

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Perencanaan Geometrik Jalan

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas dan sebagai akses ke rumah-rumah. Dalam lingkup perencanaan geometrik tidak termasuk perencanaan tebal perkerasan jalan, walaupun dimensi dari perkerasan merupakan bagian dari perencanaan geometrik sebagai bagian dari perencanaan jalan seutuhnya. Demikian pula dengan drainase jalan. Jadi tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infra struktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan/biaya pelaksanaan. Ruang, bentuk, dan ukuran jalan dikatakan baik, jika dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pemakai jalan.

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

2.1.1 Data Lalu Lintas

Data lalu lintas merupakan dasar informasi yang dibutuhkan untuk perencanaan desain suatu jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan melalui jalan tersebut. Analisis data lalu lintas pada intinya dilakukan untuk menentukan kapasitas jalan, akan tetapi harus dilakukan bersamaan dengan perencanaan geometrik lainnya, karena saling memiliki keterkaitan satu dengan lainnya.

Data lalu lintas didapatkan dengan melakukan pendataan kendaraan yang melintasi suatu ruas jalan, sehingga dari hasil pendataan ini kita

dapat mengetahui volume lalu lintas yang melintasi jalan tersebut, namun data volume lalu lintas yang diperoleh dalam satuan kendaraan perjam (kend/ jam).

Volume lalu lintas dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp), volume lalu lintas dalam smp ini menunjukkan besarnya jumlah lalu lintas harian rata – rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut. Dari lalu lintas harian rata – rata yang kita dapat merencanakan tebal perkerasan.

Untuk perencanaan teknik jalan baru, survey lalu lintas tidak dapat dilakukan karena belum ada jalan. Akan tetapi untuk menentukan dimensi jalan tersebut diperlukan data jumlah kendaraan. Untuk hal itu yang harus dilakukan sebagai berikut :

- a. Survey perhitungan lalu lintas dilakukan pada jalan yang sudah ada, yang diperkirakan mempunyai bentuk, kondisi dan keadaan komposisi lalu lintas yang akan serupa dengan jalan yang direncanakan.
- b. Survey asal dan tujuan yang dilakukan pada lokasi yang dianggap tepat dengan cara melakukan wawancara dengan pengguna jalan untuk mendapatkan gambaran rencana jumlah dan komposisi kendaraan pada jalan yang direncanakan. (L. Hendrasin Shirley, 2000)

2.1.2 Data Peta Topografi

Topografi merupakan faktor penting dalam menentukan lokasi alam dan pada umumnya mempengaruhi alinyemen sebagai perencanaan geometrik. Untuk memperkecil biaya pembangunan maka dalam perencanaan geometrik perlu sekali disesuaikan dengan keadaan topografi.

Pengukuran peta topografi digunakan untuk mengumpulkan data topografi yang cukup guna menentukan kecepatan sesuai dengan daerahnya. Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan rencana dengan mengadakan tambahan dan pengukuran detail pada tempat yang memerlukan realinyemen dan tempat – tempat persilangan dengan sungai atau jalan, sehingga memungkinkan didapatkannya trase jalan yang sesuai dengan standar. Pekerjaan pengukuran ini terdiri dari beberapa kegiatan sebagai berikut :

1. Pekerjaan perintisan untuk pengukuran, dimana secara garis besar ditentukan kemungkinan rute alternative dan trase jalan.
2. Kegiatan pengukuran
Kegiatan pengukuran meliputi :
 - a. Penentuan titik kontrol vertikal dan horizontal yang dipasang setiap interval 100 meter pada rencana as jalan.
 - b. Pengukuran situasi selebar kiri dan kanan dari jala yang dimaksud dan disebutkan tata guna tanah disekitar trase jalan.
 - c. Pengukuran penampang melintang (*cross section*) dan penampang memanjang.
 - d. Perhitungan perencanaan detail jalan dan penggambaran peta topografi berdasarkan titik koordinat kontrol diatas.

2.1.3 Data Penyelidikan Tanah

Data penyelidikan tanah didapat dengan cara penyelidikan tanah. Penyelidikan tanah meliputi pekerjaan :

1. Penelitian terhadap semua data tanah yang ada, selanjutnya diadakan penyelidikan proyek jalan tersebut, dilakukan berdasarkan survey langsung di lapangan maupun dengan pemeriksaan di laboratorium. Pengambilan data CBR dilapangan dilakukan sepanjang ruas rencana, dengan interval 200 m dengan menggunakan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*). Hasil tes *Dynamic Cone Penetrometer* ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampakkan hasil nilai CBR di setiap titik lokasi. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu analitis dan grafis.

a. Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah :

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

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam suatu segmen.

(Sumber : Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1999)

Tabel 2.1 Nilai R untuk Perhitungan CBR Segmen

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

(Sumber : Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1999)

b. Cara Grafis

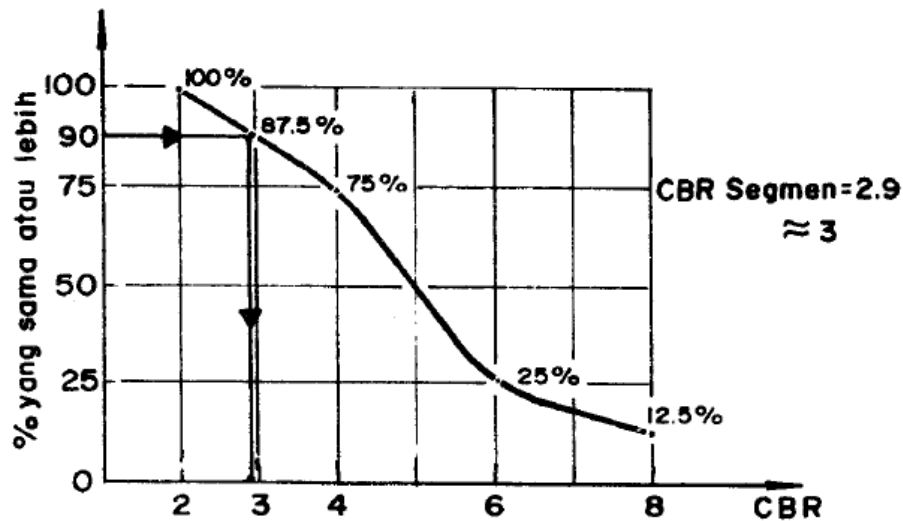
Prosedurnya adalah sebagai berikut :

- 1) Tentukan nilai CBR terendah.
- 2) Tentukan berapa banyak CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR kemudian disusun secara tabel, mulai dari CBR terkecil sampai yang besar.
- 3) Angka terbanyak diberi nilai 100 %, angka yang lain merupakan persentase dari 100 %.
- 4) Diberi grafik hubungan antara harga CBR dengan persentasi nilai tadi
- 5) Nilai CBR segmen adalah nilai pada keadaan 90 %.

Tabel 2.2 Contoh Tabulasi Nilai CBR

No.	CBR	Jumlah yang sama/ lebih besar	Persentase yang sama/ lebih besar (%)
1.	2	8	$(8/8) \times 100\% = 100\%$
2.	3	7	$(7/8) \times 100\% = 87,5\%$
3.	4	6	$(6/8) \times 100\% = 75\%$
4.	6	2	$(2/8) \times 100\% = 25\%$
5.	8	1	$(1/8) \times 100\% = 12,\%$

(Sumber : Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1999)



Gambar 2.1 Menentukan Nilai CBR segmen dengan Cara Grafis

(Sumber : Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1999)

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

1. Uji bahan konstruksi untuk mendapatkan :

a. Sifat-sifat indeks (*Indeks Properties*) G_s , W_n , J , e , n , S_r .

b. Klasifikasi (*Clasification of soil*) :

1) Analisa ukuran butir (*Gram Size Analysis*)

2) Analisa saringan (*Sieve Analysis*)

3) Hydrometer (*Hydrometer Analysis*)

4) Batas-batas Atterbeg (*Atterbeg Limits*)

- *Liquid Limit* (LL) = Batas cair

- *Plastic Limit* (PL) = Batas Plastis

$$IP = LL - PL \dots \dots \dots (2.2)$$

c. Pemadatan : γ_d maks dan W_{opt} .

- Pemadatan standar/ proctor.

- Pemadatan modifikasi.

- Dilapangan dicek dengan *sandcone* $\pm 93\%$ γ_d maks.

d. CBR Laboratorium (CBR rencana)

$$W_{et} = W_t / V_t \rightarrow \gamma_d \text{ wet} / (1+W) \dots\dots\dots (2. 3)$$

CBR lapangan : DCP \rightarrow CBR lapangan.

2.1.4 Data Penyelidikan Material

Data penyelidikan material diperoleh dengan melakukan penyelidikan material. Adapun pekerjaan-pekerjaan penyelidikan material meliputi :

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

Pengidentifikasian material secara visual yang dilakukan oleh teknisi tanah di lapangan hanya berdasarkan gradasi butiran dan karakteristik keplastisannya saja itu :

a. Tanah berbutir kasar

Tanah yang termasuk dalam kelompok ini adalah kerikil, pasir, dan dominan kerakal.

b. Tanah berbutir halus

Di lapangan tanah kelompok ini sudah untuk dibedakan secara visual antara lempung dan danau, kecuali dengan cara perkiraan karakteristik plastisnya. (Shirley L. Hendarsin, 2000).

2.2 Klasifikasi Jalan

Berdasarkan Buku Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (1997), klasifikasi jalan terbagi menjadi :

1. Klasifikasi jalan menurut fungsi jalan terbagi atas :

a. Jalan Arteri

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

c. Jalan Lokal

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

2. Klasifikasi jalan menurut kelas jalan terbagi atas :

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

Tabel 2.3 Klasifikasi Kelas Jalan dalam MST

No	Klasifikasi Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat/ MST (ton)
1	Arteri	I	> 10
		II	10
		III	8
2	Kolektor	III A	8
		III B	

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

- b. Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam **Tabel 2.4** (Pasal 11. PP. No.43/1993).

Tabel 2.4 Klasifikasi Kelas Jalan dalam LHR

No	Klasifikasi Fungsi	Kelas	Lalu Lintas Harian/ LHR (smp)
1	Jalan Arteri	I	> 20.000
2	Jalan Kolektor	II A	6.000 – 20.000
		II B	1.500 – 8.000
		II C	< 2.000
3	Jalan Lokal	III	-

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

3. Klasifikasi jalan menurut medan jalan terbagi atas :

- a. Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur.
- b. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam **Tabel 2.5**.

Tabel 2.5 Klasifikasi Medan dan Besarnya

No	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar (D)	D	< 3
2	Perbukitan (B)	B	3 – 2,5
3	Gunung (G)	G	> 25

(Sumber : Spesifikasi standar untuk perencanaan geometrik jalan luar kota, No : 13/TBM/1970)

- c. Keseragaman kondisi medan yang diproyeksikan harus mempertimbangkan keseragaman kondisi medan menurut rencana trase jalan dengan mengabaikan perubahan–perubahan pada bagian kecil dari segmen rencana jalan tersebut.

4. Klasifikasi jalan menurut medan jalan terbagi atas :

Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaannya sesuai PP. No.26/1985 adalah jalan Nasional, jalan Provinsi, jalan Kabupaten/ Kotamadya, jalan Desa dan jalan Khusus.

2.3 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

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

Berikut ini adalah parameter yang digunakan dalam perencanaan geometrik jalan raya yaitu:

2.3.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Dilihat dari bentuk, ukuran,

dan daya dari kendaraan-kendaraan yang mempergunakan jalan, kendaraan-kendaraan tersebut umumnya dikelompokkan menjadi beberapa macam, seperti mobil penumpang, bus/truk, semi trailer dan trailer. Kendaraan rencana dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:

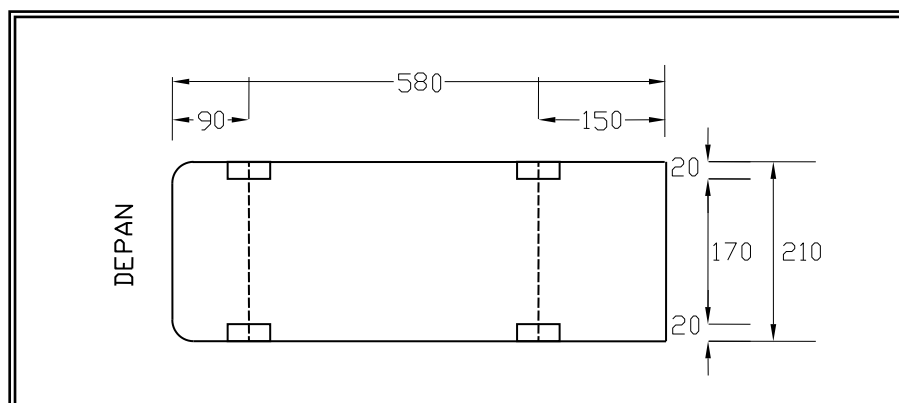
- Kendaraan kecil diwakili oleh mobil penumpang.
- Kendaraan sedang diwakili oleh truk tiga as tandem atau oleh bus besar dua as.
- Kendaraan besar diwakili truk semi-trailer.

Dimensi dasar untuk masing-masing kategori kendaraan rencana ditunjukkan dalam **Tabel 2.6 Gambar 2.2 s.d. Gambar 2.4** menampilkan sketsa dimensi kendaraan rencana tersebut.

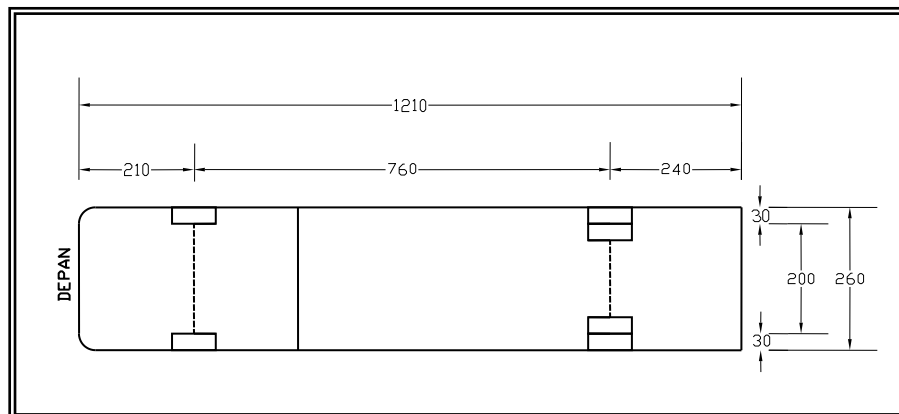
Tabel 2.6 Dimensi Kendaraan Rencana

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

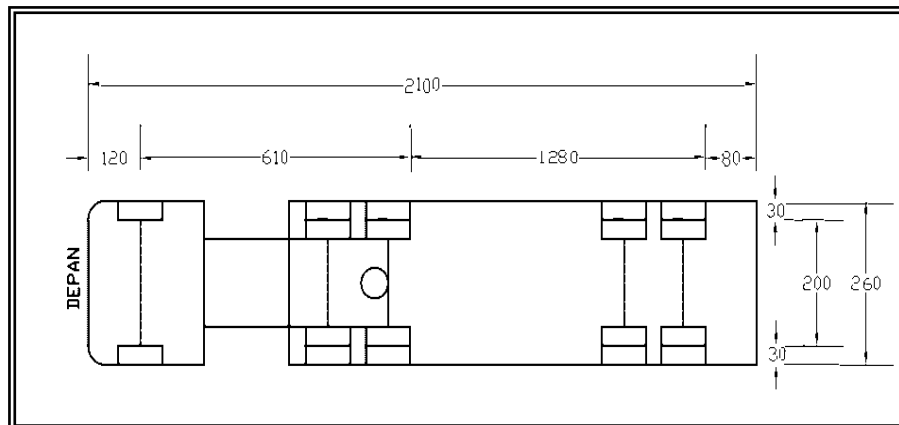
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)



Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Besar

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

2.3.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan pada suatu ruas jalan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang dan lain-lain. Kecepatan yang dipilih tersebut adalah kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya dari bentuk jalan. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kecepatan rencana antara lain:

- a. Kondisi pengemudi dan kendaraan yang bersangkutan.
- b. Sifat fisik jalan dan keadaan medan sekitarnya.
- c. Sifat dan penggunaan daerah.

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

Kecepatan rencana inilah yang dipergunakan untuk dasar perencanaan geometrik (alinyemen). Kecepatan rencana dari masing–masing kendaraan dapat ditetapkan pada **Tabel 2.7**.

Tabel 2.7 Kecepatan Rencana (VR) Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Kelas Jalan

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

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

2.3.3 Volume Lalu Lintas Rencana

Volume lalu lintas harian rata-rata (VLHR) adalah perkiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam SMP/hari.

1. Satuan mobil penumpang (SMP)

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

Tabel 2.8 Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Jenis Kendaraan	Nilai SMP
Sepeda	0,5
Mobil Penumpang/Sepeda Motor	1,0
Truk Ringan (< 5 ton)	2,0
Truk Sedang (> 5 ton)	2,5
Truk Berat (> 10 ton)	3,0
Bus	3,0
Kendaraan Tak Bermotor	7,0

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

2. Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP)

Faktor konversi sebagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalu lintas (emp mobil penumpang = 1,0)

Tabel 2.9 Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP)

No	Jenis Kendaraan	Datar/Bukit	Gunung
1.	Sedan, Jeep Station wagon	1,0	1,0
2.	Pick up, Bus kecil, 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 No. 038/TBM/1997)

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

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

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

$$\text{LHRT} = \frac{\text{jumlah lalu lintas dalam satu tahun}}{365 \text{ hari}} \dots\dots\dots (2.4)$$

b. Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)

Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan.

$$\text{LHR} = \frac{\text{jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{lama pengamatan}} \dots\dots\dots (2.5)$$

(Silvia Sukirman, 1999)

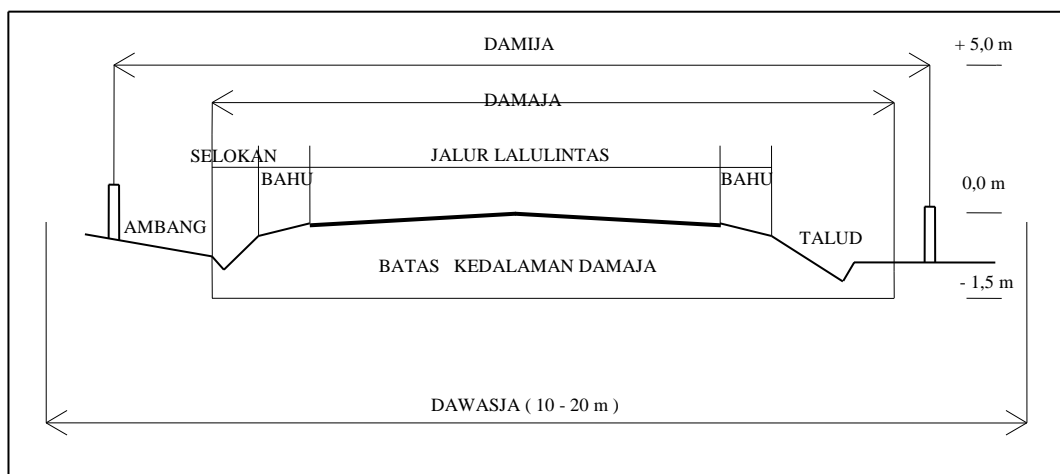
2.3.4 Bagian – Bagian Jalan

Suatu jalan raya terdiri dari bagian–bagian jalan, dimana bagian–bagian jalan tersebut, dibedakan berdasarkan :

1. Daerah Manfaat Jalan (DAMAJA)

- a. Lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan di kedua sisi jalan,
- b. Tinggi 5 meter di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan

- c. Kedalaman ruang bebas 1,5 meter di bawah muka jalan.
2. Daerah Milik Jalan (DAMIJA)
- Ruang Daerah Milik Jalan dibatasi oleh lebar yang sama dengan Damaja ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1.5 meter.
3. Daerah Pengawasan Jalan (DAWASJA)
- a. Ruang Daerah Pengawasan Jalan adalah ruang sepanjang jalan di luar Damaja yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu, diukur dari sumbu jalan sebagai berikut:
- Jalan Arteri minimum 20 meter.
 - Jalan Kolektor minimum 15 meter.
 - Jalan Lokal minimum 10 meter.
- b. Untuk keselamatan pemakai jalan, Dawasja di daerah tikungan ditentukan oleh jarak pandang bebas.



Gambar 2.5 Damaja, Damija dan Dawasja Di Lingkungan Jalan Antar Kota

2.4 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal juga dikenal dengan nama "situasi jalan". Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah

busur peralihan, busur peralihan saja atau busur lingkaran saja. (Silvia Sukirman, 1999)

Ditinjau secara umum penempatan alinyemen horizontal harus dapat menjamin keselamatan dan kenyamanan bagi pengguna jalan. Untuk itu perlu diperhatikan hal-hal berikut:

1. Sedapat mungkin menghindari *broken back*, artinya tikungan searah yang hanya dipisahkan oleh tangen yang sangat pendek yang dapat mengurangi keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan.
2. Pada bagian yang relatif lurus dan panjang jangan tiba-tiba terdapat tikungan yang tajam yang dapat membahayakan pengemudi.
3. Kalau tidak terpaksa jangan menggunakan radius minimum sebab jalan tersebut akan sulit mengikuti perkembangan yang akan terjadi dimasa yang akan datang.
4. Apabila terpaksa menghadapi tikungan ganda maka dalam perencanaan harus diusahakan agar jari-jari (R_1) lebih kecil atau sama dengan jari-jari lengkung kedua (R_2) x 1,5.
5. Hindari sedapat mungkin lengkung yang terbalik dengan mendadak.
6. Hindarkan lengkung yang tajam pada timbunan yang tinggi.

2.4.1 Penentuan Trase Jalan

Dalam pembuatan jalan harus ditentukan juga trase jalan yang harus ditetapkan sedemikian rupa, agar dapat memberikan pelayanan yang baik sesuai dengan fungsinya serta keamanan dan kenyamanan pemakainya. Untuk membuat trase jalan yang baik dan ideal maka harus memenuhi syarat-syarat berikut ini :

1. Syarat ekonomis

Di dalam perencanaan yang menyangkut syarat-syarat ekonomis sebagai berikut:

- a. Penarikan trase jalan yang tidak terlalu banyak memotong kontur, sehingga tidak memakan biaya yang banyak dalam pelaksanaan pekerjaan galian dan timbunan nantinya.
- b. Penyediaan material dan tenaga kerja yang diharapkan tidak terlalu jauh dari lokasi proyek, sehingga dapat menekan biaya.

2. Syarat teknis

Tujuan dari syarat teknis ini adalah untuk mendapatkan jalan yang memberikan rasa keamanan dan kenyamanan bagi pemakai jalan tersebut, oleh karena itu, perlu diperhatikan keadaan topografi daerah tersebut, sehingga dapat dicapai perencanaan yang baik sesuai dengan keadaan daerah setempat.

2.4.2 Bagian Lurus

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pengguna jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit (sesuai VR). Nilai panjang bagian lurus maksimum dapat dilihat pada **Tabel 2.10**.

Tabel 2.10 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi Jalan	Panjang Bagian Lurus Maksimum		
	Datar (m)	Bukit (m)	Gunung (m)
Arteri	3000	2500	2000
Kolektor	2000	1750	1500

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

2.4.3 Tikungan

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

1. Jari-jari Minimum

Agar kendaraan stabil pada saat melalui tikungan, perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi. Pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi, akan terjadi gesekan arah melintang jalan antara ban kendaraan dengan permukaan aspal yang menimbulkan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang.

Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu ditentukan jari-jari minimum untuk superelevasi maksimum dapat dilihat pada **Tabel 2.11**.

Tabel 2.11 Panjang Jari-jari Minimum untuk $e_{maks} = 10\%$

VR (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Rmin (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

2. Tikungan

Didalam suatu perencanaan garis lengkung maka perlu diketahui hubungan kecepatan rencana dengan kemiringan melintang jalan (superelevasi) karena garis lengkung yang direncanakan garis dapat mengurangi gaya sentrifugal secara berangsur-angsur mulai dari nol sampai nol kembali. Bentuk tikungan dalam perencanaan tersebut adalah:

a. Tikungan *Full Circle* (FC)

Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan yang mempunyai jari-jari besar dan sudut tangan relatif kecil atas dasar ini maka perencanaan tikungan dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan raya, dalam merencanakan tikungan harus memperhatikan hal-hal berikut:

1) Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan adalah lengkung yang disisipkan di antara bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan berjari-jari tetap R, yang berfungsi mengantisipasi perubahan alinyemen jalan dari bentuk lurus (R tak terhingga) sampai bagian lengkung jalan berjari-jari tetap R sehingga gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan saat berjalan di tikungan yang berubah secara berangsur-angsur, baik ketika kendaraan mendekati tikungan maupun meninggalkan tikungan. Bentuk lengkung peralihan dapat berupa parabola atau spiral (*clothoid*). Panjang lengkung peralihan ditetapkan atas pertimbangan bahwa :

- a. Lama waktu perjalanan di lengkung peralihan perlu dibatasi untuk menghindarkan kesan perubahan alinyemen yang mendadak, ditetapkan 3 detik (pada kecepatan Vr).
- b. Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan dapat diantisipasi berangsur-angsur pada lengkung peralihan dengan aman.
- c. Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan dari bentuk kelandaian normal kelandaian superelevasi penuh tidak boleh melampaui re-maks yang ditetapkan sebagai berikut:
Untuk $V_r \leq 70$ km/jam, re-maks = 0.035 m/m/detik
Untuk $V_r \leq 80$ km/jam, re-maks = 0.025 m/m/detik
- d. Ls ditentukan dari 3 rumus dibawah ini dan diambil nilai yang terbesar:

Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} \times T \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

T = waktu tempuh pada lengkung peralihan, ditetapkan 3 menit

V_R = kecepatan rencana (km/jam)

- e. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_s = 0.022 \frac{V_R}{R_c \cdot C} - 2.727 \frac{V_R \cdot e}{C} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

R_c = jari-jari busur lingkaran

C = perubahan kecepatan, 0.3–1.0 m/dt³ (disarankan 0.4 m/dt³)

- f. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s = \frac{e_m - e_n}{3,6 \cdot \Gamma_e} \times V_R \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana:

V_R = kecepatan rencana (km/jam)

e_m = superelevasi maksimum

e_n = superelevasi normal

Γe = tingkat perubahan kemiringan melintang

2) Kemiringan Melintang

Kemiringan melintang atau kelandaian pada penampang jalan diantara tepi perkerasan luar dan sumbu jalan sepanjang lengkung peralihan disebut kelandaian relatif. Pencapaian tikungan dengan *full circle* untuk dapat menggambarkan pencapaian kemiringan dari lereng normal ke kemiringan penuh, kita harus hitung dulu lengkung peralihan fiktif (Ls'). Adapun Ls' dihitung berdasarkan landai relatif maksimum, dan Ls' dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Ls' = (e + e_n) \cdot B \cdot 1/m \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana:

$1/m$ = landai relatif (%)

e = superelevasi (m/m')

e_n = kemiringan melintang normal (m/m')

B = lebar jalur (m)

3) Kebebasan Samping

Daerah bebas samping tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandangan pengemudi dari halangan benda-benda di sisi jalan (kebebasan samping). Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan objek-objek penghalang sejauh M (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai objek penghalang pandangan sehingga persyaratan J_h terpenuhi. Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

4) Berdasarkan jarak pandang henti

$$M = R (1 - \cos \theta) \dots \dots \dots (2.10)$$

5) Berdasarkan jarak pandang mendahului

$$M = R (1 - \cos \theta) + \frac{1}{2} (S - L) \sin \theta \dots\dots\dots (2. 11)$$

Dimana :

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

Θ = setengah sudut pusat sepanjang L, (°)

R = radius sumbu lajur sebelah dalam, (m)

S = jarak pandangan, (m)

L = panjang tikungan, (m)

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

Adapun batasan dimana diperbolehkan menggunakan *full circle* adalah sebagai berikut sesuai **Tabel 2.12**.

Tabel 2.12 Jari-Jari yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

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

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

Untuk tikungan yang jari-jarinya lebih kecil dari angka diatas maka bentuk tikungan yang dipakai adalah *Spiral Circle Spiral*.

Adapun rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *full circle*, yaitu :

$$T = R \tan \frac{\Delta}{2} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$E = T \tan \frac{\Delta}{4} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$Lc = \frac{\Delta}{180} \pi R \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana:

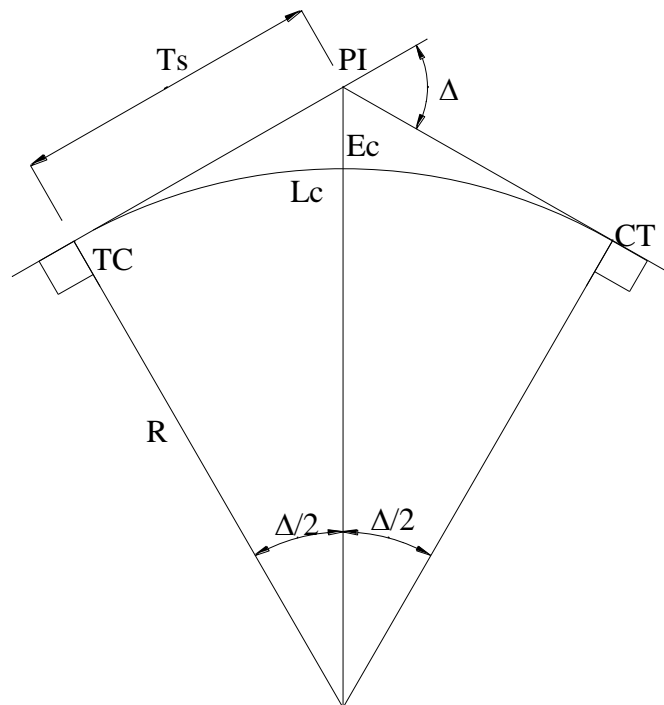
Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen

Tc = Jarak Tc ke PI

R = Jari-jari

Ec = Jarak PI ke busur lingkaran

- L_c = Panjang busur lingkaran
 L_s = Lengkung peralihan fiktif
 D = Derajat lengkung
 V = Kecepatan
 B = Lebar jalan
 C = Perubahan percepatan
 F_m = Koefisien gesekan melintang = $0,19 - 0,000625 V$
 m = Landai relatif = $2.V + 40$



Gambar 2.6 Bentuk Tikungan *Full Circle*

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

b. Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)

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

Adapun jari-jari yang diambil untuk tikungan *spiral-circle-spiral* ini haruslah sesuai dengan kecepatan dan tidak mengakibatkan adanya kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang ditentukan, yaitu:

- a. Kemiringan maksimum antar jalan kota : 0,10
- b. Kemiringan maksimum jalan dalam kota : 0,08

Adapun rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *spiral-circle-spiral*, yaitu:

$$2 \theta_s = \frac{L_s}{2\pi R} \times 360 \dots \dots \dots (2.15)$$

$$\Delta_c = \Delta - 2 \theta_s \dots \dots \dots (2.16)$$

$$L_c = \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times R \dots \dots \dots (2.17)$$

$$Y_c = \frac{L_s^2}{6R} \dots \dots \dots (2.18)$$

$$X_c = L_s - \frac{L_s^2}{40 \times R^2} \dots \dots \dots (2.19)$$

$$p = Y_c - R (1 - \cos \theta_s) \dots \dots \dots (2.20)$$

$$k = X_c - R \sin \theta_s \dots \dots \dots (2.21)$$

$$T_s = (R + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + K \dots \dots \dots (2.22)$$

$$E_s = (R + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - R \dots \dots \dots (2.23)$$

Dimana:

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen

T_s = Titik perubahan dari tangen ke spiral

R = Jari-jari

E_s = Jarak PI ke busur lingkaran

L_c = Panjang busur lingkaran

L_s = Lengkung peralihan fiktif

D = Derajat lengkung

V = Kecepatan

B = Lebar jalan

C = Perubahan percepatan

Fm = Koefisien gesekan melintang = $0,19 - 0,000625 V$

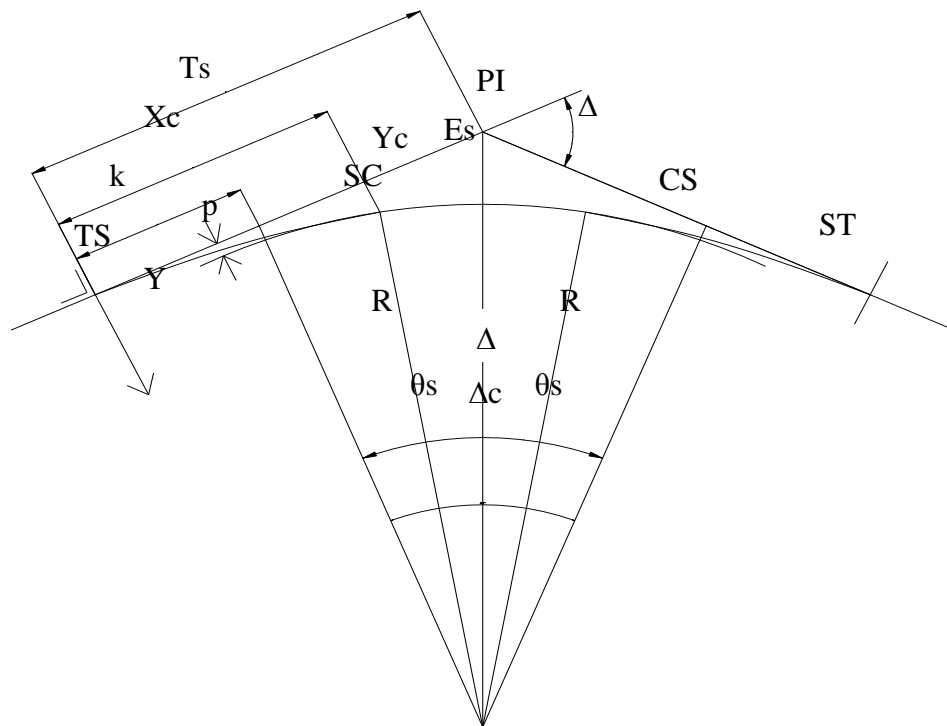
m = Landai relatif = $2.V + 40$

Kontrol :

$L_c > 25 \text{ m}$

$L > 2 T_s$

Jika $L < 25 \text{ m}$, gunakan jenis tikungan *spiral-spiral*



Gambar 2.7 Bentuk Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

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

c. Tikungan *Spiral-Spiral* (SS)

Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan yang tajam. Adapun rumus-rumus yang digunakan pada tikungan spiral-spiral, yaitu:

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta \dots \dots \dots (2.24)$$

$$L_s = \frac{2\pi R}{360} \times 2 \times \theta_s \dots \dots \dots$$

(2.25)

$$p = p' \times L_s \dots \dots \dots (2.26)$$

$$k = k' \times L_s \dots\dots\dots (2.27)$$

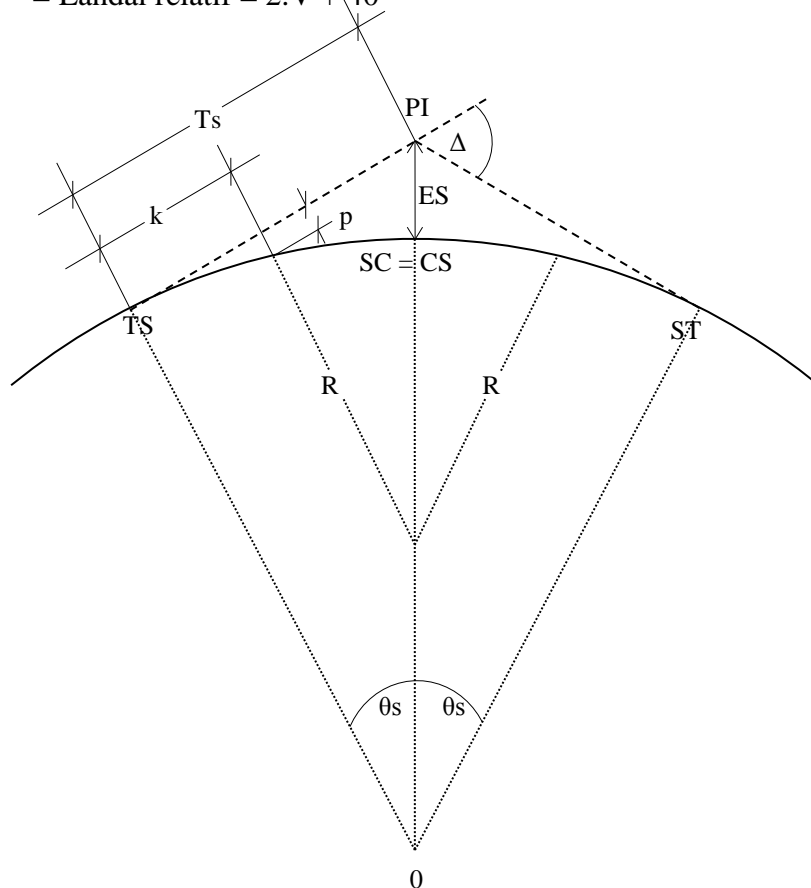
$$T_s = (R + p) \tan \frac{\Delta}{2} + k \dots\dots\dots (2.28)$$

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

$$L_{tot} = 2 \times L_s \dots\dots\dots (2.30)$$

Dimana :

- Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen
- T_s = Titik perubahan dari tangen ke spiral
- R = Jari-jari
- E_s = Jarak PI ke busur lingkaran
- L_c = Panjang busur lingkaran
- L_s' = Lengkung peralihan fiktif
- D = Derajat lengkung
- V = Kecepatan
- B = Lebar jalan
- C = Perubahan percepatan
- F_m = Koefisien gesekan melintang = $0,19 - 0,000625 V$
- m = Landai relatif = $2.V + 40$



Gambar 2.8 Bentuk Tikungan *Spiral-Spiral*

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

2.4.4 Superelevasi

Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan-kemiringan jalan pada bagian tertentu, yang berfungsi untuk mempermudah dalam pekerjaannya atau pelaksanaannya dilapangan.

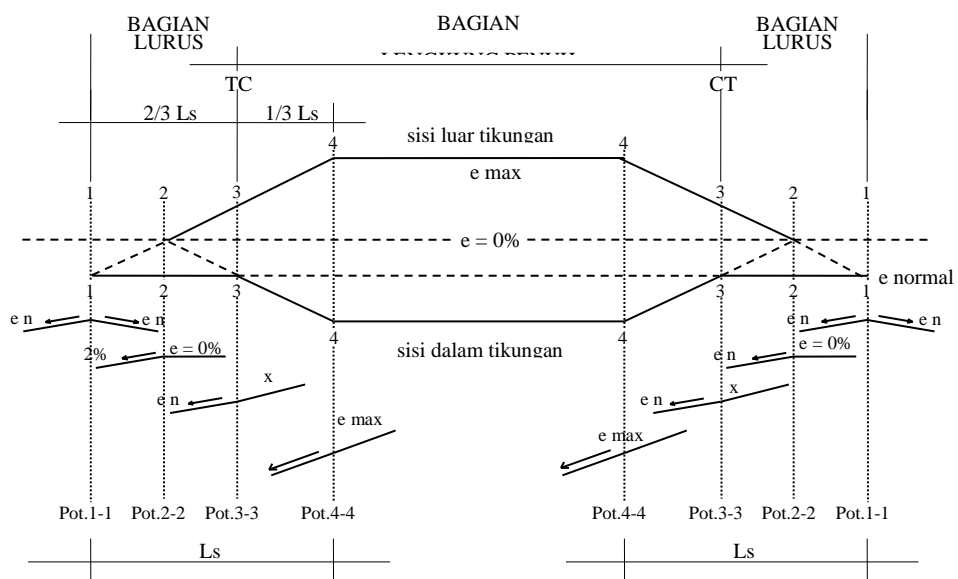
1. Pencapaian Superelevasi

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

- a. 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.
- b. Pada bagian *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.
- c. Pada tikungan *spiral-spiral*, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.
- d. Superelevasi tidak diperlukan jika radius cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LN) atau bahkan tetap lereng normal (LN).

2. Diagram Superelevasi

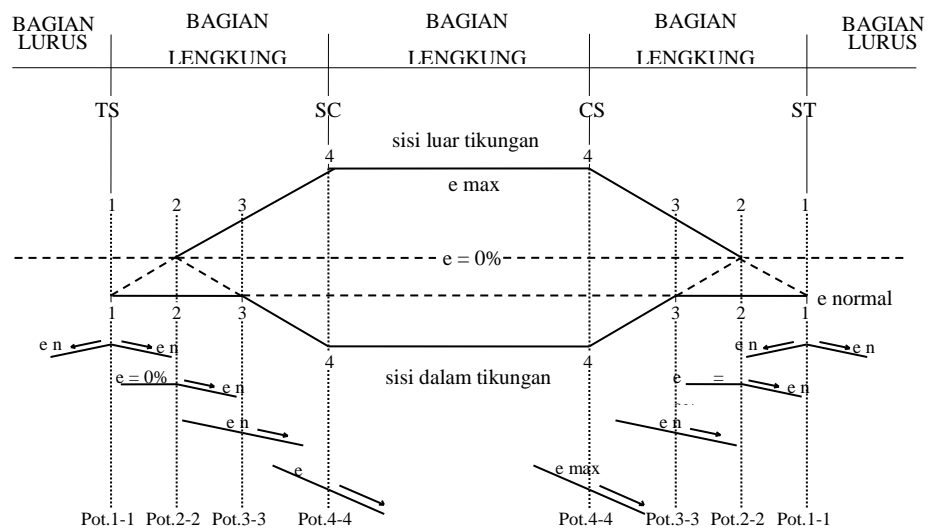
a. Tikungan *Full Circle* (FC)



Gambar 2.9 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Full Circle*

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

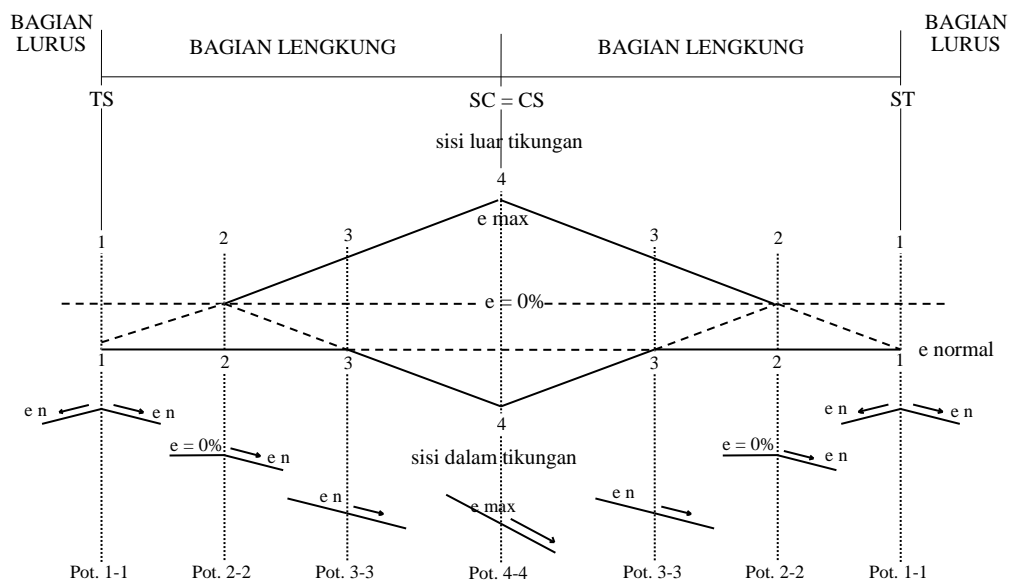
b. Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)



Gambar 2.10 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

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

c. Tikungan *Spiral-Spiral* (SS)



Gambar 2.11 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Spiral*

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

2.4.5 Pelebaran Perkerasan 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.

Penentuan lebar pelebaran jalur lalu lintas di tikungan ditinjau dari elemen-elemen ; keluar jalur (*off tracking*) dan kesukaran dalam mengemudi di tikungan.

Tabel 2.13 Pelebaran di Tikungan per Lajur (m) untuk Lebar Jalur 2 x (B) m, 2
Arah atau 1 Arah

R (m)	Kecepatan Rencana, VR (km/jam)														
	50		60		70		80		90		100		110		120
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	2
1500	0.3	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.5	0.0	0.6	0.0	0.1
1000	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.1	0.5	0.1	0.5	0.1	0.5	0.1	0.6	0.2	0.2
750	0.6	0.0	0.6	0.0	0.7	0.1	0.7	0.1	0.7	0.1	0.8	0.2	0.8	0.3	0.3
500	0.8	0.2	0.9	0.3	0.9	0.3	1.0	0.4	1.0	0.4	1.1	0.5	1.0	0.5	
400	0.9	0.3	0.9	0.3	1.0	0.4	1.0	0.4	1.1	0.5	1.1	0.5			
300	0.9	0.3	1.0	0.4	1.0	0.4	1.1	0.5		0.5					
250	1.0	0.4	1.1	0.5	1.1	0.5	1.2	0.6							
200	1.2	0.6	1.3	0.7	1.3	0.8	1.4								
150	1.3	0.7	1.4	0.8											
140	1.3	0.7	1.4	0.8											
130	1.3	0.7	1.4	0.8					Keterangan : Kolom 1, untuk (B) = 3,00 m Kolom 2, untuk (B) = 3,50 m						
120	1.3	0.7	1.4	0.8											
110	1.3	0.7	1.4	0.8											
100	1.4	0.8													
90	1.4	0.8													
80	1.6	1.0													
70	1.7	1.0													

(Sumber: Perencanaan Teknik Jalan Raya, Shirley L. Hendarsin, 2000)

2.4.6 Jarak Pandang

Jarak pandang adalah 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. (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

Panjang jalan didepan yang masih dapat dilihat dengan jelas diukur dari titik kedudukan pengemudi, disebut dengan jarak pandang. Jarak pandang berguna untuk:

- a. Menghindari terjadinya tabrakan yang dapat membahayakan kendaraan dan manusia akibat adanya benda yang berukuran cukup besar, kendaraan yang sedang berhenti, pejalan kaki atau hewan-hewan yang berada di jalur jalan.
- b. Memberi kemungkinan untuk mendahului kendaraan lain yang bergerak dengan kecepatan lebih rendah dengan mempergunakan lajur sebelahnya.
- c. Menambah efisiensi jalan tersebut, sehingga volume pelayanan dapat dicapai semaksimal mungkin.
- d. Sebagai pedoman pengatur lalu lintas yang diperlukan pada setiap segmen jalan. (Silvia Sukirman, 1999)

Syarat jarak pandang yang diperlukan dalam suatu perencanaan jalan raya untuk mendapatkan keamanan setinggi-tingginya bagi lalu lintas adalah sebagai berikut:

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 15 cm diukur dari permukaan jalan. (Shirley L.Hendarsin, 2000)

Adapun jarak panjang henti terdiri atas 2 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.

$$d_1 = V \times t \dots\dots\dots (2.31)$$

Dimana:

d_1 = jarak dari saat melihat rintangan sampai menginjak pedal rem (m)

V = kecepatan (km/jam)

t = waktu reaksi = 2,5 detik

maka :

$$d1 = 0,278 V \times t \text{ (m)} \dots\dots\dots (2.32)$$

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, besar yang diperlukan dilihat pada **Tabel 2.14**.

Tabel 2.14 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 No. 038/BM/1997)

2. Jarak Pandang Mendahului (Jd)

Yaitu jarak yang dibutuhkan pengemudi sehingga dapat melakukan gerakan mendahului dengan aman dan dapat melihat kendaraan dari arah depan dengan bebas dinamakan jarak pandangan mendahului.

Jarak pandang mendahului (Jd) standar dihitung berdasarkan panjang jalan yang diperlukan untuk dapat melakukan gerakan mendahului suatu kendaraan dengan sempurna dan aman berdasarkan asumsi yang diambil. Apabila dalam suatu kesempatan dapat mendahului dua kendaraan sekaligus, hal itu tidaklah merupakan dasar dari perencanaan suatu jarak pandangan mendahului total.

Jarak pandangan mendahului (Jd) standar pada jalan dua lajur dua arah dihitung berdasarkan beberapa asumsi terhadap sifat arus lalu lintas yaitu:

- a. Kendaraan yang akan didahului harus mempunyai kecepatan yang tetap.
- b. Sebelum melakukan gerakan mendahului, kendaraan harus mengurangi kecepatan.
- c. Mengikuti kendaraan yang akan disiap dengan kecepatan yang sama.
- d. Apabila kendaraan sudah berada pada lajur untuk mendahului, maka pengemudi harus mempunyai waktu untuk menentukan apakah gerakan mendahului dapat diteruskan atau tidak.

- e. Kecepatan kendaraan yang mendahului mempunyai perbedaan sekitar 15 km/jam dengan kecepatan kendaraan yang didahului pada waktu melakukan gerakan mendahului.
- f. Pada saat kendaraan yang mendahului telah berada kembali pada lajur jalannya, maka harus tersedia cukup jarak dengan kendaraan yang bergerak dari arah yang berlawanan.
- g. Tinggi mata pengemudi diukur dari permukaan perkerasan menurut Bina Marga (TPGJAK 1997) sama dengan tinggi objek yaitu 105 cm.
- h. Kendaraan yang bergerak dari arah yang berlawanan mempunyai kecepatan yang sama dengan kendaraan yang mendahului.

Adapun estimasi jarak pandangan mendahului diformulasikan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Jd = d1 + d2 + d3 + d4 \dots\dots\dots (2.33)$$

Dimana :

$d1$ = jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m)

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

$d3$ = jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m)

$d4$ = jarak yang ditempuh oleh kendaraan datang dari arah berlawanan (m)

Adapun rumusan estimasi $d1$, $d2$, $d3$, dan $d4$ adalah sebagai berikut:

$$d1 = 0,278 T1 \times VR - m + \frac{aT1}{2} \dots\dots\dots (2.34)$$

$$d2 = 0,278 VR T2 \dots\dots\dots (2.35)$$

$$d3 = \text{antara } 30 - 100 \text{ m} \dots\dots\dots (2.36)$$

$$d4 = 2/3.d2 \dots\dots\dots (2.37)$$

Dimana:

$T1$ = waktu dalam (detik), = $2,12 + 0,026 VR$

$T2$ = waktu kendaraan berada di jalur lawan,(detik), = $6,56 + 0,048VR$

a = percepatan rata-rata, (km/jam/detik), = $2,052 + 0,0036 VR$

m = perbedaan kecepatan dari kendaraan yang mendahului dan kendaraan yang didahului, (biasanya diambil 10 – 15 km/jam).

(Sumber: Shirley L. Hendarsin, Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)

Nilai jarak pandang mendahului untuk jalan antar kota menurut kecepatan rencana yang dipilih, disajikan pada **Tabel 2.15** sedangkan untuk jalan perkotaan disajikan pada **Tabel 2.16**

Tabel 2.15 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

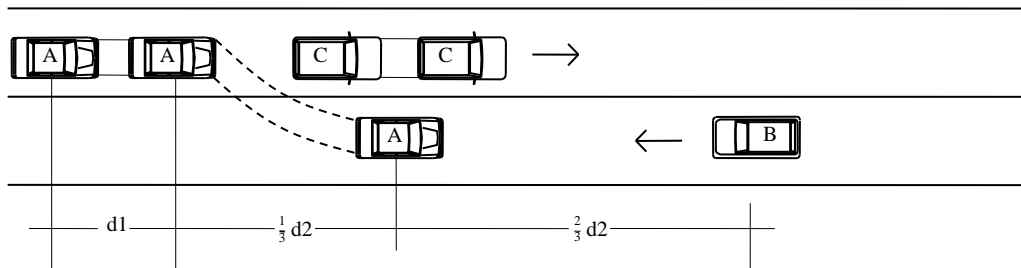
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

Tabel 2.16 Jarak Kendaraan Mendahului dengan Kendaraan Datang

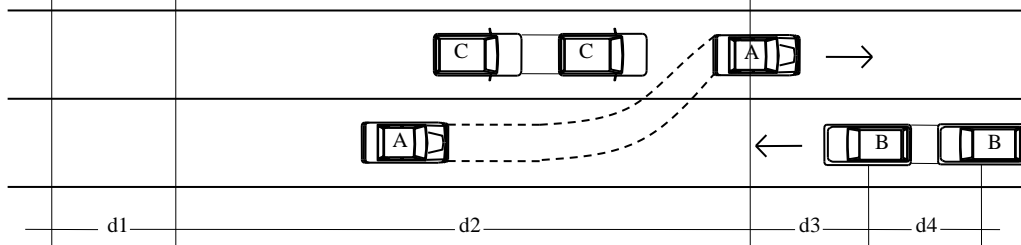
VR(km/jam)	50-65	65-80	80-95	95-110
Jh minimum (m)	30	55	75	90

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

TAHAP PERTAMA



TAHAP KEDUA



Keterangan :
 A = Kendaraan yang mendahului
 B = Kendaraan yang berlawanan arah
 C = Kendaraan yang didahului kendaraan A

Gambar 2.12 Proses Pergerakan Mendahului Untuk Jarak Pandang Mendahului
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

2.4.7 Stationing

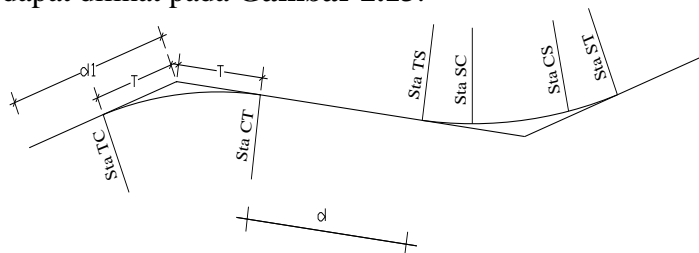
Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (STA jalan) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang dibicarakan, selanjutnya menjadi panduan untuk lokasi suatu tempat. Nomor jalan ini sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Disamping itu dari penomoran jalan tersebut diperoleh informasi tentang panjang jalan secara keseluruhan. Setiap STA jalan dilengkapi dengan gambar potongan melintangnya.

Adapun interval untuk masing-masing penomoran jika tidak adanya perubahan arah tangen pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal adalah sebagai berikut :

- Setiap 100 m, untuk daerah datar
- Setiap 50 m, untuk daerah bukit
- Setiap 25 m, untuk daerah gunung

Nomor jalan (STA jalan) ini sama fungsinya dengan patok-patok km disepanjang jalan, namun juga terdapat perbedaannya antara lain :

- Patok km merupakan petunjuk jarak yang diukur dari patok km 0, yang umumnya terletak di ibukota provinsi atau kotamadya, sedangkan patok STA merupakan petunjuk jarak yang diukur dari awal sampai akhir pekerjaan.
- Patok km berupa patok permanen yang dipasang dengan ukuran standar yang berlaku, sedangkan patok STA merupakan patok sementara selama masa pelaksanaan proyek jalan tersebut. Sistem penomoran jalan pada tikungan dapat dilihat pada **Gambar 2.13**.



80	630	460	360	270	230	230	200
60	320	210	160	120	110	90	80

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

2.5.2 Lengkung Vertikal

1. Lengkung vertikal harus disediakan pada setiap lokasi yang mengalami perubahan kelandaian dengan tujuan :
 - a. Mengurangi guncangan akibat perubahan kelandaian.
 - b. Menyediakan jarak pandang henti.
2. Panjang lengkung vertikal bisa ditentukan langsung sesuai **Tabel 2.19** yang didasarkan pada penampilan, kenyamanan, dan jarak pandang.

Tabel 2.19 Panjang 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 No. 038/TBM/1997)

Adapun Rumus – rumus yang digunakan dalam lengkung vertikal :

$$g = \frac{(\text{elevasi awal} - \text{elevasi akhir})}{(\text{STA awal} - \text{STA akhir})} \times 100\% \dots\dots\dots (2.38)$$

$$A = g1 - g2 \dots\dots\dots (2.39)$$

$$Jh = \frac{Vr}{3} \cdot 6 T + \frac{\left(\frac{Vr}{3} \cdot 6\right)^2}{2 \cdot g \cdot f} \dots\dots\dots (2.40)$$

$$Ev = \frac{A \cdot Lv}{800} \dots\dots\dots (2.41)$$

$$X = \frac{Lv \cdot g1}{A} \dots\dots\dots (2.42)$$

$$y = \frac{A \times \left(\frac{1}{4 Lv}\right)^2}{200 \cdot Lv} \dots\dots\dots (2.43)$$

Panjang Lengkung Vertikal (Lv)

a) Syarat keluwesan bentuk

$$Lv = 0,6 \times V \dots\dots\dots (2.44)$$

b) Syarat drainase

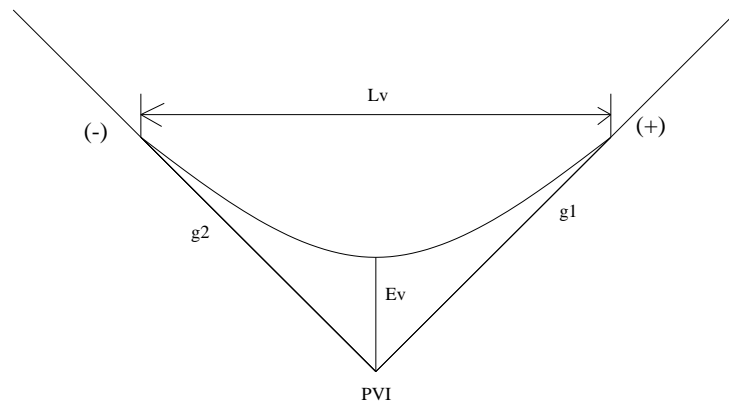
$$L_v = 40 \times A \dots\dots\dots (2.45)$$

c) Syarat kenyamanan

$$E_v = \frac{A \times v}{360} \dots\dots\dots (2.46)$$

1) Lengkung Vertikal Cekung

Adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada diatas permukaan jalan.

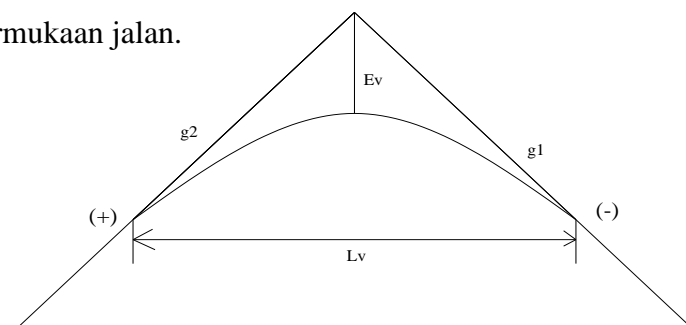


Gambar 2.14 Lengkung Vertikal Cekung

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

2) Lengkung Vertikal Cembung

Adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada diatas permukaan jalan.



Gambar 2.15 Lengkung Vertikal Cembung

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

Keterangan :

PLV = titik awal lengkung parabola.

PPV = titik perpotongan kelandaian g_1 dan g_2 .

PTV = titik akhir lengkung parabola.

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

Δ = perbedaan aljabar landai ($g_1 - g_2$) %.

EV = pergeseran vertikal titik tengah busur lingkaran (PV1 - m) meter.

L_v = Panjang lengkung vertical.

V = kecepatan rencana (km/jam).

J_h = jarak pandang henti.

f = koefisien gesek memanjang menurut Bina Marga, $f = 0,35$

2.6 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, antara lain :

- a. Penentuan *stationing* (jarak patok) sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase jalan).
- b. Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan beda tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.
- c. Gambar potongan melintang (*cross section*) pada titik *stationing*, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan.
- d. Hitung volume galian dan timbunan dengan mengalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.

2.7 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan adalah lapisan atas badan jalan yang menggunakan bahan-bahan khusus yang secara konstruktif lebih baik dari pada tanah dasar. Perkerasan jalan berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti.

Secara umum perkerasan jalan mempunyai persyaratan yaitu kuat, awet, kedap air, rata, tidak licin, murah dan mudah dikerjakan. Oleh karena itu bahan

perkerasan jalan yang paling cocok adalah pasir, kerikil, batu dan bahan pengikat (aspal atau semen).

Berdasarkan suatu bahan ikat, lapisan perkerasan jalan dibagi menjadi dua kategori, yaitu :

1. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran beton bertulang atau bahan-bahan yang bersifat kaku.

2. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

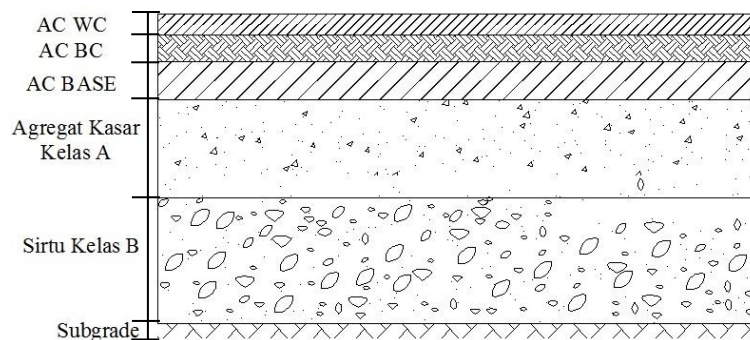
Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dan agregat atau bahan-bahan yang bersifat tidak kaku/ lentur.

3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Yaitu perkerasan dengan memakai dua bahan dengan maksud menggabungkan dua bahan yang berbeda yaitu aspal dan beton.

2.7.1 Jenis dan Fungsi Konstruksi Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan terdiri dari lapisan–lapisan yang diletakkan diatas permukaan tanah dasar yang telah dipadatkan. Konstruksi perkerasan terdiri dari :



Gambar 2.16 Lapisan Perkerasan Lentur

(Sumber: Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, Kementerian Pekerjaan Umum)

1. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan merupakan lapisan yang terletak paling atas dari suatu perkerasan yang biasanya terdiri dari lapisan bitumen sebagai penutup lapisan permukaan. Fungsi dari lapisan permukaan ini adalah sebagai berikut :

- a. Lapisan perkerasan menahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi menahan beban roda selama masa pelayanan.

- b. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh tidak meresap ke lapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan–lapisan tersebut.
- c. Lapis aus (*wearing course*), yaitu lapisan yang langsung mengalami gesekan akibat rem kendaraan, sehingga mudah aus.
- d. Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah. Untuk memenuhi fungsinya, pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama.

2. Lapisan Pondasi (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas merupakan lapisan utama dalam yang menyebarkan beban badan, perkerasan umumnya terdiri dari batu pecah (kerikil) atau tanah berkerikil yang tercantum dengan batuan pasir dan pasir lempung dengan stabilitas semen, kapur dan bitumen. Adapun fungsi dari lapisan pondasi atas adalah :

- a. Sebagai perletakan terhadap lapisan permukaan.
- b. Melindungi lapisan dibawahnya dari pengaruh luar.
- c. Untuk menerima beban terusan dari lapisan permukaan.
- d. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.

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

Lapisan pondasi bawah merupakan lapisan kedua dalam yang menyebarkan beban yang diperoleh dari lapisan yang diatas seperti kerikil alam (tanpa proses). Fungsi dari lapisan pondasi bawah adalah :

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

4. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar (*subgrade*) adalah merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan maupun tebal dari lapisan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar ini. Tanah dasar ini dapat terbentuk dari tanah asli yang dipadatkan (pada daerah galian) ataupun tanah timbun yang dipadatkan (pada daerah urugan).

Mutu dan daya tahan konstruksi perkerasan tak lepas dari sifat tanah dasar. Tanah dasar yang baik untuk konstruksi perkerasan jalan adalah tanah dasar yang berasal dari lokasi itu sendiri serta kemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan walaupun terdapat perbedaan kondisi lingkungan dan jenis tanah setempat. Sifat masing-masing tanah tergantung dari tekstur, kadar air dan kondisi lingkungan.

2.7.2 Metode Perencanaan Tebal Perkerasan

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

- a. Kekuatan lapisan tanah dasar yang dinamakan nilai CBR atau Modulus Reaksi Tanah Dasar (k).
- b. Kekuatan Beton yang digunakan untuk lapisan perkerasan.
- c. Prediksi volume dan komposisi lalu lintas selama usia rencana.
- d. Ketebalan dan kondisi lapisan pondasi bawah (*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.

Terdapat banyak metode yang telah dikembangkan dan dipergunakan di berbagai negara untuk merencanakan tebal perkerasan. Metode tersebut kemudian secara spesifik diakui sebagai standar perencanaan tebal perkerasan yang dilakukan oleh negara yang bersangkutan. Beberapa standar yang telah dikenal adalah :

- a. Metode AASHTO, Amerika Serikat

Pemadatan Mekanis						52			0,104
Pemadatan Manual						32			0,074
Material Pilihan	84	12				10			0,080

Keterangan:

1. Campuran beraspal panas yang menggunakan bahan pengikat aspal modifikasi atau *modified asphalt* (seperti aspal polimer, aspal yang dimodifikasi asbuton, *multigrade*, aspal pen 40 dan aspal pen 60 dengan aditif campuran seperti asbuton butir), termasuk asbuton campuran panas.
2. Diameter benda uji 6 inchi
3. Kuat tekan beton untuk umur 28 hari
4. Kuat tekan bebas umur 7 hari dan diameter 7 cm
5. Pengujian modulus elastis menggunakan alat UMATTA pada *temperature* 25° c, beban 2500 N dan *rise time* 60 ms serta pembuatan benda uji dikondisikan sesuai AASHTO *designation* R 30 – 02 (2006)

b. Pemilihan Tipe Lapisan Beraspal

Tipe Lapisan beraspal yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan kondisi jalan yang akan ditingkatkan, yaitu sesuai dengan lalu lintas rencana serta kecepatan kendaraan (terutama kendaraan truk) pada **Tabel 2.21** disajikan pemilihan tipe lapisan beraspal sesuai lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan.

Tabel 2.21 Pemilihan Tipe Lapisan Beraspal Berdasarkan Lalu Lintas Rencana dan Kecepatan Kendaraan

Lalu Lintas Rencana (juta)	Tipe Lapisan Beraspal	
	Kecepatan kendaraan 20 – 70 km/jam	Kecepatan kendaraan \geq 70 km/jam
< 0,3	Perancangan perkerasan lentur untuk lalu lintas rendah	
0,3 – 1,0	Lapis tipis beton aspal (Lataston/HRS)	Lapis tipis beton aspal (Lataston/HRS)
10 – 30	Lapis Beton Aspal (Laston/AC)	Lapis Beton Aspal (Laston/AC)

≥ 30	Lapis Beton Aus Modifikasi (Laston Mod/AC-Mod)	Lapis Beton Aspal (Laston/AC)
-----------	--	----------------------------------

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

c. Ketebalan Minimum Lapisan Perkerasan

Pada saat menentukan tebal lapis perkerasan, perlu dipertimbangkan keefektifannya dari segi biaya, pelaksanaan konstruksi dan batasan pemeliharaan untuk menghindari kemungkinan dihasilkannya perancangan yang tidak praktis. Pada **Tabel 2.22** disajikan tabel minimum untuk lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

Tabel 2.22 Tebal Minimum Lapisan Perkerasan

Jenis Bahan	Tebal Minimum	
	(inchi)	(cm)
1. Lapis Permukaan		
Laston Modifikasi		
- Lapis aus modifikasi	1,6	4,0
- Lapis antara modifikasi	2,4	6,0
Laston		
- Lapis Aus	1,6	4,0
- Lapis Antara	2,4	6,0
Lataston		
- Lapis Aus	1,2	3,0
2. Lapis Pondasi		
Lapis Pondasi Laston Modifikasi	2,9	7,5
Lapis Pondasi Laston	2,9	7,5
Lapis Pondasi Lataston	1,4	3,5
Lapis Pondasi Lapen	2,5	6,5
Agregat Kelas A	4,0	10,0
CTB	6,0	15,0
CTRB	6,0	15,0
CMRFB	6,0	15,0
CTSB	6,0	15,0
CTRSB	6,0	15,0
Beton Padat Giling	6,0	15,0
Beton Kurus	6,0	15,0
Tanah Semen	6,0	15,0
Tanah Kapur	6,0	15,0
4. Lapis Pondasi Bawah		
Agregat Kelas B	6,0	15,0

Agregat Kelas C	6,0	15,0
Konstruksi Telford	6,0	15,0
Material Pilihan (<i>selected Material</i>)	6,0	15,0

d. Persamaan dasar

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

$$\text{Log} (W18) = ZR \cdot S_0 + 9,36 \times \log_{10} (SN + 1) - 0,2 + \frac{\text{Log}_{10} \left[\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f} \right]}{0,4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \cdot \log_{10} (MR) - 8,07 \dots \dots \dots (2.47)$$

Sesuai dengan persamaan di atas, penentuan nilai struktural mencakup penentuan besaran – besaran sebagai berikut :

W18 (Wt) = volume kumulatif lalu lintas selama umur rencana.

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

S₀ = gabungan standar error untuk perkiraan lalu lintas dan kinerja.

ΔIP = perbedaan antara indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP₀) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana (IP_f).

MR = modulus resilien tanah dasar efektif (psi).

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

e. Estimasi lalu lintas

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

f. Tingkat kepercayaan dan pengaruh drainase

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

g. Modulus resilien tanah dasar efektif

Untuk menentukan modulus resilien akibar variasi musim, dapat dilakukan dengan pengujian di laboratorium dan pengujian CBR lapangan kemudian dikorelasikan dengan nilai modulus resilien.

h. Perhitungan :

$$SN = a_{1.1} \times D_{1.1} + a_{1.2} \times D_{1.2} + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times M_3 \dots \dots \dots (2.48)$$

Keterangan :

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

$D_1 D_2 D_3$ = tebal lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah (inchi) dan tebal minimum untuk setiap jenis bahan

$m_1 m_2$ = koefisien drainase lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah

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

i. Analisis perancangan tebal perkerasan.

Perlu dipahami bahwa untuk perkerasan lentur, struktur perkerasan terdiri atas beberapa lapisan bahan yang perlu dirancang dengan seksama. Struktur perkerasan hendaknya dirancang menurut prinsip yang ada. Tahapan perhitungan adalah sebagai berikut :

1. Tetapkan umur rencana perkerasan dan jumlah lajur lalu lintas yang akan dibangun.
2. Tetapkan indeks pelayanan akhir (IPt) dan susunan struktur perkerasan rancangan yang diinginkan.
3. Hitung CBR tanah dasar yang mewakilli segmen, kemudian hitung modulus reaksi tanah dasar efektif (MR)
4. Hitung lalu lintas rencana selama umur rencana yang telah ditetapkan, yaitu berdasarkan volume, beban sumbu setiap kelas kendaraan, perkembangan lalu lintas. Untuk menganalisis lalu lintas selama umur rencana diperlukan coba–coba nilai SN dengan indeks pelayanan akhir

(IPt) yang telah dipilih. Hasil literasi selesai apabila prediksi lalu lintas rencana relatif sama dengan (sedikit di bawah) kemampuan konstruksi perkerasan rencana yang diinterpretasikan dengan lalu lintas

5. Tahap berikutnya adalah menentukan nilai struktural seluruh lapis perkerasan di atas tanah dasar. Dengan cara yang sama, selanjutnya menghitung nilai struktural bagian perkerasan di atas lapis pondasi bawah dan di atas lapis pondasi atas, dengan menggunakan kekuatan lapis pondasi bawah dan lapis pondasi atas. Dengan menyelisihkan hasil perhitungan nilai struktural yang diperlukan di atas setiap lapisan, maka tebal maksimum yang diizinkan untuk suatu lapisan dapat dihitung. Contoh, nilai struktural maksimum yang diizinkan untuk lapis pondasi bawah akan sama dengan nilai struktural perkerasan di atas tanah dasar dikurangi dengan nilai bagian perkerasan di atas lapis pondasi bawah. Dengan cara yang sama, maka nilai struktural lapisan yang lain dapat ditentukan.

Perlu diperhatikan bahwa prosedur tersebut hendaknya tidak digunakan untuk menentukan nilai struktural yang dibutuhkan oleh bagian perkerasan yang terletak di atas lapis pondasi bawah atau lapis pondasi atas dengan modulus resilien lebih dari 40.000 psi atau sekitar 270 MPa. Untuk kasus tersebut, tebal lapis perkerasan di atas lapisan yang mempunyai modulus elastis tinggi harus ditentukan berdasarkan pertimbangan efektivitas biaya serta tebal minimum yang praktis.

Tabel 2.23 Faktor ekuivalen beban untuk sumbu tunggal dan IPt = 2,5

<i>Axle Load</i>		<i>Pavement Structural Number (SN)</i>					
(kips)	(kg)	1	2	3	4	5	6
2	908	0,0004	0,0004	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002
4	1816	0,003	0,004	0,004	0,003	0,002	0,002
6	2724	0,011	0,017	0,017	0,013	0,01	0,009
8	3632	0,032	0,047	0,051	0,041	0,034	0,031
10	4540	0,078	0,102	0,118	0,102	0,088	0,08
12	5448	0,168	0,198	0,229	0,213	0,189	0,176
14	6356	0,328	0,358	0,399	0,388	0,36	0,342
16	7264	0,591	0,613	0,646	0,645	0,623	0,606

18	8172	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20	9080	1,61	1,57	1,49	1,47	1,51	1,55
22	9988	2,48	2,38	2,17	2,09	2,18	2,30
24	10896	3,69	3,49	3,09	2,89	3,03	3,27
26	11804	5,33	4,99	4,31	3,91	4,09	4,48
28	12712	7,49	6,98	5,90	5,21	5,39	5,98
30	13620	10,3	9,50	7,90	6,80	7,00	7,80
32	14528	13,9	12,80	10,50	8,80	8,90	10,00
34	15436	18,4	16,90	13,70	11,30	11,20	12,50
36	16344	24,0	22,00	17,70	14,40	13,90	15,50
38	17252	30,9	28,30	22,60	18,10	17,20	19,00
40	18160	39,3	35,90	28,50	22,50	21,10	23,00
42	19068	49,3	45,00	35,60	27,80	25,60	27,70
44	19976	61,3	55,90	44,00	34,00	31,00	33,10
46	20884	75,5	68,80	54,00	41,40	37,20	39,30
48	21792	92,2	83,90	65,70	50,10	44,50	46,50
50	22700	112,0	102,00	79,00	60,00	53,00	55,00

Tabel 2.24 Faktor ekuivalen beban untuk sumbu ganda dan IPt = 2,5

<i>Axle Load</i>		<i>Pavement Structural Number (SN)</i>					
(kips)	(kg)	1	2	3	4	5	6
2	908	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
4	1816	0,0005	0,0005	0,0004	0,0003	0,0003	0,0002
6	2724	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001
8	3632	0,004	0,006	0,005	0,004	0,003	0,003
10	4540	0,008	0,013	0,011	0,009	0,007	0,006
12	5448	0,015	0,024	0,023	0,018	0,014	0,013
14	6356	0,026	0,041	0,042	0,033	0,027	0,024
16	7264	0,044	0,065	0,070	0,057	0,047	0,043
18	8172	0,070	0,097	0,109	0,092	0,077	0,070
20	9080	0,107	0,141	0,162	0,141	0,121	0,110
22	9988	0,160	0,198	0,229	0,207	0,180	0,166
24	10896	0,231	0,273	0,315	0,292	0,260	0,242
26	11804	0,327	0,370	0,420	0,401	0,364	0,342
28	12712	0,451	0,493	0,548	0,534	0,495	0,470
30	13620	0,611	0,648	0,703	0,695	0,658	0,633
32	14528	0,813	0,843	0,889	0,887	0,857	0,834
34	15436	1,06	1,08	1,11	1,11	1,09	1,08
36	16344	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
38	17252	1,75	1,73	1,69	1,68	1,70	1,73

40	18160	2,21	2,16	2,06	2,03	2,08	2,14
42	19068	2,76	2,67	2,49	2,43	2,51	2,61
44	19976	3,41	3,27	2,99	2,88	3,00	3,16
46	20884	4,18	3,98	3,58	3,40	3,55	3,79
48	21792	5,08	4,80	4,25	3,98	4,17	4,49
50	22700	6,12	5,76	5,03	4,64	4,86	5,28
52	23608	7,33	6,87	5,93	5,38	5,63	6,17
54	24516	8,72	8,14	6,95	6,22	6,47	7,15
56	25424	10,3	9,6	8,1	7,2	7,4	8,2
58	26332	12,1	11,3	9,4	8,2	8,4	9,4
60	27240	14,2	13,1	10,9	9,4	9,6	10,7
62	28148	16,5	15,3	12,6	10,7	10,8	12,1
64	29056	19,1	17,6	14,5	12,2	12,2	13,7
66	29964	22,1	20,3	16,6	13,8	13,7	15,4
68	30872	25,3	23,3	18,9	15,6	15,4	17,2
70	31780	29,0	26,6	21,5	17,6	17,2	19,2
72	32688	33,0	30,3	24,4	19,8	19,2	21,3
74	33596	37,5	34,4	27,6	22,2	21,3	23,6
76	34504	42,5	38,9	31,1	24,8	23,7	26,1
78	35412	48,0	43,9	35,0	27,8	26,2	28,8
80	36320	54,0	49,4	39,2	30,9	29,0	31,7
82	37228	60,6	55,4	43,9	34,4	32,0	34,8
84	38136	67,8	61,9	49,0	38,2	35,3	38,1
86	39044	75,7	69,1	54,5	42,3	38,8	41,7
88	39952	84,3	76,9	60,6	46,8	42,6	45,6
90	40860	98,7	85,4	67,1	51,7	46,8	49,7

Tabel 2.25 Faktor ekuivalen beban untuk sumbu triple dan $I_{Pt} = 2,5$

<i>Axle Load</i>		<i>Pavement Structural Number (SN)</i>					
(kips)	(kg)	1	2	3	4	5	6
2	908	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	1816	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001
6	2724	0,0006	0,0007	0,0005	0,0004	0,0003	0,0003
8	3632	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001
10	4540	0,003	0,004	0,003	0,002	0,002	0,002
12	5448	0,005	0,007	0,006	0,004	0,003	0,003
14	6356	0,008	0,012	0,010	0,008	0,006	0,006
16	7264	0,012	0,019	0,018	0,013	0,011	0,010
18	8172	0,018	0,029	0,028	0,021	0,017	0,016
20	9080	0,027	0,042	0,042	0,032	0,027	0,024

22	9988	0,038	0,058	0,060	0,048	0,040	0,036
24	10896	0,053	0,078	0,084	0,068	0,057	0,051
26	11804	0,072	0,103	0,114	0,095	0,080	0,072
28	12712	0,098	0,133	0,151	0,128	0,109	0,099
30	13620	0,129	0,169	0,195	0,170	0,145	0,133
32	14528	0,169	0,213	0,247	0,220	0,191	0,175
34	15436	0,219	0,266	0,308	0,281	0,246	0,228
36	16344	0,279	0,329	0,379	0,352	0,313	0,292
38	17252	0,352	0,403	0,461	0,436	0,393	0,368
40	18160	0,439	0,491	0,554	0,533	0,487	0,459
42	19068	0,543	0,594	0,661	0,644	0,597	0,567
44	19976	0,666	0,714	0,781	0,769	0,723	0,692
46	20884	0,811	0,854	0,918	0,911	0,868	0,836
48	21792	0,979	1,015	1,072	1,069	1,033	1,005
50	22700	1,17	1,20	1,24	1,25	1,22	1,20
52	23608	1,40	1,41	1,44	1,44	1,43	1,41
54	24516	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66
56	25424	1,95	1,93	1,90	1,90	1,91	1,93
58	26332	2,29	2,25	2,17	2,16	2,20	2,24
60	27240	2,67	2,60	2,48	2,44	2,51	2,58
62	28148	3,09	3,00	2,82	2,76	2,85	2,95
64	29056	3,57	3,44	3,19	3,10	3,22	3,36
66	29964	4,11	3,94	3,61	3,47	3,62	3,81
68	30872	4,71	4,49	4,06	3,88	4,05	4,30
70	31780	5,38	5,11	4,57	4,32	4,52	4,84
72	32688	6,12	5,79	5,13	4,80	5,03	5,41
74	33596	6,93	6,54	5,74	5,32	5,57	6,04
76	34504	7,84	7,37	6,41	5,88	6,15	6,71
78	35412	8,83	8,28	7,14	6,49	6,78	7,43
80	36320	9,92	9,28	7,95	7,15	7,45	8,21
82	37228	11,1	10,4	8,8	7,9	8,2	9,0
84	38136	12,4	11,6	9,8	8,6	8,9	9,9
86	39044	13,8	12,9	10,8	9,5	9,8	10,9
88	39952	15,4	14,3	11,9	10,4	10,6	11,9
90	40860	17,1	15,8	13,2	11,3	11,6	12,9

2.8 Bangunan Pelengkap

Untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas dan menghindari kerusakan akibat air yang berdampak pada kenyamanan pemakai jalan, diperlukan adanya bangunan pelengkap jalan.

2.8.1 Drainase

Drainase digunakan sebagai bangunan pelengkap jalan untuk mengalirkan air pada permukaan jalan secepat mungkin agar lalu lintas tetap lancar. Ada dua jenis drainase yaitu :

1. Drainase Permukaan

Drainase permukaan berfungsi mengalirkan air hujan yang ada dipermukaan agar tidak menghambat arus lalu lintas di jalan tersebut dan juga mencegah air agar tidak merusak lapisan perkerasan jalan. Menurut fungsinya drainase permukaan dibedakan menjadi:

a. Saluran Samping

Saluran samping adalah saluran yang berada di sisi jalan yang dapat langsung menampung air dari badan jalan dan mengalirkannya keluar dari badan jalan.

b. Saluran Pembuang

Saluran pembuang berfungsi untuk mengalirkan air dari saluran samping ke tempat pembuangan yang lebih rendah seperti sungai, rawa atau kolam.

c. Saluran Penangkap

Saluran penangkap berfungsi untuk mengalirkan air permukaan dari daerah yang lebih tinggi, sebelum air mencapai badan jalan.

d. Gorong-gorong

Gorong-gorong adalah saluran melintang dan memotong badan jalan yang berada dibawah permukaan jalan yang berfungsi untuk mengalirkan air dari sisi jalan ke sisi jalan lainnya.

2. Drainase bawah

Drainase bawah harus dikerjakan terlebih dahulu sebelum pekerjaan badan jalan karena letaknya ada dibawah permukaan jalan yang biasa berfungsi penunjang utama dalam mengalirkan air.

2.8.2 Prinsip dan Pertimbangan Perencanaan Drainase

1. Prinsip-prinsip umum perencanaan drainase :

a. Penggunaan yang efektif dan efisien

Perencanaan drainase haruslah sedemikian rupa sehingga fungsi fasilitas drainase sebagai penampung, pembagi dan pembuangan air dapat sepenuhnya berdaya guna dan berhasil guna.

b. Ekonomis dan aman

Pemeliharaan dimensi dari fasilitas drainase haruslah mempertimbangkan faktor ekonomis dan faktor keamanan.

c. Pemeliharaan

Perencanaan drainase haruslah mempertimbangkan pula segi kemudahan dan nilai ekonomis dari pemeliharaan sistem drainase tersebut.

2. Pertimbangan dalam perencanaan drainase :

a. Pada daerah yang datar dan lurus

Penanganan pengendalian air untuk daerah ini biasanya dengan membuat kemiringan perkerasan dan bahu jalan mulai dari tengah perkerasan menurun/ melandai ke arah selokan samping. Besarnya kemiringan bahu jalan biasanya diambil 2% lebih besar daripada kemiringan permukaan jalan.

b. Daerah jalan yang lurus pada tanjakan/ penurunan

Penanganan pengendalian air pada daerah ini perlu mempertimbangkan pula besarnya kemiringan alinyemen vertikal jalan yang berupa tanjakan dan turunan agar aliran air secepatnya bisa mengalir secara ke selokan samping. Untuk itu maka kemiringan melintang perkerasan jalan disarankan agar menggunakan nilai-nilai maksimum.

c. Pada daerah tikungan

Kemiringan melintang pada perkerasan jalan pada daerah ini harus mempertimbangkan pula kebutuhan kemiringan jalan menurut persyaratan alinyemen horizontal jalan, karena kemiringan perkerasan jalan harus dimulai dari sisi luar tikungan menurun/melandai kesisi dalam tikungan. Besarnya kemiringan pada daerah ini ditentukan oleh nilai maksimum dari kebutuhan kemiringan alinyemen horizontal atau kebutuhan kemiringan menurut keperluan drainase. Besarnya

kemiringan melintang perkerasan/bahu jalan pada daerah tikungan.

2.8.3 Persyaratan Teknis Perencanaan Drainase

Menurut Perencanaan Sistem Drainase Jalan, 2006 hal-hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan drainase permukaan diuraikan di bawah ini:

1. Plot rute jalan di pesta topografi (L)
 - a. Plot rute jalan rencana pada topografi diperlukan untuk mengetahui gambaran topografi atau daerah kondisi sepanjang trase jalan yang akan dilalui dapat dipelajari.
 - b. Kondisi terrain pada daerah layanan diperlukan untuk menentukan bentuk dan kemiringan yang akan mempengaruhi pola aliran.
2. Inventarisasi data bangunan drainase (gorong-gorong jembatan, dll.)
Eksisting meliputi lokasi, dimensi, arah aliran pembuangan dan kondisi data ini digunakan agar perencanaan system drainase jalan tidak mengganggu sistem drainase yang telah ada.
3. Segmen panjang segmen saluran (L)
Penentuan panjang segmen saluran(L) didasarkan pada:
 - a. Kemiringan rute jalan, disarankan kemiringan saluran mendekati kemiringan rute jalan.
 - b. Adanya tempat buangan air seperti badan air (misalnya sungai, waduk, dll).
 - c. Langkah coba-coba sehingga dimensi saluran paling ekonomis
4. Luas daerah layanan (A)
 - a. Perhitungan luas daerah layanan didasarkan pada panjang segmen jalan yang ditinjau.
 - b. 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.
 - c. Luas daerah layanan terdiri atas luas setengah badan jalan (A₁), luas

bahu jalan (A₂) dan luas daerah di sekitar (A₃).

- d. Batasan luas daerah layanan tergantung dari daerah sekitar dan topografi dan daerah sekelilingnya. Panjang daerah pengaliran yang diperhitungkan terdiri atas setengah lebar badan jalan (l₁) lebar bahu jalan (l₂) dan daerah sekitar (l₃) yang terbagi atas daerah perkotaan yaitu ± 10 m dan untuk daerah luar kota yang didasarkan pada topografi daerah tersebut.
- e. Jika diperlukan, pada daerah perbukitan, direncanakan beberapa saluran untuk menampung limpasan dari daerah bukit dengan batas daerah layanan adalah puncak bukit tersebut tanpa merusak stabilisasi lereng. Sehingga saluran tersebut hanya menampung air dari luas daerah layanan daerah sekitar (A₃).

5. 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 mempengaruhi debit yang mengalir, sehingga dapat diperkirakan daya tampung saluran. Untuk itu diperlukan peta topografi dan melakukan survei lapangan agar corak topografi di 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 lurus air) atau tanah dengan tingkat erosi permukaan. Secara visual akan nampak pada daerah yang menunjukkan alur-alur pada permukaan.

6. Faktor limpasan (fk)

- a. Merupakan faktor atau angka yang dikalikan dengan koefisien *run off* biasa dengan tujuan agar kinerja saturan tidak melebihi kapasitasnya akibat daerah pengaliran yang terlalu luas. Harga faktor limpasan (fk) disesuaikan dengan kondisi permukaan tanah, seperti pada **Tabel 2.26**.

Tabel 2.26 Koefisien Pengaliran (C) dan Faktor Limpasan (fk)

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)	Faktor Limpasan (fk)
	BAHAN		
1	Jalan beton dan jalan aspal	0,70 – 0,95	
2	Jalan krikil dan jalan tanah	0,40 – 0,70	
3	Bahu jalan :		
	dari tanah berbutir halus	0,40– 0,65	
	dari tanah berbutir kasar	0,10 – 0,20	
	dari batuan masif keras	0,70 – 0,85	
	dari batuan masif lunak	0,60 – 0,75	
	TATA GUNA LAHAN		
1	Daerah perkotaan	0,70 – 0,95	2,0
2	Daerah pinggiran kota	0,60 – 0,70	1,5
3	Daerah industry	0,60 – 0,90	1,2
4	Pemukiman padat	0,40 – 0,60	2,0
5	Pemukiman tidak padat	0,40 – 0,60	1,5
6	Taman dan kebun	0,45 – 0,60	0,2
7	Persawahan	0,70 – 0,80	0,5
8	Perbukitan	0,70 – 0,80	0,4
9	Pegunungan	0,75 – 0,90	0,3

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase Jalan, 2006)

Keterangan:

- Harga koefisien pengaliran (C) untuk daerah datar diambil nilai C yang terkecil dan untuk daerah lereng diambil nilai C yang besar.
 - Harga faktor limpasan (fk) hanya digunakan untuk guna lahan sekitar saluran selain bagian jalan.
- b. Bila daerah pengaliran atau daerah layanan terdiri dari beberapa tipe kondisi permukaan yang mempunyai nilai C yang berbeda, harga C rata-rata ditentukan dengan persamaan berikut.

$$C = \frac{C1.A1+C2.A2+C3.A3}{A1+A2+A3} \dots\dots\dots (2.49)$$

Dimana :

C1, C2, C3, = koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan

A1,A2,A3 = luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan

fk = faktor limpasan sesuai guna lahan

7. Waktu Konsetrasi (T_c)

Waktu terpanjang menyalurkan aliran yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan air secara simultan (*run off*) setelah melewati titik-titik tertentu. Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan ini :

$$T_c = t_1 + t_2 \text{ atau } T_c = t_o + t_d \dots \dots \dots (2.50)$$

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times l_o \times \frac{nd}{\sqrt{I_s}} \right) \dots \dots \dots (2.51)$$

$$t_2 = \frac{L}{60 \times V} \dots \dots \dots (2.52)$$

Dimana :

T_c = waktu konsentrasi (menit)

t_1/ t_o = waktu untuk mencapai awal saluran dari titik terjauh (menit)

t_2/ t_d = waktu aliran dalam saluran sepanjang L dari ujung saluran (menit)

l_o = jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

L = panjang saluran (m)

nd = koefisien hambatan

i_s = kemiringan saluran memanjang

V = kecepatan air rata-rata pada saluran drainase (m/detik)

Tabel 2.27 Kemiringan Saluran Memanjang (i_s)

No	Jenis material	Kemiringan saluran i_s (%)
1	Tanah asli	0 – 5
2	Kerikil	5 – 7,5
3	Pasangan	7,5

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase Jalan, 2006)

Tabel 2.28 Koefisien Hambatan (nd)

No	Kondisi lapis permukaan	Nd
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan licin dan kedap air	0,020
3	Permukaan licin dan kokoh	0,100
4	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,200
5	Padang rumput dan rerumputan	0,400
6	Hutan gundul	0,600
7	Hutan rimbung dan hutan gundul rapat dengan hampan rumput jarang sampai rapat	0,800

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase Jalan, 2006)

8. Analisa hidrologi

a. Data curah hujan

- Merupakan data curah hujan harian maksimum dalam setahun dinyatakan dalam mm/hari. Data curah hujan ini diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) yaitu stasiun curah hujan yang terletak pada daerah layanan saluran samping jalan.
- Jika daerah layanan tidak memiliki data curah hujan, maka dapat digunakan data dari stasiun diluar daerah layanan yang dianggap masih dapat mewakili. Jumlah data curah hujan yang diperlukan minimal 10 tahun terakhir.

b. Periode ulang

Karakteristik hujan menunjukkan bahwa hujan yang besar tertentu mempunyai periode ulang tertentu. Periode ulang untuk pembangunan saluran drainase ditentukan 5 tahun, disesuaikan dengan peruntukannya.

c. Analisis frekuensi

Analisis frekuensi adalah suatu analisis data hidrologi dengan menggunakan statistika yang bertujuan memprediksi suatu besaran hujan atau debit dengan masa ulang tertentu. Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui.

Sebaliknya, kata ulang (*return period*) diartikan sebagai waktu dimana hujan atau debit dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut.

d. Intensitas curah hujan

Adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Intensitas curah hujan (I) mempunyai satuan mm/jam, berarti tinggi air persatuan waktu, misalnya mm dalam kurun waktu menit, jam atau hari. Formulasi perhitungan intensitas curah hujan perhitungan ini dilakukan sesuai SNI 03-241-1991, metode perhitungan debit banjir.

9. Untuk menghitung debit aliran air (Q) menggunakan rumus:

$$Q = 0,278 \cdot C.I.A \dots\dots\dots(2.53)$$

Dimana :

Q = debit aliran air (m³/detik)

C = koefisien pengaliran rata-rata dari C₁, C₂, C₃

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

A = luas daerah layanan (km) terdiri atas A₁, A₂, A₃

2.8.4 Kriteria Perencanaan Saluran Samping dan Gorong-Gorong

Perencanaan saluran terbuka secara hidrolika, jenis aliran yang terjadi adalah aliran terbuka (*open channel*), yaitu pengaliran air dengan permukaan bebas. Perencanaan ini digunakan untuk perencanaan saluran samping jalan maupun gorong-gorong.

1. Saluran samping

Bahan bangunan saluran ditentukan oleh besarnya kecepatan rencana aliran air yang mengalir di saluran samping jalan tersebut. Seperti pada **Tabel 2.29**.

Tabel 2.29 Aliran Air yang Dizinkan

No	Jenis Material	V izin (m/dt)
1	Pasir halus	0,45
2	Lempung kepasiran	0,50
3	Lanau alluvial	0,60
4	Krikil halus	0,75
5	Lempung kokoh	0,75
6	Lempung padat	1,10
7	Krikil 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, 2006)

Kemiringan saluran ditentukan berdasarkan bahan yang digunakan. Hubungan antara bahan yang digunakan dengan kemiringan saluran arah memanjang dapat dilihat pada **Tabel 2.30**.

Tabel 2.30 Kemiringan Saluran Air Berdasarkan Jenis Material

No	Jenis Material	Kemiringan saluran (%)
1	Tanah asli	0 – 5
2	Kerikil	5 – 7,5
3	Pasangan	>7,5

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase Jalan, 2006)

Penampang minimum saluran 0,50 m².

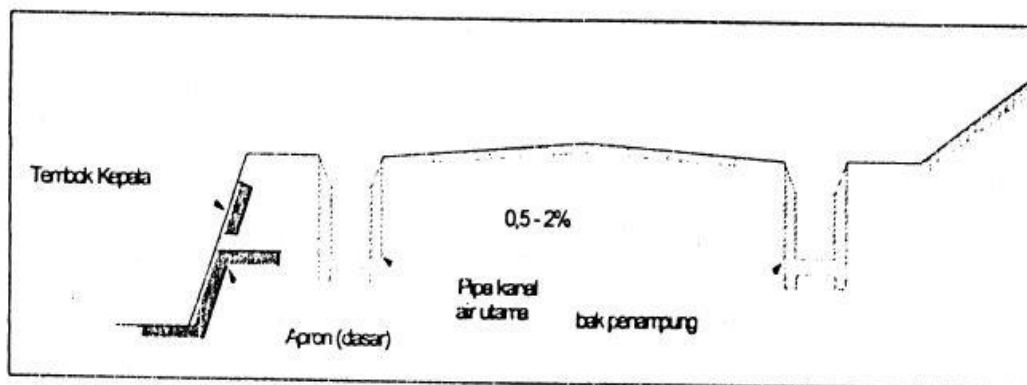
2. Gorong-gorong

Ditempatkan melintang jalan yang berfungsi untuk menampung air dari hulu saluran drainase dan mengalirkannya. Harus cukup besar untuk melewati debit air secara maksimum dari daerah pengaliran secara efisien. Harus dibuat tipe permanen (Lihat **Gambar 2.17**). Adapun pembangunan gorong-gorong terdiri dari tiga konstruksi utama, yaitu :

- Pipa kanal air utama yang berfungsi untuk mengalirkan

air dari bagian hulu ke bagian hilir secara langsung.

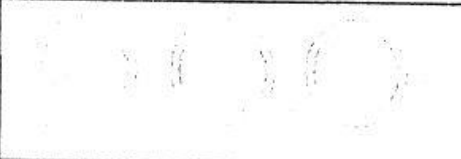


- Apron (dasar) dibuat pada tempat masuk untuk mencegah terjadinya erosi dan dapat berfungsi sebagai dinding penyekat lumpur.
- Bak penampung diperlukan pada kondisi pertemuan antara gorong-gorong dan saluran tepi serta pertemuan lebih dua arah aliran.



Gambar 2.17 Bagian Konstruksi Gorong-Gorong

Jarak gorong-gorong pada daerah datar maksimum 100 meter, untuk daerah pegunungan besarnya bisa dua kali lebih besar. Kemiringan gorong-gorong 0,5% - 2% dengan pertimbangan faktor-faktor lain yang dapat mengakibatkan terjadinya pengendapan erosi di tempat air masuk dan pada bagian pengeluaran. Tipe dan bahan gorong-gorong yang permanen (Lihat **Tabel 2.31**) dengan desain umur rencana untuk periode ulang atau kala ulang hujan untuk perencanaan gorong-gorong disesuaikan dengan fungsi jalan tempat gorong-gorong berlokasi. Dimensi gorong-gorong minimum dengan diameter 80 cm; kedalaman gorong-gorong yang aman terhadap permukaan jalan, tergantung tipe (Lihat **Tabel 2.31**) dengan kedalaman minimum 1 m – 1,5 m dari permukaan jalan.

Tabel 2.31 Tipe Penampang Gorong-Gorong

No	Tipe gorong-gorong	Potongan melintang	Bahan yang dipakai
1.	Pipa tunggal atau lebih		Metal gelombang, beton bertulang atau beton tumbuk, besi cor dan lain-lain.
2.	Pipa lengkung tunggal atau lebih		Metal gelombang
3.	Gorong-gorong persegi (Box Culvert)		Beton bertulang

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase Jalan, 2006)

Kecepatan minimum dalam gorong-gorong 0,7 m/detik agar tidak terjadi sedimentasi. Kecepatan maksimum yang keluar dari gorong-gorong, untuk berbagai macam kondisi material saluran di hilir gorong-gorong agar tidak terjadi erosi pada saluran ditunjukkan pada **Tabel 2.32**.

Tabel 2.32 Kecepatan Maksimum Gorong-Gorong yang Dijinkan

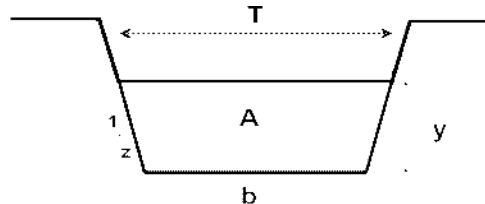
Kondisi material dasar saluran	V maksimum, Vg (m/detik)
Lumpur	< 0,3
Pasir halus	< 0,3
Pasir kasar	0,4 - 0,6
Gravel	
Ø > 6 mm	0,6 - 0,9
Ø > 25 mm	1,3 - 1,5
Ø > 100 mm	2,0 - 3,0
Lempung	
Lunak	0,3 - 0,6
Kenyal	1,0 - 1,2
Keras	1,5 - 2,0
Batu-batuan	
Ø > 150 mm	2,5 - 3,0
Ø > 300 mm	4,0 - 5,0

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase Jalan, 2006)

2.8.5 Desain Saluran Samping dan Gorong-Gorong

Desain saluran dapat dibagi dalam beberapa jenis :

1. Saluran bentuk trapesium (Saluran Samping) :



Gambar 2.18 Saluran dengan Bentuk Trapesium

$$A = (b + z \cdot y) y \dots \dots \dots (2.54)$$

$$t = b + 2zy \dots \dots \dots (2.55)$$

$$D = \frac{A}{T} \dots \dots \dots (2.56)$$

$$V = K_{st} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \dots \dots \dots (2.57)$$

$$Q = V \cdot A \dots \dots \dots (2.58)$$

Penampang ekonomis:

$$b + 2zy = 2y \sqrt{z^2 + 1} \dots \dots \dots (2.59)$$

Tinggi Jagaan :

$$W = \sqrt{0,5 \times h} \dots \dots \dots (2.60)$$

Dimana :

A = Luas penampang melintang (m²)

b = lebar saluran (m)

p = keliling basah (m)

T = lebar puncak (m)

Y = kedalaman saluran yang tergenang air (m)

D = kedalaman hidrolis (m)

V = kecepatan rata-rata aliran (m/dt)

I = kemiringan dasar saluran

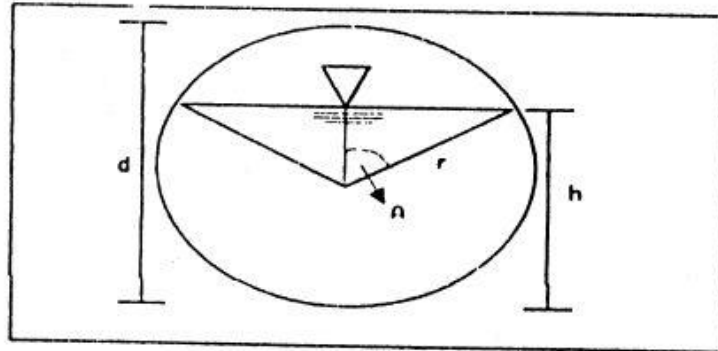
Q = debit aliran air (m³/detik)

Z = perbandingan kemiringan talud

W = tinggi jagaan (m)

h = tinggi muka air (m)

2. Saluran bentuk lingkaran (Gorong-Gorong) :



Gambar 2.19 Saluran dengan Bentuk Lingkaran atau Gorong-Gorong

Debit yang masuk :

$$Q_1 = F \times V \dots \dots \dots (2.61)$$

$Q_2 =$ diasumsikan

$$h = 0,8 \times D \dots \dots \dots (2.62)$$

$$Q_{\text{gorong-gorong}} = Q_1 + Q_2 \dots \dots \dots (2.63)$$

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{h - 0,5 D}{0,5 D} \right) \dots \dots \dots (2.64)$$

$$F = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \left(1 - \frac{\theta}{180} \right) + (h - 0,5 D)^2 \tan \theta \dots \dots \dots (2.65)$$

$$P = \pi D \left(1 - \frac{\theta}{180} \right) \dots \dots \dots (2.66)$$

$$R = \frac{F}{P} \dots \dots \dots (2.67)$$

$$V = \frac{Q_{\text{Gorong-Gorong}}}{F} \dots \dots \dots (2.68)$$

$$i_s = \left(\frac{V \times n}{R^{2/3}} \right)^2 \dots \dots \dots (2.69)$$

Dimana :

Q = debit yang masuk (m³/detik)

- h = kedalaman (m)
 θ = sudut ($^{\circ}$)
 L = luas basah (m^2)
 P = keliling basah (m)
 R = jari-jari hidrolis (m)
 V = kecepatan aliran (m/detik)
 i_s = kemiringan

2.8.6 Marka dan Rambu Jalan

Jalan merupakan bangunan yang dibuat untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas perhubungan dan kegunaannya adalah sebagai penyambung badan jalan yang terputus karena adanya aliran sungai yang melintas badan jalan.

Maka dari itu diperlukan sinyal atau pun tanda untuk memperjelas peringatan yang ada di jalan seperti pada daerah tikungan, tanjakan, turunan dan lain-lain. Meskipun marka dan rambu jalan ini hanya merupakan bangunan pelengkap, tetapi memberikan kontribusi yang besar terhadap keamanan dan kenyamanan para pengendara dalam tanda, pengaturan dan peringatan dalam berlalu lintas.

2.9 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah suatu perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya dan tepat mutu.

2.9.1 Daftar Harga Satuan Alat dan Bahan

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

2.9.2 Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan ialah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat dipasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja didapat dilokasi, dikumpulkan dan dicatat dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah.

2.9.3 Perhitungan Volume Pekerjaan

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

2.9.4 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya adalah merencanakan banyaknya biaya yang akan digunakan serta susunan pelaksanaannya dalam perencanaan anggaran biaya perlu dilampirkan analisa harga satuan bahan dari setiap pekerjaan agar jelas jenis-jenis pekerjaan dan bahan yang digunakan.

2.9.5 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 dan waktu pelaksanaannya. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling menggagu pelaksanaan pekerjaan.

2.9.6 Rencana Kerja (*Time Schedule*)

Rencana Kerja (*Time Schedule*) adalah pengaturan waktu rencana kerja secara terperinci terhadap suatu item pekerjaan yang berpengaruh terhadap selesainya secara keseluruhan suatu proyek konstruksi.

Adapun jenis – jenis *time schedule* atau rencana kerja :

1. Bagan Balok (*Barchart*)

Barchart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal dan kolom arah horizontal yang menunjukkan skala waktu.

2. Kurva S

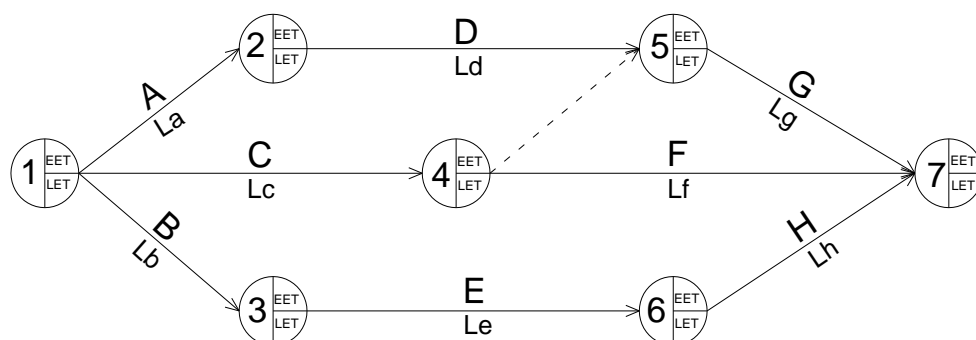
Kurva S adalah grafik hubungan antara waktu pelaksanaan proyek dengan nilai akumulasi progres pelaksanaan proyek mulai dari awal hingga proyek selesai.

3. Jaringan Kerja / *Network Planning* (NWP)

NWP adalah salah satu cara baru dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. 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 didahulukan dan pekerjaan mana yang dapat menunggu.





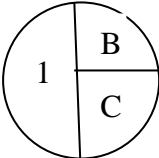
Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

- Merencanakan, *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.
- Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek.
- Mendokumentasikan dan mengkomunikasikan secara *scheduling* (waktu) dan alternatif-alternatif lain penyelesaiannya proyek dengan tambahan waktu.
- Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur-jalur kritis (*critical path*) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.



Gambar 2.20 Sketsa *Network planning*

(Sumber: Wulfram I. Ervianto, Manajemen Proyek Konstruksi, 2002)

1.  (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan *resources* tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.
2.  (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan
3.  (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*).
4.  (*Dummy*), bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.
5.  1 = Nomor kejadian
 B = EET (*Earliest Event Time*) = waktu yang paling cepat yaitu menjumlahkan durasi dari kejadian yang dimulai dari kejadian awal dilanjutkan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka yang terbesar.
 C = LET (*Latest Event Time*) = waktu yang paling lambat, yaitu mengurangi durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir dilanjutkan kegiatan sebelumnya dengan mengambil angka terkecil.
6. A, B, C, D, E, F, G, H merupakan kegiatan, sedangkan La, Lb, Lc, Ld, Le, Lf, Lg dan Lh merupakan durasi dari kegiatan tersebut.