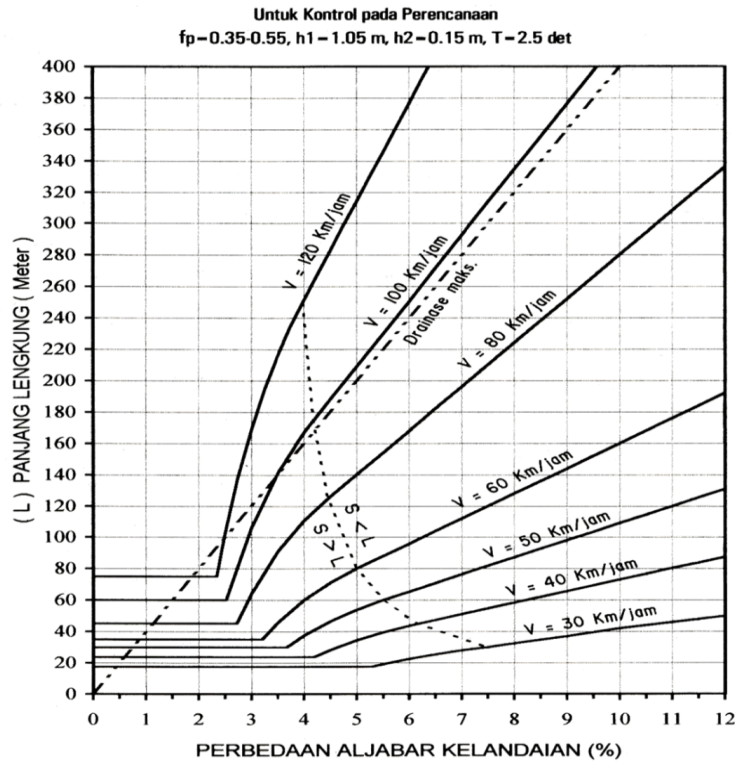
Titik perpotongan antara ke 2 tangen berada dibawah permukaan jalan. Gambar Alinyemen Vertikal Cekung dapat dilihat pada gambar 2.20 dibawah ini :



Gambar 2.24 Lengkung Vertikal Cekung

$$Y' = EV = \frac{(q_2 - q_1)}{8} \times L_v \dots \dots \dots (2.79)$$

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandangan pada waktu malam hari dan syarat drainase sebagaimana tercantum dalam Grafik pada Gambar 2.25



Gambar 2.25 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

2.9 Perencanaan Galian dan Timbunan

Didalam perencanaan jalan raya diusahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal dimungkinkan untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan.

Langkah-langkah perhitungan galian dan timbunan :

- Penentuan stasioning sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase).
- Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) untuk memperlihatkan perbedaan tinggi muka tanah asli dengan tinggi muka perkerasan yang akan direncanakan.
- Gambarkan profil melintang pada tiap titik stasioning sehingga dapat luas penampang galian dan timbunan.
- Hitung volume galian dan timbunan dengan mengkalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak antar patok.

Tabel 2.22 Perhitungan Galian dan Timbunan

STA	Luas (m ²)		Jarak (m)	Volume (m ³)	
	Galian	Timbunan		Galian	Timbunan
0+00 0	A	A	L	$\frac{A+B}{2} \times L$ = C	$\frac{A+B}{2} \times L$ = C
0+10 0	B	B		$\frac{A+B}{2} \times L$ = C	$\frac{A+B}{2} \times L$ = C
JUMLAH				$\sum C$	$\sum C$

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

2.10 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun di atas lapisan tanah dasar (*subgrade*), yang berfungsi untuk menopang beban lalu-lintas.

Berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas :

a. Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*)

Yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

b. Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*)

Yaitu perkerasan yang menggunakan semen (PC) sebagai bahan pengikat. Plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh plat beton.

c. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dimana dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur (Silvia Sukirman, 1999).

Perencanaan konstruksi perkerasan juga dapat dibedakan antara perencanaan untuk jalan baru dan untuk peningkatan (jalan lama yang sudah pernah diperkeras).

2.10.1 Jenis dan Fungsi Lapis Perkerasan Lentur

a) Perkerasan lentur pada permukaan tanah asli



Gambar 2.26 Perkerasan Lentur Pada Permukaan Tanah Asli

b) Perkerasan lentur pada timbunan



Gambar 2.27 Perkerasan Lentur pada timbunan

1. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapis permukaan merupakan lapis paling atas dari struktur perkerasan jalan. Lapis permukaan perkerasan lentur menggunakan bahan pengikat aspal, sehingga menghasilkan lapis yang kedap air, stabilitas tinggi dan memiliki daya tahan selama masa pelayanan.

Fungsi dari lapisan permukaan ini adalah sebagai berikut :

- a) Lapisan perkerasan penahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi menahan beban roda selama masa pelayanan.
- b) Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh tidak meresap kelapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut.
- c) Lapis aus (*wearing course*), yaitu lapisan yang langsung mengalami gesekan akibat rem kendaraan, sehingga mudah aus.
- d) Lapisan yang menyebarkan beban kelapisan bawah.

2. Lapisan pondasi (*Base Course*)

Lapis pondasi adalah lapis perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Jika tidak digunakan lapis pondasi bawah, maka lapis pondasi diletakkan langsung diatas permukaan tanah dasar.

Adapun fungsi dari lapisan pondasi yaitu sebagai:

- a) Bagian struktur perkerasan yang menahan gaya vertikal dari beban kendaraan dan disebarkan ke lapis dibawahnya.
- b) Lapis peresap untuk lapis pondasi bawah.
- c) Bantalan atau perletakan lapis permukaan.

Material yang digunakan untuk lapis pondasi adalah material yang cukup kuat dan awet sesuai syarat teknik dalam spesifikasi pekerjaan. Lapis pondasi dapat dipilih lapis berbutir tanpa pengikat atau lapis dengan aspal sebagai pengikat.

3. Lapisan pondasi bawah (*Sub Base Course*)

Lapis pondasi bawah adalah lapis perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi dan tanah dasar.

Fungsi dari lapisan pondasi bawah adalah :

- a) Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
- b) Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif mudah agar

lapisan-lapisan di atasnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).

- c) Untuk mencegah tanah dasar masuk kedalam lapisan pondasi.
- d) Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar.

4. Lapisan tanah dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah (*subgrade*) merupakan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan maupun tebal dari lapisan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar.

Mutu persiapan lapis tanah dasar sebagai perletakan struktur perkerasan jalan sangat menentukan ketahanan struktur dalam menerima beban lalu lintas selama masa pelayanan.

Masalah-masalah yang sering ditemui terkait dengan lapis tanah dasar adalah :

1. Perubahan bentuk tetap dan rusaknya struktur perkerasan jalan secara menyeluruh.
2. Sifat mengembang dan menyusut pada jenis tanah yang memiliki sifat plastisitas tinggi. Perubahan kadar air tanah dasar dapat berakibat terjadinya retak dan atau perubahan bentuk.
3. Perbedaan daya dukung tanah akibat perbedaan jenis tanah.
4. Perbedaan penurunan akibat terdapatnya lapis tanah lunak dibawah lapisan tanah dasar.
5. Kondisi geologi yang dapat berakibat terjadinya patahan.

2.10.2 Metode Perencanaan Tebal Perkerasan

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

- a. Kekuatan lapisan tanah dasar yang dinamakan nilai CBR atau Modulus Reaksi Tanah Dasar (k).

- b. Kekuatan beton yang digunakan untuk lapisan perkerasan.
- c. Prediksi volume dan komposisi lalu lintas selama usia rencana.
- d. Ketebalan dan kondisi lapisan pondasi bawah (*subbase*) yang diperlukan untuk menopang konstruksi, lalu lintas, penurunan akibat air dan perubahan volume lapisan tanah dasar serta sarana perlengkapan daya dukung permukaan yang seragam dibawah dasar beton.

2.10.3 Kriteria Perancangan

1. Jumlah lajur dan tebal lajur rencana

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan, yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, jumlah lajur ditentukan dari tabel lebar perkerasan berikut :

Tabel 2.23 Jumlah Lajur berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur
$L < 4,5 \text{ m}$	1
$4,5 \text{ m} \leq L < 8,00 \text{ m}$	2
$8,00 \text{ m} \leq L < 11,25 \text{ m}$	3
$11,25 \text{ m} \leq L < 15,00 \text{ m}$	4
$15,00 \text{ m} \leq L < 18,75 \text{ m}$	5
$18,75 \text{ m} \leq L < 22,50 \text{ m}$	6

(Sumber : Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

2. Reliabilitas

Konsep reliabilitas merupakan upaya untuk menyertakan derajat kepastian (degree of certainty) ke dalam proses perencanaan untuk menjamin bermacam-macam alternatif perencanaan akan bertahan selama selang waktu yang direncanakan (umur rencana). Faktor perencanaan reliabilitas memperhitungkan kemungkinan variasi perkiraan lalu- lintas (W), dan perkiraan kinerja (W), dan karenanya memberikan tingkat reliabilitas (R) dimanaseksi perkerasan akan

bertahan selama selang waktu yang direncanakan. Tabel 2.24 memperlihatkan rekomendasi tingkat reliabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan. Perlu dicatat bahwa tingkat reliabilitas yang lebih tinggi menunjukkan jalan yang melayani lalu-lintas paling banyak, sedangkan tingkat yang paling rendah, 50 % menunjukkan jalan lokal.

Tabel 2.24 Rekomendasi Tingkat Reliabilitas Untuk Berbagai Macam Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan	Rekomendasi tingkat reliabilitas	
	Perkotaan	Antar Kota
Bebas hambatan	85 – 99.9	80 – 99,9
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95
Lokal	50 – 80	50 – 80

(Sumber : Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

Reliabilitas kinerja-perencanaan dikontrol dengan faktor reliabilitas (FR) yang dikalikan dengan perkiraan lalu-lintas (W), selama umur rencana untuk memperoleh prediksi kinerja (W). Untuk tingkat reliabilitas (R) yang diberikan, reliability factor merupakan fungsi dari deviasi standar keseluruhan (overall standard deviation, s) yang memperhitungkan kemungkinan variasi perkiraan lalu-lintas dan perkiraan kinerja untuk W yang diberikan. Dalam persamaan desain perkerasan lentur, level of reliability (R) diakomodasi dengan parameter penyimpangan normal standar. Tabel 2.20 memperlihatkan nilai Z untuk level of serviceability tertentu.

Penerapan konsep reliability harus memperhatikan langkah-langkah berikut

ini :

- a. Definisikan klasifikasi fungsional jalan dan tentukan apakah merupakan jalan perkotaan atau jalan antar kota

- b. Pilih tingkat reliabilitas dari rentang yang diberikan
- c. Deviasi standar (s) harus dipilih yang mewakili kondisi setempat
Rentang nilai s adalah 0,40 – 0,55.

Tabel 2.25 Nilai Penyimpangan Normal Standar (Standard Normal Deviate)
Untuk Tingkat Reliabilitas Tertentu.

Reabilitas, R (%)	Standard Normal Deviate, Z_R
50	0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,090
99,99	-3,750

(Sumber : Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

3. Drainase

Salah satu tujuan utama dari perancangan perkerasan jalan adalah agar lapisan pondasi, pondasi bawah dan tanah dasar terhindar dari pengaruh air, namun selama umur palayanan masuknya air pada perkerasan sulit untuk dihindari.

Untuk mengurangi masalah yang disebabkan oleh air adalah dengan melakukan perancangan yang baik, yaitu perancangan struktur perkerasandengan dilengkapi perancangan drainasenya. Tujuan utamanya adalah menjaga agar lapisan pondasi, lapisan pondasi bawah

dan tanah dasar terhindar dari kondisi jenuh.

Klasifikasi drainase pada perkerasan jalan lentur berdasarkan fungsinya adalah drainase permukaan (Surface Drainage) dan drainase bawah permukaan (sub surface drainage).

Kualitas drainase menurut AASHTO 1993 maupun ENCHRP 1-37A adalah berdasarkan pada metode time-to-drain . time-to-drain adalah waktu yang dibutuhkan oleh sistem perkerasan untuk mengalirkan air dari keadaan jenuh sampai pada derajat kejenuhan 50%. Nilai dari time-to-drain ditentukan dengan persamaan dibawah ini :

$$t = T50 \times m_d \times 24 \dots\dots\dots(2.80)$$

Dimana :

T = time-to-drain (jam)

T50 = time faktor

Md = faktor yang berhubungan dengan porositas efektif, permeabilitas, resultan panjang serta tebal lapisan drainase.

Faktor-faktor geometrik yang dipakai untuk menghitung nilai faktor kemiringan slope faktor (S1) dengan persamaan berikut :

$$S1 = \frac{(LR \times SR)}{H} \dots\dots\dots(2.81)$$

Dimana :

$$LR = W (1 + (S/S_x)^2)^{1/2} \dots\dots\dots(2.82)$$

$$SR = (S_2 + S_x^2)^{1/2} \dots\dots\dots(2.83)$$

H = Tebal dari lapisan fermeable (ft)

Nilai “Md” dihitung dengan persamaan :

$$m_d = \frac{n_e \cdot l_R^2}{kH} \dots\dots\dots(2.84)$$

Dimana :

Ne = Porositas efektif lapisan drainase

k = Permeabilitas lapisan drainase dalam feet/hari

LR = Resultan Panjang (feet)

H = Tebal lapisan drainase dalam feet

$$K = \frac{6,214 \times 10^5 \times D_{10}^{1,478} \times n^{6,654}}{P_{200}^{0,597}} \dots\dots\dots(2.85)$$

Dimana :

- K = Permeabilitas lapisan drainase dalam feet/hari
- P200 = Berat agregat yang lolos saringan nomor 200 dalam %
- D10 = Ukuran efektif atau ukuran butir agregat 10% berat lolos saringan
- n = Porositas material (tanpa satuan), nilai rasio dari volume relatif dan total volume

Persamaan untuk menentukan koefisien drainase yang akan digunakan mencakup :

A. Menghitung Porositas Material

$$n = 1 - \left(\frac{\gamma_d}{62,4 \times \text{berat jenis curah}} \right) \dots\dots\dots(2.86)$$

Dimana :

- N = Porositas material (tanpa satuan), nilai rasio dari volume dan total volume
- γ_d = Kepadatan kering dalam lb/ft³

B. Menghitung Resultan Kemiringan (Slope Resultant)

$$(S_R) = (S^2 + S_x^2)^{1/2} \dots\dots\dots(2.87)$$

Dimana :

- SR = Resultan Kemiringan (%)
- S = Kemiringan memanjang lapisan drainase (%)
- Sx = Kemiringan melintang lapisan drainase (%)

C. Menghitung Resultan Panjang (Length Resultant)

$$L_r = w \left(1 + \left(\frac{s}{s_x} \right)^2 \right)^{1/2} \dots\dots\dots(2.88)$$

Dimana :

- LR = Resultant panjang (feet)

W = Lebar lapisan drainase (feet)

S = Kemiringan memanjang lapisan drainase (%)

Sx = Kemiringan melintang lapisan drainase (%)

Koefisien drainase untuk mengakomodasikan kualitas sistem drainase yang memiliki perkerasan jalan dan definisi umum mengenai kualitas drainase.

Tabel 2.26 Definisi Kualitas Drainase

Kualitas Drainase	Air Hilang Dalam
Baik sekali	2 jam
Baik Sedang	1 hari
Jelek	1 minggu
Jelek sekali	1 bulan
	Air tidak akan mengalir

(Sumber : Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

Tabel 2.27 Koefisien Drainase (M) Untuk Memodifikasi Koefisien Kekuatan Relatif Material Untreated Base Dan Subbase Pada Perkerasan Lentur

Kualitas drainase	Persen waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh			
	<1%	1 – 5 %	5 -25 %	>25%
Baik sekali	1,40 – 1,30	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Baik	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Sedang	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Jelek	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Jelek sekali	1,05 – 0,95	0,80 – 0,75	0,60 – 0,40	0,40

(Sumber : Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

D. Kinerja Perkerasan

Dalam menentukan indeks pelayanan perkerasan lentur pada akhir umur rencana (IP_1), perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan sebagaimana diperlihatkan pada tabel 2.28 dibawah ini :

Tabel 2.28 Indeks Pelayanan Perkerasan Lentur Pada Akhir Umur Rencana

Klasifikasi Jalan	Indeks Pelayanan Perkerasan Akhir Umur Rencana (IP_t)
Bebas Hambatan	$\geq 2,5$
Arteri	$\geq 2,5$
kolektor	$\geq 2,0$

(Sumber : Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

Dalam menentukan indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan perkerasan lentur pada awal umur rencana, indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0) untuk beberapa lapisan perkerasan dapat dilihat pada tabel 2.29 dibawah ini

Tabel 2.29 Indeks Pelayanan pada awal Umur Rencana (IP_0)

Jenis lapis perkerasan	IP_0
Lapis beton aspal (Laton/AC) dan lapis beton aspal modifikasi (Laston Modifikasi/AC-mod)	≥ 4
Lapis tipis beton aspal (Lataston/HRS)	≥ 4

(Sumber : Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

2.10.4 Koefisien Perencanaan Tebal Perkerasan

1. Koefisien kekuatan relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif bahan jalan, baik campuran beraspal sebagai lapis permukaan (lapis aus dan lapis permukaan antara), lapis pondasi serta lapis pondasi bawah disajikan pada tabel 2.30, maka nilai kekuatan relatif bahan A dapat menggunakan referensi.

Tabel 2.30 Koefisien Kekuatan Relatif Bahan Jalan

Jenis bahan	Kekuatan bahan					Koefisien kekuatan relatif			
	Modulus elastis		Stabilitas marshal (kg)	Kuat tekan bebas (kg/cm ²)	ITS (kPa)	CBR (%)	a ₁	a ₂	a ₃
	(Mpa)	(x1000psi)							
1. Lapis permukaan									
Laston modifikasi									
- Lapis aus modifikasi	3200 ⁽⁵⁾	460	1000				0,414		
- Lapisantara modifikasi	3500 ⁽⁵⁾	508	1000				0,36		
- Laston									
- lapis aus	3000 ⁽⁵⁾	435	800				0,4		
- lapis antara	3200 ⁽⁵⁾	464	800				0,344		
- lataston									
- lapis aus	2300 ⁽⁵⁾	340	800				0,35		
2. lapis pondasi									
- lapispondasi laston modifikasi	3700 ⁽⁵⁾	536	2250 ⁽²⁾					0,305	
- lapispondasi laston	3300 ⁽⁵⁾	480	1800 ⁽²⁾					0,29	
- lapispondasi lataston	2400 ⁽⁵⁾	350	800						
- lapispondasi lapen								0,19	
- CMRFB(Cold MixRecycling Foam Bitumen)					300			0,27	
Beton padat giling	5900	850		70 ⁽³⁾				0,23	
CTB	5350	776		45				0,21	
CTRB	4450	645		35				0,17	
CTSB	4450	645		35				0,17	
CTRSB	4270	619		30				0,16	
Tanah semen	4000	580		24 ⁽⁴⁾				0,145	
Tanah kapur	3900	566		20 ⁽⁴⁾				0,14	

Agregat kelas A	200	29				90		0,135	
3. Lapis Pondasi Bawah									
Agregat kelas B	125	18				60			0,125
Agregat kelas C	103	15				35			0,112
Konstruksi Telford									
Pemadatan mekanis						52			0,104
Pemadatan manual						32			0,074
Material pilihan	84	12				10			0,08

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Keterangan :

- A. Campuran beraspal panas yang menggunakan bahan pengikat aspal modifikasi atau modified asphalt (seperti aspal polimer, aspal yang dimodifikasi asbuton, multigrade, aspal pen 40 dan aspal pen 60 dengan aditive campuran seperti asbuton butir), termasuk asbuton campuran panas.
 - B. Diameter benda uji 60 inchi
 - C. Kuat tekan beton untuk umur 28 hari
 - D. Kuat tejan bebas umur 7 hari dan diameter 7 cm
 - E. Pengujian modulus elastis menggunakan alat UMMATTA pada temperature 25° c, bebas 2500 N dan rise time 60 ms serta pembuatan benda uji dikondisikan sesuai AASHTO designation R 30 – 02 (2006)
2. Pemilihan tipe lapisan beraspal

Tipe lapisan beraspal yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan kondisi jalan yang akan ditingkatkan, yaitu sesuai dengan lalu lintas rencana serta kecepatan kendaraan (terutama kendaraan truk) pada tabel 2.31 disajikan pemilihan tipe lapisan beraspal sesuai lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan.

Tabel 2.31 Pemilihan Tipe Lapisan Beraspal Berdasarkan Lalu Lintas Rencana dan Kecepatan Kendaraan

Lalu lintas rencana (juta)	Tipe lapisan beraspal	
	Kecepatan kendaraan 20-70 km/jam	Kecepatan kendaraan \geq 70 km/jam
< 0,3	Perancangan perkerasan lentur untuk lalu lintas rendah	
0,3 – 1,0	Lapis tipis beton aspal (Laston/HRS)	Lapis tipis beton aspal (Laston/HRS)
10 – 30	Lapis beton aspal (Laston/AC)	Lapis beton aspal (Laston/AC)
\geq 30	Lapis Beton Aus Modifikasi (Laston Mod/AC-Mod)	Lapis beton aspal (Laston/AC)

(Sumber : Manual Perkerasan Jalan, 2017)

Catatan : untuk lokasi setempat dengan kecepatan kendaraan <20 km/jam sebaiknya menggunakan perkerasan kaku.

3. Ketebalan Minimum Lapisan Perkerasan

Pada saat menentukan tebal lapis perkerasan, perlu dipertimbangkan keefektifannya dari segi biaya, pelaksanaan konstruksi, dan batasan pemeliharaan untuk menghindari kemungkinan dihasilkannya perancangan yang tidak praktis. Pada tabel 2.32 disajikan tabel minimum untuk lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

Tabel 2.32 Tebal minimum perkerasan

Jenis Bahan	Tebal Minimum	
	(Inchi)	(cm)
1. Lapis permukaan		
Laston modifikasi		
- Lapis aus modifikasi	1,6	4,0
- Lapis antara modifikasi	2,4	6,0
Laston		
- lapis aus	1,6	4,0
- lapis antara	2,4	6,0
Lataston		
- lapis aus	1,2	3,0
2. lapis pondasi		
- lapis pondasi laston modifikasi	2,9	7,5
- lapis pondasi laston	2,9	7,5
- lapis pondasi lataston	1,4	3,5
- lapis pondasi lapen	2,5	6,5
- Agregat Kelas A	4,0	10,0
- CTB (<i>Cement Treated Base</i>)	6,0	15,0
- CTRB (<i>Cement Treated Recycling Base</i>)	6,0	15,0
- CMRFB (<i>Cold Mix Recycling Foam Bitumen</i>)	6,0	15,0
- CTSB (<i>Cement Treated Subbase</i>)	6,0	15,0
- CTRSB (<i>Cement Treated Recycling Subbase</i>)	6,0	15,0
- Beton Padat Giling	6,0	15,0
- Beton Kurus (CBK) atau <i>Lean Mix Concrete</i> (LC)	6,0	15,0
- Tanah semen	6,0	15,0
- Tanah kapur	6,0	15,0

3. Lapis Pondasi Bawah		
- Agregat kelas B	6,0	15,0
- Agregat kelas C	6,0	15,0
- Konstruksi Telford	6,0	15,0
- Material pilihan (selected material)	6,0	15,0

(Sumber : Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

4. Persamaan Dasar

Untuk suatu kondisi tertentu, penentuan nilai struktur perkerasan lentur (*Indeks Tebal Perkerasan, SN*) dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Log}(W_{18}) = Z_R \cdot S_0 + 9,36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0,2 + \frac{\text{Log } 10 \left[\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f} \right]}{0,4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \cdot \log_{10}(MR) - 8,07 \dots \dots \dots (2.89)$$

Sesuai dengan persamaan diatas, penentuan nilai struktural mencakup penentuan besaran-besaran sebagai berikut :

W_{18} (W_t) = yaitu volume kumulatif lalu lintas selama umur rencana

Z_R = yaitu deviasi normal standar sebagai fungsi dari tingkat kepercayaan (R), yaitu dengan menganggap bahwa semua parameter masukan yang digunakan adalah nilai rata-ratanya.

S_0 = yaitu gabungan standar error untuk perkiraan lalu lintas dan kinerja.

ΔIP = yaitu perbedaan antara indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana (IP_f).

Mr = yaitu modulus resilien tanah dasar efektif (Ψ)

IP_f = yaitu indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)

5. Estimasi Lalu lintas

Untuk mengestimasi volume kumulatif lalu lintas selama umur rencana (W18) adalah sesuai prosedur.

6. Tingkat kepercayaan dan pengaruh drainase

Untuk menetapkan tingkat kepercayaan atau reabilitas dalam proses perancangan dan pengaruh drainase.

7. Modulus Resilien tanah dasar efektif

Untuk menentukan modulus resilien akibat variasi musim, dapat dilakukan dengan pengujian dilaboratorium dan pengujian CBR lapangan kemudian dikorelasikan dengan nilai modulus resilien.

8. Perhitungan

$$SN = a_{1,1} \times D_{1,1} + a_{1,2} \times D_{1,2} + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3 \dots\dots\dots(2.90)$$

Keterangan :

a_1, a_2, a_3 = koefisien kekuatan lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah.

D_1, D_2, D_3 = Tebal lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi Bawah (inchi) dan tebal minimum untuk setiap jenis bahan.

m_1, m_2 = Koefisien drainase lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah.

Angka 1-1, 1-2, 2 dan 3 masing-masing untuk lapis permukaan, lapis permukaan antara, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

9. Analisis perancangan tebal perkerasan

Perlu dipahami bahwa untuk perkerasan lentur, struktur perkerasan terdiri dari beberapa lapisan bahan yang perlu dirancang dengan seksama.

Tahapan perhitungan adalah sebagai berikut :

- a. Tetapkan umur rencana perkerasan dan jumlah lajur lalu lintas yang akan dibangun.
- b. Tetapkan indeks pelayanan akhir (Ipt) dan susunan struktur perkerasan rancangan yang diinginkan.
- c. Hitung CBR tanah dasar yang mewakili segmen, kemudian hitung modulus reaksi tanah dasar efektif (MR).
- d. Hitung lalu lintas rencana selama umur rencana yang telah ditetapkan, yaitu berdasarkan volume, beban sumbu setiap kelas kendaraan, perkembangan lalu lintas. Untuk menganalisis lalu lintas selama umur rencana diperlukan coba-coba nilai SN dengan indeks pelayanan akhir (Ipt) yang telah dipilih. Hasil iterasi selesai apabila prediksi lalu lintas rencana relatif sama dengan (sedikit dibawah) kemampuan konstruksi perkerasan rencana yang diinterprestasikan dengan lalu lintas.

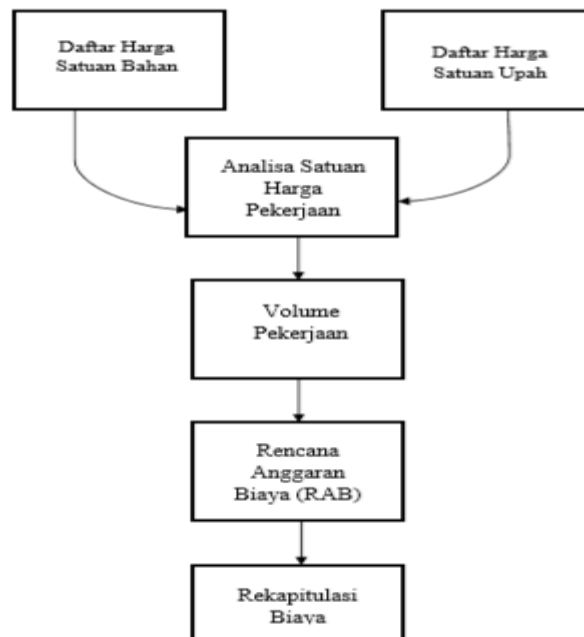
Tahap berikutnya adalah menentukan nilai struktural seluruh lapis perkerasan diatas tanah dasar. Dengan cara yang sama, selanjutnya menghitung nilai struktural bagian perkerasan diatas lapis pondasi bawah dan diatas lapis pondasi atas, dengan menggunakan kekuatan lapis pondasi bawah dan lapis pondasi atas. Dengan menyelisihkan hasil perhitungan nilai struktural yang diperlukan diatas setiap lapisan, maka tebal maksimum yang diizinkan untuk suatu lapisan dapat dihitung. Contoh, nilai struktural maksimum yang diizinkan untuk lapis pondasi bawah akan sama dengan nilai struktural perkerasan diatas tanah dasar dikurangi dengan nilai bagian perkerasan diatas lapis pondasi bawah. Dengan cara yang sama, maka nilai struktural lapisan yang lain dapat ditentukan. Perlu diperhatikan bahwa prosedur tersebut hendaknya tidak digunakan untuk menentukan nilai struktural yang dibutuhkan oleh bagian perkerasan yang terletak diatas lapis pondasi bawah atau lapis pondasi atas dengan modulus resilien lebih dari 40.000 psi atau sekitar 270 Mpa. Untuk kasus tersebut, tebal lapis perkerasan diatas lapisan yang mempunyai modulus elastis tinggi harus ditentukan berdasarkan

pertimbangan efektivitas biaya serta tebal minimum yang praktis

2.11 Manajemen Proyek

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

Ada banyak faktor yang mempengaruhi lancarnya pelaksanaan suatu proyek konstruksi. Salah satunya adalah ketersediaan dana untuk membiayai pelaksanaan proyek konstruksi. Sebagai dasar untuk membuat sistem pembiayaan dalam sebuah proyek, kegiatan estimasi juga digunakan untuk merencanakan jadwal pelaksanaan konstruksi. Kegiatan estimasi dalam proyek konstruksi dilakukan dengan tujuan tertentu tergantung dari pihak yang membuatnya. Pihak owner membuat estimasi dengan tujuan untuk mendapatkan informasi sejelas-jelasnya tentang biaya yang harus disediakan untuk merealisasikan proyeknya, hasil estimasi ini disebut OE (Owner Estimate) atau EE (Engineer Estimate). Pihak kontraktor membuat estimasi dengan tujuan untuk kegiatan penawaran terhadap proyek konstruksi. Kontraktor akan memenangkan lelang jika penawaran yang diajukan mendekati owner estimate (OE) atau engineer estimate (EE). Dalam menentukan harga penawaran, kontraktor harus memasukkan aspek-aspek lain yang sekiranya berpengaruh terhadap biaya proyek nantinya. Tahap-tahap yang sebaiknya dilakukan untuk menyusun anggaran biaya dapat dilihat pada gambar 2.28



Gambar 2.28 Tahapan Estimasi Biaya

2.11.1 Rencana Kerja dan Syarat-Syarat

Rencana kerja dan syarat-syarat adalah segala ketentuan dan formasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh para kontraktor pada saat mengikuti pelelangan maupun pada saat melaksanakan pekerjaan yang akan dilakukan olehnya. Rencana kerja dan syarat-syarat terdiri :

- a. Syarat umum
- b. Syarat administrasi
- c. Syarat Teknis
- d. Syarat Teknik Khusus

2.11.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan banyaknya biaya yang dibutuhkan baik upah maupun bahan dalam sebuah pekerjaan proyek konstruksi, membangun rumah, atau meningkat rumah, gedung, jembatan, masjid, dan lain-

lain.

Rencana Anggaran Biaya dibuat berdasarkan uraian pekerjaan yang disusun menurut jenis pekerjaan yang ada dalam pelaksanaan konstruksi dan disusun berdasarkan gambar kerja dan RKS (Rencana Kerja dan Syarat) dengan memperhitungkan segala biaya pengadaan bahan maupun alat. RAB sendiri terdiri dari :

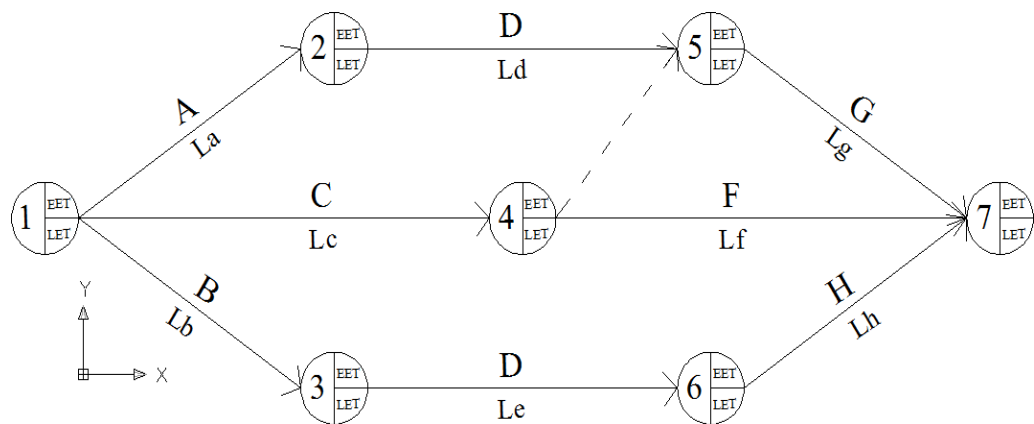
- a. Perhitungan Kuantitas Pekerjaan
- b. Analisa Harga Satuan
- c. Rencana Anggaran Biaya
- d. Rekapitulasi

2.11.3 Network Planning

Network Planning adalah alat manajemen yang memungkinkan dengan lebih luas dan lengkap dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Proyek secara umum didefinisikan sebagai suatu rangkaian kegiatan-kegiatan (aktivitas) yang mempunyai saat permulaan dan yang harus dilaksanakan serta diselesaikan untuk mendapat satu tujuan tertentu. Ini penting untuk digunakan oleh orang yang bertanggung jawab atas bidang-bidang engineering, produksi, marketing administrasi dan lain-lain, di mana setiap kegiatan tersebut tidak merupakan kegiatan rutin. Cara membuat network planning bisa dengan cara manual atau menggunakan software komputer seperti *Ms. Project*. untuk membuatnya kita membutuhkan data-data yaitu :

- a. Jenis pekerjaan yang dibuat detail rincian item pekerjaan, contohnya jika kita akan membuat network planning pondasi batu kali maka apabila dirinci ada pekerjaan galian tanah, pasangan pondasi batu kali kemudian urugan tanah kembali.
- b. Durasi waktu masing-masing pekerjaan, dapat ditentukan berdasarkan pengalaman atau menggunakan rumus analisa bangunan yang sudah ada.
- c. Jumlah total waktu pelaksanaan pekerjaan.
- d. Metode pelaksanaan konstruksi sehingga dapat diketahui urutan pekerjaan.

Gambar *Network Planning* dapat dilihat pada gambar 2.29 dibawah ini



Gambar 2.29 Sketsa Network Planning

Keterangan :

- \longrightarrow (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan resources tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.
- \bigcirc (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan.
- \Longrightarrow (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critikcal path*).
- $- - - - \rightarrow$ (*Dummy*), bentuknya merupakan anak oanah putus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.
- e. $\begin{matrix} \bigcirc \\ \text{1} \\ \bigcirc \end{matrix}$ 1 = Nomor Kejadian
EET (*Earliest Event Time*) = waktu yang paling cepat yaitu menjumlahkan durasi dari kejadian yang dimulai dari

kejadian awal dilanjutkan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka yang terbesar.

LET (*Laetest Event Time*) = waktu yang paling lambat, yaitu mengurangi durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir dilanjutkan kegiatan sebelumnya dengan mengambil angka terkecil.

- f. A, B, C, D, E, F, G, H merupakan kegiatan, sedangkan La, Lb, Lc, Ld, Le, Lf, Lg dan Lh merupakan durasi dari kegiatan tersebut.

2.11.4 Barchart

Barchart adalah suatu diagram yang terdiri dari batang-batang yang menunjukkan saat dimulai dan saat selesai yang direncanakan untuk kegiatan-kegiatan pada suatu proyek. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

2.11.5 Kurva S

Kurva S merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara kemajuan pelaksanaan proyek terhadap waktu penyelesaian, di mana fungsinya sebagai alat control atas maju mundurnya pelaksanaan pekerjaan.

