

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Dasar Perancangan Geometrik

2.1.1 Pengertian

Perencanaan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar, yang didapatkan dari hasil survey lapangan, kemudian dianalisis berdasarkan acuan persyaratan perancangan geometrik yang berlaku. Acuan perencanaan yang dimaksud adalah sesuai dengan standar perencanaan geometrik yang dianut di Indonesia. Standar perencanaan tersebut, dibuat oleh Direktorat Jenderal Bina Marga yang disesuaikan dengan klasifikasi jalan berdasarkan peruntukan jalan raya. (Hamirhan Saodang, 2010: 20)

Dalam perencanaan suatu konstruksi jalan, dibutuhkan data-data perencanaan yang diantaranya yaitu: data lalu lintas, data topografi, data tanah, dan data penunjang lainnya. Data-data tersebut dibutuhkan dalam suatu perencanaan konstruksi jalan untuk memberikan gambaran atau kondisi sebenarnya pada suatu daerah dimana ruas jalan tersebut akan dibangun.

2.1.2 Data Lalu Lintas

Dalam suatu perencanaan teknik jalan, data lalu lintas merupakan salah satu data utama yang diperlukan. Hal ini dikarenakan data komposisi lalu lintas pada segmen jalan yang ditinjau menjadi faktor penentu kapasitas jalan yang akan direncanakan.

Besarnya volume atau arus lalu-lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar jalur pada satu jalur jalan dalam penentuan karakteristik geometrik, sedangkan jenis kendaraan akan menentukan kelas beban atau MST (Muatan Sumbu Terberat) yang berpengaruh langsung pada perencanaan konstruksi perkerasan.

Analisis data lalu-lintas pada intinya dilakukan untuk menentukan kapasitas jalan, akan tetapi harus dilakukan bersamaan dengan perencanaan geometrik dan lainnya, karena saling berkaitan satu sama lain. (Shirley L. Hendarsin, 2000: 64)

Volume Lalu-Lintas Harian Rata-rata (VLHR) merupakan prakiraan volume lalu-lintas harian pada akhir tahun rencana lalu-lintas yang dinyatakan dalam smp/hari. Menurut Shirley L. Hendarsin, untuk merencanakan teknik jalan baru, survey lalulintas tidak dapat dilakukan karena belum ada jalan. Akan tetapi untuk menentukan dimensi jalan tersebut diperlukan data jumlah kendaraan. Untuk itu hal yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Survey perhitungan lalu lintas (*traffic counting*) dilakukan pada jalan yang sudah ada, yang diperkirakan mempunyai bentuk, kondisi dan keadaan komposisi lalu lintas akan serupa dengan jalan yang direncanakan.
- b. Survey asal tujuan yang dilakukan pada lokasi yang dianggap tepat dengan cara melakukan wawancara kepada pengguna jalan untuk mendapatkan gambaran rencana jumlah dan komposisi kendaraan pada jalan yang direncanakan.

2.1.3 Data 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)

Maksud dari survey topografi dalam perencanaan teknik jalan raya yaitu pengukuran rute yang dilakukan dengan tujuan memindahkan kondisi permukaan bumi dari lokasi yang diukur pada kertas yang berupa peta planimetri. Peta ini akan digunakan sebagai peta dasar untuk *plotting* perencanaan geometrik jalan raya, dalam hal ini perencanaan alinyemen

horizontal. Kegiatan pengukuran rute ini juga mencakup pengukuran penampang.

Kegiatan pengukuran untuk rencana teknik jalan raya ini sama dengan pengukuran untuk rencana bangunan teknik sipil lainnya yang intinya adalah melakukan pengukuran sudut dan jarak (horizontal) serta pengukuran beda tinggi (vertikal). Akan tetapi pengukuran untuk rencana teknik jalan raya ini mempertimbangkan pula jarak yang panjang, sehingga pengaruh bentuk lengkung permukaan bumi juga diperhitungkan.

Pengukuran rute sesungguhnya adalah pengukuran desain yang dilakukan pada rute hasil survey pendahuluan, yang kegiatannya meliputi :

- a. Perintisan untuk pengukuran
- b. Pemasangan patok (BM dan kayu)
- c. Pengukuran detail

Sebaiknya pengukuran detail ini dilakukan sekitar 100 m - 200 m di belakang regu survey pemilihan rute, agar dapat memberikan masukan (koreksi) kepada regu pendahuluan mengenai rute yang dipilih. (Shirley L. Hendarsin, 2000: 30)

2.1.4 Data Penyelidikan Tanah

Tujuan dari survey geologi dan investigasi tanah, yaitu untuk memetakan penyebaran tanah atau batuan dasar yang meliputi kisaran tebal tanah pelapukan pada daerah sepanjang trase jalan rencana, sehingga dapat memberikan informasi mengenai stabilitas lereng, prediksi penurunan lapisan tanah dasar dan daya dukungnya, setelah dipadukan dengan hasil laboratorium (Shirley L. Hendarsin, 2000: 46)

Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui kekuatan tanah, yaitu dengan membandingkan antara beban penetrasi suatu lapisan tanah atau perkerasan terhadap beban standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama.

2.1.5 Data Penyelidikan Material

Penyelidikan material dilakukan untuk mengetahui lokasi dan kuantitas (besarnya deposit) pada *quarry* (sumber material) dan sekaligus menentukan karakteristik material yang dikandung dengan melalui proses pengujian laboratorium.

Untuk menentukan bahan konstruksi jalan atau *highway materials*, dilakukan survey pada lokasi – lokasi sumber material (*quarry*) yang berada pada daerah sepanjang trase jalan rencana dengan pertimbangan ekonomis, tetapi apabila tidak ditemui *quarry* sepanjang trase jalan rencana, dilakukan survey pada daerah sekitarnya. (Shirley L. Hendarsin, 2000:52)

Adapun beberapa kegiatan survey yang perlu dilakukan yaitu diantaranya meliputi :

- a. Mengukur dan juga memperkirakan kapasitas atau deposit sumber material
- b. Mencatat jenis material yang ada
- c. Mengukur jarak sumber material dari patok/titik ukur yang terdekat, agar lokasi dapat diplot pada peta sumber material, dan mudah untuk memasang arah/jarak dari trase jalan rencana
- d. Mengambil contoh dari *borrow pit*
 - Contoh tak terganggu (UDS = *Undisturbed Sample*), untuk pengujian sifat fisik tanah yang diperlukan untuk mengetahui jenis tanah bahan urugan.
 - Contoh terganggu (DS = *Disturbed Sample*), untuk pengujian bahan urugan, sehubungan dengan parameter yang diperlukan untuk analisis daya dukung lapisan tanah dasar (*subgrade*) serta besarnya penurunan.

Pengidentifikasi material secara *visual* di lapangan hanya berdasarkan gradasi butiran dan karakteristik keplastisan saja, yaitu :

- a. Tanah berbutir kasar

Tanah yang termasuk ke dalam kelompok ini antara lain pasir, kerikil, dominan kerakal.

b. Tanah berbutir halus

Di lapangan, tanah dari kelompok ini susah untuk dibedakan secara visual antara lempung dan lanau, kecuali dengan cara perkiraan karakteristik plastisitasnya.

2.2 Klasifikasi Jalan

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

Dalam Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (1997), klasifikasi jalan sendiri terbagi menjadi 4 (empat) diantaranya yaitu, klasifikasi jalan menurut fungsi jalan, klasifikasi jalan menurut kelas jalan, klasifikasi jalan menurut medan jalan, dan klasifikasi menurut wewenang pembinaan jalan.

2.2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi Jalan

Klasifikasi jalan menurut fungsi jalan terbagi menjadi 3 (tiga), yaitu jalan arteri, jalan kolektor, dan jalan lokal.

a. Jalan Arteri

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

b. Jalan Kolektor

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

c. 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.

d. Jalan Lingkungan

Jalan lingkungan merupakan jalan angkutan lingkungan (jarak pendek dan kecepatan rendah).

2.2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- a. Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton .
- b. Klasifikasi menurut kelas jalan serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan.

Tabel 2.1 Klasifikasi Kelas Jalan Berdasarkan MST

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

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

2.2.3 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

Berdasarkan perhitungan rata-rata dari ketinggian muka tanah lokasi rencana muka tanah lokasi rencana, maka dapat diketahui lereng melintang

yang digunakan untuk menentukan golongan medan klasifikasi jalan berdasarkan medan dapat dilihat dalam tabel dibawah ini :

Tabel 2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

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

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

2.2.4 Klasifikasi Jalan Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Klasifikasi jalan menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota yaitu :

a. Jalan Nasional

Yaitu jalan yang menghubungkan ibu kota-ibu kota provinsi. Biaya pembangunan dan perawatannya ditanggung oleh pemerintah pusat.

b. Jalan Provinsi

Yaitu jalan yang menghubungkan kota dalam satu provinsi. Biaya pembangunan dan perawatannya ditanggung oleh pemerintah provinsi.

c. Jalan Kabupaten/Kotamadya

Yaitu jalan yang meliputi kabupaten atau kotamadya. Biaya pembangunan dan perawatannya ditanggung oleh pemerintah kabupaten.

d. Jalan Desa

Yaitu jalan yang menghubungkan lingkungan desa. Biaya pembangunan dan perawatannya ditanggung oleh pemerintah desa.

e. Jalan Khusus

Yaitu jalan yang dibangun oleh suatu instansi, badan hukum ataupun perorangan untuk kepentingan masing – masing. Biaya pembangunan dan perawatannya ditanggung oleh instansi tersebut, bukan badan hukum atau perorangan yang terkait.

2.3 Bagian – Bagian Jalan

Menurut Shirley L. Hendarshin dalam Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya, bagian – bagian jalan meliputi :

a. Lebar Jalur (W_c)

Yaitu lebar (m) jalur jalan yang dilewati lalu – lintas, tidak termasuk bahu jalan.

b. Lebar Bahu (W_s)

Yaitu lebar bahu (m) di samping jalur lalu – lintas, direncanakan sebagai ruang untuk kendaraan yang sekali – sekali berhenti, pejalan kaki, dan kendaraan lambat.

c. Median (M)

Yaitu daerah yang memisahkan arah lalu – lintas pada suatu segmen jalan, yang terletak pada bagian tengah (direndahkan atau ditinggikan).

Tabel 2.3 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						

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

2.3.2 Daerah Penguasaan Jalan

Dalam Peraturan Pemerintah No. 34 Tahun 2006, disebutkan bagian - bagian jalan diantaranya meliputi daerah manfaat jalan, daerah milik jalan, dan daerah pengawasan jalan.

a. Daerah Manfaat Jalan

Daerah manfaat jalan (damaja) meliputi badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengamanannya. Ruang manfaat jalan merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi (minimal 5 meter) dan

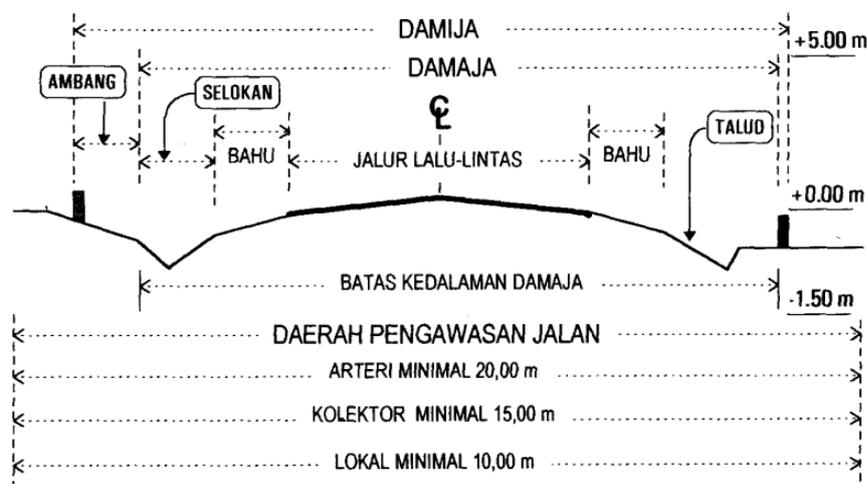
kedalaman tertentu (minimal 1,5 meter dari permukaan jalan) yang dimanfaatkan untuk konstruksi jalan.

b. Daerah Milik Jalan

Daerah milik jalan (damija) terdiri dari ruang manfaat jalan dan sejalur tanah tertentu di luar ruang manfaat jalan. Ruang milik jalan diperuntukan bagi ruang manfaat jalan, pelebaran jalan, dan penambahan jalur lalu lintas di masa yang akan datang serta kebutuhan ruangan untuk pengamanan jalan.

c. Daerah Pengawasan Jalan

Daerah pengawasan jalan (dawasja) merupakan ruang tertentu di luar ruang milik jalan yang penggunaannya ada di bawah pengawasan penyelenggara jalan. Ruang pengawasan jalan diperuntukkan bagi pandangan bebas pengemudi dan pengamanan konstruksi jalan serta pengamanan fungsi jalan.



Gambar 2.1 Damaja, Damiija, dan Dawasja di Lingkungan Jalan Antar Kota

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

2.4 Parameter Perancangan Geometrik Jalan

Dalam perencanaan geometrik jalan, terdapat beberapa parameter perencanaan geometrik. Parameter – parameter ini merupakan faktor penentu

tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan.

2.4.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang merupakan wakil dari kelompoknya, dipergunakan untuk merencanakan bagian – bagian dari jalan. Dalam perencanaan geometrik, dimensi dan radius putar kendaraan dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik jalan.

Kendaraan rencana sendiri dikelompokkan menjadi 3 (tiga) kategori, yaitu :

a. Kendaraan Ringan atau Kecil

Kategori kendaraan ringan/kecil ini adalah kendaraan yang mempunyai 2 (dua) as dengan empat roda, dengan jarak as 2,00 – 3,00 meter. Meliputi mobil penumpang, mikro bus, pick up, dan truk kecil sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga.

b. Kendaraan Sedang

Kategori kendaraan sedang merupakan kendaraan yang mempunyai 2 (dua) as gandar dengan jarak as 3,5 – 5,0 meter. Meliputi bus kecil, truk dua as dengan enam roda.

c. Kendaraan Besar

Kategori kendaraan besar merupakan kendaraan dengan 2 (dua) atau 3 (tiga) gandar dengan jarak as 5,0 – 6,0 meter.

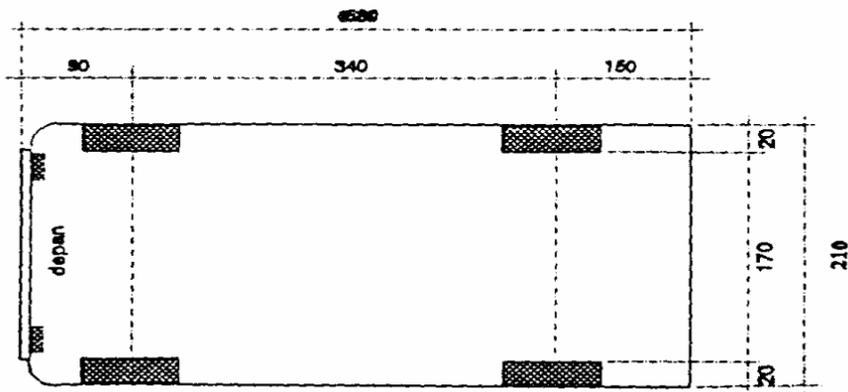
Tabel 2.4 Dimensi Kendaraan Rencana

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

Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370
-------	-----	-----	------	-----	----	-----	------	------

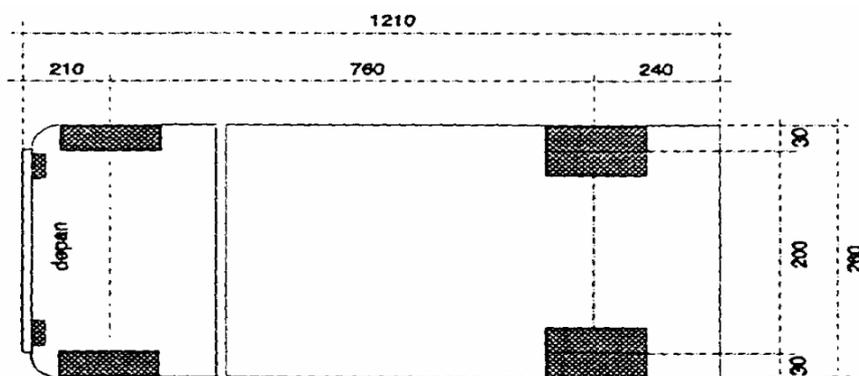
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Berikut ini dapat dilihat dimensi kendaraan rencana berdasarkan tabel dimensi kendaraan rencana.



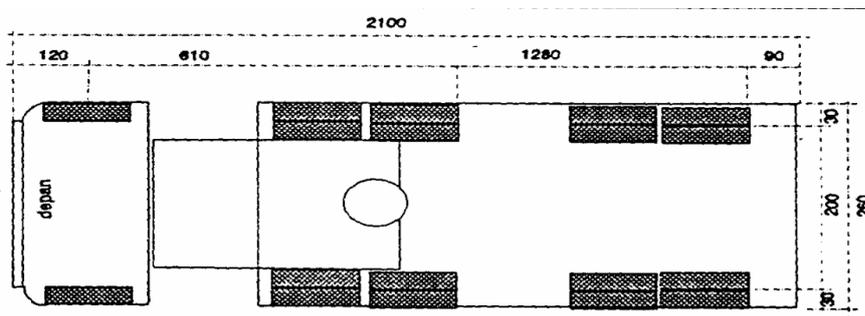
Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Kecil

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



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Sedang

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



Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Besar

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

2.4.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana (V_R) pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih untuk keperluan perancangan setiap bagian jalan raya seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang, kelandaian jalan dan lain-lain. Kecepatan rencana tersebut merupakan kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya tergantung dari bentuk jalan. (Silvia Sukirman, 1999: 40)

Faktor – faktor yang mempengaruhi besarnya kecepatan rencana diantaranya adalah sebagai berikut :

- a. Keadaan *terrain* apakah datar, berbukit, atau pegunungan
- b. Sifat dan tingkat penggunaan daerah
- c. Kondisi pengemudi dan kendaraan yang bersangkutan
- d. Cuaca sekitar
- e. Batasan kecepatan yang diizinkan

Dalam Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, spesifikasi standar kecepatan masing – masing kendaraan sesuai dengan klasifikasi fungsi dan klasifikasi medan adalah sebagai berikut :

Tabel 2.5 Kecepatan Rencana (V_R)

Fungsi	Kecepatan Rencana (V_R), (km/jam)		
	Datar	Bukit	Pegunungan
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*)

2.4.3 Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan ialah jumlah tahun dari saat jalan tersebut dibuka untuk lalu – lintas kendaraan sampai diperlukan suatu perbaikan yang bersifat struktural. Selama umur rencana tersebut pemeliharaan perkerasan jalan tetap harus dilakukan. Umur rencana yang lebih besar dari 20 tahun tidak lagi ekonomis karena perkembangan lalu lintas yang terlalu besar dan sukar mendapatkan ketelitian yang memadai (tambahan tebal lapisan perkerasan menyebabkan biaya awal yang cukup tinggi).

2.4.4 Volume Lalu Lintas Rencana

Sebagai pengukur jumlah dari arus lalu lintas digunakan "volume". Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). Volume lalu lintas yang tinggi membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebih lebar, sehingga tercipta kenyamanan dan keamanan (Silvia Sukirman, 1999).

Volume Lalu Lintas Harian Rencana (VLHR), adalah perkiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas, yang dinyatakan dalam SMP/hari. Volume Jam Rencana (VJR), adalah prakiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam SMP/jam, dan dihitung dengan menggunakan rumus :

$$VJR = VLHR \times K/F \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

- K = disebut faktor K, adalah faktor volume lalu lintas jam sibuk
 F = disebut faktor F, adalah faktor variasi tingkat lalu lintas per seperempat jam, dalam satu jam.

a. Satuan Mobil Penumpang (SMP)

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

Tabel 2.6 Satuan Mobil Penumpang (smp)

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

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

b. Ekivalen Mobil Penumpang (EMP)

Menurut (Silvia Sukirman, 1999) Faktor konservasi sebagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalu lintas (Ekivalen mobil penumpang = 1,0).

Tabel 2.7 Ekivalen Mobil Penumpang (emp)

No.	Jenis Kendaraan	Datar / Perbukitan	Pegunungan
1.	Sedan, Jeep Station Wagon	1,0	1,0
2.	Pick up, Bus Kecil, Truk Kecil	1,2 – 2,4	1,9 – 3,5
3.	Bus dan Truk Besar	1,2 – 5,0	2,2 – 6,0

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

Satuan volume lalu – lintas yang umum dipergunakan sehubungan dengan jumlah dan lebar jalur yaitu :

a. Lalu – Lintas Harian Rata – Rata (LHR)

Lalulintas Harian Rata-rata (LHR) adalah jumlah rata-rata lalulintas kendaraan bermotor beroda 4 atau lebih yang dicatat selama 24 jam sehari untuk kedua jurusan

$$LHR = \frac{\text{Jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{Lamanya pengamatan}} \dots\dots\dots(2.2)$$

b. Lalu – Lintas Harian Rata – Rata Tahunan (LHRT)

Lalulintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT) adalah jumlah lalulintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data selama satu tahun penuh.

$$LHRT = \frac{\text{Jumlah lalu lintas dalam 1 tahun}}{365 \text{ hari}} \dots\dots\dots(2.3)$$

2.4.5 Jarak Pandang

Jarak pandang merupakan jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. (Shirley L.Hendarsin, 2000: 89)

Menurut Silvia Sukirman (1999), jarak pandang ini sendiri memiliki beberapa kegunaan, diantaranya yaitu :

- a. Menghindarkan terjadinya tabrakan yang dapat membahayakan kendaraan dan manusia akibat adanya benda berukuran cukup besar, kendaraan yang sedang berhenti, pejalan kaki, atau hewan – hewan pada lajur jalannya.
- b. Memberi kemungkinan untuk mendahului kendaraan lain yang bergerak dengan kecepatan lebih rendah dengan mempergunakan lajur disebelahnya.
- c. Menambah efisiensi jalan tersebut, sehingga volume pelayanan dapat dicapai semaksimal mungkin.

- d. Sebagai pedoman bagi pengatur lalu lintas dalam menempatkan rambu – rambu lalu lintas yang diperlukan pada setiap segmen jalan.

Sesuai dengan ketentuan Bina Marga, jarak pandang terbagi menjadi 2 (dua), yaitu :

1) Jarak Pandang Henti (Jh)

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. Jh diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 15 cm diukur dari permukaan jalan. Adapun Jarak pandang henti terdiri dari 2 (dua) elemen jarak, yaitu :

a. Jarak Tanggap (Jht)

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 (Jhr)

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.

$$Jh = Jht + Jhr \dots\dots\dots(2.4)$$

$$Jh = \frac{VR}{3,6} \cdot T + \frac{\left(\frac{VR}{3,6}\right)^2}{2 \cdot g \cdot Fp} \dots\dots\dots(2.5)$$

Untuk persamaan tersebut dapat disederhanakan menjadi :

Untuk jalan datar :

$$Jh = 0,278 \cdot VR \cdot T + \frac{\left(\frac{VR}{3,6}\right)^2}{254 \cdot Fp} \dots\dots\dots(2.6)$$

Untuk jalan dengan kelandaian tertentu :

$$J_h = 0,278 \cdot VR \cdot T + \frac{\left(\frac{VR}{3,6}\right)^2}{2 \cdot g \cdot F_p} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

VR = Kecepatan rencana (km/jam)

T = Waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

G = Percepatan gravitasi, ditetapkan 9,8 m/detik

Fp = Koefisien gesek memanjang antara badan kendaraan dengan perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,28 – 0,45 (menurut AASHTO), Fp akan semakin kecil jika kecepatan (VR) semakin tinggi dan sebaliknya (menurut Bina Marga, Fp = 0,35 – 0,55)

L = Landai jalan dalam (%) dibagi 100

Tabel berikut ini menampilkan panjang Jh minimum yang dihitung berdasarkan persamaan dengan pembulatan – pembulatan untuk berbagai VR.

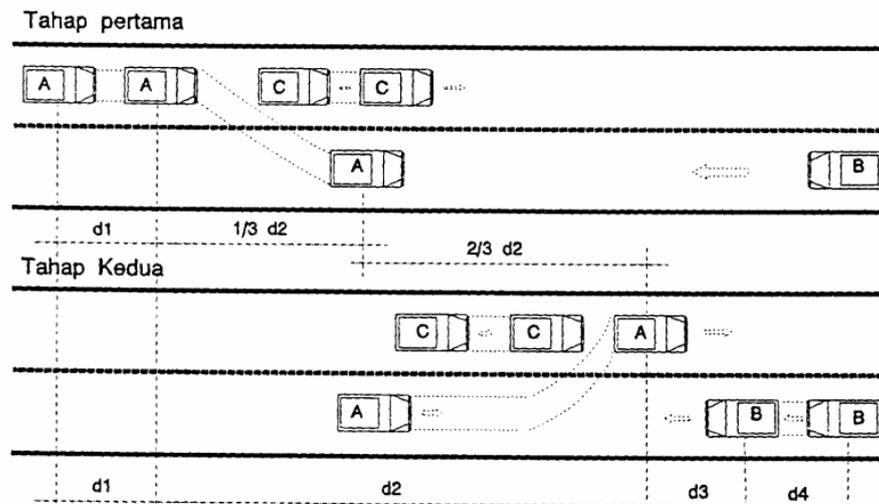
Tabel 2.8 Jarak Pandang Henti Minimum

V (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jh minimum	250	175	120	75	55	40	27	16

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

2) Jarak Pandang Mendahului (Jd)

Jarak pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula.



Gambar 2.5 Proses Gerakan Mendahului

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

Keterangan :

- A = Kendaraan yang mendahului
- B = Kendaraan yang berlawanan arah
- C = Kendaraan yang didahului kendaraan A

Jd, dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut :

$$Jd = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana :

- d_1 = Jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m)
- d_2 = Jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m)
- d_3 = Jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m)
- d_4 = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan, yang besarnya diambil sama dengan $2/3 d_2$ (m)

Tabel 2.9 Jarak Kendaraan Mendahului dengan Kendaraan Datang

VR (km/jam)	50 - 65	65 - 80	80 - 95	95 - 100
-------------	---------	---------	---------	----------

Jh minimum (m)	30	55	75	90
----------------	----	----	----	----

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

Tabel 2.10 Panjang Jarak Pandang Mendahului

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

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

2.5 Penentuan Trase Jalan

Beberapa faktor yang menjadi penentu dalam penentuan trase jalan diantaranya yaitu :

a. Faktor Topografi

Penentuan lokasi dan perencanaan suatu trase jalan sampai pada batas – batas tertentu sangat dipengaruhi oleh keadaan fisik dan topografi, serta peruntukan lahan yang dilaluinya. Topografi pada umumnya mempengaruhi penentuan trase jalan, seperti : jarak pandang, landai jalan, penampang melintang dan lainnya.

b. Faktor Geologi

Kondisi geologi suatu daerah dapat mempengaruhi pemilihan suatu trase jalan. Keadaan tanah dasar dapat mempengaruhi lokasi dan bentuk trase dari suatu jalan, misalnya keadaan tanah dasar yang kurang baik dapat memaksa perencana untuk memindahkan trase jalan atau melakukan penimbunan yang tinggi, hal yang sama juga dapat terjadi apabila di dapati tanah dasar dengan permukaan air tanah yang tinggi, walaupun dalam kondisi tertentu dapat diatasi dengan tata drainase yang baik.

c. Faktor Tata Guna Lahan

Tata guna lahan merupakan hal yang paling mendasar dalam perencanaan suatu lokasi jalan, karena ini perlu adanya suatu musyawarah yang berhubungan langsung dengan masyarakat berkait

tentang pembebasan tanah sarana transportasi. Dengan demikian hal ini akan merubah kualitas kehidupan secara keseluruhan dari suatu daerah dan perubahan nilai lahan.

d. Faktor Lingkungan

Kegiatan manusia seperti pembangunan memiliki pengaruh terhadap perubahan lingkungan. Pengaruh ini harus dipertimbangkan dalam kaitannya dengan kegiatan tersebut secara keseluruhan, dimana pembangunan jalan merupakan salah satu contoh kegiatan produktif tersebut. Oleh karena ini dalam pembangunan jalan harus mempertimbangkan faktor analisis mengenai dampak lingkungan.

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

Dalam kondisi normal, penentuan trase jalan sekaligus pemetaan dilapangan, tidak terlalu banyak memerlukan perbaikan tanah (*soil improvement*), sehingga hanya terbatas pada pekerjaan galian-timbunan (*cut&fill*) saja. (Hamirhan Saodang, 2010: 47)

Terdapat beberapa cara dalam pemilihan trase yang dapat memenuhi syarat bahwa suatu jalan layak digunakan :

a. Trase diusahakan jalur terpendek

Hal yang paling diutamakan perencana adalah jalan yang ekonomis. Ekonomis maksudnya suatu jalan dapat dibangun dengan kualitas bagus dan dengan harga yang terjangkau. Maka dengan merencanakan trase yang pendek, biaya dalam pembangunan jalan relatif kecil.

b. Tidak terlalu curam

Salah satu syarat dalam merencanakan jalan adalah memberikan kenyamanan bagi pengguna jalan (si pengemudi). Jalan yang terlalu curam akan membuat kendaraan menjadi berat akibat adanya gaya

sentrifugal. Sehingga pengguna jalan tidak lagi menemukan kenyamanan saat menggunakan jalan tersebut.

c. Sudut luar (sudut tangen) tidak terlalu besar

Sudut luar dalam menarik trase jalan akan sangat mempengaruhi keadaan jalan setelah dibangun. Perencana jalan diharapkan mampu merencanakan jalan dengan tikungan yang kurang dari 90° . Agar tikungan yang terbentuk tidak terlalu tajam, sehingga aman bagi pengguna jalan.

d. Galian dan timbunan

Galian (*cut*) dan timbunan (*fill*) merupakan hal yang juga sangat diperhatikan dalam merencanakan jalan. Biasanya dalam merencanakan jalan, besar timbunan dan galian telah ditentukan terlebih dahulu. Agar biaya yang dikeluarkan untuk melaksanakan suatu bangunan jalan tidak lebih besar dari yang tersedia. Perencana jalan harus merencanakan trase jalan sedemikian rupa sehingga tidak terjadi galian dan timbunan yang terlalu besar. Caranya dengan menarik garis trase pada elevasi muka tanah yang tidak terlalu jauh perbedaan ketinggian antara awal dengan akhir.

2.6 Penampang Melintang

Dalam Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (1997), penampang melintang jalan merupakan bagian – bagian jalan yang terdiri dari:

a. Jalur Lalu Lintas

Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan. Lebar jalur lalu lintas sangat ditentukan oleh jumlah dan lebar jalur peruntukannya, lebar jalur minimum adalah 4,5 meter, dengan lebar tersebut akan memungkinkan dua kendaraan kecil saling berpapasan. Papasan dua kendaraan besar yang terjadi sewaktu-waktu dapat menggunakan bahu jalan.

Pada jalur lalu lintas terdiri dari beberapa lajur yang terletak memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan dan memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana. Untuk kelancaran drainase permukaan, lajur lalu lintas pada alinyemen lurus memerlukan kemiringan melintang normal sebagai berikut :

- 2 – 3 % untuk perkerasan aspal dan perkerasan beton
- 4 – 5 % untuk perkerasan kerikil

Lebar lajur tergantung pada kecepatan dari kendaraan rencana, yang dalam hal ini dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan seperti ditetapkan dalam tabel berikut :

Tabel 2.11 Lebar Lajur Jalan Ideal

Fungsi	Kelas	Lebar Lajur Ideal
Arteri	I	3,75
	II, III A	3,50
Kolektor	III A, III B	3,00
Lokal	III C	3,00

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

b. Median

Median adalah bagian bangunan jalan yang secara fisik memisahkan dua jalur lalu lintas yang berlawanan arah. Secara fisiknya median dapat dibedakan atas median yang direndahkan dan median yang di tinggikan. Lebar minimum median terdiri atas jalur tepian selebar 0.25 – 0.50 meter. Fungsi dari median jalan diantaranya yaitu :

- 1) Memisahkan dua aliran lalu lintas yang berlawanan arah
- 2) Ruang lapak tunggu penyebrangan jalan
- 3) Penempatan fasilitas jalan
- 4) Tempat prasarana kerja sementara
- 5) Penghijauan

6) Mengurangi silau dari sinar lampu kendaraan dari arah yang berlawanan

c. Bahu Jalan

Bahu jalan adalah bagian daerah manfaat jalan yang terletak ditepi jalur lalu lintas dan harus diperkeras yang berdampingan dengan jalur lalu lintas untuk menampung kendaraan yang berhenti, keperluan darurat, dan untuk pendukung samping bagi lapis pondasi bawah, lapis pondasi, dan lapis permukaan dengan kemiringan normal antara 3 – 5%.

d. Jalur Pejalan Kaki

Jalur pejalan kaki merupakan fasilitas yang berfungsi memisahkan pejalan kaki dari jalur lalu lintas kendaraan guna menjamin keselamatan pejalan kaki dan kelancaran lalu lintas.

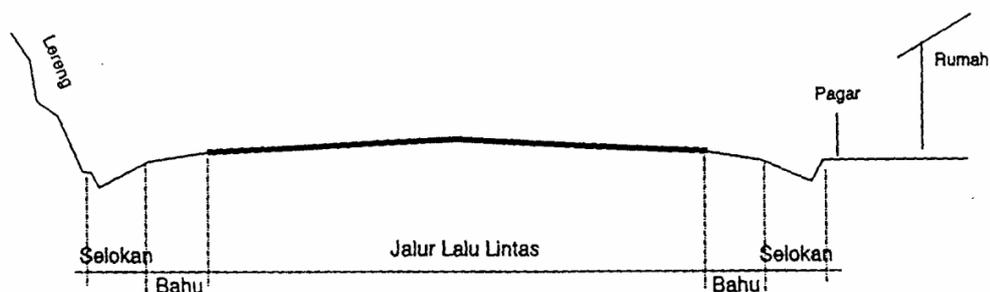
e. Selokan

Selokan (drainase) dibuat untuk mengendalikan air (limpasan) permukaan akibat air hujan dan bertujuan untuk memelihara agar jalan tidak tergenang air hujan dalam waktu yang cukup lama (yang akan mengakibatkan kerusakan konstruksi jalan).

f. Lereng

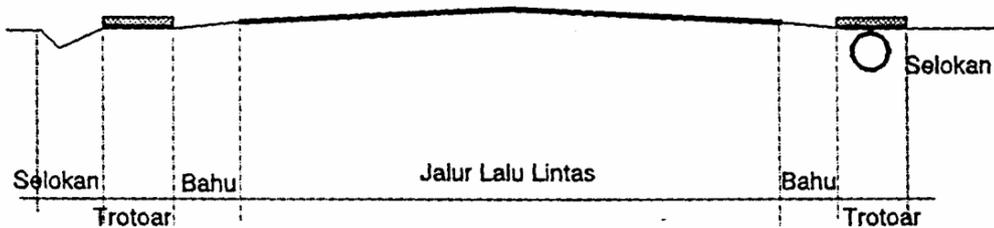
Lereng merupakan bagian dari kondisi alam yang tidak terkena pengaruh dari perencanaan suatu ruas jalan. Lereng alami ini biasanya berupa bukit yang harus diperkuat untuk melindungi lereng timbunan atau galian dan menahan gerusan air.

Gambar dari tipikal – tipikal penampang melintang jalan dapat dilihat pada gambar berikut ini.



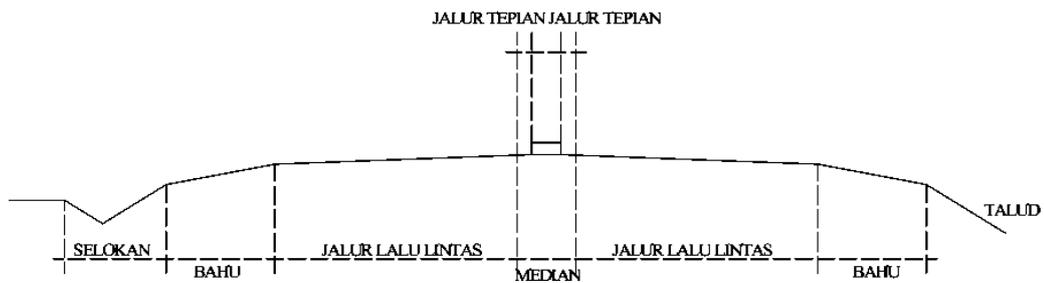
Gambar 2.6 Tipikal Penampang Jalan Melintang

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



Gambar 2.7 Tipikal Penampang Melintang Jalan yang Dilengkapi Trotoar

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



Gambar 2.8 Tipikal Penampang Melintang Jalan yang Dilengkapi Median

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

2.7 Alinyemen Horizontal

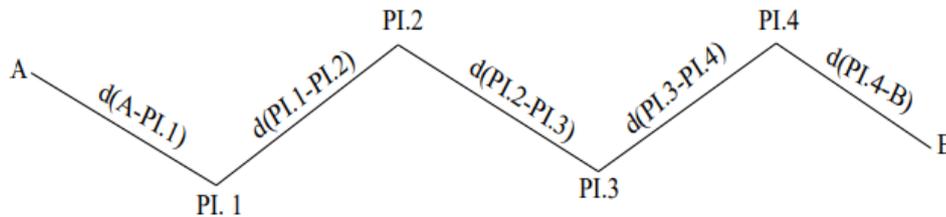
2.7.1 Menentukan Golongan Medan

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 2.2 apakah medan jalan tersebut datar, perbukitan atau pegunungan.

2.7.2 Menentukan Koordinat dan Panjang Garis Tangen

Penentuan titik – titik penting yang diperoleh dari pemilihan rencana alinyemen horizontal. Posisi koordinat titik dari jalan diperoleh dengan

menggunakan program *Google Earth* dan *AutoCAD*. Gambar koordinat dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.9 Koordinat dan Jarak

(Sumber : *Konstruksi Jalan Raya, 2004*)

Titik penting yang perlu ditentukan koordinatnya adalah :

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

Rumus yang dipakai untuk menghitung panjang jarak garis tangen adalah :

$$d = \sqrt{(X1 - X2)^2 + (Y1 - Y2)^2} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

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

2.7.3 Menghitung Sudut Azimuth dan Sudut Antara Dua Tangent (Δ)

Untuk menghitung sudut azimuth dan sudut antaran dua tangent digunakan rumus :

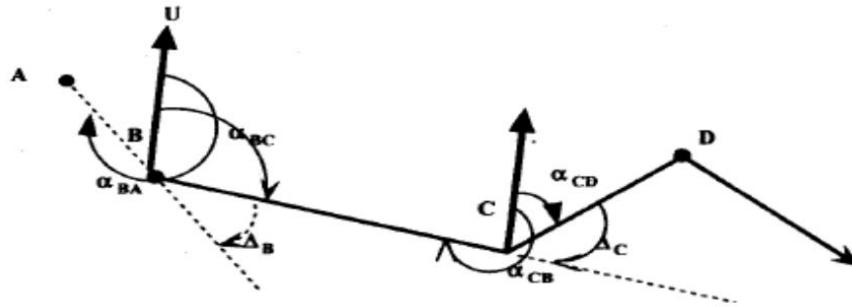
$$\alpha_A = \text{Arc tg } \frac{X_{p1} - X_A}{Y_{p1} - Y_A} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$\text{Azimuth A} = 180^\circ - \alpha_A \dots\dots\dots(2.11)$$

$$\alpha_{P1} = \text{Arc tg } \frac{X_{p2} - X_{p1}}{Y_{p2} - Y_{p1}} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$\text{Azimuth P1} = 180^\circ - \alpha_{P1} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$\Delta = \text{Azimuth } \alpha_A \text{ (terbesar)} - \text{Azimuth } \alpha_{P1} \text{ (terkecil)} \dots(2.14)$$



Gambar 2.10 Sudut Azimuth dan Sudut Tangen

(Sumber : Konstruksi Jalan Raya, 2004)

2.7.4 Bagian Lurus

Pada elemen geometrik berupa alinyemen horizontal, bilamana topografi berupa daerah datar, dapat terjadi bagian lurus (tangen) menjadi sangat panjang. Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu tidak lebih dari 2,50 menit (sesuai V_R). Pada tabel berikut dicantumkan panjang maksimum bagian lurus pada alinyemen horizontal.

Tabel 2.12 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maksimum		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Artrti	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

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

2.7.5 Tikungan

Bagian yang sangat kritis pada alinyemen horizontal adalah bagian tikungan, di mana terdapat gaya sentrifugal. Gaya sentrifugal ini mendorong

kendaraan secara radial keluar jalur dan menyebabkan kendaraan tidak stabil. Atas dasar ini maka perencanaan tikungan agar dapat memberikan keamanan dan kenyamanan perlu mempertimbangkan hal-hal berikut :

a. Jari-jari Lengkung Minimum

Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu ditentukan jari-jari minimum untuk superelevasi maksimum 10%. Nilai panjang jari - jari minimum dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.13 Panjang Jari - Jari Minimum Untuk $e_{maks} = 10\%$

V_R (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R_{min}	600	370	280	110	80	50	30	15

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

Jari – jari tikungan minimum (R_{min}) ditetapkan sebagai berikut :

$$R_{min} = \frac{v^2}{127 (e_{maks} + f_{maks})} \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan :

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

V = Kecepatan rencana (km/jam)

e_{maks} = Superelevasi maksimum

f_{maks} = Koefisien maksimum

b. Batas Tikungan Tanpa Kemiringan

Kemiringan jalan adalah fungsi dari ketajaman tikungan. Untuk tikungan-tikungan yang tumpul karena kecilnya kemiringan yang diperlukan, dapat saja tidak di adakan kemiringan. Untuk jari-jari yang di izinkan tanpa adanya superelevasi dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.14 Jari – Jari yang Diizinkan Tanpa Superelevasi

Kecepatan Rencana (V_R) (km/jam)	R (m)
---	------------

60	700
80	1250
100	2000
120	5000

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

c. Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran ($R = \infty$ tak terhingga menjadi $R = R_c$), jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lingkaran (circle), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran

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 :

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

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} \cdot T \dots\dots\dots(2.16)$$

- 2) Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus sebagai berikut :

$$L_s = 0,022 \cdot \frac{V_R^3}{R \cdot C} - 2,727 \frac{V_R \cdot e}{C} \dots\dots\dots(2.17)$$

- 3) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian :

$$L_s = \frac{(e_m - e_n) V_R}{3,6 r_e} \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana :

T = Waktu tempuh pada lengkung peralihan, ditetapkan 3 detik

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

e = Superelevasi

- C = Perubahan percepatan, diambil 0,3 – 1,0 disarankan 0,4m/det²
 R = Jari – jari busur lingkaran (m)
 e_m = Superelevasi maksimum
 e_n = Superelevasi normal
 r_e = Tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan (m/m/detik)

Keterangan :

Untuk $V_R \leq 70$ km/jam $r_{e \text{ maks}} = 0,035$ m/m/detik

Untuk $V_R \geq 80$ km/jam $r_{e \text{ maks}} = 0,025$ m/m/detik

Tabel 2.15 Jari – Jari Tikungan yang Tidak memerlukan Lengkungan Peralihan

V_R (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 Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Selain dengan tiga rumus diatas, untuk tujuan praktis L_s dapat ditetapkan dengan menggunakan tabel berikut :

Tabel 2.16 Panjang Lengkung Peralihan (L_s) dan Panjang Pencapaian Superelevasi (L_e) untuk jalan 1jalur-2lajur-2arah

V_R (km/jam)	Superelevasi, e (%)									
	2		4		6		8		10	
	L_s	L_e	L_s	L_e	L_s	L_e	L_s	L_e	L_s	L_e
20										
30										
40	10	20	15	25	15	25	25	30	35	40
50	15	25	20	30	20	30	30	40	40	50

60	15	30	20	35	25	40	35	50	50	60
70	20	35	25	40	30	45	40	55	60	70
80	30	55	40	60	45	70	65	90	90	120
90	30	60	40	70	50	80	70	100	10	130
100	35	65	45	80	55	90	80	110	0	145
110	40	75	50	85	60	100	90	120	11	-
120	40	80	55	90	70	110	95	135	0	-
									-	
									-	

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

d. Bentuk – Bentuk Tikungan

Pada perencanaan alinyemen horizontal umumnya digunakan tikungan yang terdiri dari tiga jenis tikungan yang digunakan, yaitu: *Full Circle* (FC), *Spiral Circle Spiral* (SCS), *Spiral-Spiral* (SS) antara lain sebagai berikut :

1) Tikungan *Full Circle* (FC)

Full Circle (FC) adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan FC hanya digunakan untuk R (jari – jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka diperlukan superelevasi yang besar. (Shirley L. Hendarsin, 2000:96)

Jenis tikungan *full circle* ini merupakan jenis yang paling ideal ditinjau dari segi keamanan dan kenyamanan pengemudi dan kendaraannya. Namun apabila ditinjau dari penggunaan lahan dan biaya pembangunannya yang relatif terbatas, jenis tikungan ini merupakan pilihan yang sangat mahal.

Rumus yang digunakan pada tikungan *Full Circle* yaitu :

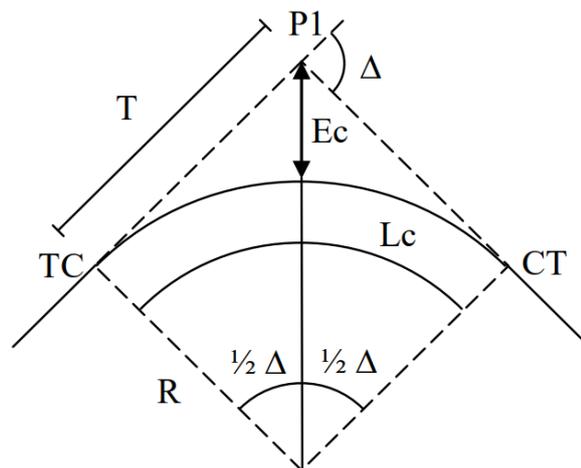
$$T_c = R \tan \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots(2.19)$$

$$E_c = T \tan \frac{1}{4} \Delta \dots\dots\dots(2.20)$$

$$L_c = \frac{\Delta 2\pi R}{360} \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana :

- Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen ($^{\circ}$)
- T_c = Panjang tangen dari TC ke PI atau PI ke CT (m)
- R_c = Jari – jari lingkaran (m)
- L_c = Panjang busur lingkaran (m)
- E_c = Jarak luar dari PI ke busur lingkaran (m)



Gambar 2.11 Tikungan Full Circle

(Sumber : Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)

Dimana :

- Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen ($^{\circ}$)
- T = Panjang tangen dari TC ke PI atau PI ke CT (m)
- R = Jari – jari lingkaran (m)
- L_c = Panjang busur lingkaran (m)
- E_c = Jarak luar dari PI ke busur lingkaran (m)
- L_c = Panjang lengkung (CT – TC) (m)
- PI = Titik potong antara 2 garis tangen

2) Tikungan *Spiral Circle Spiral* (SCS)

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.

Lengkung peralihan adalah lengkung yang disisipkan di antara bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan, berfungsi untuk mengantisipasi perubahan alinyemen jalan dari bentuk lurus sampai bagian lengkung jalan sehingga gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan saat berjalan di tikungan berubah secara berangsur-angsur, baik ketika kendaraan mendekati tikungan maupun meninggalkan tikungan.

Pada tikungan SCS, jari – jari yang diambil haruslah sesuai dengan kecepatan rencana dan tidak mengakibatkan adanya kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang ditentukan, yaitu :

- Kemiringan maksimum jalan antar kota = 0,10
- Kemiringan maksimum jalan dalam kota = 0,08

Jari – jari lengkung maksimum untuk setiap kecepatan rencana ditentukan berdasarkan :

- Kemiringan tikungan maksimum
- Koefisien gesekan melintang maksimum

Rumus yang digunakan pada tikungan *Spiral Circle Spiral* yaitu :

$$X_s = L_s \left[1 - \frac{L_s^2}{40 R^2} \right] \dots\dots\dots (2.22)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6R} \dots\dots\dots (2.23)$$

$$\theta_s = \frac{90}{\pi} \frac{R}{L_s} \dots\dots\dots (2.24)$$

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_s \dots\dots\dots (2.25)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6R} - R(1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots(2.26)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^2}{40 R^2} - R(\sin \theta_s) \dots\dots\dots(2.27)$$

$$L_c = \frac{\Delta c}{180} \cdot \pi \cdot R \dots\dots\dots(2.28)$$

$$E_s = (R + p) \sec \frac{\Delta}{2} - R \dots\dots\dots(2.29)$$

$$T_s = (R + p) \tan \frac{\Delta}{2} - R \dots\dots\dots(2.30)$$

$$L = L_c + 2 \cdot L_s \dots\dots\dots(2.31)$$

Dimana :

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

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

L_s = Panjang lengkung peralihan (m)

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

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

E_s = Jarak dari PI ke lingkaran (m)

R = Jari – jari lingkaran (m)

p = Pegeseran tangen terhadap spiral (m)

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

L = Panjang tikungan SCS (m)

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

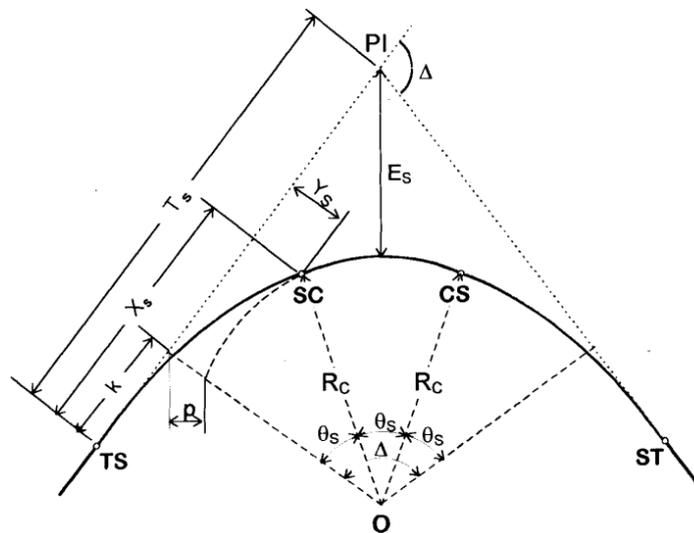
Θ_s = Sudut lengkung spiral ($^{\circ}$)

Δc = Sudut lengkung *circle* ($^{\circ}$)

Kontrol :

Jika diperoleh $L_c < 25$ m, maka sebaiknya tidak digunakan untuk SCS, tetapi digunakan lengkung SS, yaitu lengkung yang terdiri dari 2 lengkung peralihan. Jika P yang dihitung dengan rumus :

$$P = \frac{L_s^2}{24 \cdot R_c} < 0,25 \text{ maka digunakan tikungan jenih FC}$$



Gambar 2.12 Tikungan Spiral Circle Spiral

(Sumber : Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)

3) Tikungan *Spiral – Spiral* (SS)

Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan yang tajam. Lengkung horizontal berbentuk *spiral – spiral* adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga SC terhimpit dengan titik CS.

Adapun rumus yang digunakan dalam tikungan *spiral – spiral* diantaranya yaitu :

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta, L_c = 0 \dots\dots\dots(2.32)$$

$$L_s = \frac{\theta_s}{28,648} \cdot R \text{ atau } L_s = \frac{\theta_s \pi R}{90} \dots\dots\dots(2.33)$$

$$T_s = (R + P) \tan \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots(2.34)$$

$$E_s = \frac{R+P}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \dots\dots\dots(2.35)$$

$$L = 2 \cdot L_s \dots\dots\dots(2.36)$$

$$K = k \cdot L_s \dots\dots\dots(2.37)$$

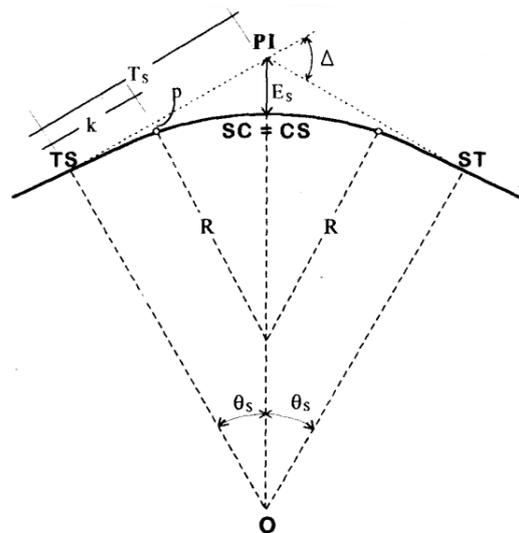
$$P = p \cdot L_s \dots\dots\dots(2.38)$$

Dimana :

Es = Jarak dari PI ke lingkaran

TS = Titik jari tangen ke *spiral*

- T_s = Panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST
 Sc = titik dari *spiral* ke lingkaran
 R = Jari – jari lingkaran
 K = Absis dari P pada garis tangen *spiral*
 P = Pergesekan tangen terhadap *spiral*



Gambar 2.13 Tikungan Spiral Spiral

(Sumber : Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)

Untuk nilai p dan k dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.17 Nilai p dan k untuk $L_s = 1$

θ_s ($^\circ$)	p^*	k^*	θ_s ($^\circ$)	p^*	k^*
0,5	0,0007272	0,4999987	20,5	0,0307662	0,4977983
1,0	0,0014546	0,4999949	21,0	0,0315644	0,4976861
1,5	0,0021280	0,4999886	21,5	0,0323661	0,4975708
2,0	0,0029098	0,4999797	22,0	0,0331713	0,4974525
2,5	0,0036378	0,4999683	22,5	0,0339801	0,4973311
3,0	0,0043663	0,4999543	23,0	0,0347926	0,4972065
3,5	0,0050953	0,4999377	23,5	0,0356088	0,4970788
4,0	0,0058249	0,4999187	24,0	0,0364288	0,4969479

4,5	0,0065551	0,4998970	24,5	0,0372528	0,4968138
5,0	0,0072860	0,4998728	25,0	0,0380807	0,4966766
5,5	0,0080170	0,4998461	25,5	0,0389128	0,4965360
6,0	0,0087506	0,4998167	26,0	0,0397489	0,4963922
6,5	0,0094843	0,4997848	26,5	0,0405893	0,4962450
7,0	0,0102190	0,4997503	27,0	0,0414340	0,4960945
7,5	0,0109550	0,4997132	27,5	0,0422830	0,4959406
8,0	0,0116922	0,4996735	28,0	0,0431365	0,4957834
8,5	0,0124307	0,4996312	28,5	0,0439949	0,4956227
9,0	0,0131706	0,4995862	29,0	0,0448572	0,4954585
9,5	0,0139121	0,4995387	29,5	0,0457245	0,4952908
10,0	0,0146551	0,4994884	30,0	0,0465966	0,4951192
10,5	0,0153997	0,4994365	30,5	0,0474735	0,4949448
11,0	0,0161461	0,4993800	31,0	0,0483554	0,4947665
11,5	0,0168943	0,4993218	31,5	0,0492422	0,4945845
12,0	0,0176444	0,4992609	32,0	0,0501340	0,4943988
12,5	0,1839650	0,4991973	32,5	0,0510310	0,4942094
13,0	0,0191507	0,4991310	33,0	0,0519333	0,4940163
13,5	0,0199070	0,4990619	33,5	0,0528408	0,4938194
14,0	0,0206655	0,4989901	34,0	0,0537536	0,4936187
14,5	0,0214263	0,4989155	34,5	0,0546719	0,4934141
15,0	0,0221896	0,4988381	35,0	0,0555957	0,4932057
15,5	0,0229553	0,4987580	35,5	0,0565250	0,4929933
16,0	0,0237236	0,4986750	36,0	0,0574601	0,4927769
16,5	0,0244945	0,4985892	36,5	0,0584008	0,4925566
17,0	0,0252681	0,4985005	37,0	0,0593473	0,4923322
17,5	0,0260445	0,4984090	37,5	0,0602997	0,4921037
18,0	0,0268238	0,4983146	38,0	0,0612581	0,4918711
18,5	0,0276060	0,4982172	38,5	0,0622224	0,4916343

19,0	0,0283913	0,4981170	39,0	0,0631929	0,4913933
19,5	0,0291797	0,4980137	39,5	0,0641694	0,4911480
20,0	0,0299713	0,4979075	40,0	0,0651522	0,4908985

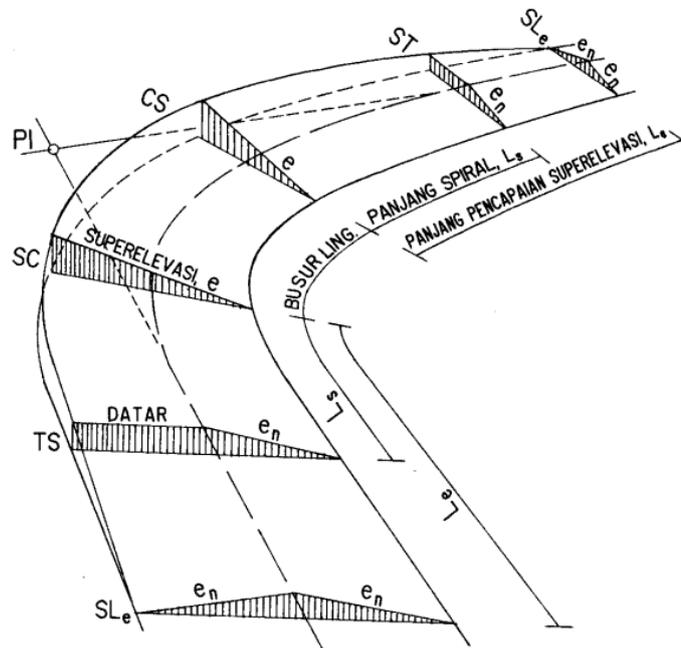
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

2.7.6 Superelevasi

Superelevasi merupakan kemiringan melintang jalan pada lengkung horizontal yang bertujuan untuk memperoleh komponen berat kendaraan guna mengimbangi gaya sentrifugal. Semakin besar superelevasi semakin besar pula komponen berat kendaraan yang diperoleh. Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan jalan pada bagian tertentu yang berfungsi untuk mempermudah dalam pekerjaan atau pelaksanaan di lapangan.

Menurut (Shirley L. Hendarsin, 2000) pencapaian superelevasi antara lain sebagai berikut :

- a. Superelevasi dapat dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.
- b. Pada tikungan *spiral-circle-spiral*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bentuk normal sampai lengkung peralihan (TS) yang berbentuk pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan (SC).
- c. Pada tikungan *full circle*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bagian lurus sepanjang $\frac{2}{3}$ Ls sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang $\frac{1}{3}$ Ls.
- d. Pada tikungan *spiral-spiral*, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.
- e. Superelevasi tidak diperlukan jika radius cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LN) atau bahkan tetap lereng normal (LN).



Gambar 2.14 Perubahan Kemiringan Melintang pada Tikungan

(Sumber : Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)

Untuk nilai panjang lengkung peralihan minimum dan superelevasi dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2.18 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi yang
Dibutuhkan ($e_{maks} = 10\%$, metode Bina Marga)

D (°)	R (m)	V = 50 km/jam		V = 60 km/jam		V = 70 km/jam		V = 80 km/jam		V = 90 km/jam	
		e	Ls								
0,250	5730	LN	45	LN	50	LN	60	LN	70	LN	75
0,500	2865	LN	45	LN	50	LP	60	LP	70	LP	75
0,750	1910	LN	45	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	60	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									

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

Keterangan :

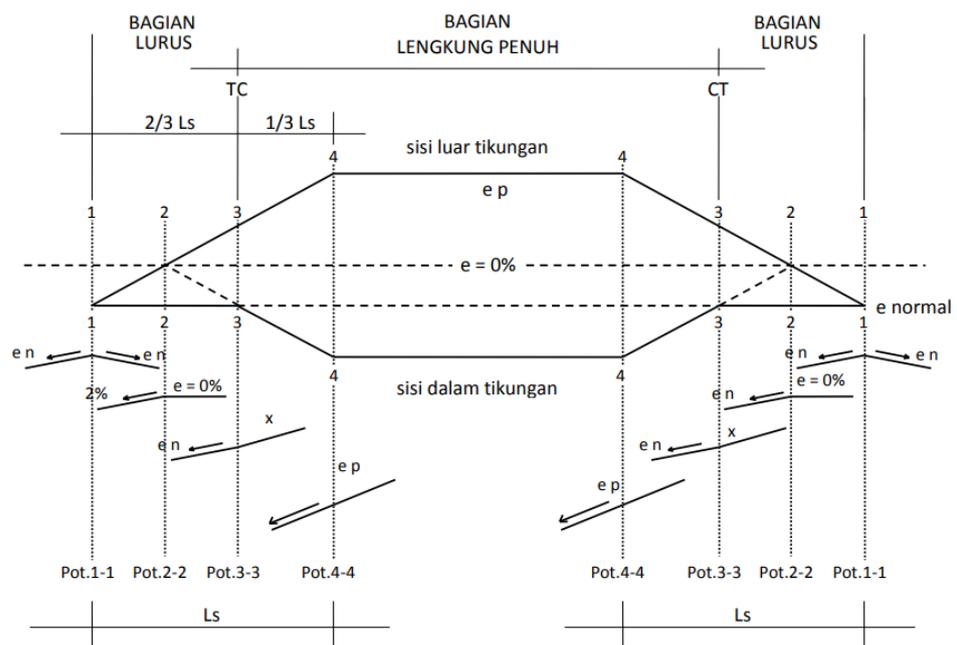
LN = Lereng jalan normal, diasumsikan 2%

LP = Lereng luar putar sehingga perkerasan mendapat superelevasi
sebesar lereng jalan normal 2%

L_s = Diperhitungkan dengan mempertimbangkan rumus modifikasi *Short* landai relatif maksimum, jarak tempuh 3 detik dan lebar perkerasan $2 \times 3,75$ m

Diagram superelevasi digambar berdasarkan elevasi sumbu jalan sebagai garis nol. Elevasi tepi perkerasan diberi tanda positif (+) atau negatif (-) ditinjau dari ketinggian sumbu jalan. Tanda positif untuk elevasi tepi perkerasan yang terletak lebih tinggi dari sumbu jalan dan tanda negatif untuk elevasi tepi perkerasan yang terletak lebih rendah dari sumbu jalan. (Silvia Sukirman, 1999). Berikut adalah diagram superelevasi dari berbagai tikungan :

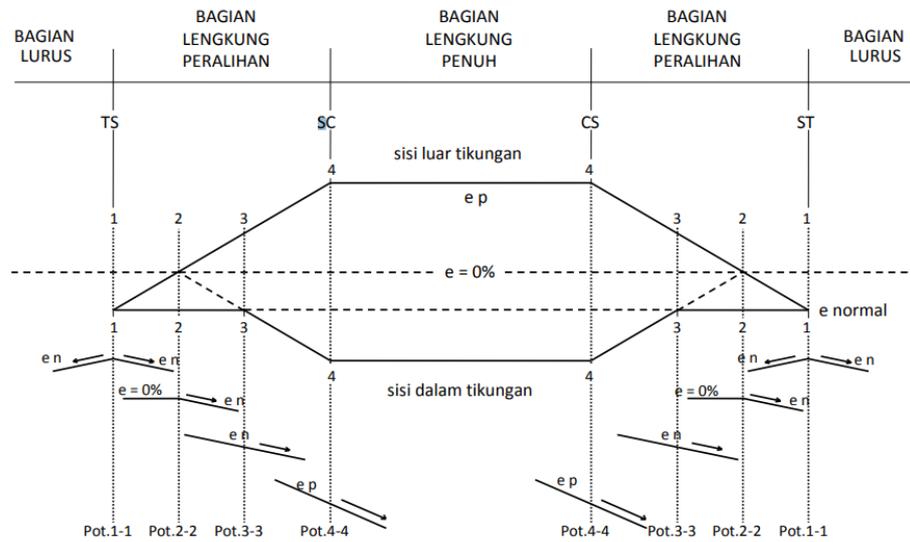
a. Tikungan *Full Circle* (FC)



Gambar 2.15 Metoda Pencapaian Superelevasi pada Tikungan FC
(Contoh untuk tikungan ke kiri)

(Sumber : Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)

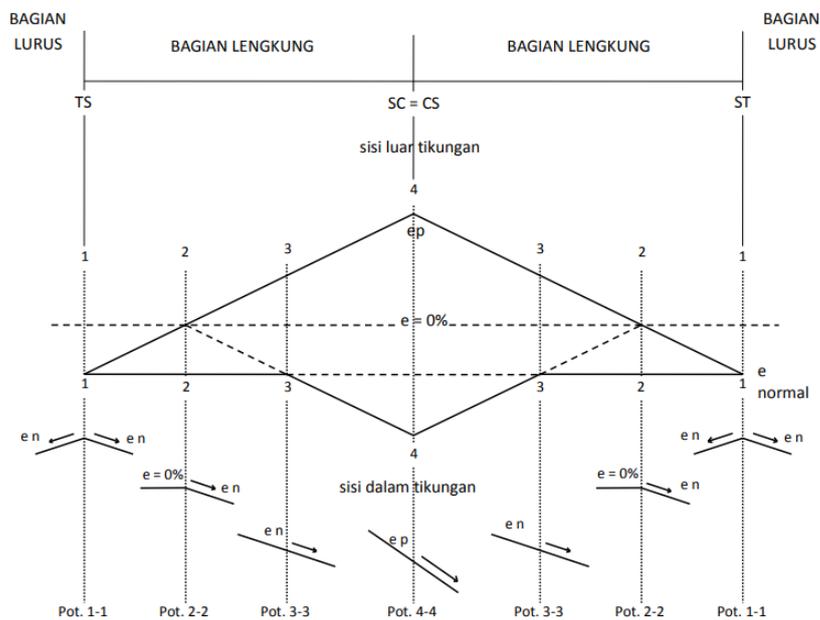
b. Tikungan *Spiral Circle Spiral* (SCS)



Gambar 2.16 Metoda Pencapaian Superelevasi pada Tikungan SCS
(Contoh untuk tikungan ke kanan)

(Sumber : Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)

c. Tikungan *Spiral Spiral* (SS)



Gambar 2.17 Metoda Pencapaian Superelevasi pada Tikungan SCS
(Contoh untuk tikungan ke kanan)

(Sumber : Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)

2.7.7 Pelebaran Perkerasan Jalan Pada Tikungan

Pelebaran perkerasan atau jalur lalu lintas 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 jalur akibat posisi roda depan dan roda belakang yang tidak sama, yang tergantung dari ukuran kendaraan. (Shirley L. Hendarsin, 2000).

Pelebaran jalan ditikungan menurut Bina Marga mempertimbangkan sebagai berikut :

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

Adapun rumus yang digunakan untuk perhitungan pelebaran jalan pada tikungan menurut (Silvia Sukirman, 1999) dalam Dasar – Dasar Perencanaan Geometrik Jalan, yaitu :

$$B = \sqrt{(\sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25)^2 + 64} - \sqrt{Rc^2 - 64 + 1,25} \dots\dots\dots(2.39)$$

Dimana :

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

Rc = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan

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

$$Rc = R \frac{1}{4} Bn + \frac{1}{2} b \dots\dots\dots(2.40)$$

Dimana :

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

Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

B = Lebar kendaraan rencana (m)

$$B_t = n (B + C) + Z \dots\dots\dots(2.41)$$

Dimana :

n = Jumlah jalur lalu lintas

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

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

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

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

$$\Delta b = B_t - B_n \dots\dots\dots(2.42)$$

$$Z = 0,015 \frac{V}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots(2.43)$$

Dimana :

Δb = Tambahan lebar perkerasan di tikungan (m)

B_n = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

V = Kecepatan rencana (Km/jam)

R = Jari-jari tikungan

2.7.8 Kebebasan Samping Pada Tikungan

Sesuai dengan panjang jarak pandangan yang dibutuhkan baik jarak pandangan henti maupun jarak pandangan menyiap, maka pada tikungan perlu diadakan jarak kebebasan samping. Jarak kebebasan samping ini merupakan jarak yang diukur dari suatu as jalan ke suatu penghalang pandangan, misalnya bangunan, kaki bukit, pohon dan hutan.

Apabila kondisi medan mengizinkan, maka penerapan kebebasan samping sangat membantu meningkatkan keamanan dan kenyamanan kendaraan yang melintasi tikungan tersebut. Akan tetapi apabila kondisi medan sudah tidak mengizinkan, kebebasan samping boleh ditiadakan

dengan syarat diganti dengan pemasangan rambu-rambu peringatan sehubungan dengan kecepatan yang diizinkan.

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

Daerah bebas samping tikungan di hitung berdasarkan jarak pandang henti dengan menggunakan rumus – rumus berikut ini :

a. Jika $J_h < L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R'} \right) \dots\dots\dots (2.44)$$

Dimana :

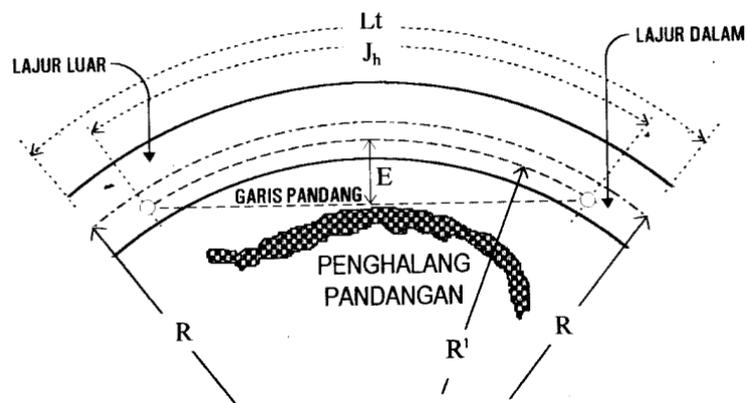
E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari – jari tikungan (m)

R' = Jari – jari sumbu lajur dalam (m)

J_h = Jarak pandang henti (m)

L_t = Panjang tikungan (m)



Gambar 2.18 Daerah bebas samping di tikungan, untuk $J_h < L_t$

(Sumber : Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)

Tabel 2.19 Nilai E untuk $J_h < L_t$

V_R	20	30	40	50	60	80	100	120
J_h								
R (m)	16	27	40	55	75	120	175	250
5000								1,6
3000								2,6
2000							1,9	3,9
1500							2,6	5,2
1200						1,5	3,2	6,5
1000						1,8	3,8	7,8
800						2,2	4,8	9,7
600						3,0	6,4	13,0
500						3,6	7,6	15,5
400					1,8	4,5	9,5	$R_{min}=$
300					2,3	6,0	$R_{min}=$	500
250				1,5	2,8	7,2	350	
200				1,9	3,5	$R_{min}=$		
175				2,2	4,0	210		
150				2,5	4,7			
130			1,5	2,9	5,4			
120			1,7	3,1	5,8			
110			1,8	3,4	$R_{min}=$			
100			2,0	3,8	115			
90			2,2	4,2				
80			2,5	2,7				
70		1,5	2,8	$R_{min}=$				
60		1,8	3,3	80				
50		2,3	3,9					
40		3,0	$R_{min}=$					
30		$R_{min}=$	50					
20	1,6	30						
15	2,1							
	$R_{min}=$							
	15							

(Sumber : Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)

b. Jika $J_h > L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R'} \right) + \left(\frac{J_h - L_t}{2} \sin \frac{28,65 J_h}{R'} \right) \dots\dots\dots(2.45)$$

Dimana :

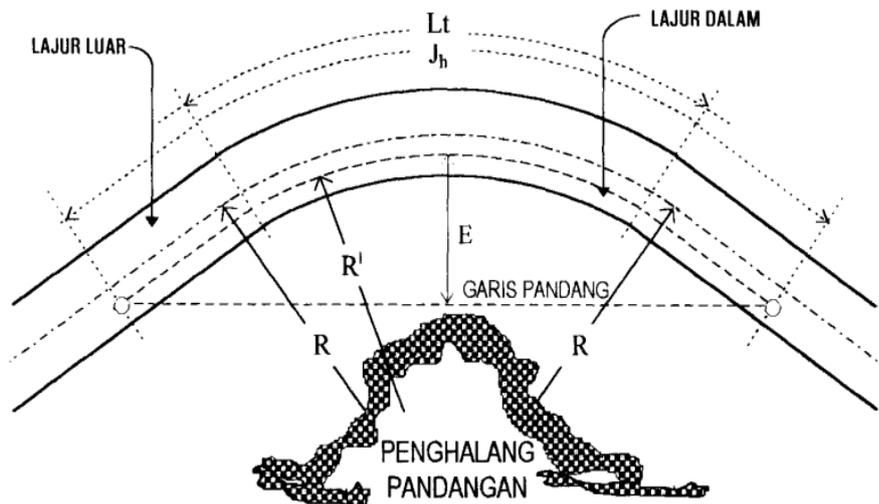
E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari – jari tikungan (m)

R' = Jari – jari sumbu lajur dalam (m)

Jh = Jarak pandang henti (m)

Lt = Panjang tikungan (m)



Gambar 2.19 Daerah bebas samping di tikungan, untuk $J_h > L_t$

(Sumber : Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)

Tabel 2.20 Nilai E untuk $J_h > L_t$

V_R	20	30	40	50	60	80	100	120
J_h								
R (m)	16	27	40	55	75	120	175	250
6000								1,6
5000								1,9
3000							1,6	3,1
2000							2,5	4,7

1500						1,5	3,3	6,2
1200						2,1	4,1	7,8
1000						2,5	4,9	9,4
800					1,5	3,2	6,1	11,7
600					2,0	4,2	8,2	15,6
500					2,3	5,1	9,8	18,6
400				1,8	2,9	6,4	12,2	R _{min} =
300			1,5	2,4	3,9	8,5	R _{min} =	500
250			1,8	2,9	4,7	10,1	350	
200			2,2	3,6	5,8	R _{min} =		
175		1,5	2,6	4,1	6,7	210		
150		1,7	3,0	4,8	7,8			
130		2,0	3,5	5,5	8,9			
120		2,2	3,7	6,0	9,7			
110		2,4	4,1	6,5	R _{min} =			
100		2,6	4,5	7,2	115			
90	1,5	2,9	5,0	7,9				
80	1,6	3,2	5,6	8,9				
70	1,9	3,7	6,4	R _{min} =				
60	2,2	4,3	7,4	80				
50	2,6	5,1	8,8					
40	3,3	6,4	R _{min} =					
30	4,4	8,4	50					
20	6,4	R _{min} =						
15	8,4	30						
	R _{min} =							
	15							

(Sumber : Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)

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. Perencanaan alinyemen vertikal sangat dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain ialah kondisi tanah dasar, keadaan medan, fungsi jalan, muka air banjir, muka air tanah, dan kelandaian yang masih memungkinkan. (Hamirhan Saodang, 2010: 108).

2.8.1 Kelandaian Vertikal

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. (Shirley L. Hendarsin, 2000: 114).

b. Kelandaian maksimum

Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah. Kelandaian maksimum berbagai macam V_R dapat dilihat pada tabel berikut. (Hamirhan Saodang, 2004: 109).

Tabel 2.21 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

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

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 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 suatu kelandaian

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 2.22 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 Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

2.8.2 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. (Shirley L. Hendarsin, 2000:117)

Bentuk lengkung vertikal adalah parabola dengan asumsi sederhana sehingga elevasi panjang lengkung dapat diperkirakan panjangnya, panjang minimum lengkung vertikal biasa ditentukan langsung sesuai dengan tabel berikut.

Tabel 2.23 Panjang Minimum Lengkung Vertikal

Kecepatan Rencana (km/jam)	Perbedaan Kelandaian Memanjang (%)	Panjang Lengkung (m)
< 40	1	20 - 30
40 - 60	0,6	40 - 80
> 60	0,4	80 - 150

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

Jenis lengkung vertikal dilihat dari segi letak titik perpotongan kedua bagian lurus (*tangen*) ada dua yaitu :

a. Lengkung vertikal cembung

Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua *tangen* berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan. (Hamirhan Saodang, 2004: 113). Panjang lengkung vertikal cembung (L_v), dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

1) Panjang L_v berdasarkan J_h (dalam meter)

$$J_h < L_v, \text{ maka } L_v = \frac{A \cdot J_h^2}{399} \dots\dots\dots(2.46)$$

$$J_h > L_v, \text{ maka } L_v = 2J_h - \frac{399}{A} \dots\dots\dots(2.47)$$

2) Panjang L_v berdasarkan J_d

$$J_d < L_v, \text{ maka } L_v = \frac{A \cdot J_d^2}{840} \dots\dots\dots(2.48)$$

$$J_d > L_v, \text{ maka } L_v = 2J_d - \frac{840}{A} \dots\dots\dots(2.49)$$

Keterangan :

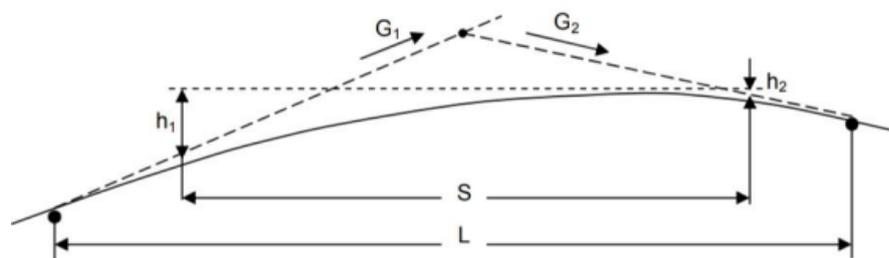
J_h = Jarak pandang henti (m)

J_d = Jarak pandang mendahului (m)

g_1, g_2 = Kemiringan/*tangen* (%)

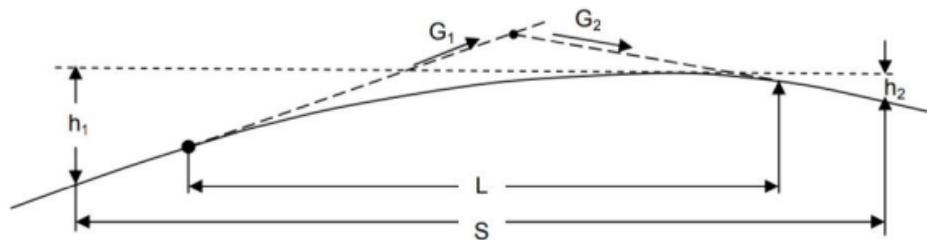
L_v = Panjang lengkungan (m)

A = Perbedaan aljabar untuk kelandaian (%), dimana A ialah $g_1 \pm g_2$



Gambar 2.20 Jarak Pandang Henti Lebih Kecil dari Panjang Lengkung Vertikal Cembung

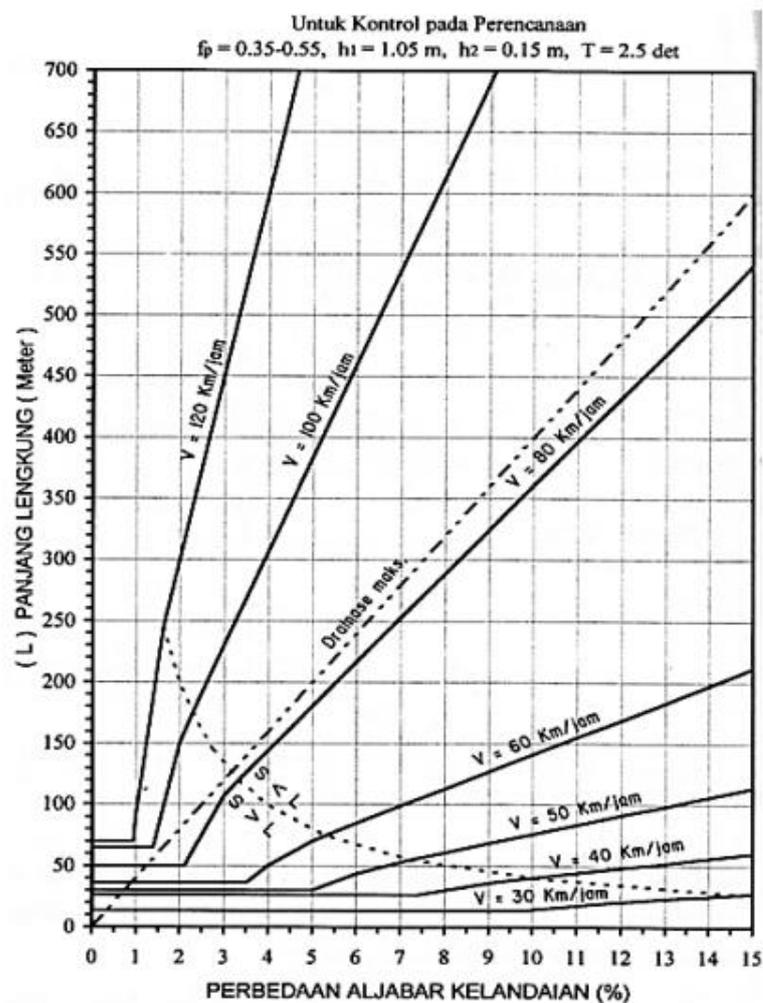
(Sumber : Standar Geometrik tentang Jalan Tol No.007-BM-2009)



Gambar 2.21 Jarak Pandang Henti Lebih Besar dari Panjang Lengkung Vertikal Cembung

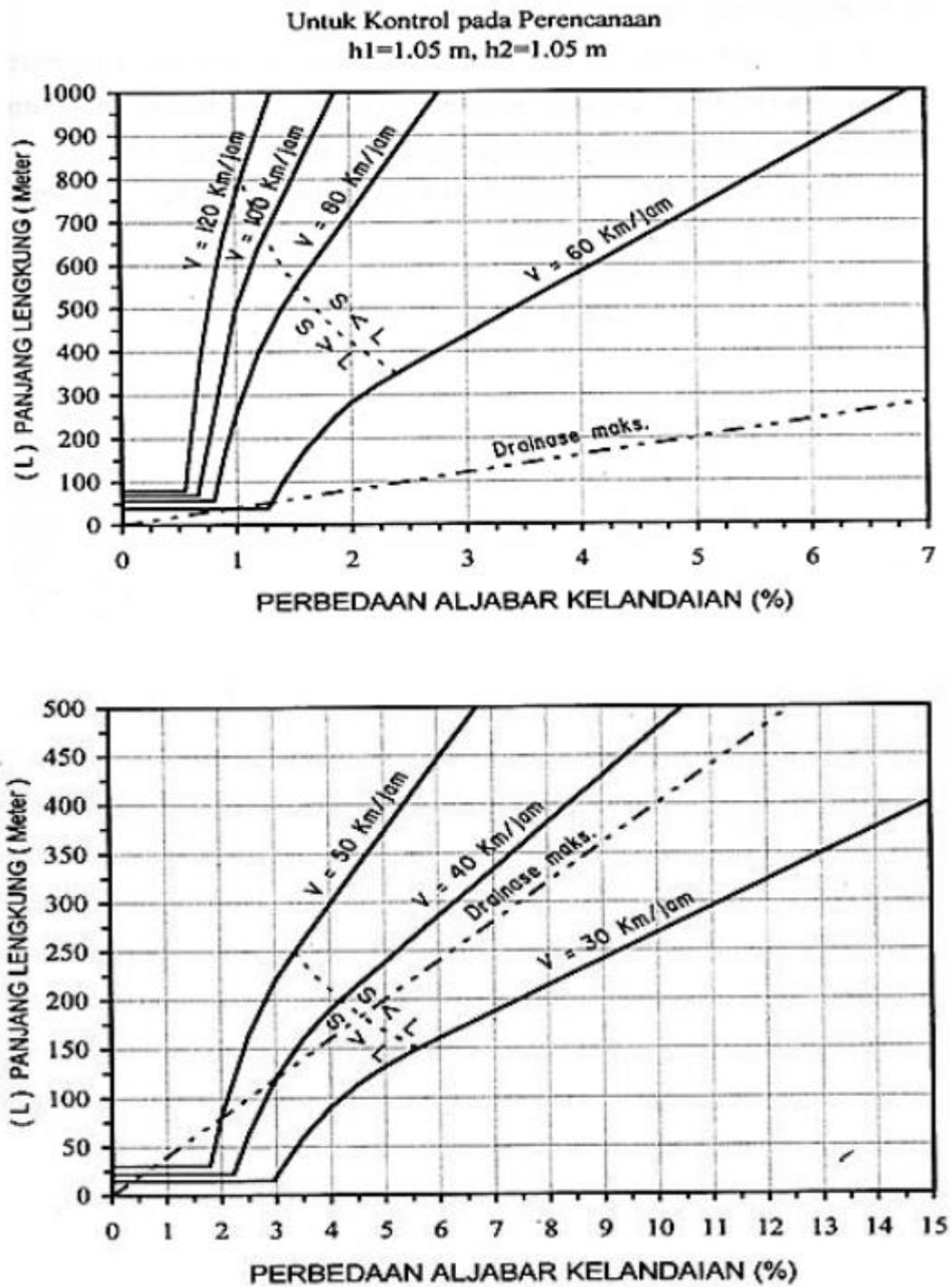
(Sumber : Standar Geometrik tentang Jalan Tol No.007-BM-2009)

Untuk menentukan panjang lengkung vertikal cembung (L_v) dapat juga ditentukan berdasarkan grafik berikut.



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

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



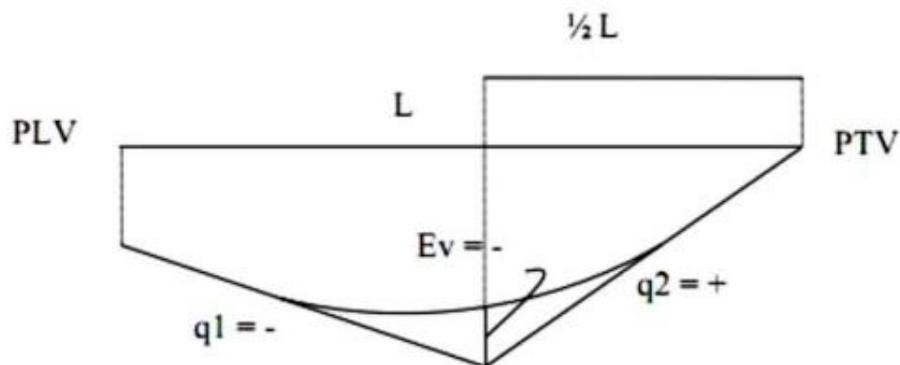
Gambar 2.23 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan Jarak Pandang Mendahului (Jd)

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

b. Lengkung vertikal cekung

Lengkung vertikal cekung adalah suatu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan. Dalam menentukan panjang lengkung vertikal cekung terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan, antara lain (Shirley, 2000) :

- 1) Jarak penyinaran lampu kendaraan
- 2) Jarak pandangan bebas di bawah bangunan
- 3) Persyaratan drainase
- 4) Kenyamanan mengemudi
- 5) Keluwesan bentuk

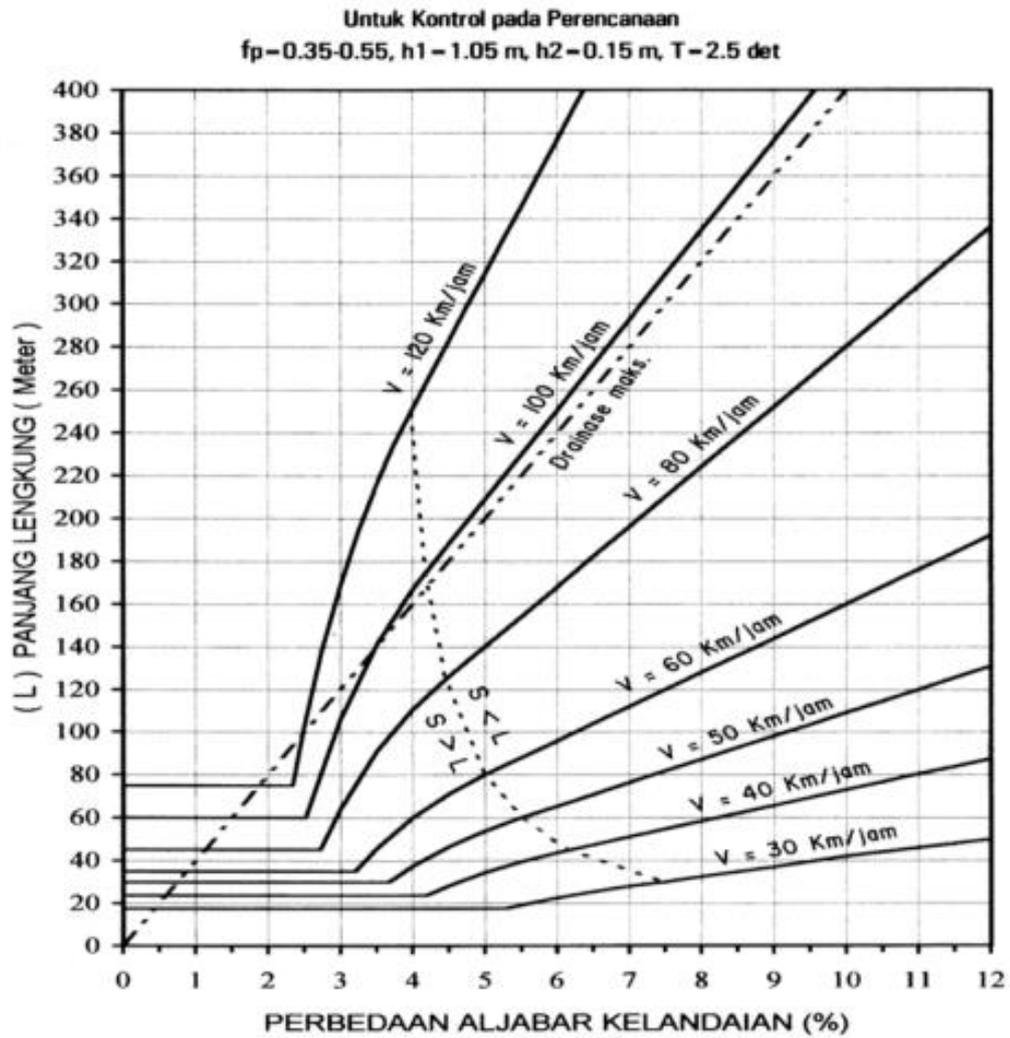


Gambar 2.24 Lengkung Vertikal Cekung

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

$$Y' = EV = \frac{(q_2 - q_1)}{8} \times L_v \dots\dots\dots (2.50)$$

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandangan pada waktu malam hari dan syarat drainase sebagaimana tercantum dalam grafik berikut.



Gambar 2.25 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

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

2.9 Perencanaan Galian dan Timbunan

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

Langkah-langkah dalam perhitungan galian dan timbunan, antaranya yaitu :

- Penentuan *stationing* (jarak patok) sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase jalan).
- Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan beda tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.
- Gambar 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.

Tabel 2.24 Perhitungan Galian dan Timbunan

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

(Sumber : *Rekayasa Jalan Raya, 1999*)

2.10 Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberi pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanan diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti.

Tanah saja biasanya tidak cukup kuat dan tahan tanpa adanya deformasi yang berarti terhadap beban berulang roda kendaraan. Untuk itu perlu lapis tambahan yang terletak antara tanah dan roda, atau lapisan paling atas dari badan jalan. Lapisan tambahan ini dibuat dari bahan khusus yang terpilih, selanjutnya disebut lapis keras/perkerasan.

Lapisan perkerasan jalan adalah suatu struktur konstruksi yang terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan.

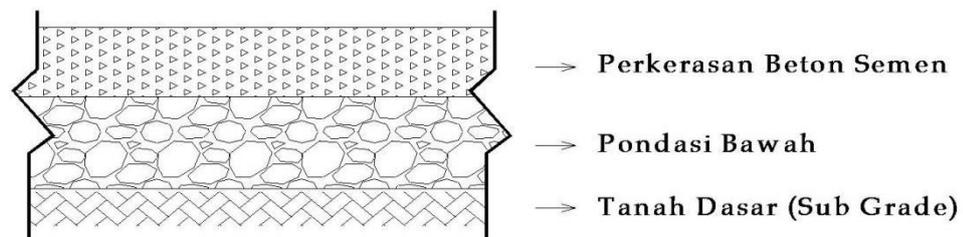
Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas yang berada di atasnya menyebar kelapisan di bawahnya. Beban lalu lintas yang bekerja di atas konstruksi perkerasan meliputi :

- a. Beban/gaya vertikal (berat kendaraan dan berat muatannya).
- b. Beban/gaya horizontal (gaya rem kendaraan).
- c. Getaran-getaran roda kendaraan.

Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi :

- a. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)
- b. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)
- c. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Perkerasan jalan beton semen atau lebih sering disebut perkerasan kaku atau juga *rigid pavement*, terdiri dari pelat beton semen dan lapis pondasi di atas tanah dasar. Perkerasan beton yang kaku memiliki modulus elastisitas yang tinggi, akan mendistribusikan beban terhadap bidang area tanah yang cukup luas, sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari *slab* beton sendiri. (Suryawan, 2009).



Gambar 2.26 Struktur Perkerasan Kaku

(Sumber : Baturisit, 2015)

2.10.1 Persyaratan Teknis

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

- a. Kekuatan Lapisan Tanah Dasar.

Untuk perencanaan perkerasan kaku, daya dukung tanah dasar diperoleh dengan nilai CBR. Daya dukung tanah dasar pada konstruksi

perkerasan beton semen, ditentukan berdasarkan nilai CBR insitu sesuai dengan SNI 03-1731-1989, atau CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03-1744-1989. Disini apabila tanah dasar memiliki nilai CBR di bawah 2%, maka digunakan pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean-mix concrete*) setebal 15 cm sehingga tanah dianggap memiliki CBR 5%.

b. Kekuatan Beton

Beton semen adalah agregat yang dicampur dengan semen PC secara basah. Lapisan beton semen dapat digunakan sebagai lapisan pondasi bawah pada perkerasan lentur dan kaku, dan sebagai lapisan pondasi atas pada perkerasan kaku. Kekuatan beton semen harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur umur 28 hari, yang didapat dari pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal tarik lentur umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan 3-5 Mpa (30-50 kg/cm²).

Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik lentur beton dapat didekati dengan rumus :

$$f_{cf} = K\sqrt{f_{c'}} \text{ (dalam Mpa) } \dots\dots\dots(2.50)$$

$$f_{cf} = 3,13\sqrt{f_{c'}} \text{ (dalam Kg/Cm}^2\text{) } \dots\dots\dots(2.51)$$

Keterangan :

f_{cf} = kuat tarik lentur beton 28 hari (Kg/cm² atau Mpa)

$f_{c'}$ = kuat tekan beton karakteristik 28 hari (Kg/cm² atau Mpa)

K = konstanta 0,7 untuk agregat tidak dipecah, 0,75 untuk agregat pecah

Bahan beton semen terdiri dari agregat, semen, air, dan bahan tambah jika diperlukan, dengan spesifikasi sebagai berikut :

1) Agregat

Agregat yang digunakan harus memenuhi persyaratan mutu agregat sesuai persyaratan. Agregat halus terdiri dari pasir atau butiran-butiran yang lolos saringan no.4 (0,425) sedangkan agregat kasar yang tidak lolos saringan tersebut harus $\leq 1/3$ tebal pelat atau $\leq 3/4$

jarak bersih minimum antar tulangan. Dengan persyaratan mutu agregat sesuai dengan yang tercantum dalam SK SNI S-04-1989-F.

2) Semen

Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton semen harus sesuai dengan SNI 15-2049-1994. Semen harus dipilih dan diperhatikan sesuai lingkungan dimana perkerasan digunakan serta kekuatan awalnya harus cukup untuk pemotongan sambungan dan ketahanan abrasi permukaan.

3) Air

Air yang digunakan untuk campuran atau perawatan harus bersih dan bebas dari minyak, garam, asam, bahan nabati, lanau, lumpur atau bahan-bahan lain yang dalam jumlah tertentu dapat membahayakan. Air harus berasal dari sumber yang telah terbukti baik dan memenuhi persyaratan. Air harus diukur dalam satuan volume atau berta dengan alat ukur yang mempunyai akurasi tidak kurang dari 2%.

4) Bahan Tambah (*admixture*)

Penggunaan bahan tambah dapat dilakukan untuk kemudahan pekerjaan (*workability*) yang lebih tinggi, pengikatan beton yang lebih cepat agar penyelesaian akhir, pembukaan acuan dan pembukaan jalur lalu lintas dapat dipercepat, dan pengikatan yang lebih lambat.

c. Umur Rencana

Usia rencana adalah jangka waktu dalam tahun sampai perkerasan harus diperbaiki atau ditingkatkan. Perbaikan terdiri dari pelapisan ulang, penambahan, atau peningkatan. Untuk umur rencana lapisan perkerasan kaku adalah 20-40 tahun. (Shirley L. Hendarsin, 2000: 223).

d. Pertumbuhan Lalu Lintas

Jumlah lalu lintas akan bertambah baik pada keseluruhan usia rencana atau pada sebagian masa tersebut. Angka pertumbuhan lalu lintas dapat ditentukan dari hasil survey untuk setiap proyek yang dapat ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} \dots\dots\dots(2.52)$$

Keterangan :

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas

I = Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun (%)

UR = Umur rencana (tahun)

Faktor pertumbuhan lalu lintas (R) dapat juga ditentukan berdasarkan tabel berikut :

Tabel 2.25 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (R)

Umur Rencana (Tahun)	Laju Pertumbuhan (i) per tahun (%)					
	0	2	4	6	8	10
5	5	5,2	5,4	5,6	5,9	6,1
10	10	10,9	12	13,2	14,5	15,9
15	15	17,3	20	23,3	27,2	31,8
20	20	24,3	29,8	36,8	45,8	57,3
25	25	32	41,6	54,9	73,1	98,3
30	30	40,6	56,1	79,1	113,3	164,5
35	35	50	73,7	111,1	172,3	271
40	40	60,4	95	154,8	259,1	442,6

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

e. Faktor Keamanan Beban

Faktor keamanan beban (FKB) dimasukkan sebagai indikator, untuk menampung tingkat pelayanan terhadap keselamatan pengendara, dapat diambil dari tabel berikut.

Tabel 2.26 Faktor Keamanan Beban

Penggunaan Jalan	Faktor Keamanan
- Jalan bebas hambatan utama (<i>major freeway</i>) dan jalan berlajur banyak, volume kendaraan niaga tinggi.	1,2

- Jalan bebas hambatan (<i>freeway</i>), dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah.	1,1
- Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah.	1,0

(Sumber : *Konstruksi Jalan Raya, 2004*)

f. Lalu Lintas Rencana

Lalu lintas rencana adalah jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan. Beban pada suatu jenis sumbu secara tipikal dikelompokkan dalam interval 10 kN (1 ton), bila diambil dari survey beban. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut :

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \dots\dots\dots(2.53)$$

Keterangan :

JSKN = Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana.

JSKNH = Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari pada saat jalan dibuka.

R = Faktor pertumbuhan kumulatif, yang besarnya tergantung dari pertumbuhan lalu lintas tahunan dan umur rencana.

C = Koefisien distribusi kendaraan.

g. Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi

Pembangunan lapisan perkerasan yang baru atau pelapisan tambahan akan dilaksanakan pada 2 lajur atau lebih yang kemungkinan bisa berbeda kebutuhannya terhadap ketebalan lapisan, tetapi untuk praktisnya akan dibuat sama. Untuk itu dibuat rencana yaitu lajur yang menerima beban terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah dan koefisien distribusi (c) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai dengan tabel berikut :

Tabel 2.27 Jumlah Lajur berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi (c) Kendaraan Niaga pada Lajur Rencana

Lebar Perkerasan	Jumlah Lajur (n)	Koefisien Distribusi (C)	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5,50$ m	1 Lajur	1	1
$5,50 \leq L_p < 8,35$ m	2 Lajur	0,70	0,50
$8,25 \leq L_p < 11,25$ m	3 Lajur	0,50	0,475
$11,25 \leq L_p < 15,00$ m	4 Lajur	-	0,45
$15,00 \leq L_p < 18,75$ m	5 Lajur	-	0,425
$18,75 \leq L_p < 22,00$ m	6 Lajur	-	0,40

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

h. Sub Base

Ketebalan dan kondisi lapisan pondasi bawah (sub base) yang diperlukan untuk menopang konstruksi, lalu lintas, penurunan akibat air dan perubahan volume lapisan tanah dasar serta sarana perlengkapan daya dukung permukaan yang seragam di bawah dasar beton. (Shirley, 2000).

2.10.2 Penulangan

Tujuan dasar disitribusi penulangan baja adalah bukan untuk mencegah terjadinya retak pada pelat beton tetapi untuk membatasi lebar retakan yang timbul pada daerah dimana beban terkonsentrasi agar tidak terjadi pembelahan pelat beton pada daerah retak tersebut, sehingga kekuatan pelat tetap dapat dipertahankan.

a. Kebutuhan penulangan pada perkerasan bersambung tanpa tulangan (BBTT)

Pada tipe ini penulangan tetap diperlukan untuk meminimalkan retak tambahan penulangan secara khusus mutlak diperlukan bila ada pelat

dengan bentuk tidak lazim, pelat dengan sambungan tidak sejalur, dan pelat berlubang.

- b. Penulangan pada perkerasan beton semen bersambung dengan tulang (BBDT)

Luas penampang tulangan dapat dicari dengan rumus berikut ini :

$$A_s = \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2f_s} \dots\dots\dots(2.54)$$

Keterangan :

A_s = luas penampang tulangan baja (mm^2/m lebar pelat)

f_s = kuat tarik ijin tulangan (MPa), biasanya 0,6 x tegangan leleh

g = gravitasi (m/det^2)

h = tebal pelat beton (m)

L = jarak antara sambungan yang tidak diikat dan/atau tepi beban pelat (m).

M = berat per-satuan volume pelat (kg/m^3)

μ = koefisien gesek antara pelat beton dengan pondasi bawah.

- c. Penempatan tulangan

Penulangan melintang pada perkerasan beton semen harus ditempatkan pada kedalaman > 65 mm dari permukaan untuk tebal pelat ≤ 20 cm dan maksimum sampai 1/3 tebal pelat (untuk tebal pelat > 20 cm). tulangan arah memanjang dipasang di atas tulangan arah melintang.

2.10.3 Sambungan

Menurut Shirley L. Hendarsin (2000), perencanaan sambungan pada perkerasan kaku merupakan bagian yang harus dilakukan pada perencanaan, baik jenis perkerasan beton bersambung tanpa atau dengan tulangan, maupun pada jenis perkerasan beton menerus dengan tulangan. Sambungan perkerasan beton umumnya terdiri 3 jenis, yang fungsinya sebagai berikut :

- a. Sambungan Susut, atau sambungan pada bidang yang diperlemah (*dummy*) dibuat untuk mengalihkan tegangan tarik akibat : suhu,

kelembaban, gesekan sehingga akan mencegah retak. Jika sambungan susut tidak dipasang, maka akan terjadi retak acak pada permukaan beton.

- b. Sambungan Muai, fungsi utamanya untuk menyiapkan ruang muai pada perkerasan, sehingga mencegah terjadinya tegangan tekan yang akan menyebabkan perkerasan tertekuk.
- c. Sambungan Konstruksi (pelaksanaan), diperlukan untuk kebutuhan konstruksi (berhenti dan mulai pengecoran). Jarak antara sambungan memanjang disesuaikan dengan lebar alat atau mesin penghampar (*paving machine*) dan oleh tebal perkerasan.

Berikut adalah berbagai jenis sambungan (*joint*) menurut Hamirhan Saodang (2004) :

- a. Sambungan memanjang dengan batang pengikat (*tie bars*)

Fungsi pemasangan memanjang adalah untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang. Jarak antara sambungan memanjang sekitar 3-4 meter.
- b. Sambungan pelaksanaan memanjang

Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dengan menggunakan gigi penguncian. Bentuk dan ukuran gigi pengunci dapat berbentuk trapesium atau berbentuk setengah lingkaran.
- c. Sambungan susut memanjang

Sambungan susut memanjang dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu dengan melakukan penggergajian (*saw cut*) atau membentuk celah pada saat beton masih dalam kondisi plastis, dengan kedalaman $\frac{1}{3}$ dari tebal pelat.
- d. Sambungan susut dan sambungan pelaksanaan melintang

Ujung sambungan ini harus tegak lurus terhadap sumbu memanjang jalan dan tepi perkerasan. Untuk maksud mengurangi beban dinamis akibat lalu lintas, sambungan melintang harus dipasang dengan kemiringan 1:10 searah perputaran jarum jam.

e. Sambungan susut melintang

Kedalaman sambungan ini paling tidak mencapai $1/4$ dari tebal pelat (pondasi bawah jenis *granular*) atau $1/3$ dari tebal pelat (pondasi bawah jenis stabilisasi semen). Jarak sambungan susut melintang untuk tipe perkerasan BBTT (beton bersambung tanpa tulangan) sekitar 4-5 meter, sedang untuk perkerasan BBDT (beton bersambung dengan tulangan) sejarak 8-15 meter. Untuk tipe BMDT (beton menerus dengan tulangan) sesuai dengan kemampuan pelaksanaan.

Sambungan ini harus dilengkapi dengan batang ruji polos panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan memengaruhi gerakan bebas pada saat pelat beton menyusut. Setengah panjang ruji polos harus dicat atau dilumuri dengan bahan anti lengket untuk menjamin tidak ada ikatan dengan beton.

Diameter ruji tergantung pada pelat beton sebagaimana tercantum pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.28 Diameter Ruji

No	Tebal Pelat Beton, H (mm)	Diameter Ruji (mm)
1	$125 < h \leq 140$	20
2	$140 < h \leq 160$	24
3	$160 < h \leq 190$	28
4	$190 < h \leq 220$	33
5	$220 < h \leq 250$	36

(Sumber : *Konstruksi Jalan Raya, 2004*)

f. Sambungan pelaksanaan melintang

Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak dirancang sebelumnya, misalnya akibat darurat kerusakan alat, dan lain-lain harus menggunakan batang pengikat berulir. Sedang pada sambungan yang memancang dirancang sebelumnya dapat menggunakan batang tulangan polos yang diletakkan di tengah-tengah pelat. Sambungan pelaksanaan tersebut di atas harus dilengkapi dengan batang pengikat berdiameter 16

mm, panjang 69 cm, dan jarak 60 cm, untuk ketebalan pelat sampai 17 cm. Untuk tebal pelat > 17 cm ukuran batang pengikat berdiameter 20 mm, panjang 84 cm, dan jarak 60 cm.

g. Penutup sambungan

Penutup sambungan berfungsi untuk mencegah masuknya air, debu atau benda lain ke dalam sambungan yang dapat menyebabkan kerusakan berupa gompal dan atau pelat beton saling menekan ke atas satu sama lain.

2.10.4 Prosedur Perancangan Perkerasan Kaku

Berikut adalah prosedur perancangan perkerasan kaku menurut Hamirhan Saodang (2004).

- a. Tentukan nilai CBR tanah dasar.
- b. Merubah data lalu lintas dalam satuan kendaraan menjadi dalam satuan sumbu kendaraan.
 - 1) Menghitung jumlah konfigurasi beban sumbu untuk masing masing jenis kendaraan niaga.
 - 2) Menghitung jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) rencana dicari dengan rumus $JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C$
 - 3) Menghitung jumlah repetisi kumulatif tiap kombinasi konfigurasi/beban sumbu pada lajur rencana.
- c. Pilih tipe struktur perkerasan.
 - 1) Jenis perkerasan , BBDT, BBTT, atau BMDT dengan atau tanpa ruji.
 - 2) Menentukan menggunakan bahu atau tidak dan jenisnya.
 - 3) Jenis dan tebal pondasi bawah.
 - 4) Sifat kekuatan struktur, yaitu CBR tanah dasar, CBR efektif, kuat tarik dan lentur.
 - 5) Faktor keamanan beban.
- d. Menghitung kekuatan pelat beton.

- 1) Pilih salah satu tebal pelat beton lebih besar dari tebal minimum 15 cm.
- 2) Hitung beban rencana per roda untuk setiap jenis sumbu = $F_{KB} \times$ Beban sumbu/jumlah roda.
- 3) Tentukan tegangan ekuivalen (TE) dan faktor erosi (FE) untuk setiap jenis sumbu dengan menggunakan tabel tegangan ekuivalen.
- 4) Tentukan faktor rasio tegangan (FRT) dengan membagi tegangan ekuivalen (TE) dengan kuat tarik lentur (f_{ct}).
- 5) Dengan faktor rasio tegangan (FRT) dan beban rencana, tentukan jumlah repetisi ijin untuk fatik (*fatigue*) dengan nomogram repetisi beban ijin berdasarkan rasio tegangan untuk dengan/tanpa bahu beton.
- 6) Hitung jumlah persentase dari repetisi fatik yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
- 7) Dengan menggunakan faktor erosi (FE) tentukan jumlah repetisi ijin untuk erosi, dengan menggunakan nomogram repetisi beban ijin berdasarkan faktor erosi dengan kondisi tanpa bahu beton atau untuk kondisi dengan bahu beton.
- 8) Hitung persentase dari repetisi erosi direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
- 9) Ulangi langkah 5 sampai 8 untuk setiap beban roda pada jenis sumbu tersebut, sehingga jumlah repetisi beban ijin masing-masing mencapai 10 juta dan 100 juta repetisi.
- 10) Hitung jumlah total fatik dengan menjumlahkan persentase fatik dari setiap beban roda dari semua jenis sumbu tersebut. Dengan cara yang sama hitung jumlah total erosi dari setiap beban roda, dari semua jenis sumbu yang ada.
- 11) Hitung jumlah total kerusakan akibat fatik dan jumlah total kerusakan akibat erosi untuk seluruh jenis kelompok sumbu.
- 12) Ulangi langkah 1 sampai 11 hingga diperoleh ketebalan tertipis yang menghasilkan total kerusakan akibat fatik dan atau erosi $\leq 100\%$.

Tebal perkerasan tersebut adalah tebal pelat yang paling ekonomis untuk tebal perkerasan beton semen yang direncanakan.

2.11 Bangunan Pelengkap

Untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas dan menghindari kerusakan akibat air yang berdampak pada kenyamanan pemakai jalan, diperlukan adanya bangunan pelengkap jalan. Menurut Peraturan Menteri PU No.19 Tahun 2011, bangunan pelengkap jalan berfungsi sebagai :

- a. Jalur lalu lintas
- b. Pendukung konstruksi jalan
- c. Fasilitas lalu lintas dan fasilitas pendukung pengguna jalan.

2.11.1 Drainase

Drainase adalah prasarana yang berfungsi mengalirkan air permukaan ke badan air dan atau ke bangunan resapan buatan. Sedangkan drainase jalan adalah prasaran yang dapat bersifat alami atau pun buatan yang berfungsi untuk memutuskan dan menyalurkan air permukaan maupun bawah tanah, biasanya menggunakan bantuan gaya gravitasi, yang terdiri atas saluran samping dan gorong-gorong ke badan air penerima atau tempat peresapan buatan, contohnya seperti sumur resapan air hujan atau kolam drainase tampungan sementara. Menurut Pedoman Perencanaan Sistem Drainase Jalan (2006), drainase dibedakan menjadi berikut :

- a. Drainase permukaan

Drainase permukaan berfungsi mengalirkan air hujan yang ada di permukaan agar tidak menghambat arus lalu lintas di jalan tersebut dan juga mencegah air agar tidak merusak lapisan perkerasan jalan.

- b. Drainase bawah permukaan

Drainase bawah permukaan (*subdrain*) adalah sarana untuk mengalirkan air yang berada di bawah permukaan dari suatu tempat ke tempat lain dengan tujuan melindungi bangunan yang

2.11.2 Ketentuan Teknis Perencanaan Drainase

Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan drainase permukaan diuraikan sebagai berikut :

- a. Plot rute jalan di pesta topografi (L)
 - 1) Plot rute jalan rencana pada topografi diperlukan untuk mengetahui gambaran topografi atau daerah kondisi sepanjang trase jalan yang akan dilalui dapat dipelajari
 - 2) Kondisi terrain pada daerah layanan diperlukan untuk menentukan bentuk dan kemiringan yang akan memengaruhi pola aliran.
- b. Menentukan frekuensi hujan rencana pada masa ulang T (tahun).

Untuk menentukan frekuensi curah hujan digunakan cara atau metode Gumbel. Cara ini digunakan apabila data curah hujan tersedia dengan lengkap, sehingga diperoleh perhitungan hujan rata-rata sesuai dengan jumlah tahun pengamatan. Untuk perhitungan cara Gumbel digunakan rumus sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{n} \dots\dots\dots(2.55)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_1^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.56)$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots(2.57)$$

$$R_t = R + (K \cdot S_x) \dots\dots\dots(2.58)$$

Keterangan :

\bar{R} = Curah huan harian rata-rata

S_x = Standar Deviasi

R_t = Hujan rencana untuk periode ulang T tahun

Y_t = Faktor reduksi

Y_n = Angka reduksi rata-rata

S_n = Angka reduksi standar deviasi

K = Faktor frekuensi (nilai K dapat dilihat pada tabel)

Tabel 2.29 Faktor Frekuensi (K)

T	Yt	Lama Pengamatan (tahun)
---	----	-------------------------

		10	15	20	25	3
2	0,3665	-0,1355	-0,1434	-0,1478	-0,1506	-0,1526
5	1,1499	1,058	0,9672	0,9186	0,8878	0,8663
10	2,2502	1,8482	1,7023	1,6246	1,5752	1,5408
20	2,9702	2,6064	2,4078	2,302	2,2348	2,1881
25	3,1985	2,8468	2,6315	2,5168	2,4440	2,3933
50	3,9019	3,5875	3,3207	3,1787	3,0884	3,0256
100	4,6001	4,3228	4,0048	3,8536	3,7281	3,6533

(Sumber : Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)

Tabel 2.30 Angka reduksi rata-rata (Y_n)

n	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	0,4952	0,5236	0,5362	0,5436	0,5485	0,5521	0,5548	0,5569	0,5586	0,56
1	0,4996	0,5252	0,5371	0,5442	0,5489	0,5524	0,555	0,557	0,5587	
2	0,5035	0,5268	0,538	0,5448	0,5493	0,5527	0,5552	0,5572	0,5589	
3	0,507	0,5283	0,5388	0,5453	0,5497	0,553	0,5555	0,5574	0,5591	
4	0,51	0,5296	0,5396	0,5458	0,5501	0,5533	0,5557	0,5576	0,5592	
5	,5128	0,5309	0,5402	0,5463	0,5504	0,5535	0,5559	0,5578	0,5593	
n	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
6	0,5157	0,532	0,541	0,5468	0,5508	0,5538	0,5561	0,558	0,5595	
7	0,181	0,5332	0,5418	0,5473	0,5511	0,554	0,5563	0,5581	0,5596	
8	0,202	0,5343	0,5424	0,5477	0,5515	0,5543	0,5565	0,5583	0,5598	
9	0,5220	0,5353	0,5430	0,5481	0,5518	0,5545	0,5567	0,5585	0,5599	

(Sumber : Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)

Tabel 2.31 Angka reduksi Standar Deviasi (S_n)

n	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	0,9496	1,0628	1,1124	1,1413	1,1607	1,1747	1,1854	1,1938	1,2007	1,2065

1	0,9676	1,0696	1,1159	1,1436	1,1623	1,1759	1,1863	1,1945	1,2013
2	0,9833	1,0754	1,1193	1,1458	1,1638	1,177	1,1873	1,1953	1,202
3	0,9971	1,0811	1,1226	1,1480	1,1658	1,1782	1,1881	1,1959	1,2026
4	1,0095	1,0864	1,1255	1,1499	1,1667	1,1793	1,1890	1,1967	1,2032
5	1,0206	1,0915	1,1285	1,1519	1,1681	1,1803	1,1898	1,1973	1,2038
6	1,0316	1,0961	1,1313	1,1538	1,1696	1,1814	1,1906	1,1980	1,2044
7	1,0411	1,1004	1,1339	1,1557	1,1708	1,1824	1,1915	1,1987	1,2049
8	1,0493	1,1047	1,1363	1,1574	1,1721	1,1834	1,1923	1,1994	1,2055
9	1,0565	1,1086	1,1388	1,1590	1,1734	1,1844	1,1930	1,2001	1,2060

(Sumber : Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)

c. Waktu Konsentrasi (T_c)

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh pada titik terjauh dalam suatu *catchment area* untuk menuju ke titik *outlet*. Waktu konsentrasi terbagi atas dua, yaitu (t_0 atau t_1) adalah waktu untuk mencapai awal saluran (*inlet*) dan (t_d atau t_2) waktu pengaliran dalam saluran. Rumus yang digunakan yaitu :

$$t_0 = \left(\frac{2}{3} \times 3.28 \times L_0 \times \frac{nd}{\sqrt{S}} \right)^{0.167} \dots\dots\dots(2.59)$$

$$t_d = \frac{L}{60.v} \dots\dots\dots(2.60)$$

$$T_c = t_0 + t_d \dots\dots\dots(2.61)$$

Keterangan :

L_0 = Jarak dari titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

L = Panjang saluran (m)

nd = Koefisien hambatan

S = Kemiringan daerah pengaliran/kemiringan tanah

V = Kecepatan rata-rata aliran dalam saluran (m/dt)

Catatan : Nilai kemiringan saluran (S) disesuaikan dengan kelandaian jalan dengan nilai minimal = 0,5%. Untuk nilai nd diambil dari tabel dan nilai V diambil dari tabel

Tabel 2.32 Angka reduksi Standar Deviasi (Sn)

Kondisi Permukaan	nd
Lapisan semen dan aspal beton	0,013
Permukaan licin dan kedap air	0,02
Permukaan licin dan kokoh	0,1
Tanah dengan rumput tipis & gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,2
Padang rumput	0,4
Hutan gundul	0,6
Hutan rimbung dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai padat	0,8

(Sumber : Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)

Tabel 2.33 Kecepatan Aliran Izin (V)

No	Jenis Material	V _{izin} (m/dt)
1	Pasir	0,45
2	Lempung Kepasiran	0,50
3	Lanau <i>Alluvial</i>	0,60
4	Kerikil Halus	0,75
5	Lempung Kokoh	0,75
6	Lempung Padat	1,10
7	Kerikil Kasar	1,20
8	Batu-batu Besar	1,50
9	Pasangan Batu	1,50
10	Beton	1,50
11	Beton Bertulang	1,50

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase Jalan Dep. PU, 2006)

d. Intensitas hujan selama waktu konsentrasi

Curah hujan dalam jangka waktu pendek dinyatakan dalam intensitas, yaitu tinggi air per satuan waktu (mm/jam, mm/menit).

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{T_c}\right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2.62)$$

Keterangan :

I_t = Intensitas hujan (mm/jam)

R_{24} = Curah hujan harian maksimum (mm)

T_c = Waktu konsentrasi (jam)

e. Luas daerah pengaliran

- 1) Perhitungan luas daerah layanan didasarkan pada panjang segmen jalan yang ditinjau.
- 2) Luas daerah layanan (A) untuk saluran samping jalan perlu diketahui agar dapat diperkirakan daya tampungnya terhadap curah hujan atau untuk memperkirakan volume limpasan permukaan yang akan ditampung saluran samping jalan.
- 3) Luas daerah layanan terdiri atas luas setengah badan jalan (A_1), luas bahu jalan (A_2), dan luas daerah di sekitar (A_3).
- 4) Batasan luas daerah layanan tergantung dari daerah sekitar dan topografi dan daerah sekelilingnya. Panjang daerah pengaliran yang diperhitungkan terdiri atas setengah lebar badan jalan (I_1), lebar bahu jalan (I_2), dan daerah sekitar (I_3) yang terbagi atas daerah perkotaan yaitu ± 10 m dan untuk daerah luar kota yang didasarkan pada topografi daerah tersebut.

f. Koefisien pengaliran (C)

Koefisien pengaliran (C) dipengaruhi kondisi permukaan tanah (tata guna lahan) pada daerah layanan dan kemungkinan perubahan tata guna lahan. Angka ini akan memengaruhi debit yang mengalir, sehingga dapat diperkirakan daya tampung saluran. Untuk itu diperlukan peta topografi dan melakukan survey lapangan agar corak topografi daerah proyek dapat lebih diperjelas.

Diperlukan pula jenis sifat erosi dan tanah pada daerah sepanjang trase jalan rencana, antara lain tanah dengan permeabilitas tinggi (sifat

lulus air) atau tanah dengan tingkat erosi permukaan. Apabila koefisien pengaliran terdiri lebih dari satu jenis kondisi permukaan pengaliran, maka rumusnya adalah sebagai berikut :

$$C_w = \frac{C_1.A_1 + C_2.A_2}{A_1 + A_2} \dots\dots\dots(2.63)$$

Keterangan :

C_1, C_2 = Koefisien pengaliran sesuai jenis permukaan

A_1, A_2 = Luas daerah pengaliran (km^2)

C_w = C rata-rata pada daerah pengaliran

g. Debit Limpasan

Debit limpasan adalah jumlah pengaliran yang masuk ke dalam saluran samping.

$$Q_r = \frac{C.It.A}{3.6} \dots\dots\dots(2.64)$$

Keterangan :

Q = Debit limpasan (m^3/detik)

C = Koefisien pengaliran

It = Intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran/tangkapan (km^2)

Tabel 2.34 Koefisien Pengaliran

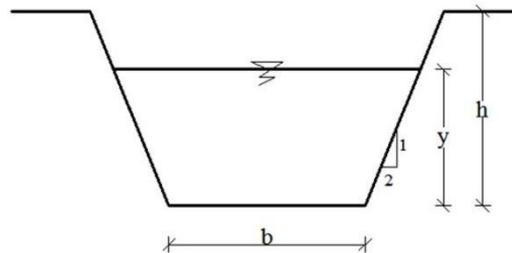
No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
	BAHAN	
1	Jalan beton dan aspal	0,70 - 0,95
2	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40 - 0,70
3	Bahu jalan :	
	a. Tanah berbutir halus	0,40 - 0,65
	b. Tanah berbutir kasar	0,10 - 0,20
	c. Batuan masif keras	0,70 - 0,85
	d. Batuan masif lunak	0,60 - 0,75

TATA GUNA LAHAN		
1	Daerah perkotaan	0,70 - 0,95
2	Daerah pinggir kota	0,60 - 0,70
3	Daerah industri	0,60 - 0,90
4	Pemukiman padat	0,60 - 0,80
5	Pemukiman tidak padat	0,40 - 0,60
6	Taman dan kebun	0,20 - 0,40
7	Persawahan	0,45 - 0,60
8	Perbukitan	0,70 - 0,80
9	Pegunungan	0,75 - 0,90

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase Jalan Dep. PU, 2006)

h. Perencanaan dimensi drainase

1) Bentuk penampang trapesium



Gambar 2.27 Penampang Saluran Trapesium

(Sumber : Jawara Corporation, 2017)

Perhitungan dimensi penampang trapesium adalah berikut :

$$b = b + 2 \times Z \dots\dots\dots (2.65)$$

$$h = H \dots\dots\dots (2.66)$$

$$F = (b + z) \times h \dots\dots\dots (2.67)$$

$$P = B + 2 \times h\sqrt{(1 + z^2)} \dots\dots\dots (2.68)$$

$$R = \frac{(b+z) \times h}{b+z\sqrt{(1+z^2)}} \dots\dots\dots (2.69)$$

$$Q = V \times A \dots\dots\dots (2.70)$$

Keterangan :

- b = Lebar saluran (m)
 h = Tinggi muka air (m)
 z = Faktor kemiringan
 F = Luas penampang basah
 P = Keliling penampang basah
 R = Jari-jari hidrolis
 Q = Debit limpasan (m^3/detik)
 A = Luas penampang melintang (m^2)

Tabel 2.35 Kemiringan Talud berdasarkan Debit

No.	Debit Air (m^3/dtk)	Kemiringan (I:z)
1	0,00 - 0,75	1 : 1
2	0,75 - 15	1 : 1,5
3	15 - 80	1 : 2

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase Jalan Dep. PU, 2006)

2) Dimensi gorong-gorong bentuk persegi (*boxculvert*)

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$b = 2h$$

$$A = I \times h$$

$$w = \sqrt{0,5 h}$$

Keterangan :

 V = Kecepatan aliran dalam saluran (m^3/detik) Q = Debit limpasan (m^3/detik) A = Luas penampang melintang (m^2) w = Tinggi jagaan (m) b = Tinggi penampang saluran (m/detik) I = Lebar saluran (m) H = Tinggi muka air (m)

2.11.3 Gorong-gorong

Pada sarana drainase jalan, gorong-gorong termasuk dalam sarana drainase permukaan yang berfungsi sebagai penerus aliran dari saluran samping ke tempat pembuangan. Gorong-gorong ini ditempatkan melintang jalan di beberapa lokasi sesuai dengan kebutuhan. (Hendarsin, 2000:283).

Kemiringan gorong-gorong antara 0,5% - 2% dengan pertimbangan faktor-faktor lain yang dapat mengakibatkan terjadinya pengendapan erosi di tempat air masuk dan pada bagian pengeluaran. Dimensi gorong-gorong minimum dengan diameter 80 cm dengan kedalaman minimum 1m - 1,5m tergantung tipe.

Dalam perencanaan jalan, penempatan dan penentuan jumlah gorong-gorong harus diperhatikan terhadap fungsi dan medan setempat. Agar dapat berfungsi dengan baik, maka gorong-gorong ditempatkan pada :

- a. Lokasi jalan yang memotong aliran air
- b. Daerah cekung, tempat air menggenang
- c. Tempat kemiringan jalan yang tajam tempat air yang dapat merusak lereng dan badan jalan.
- d. Kedalaman gorong-gorong yang aman terhadap permukaan jalan minimum 60 cm.

2.12 Manajemen Proyek

Mendapatkan metode atau cara teknis yang paling baik agar dengan sumber-sumber daya yang terbatas diperoleh hasil maksimal dalam hal ketepatan, kecepatan, penghematan, dan keselamatan kerja secara komprehensif (Husen, 2010).

Manajemen proyek adalah ilmu manajemen, yaitu pengetahuan untuk mengelola suatu kegiatan, dalam hal ini kegiatan tersebut bersifat spesifik, yaitu berbentuk proyek. Manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. (Iman Soeharto, 1999)

2.12.1 Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut. Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat, dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada konstruksi yang sama akan berbeda-beda di masing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja. (Ibrahim, 2001:3)

Rencana anggaran biaya meliputi Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS), daftar harga satuan bahan dan upah, analisa satuan harga pekerjaan, perhitungan volume pekerjaan dan rekapitulasi biaya.

a. Rencana kerja dan syarat (RKS)

Penyusunan rencana kerja dan syarat (RKS) merupakan penjelasan tertulis perencanaan secara keseluruhan yang meliputi :

- 1) Keterangan mengenai pekerjaan
- 2) Keterangan mengenai pemberian tugas
- 3) Keterangan mengenai perancang
- 4) Keterangan mengenai pengawas bangunan

b. Daftar harga satuan bahan dan upah

Daftar satuan bahan dan upah adalah harga yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga, tempat proyek ini berada karena tidak setiap daerah memiliki standar yang sama. Penggunaan daftar upah ini juga merupakan pedoman untuk menghitung rancangan biaya pekerjaan dan upah yang dipakai kontraktor. Adapun harga satuan bahan dan upah adalah satuan harga yang termasuk pajak.

c. Analisa satuan harga pekerjaan

Harga satuan pekerjaan adalah harga suatu jenis pekerjaan tertentu per satuan tertentu, berdasarkan rincian metode pelaksanaan yang memuat jenis, kuantitas dan harga satuan dasar dari komponen tenaga kerja, bahan, dan peralatan yang diperlukan dimana di dalamnya sudah termasuk biaya umum dan keuntungan (Hamirhan Saodang, 2009:322).

Tujuan dari harga satuan harga ini agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat di dalam analisa satuan harga ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada, yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

d. Volume pekerjaan

Volume suatu pekerjaan ialah menghitung jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan (Ibrahim, 2001:23). Volume pekerjaan untuk setiap mata pembayaran disesuaikan dengan kebutuhan per proyek yang dicantumkan dalam daftar harga kuantitas dan harga (*Bill Of Quantities/BOQ*), (Hamirhan Saodang, 2009:322).

e. Rekapitulasi biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya.

2.12.2 Rencana Kerja (*Time Schedule*)

Time berarti waktu, *schedule* ialah memasukkan ke dalam daftar. *Time schedule* ialah waktu yang telah ditentukan. Jadi yang dimaksud dengan *time schedule* ialah, mengatur rencana kerja dari satu bagian atau unit pekerjaan. *Time schedule* meliputi kegiatan antara lain ialah kebutuhan tenaga kerja, kebutuhan bahan, kebutuhan waktu, dan kebutuhan transportasi/pengangkutan. Dari *time schedule*/rencana kerja, kita akan mendapatkan gambaran lama pekerjaan dapat diselesaikan, serta bagian-bagian pekerjaan yang saling terkait antara satu dan lainnya. (Ibrahim, 2001:242).

Perencanaan kerja proyek meliputi pembuatan *Network Planning* (NWP) untuk mengetahui hubungan antar pekerjaan pada proyek, pembuatan *barchart* untuk mengidentifikasi unsur waktu dan urutan pelaksanaan pekerjaan sehingga pengaturan pemakaian alat dan bahan antar pekerjaan tidak saling mengganggu dan kurva “S” untuk mengetahui bobot tiap

pekerjaan. Rencana kerja memberikan informasi pembagian waktu secara rinci untuk masing-masing bagian pekerjaan dari pekerjaan awal sampai pekerjaan akhir, jenis dari rencana kerja antara lain :

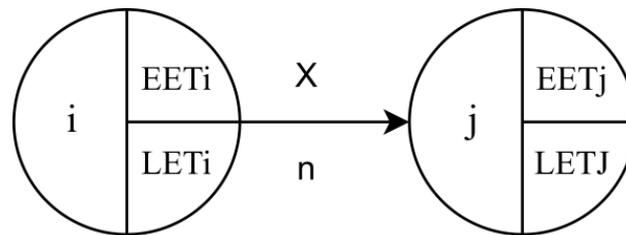
a. *Network Planning* (NWP)

Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram *network*, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus di dahulukan, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan lain atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ke tempat lain. Terdapat berbagai metode pada *network planning* ini, antara lain ialah *Critical Path Method* (CPM) dan *Precedence Diagram Method* (PDM).

1) CPM

Pada metode CPM dikenal adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek yang tercepat. Jadi, jalur kritis dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir proyek. Makna jalur kritis penting bagi pelaksana proyek, karena pada jalur ini terletak kegiatan-kegiatan yang bila pelaksanaannya terlambat akan menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan. (Iman Soeharto, 1999:254)

Metode ini menggunakan penaksiran secara estimasi waktu tunggal "*single time estimates*". Umumnya digunakan penaksiran berdasarkan waktu pelaksanaan pekerjaan yang pernah dilakukan. Untuk itu digunakan tanda-tanda dalam lingkaran kejadian sebagai berikut :



Keterangan :

i = Nomor dari lingkaran kejadian yang merupakan permulaan kegiatan X.

j = Nomor dari lingkaran kejadian yang merupakan ujung akhir dari kegiatan X.

EET = *Earliest Event Time* adalah waktu yang paling cepat, yaitu menjumlahkan durasi dari kejadian yang dimulai dari kejadian awal dilanjutkan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka yang terbesar.

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

Tujuan dari penganalisaan unsur waktu ialah untuk menentukan waktu pelaksanaan kegiatan, saat terjadinya tiap peristiwa, baik saat peristiwa paling cepat (EET) maupun saat terjadi paling lambat (LET). (Nurhayati Sembiring,2020:60).

X = Nama kegiatan

n = Waktu yang diperlukan untuk melaksanakan kegiatan.

2) PDM

Precedence Diagram Method atau metode preseden diagram adalah yang kerja yang termasuk klasifikasi AON. Di sini kegiatan dituliskan di dalam node yang umumnya berbentuk segi empat, sedangkan anak panah hanya sebagai petunjuk hubungan antara kegiatan-kegiatan yang bersangkutan.

