

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Perancangan Geometrik Jalan**

Perancangan geometrik jalan adalah bagian dari perencanaan jalan yang bertujuan untuk menentukan dimensi yang nyata dari suatu jalan beserta bagian-bagiannya yang disesuaikan dengan tuntutan lalu lintas. Sebagai beban untuk perencanaan geometrik jalan adalah beban arus lalu lintas. (Suwardo, 2018).

Perencanaan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan route dari satu ruasa jalan secara lengkap,menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar, yang didapat dari hasil survey lapangan, kemudian dianalisis berdasarkan acuan persyaratan perencanaan geometrik yang berlaku. (Hamihan, 2010). Melalui perencanaan geometrik ini perencana berusaha menciptakan suatu hubungan yang baik antara waktu dan ruang yang berhubungan dengan kendaraan yang bersangkutan, sehingga dapat menghasilkan efisiensi keamanan serta kenyamanan yang paling optimal dalam perimbangan ekonomi yang paling layak. Dilihat dari sudut tahapan pembangunan, perencanaan geometrik adalah fase lanjutan dari *over all plan* yang selanjutnya diikuti oleh fase pembangunan. Sedangkan tujuan akhirnya adalah menyediakan jalan berstandar tinggi dan sesuai dengan fungsinya.

Dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya harus memiliki data perencanaan, diantaranya data lalu lintas, data topografi, data tanah, dan data penunjang lainnya. Data – data ini sangat diperlukan dalam merencanakan dalam merencanakan konstruksi jalan raya karena data – data ini memberikan gambaran yang sebenarnya dari kondisi suatu daerah dimana ruas jalan ini akan dibangun agar kita dapat menentukan geometrik dan ketebalan perkerasan yang diinginkan.(Sukirman, 1999).

## **2.2 Klasifikasi Jalan**

### **2.2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsinya**

Beberapa klasifikasi jalan yang telah ditetapkan oleh instansi terkait, dalam hal ini pemerintah, antara lain. (Hanafiah dan Sulaiman, 2018).

#### **A. Persyaratan Jalan Menurut Kelas Jalan**

##### **a. Jalan Arteri Primer**

1. Kecepatan rencana minimum 60 km/jam.
2. Lebar badan jalan minimum 8,0 meter.
3. Kapasitas lebih besar daripada volume lalu lintas rata-rata.
4. Lalu lintas jarak jauh tidak boleh terganggu oleh lalu lintas ulang-alik, lalu lintas lokal dan kegiatan lokal.
5. Jalan masuk dibatasi secara efisien (jarak antara jalan masuk/akses langsung tidak boleh lebih pendek dari 500 meter).
6. Persimpangan dengan jalan lain dilakukan pengaturan tertentu sehingga tidak mengurangi kecepatan rencana dan kapasitas jalan.
7. Tidak terputus walaupun memasuki kota.
8. Persyaratan teknis jalan masuk ditetapkan oleh menteri.

##### **b. Jalan Kolektor Primer**

1. Kecepatan rencana minimum 40 km/jam.
2. Lebar badan jalan minimum 7,0 meter.
3. Kapasitas sama dengan atau lebih besar daripada volume lalu lintas rata-rata.
4. Jalan masuk dibatasi, direncanakan sehingga tidak mengurangi kecepatan rencana dan kapasitas jalan (jarak antar jalan masuk tidak boleh lebih pendek dari 400 meter).
5. Tidak terpusus walau masuk kota.

##### **c. Jalan Lokal Primer**

1. Kecepatan rencana minimum 20 km/jam.
2. Lebar minimum 6,0 meter.
3. Tidak terputus walaupun melalui desa.

d. Jalan Arteri Sekunder

1. Kecepatan rencana minimum 20 km/jam.
2. Lebar badan jalan minimum 8 meter kapasitas sama atau lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata.
3. Lalu lintas cepat tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat.
4. Jalan masuk dibatasi, direncanakan sehingga tidak mengurangi kecepatan rencana dan kapasitas jalan (jarak antar jalan masuk tidak boleh lebih pendek dari 250 meter).
5. Persimpangan dengan pengaturan tertentu, tidak mengurangi kecepatan dan kapasitas jalan.

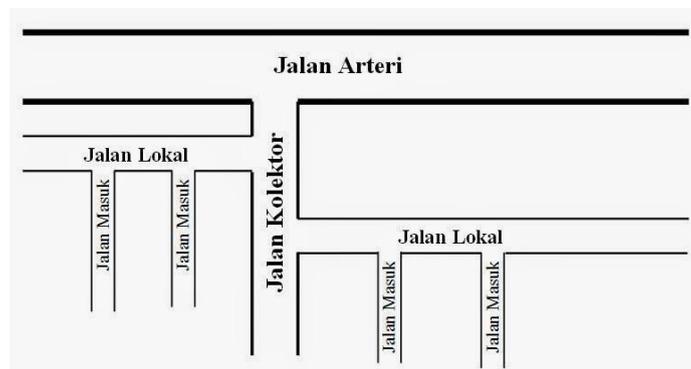
e. Jalan Kolektor Sekunder

1. Kecepatan rencana minimum 20 km/jam.
2. Lebar badan jalan minimum 7,0 meter.
3. Jalan masuk dibatasi, direncanakan sehingga tidak mengurangi kecepatan rencana dan kapasitas jalan (jarak antar jalan masuk tidak boleh lebih pendek dari 200 meter).

f. Jalan Lokal Sekunder

1. Kecepatan rencana minimum 10 km/jam.
2. Lebar badan jalan minimum 5 meter.
3. Persyaratan teknik diperuntukkan bagi kendaraan beroda tiga atau lebih.
4. Lebar badan jalan tidak diperuntukkan bagi kendaraan beroda tiga atau lebih, minimal 3,5 meter.

Contoh dari hirarki jalan berdasarkan fungsinya dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



**Gambar 2.1** Hirarki Jalan Berdasarkan fungsinya  
(Sumber: Miro. 1997 : 54)

## B. Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi Jalan

### a. Pengelompokan Jalan Menurut Sistem

1. Sistem Jaringan Jalan Primer. Jaringan jalan dengan peranan pelayanan jasa distribusi untuk pengembangan semua wilayah yang menghubungkan simpul jasa distribusi berwujud kota.
2. Sistem Jaringan Jalan Sekunder. Jaringan jalan dengan peranan pelayanan jasa distribusi untuk masyarakat di dalam kota, yang menghubungkan antar dan dalam kawasan di dalam kota.
  - a) Pusat-pusat produksi, pusat-pusat yang menghasilkan barang dan jasa, termasuk kawasan pemukiman, dan kawasan lainnya.
  - b) Simpul jasa distribusi, pusat-pusat kegiatan yang mempunyai jangkauan pelayanan nasional, wilayah, dan lokal.

### b. Pengelompokan Jalan Menurut Fungsi

1. Jalan Arteri. Jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri:
  - a) Perjalanan jarak jauh.
  - b) Kecepatan rata-rata tinggi.
  - c) Jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien dengan memerhatikan kapasitas jalan masuk.
2. Jalan Kolektor. Jalan yang melayani angkutan pengumpulan/pembagian dengan ciri-ciri :
  - a) Perjalanan jarak setting.

- b) Kecepatan rata-rata sedang.
  - c) Jumlah jalan masuk dibatasi.
3. Jalan Lokal. Jalan yang melayani angkutan lokal, dengan ciri-ciri:
- a) Perjalanan jarak dekat.
  - b) Kecepatan rata-rata rendah.
  - c) Jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
4. Jalan Lingkungan. Jalan yang melayani angkutan lingkungan dengan
- a) Perjalanan jarak pendek.
  - b) Kecepatan rendah.
- c. Pengelompokan Jalan Menurut Status
1. Jalan Nasional
- a) Jalan umum dengan fungsi arteri primer.
  - b) Menghubungkan antar ibu kota provinsi.
  - c) Menghubungkan antar negara.
  - d) Jalan yang bersifat strategis nasional.
2. Jalan Provinsi
- a) Jalan umum dengan fungsi kolektor primer.
  - b) Menghubungkan ibu kota provinsi dengan ibu kota kabupaten atau kota.
  - c) Menghubungkan antar ibu kota kabupaten atau antar kota.
  - d) Jalan yang bersifat strategis regional.
3. Jalan Kabupaten
- a) Jalan umum dengan fungsi lokal primer.
  - b) Menghubungkan ibu kota kabupaten dengan ibu kota kecamatan.
  - c) Menghubungkan antar ibu kota kecamatan.
  - d) Menghubungkan ibu kota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal.
  - e) Menghubungkan antar pusat kegiatan lokal.
  - f) Jalan strategis lokal di daerah kabupaten.
4. Jalan Kota
- a) Jalan umum dalam sistem sekunder.
  - b) Menghubungkan antar pusat kegiatan lokal dalam kota.

- c) Menghubungkan pusat kegiatan lokal dengan persil.
- d) Menghubungkan antar persil.
- e) Menghubungkan antar pusat permukiman.
- f) Berada di kawasan perkotaan.

#### 5. Jalan Desa

- a) Jalan umum dalam sistem tersier.
- b) Menghubungkan kawasan di dalam desa dan antar permukiman.

#### 6. Jalan Khusus

Disebut sesuai dengan instansi, badan usaha, perorangan, atau kelompok masyarakat.

#### d. Pengelompokan Jalan menurut Kelas Jalan

1. Fungsi jalan,
2. Kemampuan menerima muatan rencana sumbu terberat, baik konfigurasi rencana sumbu kendaraan atau sesuai dengan ketentuan teknologi alat transportasi.

#### C. Klasifikasi Jalan Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

##### 1. Kewenangan Pemerintah

- a. Penetapan persyaratan untuk penentuan status, kelas, dan fungsi jalan.
- b. Pengaturan dan penetapan status jalan nasional.

##### 2. Kewenangan Provinsi

- a. Penyusunan dan penetapan jaringan transportasi jalan provinsi.
- b. Perencanaan, pembangunan, dan pemeliharaan jalan provinsi.

##### 3. Kewenangan Kabupaten/Kota

- a. Penyusunan dan penetapan jaringan transportasi jalan kabupaten/kota.
- b. Pengawasan dan pengendalian perwujudan jaringan transportasi jalan kabupaten/kota.
- c. Penerapan kelas jalan kabupaten/kota.
- d. Penyusunan perencanaan dan pembangunan transportasi kota (dalam wilayah kabupaten/kota).

#### D. Klasifikasi Jalan Menurut Pembagian Kelas Jalan

##### 1. Jalan Kelas I

Jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran panjang tidak melebihi 2500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 10000 mm, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan lebih besar dan 10 ton.

#### 2. Jalan Kelas II

Jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran panjang tidak melebihi 2500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 18000 mm, dan muatan sumbu terberat diizinkan 10 ton.

#### 3. Jalan Kelas IIIA

Jalan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran panjang tidak melebihi 2500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 18000 mm. Muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton.

#### 4. Jalan Kelas IIIB

Jalan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 12000 mm, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton.

#### 5. Jalan Kelas IIIC

Jalan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran panjang tidak melebihi 2500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 9000 mm, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton.

### E. Klasifikasi Jalan Berdasarkan Kriteria Geometri Jalan

1. Lalu Lintas Harian Rata-Rata (smp/h).
2. Kecepatan Rencana - V (km/jam).
3. Jari-jari tikungan minimum (m).
4. Lebar dan jumlah lajur.
5. Landai maksimum.
6. Lebar penguasaan tanah (right of way - ROW).
7. Lebar median.

### 2.2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi jalan menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam Muatan Sumbu Terberat (MST) dalam satuan ton.

**Tabel 2.1** Klasifikasi jalan Menurut Kelas Jalan

<b>F u n g s i</b>	<b>Kelas</b>	<b>Muatan Sumbu Terberat MST (ton)</b>
Arteri	I	>10
	II	10
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	

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

### 2.2.3 Muatan sumbu terberat

Muatan sumbu terberat adalah jumlah tekanan maksimum roda terhadap jalan, penetapan muatan sumbu terberat ditujukan untuk mengoptimalkan antara biaya konstruksi dengan efisiensi angkutan. Muatan sumbu terberat untuk masing-masing kelas jalan ditunjukkan yaitu, kelas jalan I dengan nilai MST belum ditetapkan I, kelas jalan II dengan nilai MST yaitu 10 ton dan kelas III dengan MST yaitu 8 ton.

1) Belum ditetapkan, di beberapa Negara Eropa Sudah ditetapkan 13 ton

Muatan Sumbu Terberat ditentukan dengan pertimbangan kelas jalan terendah yang dilalui, kekuatan ban, kekuatan rancangan sumbu dan GVW atau jumlah yang diperbolehkan yang ditetapkan oleh pabrikan. Penghitungan Muatan Sumbu Terberat menggunakan prinsip kesetimbangan momen gaya. Muatan Sumbu Terberat pada kendaraan dengan konfigurasi 1.1 umumnya terletak pada sumbu belakang, sehingga sumbu depan menjadi titik awal momen sehingga dapat diformulasikan menjadi:

$$MST = ((q * L) / a) + S^2 \quad \{\displaystyle MST = ((q * L) / a) + S^2\}$$

- $q$  = jarak dari Sumbu pertama (As roda depan) ke titik berat muatan;
- $L$  = Load atau muatan dalam kg;
- $a$  = jarak wheelbase atau As roda depan sampai dengan As roda belakang;
- $S_2$  = Berat timbangan sumbu kedua(belakang)dalam kg.

#### **Pelanggaran terhadap muatan sumbu :**

Pelanggaran terhadap muatan sumbu dikendalikan melalui jembatan timbang. Penempatan jembatan timbang dilakukan pada lintasan strategis sehingga kelebihan muatan dapat dikendalikan dengan lebih baik. Pelaksanaan pengendalian di jembatan timbang dilakukan oleh Dinas Perhubungan Provinsi.

Tingkat pengrusakan jalan dinyatakan dengan rumus berikut:

$$TKJ = \left( \frac{MST}{MSR} \right)^4$$

di mana:

TKJ adalah Tingkat kerusakan jalan (kali)

MST adalah Muatan Sumbu Terberat hasil penimbangan

MSR adalah Muatan Sumbu Rencana

#### **2.2.4 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan**

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam **Tabel 2.2**.

**Tabel 2.2** Klasifikasi Menurut Medan Jalan

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

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

### 2.2.5 Klasifikasi Jalan Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

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

- a. Jalan Nasional, adalah jalan yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan nasional
- b. Jalan Provinsi, adalah jalan yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan provinsi
- c. Jalan Kabupaten, adalah jalan yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan kabupaten.
- d. Jalan Kotamadya, adalah jaringan jalan sekunder di dalam kotamadya.
- e. Jalan Desa, adalah jaringan jalan sekunder di dalam desa.
- f. Jalan Khusus, adalah jalan yang pembinaannya tidak dilakukan oleh menteri maupun pemerintah daerah, tetapi dapat oleh instansi, badan hukum, atau perorangan yang bersangkutan.

## 2.3 Kriteria Perencanaan Geometrik Jalan

### 2.3.1 Kendaraan Rencana

Berdasarkan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997 dari bentuk, ukuran, daya, dan kendaraan-kendaraan yang mempergunakan jalan kendaraan-kendaraan tersebut dikelompokkan menjadi dalam 3 kategori :

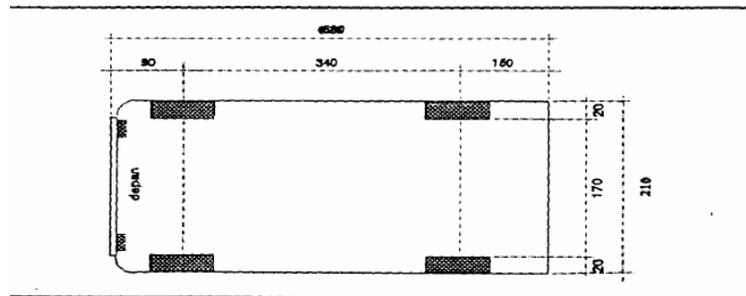
- a. Kendaraan Kecil, diwakili oleh mobil penumpang.
- b. Kendaraan Sedang, diwakili oleh truk 3 as tandem atau oleh bus besar.
- c. Kendaraan Besar, diwakili oleh truk semi-trailer.

**Tabel 2.3** Dimensi Kendaraan Rencana

Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar (cm)		Radius Tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min	Maks	
Kendaraan Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Kendaraan Sedang	410	260	1210	210	240	240	1280	1210
Kendaraan Besar	410	260	2100	120	90	90	1400	1370

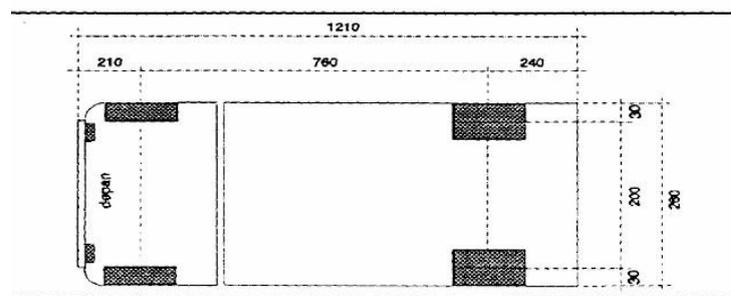
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Dimensi dasar untuk masing-masing kategori Kendaraan Rencana ditunjukkan dalam **Tabel 2.1** dan pada **Gambar 2.2** s.d. **Gambar 2.3** menampilkan sketsa dimensi kendaraan rencana tersebut.



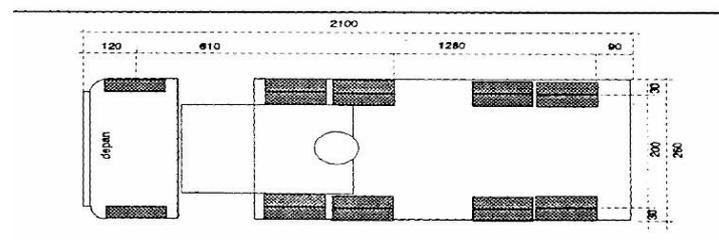
**Gambar 2.2** Dimensi Kendaraan Kecil

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



**Gambar 2.3** Dimensi Kendaraan Sedang

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



**Gambar 2.4** Dimensi Kendaraan Berat

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

### 2.3.2 Volume Lalu Lintas Rencana

Data lalu lintas sangat diperlukan dalam perencanaan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan menggunakan jalan pada suatu segmen jalan yang ditinjau.

Besarnya volume lalu lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar lajur pada suatu jalur jalan dalam penentuan karakteristik geometrik, sedangkan jenis kendaraan akan menentukan kelas beban atau MST (Muatan Sumbu Terberat) yang berpengaruh ada perencanaan konstruksi perkerasan. Volume lalu lintas yang tinggi akan membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebih lebar pula agar aman dan nyaman. Namun apabila jalan dibuat terlalu lebar, sedangkan volume lalu lintasnya rendah, cenderung akan membahayakan.

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati / melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (kendaraan/hari, kendaraan/jam). Volume lalu lintas dapat berupa Volume Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR), Volume Jam Perencanaan (VJP). Masalahnya volume rata-rata dipakai akan menghasilkan jalan yang tidak mencukupi, sedangkan volume pada jam sibuk (*Peak Time*) akan terjadi beban maksimal dalam waktu yang singkat saja, sehingga tidak ekonomis. Berikut adalah macam – macam volume :

1. *Annually Average Daily Traffic* (AADT)

Adalah volume lalu lintas rata-rata selama 24 jam suatu titik selama setahun.

$AADT = \text{Banyaknya kendaraan yang melintasi suatu titik}$

2. *Average Daily Traffic* (ADT)

Adalah volume lalu lintas rata-rata selama 24 jam di suatu titik dalam periode waktu kurang dari 1 (satu) tahun minimal dalam 2 hari .

3. *Anually Average Daily Weekday* (AAWT)

Adalah volume lalu lintas rata-rata 24 jam di suatu titik selama hari kerja sepanjang tahun.

4. *Average Weekday* (awt)

Adalah volume kendaraan rata-rata selama 24 jam dihari kerja dalam waktu kurang dari 1 tahun.

5. *Hourly Volume* (Volume Jam-an)

Volume ini dipakai untuk maksud analisa desain dan operasional. Volume perjam-an bisa di asumsikan dari volume harian dengan estimasi sebagai berikut :  $DDHV = AADT \times k \times D$

DDHV : Directional Distribution Hourly Volume

k : Bagian lalu lintas yang terjadi pada jam sibuk

D : Faktor distribusi awal

**Tabel 2.4** Nilai k dan D

Jenis	K	D
Rural	0.15 – 0.25	0.65 – 0.80
Sub urban	0.12 – 0.15	0.55 – 0.65
Urban		
- Radial	0.07 – 0.12	0.55 - 0.60
- Circumferential Route	0.07 – 0.12	0.50 – 0.55

(Sumber : TPGJAK No.038 / T / BM / 1997)

#### 6. *Sub Hourly Volume* (Volume Kurang Dari Satu Jam)

Misalkan volume yang didapat selama 15 menit adalah 1000 kendaraan maka volume selama 1 jam tidaklah sama dengan  $60/15 \times 1000$  kendaraan melainkan harus dikalikan suatu faktor yang disebut *Peak Hour Factor* (PHF)

PHF : Volume per jam  
*Rate of flow maximum*

#### 2.3.3 Kecepatan Rencana

Kecepatan Rencana ( $V_R$ ) adalah kecepatan maksimum yang aman dan dapat dipertahankan di sepanjang bagian tertentu pada jalan raya tersebut jika kondisi yang beragam tersebut menguntungkan dan terjaga oleh keistimewaan perencanaan jalan. Kecepatan rencana pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti.  $V_R$  untuk masing masing fungsi jalan dapat ditetapkan dari Tabel 2.4. Untuk kondisi medan yang sulit,  $V_R$  suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam. (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota,1997).

**Tabel 2.5** Kecepatan Rencana,  $V_R$ , Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Medan Jalan.

Fungsi	Kecepatan Rencana, $V_R$ Km/jam		
	Data r	Bukit	Pegunungan
Arteri	70 – 120	60 - 80	40 – 70
Kolektor	60 – 90	50 - 60	30 – 50
Lokal	40 – 70	30 - 50	20 – 30

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

### 2.3.4 Jarak Pandang

Jarak Pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. Dibedakan dua Jarak Pandang, yaitu Jarak Pandang Henti ( $J_h$ ) dan Jarak Pandang Mendahului ( $J_d$ ).

#### a. Jarak Pandang Henti

$J_h$  adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik di sepanjang jalan harus memenuhi  $J_h$ .  $J_h$  diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan.  $J_h$  terdiri atas 2 elemen jarak, yaitu:

- Jarak tanggap ( $J_{ht}$ ) adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem; dan
- Jarak pengereman ( $J_{hr}$ ) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

$J_h'$  dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus:

$$J_h' = J_{ht} + J_{hr}$$

$$J_h = \frac{V_R}{3.6} T + \frac{(V_R)^2}{2g.Fp}$$

Dari persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi :

Untuk jalan datar	Untuk jalan dengan kelandaian tertentu
$J_h = 0,278 \times V_R \times T + \frac{V_R^2}{254 \times fp}$	$J_h = 0,278 \times V_R \times T + \frac{V_R^2}{254 \times fp \pm L}$

Dimana :

$V_R$  : kecepatan rencana (km/jam)

$T$  : waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

$g$  : percepatan gravitasi, ditetapkan 9,8 m/det<sup>2</sup>

$f$  : koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35-0,55.

$L$  : landai jalan dalam (%) dibagi 100

Syarat-syarat untuk menentukan jarak pandang henti minimum dapat dilihat pada **Tabel 2.6**.

**Tabel 2.6** Jarak Pandang Henti (jh) Minimum

$V_r$ (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
<b>Jh Minimum (m)</b>	250	175	120	75	55	40	27	16

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

### 2.3.5 Komposisi Lalu Lintas

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

#### 1. Satuan Mobil Penumpang (smp)

Satuan arus lalu lintas, dimana arus dari berbagai tipe kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan smp.

#### 2. Ekvivalen Mobil Penumpang (emp)

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, emp : 1,0).

### 3. Faktor (F)

Faktor F adalah variasi tingkat lalu lintas per 15 menit dalam satu jam.

### 4. Faktor VLHR (K)

Faktor untuk mengubah volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam SMP/jam, dihitung dengan rumus:

$$VJR = VLHR * K / F$$

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

**Tabel 2.7** Penentuan Faktor K dan F Berdasarkan Volume Lalu Lintas Rata-rata

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

(Sumber : TPGJAK No.038 / T / BM / 1997)

### 5. Kapasitas (C)

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

### 6. Derajat Kejenuhan (DS)

Rasio volume lalu lintas terhadap kapasitas (biasanya dihitung per jam).

## 2.4 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal dikenal juga dengan nama “situasi jalan” atau

“trase jalan”. alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus (biasa disebut “tangen), yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah dengan lengkung peralihan atau busur-busur peralihan saja ataupun busur lingkaran saja. (Hamirhan Saodang, 2010).

#### 2.4.1 Panjang Bagian Lurus

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

**Tabel 2.8** Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi	Panjang Bagian Lurus maksimum ( m )		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

(Sumber : TPGJAK No.038 / T / BM / 1997)

#### 2.4.2 Tikungan

Bagian yang paling kritis dari suatu alinyemen horizontal ialah bagian lengkung (tikungan). Hal ini disebabkan oleh adanya suatu gaya sentrifugal yang akan melemparkan kendaraan keluar daerah tikungan tersebut. Pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi, akan terjadi gesekan arah melintang jalan antara ban dengan permukaan aspal yang menimbulkan gaya gesekan melintang dengan gaya normal yang disebut dengan koefisien gesekan melintang ( $f$ ).

Gaya sentrifugal ini mendorong kendaraan secara radial keluar jalur. Atas dasar ini maka perencanaan tikungan agar dapat memberikan keamanan dan kenyamanan perlu mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut :

##### 1. Jari-jari Minimum

Kendaraan pada saat melalui tikungan dengan kecepatan ( $V$ ) akan menerima gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Untuk mengimbangi gaya sentrifugal tersebut. Perlu dibuat suatu

kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut dengan superelevasi (e).

Pada saat kendaraan melalui daerah super elevasi, akan terjadi gesekan arah melintang jalan antara ban kendaraan dengan permukaan aspal yang menimbulkan gaya gesekan melintang. Perbandingan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang (f).

Rumus yang digunakan :

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

$$D = \frac{25}{2\pi R}$$

Dimana R : jari-jari lengkung

D : derajat lengkung

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

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

$$D_{\max} = \frac{181913 (e_{\max} + f_{\max})}{VR^2}$$

Dimana : Rmin : jari jari tikungan minimum, (m).

Vr : kecepatan kendaraan rencana,(km/jam)

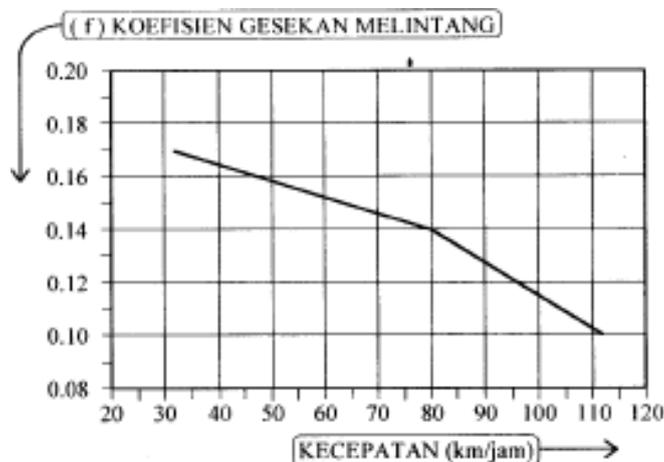
E<sub>max</sub> : super elevasi maksimum, (%).

F<sub>max</sub> : koefisien gesek melintang maksimum

D : derajat lengkung

D<sub>mak</sub> : derajat maksimum

Untuk pertimbangan perencanaan, digunakan emaks : 10 % dan fmax dan fmax sesuai **Gambar 2.4**.



**Gambar 2.5** Grafik Nilai (f), untuk  $e_{max} = 6\%$ ,  $8\%$  dan  $10\%$   
(Menurut AASHTO)

(sumber : perencanaan teknik jalan raya, 2000)

**Tabel 2.9** Jari-jari Tikungan Minimum

Vr (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R min (m)	600	300	210	110	80	50	30	15

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

## 2. Bentuk-bentuk Tikungan

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

### a. Tikungan *Full Circle*

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

#### 1. Lengkung Peralihan

## 2. Pelebaran Perkerasan Jalan

## 3. Kebebasan samping

Jenis tikungan full circle ini merupakan jenis tikungan yang paling ideal ditinjau dari segi keamanan dan kenyamanan pengendara dan kendaraannya, namun apabila ditinjau dari penggunaan lahan dan biaya pembangunannya yang relatif terbatas, jenis tikungan ini merupakan pilihan yang sangat mahal. Adapun batasan dimana diperbolehkan menggunakan full circle adalah sebagai berikut sesuai tabel 2.10

**Tabel 2.10** Jari-jari Minimum yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

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

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota

No.038/T/BM/1997)

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

$$T = R \tan \frac{\Delta}{2}$$

2

$$E = T \tan \Delta = \frac{\sqrt{R^2 + T^2} - R}{\cos \Delta} = R (\sec \Delta - 1)$$

4

2

$$L_c = \frac{\Delta}{180} \pi R = 0,01745 \Delta R$$

Dimana :

$\Delta$  : Sudut tikungan ( $^{\circ}$ )

E : Jarak PI ke puncak busur lingkaran (m)

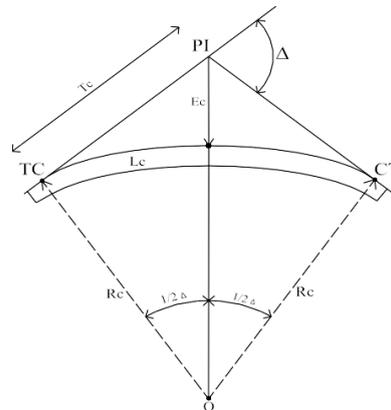
O : Titik pusat lingkaran

L : Panjang lengkung (CT – TC), (m)

R : Jari-jari tikungan (m)

$\Pi$  : Titik potong antara 2 garis tangen

T : Jarak TC-PI atau PI-CT



**Gambar 2.6** Tikungan Full Circle

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

Catatan :

Tikungan FC hanya digunakan untuk  $R$  yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan  $R$  kecil akan diperlukan superelevasi yang besar.

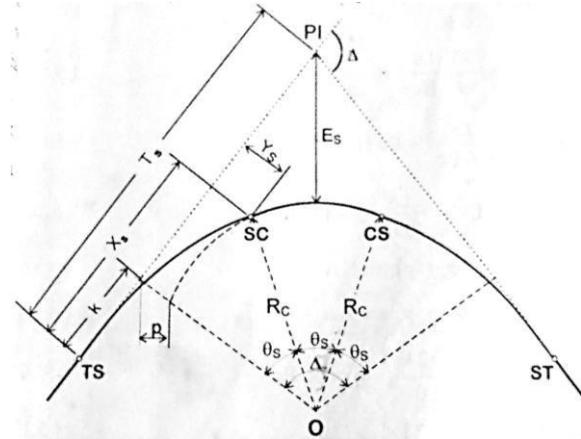
b. Tikungan *spiral – circle - spiral*

Bentuk tikungan ini digunakan pada daerah-daerah perbukitan atau pegunungan, karena tikungan jenis ini memiliki lengkung peralihan yang memungkinkan perubahan menikung tidak secara mendadak dan tikungan tersebut menjadi aman. Adapun jari-jari yang diambil untuk tikungan *spiral – circle – spiral* ini haruslah sesuai dengan kecepatan dan tidak mengakibatkan adanya kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang ditentukan, yaitu :

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

Rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *spiral – circle - spiral*, yaitu : Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran ( $R = \infty$ ,  $R = R_c$ ), jadi lengkung peralihan ini di letakkan antara bagian lurus dan bagian lingkaran (circle), yaitu pada

sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran. Komponen Spiral-Circle-Spiral dapat dilihat pada gambar 2.7.



**Gambar 2.7** Komponen Spiral-Circle-Spiral

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

Panjang lengkung peralihan ( $L_s$ ), menurut tata cara perencanaan geometric jalan antar kota, 1997. Diambil nilai yang terbesar dari 3 persamaan dibawah ini.

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

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} T$$

- b) Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus Modifikasi Shortt, sebagai berikut :

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

- c) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian,

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

Dimana :

T : waktu tempuh = 3 detik

$R_c$  : jari-jari busur 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

untuk  $VR \leq 70$  km/jam, maka  $r_{e \text{ mak}}$  : 0,035 m/m/det;

untuk  $VR \geq 80$  km/jam, maka  $r_{e \text{ mak}}$  : 0,025 m/m/det

Rumus-rumus yang di gunakan dalam perhitungan Spiral-Circle-

Spiral adalah:

$$I? s = \frac{90}{\pi} \times \frac{Ls}{Rc}$$

$$\Delta c = \Delta + 2 I? s$$

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

$$Ys = \frac{Ls^2}{6 \times Rc}$$

$$Xs = Ls \times \left( 1 - \frac{Ls^2}{40 \times Rc^2} \right)$$

$$p = \frac{Ls^2}{6 \times Rc} - Rc (1 - \cos I? s)$$

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

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

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

$$L_{tot} = Lc + 2 Ls$$

Dimana :

$X_s$  : Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC

(jarak lurus lengkung peralihan)

$Y_s$  : Koordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, jarak

tegak lurus ke titik SC pada lengkung

$L_s$  : Panjang lengkung peralihan

$L_c$  : Panjang busur lingkaran (panjang dari titik SC ke CS)

$T_s$  : panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST

TS : titik dari tangen ke spiral

SC : titik dari spiral ke lingkaran

Es : jarak dari PI busur ke lingkaran

$\theta_s$  : sudut lengkung spiral

$R_c$  : jari-jari lingkaran

$p$  : pergeseran tangen terhadap spiral

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

Jika diperoleh  $L_c < 25$  m, maka sebaiknya tidak digunakan bentuk SCS, tetapi digunakan lengkung SS, yaitu lengkung yang terdiri dari dua lengkung peralihan.

Jika  $P$  yang dihitung dengan rumus berikut maka ketentuan tikungan yang digunakan bentuk FC.

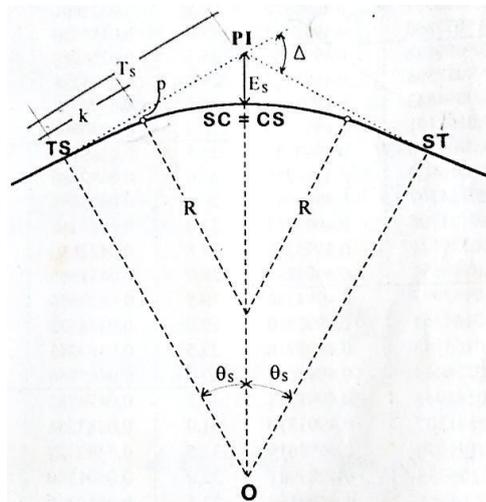
$$P = \frac{L_s^2}{24 R_c} < 0,25 \text{ m}$$

Untuk  $L_s = 1,0$  m maka  $p = P'$  dan  $k = k'$

Untuk  $L_s = L_s$ , maka  $p = p' \times L_s$  dan  $k = k' \times L_s$

c. Tikungan *Spiral-Spiral* (SS)

Lengkung ini hanya terdiri dari bagian spiral saja. Jenis lengkung ini digunakan untuk tikungan yang tajam dengan sudut  $\Delta$  relatif besar dan jari-jari yang relatif kecil.



**Gambar 2.8** Komponen Spiral-spiral

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

Rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan Spiral-Spiral adalah:

$$\begin{aligned}
 L_s &= \frac{\theta_s}{28,648} \times R \\
 P &= p^* \times L_s \\
 K &= k^* \times L_s \\
 TS &= (R+P) \times \operatorname{tg} \frac{1}{2} \Delta + k \\
 E_s &= \frac{(R+P)}{\operatorname{Cos} \frac{1}{2} \Delta} - 50 \\
 L &= 2 \times L_s
 \end{aligned}$$

Dimana :

- $E_s$  : jarak dari PI ke busur lingkaran (m).  
 $T_s$  : panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST (m).  
 $TS$  : titik dari tangen ke spiral (m).  
 $SC$  : titik dari spiral ke lingkaran (m).  
 $R$  : jari-jari lingkaran (m).

c) Superelevasi

Superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan – kemiringan jalan pada bagian tertentu, hal ini berfungsi juga untuk mempermudah dalam pelaksanaan di lapangan.

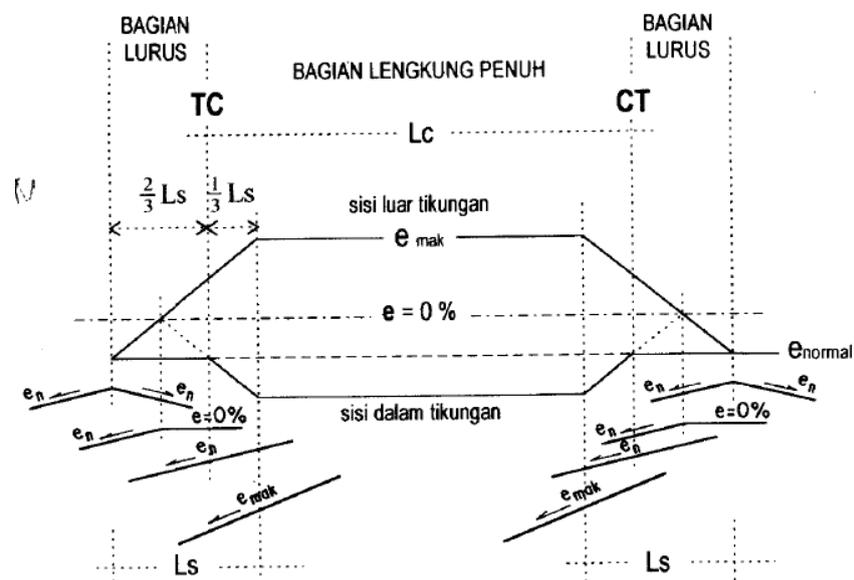
a) Pencapaian superelevasi ini dilakukan dengan cara :

- c.1. Superelevasi dapat dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.
- c.2. Pada tikungan spiral-circle-spiral, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bentuk normal sampai lengkung peralihan (TS) yang berbentuk pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan SC.
- c.3. Pada bagian full circle, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bagian lurus sepanjang  $\frac{2}{3} L_s$  sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang  $\frac{1}{3} L_s$ .
- c.4. Pada tikungan spiral-spiral, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.

c5. Superelevasi tidak diperlukan jika radius ( $R$ ) cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal ( $LN$ ) atau bahkan tetap lereng normal ( $LN$ ).

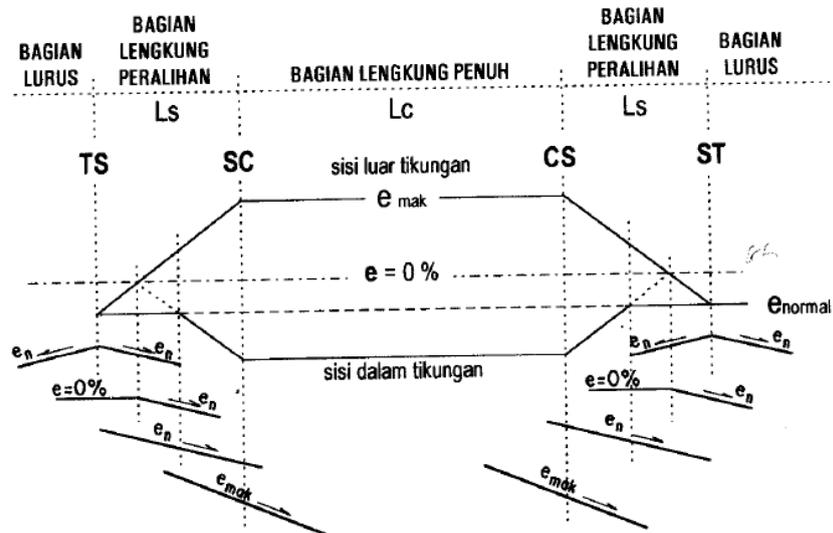
b) Pencapaian superelevasi ini dilakukan dengan cara :

Metoda untuk melakukan super elevasi yaitu dengan merubah lereng potongan melintang, dilakukan dengan bentuk profil dari tepi perkerasan yang dibundarkan, tetapi disarankan cukup untuk mengambil garis lurus saja dan dapat dilihat pada **Gambar 2.8** ; **Gambar 2.9** dan **Gambar 2.10**.



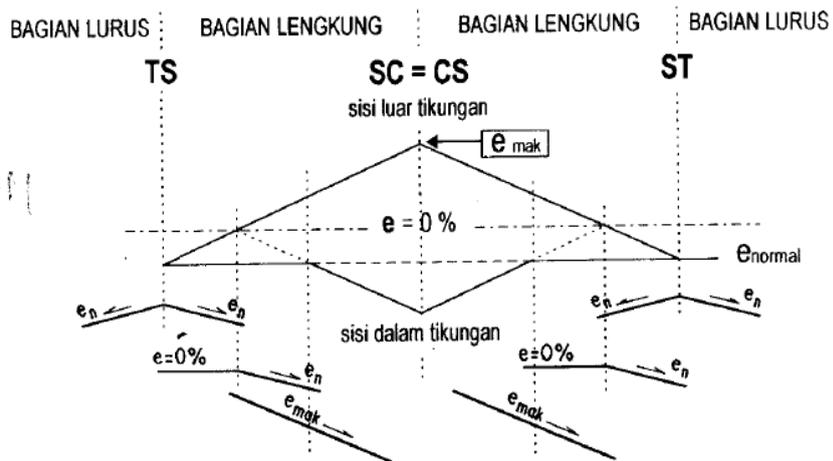
**Gambar 2.9** Diagram Superelevasi *Full Circle*

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



**Gambar 2.10** Diagram Superelevasi *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)

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



**Gambar 2.11** Diagram Superelevasi *Spiral-spiral* (SS)

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

d) Pelebaran Perkerasan Pada Tikungan

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

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

**Tabel 2.11** Pelebaran di Tikungan per Laju (m) untuk Lebar Jalur x (B) m.  
2 Arah atau 1 Arah

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

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

Pelebaran pada tikungan dilakukan untuk mempertahankan konsisten geometric jalan agar kondisi operasional lalulintas di

tikungan sama dengan di bagian lurus. Pelebaran jalan di tikungan mempertimbangkan :

- 1) Kesulitan pengemudi untuk menempatkan kendaraan tetap pada lajunya.
- 2) Penambahan lebar (ruang) lajur yang dipakai saat kendaraan melakukan gerakan melingkar. Dalam segala hal pelebaran di tikungan harus memenuhi gerak perputaran kendaraan rencana sedemikian sehingga proyeksi kendaraan tetap pada jalurnya.
- 3) Pelebaran yang lebih kecil dari 0.6 meter dapat diabaikan.

Adapun rumus-rumus yang berlaku untuk menghitung pelebaran pada tikungan :

$$Rc = R - \frac{1}{4} Bn + \frac{1}{2} b'$$

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

$$Z = \frac{0,105 \cdot V}{\sqrt{R}}$$

$$Bt = n (B + c) + z$$

Dimana :

B : lebar perkerasan pada tikungan (m).

Bn : lebar total perkerasan pada bagian lurus (m).

b : lebar kendaraan rencana (m).

Rc : radius lengkung untuk lintasan luar rada depan (m).

Z : lebar tambahan akibat kesukaran dalam mengemudi (m).

R : radius lengkung (m).

n : jumlah lajur.

C : kebebasan samping (0,8 m).

e) Kebebasan samping pada tikungan

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandangan pengemudi dari halangan benda-benda di sisi jalan (daerah bebas samping). Daerah bebas samping

dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh E (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan Jh dipenuhi. Pada tikungan ini tidak selalu harus dilengkapi dengan kebebasan samping (jarak pembebasan). Hal ini tergantung pada:

- d) Jari-jari tikungan (R).
- e) Kecepatan rencana (Vr) yang langsung berhubungan dengan jarak pandang (S).
  - 1) Keadaan medan lapangan.
- g) Seandainya pada perhitungan diperlukan adanya kebebasan samping akan tetapi keadaan memungkinkan, maka diatas dengan memberikan atau memasang rambu peringatan sehubungan dengan kecepatan yang di izinkan. Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

- a. Berdasarkan jarak pandang henti

$$I? = \frac{90^\circ \cdot Jh}{\pi \cdot R}$$

$$E = R (1 - \cos I?)$$

- b. Berdasarkan jarak pandang menyiap

$$I? = \frac{90^\circ \cdot L}{\pi \cdot R}$$

$$E = R (1 - \cos \theta) + \frac{1}{2} (Jd - L) \sin I?$$

Dimana :

E : jarak dari penghalang ke sumbu lajur sebelah dalam (m).

R : radius sumbu lajur sebelah dalam (m).

Jh : jarak pandang henti (m).

Jd : jarak pandang menyiap (m).

L : panjang tikungan (m).

## 2.5 Alinyemen Vertikal

Alinyemen Vertikal adalah perencanaan elevasi sumbu jalan pada setiap titik yang ditinjau, berupa profil memanjang. Pada perencanaan alinyemen vertikal akan ditemui kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan), sehingga kombinasinya berupa lengkung cembung dan lengkung cekung. Disamping kedua lengkung tersebut ditemui juga kelandaian = 0 (datar). (Shirley L. Hendarsin, 2000).

### a. Kelandaian

#### 1) Karakteristik Kendaraan Pada Kelandaian

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

#### 2) Landai Maksimum

Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah. Kelandaian maksimum untuk berbagai VR ditetapkan dapat dilihat dalam **Tabel 2.12**.

**Tabel 2.12** Kelandaian Maksimum yang diizinkan

<b>VR (km/Jam)</b>	120	110	100	80	60	50	< 40
<b>Kelandaian Maksimal (%)</b>	3	3	4	5	8	10	10

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

#### 3) Landai Minimum

Bedasarkan kepentingan arus lalu-lintas, landai ideal adalah landau datar (0%). Sebaliknya ditinjau dari kepentingan drainase jalan, jalan berlandai ideal dalam perencanaan disarankan menggunakan :

- 2) Landai datar untuk jalan jalan diatas tanah timbunan yang tidak mempunyai kreb. Lereng melintang jaalan dianggap cukup untuk mengalirkan air diatas badan jalan dan kemudian kelereng jalan.
  - 3) kelandaian yang dianjurkan adalah sebesar 0,15%, yang dapat membantu mengalirlan air dari atas badan jalan dan membuangnya ke saluran tepi atau saluran pembuangan.
  - 4) Sedangkan untuk jalan-jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kerb, kelandaian jalan minimum yang dianjurkan adalah 0,30 – 0,50%. Lereng melintang jalan hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh diatas badan jalan, sedangkan landai jalan dibutuhkan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping, untuk membuang air permukaan air permukaan sepanjang jalan.
- 4) Panjang Kritis Suatu Kelandaian

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

**Tabel 2.13** Panjang 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

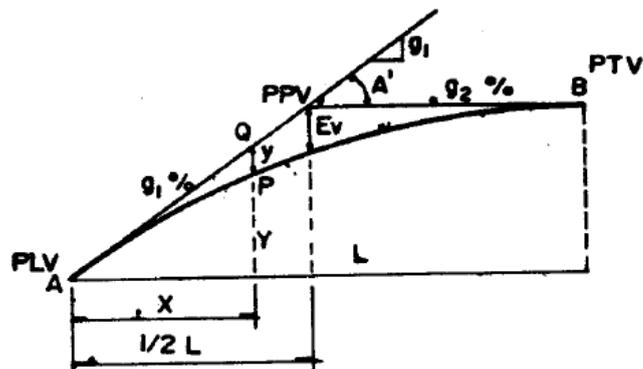
(Sumber: Tata Cara Perencanaann Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

### 5) Lajur pendakian pada kelandaian khusus

Lajur pendakian dimaksudkan untuk menampung truk-truk yang bermuatan berat atau kendaraan lain yang berjalan lebih lambat dari kendaraan lain pada umumnya, agar kendaraan lain dapat mendahului kendaraan lambattersebut tanpa harus berpindah lajur atau menggunakan lajur arah berlawanan. Lajur pendakian harus disediakan pada ruas jalan yang mempunyai kelandaian yang besar, menerus, dan volume lalu lintasnya relatif padat.

#### b. Lengkung Vertikal

Bentuk lengkung vertikal yang umum dipergunakan adalah berbentuk lengkung parabola sederhana seperti pada gambar dengan titik A, titik peralihan dari tangen ke bagian lengkung vertikal. Biasa diberi simpul PLV (peralihan lengkung vertikal). Titik B, titik peralihan dari bagian lengkung vertikal ke bagian tangen (peralihan tangen vertikal = PTV) seperti pada gambar 2.12 (Sukirman,1999).



**Gambar 2.12** Lengkung Vertikal Parabola

(sumber: dasar-dasar perencanaan geometric jalan, 1999)

Rumus yang digunakan adalah:

$$Y = \left[ \frac{g_2 - g_1}{200 \times L} \right] \cdot X^2$$

Dimana :

X : Jarak horizontal dari titik PLV ke titik yang ditinjau (m).

Y : Besarnya penyimpangan (jarak vertikal) antara garis kemiringan dengan lengkung (m).

$g_2, g_1$  : Besar kelandaian (penurunan/kenaikan) (%).

L : Panjang lengkung vertikal.

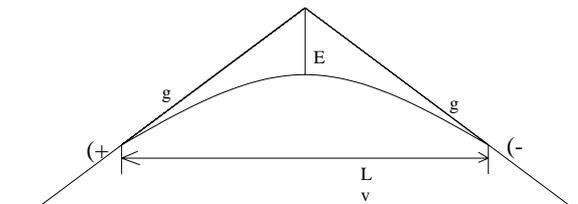
Untuk  $x = 0,5 L$ , maka  $y = Ev$  digunakan rumus:

$$Ev : \frac{(g_2 - g_1) x L}{800}$$

Lengkung vertikal terdiri dari 2 jenis yaitu :

1) Lengkung Vertikal Cembung

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



**Gambar 2.13** Lengkung Vertikal Cembung

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

Panjang L, berdasarkan  $J_h$

$$J_h < L, \text{ maka : } L = \frac{A \cdot J_h^2}{399}$$

$$J_h > L, \text{ maka : } L = 2 J_h \frac{399}{A}$$

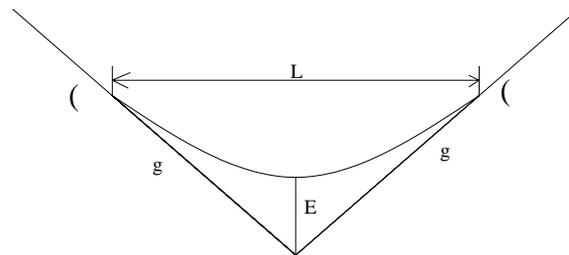
Panjang L, berdasarkan  $J_d$

$$J_d < L, \text{ maka : } L = \frac{A \cdot J_d^2}{840}$$

$$J_d > L, \text{ maka : } L = 2 J_d \frac{840}{A}$$

2) Lengkung Vertikal Cekung

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



**Gambar 2.14** Lengkung Vertikal Cekung

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

Dengan gambar diatas, yaitu tinggi lampu besar kendaraan = 0,60 m (2') dan sudut bias = 1°, maka diperoleh hubungan praktis, sebagai berikut :

$$J_h < L, \text{ maka : } L = \frac{A \cdot J_h^2}{120 + 3,5 J_h}$$

$$J_h > L, \text{ maka : } L = 2 J_h - \frac{120 + 3,5 J_h}{A}$$

Keterangan :

PLV : titik awal lengkung parabola.

PPV : titik perpotongan kelandaian g1 dan g2

PTV : titik akhir lengkung parabola.

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

$\Delta$  : perbedaan aljabar landai (g1 - g2) %.

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

Lv : Panjang lengkung vertikal

V : kecepatan rencana (km/jam)

Jh : jarak pandang henti

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

#### c. Perencanaan Galian dan Timbunan

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

volume galian dan timbunan. Langkah-langkah dalam perhitungan galian dan timbunan, antara lain :

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

c. *Stationing*

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

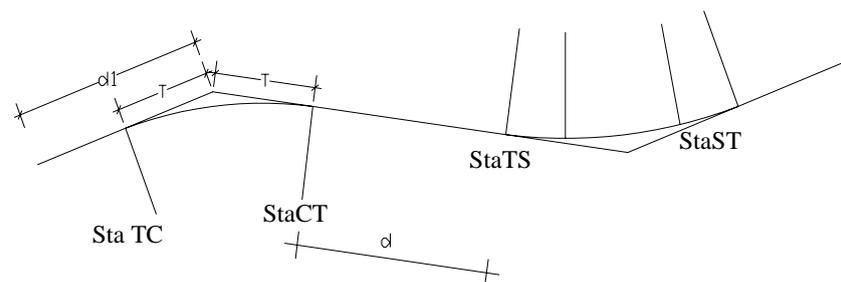
- 1) Setiap 100 m, untuk daerah datar
- 2) Setiap 50 m, untuk daerah bukit
- 3) Setiap 25 m, untuk daerah gunung

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

- 1) 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.

- 2) 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 2.15**.



**Gambar 2.15** Sistem Penomoran Jalan

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

## 2.6 Tebal Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun di atas lapisan tanah dasar, yang berfungsi untuk menopang beban lalu lintas. Berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas :

- 1) Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

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

- 2) Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

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

- 3) Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

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

### 2.6.1 Perkerasan Kaku

“Menurut Saodang (2005) struktur jalan kaku (rigid pavement) disebut juga perkerasan jalan beton semen. Perkerasan kaku terdiri atas pelat beton yang diletakkan pada lapis pondasi bawah yang menumpu pada tanah dasar, dengan atau tanpa lapis permukaan beraspal di atasnya. Berbeda dengan perkerasan lentur, beban lalu lintas pada perkerasan kaku sepenuhnya dipikul oleh pelat beton. Yang diterima tanah dasar relatif kecil “.



**Gambar 2.16** Susunan Lapisan Perkerasan Kaku

(Sumber: [rezaslash.blogspot.com/2012/12/perkerasan-kaku-rigid-pavement.html](http://rezaslash.blogspot.com/2012/12/perkerasan-kaku-rigid-pavement.html))

Perkerasan jalan beton semen atau secara umum disebut perkerasan kaku, terdiri atas lapisan permukaan (surface) berupa plat (slab) beton semen, lapisan pondasi bawah (sub base course) berupa sirtu (batu pecah) atau semen tipis dan lapisan tanah dasar (subgrade) yang sudah dipadatkan. Dalam konstruksi perkerasan kaku, plat beton sering disebut sebagai lapis pondasi karena dimungkinkan masih adanya lapisan aspal beton di atasnya yang berfungsi sebagai lapis permukaan. Perkerasan beton yang kaku dan memiliki modulus elastisitas yang tinggi, akan mendistribusikan beban kebidang tanah dasar yang cukup luas sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan tersebut diperoleh dari plat beton sendiri. Hal ini berbeda dengan perkerasan lentur dimana kekuatan perkerasan diperoleh dari tebal lapis pondasi bawah, lapis pondasi dan lapis permukaan. Perkerasan beton semen dibedakan kedalam lima jenis yaitu.

1. Beton semen bersambung tanpa tulangan (BBTT)
2. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan (BBDT)
3. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan (BMDT)
4. Perkerasan beton semen pra-tekan
5. Perkerasan beton semen fibre

## 2.6.2 Persyaratan Teknis Perencanaan Perkerasan Kaku

### 1. Lapisan Tanah Dasar

“Dalam konstruksi perkerasan beton semen, tanah dasar hanya dipengaruhi tegangan akibat beban lalu – lintas dalam jumlah relatif kecil. Daya dukung dan keseragaman tanah dasar sangat mempengaruhi keawetan dan kekuatan perkerasan kaku”. (Saodang, 2005).

Adapun contohnya adalah tanah yang dipadatkan, yang mana tanah pemadat tersebut memiliki sifat sebagai berikut.

- Mempunyai tebal lapisan yang tidak terbatas (umumnya antara 50 – 100 cm).
- Hanya mampu menahan beban langsung kendaraan yang relatif kecil karena beban sebelumnya diterima oleh beban di atasnya.
- Direncanakan dengan CBR yang cukup aman.

**Tabel 2.14** Kekuatan Lapisan Tanah Dasar

Tanah yang ada CBR	Umur Rencana dalam ESA (kriteria keruntuhan tanah dasar)	CBR Rancangan untuk Tanah Dasar		
		4	5	6
		Timbunan Pilihan Tebal untuk peningkatan tanah dasar Dse (cm)		
2 – 3 (termasuk lapis penopang paling atas) Dse2	105 - < 106	20	25	30
	106 - < 107	25	30	35
	107 < 108	30	35	40
4	Semua	0	15	15
5		0	0	15

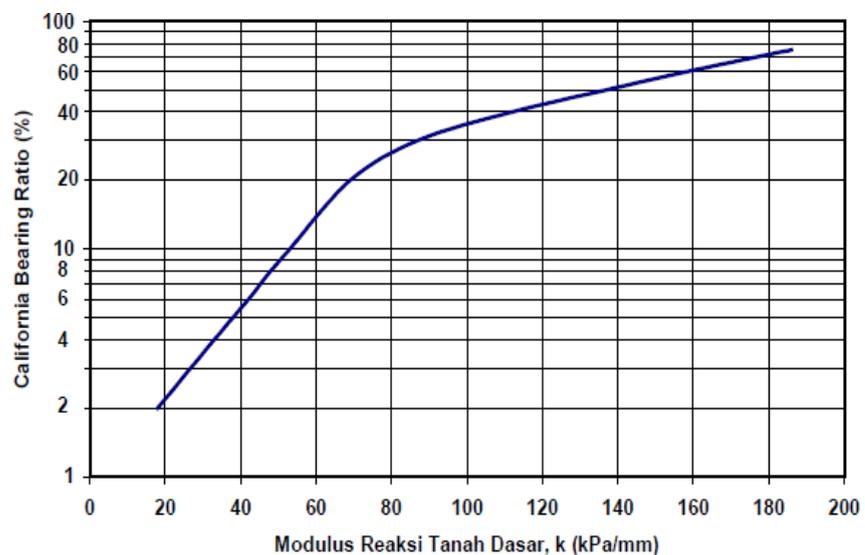
(Sumber: Spesifikasi Umum 2010)

Daya dukung tanah dasar pada konstruksi perkerasan beton semen, ditentukan berdasarkan nilai CBR insitu sesuai dengan SNI 03–1731–1989, atau CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03- 1744-1989 masing – masing untuk perencanaan tebal perkerasan lama dan perkerasan jalan baru. Di sini apabila tanah dasar memiliki nilai CBR di

bawah 2% maka digunakan pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus setebal 15 cm sehingga tanah dianggap memiliki CBR 5%.

Modulus reaksi tanah dasar ( $k$ ) diperoleh dengan melakukan pengujian pembebanan pelat (plate bearing test) menurut AASHTO T.222-81 diatas perkerasan lama yang selanjutnya dikorelasikan terhadap nilai CBR.

Bila nilai ( $k$ ) lebih besar dari 140 kPa/mm (14kg/cm<sup>3</sup>), maka nilai ( $k$ ) dianggap sama dengan nilai CBR 50%.



**Gambar 2.17** Grafik korelasi nilai ( $k$ ) dengan CBR

Untuk menentukan modulus reaksi tanah dasar ( $k$ ) secara yang mewakili suatu seksi jalan, dipergunakan rumus sebagai berikut :

$$k^o = k - 2.S \text{ (untuk jalan tol)}$$

$$k^o = k - 1,64.S \text{ (untuk jalan arteri)}$$

$$k^o = k - 1,28.S \text{ (untuk jalan kolektor/lokal)}$$

Faktor keseragaman ( $F_k$ ) :

$$F_k = \frac{s}{k} \times 100\% < 25\% \text{ (dianjurkan)}$$

Standar Deviasi :

$$S = \sqrt{n \frac{(\sum \bar{k}^2) - (\sum k^2)}{n(n-1)}}$$

Keterangan :

$k^o$  : Modulus reaksi tanah dasar yang mewakili suatu seksi jalan

$k$  :  $\frac{\sum k}{n}$  = modulus reaksi tanah dasar rata-rata dalam suatu seksi jalan

$k$  : Modulus reaksi tanah dasar tiap titik didalam seksi jalan

$n$  : Jumlah data  $k$

$S$  : Standar deviasi

## 2. Pondasi Bawah

Menurut Saodang (2005) Pada umumnya fungsi lapis pondasi bawah (*subgrade*) untuk struktur perkerasan kaku, tidak berfungsi terlalu struktural. Dalam arti kata keberadaannya tidak untuk menyumbangkan nilai struktur pada tebal pelat beton. Menyediakan subbase dengan harapan berintraksi dengan subgrade dalam usaha mengurangi tebal pelat beton adalah tidak ekonomis. Lapis pondasi pada perkerasan kaku mempunyai fungsi utama sebagai lantai kerja yang rata dan uniform, disamping fungsi lain sebagai berikut.

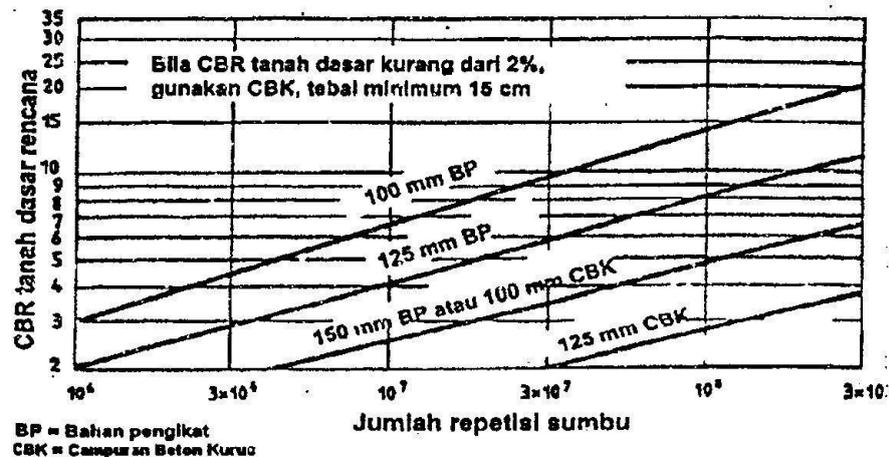
- a. Mengendalikan kembang dan susut tanah dasar.
- b. Mencegah intrusi dan pemompaan pada sambungan retakan dan tepi-tepi pelat.
- c. Memberikan dukungan yang mantap dan seragam pada pelat Permukaan subbase yang tidak rata, akan menyebabkan ketidakrataan pelat beton, yang dapat memicu timbulnya keretakan pelat. Lapis pondasi bawah terdiri dari.

- 1) Pondasi bawah dengan material berbutir lepas (*unbound granular*), dapat berupa sirtu. Harus memenuhi persyaratan SNI 03- 6388-2000 dengan gradasi agregat minimum kelas B. Ketebalan minimum lapis pondasi bawah untuk tanah dasar dengan CBR minimum 5% adalah 15 cm. Derajat kepadatan lapis

pondasi bawah adalah minimum 100%, sesuai dengan SNI 03-1743-1989.

- 2) Pondasi bawah dengan bahan pengikat (bound granular subbase), dikenal dengan Cement Treated Subbase. Dapat digunakan salah satu dari.
  - 1)Stabilisasi material berbutir dengan kadar bahan pengikat sesuai rancangan, untuk menjamin kekuatan campuran dan ketahanan terhadap erosi. Bahan pengikat berupa semen, kapur, abu terbang (fly ash) atau slag yang dihaluskan.
  - 2)Campuran beraspal bergradasi rapat (dense-graded asphalt).
  - 3)Campuran beton kurus giling padat (lean rolled concrete) yang mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 2,5 Mpa (25 kg/cm<sup>2</sup>).
- 3) Pondasi bawah dengan campuran beton kurus (lean mix concrete), 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.

Lapis pondasi bawah perlu diperlebar sampai 60 cm diluar tepi perkerasan beton semen. Pemasangan lapis pondasi dengan lebar sampai ke tepi luar lebar jalan merupakan salah satu cara untuk mereduksi perilaku tanah ekspansif. Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus mempergunakan campuran beton kurus (CBK). Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dan nilai CBR tanah dasar efektif dapat dilihat dari gambar dibawah ini.



Gambar 2.18 Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Perkerasan Kaku terhadap Repetisi Sumbu

### 3. Pondasi Atas/Plat Beton

Kekuatan beton semen dinyatakan dalam nilai pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal at tarik lentur umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan 3 - 5 Mpa (30 - 50 kg/cm<sup>2</sup>)

Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik lentur beton dapat dengan rumus berikut.

$$f_{cf} = K \times (f_c')^{0,05} \text{ (dalam Mpa)}$$

$$f_{cf} = 3,13 \times K \times (f_c')^{0,005} \text{ (dalam } \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\text{)}$$

Keterangan :

$f_c$  : 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 0,75 untuk agregat pecah.

### 2.6.3 Lalu Lintas Untuk Perkerasan Kaku

Penentuan beban lalu lintas rencana untuk perkerasan beton semen, dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (commercial vehicle), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana.

Lalu lintas harus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalu lintas dan konfigurasi sumbu, menggunakan data terakhir atau data 2 tahun terakhir.

Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri dari 4 jenis kelompok sumbu, sebagai berikut.

- a. Sumbu tunggal roda tunggal (STRT).
- b. Sumbu tunggal roda ganda (STRG).
- c. Sumbu ganda dengan roda ganda (SGRG).

#### 2.6.4 Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu lintas serta nilai ekonomis jalan yang bersangkutan, yang dapat ditentukan antara lain dengan metode Benefit Cost Ratio, Internal Rate of Return, kombinasi dari metode tersebut atau cara lain yang tidak terlepas dari pola pengembangan wilayah.

Umumnya perkerasan kaku/beton semen dapat direncanakan dengan Umur Rencana (UR) 20 tahun sampai 40 tahun.

#### 2.6.5 Perencanaan Tulangan

Menurut suryawan, (2009) Penulangan pada beton bersambung dapat dihitung dengan rumus persamaan berikut.

$$A_s = \frac{1200 \times F \times L \times h}{F_s}$$

Dimana :

As : luas tulangan yang diperlukan (cm<sup>2</sup> /m lebar)

F : koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan dibawahnya

L : jarak antara sambungan (m)

h : tebal pelat (m)

Fs : tegangan tarik baja yang diijinkan (kg/cm<sup>2</sup> )

As minimum untuk segala keadaan 0,14% dari luas penampang beton.

**Tabel 2.15** Koefisien Gesekan Antara Pelat Beton Semen dengan Lapisan Pondasi di Bawahnya

Jenis Pondasi	Faktor Gesekan (F)
Burtu, Lapen dan konstruksi yang sejenis	2,2
Aspal beton, Lataston	1,8

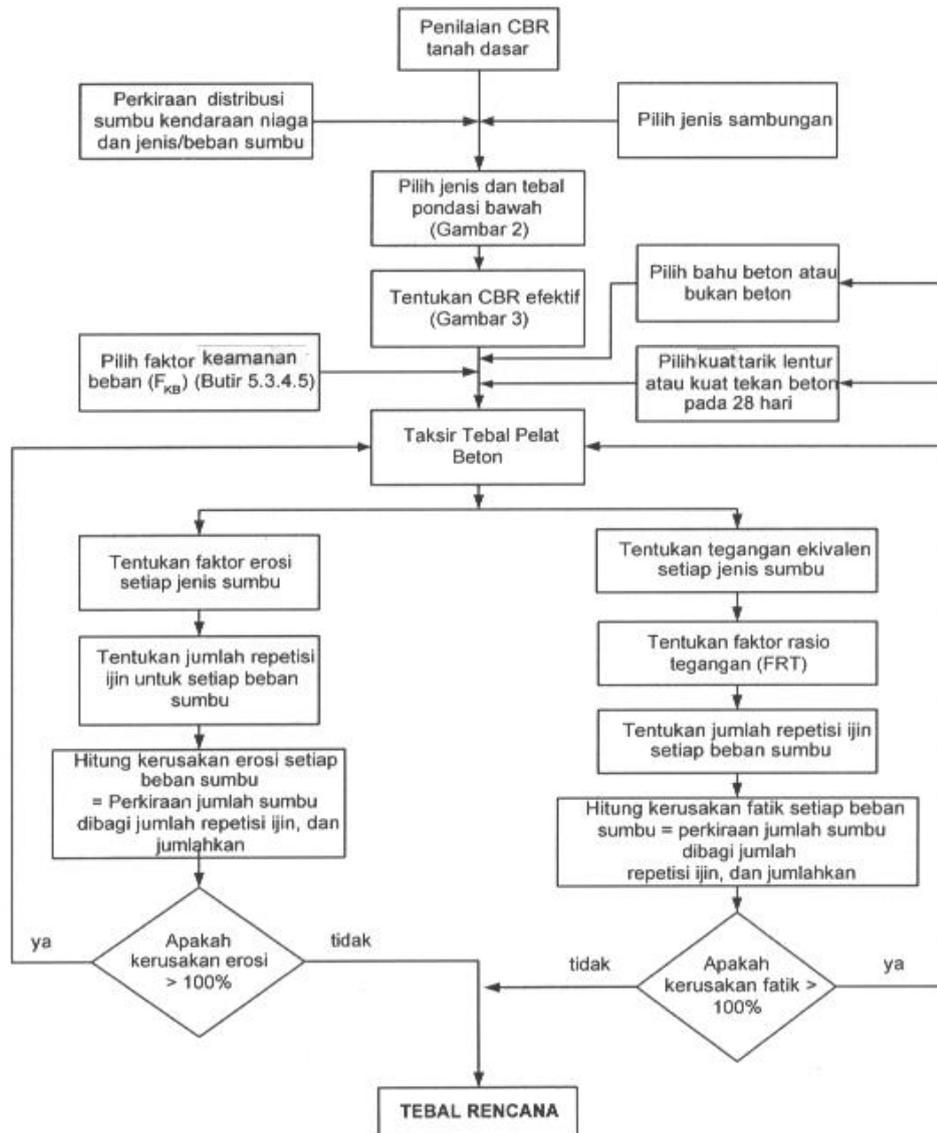
**Sambungan Tabel 2.15** Koefisien Gesekan Antara Pelat Beton Semen dengan Lapisan Pondasi di Bawahnya

Stabilisasi kapur	1,8
Stabilisasi aspal	1,8
Stabilisasi Semen	1,8
Koral	1,5
Batu pecah	1,5
Sirtu	1,2
Tanah	0,9

(Sumber : *perkerasan jalan beton semen, suryawan, 2009*)

#### **2.6.6 Perencanaan Tebal Pelat**

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%. (Perencanaan perkerasan jalan beton semen, 2003).



**Gambar 2.19** Sistem Perencanaan Perkeras Beton Semen

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

**Tabel 2.16** 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
4	Tentukan CBR efektif berdasarkan nilai CBR rencana dan pondasi bawah yang dipilih sesuai dengan Gambar 3,
5	Pilih kuat tarik lentur atau kuat tekan beton pada umur 28 hari (fcf)
6	Pilih faktor keamanan beban lalu lintas (FKB)
7	Taksir tebal pelat beton (taksiran awal dengan tebal tertentu berdasarkan pengalaman atau menggunakan contoh yang tersedia atau dapat menggunakan Gambar 24 sampai dengan Gambar 31
8	Tentukan tegangan ekuivalen (TE) dan faktor erosi (FE) untuk STRT dari Tabel 8 atau Tabel 9
9	Tentukan faktor rasio tegangan (FRT) dengan membagi tegangan ekuivalen (TE) oleh kuat tarik-lentur (fcf).
10	Untuk setiap rentang beban kelompok sumbu tersebut, tentukan beban per roda dan kalikan dengan faktor keamanan beban (Fkb) untuk menentukan beban rencana per roda. Jika beban rencana per roda $\leq$ 65 kN (6,5 ton), anggap dan gunakan nilai tersebut sebagai batas tertinggi pada Gambar 19 sampai Gambar 21
11	Dengan faktor rasio tegangan (FRT) dan beban rencana, tentukan jumlah repetisi ijin untuk fatik dari Gambar 19, 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 20 atau 21.
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 19 dan Gambar 20 atau Gambar 21 yang masing-masing menapai 10 juta dan 100 juta repetisi.
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 atau erosi $\leq$ 100%. Tebal tersebut sebagai tebal perkerasan beton semen yang direncanakan.

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T 14-2003)

**Tabel 2.17** Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Tanpa Baku Beton

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
		STRT	STRG	STdRG	STRRG	Tanpa Rujii				Dengan Rujii/Beton Bertulang			
						STRT	STRG	STdRG	STRRG	STRT	STRG	STdRG	STRRG
150	5	1.7	2.72	2.25	1.68	2.8	3.4	3.50	3.55	2.6	3.21	3.3	3.37
150	10	1.62	2.56	2.09	1.58	2.79	3.39	3.48	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	3.38	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	1.98	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
170	20	1.29	2.03	1.67	1.26	2.61	3.21	3.3	3.34	2.42	3.02	3.11	3.17
170	25	1.27	1.99	1.63	1.23	2.61	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	2.96	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	1.38	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
210	50	0.86	1.35	1.11	0.83	2.32	2.92	3.01	3.04	2.13	2.73	2.81	2.86
210	75	0.82	1.27	1.03	0.78	2.3	2.9	2.95	2.98	2.12	2.72	2.79	2.83

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T 14-2003)

**Tabel 2.18** Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Tanpa Bahu Beton

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
		STRT	STRG	STdRG	STRRG	Tanpa Rujl				Dengan Rujl/Beton Bertulang			
						STRT	STRG	STdRG	STRRG	STRT	STRG	STdRG	STRRG
220	5	0,94	1,58	1,42	1,08	2,33	2,93	3,14	3,19	2,11	2,71	2,87	3,02
220	10	0,9	1,49	1,3	0,98	2,31	2,91	3,09	3,13	2,1	2,7	2,84	2,96
220	15	0,88	1,44	1,25	0,93	2,3	2,9	3,06	3,1	2,09	2,69	2,82	2,93
220	20	0,87	1,42	1,22	0,91	2,29	2,89	3,05	3,09	2,08	2,69	2,81	2,92
220	25	0,85	1,39	1,18	0,88	2,29	2,89	3,03	3,07	2,08	2,69	2,8	2,9
220	35	0,82	1,33	1,11	0,83	2,28	2,88	2,99	3,03	2,07	2,68	2,78	2,86
220	50	0,79	1,27	1,04	0,79	2,26	2,88	2,96	3	2,07	2,67	2,76	2,83
220	75	0,76	1,19	0,97	0,73	2,24	2,85	2,92	2,95	2,06	2,66	2,72	2,78
230	5	0,88	1,49	1,35	1,03	2,28	2,88	3,1	3,14	2,05	2,65	2,82	2,98
230	10	0,84	1,41	1,24	0,94	2,26	2,86	3,05	3,09	2,04	2,64	2,79	2,92
230	15	0,82	1,38	1,19	0,89	2,25	2,85	3,02	3,06	2,03	2,64	2,77	2,89
230	20	0,81	1,34	1,16	0,87	2,24	2,84	3	3,05	2,03	2,63	2,76	2,88
230	25	0,8	1,31	1,12	0,84	2,23	2,83	2,98	3,03	2,03	2,63	2,75	2,86
230	35	0,77	1,25	1,05	0,78	2,21	2,81	2,94	2,99	2,02	2,62	2,73	2,82
230	50	0,74	1,19	0,99	0,74	2,2	2,8	2,91	2,95	2,01	2,61	2,7	2,78
230	75	0,71	1,12	0,91	0,7	2,19	2,79	2,86	2,91	2	2,6	2,68	2,74
240	5	0,82	1,4	1,29	0,98	2,23	2,83	3,06	3,11	1,99	2,6	2,76	2,94
240	10	0,79	1,32	1,18	0,89	2,21	2,81	3,01	3,05	1,98	2,59	2,74	2,88
240	15	0,77	1,28	1,13	0,85	2,2	2,8	2,98	3,02	1,98	2,58	2,72	2,85
240	20	0,76	1,26	1,1	0,83	2,19	2,79	2,96	3,01	1,97	2,57	2,72	2,84
240	25	0,75	1,23	1,06	0,8	2,18	2,78	2,94	2,99	1,97	2,57	2,71	2,82
240	35	0,72	1,17	0,99	0,74	2,17	2,76	2,9	2,95	1,96	2,56	2,69	2,78
240	50	0,69	1,12	0,94	0,7	2,15	2,75	2,88	2,91	1,95	2,55	2,66	2,74
240	75	0,67	1,05	0,86	0,66	2,13	2,74	2,83	2,88	1,94	2,54	2,63	2,69
250	5	0,77	1,33	1,23	0,94	2,18	2,78	3,02	3,07	1,94	2,54	2,73	2,9
250	10	0,74	1,25	1,12	0,86	2,16	2,76	2,97	3,01	1,93	2,53	2,7	2,85
250	15	0,72	1,21	1,07	0,81	2,15	2,75	2,94	2,98	1,93	2,53	2,68	2,82
250	20	0,71	1,18	1,04	0,79	2,14	2,74	2,93	2,97	1,92	2,52	2,67	2,8
250	25	0,7	1,16	1,01	0,76	2,13	2,73	2,91	2,95	1,92	2,52	2,66	2,78
250	35	0,68	1,11	0,95	0,71	2,12	2,71	2,87	2,91	1,91	2,51	2,64	2,74
250	50	0,65	1,06	0,89	0,67	2,1	2,7	2,83	2,88	1,9	2,5	2,61	2,7
250	75	0,63	0,99	0,82	0,61	2,08	2,69	2,79	2,83	1,89	2,49	2,59	2,65
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	2,86	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	2,58

STRT: Sumbu Tunggal Roda Tunggal; STRG: Sumbu Tunggal Roda Ganda; STdRG: Sumbu Tandem Roda Ganda; STRRG: Su

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T 14-2003)

**Tabel 2.19** Tegangan 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
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
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	2,69
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	2,76	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	2,38	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
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

STRT: Sumbu Tunggal Roda Tunggal; STRG: Sumbu Tunggal Roda Ganda; STdRG: Sumbu Tandem Roda Ganda; STrRG: Su

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T 14-2003)

**Tabel 2.20** Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan dengan 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	1,42	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
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
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
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

STRT: Sumbu Tunggal Roda Tunggal; STRG: Sumbu Tunggal Roda Ganda; STdRG: Sumbu Tandem Roda Ganda; STrRG: Su

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T 14-2003)

**Tabel 2.21** Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan dengan Bahu Beton

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
		STRT	STRG	STdRG	STRRG	Tanpa Rujli				Dengan Rujli/Beton Bertulang			
						STRT	STRG	STdRG	STRRG	STRT	STRG	STdRG	STRRG
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
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
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

STRT: Sumbu Tunoal Roda Tunoal; STRG: Sumbu Tunoal Roda Ganda; STdRG: Sumbu Tandem Roda Ganda; STRRG: S...

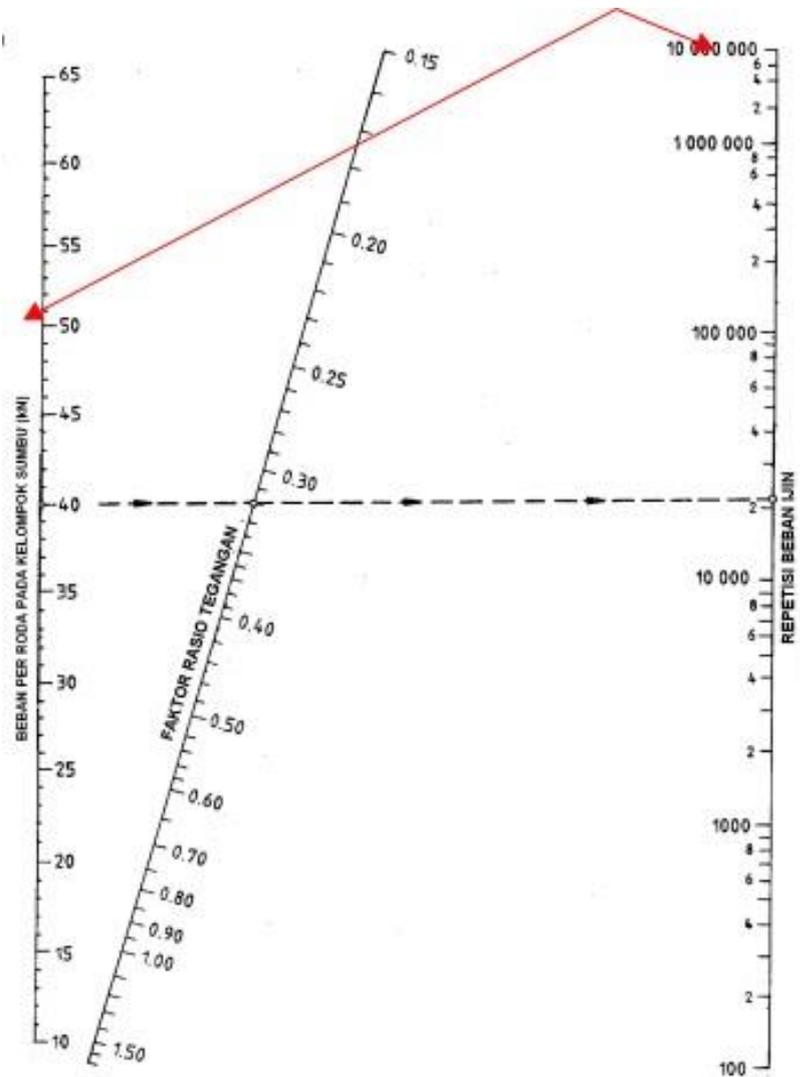
(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T 14-2003)

**Tabel 2.22** Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan dengan Bahu Beton

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
		STRT	STRG	STdRG	STRG	Tanpa Rujl				Dengan Rujl/Beton Bertulang			
						STRT	STRG	STdRG	STRG	STRT	STRG	STdRG	STRG
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	0,58	1,57	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	1,31	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
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
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	1,86
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

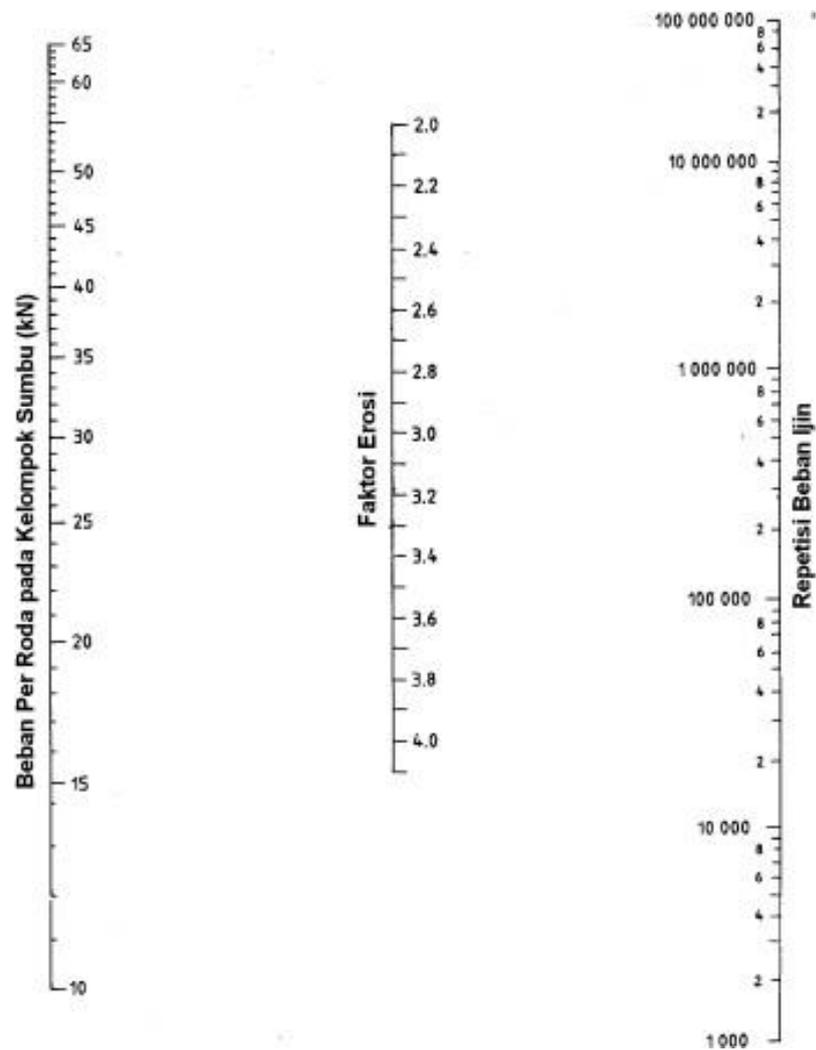
STRT: Sumbu Tunggal Roda Tunggal; STRG: Sumbu Tunggal Roda Ganda; STdRG: Sumbu Tandem Roda Ganda; STRG: Su

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T 14-2003)



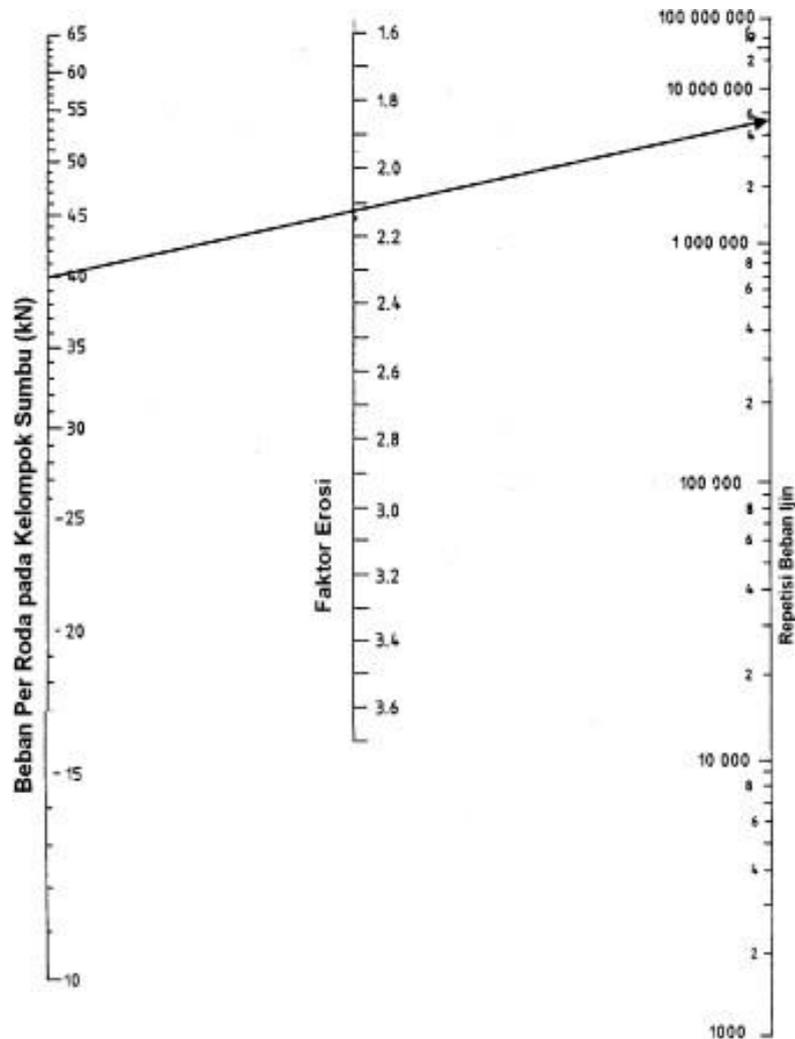
**Gambar 2.20** Analisis Fatik dan Beban Repetisi Izin Berdasarkan Rasio Tegangan dengan/tanpa Bahu Beton

(Sumber : *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T 14-2003*)



Gambar 2.21 Analisis Erosi dan Jumlah Repetisi Beban Ijin Berdasarkan Faktor Erosi, tanpa Bahu Beton

(Sumber : *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T 14-2003*)



**Gambar 2.22** Analisis Erosi dan Jumlah Repetisi Beban Berdasarkan Faktor Erosi dengan Bahu Beton

(Sumber : *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T 14-2003*)

### 2.6.7 Sambungan

- a. Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk.
  - 1) Membatasi tegangan dan pengendalian retak yang disebabkan oleh penyusutan, pengaruh lenting serta beban lalu-lintas.
  - 2) Memudahkan pelaksanaan.
  - 3) Mengakomodasikan gerakan pelat.
- b. Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan antara lain.

- 1) Sambungan memanjang.
- 2) Sambungan melintang.
- 3) Sambungan isolasi.

Semua sambungan harus ditutup dengan bahan penutup (*Joint Sealer*), kecuali pada sambungan isolasi terlebih dahulu harus diberi bahan pengisi (*Joint Filler*).

Ada 7 jenis sambungan pada perencanaan perkerasan jalan kaku yaitu.

- a. Sambungan memanjang dengan batang pengikat (*Tie Bars*)
- b. Sambungan pelaksanaan memanjang
- c. Sambungan susut memanjang
- d. Sambungan susut dan sambungan pelaksanaan melintang
- e. Sambungan susut melintang
- f. Sambungan pelaksanaan melintang
- g. Sambungan isolasi

(Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

## **2.7 Bangunan Pelengkap Jalan**

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

### **2.7.1 Drainase**

Air adalah salah satu musuh utama dari suatu konstruksi jalan, langsung maupun tidak langsung, perkerasan lentur maupun perkerasan kaku. Air sangat erat hubungannya dengan hidrologi. Analisis hidrologi merupakan tahapan penting yang menentukan laju aliran, kemampuan limpasan runoff) dan debit air.

Drainase adalah suatu bangunan pelengkap yang berfungsi sebagai tempat mengalirnya air yang kemungkinan akan menggenangi badan jalan. Dalam perencanaan sistem drainase dua hal pokok yang perlu untuk dipertimbangkan, yaitu.

### 1. Drainase Permukaan

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

### 2. Drainase Bawah Permukaan

Analisis hidrologi dilakukan sehubungan dengan drainase permukaan, sedangkan adanya air tanah akibat proses infiltrasi dan kapilerasi yang akan mempengaruhi kondisi subgrade, stabilitas lereng dan tembok penahan tanah, termasuk dalam drainase bawah permukaan.

Berikut adalah prinsip umum dalam perencanaan drainase yaitu.

#### a. Daya Guna dan Hasil Guna (Efektif dan Efisien)

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

#### b. Ekonomis dan Aman

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

#### c. Pemeliharaan

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

### **2.7.2 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 Peta Topografi (L)

- a. Plot rute jalan rencana pada topografi diperlukan untuk mengetahui gambaran topografi atau daerah kondisi sepanjang trase jalan yang akan dilalui dapat dipelajari.
- b. Kondisi terrain pada daerah layanan diperlukan untuk menentukan bentuk dan kemiringan yang akan mempengaruhi pola aliran.

2. Inventarisasi Data Bangunan Drainase (Gorong-Gorong Jembatan, dll.) Eksisting meliputi lokasi, dimensi, arah aliran pembuangan dan kondisi data ini digunakan agar perencanaan system drainase jalan tidak mengganggu sistem drainase yang telah ada.
3. Segmen Panjang Segmen Saluran (L) Penentuan Panjang Segmen Saluran (L) Didasarkan Pada.
  - a. Kemiringan rute jalan, disarankan kemiringan saluran mendekati kemiringan rute jalan.
  - b. Adanya tempat buangan air seperti badan air (misalnya sungai, waduk, dll).
  - c. Langkah coba-coba sehingga dimensi saluran paling ekonomis.
4. Luas Daerah Layanan (A)

Perhitungan luas daerah layanan didasarkan pada panjang segmen jalan yang ditinjau.

  - a. 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.
  - b. Luas daerah layanan terdiri atas luas setengah badan jalan (A1), luas bahu jalan (A2) dan luas daerah di sekitar (A3).
  - c. Batasan luas daerah layanan tergantung dari daerah sekitar dan topografi dan daerah sekelilingnya. Panjang daerah pengaliran yang diperhitungkan terdiri atas setengah lebar badan jalan (l1) lebar bahu jalan (l2) dan daerah sekitar (l3) yang terbagi atas daerah perkotaan yaitu  $\pm 10$  m dan untuk daerah luar kota yang didasarkan pada topografi daerah tersebut.
  - d. 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 menenampung air dari luas daerah layanan daerah sekitar (A3)

### 5. Koefisien pengaliran (C)

- a. Koefisien pengaliran(C) dipengaruhi kondisi permukaan tanah (tata guna lahan).
- b. Pada daerah layanan dan kemungkinan perubahan tata guna lahan Angka ini akan mempengaruhi debit yang mengalir sehingga dapat diperkirakan daya tampung salurin. Untuk itu diperlukan peta topografi dan melakukan survai lapangana agar corak topografi didaerah proyek dapat lebih diperjelas. Diperlukan pula jenis sifat erosi dan tanah pada daerah sepanjang trase jalan rencana antara lain tanah dengan permeabititas tinggi( sifat lulus air) atau tanah dengan tingkat erosi permukaan secara visual akan nampak pada daerah yang menunjukkan alur-alur pada permukaan. (Adiwijaya, 2016).

### 6. Faktor Limpasan

Merupakan faktor atau angka yang dikalikan dengan koefisien runoff biasa dengan tujuan agar kinerja saluran tidak melebihi kapasitasnya akibat daerah pengaliran yang terlalu luas. Harga faktor limpasan (fk) disesuaikan dengan kondisi permukaan tanah.

**Tabel 2.23** Koefisien Pengaliran dan Faktor Limpasan

No.	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran ( c )	Faktor Limpasan fk
1.	Jalan beton dan jalan aspal	0,70 – 0,95	-
2.	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40 – 0,70	-
3.	Bahu jalan		-
	• Tanah berbutir halus	0,40 – 0,65	-
	• Tanah Berbutir Kasar	0,10 – 0,20	-
	• Batuan Masif Keras	0,70 – 0,85	-
	• Batuan Masif Lunak	0,60 – 0,75	-
4.	Daerah Perkotaan	0,70 – 0,95	2,0
5.	Daerah Pinggiran Kota	0,60 – 0,70	1,5
6.	Daerah Industry	0,60 – 0,90	1,2

**Sambungan Tabel 2.23** Koefisien Pengaliran dan Faktor Limpasan

7.	Pemukiman padat	0,60 – 0,80	2,0
8.	Pemukiman tidak padat	0,40 – 0,60	1,5
9.	Taman & Kebun	0,20 – 0,40	0,2
10.	Persawahan	0,45 – 0,60	0,5
11.	Perbukitan	0,70 – 0,80	0,4
12.	Pegunungan	0,75 – 0,90	0,3

(Sumber : Adiwijaya, *Perencanaan Drainase Permukaan Jalan*, 2006)

Harga koefisien pengaliran (C) untuk daerah datar diambil nilai C yang terkecil dan untuk daerah lereng diambil nilai C yang terbesar. Harga faktor limpasan (fk) hanya digunakan untuk guna lahan sekitar saluran selain bagian jalan. 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.

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3 \cdot f k_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

Dengan keterangan :

C1, C2, C3 koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan A1, A2, A3 luas daerah pengalirannya yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan dan fk faktor limpasan sesuai tata guna lahan.

#### 7. Waktu Konsentrasi

- a. Waktu terpanjang yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan aliran secara simultan (run off) setelah melewati titik-titik tertentu.
- b. Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan menggunakan rumus dibawah, sedangkan untuk saluran tertutup dapat menggunakan grafik.

$$T_c = t_1 + t_2$$

$$t_1 = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times l_0 \times \frac{nd}{\sqrt{i_s}} \right)^{0,167}$$

$$t_2 = \frac{L}{60 \times V}$$

Dengan pengertian:

$T_c$ : Waktu Konsentrasi (menit)

$t_1$  : Waktu untuk mencapai awal saluran dari titik terjauh (menit)

$t_2$  : Waktu aliran dalam saluran sepanjang  $L$  dari ujung saluran (menit)

$L$  : Jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (panjang saluran dalam (m)

$nd$  : koefisien hambatan

$i$  : kemiringan saluran memanjang

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

**Tabel 2.24** Koefisien Hambatan

No.	Kondisi Lapis Permukaan	Nd
1.	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2.	Permukaan licin dan kedap air	0,020
3.	Permukaan licin dan kokoh	0,10
4.	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,20
5.	Padang rumput dan rerumputan	0,40

6.	Hutan gundul	0,60
7.	Hutan rimbung dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	0,80

(Sumber : Adiwijaya, *Perencanaan Drainase Permukaan Jalan*,2006)

### 2.7.3 Bentuk – Bentuk Saluran

#### 1. Saluran Samping

Berbagai bentuk saluran samping baik yang terbuka maupun yang tertutup, bentuk-bentuk saluran samping terbuka ataupun tertutup antara lain.

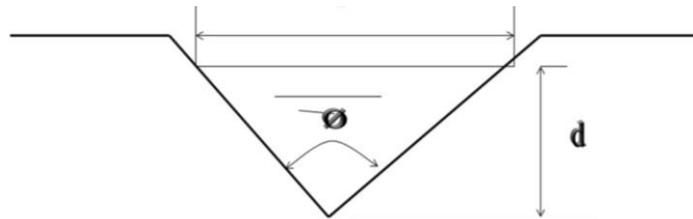
##### a. Bentuk Segitiga

Bentuk segitiga ini menjadikan sudut segitiga sebagai dasar saluran sehingga perhitungan keliling dan luas basahnya diperlihatkan pada gambar 21 Bentuk segi tiga berikut ini

1. Sudut dasar saluran  $\theta = 90^\circ - 15^\circ$

2.  $\theta = 90^\circ \rightarrow F \rightarrow d^2$

3.  $\theta$  tidak  $90^\circ \rightarrow F \rightarrow (b \times d)/2$

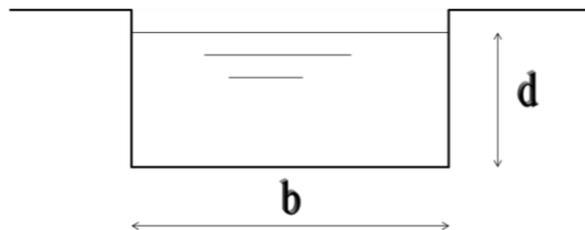


**Gambar 2.24** Bentuk Saluran Segi Tiga

(Sumber : Adiwijaya, *Perencanaan Drainase Permukaan Jalan*,2006)

b. Saluran Bentuk Segiempat

Bentuk segiempat merupakan bentuk yang biasa digunakan pada ruas jalan yang mempunyai daerah ROW jalan terbatas, karena bentuk ini dapat diterapkan untuk daerah lebar milik jalan yang sempit, sebagaimana digambarkan pada Gambar 22 Bentuk Saluran Segiempat berikut ini dengan ketentuan lebar ( $b$ )  $\geq$  kedalaman saluran ( $d$ );  $F = bd$ , saluran bentuk segiempat biasa digunakan pada lahan yang terbatas.

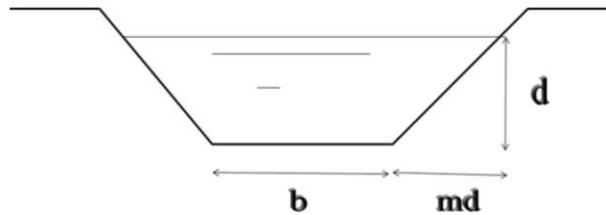


**Gambar 2.25** Bentuk Saluran Segi Empat

(Sumber : Adiwijaya, *Perencanaan Drainase Permukaan Jalan*,2006)

c. Saluran Trapesium

Saluran bentuk trapesium ini memerlukan daerah milik jalan yang cukup lebar, secara skematis dapat dilihat pada Gambar 23 Saluran Bentuk Trapesium sebagai berikut: Kemiringan talud disesuaikan dengan debit air  $F = d ( b + md)$ , saluran bentuk segiempat biasa digunakan pada lahan yang cukup.

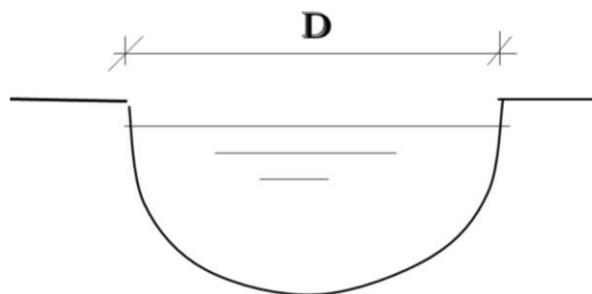


**Gambar 2.26** Bentuk Saluran Trapesium

(Sumber : Adiwijaya, *Perencanaan Drainase Permukaan Jalan*, 2006)

d. Saluran Bentuk Setengah Lingkaran

Saluran bentuk setengah lingkaran ini merupakan potongan dari bentuk lingkaran adapun secara skematis dapat diperlihatkan pada gambar 24 saluran bentuk setengah lingkaran sebagai berikut. Dengan luas bidang basahnya adalah  $F = \frac{1}{8} \times \pi \times D \times 2$ .



**Gambar 2.27** Bentuk Saluran Setengah Lingkaran

#### 2.7.4 Gorong-gorong

Gorong-gorong difungsikan sebagai saluran pembawa air dari samping ke badan air ataupun ke saluran pembuangan lainnya.

Ada beberapa tipe gorong-gorong yakni:

- a) Pipa Beton; tunggal atau lebih
- b) Pipa Baja Bergelombang; tunggal atau lebih
- c) Persegi (Box Culvert) dari beton bertulang

Berbagai jenis ukuran gorong-gorong dapat dilihat seperti pada tabel: Jenis dan diameter Gorong-gorong.

**Tabel 2.25** Jenis dan Diameter Gorong-gorong

No.	Jenis	Diameter (cm)
1.	Beton Bertulang	60, 80, 100, 120
2.	Beton Tidak Bertulang	60, 80
3.	Baja	80, 100, 120, 140

(Sumber : Adiwijaya, *Perencanaan Drainase Permukaan Jalan*, 2006)

Berikut ini dijelaskan beberapa keuntungan dari masing-masing bentuk gorong-gorong beton diantaranya.

Keuntungan dan kerugian jenis Gorong-gorong beton bertulang.

1. Keuntungan

- a. Dapat menahan beban agak berat
- b. Diameter > 1,00 m perlu penulangan
- c. Dapat dicor ditempat

2. Kerugian

- a. Pengangkutan cukup sulit
- b. Kapasitas terbatas
- c. Pemeliharaan cukup sulit

3. Saran

Untuk keperluan jalan raya menggunakan diameter  $\geq 60$  cm.

## 2.8 Data Tanah

### 2.8.1 Data Penyelidikan Tanah

Data penyelidikan tanah didapat dengan cara penyelidikan tanah.

Penyelidikan tanah meliputi pekerjaan :

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

CBR di setiap titik lokasi. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu analitis dan grafis.

a. Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah :

$$CBR_{\text{Segmen}} = \frac{CBR_{\text{Rata-rata}} - (CBR_{\text{Maks}} - CBR_{\text{Min}})}{R}$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam suatu segmen. (Sumber : Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1999)

**Tabel 2.26** Nilai R untuk Perhitungan CBR Segmen

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

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

b. Cara Grafis

Prosedurnya adalah sebagai berikut :

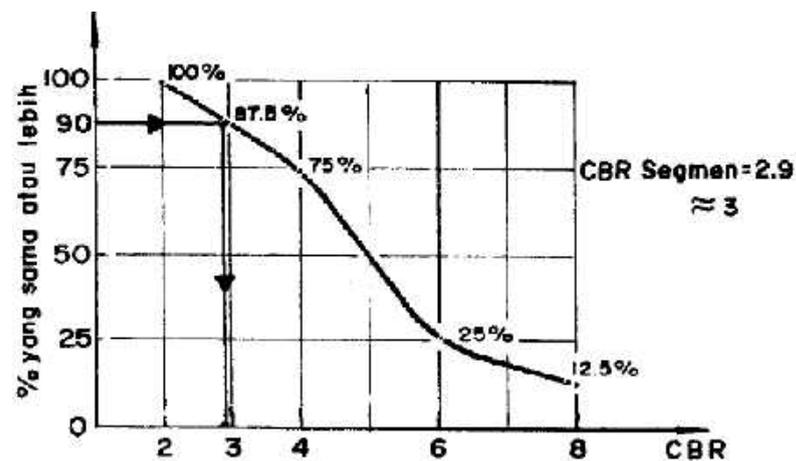
3. Tentukan nilai CBR terendah.
4. Tentukan berapa banyak CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR kemudian disusun secara tabelaris mulai dari CBR terkecil sampai yang besar.
5. Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain merupakan persentase dari 100%.

6. Diberi grafik hubungan antara harga CBR dengan persentasi nilai tadi.

7. Nilai CBR segmen adalah nilai pada keadaan 90%.

**Tabel 2.27** Contoh Tabulasi Nilai CBR

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



**Gambar 2.28** Menentukan Nilai CBR Segmen dengan Cara Grafis

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

8. 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.
9. Uji bahan konstruksi untuk mendapatkan :
  - a. Sifat-sifat indeks (indeks properties)  $G_s$ ,  $W_n$ ,  $J$ ,  $e$ ,  $n$ ,  $S_r$ .
  - b. Klasifikasi (*Clasification of soil*) :
    - 1) Analisa ukuran butir (*Gram Size Analysis*)
    - Analisa saringan (*Sieve Analysis*)
    - Hydrometer (*Hydrometer Analysis*)

- 2) Batas-batas Atterbeg (Atterbeg Limits)
  - Liquid Limit (LL) : Batas cair
  - Plastic Limit (PL) : Batas Plastis
  - $IP = LL - PL$
- c. Pemadatan :  $\gamma_d$  maks dan  $W_{opt}$ .
  - 1) Pemadatan standar / proctor.
  - 2) Pemadatan modifikasi.
  - 3) Dilapangan dicek dengan sandcone  $\pm 93\% \gamma_d$  maks.
- d. CBR Laboraturium (CBR rencana)
  - 1)  $W_{wet} = W_t / V_t \times \gamma_d \text{ wet} / (1+W)$ .
  - 2) CBR lapangan: DCP  $\square$  CBR lapangan.

## 2.9 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah penerapan ilmu pengetahuan, keahlian dan keterampilan, cara teknis yang terbaik dan dengan sumber daya yang terbatas, untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil yang optimal dalam hal kinerja biaya, mutu dan waktu, serta keselamatan kerja. Berikut aspek-aspek yang terkait dalam manajemen proyek :

### a. Daftar Harga Bahan dan Upah

Daftar satuan bahan dan upah adalah harga yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga tempat proyek ini berada dan 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.

### b. Analisa Satuan Harga Dasar (HSD)

Komponen untuk menyusun harga satuan pekerjaan (HSP) memerlukan HSD tenaga kerja, HSD alat, dan HSD bahan. Berikut ini diberikan langkahlangkah perhitungan HSD komponen HSP. ( Lampiran Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Nomor : 28/PRT/M/2016 Tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum).

### 1. Langkah Perhitungan HSD Tenaga Kerja

Untuk menghitung harga satuan pekerjaan, maka perlu ditetapkan dahulu bahan rujukan harga standar untuk upah sebagai HSD tenaga kerja. Langkah perhitungan HSD tenaga kerja adalah sebagai berikut:

- a. Tentukan jenis keterampilan tenaga kerja, misal pekerja (P), tukang (Tx), mandor (M), atau kepala tukang (KaT).
- b. Kumpulkan data upah yang sesuai dengan peraturan daerah (Gubernur, Walikota, Bupati) setempat, data upah hasil survai di lokasi yang berdekatan dan berlaku untuk daerah tempat lokasi pekerjaan akan dilakukan
- c. Perhitungkan tenaga kerja yang didatangkan dari luar daerah dengan memperhitungkan biaya makan, menginap dan transport
- d. Tentukan jumlah hari efektif bekerja selama satu bulan (24 – 26 hari), dan jumlah jam efektif dalam satu hari (7 jam).
- e. Hitung biaya upah masing-masing per jam per orang
- f. Rata-ratakan seluruh biaya upah per jam sebagai upah rata-rata per jam.
- g. Nilai rata-rata biaya upah minimum harus setara dengan Upah Mimum Regional (UMR) daerah setempat.

### 2. Langkah Perhitungan HSD Alat

Analisis HSD alat memerlukan data upah operator atau sopir, spesifikasi alat meliputi tenaga mesin, kapasitas kerja alat ( $m^3$ ), umur ekonomis alat (dari pabrik pembuatnya), jam kerja dalam satu tahun, dan harga alat. Faktor lainnya adalah komponen investasi alat meliputi suku bunga bank, asuransi alat, faktor alat yang spesifik seperti faktor bucket untuk Excavator, harga perolehan alat, dan Loader, dan lain-lain. HSD alat meliputi biaya pasti per jam dan biaya operasi per jam. Langkah perhitungan HSD alat adalah sebagai berikut:.

- a. Langkah menghitung biaya pasti per jam.
  - 1) Hitung nilai sisa alat.
  - 2) Hitung faktor angsuran modal.
  - 3) Hitung biaya pengembalian modal.
  - 4) Hitung biaya asuransi.
  - 5) Hitung biaya pasti.
- b. Langkah menghitung biaya operasional per jam.
  - 1) Hitung biaya bahan bakar.
  - 2) Hitung biaya pelumas.
  - 3) Hitung biaya bengkel.
  - 4) Hitung biaya perawatan/perbaikan.
  - 5) Hitung biaya operator.
  - 6) Hitung biaya pembantu operator.
  - 7) Hitung biaya operasi per jam.
- c. Hitung HSD

### 3. Langkah Perhitungan HSD Bahan

Untuk menghitung harga satuan pekerjaan, maka perlu ditetapkan dahulu rujukan harga standar bahan atau HSD bahan per satuan pengukuran standar. Analisis HSD bahan memerlukan data harga bahan baku, serta biaya transportasi dan biaya produksi bahan baku menjadi bahan olahan atau bahan jadi. Produksi bahan memerlukan alat yang mungkin lebih dari satu alat.

Setiap alat dihitung kapasitas produksinya dalam satuan pengukuran per jam, dengan cara memasukkan data kapasitas alat, faktor efisiensi alat, faktor lain dan waktu siklus masing-masing. HSD bahan terdiri atas harga bahan baku atau HSD bahan baku, HSD bahan olahan, dan HSD bahan jadi. Perhitungan harga satuan dasar (HSD) bahan yang diambil dari quarry dapat menjadi dua macam, yaitu berupa bahan baku (batu kali/gunung, pasir sungai/gunung dll), dan berupa bahan olahan (misalnya agregat kasar dan halus hasil produksi mesin pemecah batu dan lain sebagainya)

Harga bahan di quarry berbeda dengan harga bahan yang dikirim ke base camp atau ke tempat pekerjaan, karena perlu biaya tambahan berupa biaya pengangkutan material dari quarry ke base camp atau tempat pekerjaan dan biaya-biaya lainnya seperti retribusi penambangan Galian C dan biaya operasional alat-alat berat.

a. Langkah perhitungan HSD bahan baku

- 1) Tentukan tempat dan harga setempat bahan tersebut di quarry, di pabrik atau di pelabuhan.
- 2) Tabelkan dan beri simbol setiap bahan baku yang sudah dicatat harga dan jarak dari quarrynya.

b. Langkah perhitungan HSD bahan olahan

Misalkan batu kali menjadi agregat kasar dan agregat halus, menggunakan dua alat berbeda, alat 1: *stone crusher* dan alat 2: *wheel loader*.

Perhitungan bahan olahan diperlukan masukan data antara lain.

- 1) Jarak quarry (bila bahan dasar batu diambil dari quarry)
- 2) Harga satuan dasar bahan baku atau bahan dasar
- 3) Harga satuan dasar alat
- 4) Harga satuan dasar tenaga kerja
- 5) Kapasitas alat
- 6) Faktor efisiensi alat produksi
- 7) Faktor kehilangan bahan

Langkah perhitungan HSD bahan olahan adalah sebagai berikut.

- 1) Tetapkan proporsi bahan-bahan olahan yang akan diproduksi dalam satuan persen (misal agregat kasar K% dan agregat halus H%).
- 2) Tetapkan berat isi bahan olahan yang akan diproduksi (misal: D1 dan D2).
- 3) Tentukan asumsi transaksi pembelian bahan baku apakah loko atau franco di *base camp*. Tetapkan harga satuan bahan

baku, dari quarry, pabrik, atau pelabuhan. Misalkan harga bahan baku (Rp1)/m<sup>3</sup>.

- 4) Tetapkan alat-alat dan biaya sewanya atau biaya operasinya, masing-masing yang akan digunakan untuk mengolah bahan baku menjadi bahan olahan, untuk harga di base camp atau di lokasi pekerjaan. Misalkan biaya produksi bahan olahan dengan alat-1 (Rp2) per jam, dan biaya dengan alat-2 (Rp3) per jam.
  - 5) Tetapkan kapasitas alat masing-masing dalam m<sup>3</sup>.
  - 6) Tetapkan faktor efisiensi alat (Fa) masing-masing, sesuai dengan kondisi alat yang ada.
  - 7) Tetapkan faktor kehilangan bahan (Fh).
  - 8) Uraikan metoda pelaksanaan pengolahan bahan baku menjadi bahan olahan.
  - 9) Tetapkan waktu kerja alat-1 adalah satu jam.
  - 10) Hitung produksi alat-1 (Qb) dan kebutuhan bahan baku (Qg) selama satu jam. Produksi alat-1 selama 1 jam:  $Qb = Fa \times Cp1 / D2$ . Kebutuhan bahan selama 1 jam:  $Qg = Fa \times Cp1 / D1$ .
  - 11) Hitung kapasitas alat-2 untuk melayani alat-1. Kapasitas angkut per rit:  $Ka = Fa \times Cp2$  dalam satuan m<sup>3</sup>.
  - 12) Tetapkan waktu siklus (muat, tuang, tunggu dll.):  $Ts = 2$  menit.
  - 13) Hitung waktu kerja alat-2 memasok bahan baku:  $Tw = (Qg/Ka \times Ts)/60$ , dalam satuan jam.
  - 14) Biaya produksi  $Bp = (Ts \times Rp2 + Tw \times Rp3) / Qb$  dalam satuan rupiah/m<sup>3</sup>.
  - 15) Harga satuan bahan olahan:  $Hsb = (Qg / Qb \times Fh \times Rp1) + Bp$ , dalam satuan rupiah/m<sup>3</sup>.
- c. Langkah perhitungan HSD bahan jadi

- 1) Tentukan tempat dan harga setempat bahan tersebut, di pabrik atau di pelabuhan.
- 2) Hitung biaya memuat bahan jadi, transportasi dan membongkar bahan jadi, per satuan bahan jadi.
- 3) Tabelkan dan beri simbol setiap bahan jadi yang sudah dicatat harganya, harga di terima di lokasi pekerjaan atau di *base camp*.

b) Analisis Harga Satuan Pekerjaan (HSP)

Komponen untuk menyusun harga satuan pekerjaan (HSP) diperlukan data HSD upah, HSD alat dan HSD bahan. Langkah-langkah analisis HSP adalah sebagai berikut. (Lampiran Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Nomor : 28/PRT/M/2016 Tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum).

1. Asumsi Tetapkan penggunaan alat secara manual atau mekanis dan faktor yang mempengaruhi analisis produktifitas.
2. Urutkan pekerjaan atau metode kerja Urutkan pekerjaan yang akan dilakukan, baik menggunakan alat secara manual atau mekanis, sesuai dengan informasi dalam asumsi tersebut.
3. Pemakaian bahan, alat, dan tenaga kerja
  - a. Koefisien bahan
 

Tetapkan koefisien bahan yang digunakan sesuai dengan 5.3.2.4.1 dan Rumus 16, Rumus 17, dan Rumus 18.
  - b. Koefisien alat
    - 1) Tetapkan jenis alat, kapasitas alat atau volume yang mampu diproduksi alat ( $C_p$  atau  $V$ ), dan faktor-faktor yang mempengaruhi produksi (misal faktor bucket, faktor efisiensi alat, dan faktor lainnya).
    - 2) Hitung waktu siklus ( $T_s$ ).
    - 3) Hitung kapasitas produksi alat per jam ( $Q_i$ ), menggunakan rumus-rumus yang sesuai dengan jenis alat yang digunakan.
    - 4) Hitung koefisien alat (dalam satuan jam/ satuan pengukuran).

- 5) Bila diperlukan alat bantu, cantumkan jenis dan jumlahnya. Perhitungan alat bantu adalah lumpsum dan harganya relatif kecil sehingga tidak diperhitungkan koefisien alatnya.

c. Koefisien tenaga kerja

- 1) Tetapkan kapasitas produksi alat per jam ( $Q_i$ ), sebagai alat produksi yang paling menentukan kesinambungan pekerjaan.
- 2) Hitung produksi alat per hari ( $Q_t$ ).
- 3) Tetapkan kebutuhan jenis tenaga kerja ( $L_i$ ) dan jumlah tenaga kerja (satuan orang) untuk pekerjaan tersebut, sesuai dengan jenis tenaga kerja dalam Bagian-1, Tabel 1.
- 4) Hitung koefisien tenaga kerja setiap jenis tenaga kerja (dalam satuan jam/satuan pengukuran).

d. Perekaman analisis harga satuan

- 1) Susun jenis tenaga (A), jenis bahan (B), dan jenis peralatan (C), masing-masing lengkap dengan satuan, koefisien dan harga satuan.
- 2) Susun jumlah harga tenaga kerja (A), jumlah harga bahan (B), dan jumlah harga peralatan (C) yang digunakan.
- 3) Jumlahkan seluruh harga tersebut sebagai total harga pekerjaan ( $D$ ) =  $A + B + C$ .
- 4) Hitung biaya overhead dan keuntungan, contoh 15%,  
 $E = 15\% \times D$ .
- 5) Hitung harga satuan pekerjaan  $F = D + E$ .

c) Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda dimasing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

d) 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.

e) Rencana Kerja (NWP)

Melaksanakan suatu proyek adalah proses (input) mengubah masukan yang berupa kegiatan dan sumber daya yang akan jadi keluaran (output) seperti yang sudah ditentukan. Banyak terjadi keterlambatan dalam pelaksanaan, pembiayaan yang melampaui batas anggaran, dan masalah lainnya yang timbul dalam pelaksanaan proyek. Oleh karena itu, tim proyek harus dapat menyiapkan perencanaan input secara cukup terperinci sehingga seruruh kegiatan proyek dapat dijadwalkan, dianggarkan, dimonitor, dan dikendalikan dengan baik.

f) *Barchart*

Dalam dunia konstruksi, teknik penjadwalan yang paling sering digunakan adalah *Barchart* atau Diagram Batang atau Bagan Balok. *Barchart* adalah sekumpulan aktivitas yang ditempatkan dalam kolom vertikal, sementara waktu ditempatkan dalam kolom horizontal. Waktu mulai dan selesai setiap kegiatan beserta durasinya ditunjukkan dengan menempatkan balok horizontal dibagian sebelah kanan dari setiap aktivitas. perkiraan waktu mulai dan selesai dapat ditentukan dari skala waktu horizontal pada bagian atas bagan. Panjang dari balok menunjukkan durasi dari aktivitas dan biasanya aktivitas-aktivitas tersebut disusun berdasarkan kronologi pekerjaannya.

g) Kurva S

Kurva S adalah hasil plot dan *Barchart*, bertujuan untuk mempermudah melihat kegiatan-kegiatan yang masuk dalam suatu jangka waktu pengamatan progres pelaksanaan proyek (Callahan, 1992). Definisi lain, kurva S adalah grafik yang dibuat dengan sumbu vertikal sebagai nilai kumulatif biaya atau penyelesaian (progress) kegiatan dan sumbu horizontal sebagai waktu (Soeharto, 1997). Kurva

S dapat menunjukkan kemampuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang dipresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Visualisasi kurva S memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkan terhadap jadwal rencana (Husen, 2011).