

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Dasar Perencanaan Geometrik**

Jalan raya adalah jalur – jalur tanah di atas permukaan bumi yang dibuat oleh manusia dengan bentuk, ukuran – ukuran dan jenis konstruksinya sehingga dapat digunakan untuk menyalurkan lalu lintas orang, hewan, dan kendaraan yang mengangkut barang dari suatu tempat ke tempat yang lainnya dengan mudah dan cepat. Jalan raya sebagai sarana pembangunan dalam membantu pembangunan jalan raya dengan lancar, efisien dan ekonomis. Untuk perencanaan jalan raya baik, bentuk geometriknya harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal kepada lalu lintas sesuai dengan fungsinya, sebab tujuan akhir dari perencanaan geometrik ini adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi dan pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan biaya juga memberikan rasa aman dan nyaman kepada pengguna jalan. Suatu perencanaan jalan raya yang lengkap tidak saja memperhatikan keamanan dan ekonomisnya biaya, tetapi juga nilai stuturalnya. Kita harus lebih teliti dalam memilih lokasi perencanaan jalan sehingga suatu jalan menjadi nyaman. Sebagai perencana, kita dituntut untuk menguasai teknik perencanaan geometrik dan tata cara pembuatan konstruksi jalan raya serta memahami permasalahan dan pemecahannya.

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada alinyemen horizontal dan alinyemen vertical sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yang memberikan kenyamanan yang optimal pada arus lalu lintas sesuai dengan kecepatan yang direncanakan. Secara umum perencanaan geometrik terdiri dari aspek–aspek perencanaan trase jalan, badan jalan yang terdiri dari bahu jalan dan jalur lalu lintas, tikungan, drainase, kelandaian jalan serta galian dan timbunan. Tujuan dari perencanaan geometric jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efesiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan/biaya pelaksanaan. (Sukirman,1999). Selain itu perencanaan Geometrik jalan

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

Menurut Sukirman (1994) bahwa Perencanaan konstruksi jalan raya membutuhkan data – data perencanaan yang meliputi data lalu lintas, data topografi, data penyelidikan tanah, data penyelidikan material dan data penunjang lainnya. Semua data ini sangat diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya karena data ini memberikan gambaran yang sebenarnya dari kondisi surtu daerah dimana ruas jalan ini akan dibangun. Dengan adanya data-data ini,kita dapat menentukan geometrik dan tebal perkerasan yang diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya

Kondisi jalan yang bagus adalah jalan yang mampu melayani arus barang dan jasa dengan baik, dalam segi kapasitas maupun kualitas jalan tersebut. Secara umum, perencanaan jalan meliputi perencanaan geometrik jalan dan perencanaan struktur jalan. Perencanaan struktur jalan, dibagi menjadi 2 macam (Departemen Pekerjaan Umum tahun 1987), yaitu:

- a. Perencanaan perkerasan jalan baru (*New Construction*);
- b. Peningkatan perkerasan jalan lama (*Overlay*).

### **2.1.1 Data lalu lintas**

Data lalu lintas merupakan dasar informasi yang dibutuhkan untuk perencanaan desain suatu jalan, karena kapisitas 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 yang lainnya.

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

- a. Survei 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. Survei 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 di rencanakan (L. Hendrasin Shirley, 2000).

### **2.1.2 Data peta topografi**

Topografi merupakan faktor penting dalam menentukan lokasi alan 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 lain, sehingga memungkinkan didapatkannya trase jalan yang sesuai dengan standar. Pekerjaan pengukuran ini terdiri dari beberapa kegiatan sebagai berikut. :

- a. Pekerjaan perintisin untuk pengukuran, dimana secara garis besar ditentukan kemungkinan rute alternatif dan trase jalan.
- b. Kegiatan pengukuran

kegiatan pengukuran meliputi :

- 1) penentuan titik kontrol vertikal dan horizontal yang dipasang setiap interval 100 meter pada rencana as jalan.
- 2) pengukuran situasi selebar kiri dan kanan dari jalan yang dimaksud dan disebutkan tata guna tanah disekitar trase jalan.
- 3) pengukuran penampang melintang (*cross section*) dan penampang memanjang.
- 4) perhitungan perencanaan desai jalan dan penggambaran peta topografi berdasarkan titik koordinat kontrol diatas.

Berdasarkan besarnya lereng melintang dengan arah kurang lebih tegak lurus sumbu jalan raya jenis medan dibagi menjadi tiga golongan umum yaitu datar, perbukitan dan gunung.

### 2.1.3 Data penyelidikan tanah

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

- a. Penelitian terhadap semua data tanah yang ada, selanjutnya diadakan penyelidikan proyek jalan tersebut, dilakukan berdasarkan survey langsung di lapangan maupun dengan pemeriksaan dilaboraturium. 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 lokas. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu analitis dan grafis.

#### 1) Cara analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah :

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

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

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, 1993)

## 2) Cara grafis

Prosedurnya adalah sebagai berikut :

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

Contoh hasil pengamatan di sepanjang jalan didapat nilai CBR sebagai berikut : 3; 4; 3; 6; 6; 5; 11; 10; 6; 6; dan 4

Tabel 2.2 Contoh Tabulasi Nilai CBR

No.	CBR	Jumlah yang sama atau lebih besar	Persentase yang sama atau lebih besar (%)
1.	3	11	$(11/11) \times 100\% = 100\%$
2.	4	9	81.8%
3.	5	7	63.6%
4.	6	6	54.5%
5.	7	2	18.2%
6.	8	1	9%

(Sumber : Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1994)

- b. 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.
- c. Uji bahan konstruksi untuk mendapatkan :
- a) Sifat-sifat indeks (indeks properties) Gs, Wn, J, e, n, Sr.
  - b) Klasifikasi (*Clasification of soil*)
    - Analisa ukuran butir (*Grain Size Analysis*)
      - Analisa saringan (*Sieve Analysis*)
      - Hydrometer (*Hydrometer Analysis*)
    - Batas-batas Atterbeg (*Atterbeg Limits*)
      - Liquid Limit* (LL) = Batas cair
      - Plastic Limit* (PL) = Batas Plastis
      - IP = LL – PL ..... (2.2)
  1. Pemdatan :  $\gamma_d$  maks dan W opt
    - Pemdatan standar / proctor
    - Pemdatan modifikasi
    - Dilapangan dicek dengan sandcone  $\pm 93\%$   $\gamma_d$  maks
  2. CBR Laboraturium ( CBR rencana)
    - Wet =  $W_t / V_t \rightarrow \gamma_d \text{ wet} / (1+W)$  ..... (2.3)
    - CBR lapangan : DCP  $\rightarrow$  CBR lapangan

#### 2.1.4 Data penyelidikan material

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

- a. Mengadakan pernilitian terhadap semua data material yang ada selanjutnya melakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut yang akan dilakukan berdasarkan survey di lapangan maupun dengan pemeriksaan laboraturium.

- b. 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 :

- 1) Tanah berbutir kasar

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

- 2) Tanah berbutir halus

Di lapangan tanah kelompok ini sudah untuk dibedakan secara visual antara lempung dan danau, kecuali dengan cara perkiraan karakteristik plastisnya.

#### **2.1.5 Data-data penunjang lainnya**

Data-data lain yang perlu diperhatikan diantaranya data tentang drainase. Peninjauan drainase meliputi data meteorologi dan geofisika untuk kebutuhan analisis data dari stasiun yang terletak pada daerah tangkapan tidak memiliki data curah hujan, maka dapat dipakai data dari stasiun di luar daerah tangkapan yang dianggap masih dapat mewakili.

Selain itu data penunjang lain yaitu peta topografi, sumbu jalan rencana diplotkan pada peta dasar (peta topografi atau peta rupa bumi), sehingga gambaran topografi daerah yang akan dilalui rute jalan dapat dipelajari. Peta ini juga digunakan untuk memperkirakan luas daerah tangkapan pada sistem sungai maupun terrain sepanjang trase jalan rencana. (L.Hendarsen Shirley, 2000)

#### **2.1.6 Klasifikasi Jalan**

Klasifikasi jalan merupakan aspek penting yang pertama kali harus diidentifikasi sebelum melakukan perancangan jalan, karena kriteria desain suatu rencana jalan yang ditentukan dari standart desain ditentukan oleh klasifikasi jalan rencana. Pada prinsipnya klasifikasi jalan dalam standar desain (baik untuk jalan antar kota maupun jalan luar kota) didasarkan kepada klasifikasi jalan menurut undang-undang dan peraturan pemerintah yang berlaku.

Tabel 2.3 Klasifikasi Jalan

Fungsi Jalan	Arteri			KOLEKTOR			LOKAL		
Kelas Jalan	I	II	III A	III B			III C		
Muatan Sumbu Terberat, (ton)	> 10	10	8			Tidak ditentukan			
Tipe Medan	D	B	G	D	B	G	D	B	G
Kemiringan Medan, (%)	< 3	3 - 25	> 25	< 3	3 - 25	>25	<3	3 - 25	>25

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

a. Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

Klasifikasi jalan menurut fungsinya terbagi 3, yaitu:

1) Jalan Arteri

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

2) Jalan Kolektor

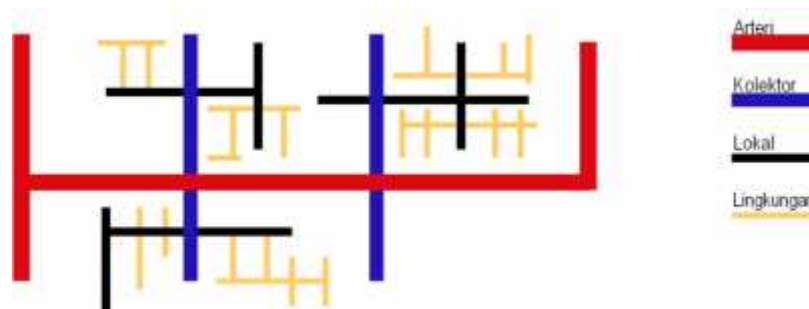
Adalah Jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

3) Jalan Lokal

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

4) Jalan Lingkungan

Jalan angkutan lingkungan (jarak pendek, kecepatan rendah).



Gambar 2.1 Klasifikasi menurut fungsi jalan



b. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Menurut kelasnya jalan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1) Kelas I

Kelas jalan ini mencakup semua kelas jalan utama dan dimaksudkan untuk dapat melayani lalu lintas cepat dan berat. Dalam kondisi lalu lintasnya tak terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tak bermotor. Jalan raya dalam kelas jalan ini merupakan jalan-jalan raya yang berlajur banyak dengan konstruksi perkerasan dari jenis yang terbaik dalam arti tingginya tingkatan dalam pelayanan lalu lintas.

2) Kelas II

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

(a) Kelas II A

Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur atau lebih dengan konstruksi permukaan jalan dari sejenis aspal beton (hot mix) atau yang setaraf, dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dan tidak bermotor. Untuk lalu lintas lambat disediakan jalur tersendiri.

(b) Kelas II B

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

(c) Kelas II C

Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari penetrasi tunggal dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tidak bermotor.

### 3) Kelas III

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

Tabel 2.4 Klasifikasi Kelas Jalan dalam LHR

Klasifikasi Fungsi	Kelas	LHR Dalam SMP
Jalan Arteri	I	> 20.000
Jalan Kolektor	II A	6.000 – 20.000
	II B	1.500 – 8.000
	II C	< 2.000
Jalan Lokal	III	-

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

Tabel 2.5 Klasifikasi Kelas Jalan dalam MST

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

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

#### c. Klasifikasi jalan menurut medan Jalan

Berdasarkan perhitungan rata-rata dari ketinggian muka tanah lokasi rencana, maka dapat diketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan. Klasifikasi jalan berdasarkan medan jalan dapat dilihat pada tabel 2.6

Tabel 2.6 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Golongan Medan	Lereng Melintang
Datar (D)	0% - 9,9%
Perbukitan (B)	10% - 24,9%
Gunung (G)	25%

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

## 2.2 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 keamananyang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan.

Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat tiga tujuan utam yaitu :

1. Memberikan keamanan dan kenyamanan, seperti jarak pandangan, ruang yang cukup bagi manuver kendaran dan koefesien gesek permukaan jalan yang cukup.
2. Menjamin suatu perancangan yang ekonomis.
3. Memberikan suatu keseragaman geometrik jalan sehubungan dengan jenis medan (*Terrain*)

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

### a. 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 dikelompokkan menjadi:

#### 1) Kendaraan ringan/kecil (LV)

Adalah kendaraan bermotor ber-as dua dengan 4 roda dengan jarak as 2,0-3,0 m (meliputi: mobil penumpang, oplet, mikrobus, *pick up*, dan truk kecil sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga,1997)

#### 2) Kendaraan sedang (MHV)

Adalah kendaraan bermotor dengan dengan dua gandar, dengan jarak 3,5-5,0 m (termasuk bus kecil, truk dua as dengan enam roda, sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga,1997)

3) Kendaraan berat/besar (LB-LT)

- Bus besar (LB)

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

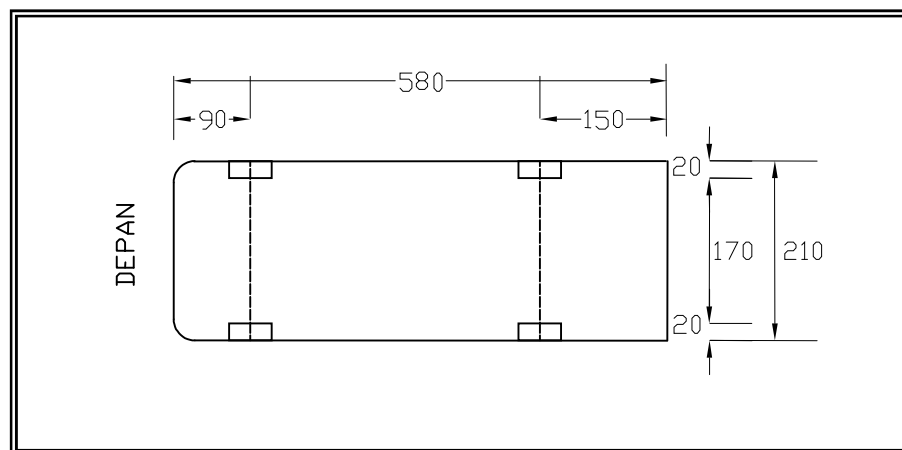
- Truk besar (MC)

Truk tiga gandar dan truk kombinasi tiga, jarak gandar (gandar pertama dan gandar kedua) < 3,5 (sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga,1997).

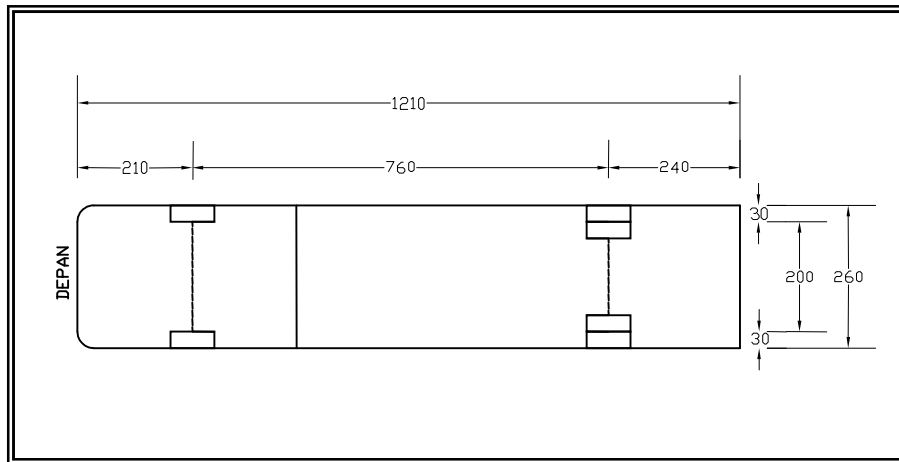
Tabel 2.7 Dimensi Kendaraan Rencana

Kategori kendaraan rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar (cm)		Radius tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min	Maks	
Kecil	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

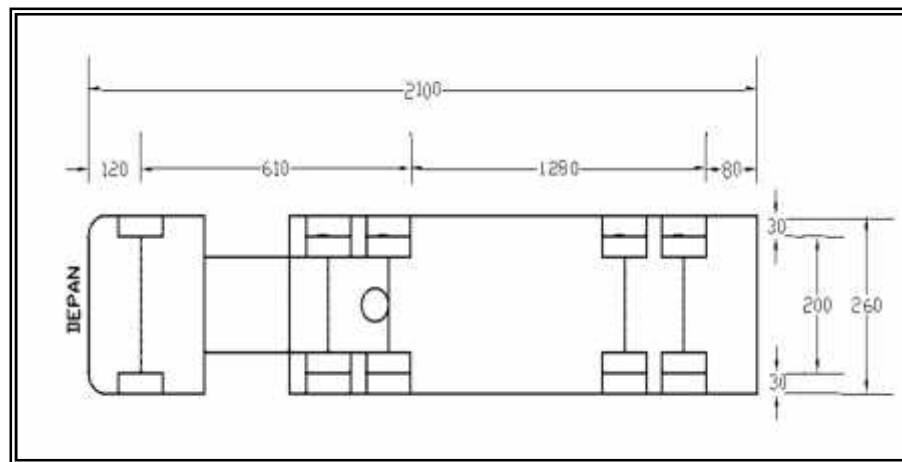
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/BM/1997)



Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Besar

b. 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:

- 1) Kondisi pengemudi dan kendaraan yang bersangkutan
- 2) Sifat fisik jalan dan keadaan medan sekitarnya
- 3) Sifat dan penggunaan daerah

- 4) Cuaca
- 5) Adanya gangguan dari kendaraan lain
- 6) Batasan kecepatan yang diizinkan

Kecepatan rencana inilah yang dipergunakan untuk dasar perencanaan geometrik (alinyemen). Kecepatan rencana dari masing–masing kendaraan dapat ditetapkan pada tabel 2.8.

Tabel 2.8 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)

c. Keadaan Lalu lintas

1. Volume Lalu Lintas

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

2. 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 2.9 Satuan Mobil Penumpang

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

### 3. Ekuivalen mobil penumpang (EMP)

Ekuivalensi mobil penumpang yaitu faktor konversi berbagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalu lintas. Untuk mobil penumpang dan kendaraan ringan lainnya, nilai emp adalah 1,0. Sedangkan nilai emp untuk masing-masing kendaraan untuk jalan luar kota adalah sebagai berikut:

Tabel 2.10 Ekuivalensi Kendaraan Penumpang (emp) untuk Jalan 2/2 UD

Tipe Alinyemen	Arus total (kend/jam)	emp					
		MHV	LB	LT	MC		
					<6 m	6 – 8 m	>8 m
Datar	0	1,2	1,2	1,8	0,8	0,6	0,4
	800	1,8	1,8	2,7	1,2	0,9	0,6
	1350	1,5	1,6	2,5	0,9	0,7	0,5
	1900	1,3	1,5	2,5	0,6	0,5	0,4
Bukit	0	1,8	1,6	5,2	0,7	0,5	0,3
	650	2,4	2,5	5,0	1,0	0,8	0,5
	1100	2,0	2,0	4,0	0,8	0,6	0,4
	1600	1,7	1,7	3,2	0,5	0,4	0,3
Gunung	0	3,5	2,5	6,0	0,6	0,4	0,2
	450	3,0	3,2	5,5	0,9	0,7	0,4
	900	2,5	2,5	5,0	0,7	0,5	0,3
	1350	1,9	2,2	4,0	0,5	0,4	0,3

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia,1997)

## Keterangan :

LV	(Kendaraan Ringan)	:	Kendaraan bermotor beroda empat, dengan dua gandar berjarak 2,0-3,0 m (termasuk kendaraan penumpang, oplet, mikro bis, pick-up, dan truk kecil, sesuai sistem klasifikasi bina marga)
MHV	(Kendaraan Berat Menengah)	:	Kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5 – 5,0 m (termasuk bis kecil, truk dua as dengan enam roda, sesuai sistem klasifikasi bina marga)
LT	(Truk Besar)	:	Truk tiga gandar dan truk kombinasi dengan jarak gandar ( gandar pertama dan kedua ) < 3,5 m (sesuai sistem klasifikasi bina marga)
LB	(Bis Besar)	:	Bis dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,0 – 6,0 m
MC	(Sepeda Motor)	:	Sepeda motor dengan dua atau tiga roda (meiputi sepeda motor dan kendaraan roda tiga sesuai sistem klasifikasi bina marga)

## 4. Lalu lintas harian rata – rata

Lalu lintas harian rata-rata adalah volume lalu lintas rata-rata dalam satu hari. Dari cara memperoleh data tersebut dikenal dua jenis lalu lintas harian rata-rata yaitu lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) dan lalu lintas harian rata-rata (LHR). LHRT adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data selama satu tahun penuh. LHR adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan

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

$$LHR = \frac{\text{(Jumlah lalu lintas selama pengamatan)}}{\text{lamanya pengamatan}}$$



Pada umumnya lalu lintas jalan raya terdiri dari campuran kendaraan berat dan kendaraan ringan, cepat atau lambat, motor atau tak bermotor, maka dalam hubungannya dengan kapasitas jalan (jumlah kendaraan maksimum yang melewati 1 titik/ 1 tempat dalam satuan waktu) mengakibatkan adanya pengaruh dari setiap jenis kendaraan tersebut terhadap keseluruhan arus lalu lintas. Pengaruh ini diperhitungkan dengan mengekivalenkan terhadap kendaraan standar.

### 2.2.1 Volume jam rencana

Volume jam rencana (VJR) adalah perkiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam SMP/jam. VJR digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalu lintas lainnya yang diperlukan. VJR dapat dihitung dengan rumus :

$$VJR = VLHR \times K$$

Dimana :

- VLHR : Volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana (SMP/hari)
- K : Faktor volume lalu lintas jam sibuk

Tabel 2.11 Penentuan Faktor-K

VLHR	Faktor – K (%)
> 50.000	4-6
30.000 – 50.000	6-8
10.000 – 30.000	6-8
5.000 – 10.000	8-10
1.000 – 5.000	10-12
< 1.000	12-16

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.38/TBM/1997)

### 2.2.2 Pertumbuhan lalu lintas

Perkiraan (*forecasting*) lalu lintas harian rata-rata yang ditinjau dalam waktu 5, 10, 15, atau 20 tahun mendatang. Setelah waktu peninjauan berlalu, maka pertumbuhan lalu lintas ditinjau kembali untuk mendapatkan pertumbuhan lalu lintas yang akan datang. Perkiraan perhitungan pertumbuhan lalu lintas ini digunakan sebagai dasar untuk menentukan kelas jalan dan menghitung perencanaan perkerasan jalan tersebut.

Persamaan:

$$Y' = a + bX$$

$$a = \frac{\sum Y_i \times \sum X_i^2 - \sum X_i \times \sum X_i Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$b = \frac{\sum X_i Y_i - \sum X_i \times \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

Dimana :

Y' : Subyek dalam variabel dependen yang diprediksikan  
(LHR)

a dan b : Konstanta awal energy

X : Waktu (tahun)

LHR dapat dihitung dengan rumus :

$$LHR_n = LHR_0 \times (1 + i)^n$$

Dimana :

LHR<sub>n</sub> : Besarnya arus lalu lintas pada tahun rencana (pada tahun ke-n)

LHR<sub>0</sub> : Besarnya arus lalu lintas pada awal perencanaan

i : Faktor pertumbuhan lalu lintas

N : Umur rencana

### 2.2.3 Kapasitas

Kapasitas dapat didefinisikan sebagai tingkat arus maksimum dimana kendaraan dapat diharapkan untuk melalui suatu potongan jalan pada waktu tertentu untuk kondisi lajur/jalan, lalu lintas, pengendalian lalu lintas dan cuaca

yang berlaku (Tamin, 1997). Oleh karena itu, kapasitas tidak dapat dihitung dengan formula yang sederhana. Yang penting dalam penilaian kapasitas adalah pemahaman akan kondisi yang berlaku. Kondisi ideal dapat dinyatakan sebagai kondisi yang mana peningkatan jalan lebih lanjut dan perubahan kondisi cuaca tidak akan menghasilkan pertambahan nilai kapasitas.

Rumus yang digunakan berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, adalah sebagai berikut :

$$C = C_0 \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{SF}$$

Dimana :

- C : Kapasitas (smp/jam)  
 C<sub>0</sub> : Kapasitas dasar (smp/jam)  
 FC<sub>w</sub> : Faktor penyesuaian lebar lajur lalu lintas  
 FC<sub>SP</sub> : Faktor penyesuaian pemisah arah  
 FC<sub>SF</sub> : Faktor penyesuaian hambatan samping

a. Kapasitas Dasar (C<sub>0</sub>)

Kapasitas dasar adalah volume maksimum perjam yang dapat dilewati kendaraan pada suatu potongan lajur jalan (untuk multi lajur) atau potongan jalan (untuk dua lajur) pada kondisi jalan dan arus ideal. Kapasitas jalan tergantung pada tipe jalan, jumlah lajur dan apakah jalan dipisahkan dengan pemisah fisik atau tidak, seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2.12 Kapasitas Dasar pada Jalur Luar Kota 4-Lajur 2-Arah (4/2)

Tipe Jalan/ Tipe Alinyemen	Kapasitas Dasar Total Kedua Arah (smp/jam/lajur)
Empat – lajur terbagi	
Datar	1900
Bukit	1850
Gunung	1800
Empat – lajur tak terbagi	
Datar	1700
Bukit	1650
Gunung	1600

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia,1997)

Tabel 2.13 Kapasitas Dasar pada Jalur Luar Kota 2-Lajur 2-Arah (2/2)

Tipe Jalan/ Tipe Alinyemen	Kapasitas Dasar Total Kedua Arah (smp/jam/lajur)
Dua– lajur tak terbagi	
Datar	3100
Bukit	3000
Gunung	2900

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia,1997)

b. Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas ( $FC_w$ )

Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas adalah seperti tabel berikut :

Tabel 2.14 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Jalur Lalu Lintas ( $FC_w$ )

Tipe Jalan	Lebar Efektif Jalur Lalu Lintas (m)	$FC_w$
Empat lajur terbagi	Per lajur	
Enam lajur terbagi	3,20	0,91
Empat Lajur tak terbagi	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,03
Dua lajur tak terbagi	Total kedua arah	
	5	0,69
	6	0,91
	7	1,00
	8	1,08
	9	1,15
	10	1,21
11	1,27	

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia,1997)

c. Faktor penyesuaian pemisah arah ( $FC_{SP}$ )

Besarnya faktor penyesuaian untuk jalan tanpa pengguna pemisah arah, untuk jalan terbagi faktor penyesuaian kapasitas akibat pemisah arah tidak dapat dan nilainya 1,0.

Tabel 2.15 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah ( $FC_{SP}$ )

Pemisah arah SP %-%		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
$FC_{SP}$	Dua lajur 2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat lajur 4/2	1,00	0,975	0,95	0,925	0,90

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia,1997)

d. Faktor penyesuaian hambatan samping

Faktor penyesuaian hambatan samping berdasarkan pada lebar efektif bahu dan kelas hambatan samping.

Tabel 2.16 Kelas Hambatan Samping

Kelas Hambatan Samping	Kode	Kondisi Khas
Sangat rendah	VL	Pedesaan: pertanian atau belum berkembang
Rendah	L	Pedesaan: beberapa bangunan dan kegiatan samping jalan
Sedang	M	Kampung: kegiatan pemukiman
Tinggi	H	Kampung: beberapa kegiatan pasar
Sangat tinggi	VH	Hampir perkotaan: banyak pasar/kegiatan niaga

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia,1997)

Tabel 2.17 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping ( $FC_{SF}$ )

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	Faktor penyesuaian akibat hambatan samping ( $FC_{SF}$ )			
		LEbar bahu efektif (m)			
		<0,5	1,0	1,5	>2,0
4/2 D	VL	0,99	1,00	1,01	1,03
	L	0,96	0,97	0,99	1,01
	M	0,93	0,95	0,96	0,99
	H	0,90	0,92	0,95	0,97
	VH	0,88	0,90	0,93	0,96
2/2 UD 4/2 UD	VL	0,97	0,99	1,00	1,02
	L	0,93	0,95	0,97	1,00
	M	0,88	0,91	0,94	0,98
	H	0,84	0,87	0,91	0,95
	VH	0,80	0,83	0,88	0,93

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia,1997)

### 2.2.4 Derajat kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai arus (Q) terhadap kapasitas (C), yang digunakan sebagai faktor utama untuk menentukan tingkat kinerja dan segmen jalan (MKJI,1997). Nilai DS menentukan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak.

$$DS = \frac{Q}{C}$$

Bila derajat kejenuhan (DS) yang didapat  $<0,75$  maka jalan tersebut masih memenuhi (layak) dan apabila derajat kejenuhan (DS) yang didapat  $>0,75$ , maka perlu dilakukan pelebaran.

### 2.3 Bagian – Bagian Jalan

#### a. Daerah Penguasaan Jalan

Dibagi menjadi 3 bagian yaitu:

##### 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.

#### b. Daerah Milik Jalan

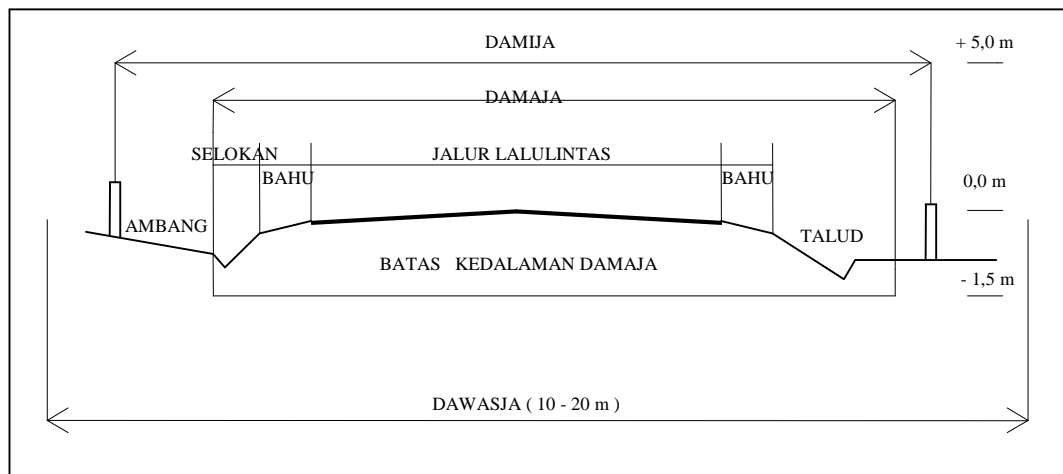
Ruang Daerah Milik Jalan (DAMIJA) dibatasi oleh lebar yang sama dengan Damaja ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1.5 meter.

#### c. Daerah Pengawasan Jalan

##### 1) Ruang Daerah Pengawasan Jalan (Dawasja) adalah ruang sepanjang jalan di luar Damaja yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu, diukur dari sumbu jalan sebagai berikut:

- (a) alan Arteri minimum 20 meter
- (b) Jalan Kolektor minimum 15 meter
- (c) Jalan Lokal minimum 10 meter

##### 2) 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

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 :

a. Syarat ekonomis

Di dalam perencanaan yang menyangkut syarat-syarat ekonomis sebagai berikut

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

b. 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 Penampang melintang

Penampang melintang jalan merupakan bagian–bagian jalan yang terdiri dari:

### 1) 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 lajur peruntukannya, lebar jalur minimum adalah 4,5 meter, dengan lebar tersebut akan memungkinkan dua kendaraan kecil dapat saling berpapasan. Papasan dua kendaraan besar yang terjadi sewaktu–waktu dapat menggunakan bahu jalan.

Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa tipe yaitu :

- a. 1 jalur - 2 lajur - 2 arah (2/2 TB)
- b. 1 jalur - 2 lajur - 1 arah (2/1 TB)
- c. 2 jalur - 4 lajur - 2 arah (4/2 B)
- d. 2 jalur - n lajur - 2 arah (n/2 B)

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 :

- (a) 2 – 3% untuk perkerasan aspal dan perkerasan beton
- (b) 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 2.18

Tabel 2.18 Lebar Lajur Jalan Ideal

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

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Jalan Geometrik Antar Kota, hal 17; 1997)



## 2) 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 ditinggikan. Lebar minimum median terdiri atas jalur tepian selebar 0.25 – 0.50 meter.

Adapun fungsi dari median tersebut antara lain :

- a. Memisahkan dua aliran lalu lintas yang berlawanan arah
- b. Ruang lapak tunggu penyeberang jalan
- c. Penempatan fasilitas jalan
- d. Tempat prasarana kerja sementara
- e. Penghijauan
- f. Mengurangi silau dari sinar lampu kendaraan dari arah yang berlawanan

## 3) 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%.

## 4) 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.

## 5) Selokan

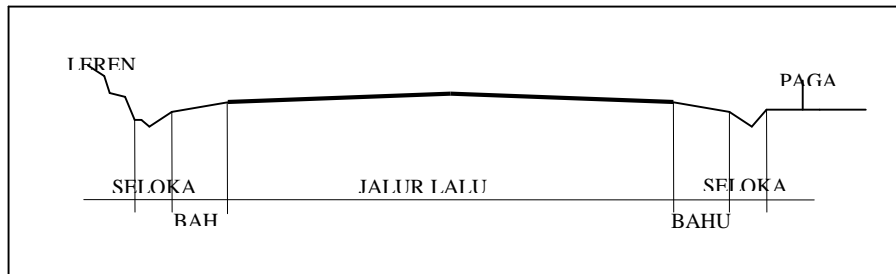
Selokan dibuat untuk mengendalikan air (limpasan) permukaan akibat air hujan dan bertujuan untuk memelihara agar jalan tidak tergenang air hujan dalam waktu yang cukup lama (yang akan mengakibatkan kerusakan konstruksi jalan).

## 6) Lereng

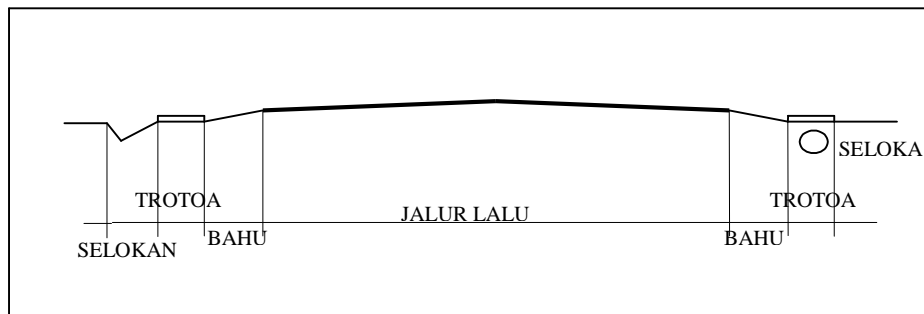
Lereng merupakan bagian dari kondisi alam yang tidak terkena pengaruh dari perencanaan suatu ruas jalan. Lereng alam ini biasanya berupa bukit yang

harus diperkuat untuk melindungi lereng timbunan atau galian dan menahan gerusan air.

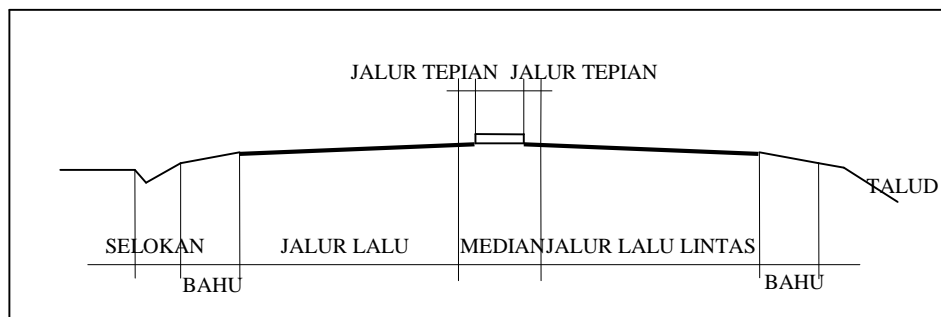
Gambar penampang melintang jalan dengan tipikal-tipikal diatas dapat dilihat pada gambar 2.6, 2.7, dan 2.8



Gambar 2.6 Tipikal Penampang Melintang Jalan



Gambar 2.7 Tipikal Penampang Melintang Jalan yang Dilengkapi Trotoar



Gambar 2.8 Tipikal Penampang Melintang Jalan yang Dilengkapi Median

## 2.5 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah garis proyeksi sumbu jalan tegak lurus bidang datar peta (trase). Trase jalan biasa disebut situasi jalan, secara umum menunjukkan arah dari jalan yang bersangkutan. (Sukirman, 1999)

Desain alinyemen horizontal sangat dipengaruhi oleh kecepatan rencana yang ditentukan berdasarkan tipe dan kelas jalan. Pada perencanaan alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis bagian jalan, yaitu bagian lurus dan bagian lengkung. Umumnya disebut tikungan yang terdiri dari tiga jenis tikungan. Tikungan yang digunakan yaitu:

1. Full Circle (FC)
2. Spiral Circle Spiral (S-C-S).
3. Spiral-Spiral (S-S).

### 2.5.1 Bagian jalan lurus maksimum

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempatkan dalam waktu tidak lebih dari 2,5 menit (sesuai  $V_r$ ).

Tabel 2.19 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maksimum		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Arteri	3000	2500	2000
kolektor	2000	1750	1500

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

### 2.5.2 Tikungan dengan jari – jari minimum

Kendaraan pada saat melalui tikungan dengan kecepatan ( $V$ ) akan menerima gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil gaya sentrifugal ini dapat diimbangi dengan gaya yang berasal dari:

1. Komponen berat kendaraan akibat kemiringan melintang permukaan jalan.
2. Gesekan samping antara ban kendaraan dengan permukaan jalan.

Tabel 2.20 Panjang Jari – jari Minimum

Vr (km/Jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jari – jari minimum (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

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

Harus diingat bahwa jari–jari diatas bukanlah jari–jari diinginkan tetapi adalah nilai kritis untuk keamanan dan kenyamanan pengemudi, perlu di usahakan jari–jari lengkung dibuat lebih besar dalam setiap perencanaan. (Shirley, 2000)

### 2.5.3 Lengkung penuh / *full circle*

*Full circle* adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan *full circle* hanya digunakan untuk R (jari-jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka diperlukan superelevasi yang besar. Jari-jari tikungan untuk tikungan jenis *full circle* ditunjukkan pada tabel 2.21.

Tabel 2.21 Jari-jari Tikungan Yang Tidak Memerlukan Lengkung 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 Jalan Geometrik Antar Kota, hal 30; 1997)

Rumus yang digunakan pada tikungan *full circle* yaitu :

$$Tc = Rc \tan^{1/2} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$Ec = Tc \tan^{1/4} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$Lc = \frac{f}{180} \cdot \Delta \cdot Rc \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana :

= sudut tangen

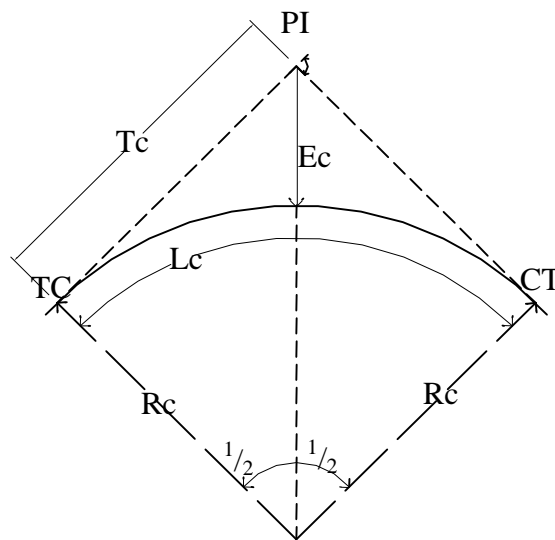
$T_c$  = panjang tangen jarak dari TC ke PI atau PI ke CT

$R_c$  = jari-jari lingkaran

$E_c$  = jarak luar dari PI ke busur lingkaran

$L_c$  = panjang busur lingkaran

Komponen-komponen untuk tikungan *full circle* dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Lengkung *Full Circle*

#### 2.5.4 Lengkung *spiral-circle-spiral*

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran, jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lurus dan bagian lingkaran (*circle*), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran. Lengkung peralihan dengan bentuk spiral (*clothoid*) banyak digunakan juga oleh Bina Marga. Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan S-C-S. Panjang lengkung peralihan ( $L_s$ ), menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997, diambil nilai terbesar dari tiga persamaan dibawah ini:

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

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} T \dots\dots\dots(2.20)$$

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

$$L_s = 0,022 \frac{V_R^3}{Rc \cdot C} - 2,727 \frac{V_R \cdot e}{C} \dots\dots\dots(2.21)$$

3) Berdasarkan tingkat pencapaian kelandaian:

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \cdot r_e} x V_R \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana:

T = Waktu tempuh (3 detik)

$V_R$  = Kecepatan rencana (km/jam)

$Rc$  = Jari-jari lingkaran (m)

C = Perubahan percepatan (0,3 – 1,0) disarankan 0,4 m/det<sup>3</sup>

E = Superelevasi (%)

$e_m$  = Superelevasi maksimum (%)

$e_n$  = Superelevasi normal (%)

$r_e$  = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan, sebagai berikut:

(a) Untuk  $V_R \leq 70$  km/jam nilai  $r_e$  mak = 0,035 m/m/det

(b) Untuk  $V_R > 80$  km/jam nilai  $r_e$  mak = 0,025 m/m/det

Adapun rumus yang digunakan untuk menentukan tikungan *spiral– circle–spiral* yaitu:

$$X_s = L_s \left( 1 - \frac{L_s^2}{40Rc^2} \right) \dots\dots\dots(2.23)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6Rc} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{f Rc} \dots\dots\dots(2.25)$$

$$p = \frac{Ls^2}{6Rc} - Rc(1 - \cos s) \dots\dots\dots (2.26)$$

$$k = Ls \left( 1 - \frac{Ls^2}{40Rc^2} \right) - Rc \sin s \dots\dots\dots (2.27)$$

$$Ts = (Rc + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots\dots\dots (2.28)$$

$$Es = \frac{(Rc + p)}{\cos \frac{1}{2}(\Delta)} - Rc \dots\dots\dots (2.29)$$

$$Lc = \frac{(\Delta - 2s)}{180} \times Rc \dots\dots\dots (2.30)$$

$$L_{tot} = Lc + 2Ls \dots\dots\dots (2.31)$$

Kontrol :  $L_{tot} < 2.Ts$

Dimana:

$Ls$  = panjang lengkung peralihan

$Xs$  = absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC

$Ys$  = ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen

$Lc$  = panjang busur lingkaran

$Ts$  = panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST

$Es$  = jarak dari PI ke busur lingkaran

$s$  = sudut lengkung spiral

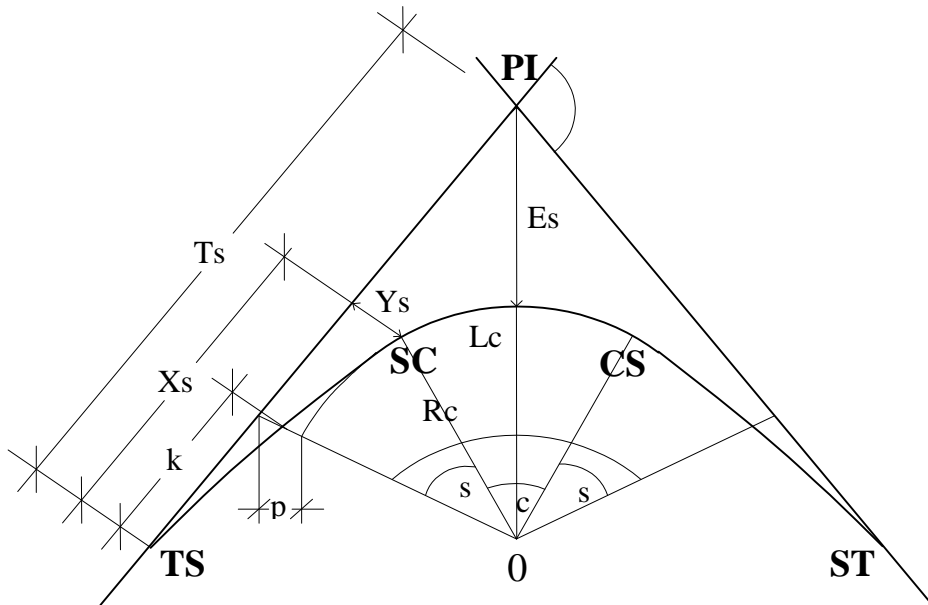
= sudut tangen

$Rc$  = jari-jari lingkaran

$p$  = pergeseran tangen terhadap spiral

$k$  = absis dari  $p$  pada garis tangen spiral

Jika diperoleh  $Lc < 25$  m, maka sebaiknya tidak digunakan bentuk S-C-S, tetapi digunakan lengkung S-S, yaitu lengkung yang terdiri dari dua buah lengkung peralihan. Komponen-komponen untuk tikungan *spiral-circle-spiral* dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Komponen *Spiral–Circle–Spiral*

**2.5.5 Lengkung *spiral-spiral***

*Spiral–Spiral (S–S)* yaitu bentuk tikungan yang digunakan pada keadaan yang sangat tajam.

Untuk *spiral –spiral* ini berlaku rumus sebagai berikut:

$$s = \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots (2.32)$$

$$L_{tot} = 2Ls \dots\dots\dots (2.33)$$

Untuk menentukan  $Ls$ , dapat menggunakan rumus:

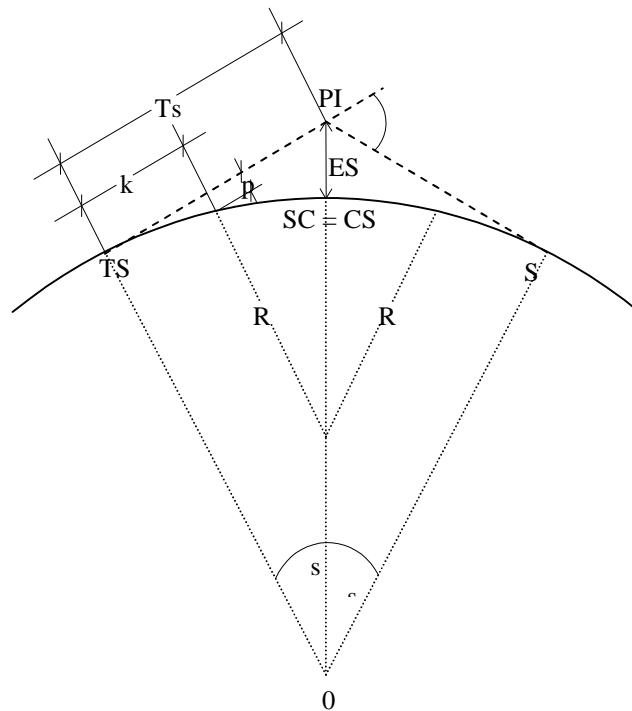
$$Ls = \frac{(s \cdot f \cdot Rc)}{90} \dots\dots\dots (2.34)$$

Kontrol :  $L_{tot} < 2 \cdot Ts$

Sedangkan untuk nilai  $p$ ,  $k$ ,  $Ts$ , dan  $Es$ , dapat juga menggunakan rumus (2.12) sampai (2.15).

Komponen-komponen untuk tikungan *spiral – spiral* dapat dilihat pada gambar 2.11.





Gambar 2.11 Komponen *Spiral – Spiral*

### 2.5.6 Kemiringan melintang (e)

Menurut Silvia Sukirman, 1999, Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan, Hal 72, Jari-jari tikungan ( $R_{min}$ ) ditentukan dengan nilai superelevasi maksimum sedangkan faktor yang mempengaruhi keadaan seperti:

- a) Keadaan cuaca
- b) Jalan yang berada di daerah yang sering hujan.
- c) Keadaan medan seperti datar, berbukit atau pegunungan

Untuk jari-jari lengkung yang besarnya antara dua nilai extrem tersebut diatas pada kecepatan rencana tertentu, besarnya superelevasi harus ditetapkan sedemikian rupa dengan maksud dapat didistribusikan secara logis antara faktor gesekan melintang dan superelevasi. Karena pertimbangan factor drainase, maka untuk jalan lurus diperlukan lereng  $e = 2\%$  dapat dipertahankan pada tikungan tertentu seperti tikungan yang tumpu. Ini termasuk pada jari-jari tikungan serta kecepatan rencana yang di tetapkan. (Shirley ,2000)

### 2.5.7 Diagram superelevasi

Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997, Superelevasi adalah suatu kemiringan melintang di tikungan yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima kendaraan pada saat berjalan melalui tikungan pada kecepatan  $V$ , dan Nilai superelevasi maksimum ditetapkan 10%. Pencapaian Superelevasi, proses tahapan diagram superelevasi pada masing-masing tikungan adalah sebagai berikut :

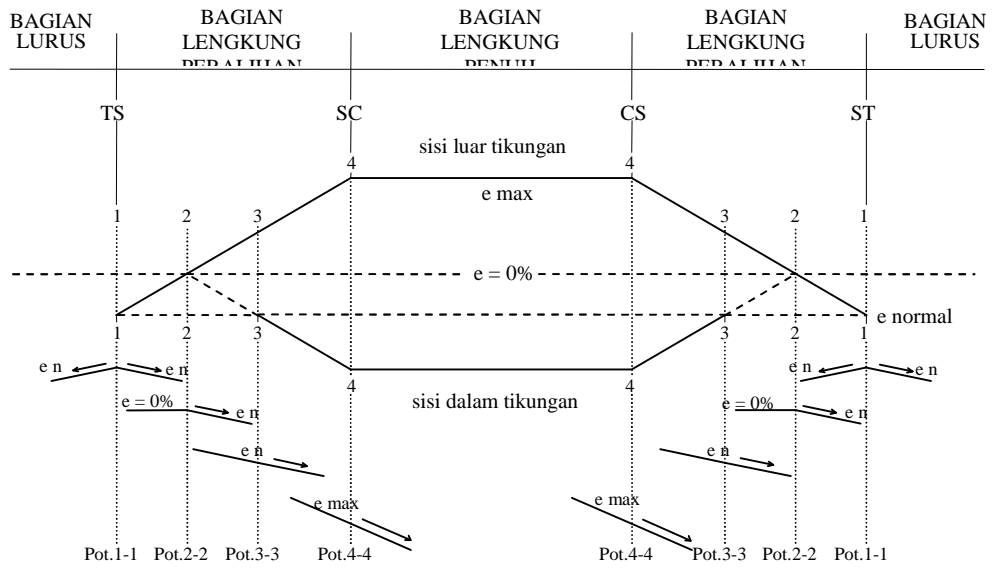
- a) Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.
- b) Pada tikungan SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bentuk normal sampai awal lengkung peralihan (TS)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

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

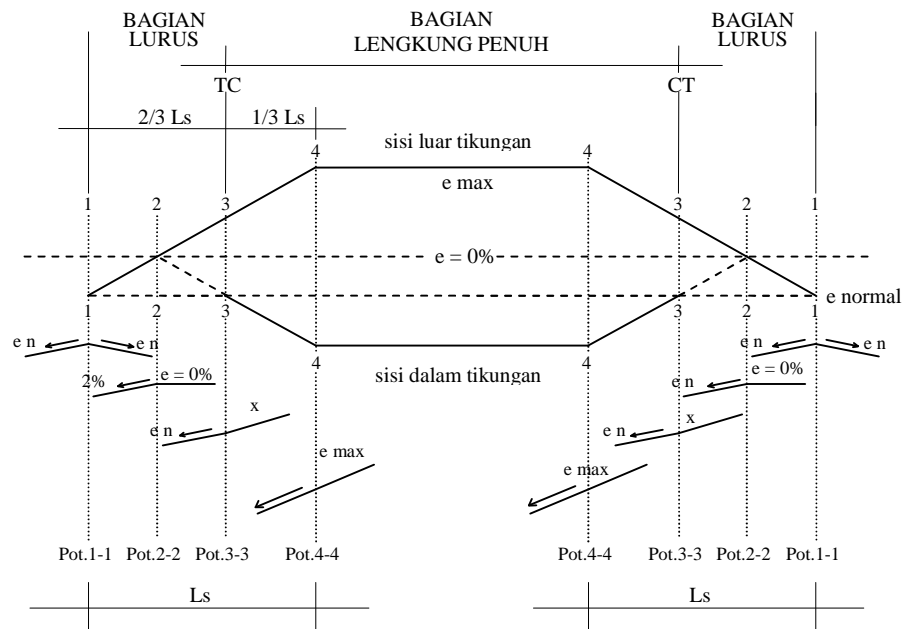
Ada tiga cara untuk superelevasi yaitu :

1. Memutar perkerasan jalan terhadap profil sumbu
2. Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah dalam
3. Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah luar

Adapun diagram pencapaian superelevasi pada tikungan *spiral – circle – spiral* dapat dilihat pada gambar 2.12.

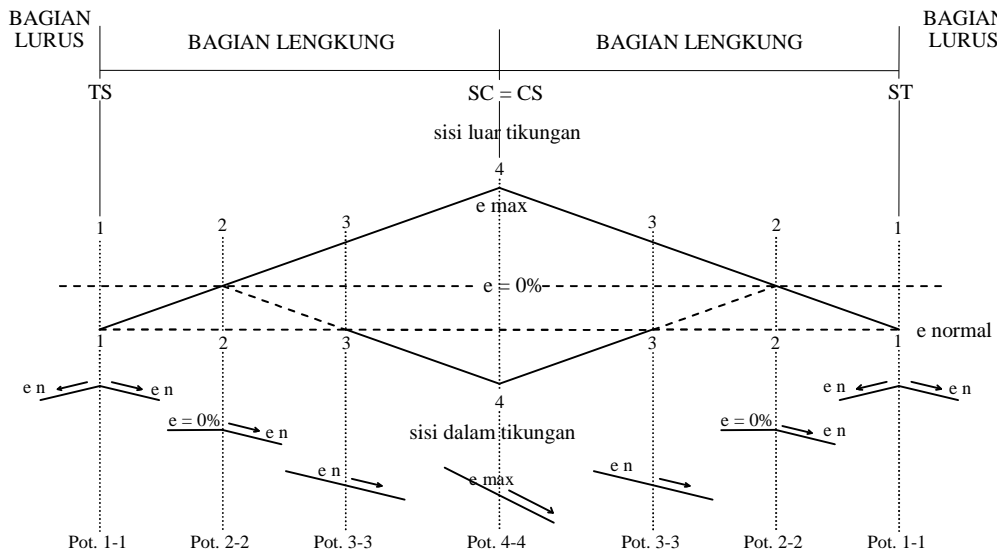


Gambar 2.12 Metoda Pencapaian Superelevasi pada Tikungan *Spiral – Circle – Spiral* (contoh untuk tikungan ke kanan)  
 Untuk tikungan *full circle*, diagram pencapaian superelevasi dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Metoda Pencapaian Superelevasi pada Tikungan *Full Circle* (contoh untuk tikungan ke kiri)

Untuk tikungan *spiral-spiral*, diagram pencapaian superelevasi dapat dilihat pada gambar 2.14.



Gambar 2.14 Metoda Pencapaian Superelevasi pada Tikungan *Spiral – Spiral* (contoh untuk tikungan ke kanan)

**2.5.8 Landai relatif**

Kemiringan melintang atau kelandaian pada penampang jalan diantara tepi perkerasan luar dan sumbu jalan sepanjang lengkung peralihan disebut landai relatif. Pencapaian tikungan jenis *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.  $Ls'$  dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Ls' = (e + e_n) \cdot B \cdot \frac{1}{m} \dots \dots \dots (2.35)$$

Dimana :

- $\frac{1}{m}$  = landai relatif, (%)
- e = superelevasi, (m/m')
- $e_n$  = kemiringan melintang normal, (m/m')
- B = lebar lajur, (m)

### 2.5.9 Pelebaran perkerasan di 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 lajur akibat posisi roda depan dan roda belakang yang tidak sama, yang tergantung dari ukuran kendaraan.

Rumus yang digunakan:

$$B = \sqrt{\left\{\sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25\right\}^2 + 64} - \sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25 \dots\dots\dots (2.36)$$

$$Rc = \text{radius lajur sebelah dalam} - \frac{1}{4} \text{ lebar perkerasan} + \frac{1}{2} b \dots\dots (2.37)$$

$$Z = \frac{0,105 \times V}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots (2.38)$$

$$Bt = n(B + C) + Z \dots\dots\dots (2.39)$$

$$b = Bt - Bn \dots\dots\dots (2.40)$$

Dimana :

b = lebar kendaraan, (m)

Rc = radius lengkung untuk lintasan luar roda depan yang besarnya dipengaruhi oleh sudut  $\theta$ , (m)

R = radius lajur sebelah dalam / jari-jari tikungan, (m)

V = kecepatan, (km/jam)

Z = lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi di tikungan, (m)

Bt = lebar total perkerasan di tikungan, (m)

Bn = lebar total perkerasan pada bagian lurus, (m)

n = jumlah lajur

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

C = kebebasan samping, (m)

0,5 untuk lebar lajur 6 m, 1,0 untuk lebar lajur 7 m, dan 1,25 untuk lebar lajur 7,5 m

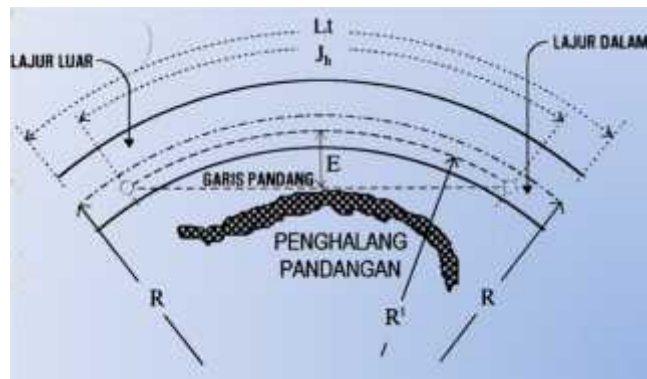
b = tambahan lebar perkerasan di tikungan, (m)

### 2.5.10 Daerah bebas samping di 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 mengijinkan, maka penerapan kebebasan samping sangat membantu meningkatkan keamanan dan kenyamanan kendaraan yang melintasi tikungan tersebut. Akan tetapi apabila kondisi medan sudah tidak mengijinkan, kebebasan samping boleh ditiadakan dengan syarat diganti dengan pemasangan rambu-rambu peringatan sehubungan dengan kecepatan yang diijinkan. Dalam memperhitungkan jarak kebebasan samping, ada dua kondisi jarak pandangan yang dapat dijadikan acuan, yaitu berdasarkan jarak pandang henti dan berdasarkan jarak pandang menyiap. Dalam hal memutuskan mana yang dipergunakan tergantung dari beberapa pertimbangan antara lain : kondisi medan, keamanan dan kenyamanan serta biaya yang tersedia. Dari segi kenyamanan pemakai jalan, sangatlah baik apabila suatu tikungan jauh dari segala penghalang, namun mungkin akan sangat berpengaruh terhadap biaya pelaksanaan yang harus disediakan. Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga  $J_h$  dipenuhi. Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan 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 di tikungan dihitung berdasarkan rumus-rumus sebagai berikut;

Jika  $J_h < L_t$

$$E = R' \left( 1 - \cos \frac{28,65 \times J_h}{R'} \right) \dots (m) \dots (2.41)$$

Gambar 2.15 Daerah Bebas Sampung untuk  $J_h < L_t$ 

Dimana :

E = jarak bebas sampung (m)

 $R'$  = Jari – jari sumbu lajur dalam

R = Jari – jari tikungan, (m)

 $J_h$  = jarak pandang henti, (m) $L_t$  = panjang tikungan, (m)Tabel 2.22 E (m) untuk  $J_h < L_t$ ,  $V_R$  (Km/jam) dan  $J_h$  (m)

R (m)	$V_R=20$	30	40	50	60	80	100	120
	$J_h=16$	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	$R_{min}=500$
300					2,3	6,0	$R_{min}=350$	
250					2,8	7,2		
200				1,5	1,9	3,5	$R_{min}=210$	
175				2,2	2,2	4,0		
150				2,5	2,5	4,7		
130			1,5	2,9	5,4			
120			1,7	3,1	5,8			
110			1,8	3,4	$R_{min}=115$			
100			2,0	3,8				
90			2,2	4,2				
80			2,5	4,7				
70		1,5	2,8	$R_{min}=80$				
60		1,8	3,3					
50		2,3	3,9					
40		3,0	$R_{min}=50$					
30		$R_{min}=30$						
20	1,6							
15	2,1							
	$R_{min}=15$							

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No : 38/TBM/1997)

Jika  $J_h > L_t$

$$E = R' \left( 1 - \cos \frac{28,65 \times J_h}{R'} \right) + \left( \frac{J_h - L_t}{2} \sin \frac{28,65 \times J_h}{R'} \right) \dots \dots \dots (2.42)$$

Dimana :

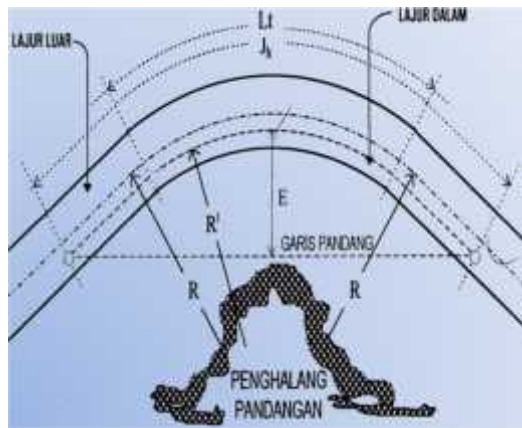
$E$  = jarak bebas samping (m)

$R'$  = Jari – jari sumbu lajur dalam

$R$  = Jari – jari tikungan, (m)

$J_h$  = jarak pandang henti, (m)

$L_t$  = panjang tikungan, (m)



Gambar 2.16 Daerah Bebas Samping untuk  $J_h > L_t$

Tabel 2.23 E (m) untuk  $J_h > L_t$ ,  $V_R$  (Km/jam) dan  $J_h$  (m), dimana  $J_h - L_t \geq 25$  m

Tabel 2.23 Jarak Pandang Henti ( $J_h$ ) Minimum

$V_R$ (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
$J_h$ Min (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Jalan Geometrik Antar Kota, hal 21; 1997)



### 2.5.11 Stasioning

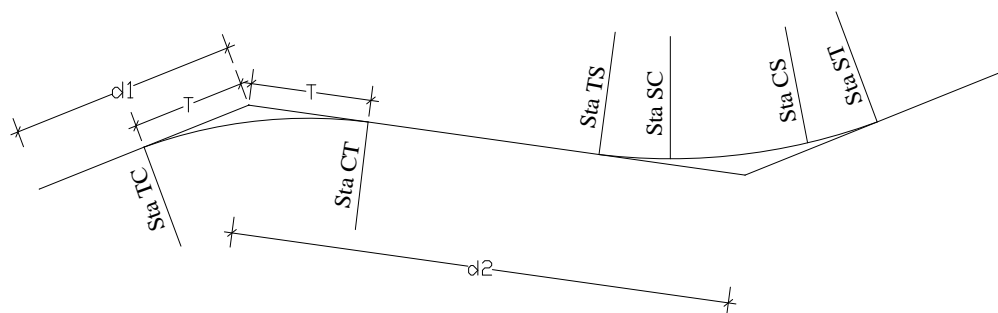
Menurut Silvia Sukirman,1999, Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberi nomor pada interval-interval tertentu dari awal sampai akhir proyek. Nomor jalan (STA) jalan dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang ditinjau dan sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Adapun interval untuk masing-masing penomoran jika tidak adanya perubahan arah tangent pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal adalah sebagai berikut:

- a) Setiap 100 m, untuk daerah datar
- b) Setiap 50 m, untuk daerah bukit
- c) 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:

- a. 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.
- b. 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 2.17



Gambar 2.17 Sistem Penomoran Jalan

## 2.6 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertical adalah perpotongan bidang vertical yang melalui sumbu jalan atau proyeksi tegak lurus bidang gambar. Profil ini menggambarkan tinggi rendahnya jalan terhadap keadaan muka tanah asli, sehingga memberikan gambaran terhadap kemampuan kendaraan dalam keadaan naik dan bermuatan penuh (untuk itu truk digunakan sebagai kendaraan standard). Alinyemen vertical sangat erat hubungannya dengan biaya konstruksi jalan, biaya penggunaan kendaraan dan jumlah lalu lintas (Sukirman,1999).

Beberapa factor yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan alinyemen vertikal:

- a) Landai maksimum
- b) Panjang landai kritis
- c) Lengkung vertical

### 2.6.1 Landai maksimum

Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997:

1. Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti.
2. Kelandaian maksimum didasarkan di kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.
3. Kelandaian maksimum untuk berbagai  $V_r$

Tabel 2.24 Landai Maksimum

$V_r$ (Km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40
Kelandaian maximum (%)	3	3	4	5	8	9	10	10

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

### 2.6.2 Panjang landai kritis

Panjang kritis yaitu panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh  $V_r$ . Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak

lebih dari satu menit.

Tabel 2.25 Panjang Landai Kritis

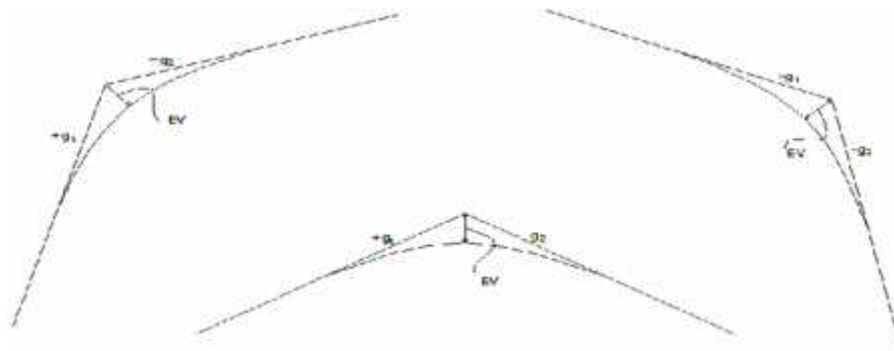
Kecepatan pada awal tanjakan (km/jam)	Kelandaian(%)						
	4	5	6	7	8	9	10
80	630	460	360	270	230	230	200
60	320	210	160	120	110	90	80

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

### 2.6.3 Lengkung vertikal

Pada setiap penggantian landai harus dibuat lengkung vertikal yang harus memenuhi keamanan, kenyamanan dan drainase yang baik. lengkung vertikal yang digunakan adalah lengkung parabola sederhana (Sukirman,1999)

#### a) Lengkung Vertikal Cembung



Gambar 2.18 Lengkung Vertikal Cembung

Keterangan:

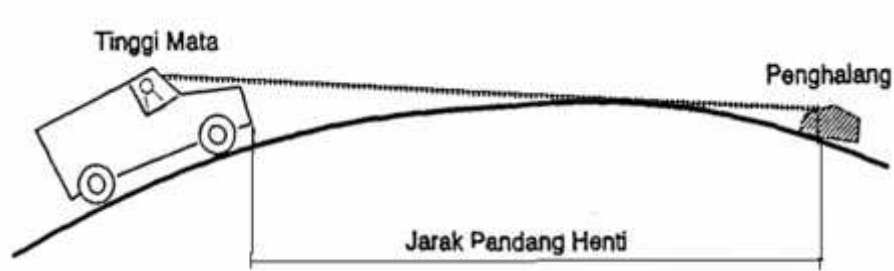
G1 dan G2 = besarnya kelandaian (%)

Tanda (+) = pendakian

Tanda (-) = penurunan

Ev = pergeseran vertikal dari titik PPV ke bagian lengkung

PPV = titik perpotongan vertikal



Gambar 2.19 Jarak pandang Lengkung Vertikal Cembung

b) Lengkung Vertikal Cekung



Gambar 2.20 Lengkung Vertikal Cekung

Keterangan:

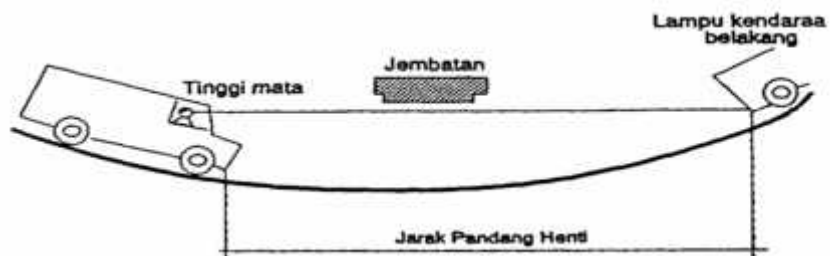
$G_1$  dan  $G_2$  = besarnya kelandaian (%)

Tanda (+) = pendakian

Tanda (-) = penurunan

$E_v$  = pergeseran vertikal dari titik PPV ke bagian lengkung

PPV = titik perpotongan vertikal

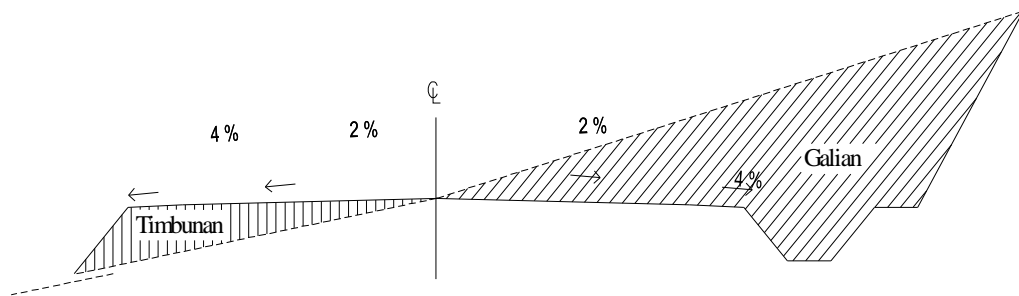


Gambar 2.21 Jarak Pandang Lengkung Vertikal Cekung

## 2.7 Perhitungan Galian dan Timbunan

Dalam perencanaan jalan raya diusahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen vertical dan horizontal memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan. Langkah-langkah dalam perhitungan galian dan timbunan, antara lain:

- 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.



Gambar 2.22 Galian dan Timbunan

- Hitung volume galian dan timbunan dengan mengalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.

Tabel 2.26 Perhitungan Galian dan Timbunan

Sta	Luas (m <sup>2</sup> )		Jarak (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	
	Galian	Timbunan		Galian	Timbunan
0+000	A	A	L	$A + B$	$A + B$
0+100	B	B		$\times L = C$	$\times L = C$
JUMLAH				$\sum C, \dots, N$	$\sum C, \dots, N$

(Sumber : Hendra Suryadharma, 1999)

## 2.8 Perencanaan perkerasan jalan beton semen

Dalam pedoman perencanaan perkerasan jalan beton semen Pd T-14-2003, metode perencanaan didasarkan pada :

- a. Perkiraan lalu-lintas dan komposisi selama umur rencana.
- b. Kekuatan tanah dasar yang dinyatakan dengan CBR (%).
- c. Kekuatan beton yang digunakan.
- d. Jenis bahu jalan, perkerasan dan penyaluran beban

### 2.8.1 Jenis perkerasan beton semen

Perkerasan jalan adalah suatu bagian konstruksi jalan yang terletak diatas tanah dasar yang bertujuan untuk melewati lalu lintas dengan aman dan nyaman serta menerima dan meneruskan beban lalu lintas ke tanah dasar.

Perkerasan beton semen dibedakan ke dalam 4 jenis :

- a. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan
- b. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan
- c. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan
- d. Perkerasan beton semen pra-tegang

Perkerasan beton semen adalah struktur yang terdiri atas pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan, terletak di atas lapis pondasi bawah atau tanah dasar, tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal. Struktur perkerasan beton semen secara tipikal sebagai mana terlihat pada Gambar 2.23



Gambar 2.23 Tipikal Struktur Perkerasan Beton Semen

Pada perkerasan beton semen, daya dukung perkerasan terutama diperoleh dari pelat beton. Sifat daya dukung dan keseragaman tanah dasar sangat mempengaruhi keawetan dan kekuatan perkerasan beton semen. Faktor-faktor

yang perlu diperhatikan adalah kadar air pemadatan, kepadatan dan perubahan kadar air selama masa pelayanan.

Lapis pondasi bawah pada perkerasan beton semen adalah bukan merupakan bagian utama yang memikul beban, tetapi merupakan bagian yang berfungsi sebagai berikut :

- a. Mengendalikan pengaruh kembang susut tanah dasar.
- b. Mencegah intrusi dan pemompaan pada sambungan, retakan dan tepi-tepi pelat.
- c. Memberikan dukungan yang mantap dan seragam pada pelat.
- d. Sebagai perkerasan lantai kerja selama pelaksanaan.

Pelat beton semen mempunyai sifat yang cukup kaku serta dapat menyebarkan beban pada bidang yang luas dan menghasilkan tegangan yang rendah pada lapisan-lapisan di bawahnya. Bila diperlukan tingkat kenyamanan yang tinggi, permukaan perkerasan beton semen dapat dilapisi dengan lapis campuran beraspal setebal 5 cm.

### **2.8.2 Tanah dasar**

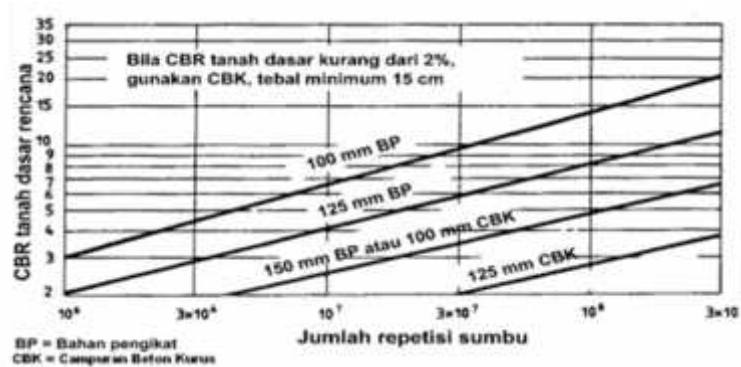
Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR (Pd T-14-2003). Apabila tanah dasar mempunyai nilai CBR lebih kecil dari 2 %, maka harus dipasang pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean-Mix Concrete*) setebal 15 cm yang dianggap mempunyai nilai CBR tanah dasar efektif 5 %.

### **2.8.3 Pondasi bawah**

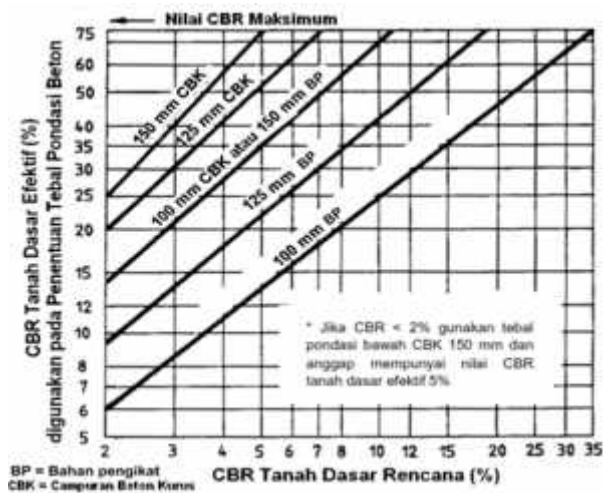
Bahan pondasi bawah dapat berupa :

- a. Bahan berbutir.
- b. Stabilitas atau dengan beton kurus giling padat (*Lean Roller Concrete*).
- c. Campuran beton kurus (*Lean-Mix Concrete*).

Lapis pondasi bawah perlu diperlebar sampai 60 cm diluar tepi perkerasan beton semen dan tebal lapis pondasi minimum 10 cm. Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus menggunakan campuran beton kurus (CBK). Tebal lapis pondasi bawah minimum dapat dilihat pada gambar 2.24 dan tanah dasar efektif didapat dari gambar 2.25.



Gambar 2.24 Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Perkerasan Beton Semen



Gambar 2.25 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah

#### 2.8.4 Pondasi bawah material berbutir

Dalam pedoman perencanaan perkerasan jalan beton semen (Pd T-14-2003), persyaratan dan gradasi pondasi bawah harus sesuai dengan kelas B, ketebalan pondasi bawah minimum untuk tanah dasar dengan CBR minimum 5% adalah 15 cm.

##### a. Pondasi bawah dengan bahan pengikat (*Bound Sub-base*)

Pondasi bawah dengan bahan pengikat (BP) dapat menggunakan salah satu dari :

- 1) Stabilitas material berbutir dengan kadar bahan pengikat yang sesuai dengan hasil perencanaan. Jenis bahan pengikat dapat



meliputi semen, kapur, serta abu terbang dan/atau slag yang dihaluskan.

2) Campuran beraspal bergradasi rapat (*dense – graded asphalt*)

3) Campuran beton kurus giling padat yang harus mempunyai kuat tekan pada umur 28 hari minimum 5,5 MPa (55 kg/cm<sup>2</sup>).

b. Pondasi bawah dengan campuran beton kurus (*Lean-Mix Concrete*)

Campuran beton kurus (CBK) harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum 5 MPa (50 kg/cm<sup>2</sup>) tanpa menggunakan abu terbang, atau 7 MPa (70 kg/cm<sup>2</sup>) bila menggunakan abu terbang, dengan tebal minimum 10 cm.

### 2.8.5 Beton semen

Kekuatan beton semen harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 hari, yang didapat dari pengujian balok dengan pembebanan tiga titik yang besarnya sekitar 3-5 MPa (30-50 kg/cm<sup>2</sup>). Kuat tarik lentur beton yang diperkuat dengan bahan serat penguat seperti serat baja, aramit atau serat karbon, harus mencapai kuat tarik lentur 5-5,5 MPa (50-55 kg/cm<sup>2</sup>). Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 MPa (50-55 kg/cm<sup>2</sup>) terdekat.

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

$$F_{cf} = K \times (F_c')^{0,50} \text{ dalam MPa}$$

$$F_{cf} = 3,13 \times K \times (F_c')^{0,50} \text{ dalam kg/cm}^2.$$

Dimana :

$F_c'$  = Kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm<sup>2</sup>)

$F_{cf}$  = Kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm<sup>2</sup>)

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

### 2.8.6 Lalu-lintas

Penentuan beban lalu-lintas rencana untuk perkerasan beton semen, dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga., sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana. Lalu-lintas harus dianalisis

berdasarkan volume lalu-lintas dan konfigurasi sumbu, menggunakan data terakhir atau data 2 tahun terakhir.

Kendaraan yang ditinjau untuk perencanaan perkerasan beton semen adalah yang mempunyai berat total minimum 5 ton. Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri atas 4 jenis kelompok sumbu sebagai berikut :

- 1) Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
- 2) Sumbu tunggal roda ganda (STRG)
- 3) Sumbu tandem roda ganda (STdRG)
- 4) Sumbu tridem roda ganda (STrRG)

Tabel 2.1 Konfigurasi Beban Sumbu

KONFIGURASI SUMBU & TIPE	KOSONG	$f_{rod}$ MUATAN MAKSIMUM	MAKSIMUM	$f_{rod}$ UE 18 KSAI	KOSONG	UE 18 KSAI	MAKSIMUM	RODA TUNGGAL PADA UJUNG SUMBU		RODA GANDA PADA UJUNG SUMBU		
								○	●	○	●	
1,1 HP	1,5	0,5	2,0	0,0001	0,0005				50%	50%		
1,2 BUS	3	6	9	0,0037	0,3006				34%	66%		
1,2L TRUK	2,3	6	8,3	0,0013	0,2174				34%	66%		
1,2H TRUK	4,2	14	18,2	0,0143	5,0264				34%	66%		
1,22 TRUK	5	20	25	0,0044	2,7416				25%	75%		
1,2+2,2 TRAILER	6,4	25	31,4	0,0085	3,9083				18%	28%	27%	27%
1,2-2 TRAILER	6,2	20	26,2	0,0192	6,1179				18%	41%	41%	
1,2-2,2 TRAILER	10	32	42	0,0327	10,1830				18%	28%	54%	27%

(Sumber : Manual Perkerasan Jalan dengan alat Benkelman beam No. 01/MN/BM/83)

### 2.8.7 Lajur rencana dan koefisien distribusi

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari ruas jalan raya yang menampung lalu-lintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka lajur dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai tabel berikut.

Tabel 2.2 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi (C)

Lebar Perkerasan (Lp)	Jumlah lajur (n)	Koefisien Distribusi	
		1 Arah	2 Arah
Lp < 5,50 m	1 lajur	1	1
5,50 m Lp 8,25 m	2 lajur	0,70	0,50
8,25 m Lp 11,23 m	3 lajur	0,50	0,475
11,23 m Lp 15,00 m	4 lajur	-	0,45
15,00 m Lp 18,75 m	5 lajur	-	0,425
18,75 m Lp 22,00 m	6 lajur	-	0,40

(Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

### 2.8.8 Umur rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu-lintas serta nilai ekonomis jalan yang bersangkutan. Umumnya perkerasan beton semen dapat direncanakan dengan umur rencana (UR) 20 tahun sampai 40 tahun.

### 2.8.9 Pertumbuhan lalu-lintas

Volume lalu-lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai tahap di mana kapasitas jalan dicapai dengan faktor pertumbuhan lalu-lintas yang dapat ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut:

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

Dimana :

R : Faktor pertumbuhan lalu-lintas

I : Lajur pertumbuhan lalu-lintas per tahun dalam %

UR : Umur rencana (tahun)

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

Tabel 2.3 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	111,14	172,3	271
40	40	60,4	95	154,8	259,1	442,6

(Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

#### 2.8.10 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. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut :

$$JKSN = JKSNI \times 365 \times R \times C$$

Dimana :

JKSN : Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana

JKSNI : Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari pada saat jalan dibuka.

R : Faktor pertumbuhan komulatif

C : Koefisien distribusi kendaraan

### 2.8.11 Faktor keamanan beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban ( $F_{KB}$ ). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya berbagai tingkat realibilitas perencanaan seperti terlihat pada tabel 2.30.

Tabel 2.30 Faktor Keamanan Beban ( $F_{KB}$ )

No.	Penggunaan	Nilai $F_{KB}$
1	Jalan bebas hambatan utama ( <i>major freeway</i> ) dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu-lintas dari hasil survai beban ( <i>weight-in-motion</i> )	1,2
2	Jalan bebas hambatan ( <i>freeway</i> ) dan jalan arteri dengan volume kendaraan	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah.	1,0

(Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

### 2.8.12 Bahu

Bahu dapat terbuat dari bahan lapisan pondasi bawah dengan atau tanpa lapisan penutup beraspal atau lapisan beton semen. Perbedaan kekuatan antara bahu dengan jalur lalu-lintas akan memberikan pengaruh pada kinerja perkerasan. Hal tersebut dapat diatasi dengan bahu beton semen, sehingga akan meningkatkan kinerja perkerasan dan mengurangi tebal pelat

Yang dimaksud dengan bahu beton semen dalam pedoman ini adalah bahu yang dikunci dan diikatkan dengan lajur lalu-lintas dengan lebar minimum 1,50 m, atau bahu yang menyatu dengan lajur lalu-lintas selebar 0,60 m, yang juga dapat mencakup saluran dan kereb.

### 2.8.13 Sambungan

Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk membatasi tegangan dan pengendalian retak yang disebabkan oleh penyusutan, pengaruh lenting serta beban lalu-lintas, memudahkan pelaksanaan, dan mengakomodasi gerakan pelat. Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan

antara lain sambungan memanjang, sambungan melintang, dan sambungan isolasi.

Semua sambungan harus ditutup dengan bahan penutup (*joint sealer*), kecuali pada sambungan isolasi terlebih dahulu harus diberi bahan pengisi (*joint filler*).

1) Sambungan susut memanjang

Sambungan susut memanjang dapat dilakukan dengan salah satu dari dua cara ini, yaitu menggergaji atau membentuk pada saat beton masih plastis dengan kedalaman sepertiga dari tebal pelat.

2) Sambungan susut melintang

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 2.26. Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4 - 5 m, sedangkan untuk perkerasan beton bersambung dengan tulangan 8 - 15 m dan untuk sambungan perkerasan beton menerus dengan tulangan sesuai dengan kemampuan pelaksanaan. Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi 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 tebal pelat beton sebagaimana terlihat pada Tabel

Tabel 2.31 Diameter Ruji

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

(Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)



Gambar 2.1 Sambungan Susut Melintang dengan Ruji

#### 2.8.14 Prosedur perencanaan

Prosedur perencanaan perkerasan beton semen didasarkan atas dua model kerusakan yaitu :

- 1) Retak fatik (lelah) tarik lentur pada pelat.
- 2) Erosi pada pondasi bawah atau tanah dasar yang diakibatkan oleh lendutan berulang pada sambungan dan tempat retak yang direncanakan.

Prosedur ini mempertimbangkan ada tidaknya ruji pada sambungan atau bahu beton. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan dianggap sebagai perkerasan bersambung yang dipasang ruji. Data lalu-lintas yang diperlukan adalah jenis sumbu dan distribusi beban serta jumlah repetisi masing-masing jenis sumbu/kombinasi beban yang diperkirakan selama umur rencana.

Tebal pelat taksiran dipilih dan total fatik serta kerusakan erosi dihitung berdasarkan komposisi lalu-lintas selama umur rencana. Jika kerusakan fatik atau erosi lebih dari 100%, tebal taksiran dinaikan dan proses perencanaan diulangi.

Tebal rencana adalah tebal taksiran yang paling kecil yang mempunyai total fatik dan atau total kerusakan erosi lebih kecil atau sama dengan 100%. Langkah-langkah perencanaan tebal pelat diperlihatkan pada Gambar dan Tabel.

Tabel 2.32 Langkah-langkah Perencanaan Tebal Perkerasan Beton Semen

Langkah	Uraian Kegiatan
1	Pilih jenis perkerasan beton semen, bersambung tanpa ruji, bersambung dengan ruji, atau menerus dengan tulangan.
2	Tentukan apakah menggunakan bahu beton atau bukan.
3	Tentukan jenis dan tebal pondasi bawah berdasarkan nilai CBR rencana dan perkiraan jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana sesuai dengan Gambar 2.24
4	Tentukan CBR efektif berdasarkan nilai CBR rencana dan pondasi bawah yang dipilih sesuai dengan Gambar 2.25,
5	Pilih kuat tarik lentur atau kuat tekan beton pada umur 28 hari ( $F_{cf}$ )
6	Pilih faktor keamanan beban lalu lintas ( $F_{KB}$ )
7	Taksir tebal pelat beton
8	Tentukan tegangan ekuivalen (TE) dan faktor erosi (FE) untuk STRT dari Tabel 2.33 atau Tabel 2.34.
9	Tentukan faktor rasio tegangan (FRT) dengan membagi tegangan ekuivalen (TE) oleh kuat tarik-lentur ( $F_{cf}$ ).
10	Untuk setiap rentang beban kelompok sumbu tersebut, tentukan beban per roda dan kalikan dengan faktor keamanan beban ( $F_{kb}$ ) untuk menentukan beban rencana per roda. Jika beban rencana per roda 65 kN (6,5 ton), anggap dan gunakan nilai tersebut sebagai batas tertinggi pada Gambar 2.27 sampai Gambar 2.29
11	Dengan faktor rasio tegangan (FRT) dan beban rencana, tentukan jumlah repetisi ijin untuk fatik dari Gambar 2.27, yang dimulai dari beban roda tertinggi dari jenis sumbu STRT tersebut.
12	Hitung persentase dari repetisi fatik yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
13	Dengan menggunakan faktor erosi (FE), tentukan jumlah repetisi ijin untuk erosi, dari Gambar 2.28 atau 2.29.
14	Hitung persentase dari repetisi erosi yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
15	Ulangi langkah 11 sampai dengan 14 untuk setiap beban per roda pada sumbu tersebut sampai jumlah repetisi beban ijin yang terbaca pada Gambar 2.27 dan Gambar 2.28 atau Gambar 2.29 yang masing-masing menapai 10 juta dan 100 juta repetisi.



Langkah	Uraian Kegiatan
16	Hitung jumlah total fatik dengan menjumlahkan persentase fatik dari setiap beban roda pada STRT tersebut. Dengan cara yang sama hitung jumlah total erosi dari setiap beban roda pada STRT tersebut.
17	Ulangi langkah 8 sampai dengan langkah 16 untuk setiap jenis kelompok sumbu lainnya.
18	Hitung jumlah total kerusakan akibat fatik dan jumlah total kerusakan akibat erosi untuk seluruh jenis kelompok sumbu.
19	Ulangi langkah 7 sampai dengan langkah 18 hingga diperoleh ketebalan tertipis yang menghasilkan total kerusakan akibat fatik dan erosi 100%. Tebal tersebut sebagai tebal perkerasan beton semen yang direncanakan.

(Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

Tabel 2.4 Faktor Ekuivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Tanpa Bahu Beton

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
						STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
150	5	1,7	2,72	2,25	1,68	2,8	3,4	350	3,55	2,6	3,21	3,3	3,37
150	10	1,62	2,56	2,09	1,58	2,79	3,39	3,46	3,5	2,59	3,2	3,28	3,32
150	15	1,59	2,48	2,01	1,53	2,78	3,38	3,44	3,47	2,59	3,2	3,27	3,3
150	20	1,56	2,43	1,97	1,51	2,77	3,37	3,43	3,46	2,59	3,19	3,26	3,29
150	25	1,54	2,37	1,92	1,48	2,77	3,37	3,42	3,44	2,59	3,19	3,25	3,28
150	35	1,49	2,28	1,82	1,43	2,76	3,36	3,39	3,4	2,58	3,18	3,23	3,25
150	50	1,43	2,15	1,73	1,4	2,74	3,34	3,36	3,37	2,57	3,17	3,21	3,22
150	75	1,38	2,02	1,64	1,36	2,72	3,32	3,33	3,32	2,56	3,16	3,19	3,19
160	5	1,54	2,49	2,06	1,55	2,72	3,32	3,43	3,47	2,52	3,12	3,22	3,3
160	10	1,47	2,34	1,92	1,44	2,71	3,31	3,39	3,43	2,51	3,11	3,2	3,26
160	15	1,44	2,26	1,84	1,39	2,7	3,3	3,37	3,41	2,61	3,11	3,19	3,24
160	20	1,41	2,22	1,8	1,37	2,69	3,29	3,36	3,4	2,5	3,1	3,18	3,23
160	25	1,39	2,17	1,76	1,34	2,69	3,29	3,35	3,38	2,5	3,1	3,17	3,21
160	35	1,34	2,07	1,87	1,29	2,68	3,28	3,32	3,34	2,49	3,09	3,15	3,18
160	50	1,3	1,96	1,58	1,25	2,66	3,26	3,28	3,3	2,49	3,09	3,13	3,15
160	75	1,24	1,85	1,49	1,23	2,64	3,24	3,26	3,25	2,48	3,08	3,12	3,12
170	5	1,41	2,27	1,93	1,44	2,64	3,24	3,37	3,43	2,44	3,04	3,15	3,24
170	10	1,34	2,14	1,78	1,33	2,62	3,22	3,33	3,38	2,43	3,03	3,13	3,2
170	15	1,31	2,07	1,71	1,28	2,62	3,22	3,31	3,35	2,43	3,03	3,12	3,18

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
						Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
170	20	1,29	2,03	1,67	1,26	2,81	3,21	3,3	3,34	2,42	3,02	3,11	3,17
170	25	1,27	1,99	1,63	1,23	2,81	3,21	3,28	3,32	2,42	3,02	3,1	3,15
170	35	1,23	1,9	1,54	1,18	2,6	3,2	3,25	3,28	2,41	3,01	3,08	3,12
170	50	1,19	1,81	1,46	1,14	2,58	3,18	3,22	3,24	2,4	3,01	3,06	3,08
170	75	1,14	1,7	1,37	1,1	2,57	3,17	3,19	3,19	2,4	3	3,04	3,05
180	5	1,29	2,1	1,81	1,35	2,57	3,17	3,33	3,37	2,36	2,97	3,09	3,2
180	10	1,23	1,98	1,66	1,24	2,55	3,15	3,28	3,32	2,35	2,96	3,07	3,15
180	15	1,2	1,92	1,59	1,19	2,55	3,15	3,25	3,29	2,35	2,96	3,05	3,12
180	20	1,18	1,88	1,55	1,17	2,54	3,14	3,24	3,28	2,35	2,95	3,04	3,11
180	25	1,16	1,84	1,51	1,14	2,54	3,14	3,23	3,26	2,35	2,95	3,03	3,09
180	35	1,12	1,76	1,43	1,09	2,53	3,13	3,2	3,22	2,34	2,94	3,01	3,06
180	50	1,09	1,67	1,35	1,05	2,51	3,11	3,17	3,19	2,33	2,93	2,99	3,02
180	75	1,03	1,57	1,26	1,01	2,49	3,1	3,13	3,14	2,32	2,92	2,97	2,99
190	5	1,19	1,95	1,69	1,27	2,5	3,11	3,28	3,32	2,29	2,9	3,03	3,15
190	10	1,13	1,84	1,55	1,16	2,48	3,09	3,23	3,27	2,28	2,89	3	3,1
190	15	1,1	1,78	1,49	1,11	2,48	3,08	3,2	3,24	2,28	2,88	2,98	3,07
190	20	1,09	1,75	1,45	1,09	2,47	3,07	3,19	3,23	2,27	2,88	2,98	3,06
190	25	1,07	1,71	1,41	1,06	2,47	3,07	3,17	3,21	2,27	2,88	2,97	3,04
190	35	1,03	1,63	1,33	1,01	2,46	3,06	3,14	3,17	2,26	2,87	2,95	3
190	50	1	1,55	1,26	0,97	2,44	3,04	3,1	3,14	2,26	2,86	2,93	2,97
190	75	0,96	1,46	1,17	0,91	2,43	3,03	3,07	3,09	2,25	2,85	2,91	2,93
200	5	1,1	1,81	1,6	1,2	2,44	3,04	3,23	3,27	2,23	2,83	2,97	3,1
200	10	1,05	1,7	1,46	1,1	2,42	3,02	3,18	3,22	2,22	2,82	2,95	3,05
200	15	1,02	1,65	1,4	1,05	2,42	3,02	3,15	3,19	2,22	2,82	2,93	3,02
200	20	1,01	1,62	1,36	1,02	2,41	3,01	3,14	3,18	2,21	2,81	2,92	3,01
200	25	0,99	1,59	1,33	0,99	2,4	3,01	3,12	3,16	2,21	2,81	2,91	2,99
200	35	0,96	1,52	1,25	0,94	2,39	3	3,09	3,12	2,2	2,8	2,89	2,95
200	50	0,92	1,44	1,18	0,89	2,38	2,98	3,06	3,09	2,19	2,79	2,87	2,92
200	75	0,89	1,36	1,1	0,84	2,36	2,96	3	3,04	2,18	2,78	2,85	2,88
210	5	1,02	1,69	1,5	1,14	2,38	2,99	3,18	3,23	2,17	2,77	2,92	3,06
210	10	0,97	1,59	1,38	1,04	2,36	2,97	3,13	3,18	2,16	2,76	2,89	3,01
210	15	0,94	1,54	1,32	0,99	2,36	2,96	3,1	3,15	2,15	2,75	2,87	2,98
210	20	0,93	1,51	1,28	0,96	2,35	2,95	3,09	3,13	2,14	2,75	2,87	2,96
210	25	0,92	1,48	1,25	0,93	2,34	2,95	3,07	3,11	2,14	2,75	2,86	2,94
210	35	0,89	1,41	1,18	0,88	2,33	2,94	3,04	3,07	2,13	2,74	2,84	2,9



Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
						Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
260	5	0,73	1,26	1,18	0,9	2,13	2,73	2,99	3,03	1,89	2,49	2,69	2,87
260	10	0,7	1,18	1,08	0,82	2,11	2,71	2,93	2,98	1,88	2,48	2,66	2,81
260	15	0,68	1,15	1,03	0,78	2,1	2,7	2,9	2,95	1,88	2,48	2,64	2,78
260	20	0,67	1,12	1	0,75	2,09	2,69	2,89	2,93	1,87	2,47	2,63	2,76
260	25	0,66	1,1	0,97	0,73	2,08	2,69	2,87	2,91	1,87	2,47	2,62	2,74
260	35	0,64	1,05	0,91	0,68	2,07	2,68	2,83	2,87	1,86	2,46	2,59	2,7
260	50	0,61	1	0,85	0,64	2,05	2,65	2,8	2,84	1,85	2,45	2,56	2,67
260	75	0,59	0,95	0,78	0,58	2,03	2,64	2,75	2,78	1,84	2,44	2,54	2,61
270	5	0,68	1,19	1,13	0,87	2,09	2,69	2,95	3	1,84	2,44	2,65	2,83
270	10	0,66	1,12	1,03	0,79	2,07	2,67	2,9	2,94	1,83	2,43	2,62	2,78
270	15	0,64	1,09	0,98	0,75	2,06	2,66	2,87	2,91	1,83	2,43	2,6	2,75
270	20	0,63	1,06	0,96	0,72	2,05	2,65	2,85	2,9	1,82	2,42	2,59	2,73
270	25	0,62	1,04	0,93	0,7	2,04	2,64	2,83	2,88	1,82	2,42	2,58	2,71
270	35	0,6	0,99	0,87	0,65	2,02	2,63	2,79	2,84	1,81	2,41	2,55	2,67
270	50	0,58	0,95	0,81	0,61	2	2,61	2,76	2,8	1,8	2,4	2,52	2,63
270	75	0,56	0,89	0,74	0,57	1,99	2,59	2,7	2,75	1,79	2,39	2,5	2,58
280	5	0,65	1,13	1,08	0,83	2,05	2,65	2,92	2,97	1,8	2,4	2,62	2,8
280	10	0,62	1,06	0,99	0,75	2,03	2,63	2,86	2,91	1,79	2,39	2,58	2,74
280	15	0,6	1,03	0,94	0,72	2,01	2,62	2,83	2,88	1,78	2,38	2,56	2,71
280	20	0,6	1,01	0,92	0,69	2	2,61	2,82	2,87	1,77	2,37	2,55	2,7
280	25	0,59	0,99	0,89	0,67	1,99	2,6	2,8	2,85	1,77	2,37	2,54	2,68
280	35	0,57	0,94	0,83	0,62	1,97	2,58	2,76	2,81	1,76	2,36	2,51	2,64
280	50	0,55	0,9	0,78	0,59	1,96	2,56	2,72	2,77	1,75	2,35	2,48	2,6
280	75	0,53	0,86	0,71	0,53	1,94	2,55	2,68	2,72	1,74	2,34	2,46	2,55
290	5	0,61	1,08	1,04	0,8	2,01	2,61	2,89	2,93	1,75	2,35	2,58	2,77
290	10	0,59	1,01	0,95	0,73	1,99	2,59	2,83	2,88	1,74	2,34	2,54	2,71
290	15	0,58	0,98	0,9	0,7	1,97	2,58	2,8	2,85	1,74	2,34	2,52	2,68
290	20	0,57	0,96	0,88	0,67	1,96	0,2	2,79	2,83	1,73	2,33	2,51	2,67
290	25	0,56	0,94	0,85	0,65	1,95	2,56	2,77	2,81	1,73	2,33	2,5	2,65
290	35	0,54	90	80	60	1,93	2,54	2,73	2,77	1,72	2,32	2,47	2,61
290	50	0,52	86	75	56	1,92	2,52	2,69	2,74	1,71	2,31	2,44	2,56
290	75	0,5	0,81	0,68	0,52	1,9	2,5	2,64	2,68	1,7	2,3	2,42	2,51
300	5	0,58	1,03	1	0,77	1,97	2,57	2,86	2,9	1,71	2,31	2,55	2,74
300	10	0,56	0,97	0,91	0,7	1,95	2,55	2,8	2,85	1,7	2,3	2,51	2,68
300	15	0,55	0,94	0,87	0,67	1,93	2,54	2,77	2,82	1,69	2,3	2,49	2,65

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
						Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
300	20	0,54	0,92	0,85	0,65	1,92	2,53	2,76	2,8	1,68	2,29	2,48	2,64
300	25	0,53	0,9	0,82	0,63	1,91	2,52	2,74	2,78	1,68	2,29	2,46	2,62
300	35	0,51	0,86	0,77	0,58	1,89	2,5	2,7	2,74	1,67	2,28	2,43	2,58
300	50	0,49	0,82	0,72	0,54	1,88	2,48	2,66	2,7	1,66	2,26	2,41	2,53
300	75	0,47	0,78	0,65	0,5	1,86	2,46	2,61	2,65	1,65	2,26	2,37	2,48
310	5	0,55	0,98	0,97	0,74	1,94	2,54	2,83	2,88	1,67	2,27	2,51	2,71
310	10	0,53	0,92	0,89	0,68	1,91	2,51	2,77	2,82	1,66	2,26	2,47	2,65
310	15	0,52	0,89	0,84	0,65	1,89	2,49	1,65	2,79	1,65	2,25	2,45	2,62
310	20	0,51	0,88	0,82	0,63	1,89	2,49	1,64	2,77	1,64	2,24	2,44	2,61
310	25	0,5	0,86	0,79	0,6	1,88	2,48	1,64	2,75	1,64	2,24	2,43	2,592
310	35	0,49	0,82	0,74	0,55	1,86	2,46	1,63	2,71	1,63	2,23	2,4	2,55
310	50	0,47	0,78	0,69	0,51	1,84	2,44	1,62	2,67	1,62	2,22	2,37	2,5
310	75	0,45	0,74	0,63	0,48	1,82	2,42	2,58	2,62	1,61	2,21	2,34	2,45
320	5	0,53	0,94	0,93	0,71	1,9	2,5	2,8	2,85	1,63	2,23	2,48	2,69
320	10	0,51	0,88	0,85	0,65	1,87	2,48	2,74	2,79	1,62	2,22	2,44	2,63
320	15	0,5	0,85	0,81	0,62	1,85	2,46	2,71	2,76	1,61	2,21	2,42	2,6
320	20	0,49	0,84	0,79	0,6	1,85	2,45	2,7	2,74	1,6	2,2	2,41	2,58
320	25	0,48	0,82	0,76	0,58	1,84	2,44	2,68	2,72	1,6	2,2	2,4	2,56
320	35	0,46	0,78	0,71	0,54	1,82	2,42	2,64	2,68	1,59	2,19	2,37	2,52
320	50	0,44	0,75	0,67	0,51	1,8	2,4	2,6	2,64	1,58	2,18	2,33	2,47
320	75	0,43	0,71	0,61	0,45	1,78	2,38	2,55	2,59	1,57	2,17	2,31	2,42
330	5	0,5	0,9	0,9	0,69	1,87	2,47	2,78	2,82	1,59	2,19	2,45	2,66
330	10	0,48	0,85	0,82	0,63	1,84	2,44	2,72	2,76	1,58	2,18	2,41	2,6
330	15	0,47	0,82	0,79	0,6	1,82	2,42	2,69	2,73	1,57	2,17	2,39	2,57
330	20	0,46	0,8	0,76	0,58	1,81	2,42	2,67	2,72	1,56	2,16	2,38	2,55
330	25	0,46	0,78	0,74	0,56	1,8	2,41	2,65	2,7	1,56	2,16	2,36	2,53
330	35	0,45	0,74	0,69	0,52	1,78	2,39	2,61	2,66	1,55	2,15	2,33	2,49
330	50	0,42	0,71	0,64	0,48	1,76	2,36	2,57	2,62	1,54	2,14	2,3	2,45
330	75	0,41	0,68	0,59	0,45	1,74	2,35	2,52	2,57	1,53	2,13	2,28	2,4
340	5	0,48	0,86	0,87	0,65	1,84	2,44	2,75	2,79	1,55	2,15	2,42	2,63
340	10	0,46	0,8	0,79	0,61	1,81	2,41	2,69	2,74	1,54	2,14	2,38	2,57
340	15	0,45	0,78	0,76	0,58	1,79	2,39	2,66	2,71	1,53	2,14	2,36	2,54
340	20	0,44	0,77	0,73	0,57	1,78	2,38	2,64	2,69	1,52	2,13	2,35	2,52
340	25	0,44	0,75	0,71	0,55	1,77	2,37	2,62	2,67	1,52	2,12	2,33	2,5
340	35	0,43	0,72	0,66	0,51	1,75	2,35	2,58	2,63	1,51	2,11	2,3	2,46

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
						Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
		STR <sub>T</sub>	STR <sub>G</sub>	STd <sub>RG</sub>	STr <sub>RG</sub>	STR <sub>T</sub>	STR <sub>G</sub>	STd <sub>RG</sub>	STr <sub>RG</sub>	STR <sub>T</sub>	STR <sub>G</sub>	STd <sub>RG</sub>	STr <sub>RG</sub>
340	50	0,4	0,68	0,62	0,47	1,73	2,33	2,54	2,59	1,5	2,1	2,27	2,42
340	75	0,39	0,65	0,56	0,43	1,71	2,31	2,49	2,54	1,49	2,09	2,24	2,37
350	5	0,46	0,83	0,85	0,63	1,8	2,41	2,72	2,77	1,51	2,11	2,39	2,61
350	10	0,44	0,78	0,77	0,59	1,77	2,38	2,67	2,71	1,5	2,1	2,35	2,55
350	15	0,43	0,75	0,74	0,56	1,75	2,36	2,64	2,68	1,5	2,1	2,33	2,52
350	20	0,42	0,74	0,71	0,55	1,75	2,35	2,62	2,66	1,49	2,09	2,32	2,5
350	25	0,42	0,72	0,69	0,53	1,74	2,34	2,6	2,64	1,49	2,09	2,3	2,48
350	35	0,41	0,69	0,64	0,49	1,72	2,32	2,56	2,6	1,48	2,08	2,27	2,44
350	50	0,39	0,65	0,6	0,46	1,69	2,29	2,52	2,56	1,46	2,07	2,24	2,39
350	75	0,37	0,62	0,54	0,42	1,67	2,28	2,47	2,51	1,46	2,06	2,21	2,34

(Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

Tabel 2.5 Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan dengan Bahu Beton

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
						Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
		STR <sub>T</sub>	STR <sub>G</sub>	STd <sub>RG</sub>	STr <sub>RG</sub>	STR <sub>T</sub>	STR <sub>G</sub>	STd <sub>RG</sub>	STr <sub>RG</sub>	STR <sub>T</sub>	STR <sub>G</sub>	STd <sub>RG</sub>	STr <sub>RG</sub>
150	5	1,42	2,16	1,81	1,45	2,34	2,94	2,99	3	2,14	2,74	2,78	2,81
150	10	1,36	2,04	1,7	1,39	2,32	2,92	2,94	2,94	2,13	2,72	2,73	2,75
150	15	1,33	1,98	1,65	1,36	2,32	2,92	2,91	2,91	2,12	2,72	2,7	2,72
150	20	1,32	1,94	1,62	1,35	2,31	2,91	2,9	2,9	2,11	2,71	2,69	2,7
150	25	1,3	1,9	1,59	1,33	2,3	2,9	2,88	2,88	2,1	2,7	2,67	2,67
150	35	1,27	1,82	1,53	1,3	2,29	2,89	2,85	2,84	2,08	2,69	2,64	2,63
150	50	1,23	1,74	1,49	0,1	2,27	2,87	2,82	2,81	2,06	2,67	2,6	2,59
150	75	1,2	1,65	1,43	1,26	2,25	2,85	2,79	2,77	2,04	2,65	2,57	2,56
160	5	1,29	1,98	1,67	1,33	2,26	2,87	2,93	2,95	2,06	2,66	2,72	2,77
160	10	1,24	1,87	1,56	1,26	2,24	2,85	2,88	2,89	2,04	2,64	2,67	2,69
160	15	1,21	1,82	1,51	1,23	2,24	2,84	2,85	2,86	2,04	2,64	2,64	2,66
160	20	1,2	1,79	1,49	1,21	2,23	2,83	2,84	2,84	2,03	2,63	2,62	2,64
160	25	1,18	1,75	1,46	1,2	2,23	2,83	2,82	2,82	2,02	2,62	2,6	2,62
160	35	1,15	1,67	1,41	1,17	2,22	2,82	2,79	2,78	2	2,61	2,56	2,57
160	50	1,12	1,6	1,36	1,15	2,2	2,8	2,75	2,75	1,98	2,59	2,53	2,53
160	75	1,1	1,52	1,3	1,13	2,18	2,78	2,72	2,69	1,97	2,57	2,5	2,49

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
						Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
170	5	1,17	1,83	1,55	1,22	2,19	2,8	2,88	2,9	1,99	2,59	2,66	2,72
170	10	1,13	1,73	1,45	1,16	2,17	2,78	2,83	2,84	1,97	2,57	2,61	2,64
170	15	1,11	1,68	1,4	1,13	2,17	2,77	2,8	2,81	1,96	2,57	2,58	2,61
170	20	1,1	1,65	1,38	1,12	2,16	2,76	2,79	2,79	1,95	2,56	2,57	2,59
170	25	1,08	1,62	1,35	1,1	2,16	2,76	2,77	2,77	1,95	2,55	2,55	2,57
170	35	1,05	1,55	1,3	1,07	2,15	2,75	2,73	2,73	1,94	2,53	2,51	2,53
170	50	1,03	1,49	1,25	1,04	2,13	2,73	2,7	2,7	1,91	2,51	2,47	2,48
170	75	1,02	1,41	1,19	1,03	2,11	2,71	2,66	2,64	1,89	2,49	2,43	2,43
180	5	1,07	1,7	1,44	1,13	2,13	2,73	2,83	2,86	1,92	2,52	2,61	2,68
180	10	1,03	1,6	1,35	1,07	2,11	2,71	2,78	2,79	1,9	2,5	2,56	2,6
180	15	1,01	1,55	1,3	1,04	2,1	2,71	2,75	2,76	1,89	2,5	2,53	2,57
180	20	1,01	1,53	1,28	1,03	2,09	2,7	2,73	2,74	1,88	2,49	2,51	2,54
180	25	1	1,5	1,25	1,01	2,09	2,69	2,71	2,72	1,88	2,48	2,49	2,52
180	35	0,98	1,44	1,2	0,98	2,08	2,68	2,67	2,68	1,87	2,46	2,45	2,47
180	50	0,95	1,38	1,16	0,96	2,06	2,66	2,64	2,64	1,84	2,44	2,42	2,42
180	75	0,94	1,31	1,1	0,94	2,04	2,64	2,61	2,6	1,82	2,42	2,36	2,37
190	5	0,99	1,58	1,35	1,05	2,07	2,67	2,78	2,82	1,86	2,46	2,57	2,64
190	10	0,96	1,49	1,26	0,99	2,05	2,65	2,72	2,75	1,84	2,44	2,51	2,56
190	15	0,94	1,44	1,21	0,97	2,04	2,64	2,7	2,72	1,83	2,43	2,48	2,53
190	20	0,93	1,42	1,19	0,96	2,03	2,63	2,69	2,7	1,82	2,42	2,46	2,5
190	25	0,92	1,4	1,17	0,94	2,03	2,63	2,67	2,68	1,81	2,41	2,44	2,48
190	35	0,9	1,35	1,12	0,91	2,02	2,62	2,63	2,64	1,79	2,4	2,4	2,43
190	50	0,88	1,29	1,08	0,88	2	2,6	2,6	2,6	1,77	2,38	2,36	2,38
190	75	0,87	1,22	1,02	0,86	1,98	2,58	2,55	2,55	1,76	2,36	2,32	2,31
200	5	0,91	1,47	1,27	0,99	2,01	2,61	2,74	2,78	1,8	2,4	2,52	2,6
200	10	0,89	1,39	1,18	0,93	1,99	2,59	2,69	2,71	1,78	2,38	2,46	2,52
200	15	0,87	1,35	1,15	0,9	1,98	2,59	2,66	2,68	1,77	2,37	2,43	2,49

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
						Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
200	20	0,86	1,33	1,12	0,89	1,97	2,58	2,64	2,66	1,76	2,36	2,42	2,48
200	25	0,85	1,3	1,1	0,87	1,97	2,57	2,62	2,64	1,75	2,35	2,4	2,44
200	35	0,83	1,25	1,05	0,84	1,96	2,56	2,58	2,6	1,73	2,33	2,36	2,39
200	50	0,82	1,2	1,01	0,82	1,94	2,54	2,54	2,55	1,71	2,31	2,32	2,33
200	75	0,81	1,14	0,95	0,8	1,92	2,52	2,51	2,5	1,69	2,3	2,27	2,28
210	5	0,85	1,38	1,2	0,93	1,96	2,56	2,7	2,75	1,74	2,34	2,48	2,57
210	10	0,82	1,3	1,11	0,87	1,94	2,54	2,65	2,67	1,72	2,32	2,42	2,49
210	15	0,8	1,27	1,08	0,84	1,93	2,53	2,62	2,64	1,71	2,31	2,39	2,45
210	20	0,8	1,24	1,05	0,83	1,92	2,52	2,6	2,62	1,7	2,3	2,37	2,43
210	25	0,79	1,22	1,03	0,81	1,91	2,51	2,58	2,6	1,69	2,29	2,35	2,4
210	35	0,77	1,17	0,98	0,78	1,9	2,49	2,54	2,56	1,67	2,28	2,31	2,34
210	50	0,76	1,13	0,94	0,76	1,88	2,48	2,51	2,51	1,65	2,26	2,27	2,29
210	75	0,75	1,07	0,9	0,74	1,86	2,47	2,45	2,46	1,64	2,24	2,22	2,22
220	5	0,79	1,3	1,13	0,87	1,91	2,51	2,67	2,72	1,68	2,29	2,44	2,54
220	10	0,77	1,22	1,05	0,81	1,89	2,49	2,61	2,64	1,66	2,27	2,38	2,46
220	15	0,76	1,19	1,02	0,79	1,88	2,48	2,58	2,61	1,66	2,26	2,35	2,42
220	20	0,75	1,17	0,99	0,78	1,87	2,47	2,56	2,58	1,65	2,25	2,33	2,39
220	25	0,74	1,15	0,97	0,76	1,86	2,46	2,54	2,56	1,64	2,24	2,31	2,37
220	35	0,72	1,11	0,92	0,73	1,85	2,45	2,5	2,52	1,62	2,22	2,27	2,32
220	50	0,71	1,06	0,88	0,71	1,83	2,43	2,47	2,48	1,6	2,2	2,23	2,26
220	75	0,7	1,01	0,85	0,69	1,81	2,41	2,41	2,41	1,58	2,18	2,18	2,19
230	5	0,74	1,22	1,08	0,82	1,86	2,46	2,63	2,69	1,63	2,23	2,4	2,5
230	10	0,72	1,15	1	0,77	1,84	2,44	2,57	2,61	1,61	2,21	2,34	2,42
230	15	0,71	1,12	0,97	0,75	1,83	2,43	2,54	2,58	1,6	2,21	2,31	2,39
230	20	0,7	1,1	0,94	0,74	1,82	2,42	2,52	2,55	1,59	2,2	2,29	2,36
230	25	0,69	1,08	0,92	0,72	1,81	2,41	2,5	2,53	1,58	2,19	2,27	2,34
230	35	0,68	1,04	0,87	0,69	1,8	2,4	2,46	2,48	1,56	2,17	2,23	2,28
230	50	0,67	1	0,83	0,67	1,78	2,38	2,43	2,44	1,54	2,15	2,19	2,22



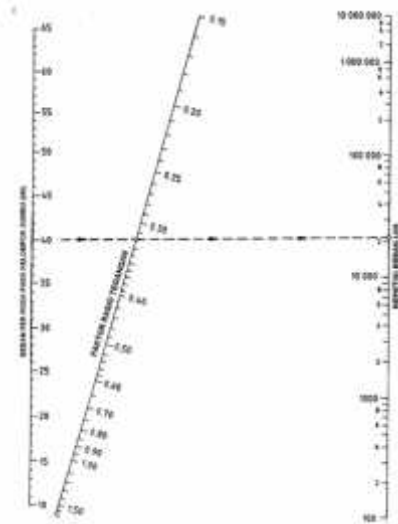
Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
						Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
230	75	0,66	0,96	0,8	0,65	1,76	2,36	2,37	2,37	1,53	2,13	2,12	2,16
240	5	0,69	1,16	1,02	0,78	1,81	2,41	2,6	2,66	1,58	2,18	2,36	2,47
240	10	0,67	1,09	0,95	0,72	1,79	2,39	2,54	2,58	1,56	2,17	2,3	2,39
240	15	0,66	1,06	0,92	0,7	1,78	2,38	2,51	2,55	1,55	2,15	2,27	2,36
240	20	0,65	1,04	0,89	0,69	1,77	2,37	2,49	2,52	1,54	2,14	2,25	2,33
240	25	0,65	1,02	0,87	0,68	1,76	2,36	2,47	2,5	1,53	2,13	2,23	2,31
240	35	0,64	0,98	0,83	0,66	1,75	2,35	2,43	2,45	1,51	2,11	2,19	2,25
240	50	0,63	0,95	0,79	0,63	1,73	2,33	2,39	2,41	1,49	2,1	2,15	2,19
240	75	0,62	0,89	0,76	0,61	1,71	2,31	2,34	2,34	1,48	2,08	2,1	2,13
250	5	0,65	1,09	0,98	0,73	1,77	2,37	2,56	2,63	1,54	2,14	2,32	2,45
250	10	0,63	1,03	0,9	0,69	1,74	2,35	2,5	2,55	1,52	2,12	2,26	2,37
250	15	0,62	1	0,87	0,67	1,73	2,34	2,47	2,52	1,5	2,11	2,23	2,33
250	20	0,61	0,99	0,85	0,66	1,72	2,33	2,45	2,49	1,49	2,1	2,22	2,3
250	25	0,61	0,97	0,83	0,64	1,72	2,32	2,43	2,47	1,48	2,09	2,2	2,28
250	35	0,6	0,93	0,79	0,61	1,71	2,3	2,39	2,42	1,4	2,07	2,16	2,22
250	50	0,59	0,9	0,75	0,59	1,68	2,28	2,36	2,38	1,44	2,05	2,11	2,16
250	75	0,58	0,86	0,72	0,57	1,66	2,27	2,3	2,31	1,43	2,03	2,06	2,1
260	5	0,61	1,04	0,93	0,71	1,72	2,33	2,53	2,61	1,49	2,09	2,29	2,42
260	10	0,6	0,98	0,86	0,66	1,7	2,3	2,47	2,53	1,47	2,07	2,23	2,34
260	15	0,59	0,95	0,83	0,63	1,69	2,28	2,44	2,49	1,46	2,06	2,2	2,3
260	20	0,58	0,94	0,81	0,62	1,68	2,28	2,42	2,46	1,45	2,05	2,18	2,28
260	25	0,57	0,92	0,79	0,61	1,67	2,27	2,4	2,44	1,44	2,04	2,16	2,25
260	35	0,56	0,88	0,75	0,59	1,66	2,26	2,36	2,39	1,42	2,02	2,12	2,19
260	50	0,56	0,85	0,71	0,56	1,64	2,24	2,32	2,35	1,4	2	2,08	2,13
260	75	0,55	0,81	0,68	0,54	1,62	2,22	2,27	2,28	1,38	1,98	2,01	2,06
270	5	0,57	0,99	0,89	0,66	1,68	2,28	2,5	2,58	1,45	2,05	2,25	2,39
270	10	0,55	0,93	0,83	0,62	1,66	2,26	2,44	2,5	1,43	2,03	2,2	2,31

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
						Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
270	15	0,55	0,9	0,8	0,6	1,65	2,25	2,41	2,47	1,41	2,02	2,17	2,27
270	20	0,54	0,89	0,78	0,59	1,64	2,24	2,39	2,44	1,4	2,01	2,15	2,25
270	25	0,54	0,87	0,76	0,58	1,63	2,23	2,37	2,42	1,39	2	2,13	2,22
270	35	0,53	0,84	0,72	0,56	1,61	2,22	2,33	2,37	1,37	1,98	2,09	2,16
270	50	0,53	0,8	0,68	0,53	1,59	2,2	2,29	2,32	1,35	1,96	2,04	2,11
270	75	0,52	0,77	0,65	0,52	1,58	2,18	2,24	2,25	1,34	1,94	1,99	2,03
280	5	0,54	0,94	0,86	0,63	1,64	2,25	2,48	2,56	1,4	2,01	2,22	2,37
280	10	0,52	0,89	0,79	0,6	1,62	2,22	2,41	2,48	1,38	1,99	2,16	2,29
280	15	0,52	0,86	0,76	0,58	1,61	2,2	2,38	2,44	1,37	1,97	2,13	2,25
280	20	0,51	0,85	0,74	0,57	1,6	2,2	2,36	2,42	1,36	1,96	2,12	2,22
280	25	0,51	0,83	0,73	0,56	1,59	2,19	2,34	2,39	1,35	1,95	2,1	2,2
280	35	0,5	0,8	0,69	0,54	1,57	2,18	2,3	2,34	1,33	1,93	2,06	2,14
280	50	0,5	0,76	0,66	0,51	1,55	2,16	2,26	2,29	1,31	1,91	2,01	2,08
280	75	0,49	0,74	0,62	0,49	1,54	2,14	2,21	2,22	1,29	1,89	1,96	2
290	5	0,51	0,9	0,82	0,6	1,61	2,21	2,45	2,54	1,36	1,97	2,19	2,34
290	10	0,5	0,85	0,76	0,57	1,58	2,18	2,39	2,46	1,34	1,94	2,13	2,26
290	15	0,5	0,82	0,73	0,55	1,56	2,16	2,36	2,42	1,33	1,92	2,1	2,22
290	20	0,49	0,81	0,72	0,54	1,56	2,16	2,34	2,39	1,32	1,92	2,08	2,2
290	25	0,49	0,79	0,7	0,53	1,55	2,15	2,32	2,37	1,31	1,91	2,06	2,17
290	35	0,48	0,76	0,66	0,51	1,53	2,14	2,28	2,32	1,29	1,89	2,02	2,11
290	50	0,47	0,73	0,63	0,49	1,51	2,12	2,23	2,27	1,27	1,87	1,98	2,05
290	75	0,47	0,7	0,6	0,47	1,5	2,1	2,18	2,19	1,25	1,85	1,93	1,98
300	5	0,49	0,86	0,79	58	157	2,17	2,42	2,52	1,32	1,93	2,16	2,32
300	10	0,48	0,81	0,73	0,55	1,55	2,15	2,36	2,44	1,3	1,91	2,1	2,24
300	15	0,47	0,78	0,7	0,53	1,53	2,14	2,33	2,4	1,29	1,89	2,07	2,2
300	20	0,46	0,77	0,69	0,52	1,52	2,13	2,31	2,37	1,28	1,88	2,05	2,18
300	25	0,48	0,76	0,67	0,51	1,51	2,12	2,29	2,35	1,27	1,87	2,03	2,15
300	35	0,46	0,73	0,64	0,49	1,49	2,1	2,25	2,3	1,25	1,85	1,99	2,09

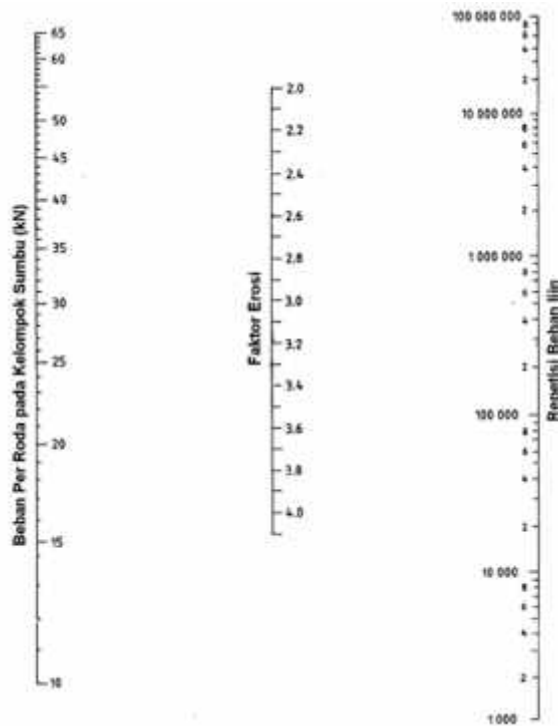
Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
						Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
300	50	0,45	0,7	0,6	0,46	1,48	2,08	2,2	2,24	1,23	1,83	1,95	2,03
300	75	0,45	0,67	0,57	0,45	1,46	2,06	2,15	2,17	1,21	1,81	1,9	1,95
310	5	0,46	0,81	0,76	0,55	1,54	2,14	2,4	2,5	1,29	1,89	2,13	2,3
310	10	0,4	0,77	0,7	0,52	1,51	2,11	2,33	2,42	1,27	1,87	2,07	2,22
310	15	0,45	0,75	0,68	0,5	1,49	2,09	2,3	2,38	1,25	1,86	2,04	2,18
310	20	0,44	0,74	0,66	0,5	1,49	2,09	2,28	2,35	1,24	1,85	2,03	2,15
310	25	0,44	0,72	0,64	0,49	1,48	2,08	2,26	2,33	1,23	1,84	2,01	2,13
310	35	0,43	0,69	0,61	0,47	1,48	2,06	2,22	2,28	1,21	1,82	1,97	2,07
310	50	0,43	0,67	0,58	0,44	1,44	2,04	2,18	2,22	1,19	1,79	1,92	2,01
310	75	0,42	0,63	0,54	0,43	1,42	2,02	2,13	2,15	1,17	1,77	1,87	1,93
320	5	0,44	0,78	0,74	0,53	1,5	2,11	2,37	2,48	1,25	1,85	2,1	2,27
320	10	0,43	0,74	0,68	0,5	1,48	2,08	2,31	2,4	1,23	1,83	2,05	2,19
320	15	0,43	0,72	0,65	0,48	1,46	2,06	2,28	2,36	1,22	1,82	2,02	2,15
320	20	0,42	0,71	0,64	0,48	1,45	2,06	2,26	2,33	1,21	1,81	2	2,13
320	25	0,42	0,69	0,62	0,47	1,44	2,05	2,24	2,31	1,2	1,8	1,98	2,1
320	35	0,41	0,66	0,59	0,45	1,42	2,03	2,2	2,26	1,18	1,78	1,94	2,04
320	50	0,41	0,64	0,55	0,43	1,41	2,01	2,15	2,2	1,15	1,76	1,89	1,98
320	75	0,41	0,62	0,53	0,41	1,39	1,99	2,1	2,12	1,13	1,74	1,84	1,91
330	5	0,42	0,74	0,71	0,51	1,47	2,07	2,35	2,46	1,22	1,82	2,07	2,25
330	10	0,41	0,71	0,65	0,48	1,44	2,05	2,29	2,38	1,19	1,79	2,02	2,17
330	15	0,41	0,69	0,63	0,46	1,42	2,03	2,26	2,34	1,17	1,77	1,99	2,13
330	20	0,4	0,68	0,62	0,46	1,42	2,02	2,24	2,31	1,17	1,77	1,97	2,11
330	25	0,4	0,67	0,6	0,45	1,41	2,01	2,21	2,29	1,16	1,76	1,95	2,08
330	35	0,39	0,64	0,57	0,43	1,39	1,99	2,17	2,24	1,14	1,74	1,91	2,02
330	50	0,39	0,61	0,53	0,41	1,37	1,97	2,13	2,18	1,12	1,72	1,87	1,96
330	75	0,39	0,59	0,51	0,39	1,35	1,95	2,06	2,1	1,1	1,7	1,8	1,88
340	5	0,4	0,71	0,69	0,49	1,44	2,04	2,33	2,44	1,18	1,78	2,05	2,23

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
						Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
340	10	0,39	0,68	0,64	0,47	1,41	2,02	2,26	2,36	1,16	1,76	1,99	2,15
340	15	0,39	0,66	0,61	0,45	1,39	2	2,23	2,32	1,15	1,75	1,96	2,11
340	20	0,38	0,65	0,6	0,44	1,39	1,99	2,21	2,29	1,14	1,74	1,94	2,09
340	25	0,38	0,64	0,58	0,43	1,38	1,98	2,19	2,27	1,13	1,73	1,92	2,06
340	35	0,37	0,62	0,55	0,41	1,36	1,96	2,15	2,22	1,11	1,71	1,88	2
340	50	0,37	0,59	0,52	0,39	1,34	1,94	2,1	2,16	1,08	1,69	1,84	1,94
340	75	0,37	0,57	0,49	0,38	1,32	1,92	2,05	2,08	1,06	1,67	1,79	186
350	5	0,38	0,69	0,67	0,47	1,41	2,01	2,31	2,43	1,15	1,75	2,02	2,21
350	10	0,37	0,65	0,62	0,45	1,38	1,98	2,24	2,35	1,13	1,73	1,97	2,13
350	15	0,37	0,63	0,59	0,44	1,36	1,96	2,21	2,3	1,11	1,71	1,94	2,09
350	20	0,36	0,62	0,58	0,43	1,36	1,96	2,19	2,28	1,1	1,7	1,92	2,07
350	25	0,36	0,61	0,56	0,42	1,35	1,95	2,17	2,25	1,09	1,69	1,9	2,04
350	35	0,36	0,59	0,53	0,4	1,33	1,93	2,13	2,19	1,07	1,67	1,86	1,98
350	50	0,36	0,57	0,5	0,38	1,31	1,91	2,08	2,14	1,05	1,65	1,81	1,92
350	75	0,35	0,55	0,47	0,36	1,29	1,89	2,03	2,06	1,03	1,63	1,76	1,84

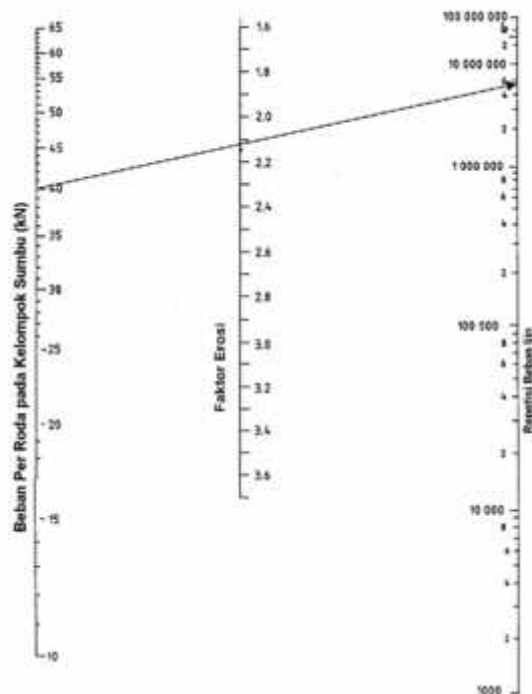
(Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)



Gambar 2.27 Analisis Fatik dan Beban Repetisi Ijin Berdasarkan Rasio Tegangan, dengan / tanpa bahu beton



Gambar 2.2 Analisis Erosi dan Jumlah Repetisi Ijin, berdasarkan faktor erosi, tanpa bahu beton



Gambar 2.29 Analisis Erosi dan Jumlah Repetisi Beban Berdasarkan Faktor Erosi, dengan Bahun Beton

## **2.9 Bangunan Pelengkap**

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

### **2.9.1 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 :

#### **a) 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:

##### **1. 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.

##### **2. Saluran Pembuang**

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

##### **3. Saluran Penangkap**

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

##### **4. 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.

#### **b) 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.

### **2.9.2 Prinsip dan pertimbangan perencanaan drainase**

#### a. Prinsip-prinsip umum perencanaan drainase :

##### 1) 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.

##### 2) Ekonomis dan aman

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

##### 3) Pemeliharaan

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

#### b. Pertimbangan dalam perencanaan drainase :

##### 1) 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.

##### 2) 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.

3) 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.

### **2.9.3 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 poal 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.  
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. Luas daerah layanan terdiri atas luas setengah badan jalan ( $A_1$ ), luas bahu jalan ( $A_2$ ) dan luas daerah di sekitar ( $A_3$ ).
  - b. Batasan luas daerah layanan tergantung dari daerah sekitar dan topografi dan daerah sekelilingnya. Panjang daerah pengaliran yang diperhitungkan terdiri atas setengah lebar badan jalan ( $l_1$ ) lebar bahu jalan ( $l_2$ ) dan daerah sekitar ( $l_3$ ) yang terbagi atas daerah perkotaan yaitu  $\pm 10$  m dan untuk daerah luar kota yang didasarkan pada topografi daerah tersebut.
  - c. 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 ( $A_3$ ).

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 nggi (sifat lulus 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 pengatiran yang terlalu luas. Harga faktor limpasan (fk) disesuaikan dengan kondisi permukaan tanah, seperti pada tabel 2.35.

Tabel 2.35 Koefisien Pengaliran (C) dan Faktor Limpasan (fk)

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)	Faktor Limpasan (fk)
	<b>BAHAN</b>		
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	
	<b>TATA GUNA LAHAN</b>		
1	Daerah perkotaan	0,70 – 0,95	2,0
2	Daerah pinggiran kota	0,60 – 0,70	1,5
3	Daerah industri	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, 2006)

**Keterangan:**

- 1) Harga koefisien pengaliran (C) untuk daerah datar diambil nilai C yang terkecil dan untuk daerah lereng diambil nilai C yang besar.
  - 2) 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.

$$C = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + C_3 A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \dots\dots\dots(2.53)$$

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<sub>c</sub>)**

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.

$$T_c = t_1 + t_2 \text{ atau } T_c = t_o + t_d \dots\dots\dots(2.54)$$

$$t_1 = \frac{L}{V} \left( 3,28 \times 10 \times \frac{n^2}{V^{1,48}} \right)^{0,167} \dots\dots\dots(2.55)$$

$$t_2 = \frac{L}{3,28 \times V} \dots\dots\dots(2.56)$$

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)

$n_d$  = koefisien hambatan

$i_s$  = kemiringan saluran memanjang

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

Tabel 2.36. 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, 2006)

Tabel 2.37. Koefisien Hambatan ( $n_d$ )

No	Kondisi lapis permukaan	$n_d$
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 rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan	0,800

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 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 tedetak 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 (Sri Harto, 1993).

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:

$$Q = \frac{1}{2.48} C.I.A \dots\dots\dots(2.57)$$

Dimana :

Q = debit aliran air (m<sup>3</sup>/detik)

C = koefisien pengaliran rata-rata dari C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

A = luas daerah layanan (km) terdiri atas A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>

#### 2.9.4 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.

a. Saluran samping

Bahan bangunan saluran ditentukan oleh besarnya kecepatan rencana aliran air yang mengalir di saluran samping jalan tersebut.

Seperti pada tabel 2.38

Tabel 2.38 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, 2006)

Kemiringan saluran ditentukan berdasarkan bahan yang digunakan. Hubungan antara bahan yang digunakan dengan

kemiringan saluran arah memanjang dapat dilihat pada tabel 2.39.

Tabel 2.39 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, 2006)

Penampang minimum saluran 0,50 m<sup>2</sup>.

b. Gorong-gorong

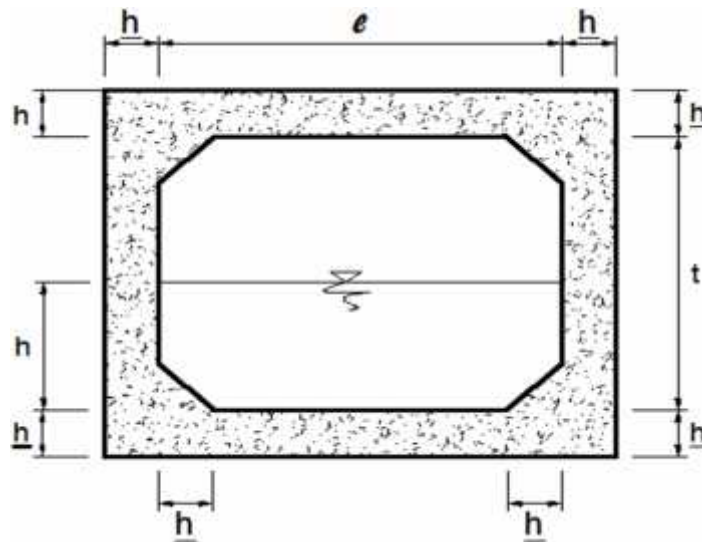
Ditempatkan melintang jalan yang berfungsi untuk menampung air dari hulu saluran drainase dan mengalirkannya, dengan dimensi yang harus cukup besar untuk melewati debit air secara maksimum dari daerah pengaliran secara efisien dan dibuat dengan tipe permanen. dalam perencanaan dan pelaksanaan gorong-gorong dianjurkan berpedoman pada standarisasi bertujuan untuk mempermudah pekerjaan ,sehingga tercapainya kelancaran pembangunan gorong-gorong.

1) Dimensi gorong-gorong persegi beton bertulang

Pada umumnya struktur beton bertulang mengalami tegangan tarik yang cukup besar akibat adanya gaya-gaya luar yang ada. Tegangan tarik yang ditimbulkan oleh gaya-gaya luar tersebut ditahan oleh tuulangan tarik yang ada pada striktur beton bertulang.

Konstruksi gorong-gorong persegi standar, direncanakan sesuai standar tipe single, Panjang gorong-gorong persegi , merupakan lebar jalan ditambah dua kali lebar bahu jalan dan dua kali tebal dinding sayap. Konstruksi gorong-gorong persegi beton bertulang ini direncanakan dapat menampung berbagai variasi lebar perkerasan jalan, sehingga pada prinsipnya panjang gorong-gorong persegi adalah bebas, tetapi pada perhitungan volume dan

berat besi tunlangan diambil terbatas dengan lebar perkerasan jalan yang umum yaitu 3,5 ; 4,5 ; 6 dan 7 meter. Dimensi gorong-gorong persegi beton bertulang direncanakan seperti terlihat pada Gambar 2.30 dan tabel sebagai berikut :



Gambar 2.30 Sketsa dengan Bentuk persegi

Tabel 2.40 Ukuran Dimensi gorong-gorong

Tipe single		
L	t	H
	100	16
	150	17
	200	18
	100	22
	150	23
	200	25
	250	26
	300	28
	150	28
	200	30
	250	30
	300	30

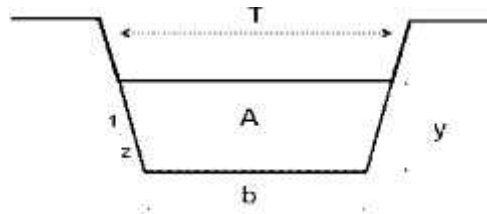
(Sumber : Standar Gorong-gorong persegi tipe single, SNI PU)



### 2.9.5 Desain saluran samping dan gorong-gorong

Desain saluran dapat dibagi dalam beberapa jenis :

1) Saluran bentuk trapesium (saluran samping) :



Gambar 2.31 Saluran dengan Bentuk Trapesium

$$A = (b + z.y) y \dots\dots\dots(2.58)$$

$$t = b + 2zy \dots\dots\dots(2.59)$$

$$D = \frac{A}{T} \dots\dots\dots (2.60)$$

$$V = K_{st}. R^{2/3}. I^{1/2} \dots\dots\dots(2.61)$$

$$Q = V.A \dots\dots\dots(2.62)$$

Penampang ekonomis:

$$b + 2zy = 2 y \sqrt{z^2 + 1} \dots\dots\dots (2.63)$$

Tinggi Jagaan :

$$W = \sqrt{0,5 x h} \dots\dots\dots (2.64)$$

Dimana :

A = Luas penampang melintang (m<sup>2</sup>)

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

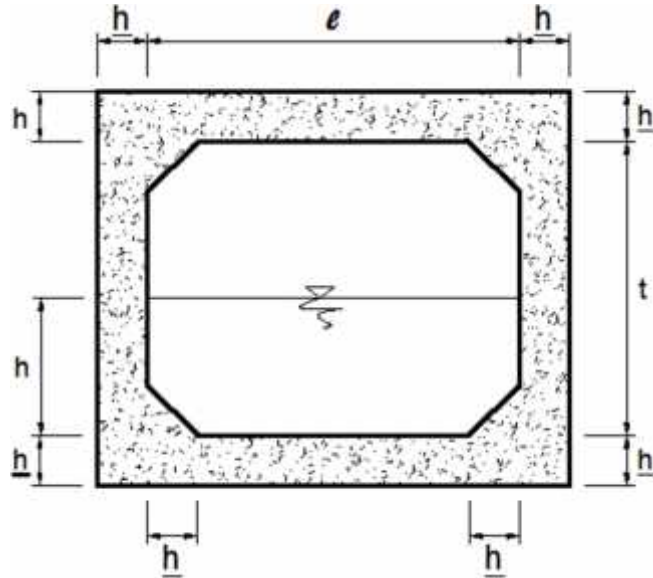
Q = debit aliran air (m<sup>3</sup>/detik)

Z = perbandingan kemiringan talud

W = tinggi jagaan (m)

$h$  = tinggi muka air (m)

2) Gorong-gorong bentuk Persegi (*box culvert*) :



Gambar 2.32 Sketsa dengan Bentuk persegi

$$A = Q/V \dots\dots\dots(2.65)$$

$$b = 2h \dots\dots\dots(2.66)$$

$$A = l \times h \dots\dots\dots(2.67)$$

$$I = \frac{R_t}{24} \times \left[ \frac{24}{tc} \right]^{2/3} \dots\dots\dots(2.68)$$

Tinggi Jagaan :

$$W = \sqrt{0.5 \times h} \dots\dots\dots(2.69)$$

Dimana :

$A$  = luas penampang melintang ( $m^2$ )

$l$  = lebar saluran (m)

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

$W$  = tinggi jagaan

$h$  = tinggi muka air (m)

$\underline{h}$  = tebal penampang saluran (cm)

$I$  = Intensitas curah hujan

### **2.9.6 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. Sekipun 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

## **2.10 Rencana Anggaran Biaya dan Manajemen Proyek**

### **2.10.1 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 anggaran biaya pekerjaan dan upah yang dipakai kontraktor. Adapun harga satuan bahan dan upah adalah satuan harga yang termasuk pajak-pajak.

### **2.10.2 Analisa satuan harga pekerjaan**

Yang dimaksud dengan analisa satuan harga adalah perhitungan – perhitungan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam satu proyek. Guna dari satuan harga ini agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan dari tiap – tiap pekerjaan yang ada. Dari harga – harga yang terdapat didalam analisa satuan harga ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya. Adapun yang termasuk didalam analisa satuan harga ini adalah :

a. Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan – perhitungan biaya pada setiap pekerjaan yang ada pada suatu proyek. Dalam menghitung analisa satuan pekerjaan, sangatlah erat hubungan dengan daftar harga satuan bahan dan upah.

b. Analisa Satuan Alat Berat

Perhitungan analisa satuan alat berat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu :

1. Pendekatan *on the job*, yaitu pendekatan yang dimaksudkan untuk mendapatkan hasil perhitungan produksi berdasarkan data yang diperoleh dari data hasil lapangan dan data ini biasanya didapat dari pengamatan observasi lapangan.
2. Pendekatan *off the job*, yaitu pendekatan yang dipakai untuk memperoleh hasil perhitungan berdasarkan standar yang biasanya ditetapkan oleh pabrik pembuat.

### **2.10.3 Perhitungan volume pekerjaan**

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

### **2.10.4 Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB)**

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 bangunan yang sama akan berbeda-beda dimasing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja. Dalam menyusun anggaran biaya dapat dilakukan dengan 2 cara sebagai berikut :

### 1. Anggaran Biaya Kasar ( Taksiran )

Sebagai pedoman dalam menyusun anggaran biaya kasar digunakan harga satuan tiap meter persegi ( $m^2$ ) luas lantai. Anggaran biaya kasar dipakai sebagai pedoman terhadap anggaran biaya yang dihitung secara teliti.

### 2. Anggaran Biaya Teliti

Yang dimaksud dengan anggaran biaya teliti, ialah anggaran biaya bangunan atau proyek yang dihitung dengan teliti dan cermat, sesuai dengan ketentuan dan syarat-syarat penyusunan anggaran biaya. Pada anggaran biaya kasar sebagaimana diuraikan terdahulu, harga satuan dihitung berdasarkan harga taksiran setiap luas lantai  $m^2$ . Taksiran tersebut haruslah berdasarkan harga yang wajar, dan tidak terlalu jauh berbeda dengan harga yang dihitung secara teliti.

Sedangkan penyusunan anggaran biaya yang dihitung dengan teliti, didasarkan atau didukung oleh :

#### a) Bestek

Gunanya untuk menentukan spesifikasi bahan dan syarat-syarat

#### b) Gambar Bestek

Gunanya untuk menentukan/menghitung/besarnya masing – masing volume pekerjaan.

#### c) Harga Satuan Pekerjaan

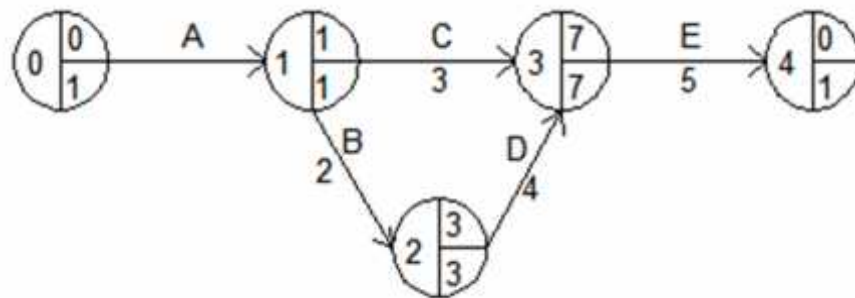
Didapat dari harga satuan bahan dan harga satuan upah berdasarkan perhitungan analisa BOW.

### **2.10.5 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.

### 2.10.6 Manajemen proyek

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi suatu perencanaan yang tepat untuk menyelesaikan tiap – tiap pekerjaan yang ada. 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, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan lain atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa – gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ke tempat lain.



Gambar 2.33 Sketsa *Network Planning*

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 rencana *scheduling* (waktu), dan alternatif-alternatif lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya.
- Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur-jalur kritis (*critical path*) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah:

- Urutan pekerjaan yang logis.

Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa yang

slack/kelonggaran waktu.

b. Biaya untuk mempercepat pekerjaan

Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berada di jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya : biaya-biaya lembur, biaya menambah tenaga kerja dan sebagainya.

Sebelum menggambar diagram NWP ada beberapa hal yang perlu kita perhatikan, antara lain :

- 1) Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya duration maupun resources yang dibutuhkan.
- 2) Aktifitas-aktifitas apa yang mendahului dan aktifitas-aktifitas apa yang mengikuti.
- 3) Aktifitas-aktifitas apa yang dapat dilakukan bersama-sama.
- 4) Aktifitas-aktifitas itu di batasi mulai dan selesai.
- 5) Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktifitas-aktifitas itu. kemudian mengikutinya.
- 6) Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan .Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Jika proyek itu baru sama sekali biasanya diberikan.
- 7) Kepala anak panah menjadi arah pedoman dari setiap kegiatan.
- 8) Besar kecilnya lingkaran juga tidak mempunyai arti dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa. Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP :
  - (a)  $\longrightarrow$  (Arrow) bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Ini adalah suatu 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

- (b)  $\Longrightarrow$  (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*). waktu.
- (c)  $\bigcirc$  (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan-kegiatan
- (d)  $-- \blacktriangleright$  (*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. Aktifitas semu hanya boleh dipakai bila tidak ada cara lain untuk menggambarkan hubungan-hubungan aktifitas yang ada dalam suatu network.



Gambar 2.34 Simbol Kejadian

### 2.10.7 Barchart

Rencana kerja yang paling sering dan banyak digunakan adalah diagram batang (*bar charts*) atau *Gant charts*. *Bar charts* digunakan secara luas dalam proyek konstruksi karena sederhana, mudah dalam pembuatannya dan mudah dimengerti oleh pemakainya.

*Bar Charts* adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertical. Kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat terlihat dengan jelas, sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang. Proses penyusunan diagram batang dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

- a. Daftar item kegiatan, yang berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.



- b. Urutan Pekerjaan, dari daftar item kegiatan tersebut di atas, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan lebih dahulu dan item kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian, dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan secara bersamaan.
- c. Waktu pelaksanaan pekerjaan, adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan berakhir. Waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari penjumlahan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap item kegiatan.

#### **2.10.8 Kurva S**

Kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dari tahap pertama sampai berakhirnya pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan antara harga pekerjaan dengan harga total keseluruhan dari jumlah harga penawaran.