

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Perencanaan Geometrik**

##### **2.1.1 Pengertian**

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas dan sebagai akses ke rumah-rumah. (Sukirman, 1999)

Tujuan dari perencanaan geometrik ini adalah untuk mendapatkan keseragaman dalam merencanakan geometrik jalan antar kota, guna menghasilkan geometrik jalan yang memberikan kelancaran, keamanan, dan kenyamanan bagi pemakai jalan.

##### **2.1.2 Data Lalu Lintas**

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

Data lalu lintas didapat dengan melakukan pendataan kendaraan yang melintasi suatu ruas jalan, sehingga dari hasil pendataan ini kita dapat mengetahui volume lalu lintas yang melintas di jalan tersebut, namun data volume lalu lintas yang diperoleh dalam satuan kendaraan per jam (kend/jam).

##### **2.1.3 Data Peta Topografi**

Keadaan topografi dalam penetapan trase jalan memegang peranan penting, karena akan mempengaruhi penetapan alinyemen, kelandaian jalan, jarak pandang,

penampang melintang, saluran tepi dan lain sebagainya. (Hamirhan Saodang ; 2004)

Pengukuran peta topografi dimaksudkan untuk mengumpulkan data topografi yang cukup untuk digunakan dalam perencanaan geometrik. Data peta topografi digunakan untuk menentukan kecepatan sesuai dengan daerahnya. Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan rencana dengan mengadakan tambahan dan pengukuran detail pada tempat-tempat yang memerlukan realinyemen dan tempat-tempat persilangan dengan sungai atau jalan lain, sehingga memungkinkan didapatkannya trase jalan yang sesuai dengan standar.

Pekerjaan pengukuran ini terdiri dari beberapa kegiatan, yaitu:

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

## **2.2 Klasifikasi Jalan**

Klasifikasi jalan atau hirarki jalan adalah pengelompokkan jalan berdasarkan fungsi jalan, berdasarkan administrasi pemerintahan dan berdasarkan muatan sumbu yang menyangkut dimensi dan berat kendaraan. Penentuan klasifikasi jalan terkait dengan besarnya volume lalu lintas yang menggunakan jalan tersebut, besarnya kapasitas jalan, keekonomian dari jalan tersebut serta pembiayaan pembangunan dan perawatan jalan. Klasifikasi jalan

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

### **2.2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi Jalan**

Klasifikasi menurut fungsi jalan terbagi atas:

#### 1. Jalan Arteri

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

#### 2. Jalan Kolektor

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

#### 3. Jalan Lokal

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

### **2.2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan**

Klasifikasi jalan menurut kelasnya terbagi atas :

1. Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton.
2. Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan kasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam Tabel 2.1 (Pasal 11, PP. No.43/1993).

Tabel 2.1 Klasifikasi menurut kelas jalan

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

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

### 2.2.3 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

Klasifikasi jalan menurut medannya terbagi atas:

1. Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur.
2. 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)

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

#### **2.2.4 Klasifikasi Menurut Wewenang Pembinaan Jalan**

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

1. Jalan Nasional, yang termasuk kelompok ini adalah jalan arteri primer, jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota propinsi dan jalan lain yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan nasional. Penerapan status suatu jalan sebagai jalan nasional dilakukan dengan keputusan Menteri.
2. Jalan Provinsi, yang termasuk kelompok jalan provinsi adalah jalan kolektor primer yang menghubungkan Ibukota Provinsi dengan Ibukota Kabupaten/Kotamadya atau antar Ibukota Kabupaten/ Kotamadya. Penetapan suatu jalan sebagai jalan propinsi dilakukan dengan keputusan Menteri Dalam Negeri atas usulan Pemda Tingkat I yang bersangkutan, dengan memperhatikan pendapat Menteri.
3. Jalan Kabupaten, yang termasuk kelompok jalan Kabupaten adalah
  - a. Jalan kolektor primer yang tidak termasuk jalan nasional dan jalan provinsi.
  - b. Jalan lokal primer.
  - c. Jalan sekunder dan jalan lain yang tidak termasuk dalam kelompok jalan nasional atau jalan propinsi serta jalan kotamadya.
  - d. Penetapan status suatu jalan sebagai jalan kabupaten dilakukan dengan Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I atas usul Pemda Tingkat II yang bersangkutan.
4. Jalan Kotamadya, yang termasuk kelompok jalan Kotamadya adalah jalan sekunder di dalam kotamadya. Penetapan status suatu ruas jalan arteri sekunder dan atau ruas jalan kolektor sekunder sebagai jalan Kotamadya dilakukan dengan keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I atas usulan Pemda Kotamadya yang bersangkutan.
5. Jalan Khusus yang termasuk kelompok jalan khusus adalah jalan yang dibangun dan dipelihara oleh instansi/badan hukum/perorangan untuk

melayani kepentingan masing-masing. Penetapan status suatu ruas jalan khusus dilakukan oleh instansi/badan hukum/perorangan yang memiliki ruas jalan khusus tersebut dengan memperhatikan pedoman yang ditetapkan Menteri Pekerjaan Umum.

## 2.3 Kriteria Perencanaan

### 2.3.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan Rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik.

Kendaraan Rencana dikelompokkan ke dalam 3 kategori:

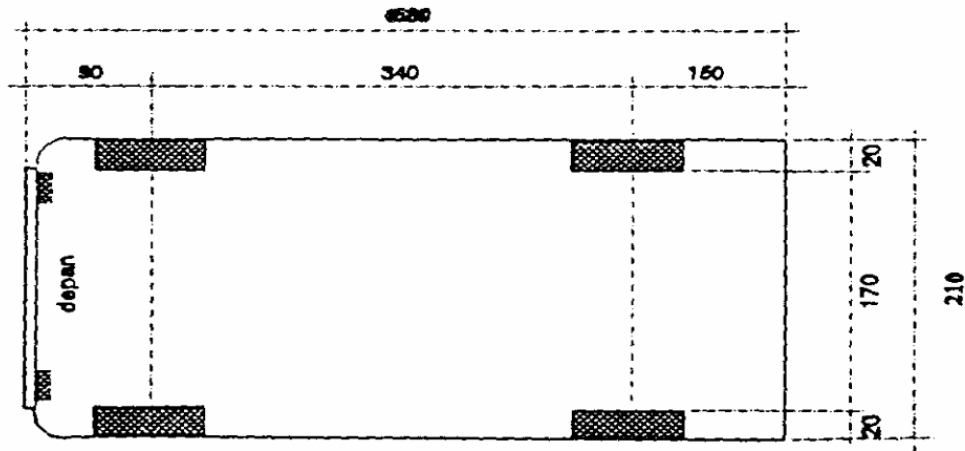
1. Kendaraan Kecil, diwakili oleh mobil penumpang;
2. Kendaraan Sedang, diwakili oleh truk 3 as tandem atau oleh bus besar 2 as;
3. Kendaraan Besar, diwakili oleh truk-semi-trailer.

Tabel 2.3 Dimensi Kendaraan Rencana

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

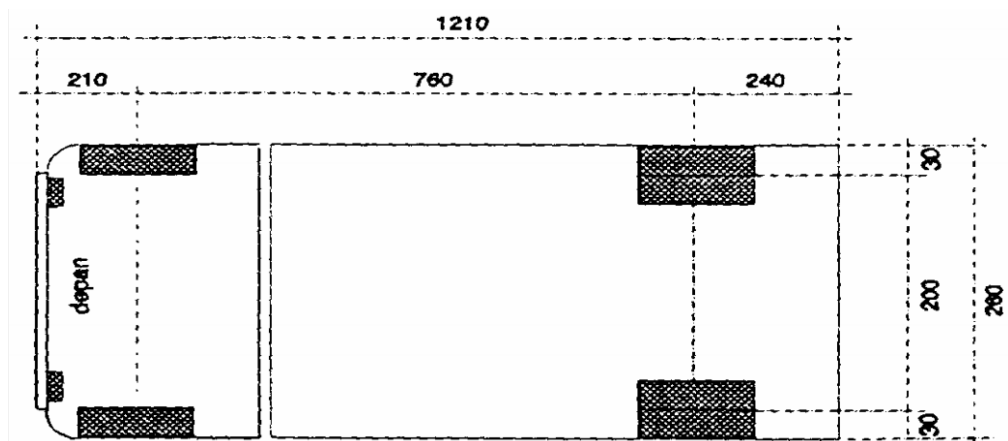
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Gambar 2.1 s.d. Gambar 2.3 menampilkan sketsa dimensi kendaraan rencana berdasarkan Tabel 2.3.



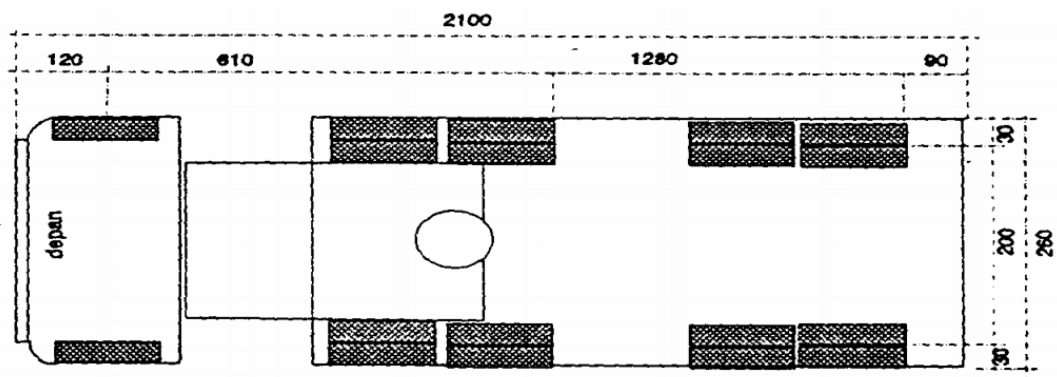
Gambar 2.1 Dimensi Kendaraan Kecil

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



Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Sedang

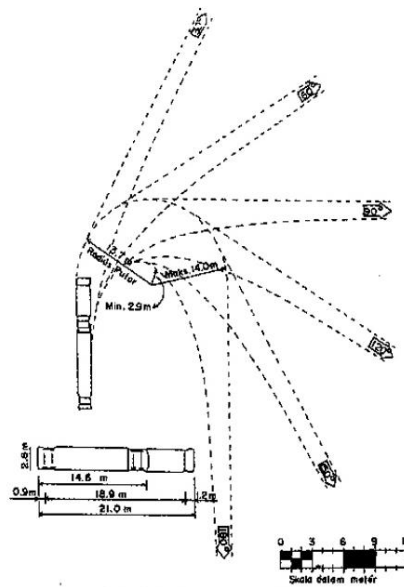
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Besar

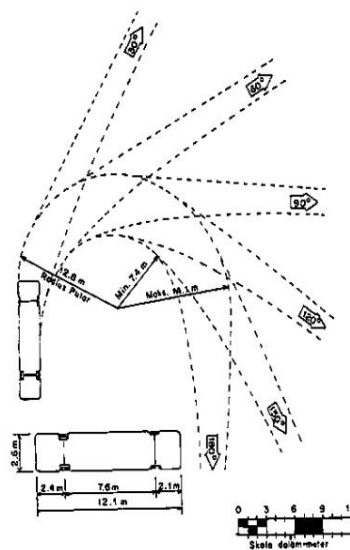
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Gambar 2.4 s.d 2.6 menunjukkan radius putar dengan batas maksimal dan minimum jarak putar dari berbagai sudut untk setiap ukuran kendaraan.



Gambar 2.4 Jari-jari *Manuver* Kendaraan Kecil

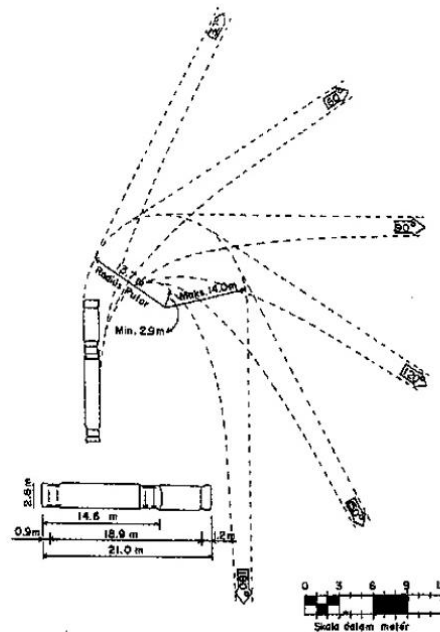
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)



Gambar 2.5 Jari-jari *Manuver* Kendaraan Sedang

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





Gambar 2.6 Jari-jari *Manuver* Kendaraan Besar

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

### 2.3.2 Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP)

EMP (Ekuivalen Mobil Penumpang) adalah faktor konversi berbagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kend. ringan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalu-lintas (untuk mobil penumpang dan kendaraan ringan lainnya,  $emp = 1.0$ ). Sedangkan nilai emp untuk masing-masing kendaraan untuk jalan luar kota adalah sebagai berikut:

Tabel 2.4 Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP) untuk jalan 2/2 UD (tidak terbagi)

Tipe Alinyemen	Arus lalu lintas per arah (kend/j)	Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP)					
		MHV	LB	LT	MC		
					Lebar Jalur (m)		
					< 6	6 – 8	> 8
Datar	0	1,2	1,2	1,8	0,8	0,6	0,4
	800	1,8	1,8	2,7	1,2	0,9	0,6
	1350	1,5	1,6	2,5	0,9	0,7	0,5
	$\geq 1900$	1,3	1,3	2,5	0,6	0,5	0,4

Tipe Alinyemen	Arus lalu lintas per arah (kend/j)	Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP)					
		MHV	LB	LT	MC		
					Lebar Jalur (m)		
					< 6	6 – 8	> 8
Bukit	0	0	1,6	1,8	0,7	0,5	0,3
	650	2,4	2,5	5,0	1,0	0,8	0,5
	1100	2,0	2,0	4,0	0,8	0,6	0,4
	≥ 1600	1,7	1,7	3,2	0,5	0,4	0,3
Gunung	0	0	3,5	2,5	0,6	0,4	0,2
	450	3,0	3,2	5,5	0,9	0,7	0,4
	900	2,5	2,5	5,0	0,7	0,5	0,3
	≥ 1350	1,9	2,2	4,0	0,5	0,4	0,3

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan Revisi, 2017)

**Keterangan:**

- LV (Kendaraan Ringan) : Kendaraan bermotor ber as dua dengan 4 roda dan dengan jarak as 2,0-3,0 m (meliputi: mobil penumpang, oplet, mikrobis, pick-up dan truk kecil sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
- MHV (Kendaraan Berat Menengah) : Kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5 – 5,0 meter (termasuk bis kecil, truk 2 as dengan enam roda sesuai sistem klasifikasi bina marga)
- LT (Truk Besar) : Truk tiga gandar dan truk kombinasi dengan jarak gandar (gandar pertama dan kedua) < 3,5 meter (sesuai sistem klasifikasi bina marga)
- LB (Bis Besar) : Bis dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,0 -6,0 meter
- MC (Sepeda Motor) : Kendaraan bermotor dengan dua atau tiga roda (meliputi sepeda motor dan kendaraan roda tiga, sesuai sistim klasifikasi Bina Marga).

### 2.3.3 Volume Lalu Lintas Rencana

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

$$VJR = VLHR \times k$$

Dimana:

V : Volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana (smp/hari)

K : Faktor volume lalu lintas jam sibuk.

Tabel 2.5 Penentuan Faktor – K

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

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

### 2.3.4 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana, VR, 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. VR untuk masing masing fungsi jalan dapat ditetapkan dari Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Kecepatan Rencana, VR, Sesuai Klasifikasi Fungsi Dan Kiasifikasi Medan Jalan.

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

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

### 2.3.5 Kapasitas Jalan

Kapasitas didefinisikan sebagai arus maksimum melalui suatu titik di jalan yang dapat dipertahankan per satuan jam pada kondisi tertentu. Untuk jalan dua-lajur dua-arah, kapasitas ditentukan untuk arus dua arah (kombinasi dua arah), tetapi untuk jalan dengan banyak lajur, arus dipisahkan per arah dan kapasitas ditentukan per lajur.

Kapasitas dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp). Persamaan dasar untuk menentukan kapasitas adalah sebagai berikut:

$$C = C_0 \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs}$$

Dimana:

$C$  = Kapasitas (smp/jam)

$C_0$  = Kapasitas dasar (smp/jam)

$FC_w$  = Faktor penyesuaian lebar jalan

$FC_{sp}$  = Faktor penyesuaian pemisahan arah (hanya untuk jalan tak terbagi)

$FC_{sf}$  = Faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan/kereb

$FC_{cs}$  = Faktor penyesuaian ukuran kota

Tabel 2.7 Kapasitas Dasar Untuk Jalan Antar Kota Dengan 4 Laju 2 Arah (4/2)

Jenis dan alinyemen jalan	Kapasitas dasar total dua arah (smp/Lajur)
Empat lajur terbagi	
• Datar	1900
• Bukit	1850
• Gunung	1800
Empat lajur tak terbagi	
• Datar	1700
• Bukit	1650
• Gunung	1600

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan Revisi, 2017)

Tabel 2.8 Kapasitas dasar untuk jalan antar kota dengan 2 laju 2 arah (2/2 UD)

Jenis dan alinyemen jalan	Kapasitas dasar total dua arah (smp/Lajur)
Empat lajur terbagi	
• Datar	3100
• Bukit	3000
• Gunung	2900

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan Revisi, 2017)

Tabel 2.9 Faktor Penyesuaian Kapasitas Karena Pemisahan Arah (FCsp)

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

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan Revisi, 2017)

Tabel 2.10 Faktor Penyesuaian Pengaruh Lebar Lajur Lalu Lintas (F<sub>cw</sub>) Terhadap Kapasitas

Jenis jalan	Lebar efektif lajur lalu lintas (W <sub>c</sub> ) (m)	F <sub>cw</sub>
<b>Empat lajur terbagi</b> <b>Enam lajur terbagi</b>	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,03
<b>Empat lajur tak terbagi</b>	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,96

Jenis jalan	Lebar efektif lajur lalu lintas (Wc) (m)	FCw
Empat lajur tak terbagi	3,50	1,00
	3,75	1,03
Dua lajur tak terbagi	Total dua arah	
	5	0,69
	6	0,91
	7	1,00
	8	1,08
	9	1,15
	10	1,21
	11	1,27

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan Revisi, 2017)

Tabel 2.11 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pengaruh Hambatan Samping (FCsf)

Jenis jalan	Kelas hambatan	Faktor penyesuaian akibat pengaruh gesekan samping (FCsf)			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
4/2 D	VL	0,99	1,00	1,01	1,03
	L	0,96	0,97	0,99	1,01
	M	0,93	0,95	0,96	0,99
	H	0,90	0,92	0,95	0,97
	VH	0,88	0,90	0,95	1,01
2/2 UD 4/2 UD	VL	0,97	0,99	1,00	1,02
	L	0,93	0,95	0,97	1,00
	M	0,88	0,91	0,64	0,98
	H	0,84	0,87	0,91	0,95

Jenis jalan Kelas hambatan		Faktor penyesuaian akibat pengaruh gesekan samping (FCsf)			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
2/2 UD 4/2 UD	VH	0,80	0,83	0,88	0,93

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan Revisi, 2017)

Tabel 2.12 Kelas Hambatan Samping

Frekuensi hambatan (dari kedua sisi jalan)	Kondisi tipikal	Kelas hambatan samping	
< 50	Pedalaman, pertanian atau daerah tertinggal, hampir tidak ada kegiatan	Sangat rendah	VL
50 - 149	Pedalaman, beberapa bangunan dan aktivitas disisi jalan	Rendah	L
150 – 249	Desa, aktivitas di sisi jalan, terdapat nagkutan lokal	Sedang	M
250 -350	Desa, beberapa aktivitas pasar	Tinggi	H
> 350	Hamper berupa perkotaa, terdapat pasar dan aktivitas bisnis lainnya	Sangat tinggi	VH

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan Revisi, 2017)

Tabel 2.13 Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Ukuran Kota (FCcs) Pada Jalan Perkotaan

Ukuran kota (Juta penduduk)	Faktor penyesuaian untuk ukuran kota
< 0,1	0,86
0,1 – 0,5	0,90
0,5 – 1,0	0,94
1,0 – 3,0	1,00
> 3,0	1,04

(Sumber: Manual Kapasita Jalan Indinesia, 1997)

### 2.3.6 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan didefinisikan sebagai rasio arus terhadap kapasitas, digunakan sebagai faktor kunci dalam penentuan perilaku lalu-lintas pada suatu simpang dan juga segmen jalan. Nilai Derajat kejenuhan menunjukkan apakah segmen jalan akan mempunyai masalah kapasitas atau tidak.

$$DS = Q/C, \quad DS = \text{Derajat kejenuhan}$$

Derajat kejenuhan dihitung dengan menggunakan arus dan kapasitas yang dinyatakan dalam smp/jam.

### 2.3.7 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 (Jh) dan Jarak Pandang Mendahului (Jd).

#### a. Jarak Pandang Henti

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

1. Jarak tanggap (Jht) adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem; dan
2. Jarak pengereman (Jh,) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

Jh, dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus:

$$J_h = \frac{V_R}{3,6} T + \frac{\left(\frac{V_R}{3,6}\right)^2}{2gf}$$



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.

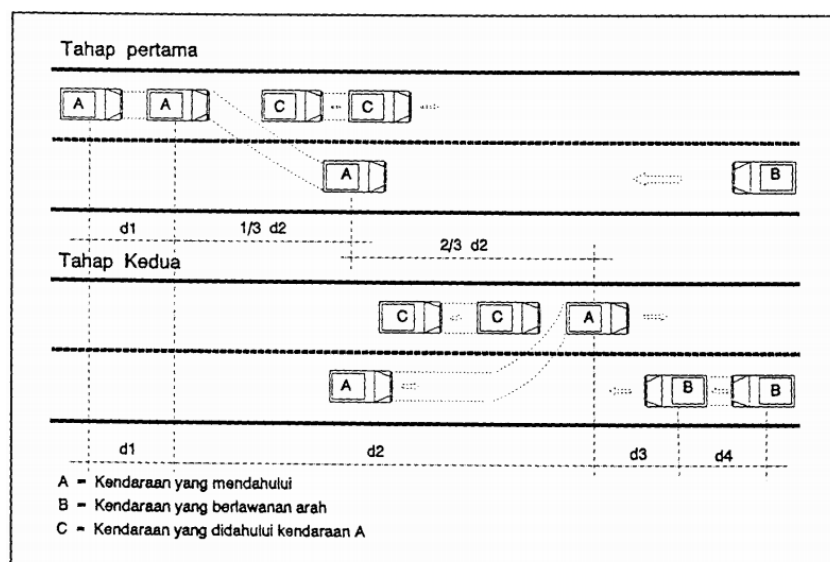
Tabel 2.14 Jarak Pandang Henti ( $J_h$ ) minimum.

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

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

b. Jarak Pandang Mendahului

Jarak Pandang Mendahului ( $J_d$ ) adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula.  $J_d$  diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm.



Gambar 2.7 Jarak Pandang Mendahului

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

Jd, dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut:

$$Jd = d1 + d2 + d3 + d4$$

Dimana:

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

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

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

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

Rumus yang digunakan:

$$d1 = 0,278 T_1 \left( Vr - m + \frac{a \cdot T_1}{2} \right)$$

$$d2 = 0,278 \cdot Vr \cdot T_2$$

$$d3 = \text{antara } 30 - 100 \text{ meter}$$

Vr (km/jam)	50 - 65	65 - 80	80 - 95	95 - 110
d <sub>3</sub>	30	55	75	90

$$d4 = \frac{2}{3} d_2$$

Dimana:

$$T1 = \text{waktu dalam (detik),} = 2,12 + 0,026 V_R$$

$$T2 = \text{waktu kendaraan berada di jalur lawan, (detik),} = 6,56 + 0,048 V_R$$

$$a = \text{percepatan rata-rata, (km/jam/detik),} = 2,052 + 0,0036 V_R$$

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

Tabel 2.15 Panjang Jarak Pandang Mendahului

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

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

## 2.4 Alinyemen Horizontal

Alinemen horizontal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung (disebut juga tikungan). Perencanaan geometrik pada bagian lengkung dimaksudkan untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima oleh kendaraan yang berjalan pada kecepatan  $V_R$ . Untuk keselamatan pemakai jalan, jarak pandang dan daerah bebas samping jalan harus diperhitungkan.

### 2.4.1 Panjang Bagian Lurus

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

Tabel 2.16 Panjang Bagian Lurus Maksimum

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

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

### 2.4.2 Tikungan

#### 1. Jari – Jari Minimum

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

menimbulkan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang.

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

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

Dimana:

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

$V_R$  = Kecepatan Rencana (km/j),

$e_{max}$  = Superelevasi maximum (%),

$F$  = Koefisien gesek, untuk perkerasan aspal  $f = 0,14-0,24$

Tabel 2.17 Panjang Jari-jari Minimum (dibulatkan) untuk  $e_{max} = 10\%$

$V_R$ (km / jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jari-Jari minimum (m) ( $R_{min}$ )	600	370	210	110	80	50	30	15

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

## 2. Lengkung Peralihan

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

- Lama waktu perjalanan di lengkung peralihan perlu dibatasi untuk menghindari kesan perubahan alinyemen yang mendadak, ditetapkan 3 detik (pada kecepatan  $V_r$ )
- Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan dapat diantisipasi berangsurangsur pada lengkung peralihan dengan aman

- c) Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan dari bentuk kelandaian normal kelandaian superelevasi penuh tidak boleh melampaui re-maks yang ditetapkan sebagai berikut:

Untuk  $V_r \leq 70$  km/jam, re-maks = 0.035 m/m/detik

Untuk  $V_r \leq 80$  km/jam, re-maks = 0.025 m/m/detik

Panjang lengkung peralihan ( $L_s$ ) menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (1997) diambil nilai yang terbesar dari ketiga persamaan di bawah 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 Short, sebagai berikut;

$$L_s = 0.022 \frac{V_R^3}{R_c \cdot C} - 2.727 \frac{V_R - e}{C}$$

- c) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian;

$$L_s = \frac{(e_{maks} - e_n)}{3.6\Gamma_e} V_R$$

Dimana:

T = Waktu Tempuh (=3 detik)

$R_c$  = Jari-jari Busur Lingkaran (m)

C = Perubahan Kecepatan, 0.3 – 1.0 m/dt<sup>3</sup> (disarankan 0.4 m/dt<sup>3</sup>)

$\Gamma_e$  = Tingkat Pencapaian Perubahan Kelandaian Melintang Jalan;

untuk  $V \leq 70$  Km/jam,  $\Gamma_e = 0.035$  m/m/dt

untuk  $V_R \geq 80$  Km/jam,  $\Gamma_e = 0.025$  m/m/dt

e = Superelevasi

$e_{maks}$  = Superelevasi Maksimum

$e_n$  = Superelevasi Normal (= 2%)

Tabel 2.18 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi yang  
Dibutuhkan (e maksimum = 10%)

D (o)	R (m)	V = 50 km/jam		V = 60 km/jam		V = 70 km/jam		V = 80 km/jam		V = 90 km/jam						
		e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls					
0,25	5730	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0					
0,50	2865	LN	0	LN	0	LP	60	LP	70	LP	75					
0,75	1910	LN	0	LP	50	LP	60	0,020	70	0,025	75					
1,00	1432	LP	45	LP	50	0,021	60	0,027	70	0,033	75					
1,25	1146	LP	45	LP	50	0,025	60	0,033	70	0,040	75					
1,50	955	LP	45	0,023	50	0,030	60	0,038	70	0,047	75					
1,75	819	LP	45	0,026	50	0,035	60	0,044	70	0,054	75					
2,00	716	LP	45	0,029	50	0,039	60	0,049	70	0,060	75					
2,50	573	0,026	45	0,036	50	0,047	60	0,059	70	0,072	75					
3,00	477	0,030	45	0,042	50	0,055	60	0,068	70	0,081	75					
3,50	409	0,035	45	0,048	50	0,062	60	0,076	70	0,089	75					
4,00	358	0,039	45	0,054	50	0,068	60	0,082	70	0,095	75					
4,50	318	0,043	45	0,059	50	0,074	60	0,088	70	0,099	75					
5,00	286	0,048	45	0,064	50	0,079	60	0,093	70	0,100	75					
6,00	239	0,055	45	0,073	50	0,088	60	0,098	70	Dmaks = 5,12						
7,00	205	0,062	45	0,080	50	0,094	60	Dmaks = 6,82								
8,00	179	0,068	45	0,086	50	0,098	60									
9,00	159	0,074	45	0,091	50	0,099	60									
10,00	143	0,079	45	0,095	60	Dmaks = 9,12										
11,00	130	0,083	45	0,098	60											
12,00	119	0,087	45	0,100	60											
13,00	110	0,091	50	Dmaks = 12,79												
14,00	102	0,093	50													
15,00	95	0,096	50													
16,00	90	0,097	50													
17,00	84	0,099	60													
18,00	80	0,099	60													
19,00	75	Dmaks = 18,85														

Keterangan:

LN = lereng jalan normal diasumsikan = 2%

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

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

### 3. Bentuk-Bentuk Tikungan

#### a. *Full – Circle* (FC)

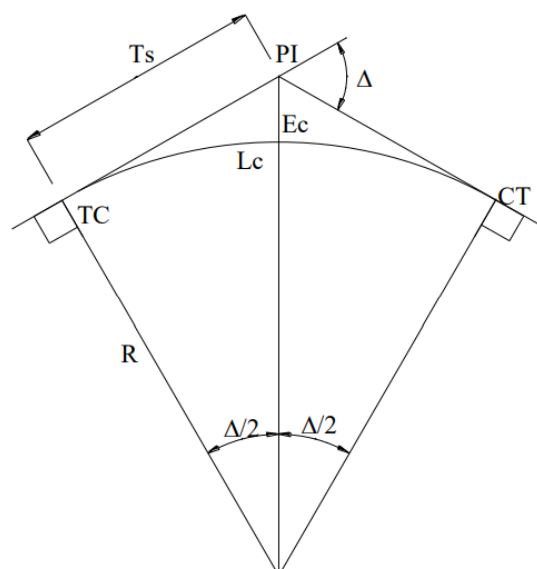
Tikungan ini hanya terdiri dari bagian lingkaran tanpa adanya bagian peralihan. Lengkung ini digunakan pada tikungan yang memiliki jari-jari besar dan sudut tangen yang relatif kecil. Jenis tikungan ini merupakan jenis yang paling ideal ditinjau dari segi keamanan dan kenyamanan pengemudi dan kendaraannya; namun apabila ditinjau dari penggunaan lahan dan biaya pembangunannya yang relatif terbatas, jenis tikungan ini merupakan pilihan yang sangat mahal. Biasanya tikungan *Full - Circle* ini hanya digunakan untuk R yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil akan diperlukan superelevasi yang besar.

Adapun Rumus-rumus yang digunakan dalam tikungan Full - Circle, yaitu:

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

$$E_c = T \tan \frac{\Delta}{4}$$

$$L_c = \frac{\Delta \pi R}{180^\circ}$$



Gambar 2.8 Bentuk Tikungan *Full – Circle*

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

Keterangan:

$\Delta$  = sudut tikungan ( $^{\circ}$ )

O = titik pusat lingkaran (m)

Tc = panjang tangen jarak dari Tc ke PI ke Tc

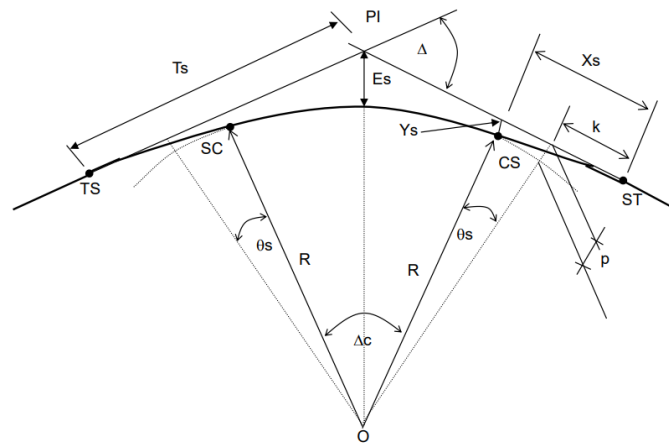
Rc = jari – jari lingkaran (m)

Lc = panjang busur lingkaran (m)

Ec = jarak luar dari PI ke busur lingkaran (m)

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

Lengkung ini terdiri atas bagian lingkaran (*circle*, Lc) dan bagian lengkung peralihan (Ls).



Gambar 2.9 Bentuk Tikungan *Spiral – Circle – Spiral*

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

Lengkung spiral merupakan peralihan bagian lurus ke bagian circle yang berfungsi mengurangi pengaruh gaya sentrifugal. Rumus-rumus yang digunakan dalam menghitung tikungan SCS adalah;

$$\theta_s = \frac{90}{\pi} \frac{L_s}{R} \quad (^{\circ})$$

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta \quad (^{\circ})$$

$$L_c = \frac{\Delta}{180} \cdot \pi \cdot R \quad (\text{m})$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6R} \quad (\text{m})$$

$$X_s = L_s \left( 1 - \frac{L_s^2}{40R^2} \right) \quad (\text{m})$$



$$p = \frac{Ls^2}{6R} - R \cdot (1 - \cos \theta_s) \quad (\text{m})$$

$$k = Ls - \frac{Ls^3}{40R^2} - R \cdot \sin \theta_s \quad (\text{m})$$

$$Ts = (R + p) \cdot \tan \frac{\Delta}{2} + k \quad (\text{m})$$

$$Es = (R + p) \cdot \sec \frac{\Delta}{2} - R \quad (\text{m})$$

$$L = Lc + 2 \cdot Ls \quad (\text{m})$$

Keterangan:

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

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

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

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

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

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

$\Delta$  = sudut tikungan, ( $^\circ$ )  $\Delta_c$  = sudut lengkung circle, ( $^\circ$ )

$\theta_s$  = sudut lengkung spiral, ( $^\circ$ )

$R$  = jari-jari tikungan, (m)

$P$  = pergeseran tangen terhadap spiral, (m)

$k$  = absis p pada garis tangen spiral, (m)

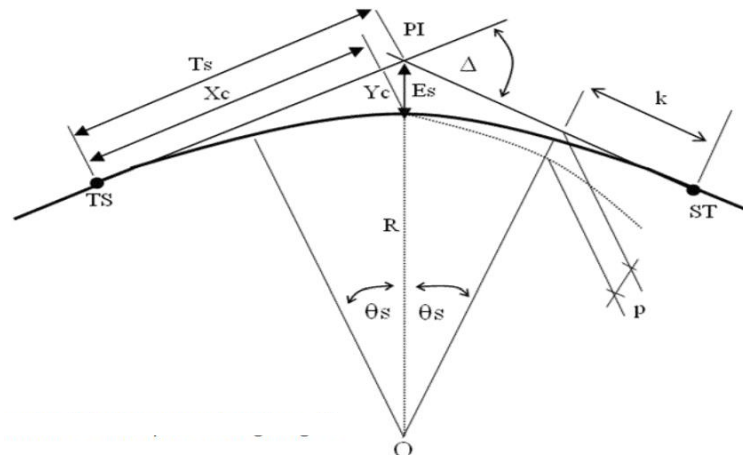
$L$  = panjang tikungan SCS, (m)

Persyaratan menurut TPGJAK 1997;

- Jika diperoleh  $L_c < 25$  m, maka sebaiknya tidak digunakan bentuk SCS, tetapi gunakan lengkung SS, yaitu lengkung yang terdiri dari 2 lengkung peralihan.
- Jika  $p$  yang dihitung dengan rumus;  $p = Ls^2 / 24 \cdot R < 0.25$  maka gunakan tikungan jenis FC.
- untuk  $L_s = 1,0$  m, maka  $p = p'$  dan  $k = k'$
- untuk  $L_s = L_s$ , maka  $p = p' \times L_s$  dan  $k = k' \times L_s$  • nilai  $p'$  dan  $k'$  diambil dari Tabel 2.19.

c. Tikungan *Spiral – Spiral* (SS)

Lengkung ini hanya terdiri dari bagian spiral saja. Dari sisi kenyamanan, maka jenis tikungan ini paling tidak nyaman. Jenis lengkung ini dipergunakan untuk tikungan yang tajam, dengan sudut  $\Delta$  relatif besar dan jari-jari yang relatif kecil.



Gambar 2.10 Bentuk Tikungan *Spiral – Spiral*

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

Rumus – rumus:

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta, \quad L_c = 0$$

$$L_s = \frac{2\pi R}{360} 2\theta_s \quad \text{atau} \quad L_s = \frac{\theta_s R}{28,648} \quad (\text{m})$$

$$T_s = (R + p) \tan \frac{\Delta}{2} + k \quad (\text{m})$$

$$E_s = (R + p) \sec \frac{\Delta}{2} - R \quad (\text{m})$$

$$L_{\text{tot}} = 2 L_s \quad (\text{m})$$

$$k = k^* \times L_s$$

$$p = p^* \times L_s \quad \text{dimana } k^*, p^* \text{ dapat dilihat pada table untuk } L_s = 1$$

(table 2.19)

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

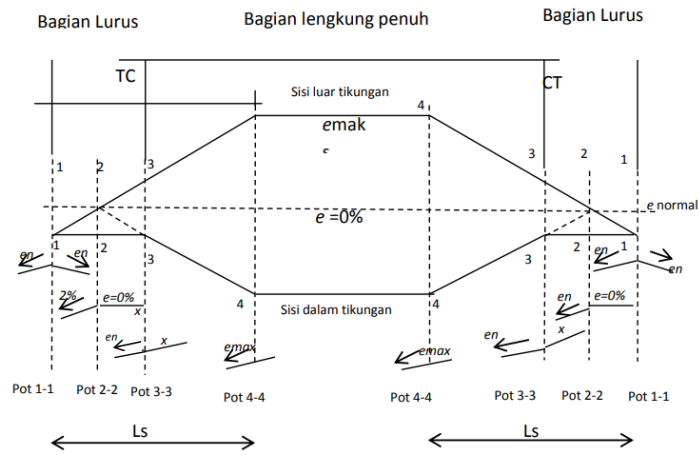
$\theta_s$ (°)	$p^*$	$k^*$	$\theta_s$ (°)	$p^*$	$k^*$	$\theta_s$ (°)	$p^*$	$k^*$
0.5	0.0007272	0.4999987	14.0	0.0206655	0.4989901	27.5	0.0422830	0.4959406
1.0	0.0014546	0.4999949	14.5	0.0214263	0.4989155	28.0	0.0431365	0.4957834
1.5	0.0021820	0.4999886	15.0	0.0221896	0.4988381	28.5	0.0439946	0.4956227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

(Sumber: *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan, Nova*)

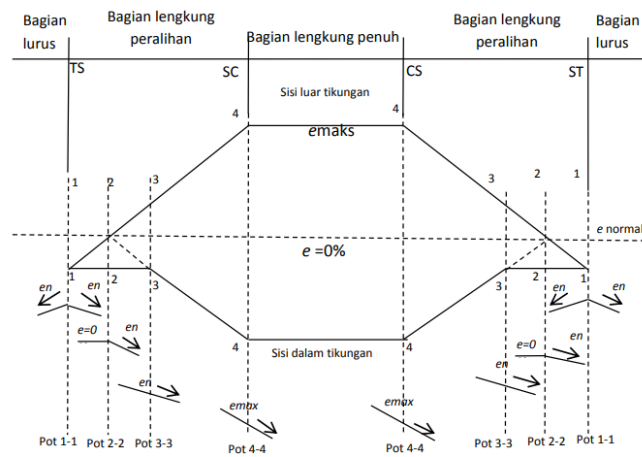
### 2.4.3 Superelevasi

Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan normal ( $e_n$ ) pada bagian jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung. Superelevasi bertujuan untuk memperoleh komponen berat kendaraan untuk mengimbangi gaya sentrifugal.

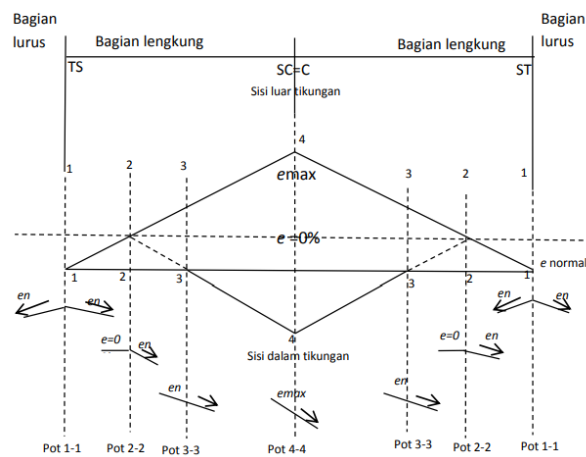
Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan-kemiringan jalan pada bagian tertentu, yang berfungsi untuk mempermudah dalam pekerjaannya atau pelaksanaannya dilapangan.



Gambar 2.11 Diagram Superelevasi *Full Circle*



Gambar 2.12 Diagram Superelevasi *Spiral - Circle - Spiral*



Gambar 2.13 Diagram Superelevasi *Spiral - Spiral*

Keterangan:

1. Potongan I, kemiringan permukaan perkerasan jalan bersifat normal, yaitu sebagian miring kekiri dan sebagian lagi miring kekanan.
2. Potongan II, pada kondisi ini, bagian sisi luar sudah bergerak keatas dari posisi awal seperti pada potongan I menjadi rata (datar) dengan kemiringan sebesar 0%. Dengan demikian bentuk permukaan jalan menjadi rata sebelah.
3. Potongan III; bagian sisi luar tikungan terus bergerak keatas sehingga akhirnya segaris (satu kemiringan) dengan sisi dalam. Besarnya kemiringan tersebut menjadi sebesar kemiringan normal.
4. Potongan IV; baik sisi luar maupun sisi dalam tikungan sama-sama bergerak naik sehingga mencapai kemiringan sebesar kemiringan maksimum yang ditetapkan pada tikungan tersebut. Kondisi seperti ini akan bertahan sampai sepanjang lengkung circle (khusus tikungan SS hanya pada satu titik), yaitu sampai titik CS. Setelah melewati titik CS, maka bentuk potongan berangsur-angsur kembali ke bentuk potongan III selanjutnya ke potongan II dan akhirnya kembali lagi ke bentuk potongan I, yakni bentuk normal.

#### **2.4.4 Pelebaran Perkerasan Jalan pada Tikungan**

Pelebaran pada tikungan dimaksudkan untuk mempertahankan konsistensi geometrik jalan agar kondisi operasional lalu lintas 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 lajunya.
3. Pelebaran di tikungan ditentukan oleh radius belok kendaraan rencana.
4. Pelebaran yang lebih kecil dari 0.6 meter dapat diabaikan.

Adapun rumus–rumus yang digunakan untuk perhitungan pelebaran perkerasan pada tikungan;

$$b'' = R - \sqrt{R^2 - p^2}$$

$$b' = b + b''$$

$$Td = \sqrt{R^2 + A(2p + A)} - R$$

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

$$B = n(b' + c) + (n - 1)Td + z$$

$$dB = B - Bn$$

Dimana:

$n$  = jumlah lajur lintasan

$c$  = kebebasan samping ( $c=0.8$  m)

$b$  = lebar lintasan kendaraan sedang ( $b=2.6$  m)

$b'$  = lebar lintasan kendaraan sedang pada tikungan

$p$  = jarak as depan-belakang kend. Sedang ( $p=7.6$  m)

$A$  = tonjolan depan sampai bumper ( $A=2.1$  m)

$Td$  = lebar melintang akibat tonjolan depan (m)

$Z$  = lebar tambahan akibat kelainan pengemudi (m)

$Bn$  = lebar perkerasan pada bagian lurus (m)

$dB$  = pelebaran yang dibutuhkan pada tikungan (m)

#### 2.4.5 Kebebasan Samping pada Tikungan

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

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

a. Jika  $J_h < L_t$

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

Dimana:

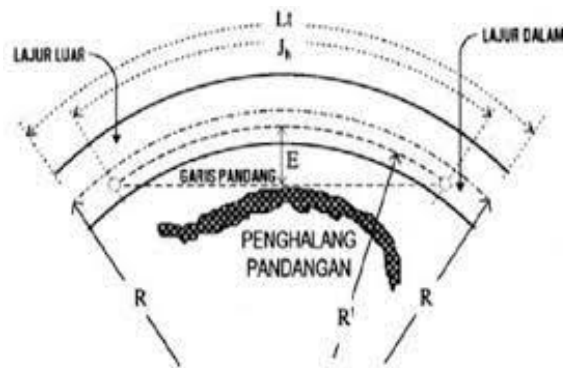
$E$  = Jarak bebas samping (m)

$R$  = jari-jari tikungan (m)

$R'$  = jari-jari sumbu lajur dalam (m)

$J_h$  = Jarak pandang henti (m)

$L_t$  = Panjang tikungan (m)



Gambar 2.14 Daerah bebas samping di tikungan untuk  $J_h < L_t$

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

b. Jika  $J_h > L_t$

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

Dimana:

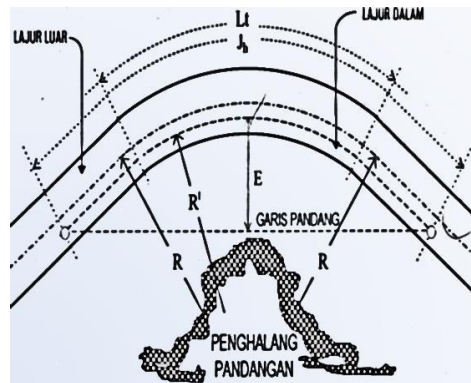
$E$  = Jarak bebas samping (m)

$R$  = jari-jari tikungan (m)

$R'$  = jari-jari sumbu lajur dalam (m)

$J_h$  = Jarak pandang henti (m)

$L_t$  = Panjang tikungan (m)



Gambar 2.15 Daerah bebas samping di tikungan untuk  $J_h > L_t$

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

## 2.5 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah garis potong yang dibentuk oleh bidang vertikal melalui sumbu jalan (proyeksi tegak lurus bidang gambar). Alinyemen vertikal disebut juga profil/penampang memanjang jalan yang terdiri dari landai (tanjakan/turunan) dan lengkung. Alinyemen vertikal merupakan bentuk geometrik jalan dalam arah vertikal. Ditinjau dari titik awal perencanaan, bagian landai vertikal dapat berupa landai positif (tanjakan), atau landai negatif (turunan), atau landai nol (datar). Bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cekung atau lengkung cembung.

### 2.5.1 Kelandaian 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 2.20.

Tabel 2.20 Kelandaian Maksimum yang di Izinkan

V <sub>r</sub> (Km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	< 40
Kelandaian maksimum	3	3	4	5	8	9	10	10

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



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. Panjang kritis dapat ditetapkan dari Tabel 2.21.

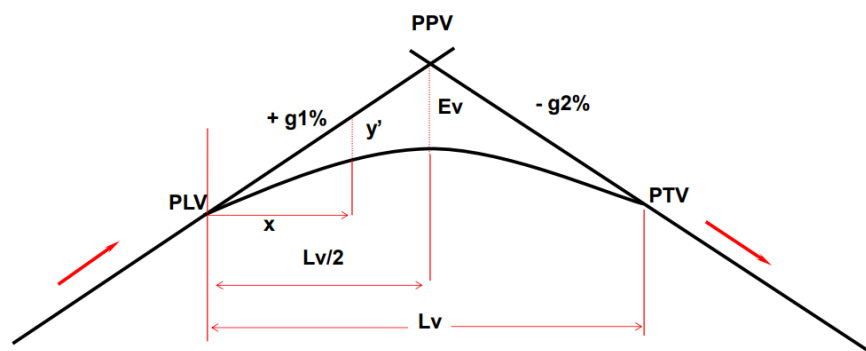
Tabel 2.21 Panjang Kritis (m)

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

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

### 2.5.2 Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal adalah garis yang menghubungkan antara dua kelandaian arah memanjang jalan agar tidak terjadi patahan, yang bertujuan untuk memenuhi keamanan, kenyamanan bagi pengguna jalan serta penyediaan drainase yang baik.



Gambar 2.16 Lengkung Vertikal

Kelandaian menaik diberi tanda (+) dan kelandaian menurun diberi tanda (-). Ketentuan pendakian atau penurunan ditinjau dari kiri ke kanan. Dari gambar diatas, besarnya defleksi ( $y'$ ) antara garis kemiringan (tangen) dan garis lengkung dapat dihitung dengan rumus:

$$y' = \frac{(g_2 - g_1)}{200 L_v} \cdot x^2$$

Dimana:

- $x$  = jarak horizontal dari titik PLV ke titik yang ditinjau (m)  
 $y'$  = besarnya penyimpangan (jarak vertikal) antara garis kemiringan dengan lengkungan (m)  
 $g_1, g_2$  = besar kelandaian (kenaikan/penurunan) (%)  
 $L_v$  = panjang lengkung vertikal (m).

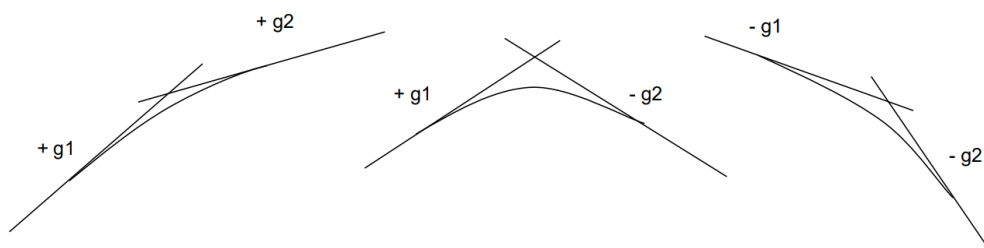
Untuk  $x = \frac{1}{2} L_v$ , maka  $y' = E_v$  dirumuskan sebagai:

$$E_v = \frac{(g_2 - g_1)L_v}{800}$$

Lengkung vertikal dibagi dua macam, yaitu;

a. Lengkung Vertikal Cembung

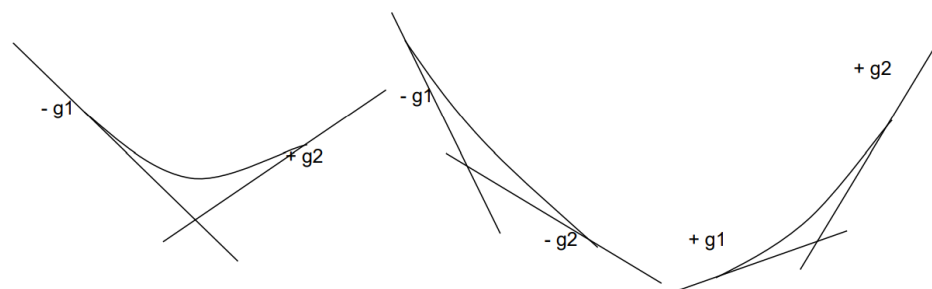
Titik perpotongan antara ke 2 tangen berada di atas permukaan jalan.



Gambar 2.17 Alinyemen Vertikal Cembung

b. Lengkung vertikal cekung

Titik perpotongan antara ke 2 tangen berada di bawah permukaan jalan.

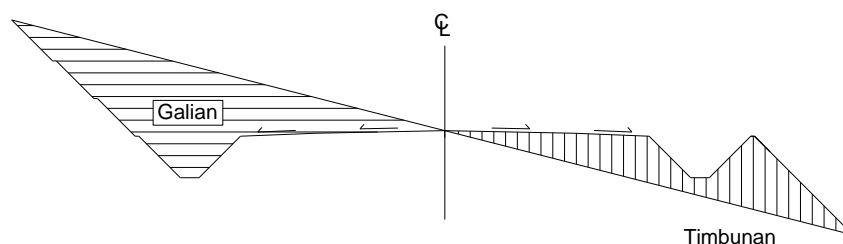


Gambar 2.18 Alinyemen Vertikal Cekung

## 2.6 Galian dan Timbunan

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

1. Penentuan *stationing* (jarak patok) sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase jalan).
2. Gambar profil memanjang (alinyemen vertical) yang memperlihatkan perbedaan beda tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.
3. Gambar potongan melintang (*cross section*) pada titik *stationing*, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan.



Gambar 2.19 Galian dan Timbunan

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

## 2.7 Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

*Rigid pavement* atau perkerasan kaku adalah jenis perkerasan jalan yang menggunakan beton sebagai bahan utama perkerasan tersebut, perkerasan kaku merupakan salah satu jenis perkerasan jalan yang sering digunakan selain dari perkerasan lentur (*asphalt*). Perkerasan ini umumnya dipakai pada jalan yang memiliki kondisi lalu lintas yang cukup padat dan memiliki distribusi beban yang besar, seperti pada jalan-jalan lintas antar provinsi, jembatan layang, jalan tol, maupun pada persimpangan bersinyal. (Sukirman, 1999)

Struktur perkerasan terdiri atas pelat beton yang diletakkan pada lapis pondasi bawah yang menumpu pada tanah dasar, dengan atau tanpa lapis

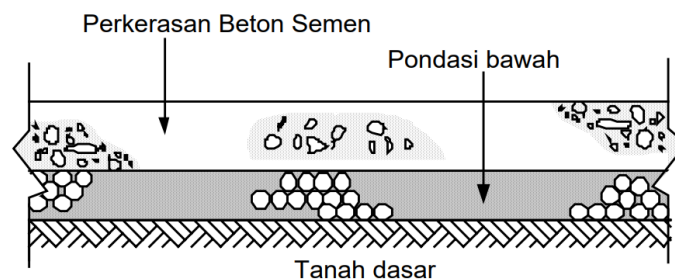
permukaan beraspal di atasnya. Berbeda dengan perkerasan lentur, beban lalu lintas pada perkerasan kaku sepenuhnya dipikul pelat beton. Yang diterima tanah dasar relatif kecil.

Perkerasan beton semen dibedakan ke dalam 4 jenis yaitu:

1. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan
2. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan
3. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan
4. Perkerasan beton semen pra-tegang

Dengan berbagai pertimbangan jenis perkerasan beton semen pra-tegang jarang dilaksanakan di Indonesia, sehingga pada Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003 jenis perkerasan beton semen tersebut tidak dibahas secara khusus.

Perkerasan beton semen adalah struktur yang terdiri atas pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan, terletak di atas lapis pondasi bawah atau tanah dasar, tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal. Struktur perkerasan beton semen secara tipikal sebagaimana terlihat pada Gambar 2.20



Gambar 2.20 Tipikal struktur perkerasan beton semen

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

Pada perkerasan beton semen, daya dukung perkerasan terutama diperoleh dari pelat beton. Sifat, daya dukung dan keseragaman tanah dasar sangat mempengaruhi keawetan dan kekuatan perkerasan beton semen. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan adalah kadar air pemadatan, kepadatan dan perubahan kadar air selama masa pelayanan. Lapis pondasi bawah pada perkerasan beton semen adalah

bukan merupakan bagian utama yang memikul beban, tetapi merupakan bagian yang berfungsi sebagai berikut:

1. Mengendalikan pengaruh kembang susut tanah dasar.
2. Mencegah intrusi dan pemompaan pada sambungan, retakan dan tepi-tepi pelat.
3. Memberikan dukungan yang mantap dan seragam pada pelat.
4. Sebagai perkerasan lantai kerja selama pelaksanaan.

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

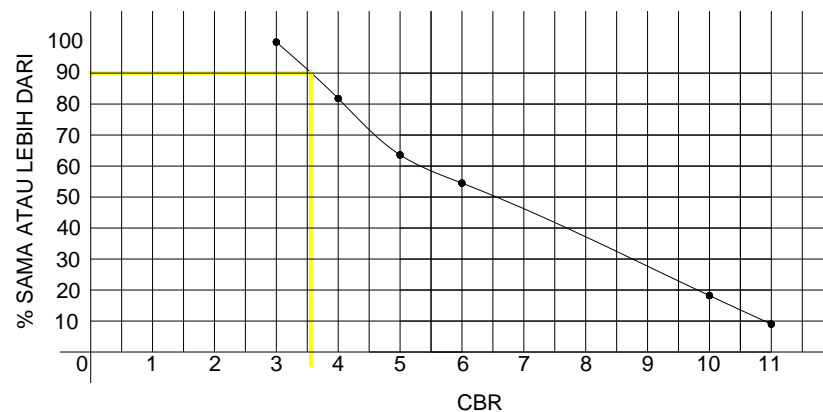
### **2.7.1. Persyaratan Teknis Perencanaan Perkerasan Kaku**

#### **a. Tanah Dasar**

Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR *in situ* 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. Apabila tanah dasar mempunyai nilai CBR lebih kecil dari 2 %, maka harus dipasang pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean-Mix Concrete*) setebal 15 cm yang dianggap mempunyai nilai CBR tanah dasar efektif 5 %. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara grafis dan analitis.

#### **1. Cara grafis**

Metode grafis diperoleh dari data bermacam-macam jenis pada suatu seksi jalan tertentu menggunakan CBR segmen. Dari data yang diperoleh dilakukan perhitungan dengan cara menentukan harga CBR terendah, kemudian menentukan jumlah harga CBR yang sama dan yang lebih besar. Angka jumlah terbanyak dinyatakan dalam 100%, jumlah yang lain merupakan persentase dari 100%. Buatlah grafik hubungan antara nilai CBR dengan % jumlah dan akan diperoleh nilai CBR rerata dengan diambil angka persentasenya = 90%.



Gambar 2.21 CBR Segmen

## 2. Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah:

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

Nilai R tergantung dari jumlah data CBR yang terdapat dalam satu segmen. Nilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada tabel 2.22 dibawah ini yaitu:

Tabel 2.22 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: Hendra Suryadharna, 1999)

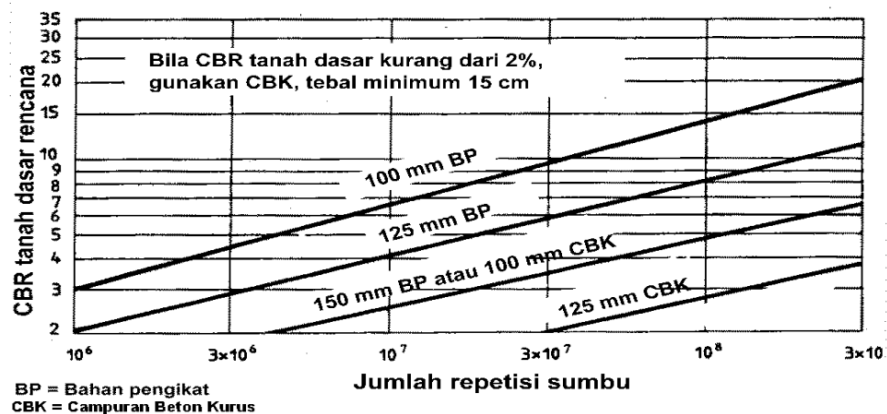
b. Pondasi Bawah

Bahan pondasi bawah dapat berupa:

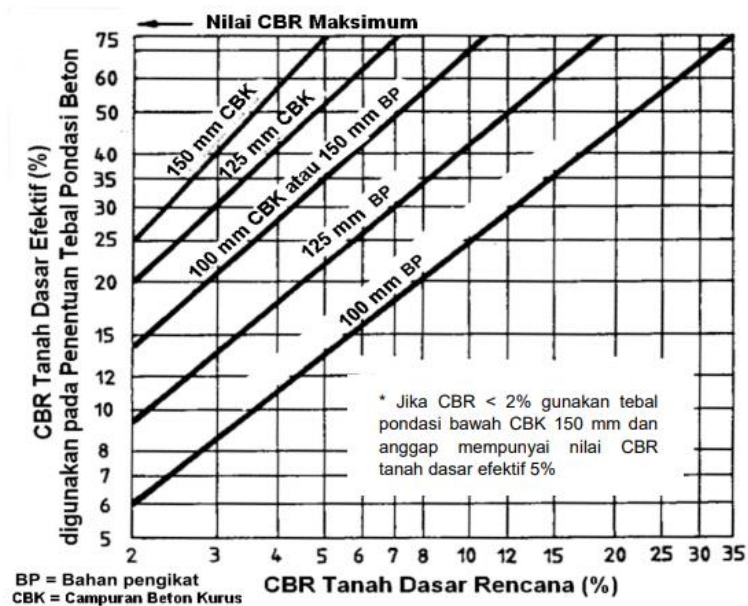
- Bahan berbutir.
- Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (*Lean Rolled Concrete*)
- Campuran beton kurus (*Lean-Mix Concrete*).

Lapis pondasi bawah perlu diperlebar sampai 60 cm diluar tepi perkerasan beton semen. Untuk tanah ekspansif perlu pertimbangan khusus perihal jenis dan penentuan lebar lapisan pondasi dengan memperhitungkan tegangan pengembangan yang mungkin timbul. Pemasangan lapis pondasi dengan lebar sampai ke tepi luar lebar jalan merupakan salah satu cara untuk mereduksi perilaku tanah ekspansif.

Tebal lapisan pondasi minimum 10 cm yang paling sedikit mempunyai mutu sesuai dengan SNI No. 03-6388-2000 dan AASHTO M-155 serta SNI 03-1743-1989. Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus menggunakan campuran beton kurus (CBK). Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dapat dilihat pada Gambar 2.22 dan CBR tanah dasar efektif didapat dari Gambar 2.23



Gambar 2.22 Tebal pondasi bawah minimum untuk perkerasan beton semen



Gambar 2.23 CBR tanah dasar efektif dan tebal pondasi bawah

1. Pondasi bawah material berbutir

Material berbutir tanpa pengikat harus memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI-03-6388- 2000. Persyaratan dan gradasi pondasi bawah harus sesuai dengan kelas B. Sebelum pekerjaan dimulai, bahan pondasi bawah harus diuji gradasinya dan harus memenuhi spesifikasi bahan untuk pondasi bawah, dengan penyimpangan ijin 3% - 5%. Ketebalan minimum lapis pondasi bawah untuk tanah dasar dengan CBR minimum 5% adalah 15 cm. Derajat kepadatan lapis pondasi bawah minimum 100 %, sesuai dengan SNI 03-1743-1989.

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

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

- Stabilisasi material berbutir dengan kadar bahan pengikat yang sesuai dengan hasil perencanaan, untuk menjamin kekuatan campuran dan ketahanan terhadap erosi. Jenis bahan pengikat dapat meliputi semen, kapur, serta abu terbang dan/atau slag yang dihaluskan.
- Campuran beraspal bergradasi rapat (*dense-graded asphalt*).



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

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

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

c. Beton semen

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal sekitar 3–5 MPa (30-50 kg/cm<sup>2</sup>). Kuat tarik lentur beton yang diperkuat dengan bahan serat penguat seperti serat baja, aramit atau serat karbon, harus mencapai kuat tarik lentur 5–5,5 MPa (50-55 kg/cm<sup>2</sup>). Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 MPa (2,5 kg/cm<sup>2</sup>) terdekat. Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik-lentur beton dapat didekati dengan rumus berikut:

$$f_{cf} = K (f_c')^{0,50} \text{ dalam MPa atau}$$

$$f_{cf} = 3,13 K (f_c')^{0,50} \text{ dalam kg/cm}^2$$

Dengan pengertian:

$$f_c' = \text{kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm}^2\text{)}$$

$$f_{cf} = \text{kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm}^2\text{)}$$

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

Kuat tarik lentur dapat juga ditentukan dari hasil uji kuat tarik belah beton yang dilakukan menurut SNI 03-2491-1991 sebagai berikut:

$$f_{cf} = 1,37 \cdot f_{cs}, \text{ dalam MPa atau } f_{cf} = 13,44 \cdot f_{cs}, \text{ dalam kg/cm}^2$$

Dengan pengertian:

$$f_{cs} = \text{kuat tarik belah beton 28 hari}$$

Beton dapat diperkuat dengan serat baja (*steel-fibre*) untuk meningkatkan kuat tarik lenturnya dan mengendalikan retak pada pelat khususnya untuk bentuk tidak lazim. Serat baja dapat digunakan pada campuran beton, untuk jalan plaza tol, putaran dan perhentian bus. Panjang serat baja antara 15 mm dan 50 mm yang bagian ujungnya melebar sebagai angker dan/atau sekrup penguat untuk meningkatkan ikatan. Secara tipikal serat dengan panjang antara 15 dan 50 mm dapat ditambahkan ke dalam adukan beton, masing-masing sebanyak 75 dan 45 kg/m<sup>3</sup>. Semen yang akan digunakan untuk pekerjaan beton harus dipilih dan sesuai dengan lingkungan dimana perkerasan akan dilaksanakan.

### 2.7.2 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. Kendaraan yang ditinjau untuk perencanaan perkerasan beton semen adalah yang mempunyai berat total minimum 5 ton.

Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri atas 4 jenis kelompok sumbu sebagai berikut:

1. Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
2. Sumbu tunggal roda ganda (STRG)
3. Sumbu tandem roda ganda (STdRG)
4. Sumbu triple roda ganda (STrRG)

#### a. Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalu-lintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai Tabel 2.23

Tabel 2.23 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga pada lajur rencana

Lebar Perkerasan ( $L_p$ )	Jumlah Lajur ( $n_l$ )	Koefisien Distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5,50$ m	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq L_p < 8,25$ m	2 lajur	0,70	0,50
$8,25 \text{ m} \leq L_p < 11,25$ m	3 lajur	0,50	0,47
$11,23 \text{ m} \leq L_p < 15,00$ m	4 lajur	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq L_p < 18,75$ m	5 lajur	-	0,425
$18,75 \text{ m} \leq L_p < 22,00$ m	6 lajur	-	0,4

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

b. Umur Rencana

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

c. Pertumbuhan lalu-lintas

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

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

Dengan pengertian:

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas

i = Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %.

UR = Umur rencana (tahun)

Faktor pertumbuhan lalu-lintas (R) dapat juga ditentukan berdasarkan Tabel 2.24

Tabel 2.24 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%)

Kelas Jalan	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,47
Kolektor Rural	3,5	3,5	3,5	3,5
Jalan Desa	1,00	1,00	1,00	1,00

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan Revisi, 2017)

d. Lalu Lintas Rencana

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

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C$$

Dengan pengertian:

JSKN = Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana

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

R = Faktor pertumbuhan komulatif

C = Koefisien distribusi kendaraan

e. Faktor Keamanan Beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (FKB). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya berbagai tingkat realibilitas perencanaan seperti terlihat pada Tabel 2.25

Tabel 2.25 Faktor Keamanan Beban ( $F_{KB}$ )

No.	Penggunaan	Nilai $F_{KB}$
1	Jalan bebas hambatan utama ( <i>major freeway</i> ) dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu-lintas dari hasil survai beban ( <i>weight-in-motion</i> ) dan adanya kemungkinan route alternatif, maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15.	1,2
2	Jalan bebas hambatan ( <i>freeway</i> ) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah.	1,0

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

### 2.7.3 Bahu Jalan

Bahu dapat terbuat dari bahan lapisan pondasi bawah dengan atau tanpa lapisan penutup beraspal atau lapisan beton semen. Perbedaan kekuatan antara bahu dengan jalur lalu-lintas akan memberikan pengaruh pada kinerja perkerasan. Hal tersebut dapat diatasi dengan bahu beton semen, sehingga akan meningkatkan kinerja perkerasan dan mengurangi tebal pelat Yang dimaksud dengan bahu beton semen dalam pedoman ini adalah bahu yang dikunci dan diikatkan dengan lajur lalu-lintas dengan lebar minimum 1,50 m, atau bahu yang menyatu dengan lajur lalu-lintas selebar 0,60 m, yang juga dapat mencakup saluran dan kereb.

### 2.7.4 Sambungan

Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk:

- Membatasi tegangan dan pengendalian retak yang disebabkan oleh penyusutan, pengaruh lenting serta beban lalu-lintas.
- Memudahkan pelaksanaan.
- Mengakomodasi gerakan pelat.

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan antara lain:

1. Sambungan Memanjang Dengan Batang Pengikat (*Tie Bars*)

Pemasangan sambungan memanjang ditujukan untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang. Jarak antar sambungan memanjang sekitar 3 - 4 m. Sambungan memanjang harus dilengkapi dengan batang ulir dengan mutu minimum BJTU24 dan berdiameter 16 mm. Ukuran batang pengikat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$A_t = 204 \times b \times h$$

$$l = (38,3 \times \phi) + 75$$

Dimana:

$A_t$  = Luas penampang tulangan per meter panjang sambungan ( $\text{mm}^2$ ).

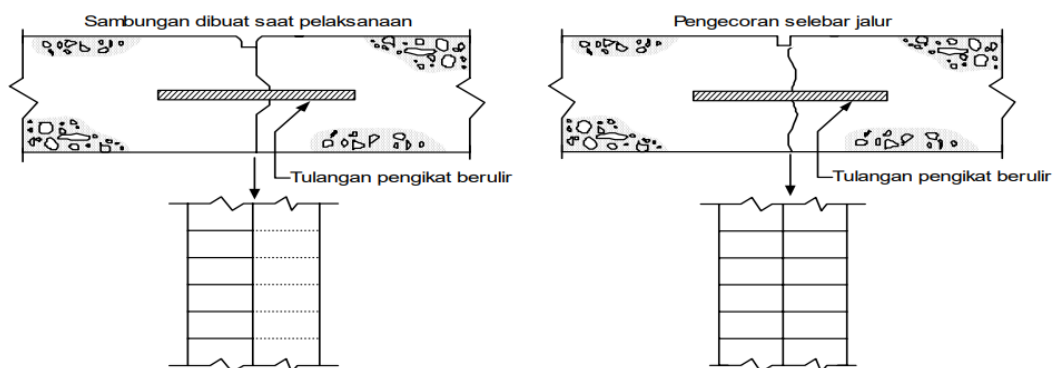
$b$  = Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m).

$h$  = Tebal pelat (m).

$l$  = Panjang batang pengikat (mm).

$\phi$  = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm).

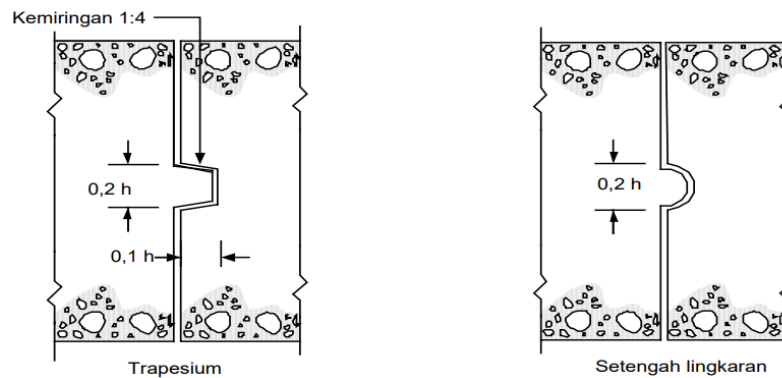
Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm.



Gambar 2.24 Tipikal Sambungan Memanjang

2. Sambungan pelaksanaan memanjang

Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dilakukan dengan cara penguncian. Bentuk dan ukuran penguncian dapat berbentuk trapesium atau setengah lingkaran sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 2.25



Gambar 2.25 Ukuran Standar Penguncian Sambungan Memanjang

### 3. Sambungan Susut Memanjang

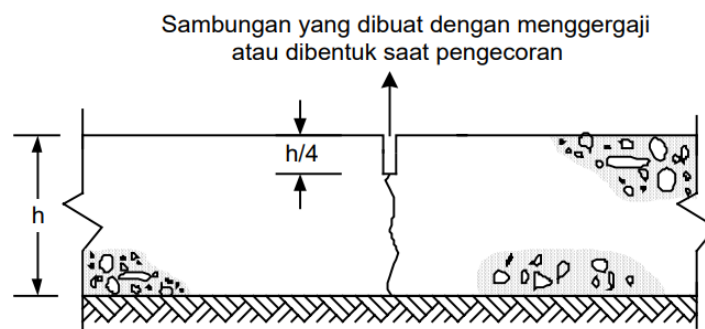
Sambungan susut memanjang dapat dilakukan dengan salah satu dari dua cara ini, yaitu menggergaji atau membentuk pada saat beton masih plastis dengan kedalaman sepertiga dari tebal pelat.

### 4. Sambungan Susut dan Sambungan Pelaksanaan Melintang

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

### 5. Sambungan Susut Melintang

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 2.26 dan 2.27.

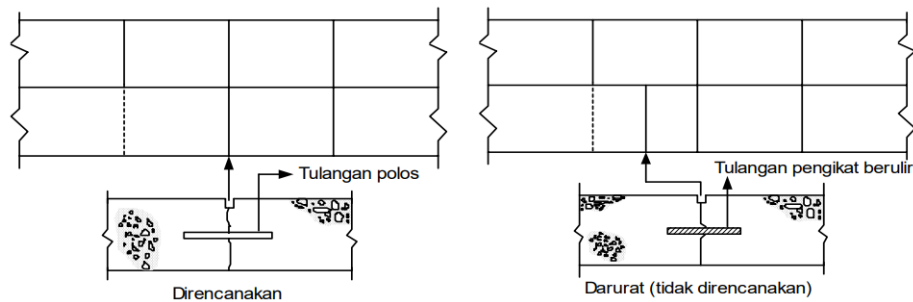


Gambar 2.26 Sambungan Susut Melintang Tanpa Ruji

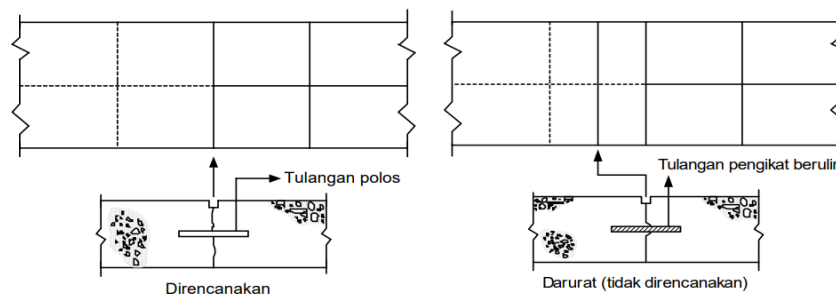




tengah tebal pelat. Sambungan pelaksanaan tersebut di atas harus dilengkapi dengan batang pengikat berdiameter 16 mm, panjang 69 cm dan jarak 60 cm, untuk ketebalan pelat sampai 17 cm. Untuk ketebalan lebih dari 17 cm, ukuran batang pengikat berdiameter 20 mm, panjang 84 cm dan jarak 60 cm.



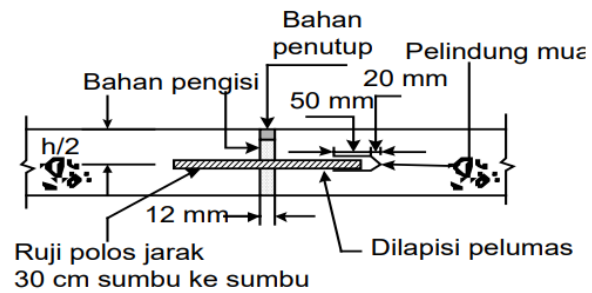
Gambar 2.28 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran per lajur



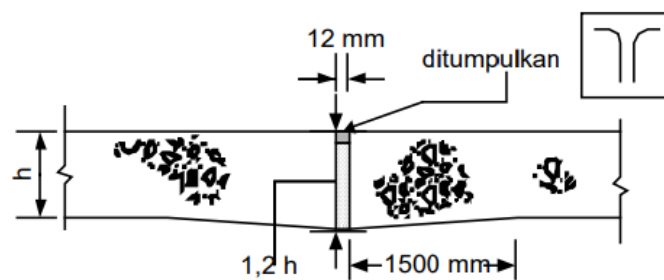
Gambar 2.29 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan

## 7. Sambungan Isolasi

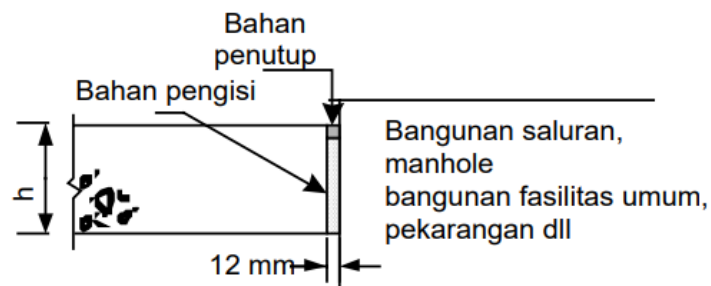
Sambungan isolasi memisahkan perkerasan dengan bangunan yang lain, misalnya manhole, jembatan, tiang listrik, jalan lama, persimpangan dan lain sebagainya. Sambungan isolasi harus dilengkapi dengan bahan penutup (*joint sealer*) setebal 5 – 7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (*joint filler*) sebagai mana diperlihatkan pada gambar 2.30, 2.31, dan 2.32.



Gambar 3.30 Sambungan Isolasi dengan Ruji



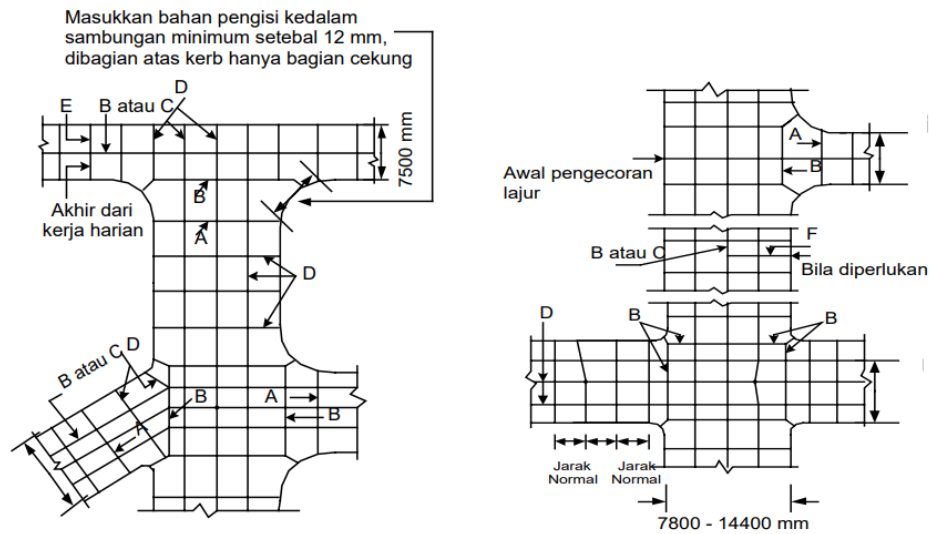
Gambar 3.31 Sambungan Isolasi dengan Penebalan Tepi



Gambar 3.32 Sambungan Isolasi Tanpa Ruji

#### 8. Penutup sambungan

Penutup sambungan dimaksudkan untuk mencegah masuknya air dan atau benda lain ke dalam sambungan perkerasan. Benda-benda lain yang masuk ke dalam sambungan dapat menyebabkan kerusakan berupa gompal dan atau pelat beton yang saling menekan ke atas (*blow up*).



Gambar 3.33 Detail Potongan melintang sambungan perkerasan

Keterangan:

- A = Sambungan isolasi
- B = Sambungan pelaksanaan memanjang
- C = Sambungan susut memanjang
- D = Sambungan susut melintang
- E = Sambungan susut melintang yang direncanakan
- F = Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak direncanakan

### 2.7.5 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%.

Tabel 2.34 Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Tanpa Bahu Beton

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
		STRT	STRG	STdRG	STRG	Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
						STRT	STRG	STdRG	STRG	STRT	STRG	STdRG	STRG
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	3.46	3.5	2.59	3.2	3.28	3.32
150	15	1.59	2.48	2.01	1.53	2.78	3.38	3.44	3.47	2.59	3.2	3.27	3.3
150	20	1.56	2.43	1.97	1.51	2.77	3.37	3.43	3.46	2.59	3.19	3.26	3.29
150	25	1.54	2.37	1.92	1.48	2.77	3.37	3.42	3.44	2.59	3.19	3.25	3.28
150	35	1.49	2.28	1.82	1.43	2.76	3.36	3.39	3.4	2.58	3.18	3.23	3.25
150	50	1.43	2.15	1.73	1.4	2.74	3.34	3.36	3.37	2.57	3.17	3.21	3.22
150	75	1.38	2.02	1.64	1.36	2.72	3.32	3.33	3.32	2.56	3.16	3.19	3.19
160	5	1.54	2.49	2.06	1.55	2.72	3.32	3.43	3.47	2.52	3.12	3.22	3.3
160	10	1.47	2.34	1.92	1.44	2.71	3.31	3.39	3.43	2.51	3.11	3.2	3.26
160	15	1.44	2.26	1.84	1.39	2.7	3.3	3.37	3.41	2.61	3.11	3.19	3.24
160	20	1.41	2.22	1.8	1.37	2.69	3.29	3.36	3.4	2.5	3.1	3.18	3.23
160	25	1.39	2.17	1.76	1.34	2.69	3.29	3.35	3.38	2.5	3.1	3.17	3.21
160	35	1.34	2.07	1.87	1.29	2.68	3.28	3.32	3.34	2.49	3.09	3.15	3.18
160	50	1.3	1.96	1.58	1.25	2.66	3.26	3.28	3.3	2.49	3.09	3.13	3.15
160	75	1.24	1.85	1.49	1.23	2.64	3.24	3.26	3.25	2.48	3.08	3.12	3.12
170	5	1.41	2.27	1.93	1.44	2.64	3.24	3.37	3.43	2.44	3.04	3.15	3.24
170	10	1.34	2.14	1.78	1.33	2.62	3.22	3.33	3.38	2.43	3.03	3.13	3.2
170	15	1.31	2.07	1.71	1.28	2.62	3.22	3.31	3.35	2.43	3.03	3.12	3.18
170	20	1.29	2.03	1.67	1.26	2.81	3.21	3.3	3.34	2.42	3.02	3.11	3.17
170	25	1.27	1.99	1.63	1.23	2.81	3.21	3.28	3.32	2.42	3.02	3.1	3.15
170	35	1.23	1.9	1.54	1.18	2.6	3.2	3.25	3.28	2.41	3.01	3.08	3.12
170	50	1.19	1.81	1.46	1.14	2.58	3.18	3.22	3.24	2.4	3.01	3.06	3.08
170	75	1.14	1.7	1.37	1.1	2.57	3.17	3.19	3.19	2.4	3	3.04	3.05
180	5	1.29	2.1	1.81	1.35	2.57	3.17	3.33	3.37	2.36	2.97	3.09	3.2
180	10	1.23	1.98	1.66	1.24	2.55	3.15	3.28	3.32	2.35	2.96	3.07	3.15
180	15	1.2	1.92	1.59	1.19	2.55	3.15	3.25	3.29	2.35	2.96	3.05	3.12
180	20	1.18	1.88	1.55	1.17	2.54	3.14	3.24	3.28	2.35	2.95	3.04	3.11
180	25	1.16	1.84	1.51	1.14	2.54	3.14	3.23	3.26	2.35	2.95	3.03	3.09
180	35	1.12	1.76	1.43	1.09	2.53	3.13	3.2	3.22	2.34	2.94	3.01	3.06
180	50	1.09	1.67	1.35	1.05	2.51	3.11	3.17	3.19	2.33	2.93	2.99	3.02
180	75	1.03	1.57	1.26	1.01	2.49	3.1	3.13	3.14	2.32	2.92	2.97	2.99
190	5	1.19	1.95	1.69	1.27	2.5	3.11	3.28	3.32	2.29	2.9	3.03	3.15
190	10	1.13	1.84	1.55	1.16	2.48	3.09	3.23	3.27	2.28	2.89	3	3.1
190	15	1.1	1.78	1.49	1.11	2.48	3.08	3.2	3.24	2.28	2.88	2.98	3.07
190	20	1.09	1.75	1.45	1.09	2.47	3.07	3.19	3.23	2.27	2.88	2.98	3.06
190	25	1.07	1.71	1.41	1.06	2.47	3.07	3.17	3.21	2.27	2.88	2.97	3.04
190	35	1.03	1.63	1.33	1.01	2.46	3.06	3.14	3.17	2.26	2.87	2.95	3
190	50	1	1.55	1.26	0.97	2.44	3.04	3.1	3.14	2.26	2.86	2.93	2.97
190	75	0.96	1.46	1.17	0.91	2.43	3.03	3.07	3.09	2.25	2.85	2.91	2.93
200	5	1.1	1.81	1.6	1.2	2.44	3.04	3.23	3.27	2.23	2.83	2.97	3.1
200	10	1.05	1.7	1.46	1.1	2.42	3.02	3.18	3.22	2.22	2.82	2.95	3.05
200	15	1.02	1.65	1.4	1.05	2.42	3.02	3.15	3.19	2.22	2.82	2.93	3.02
200	20	1.01	1.62	1.36	1.02	2.41	3.01	3.14	3.18	2.21	2.81	2.92	3.01
200	25	0.99	1.59	1.33	0.99	2.4	3.01	3.12	3.16	2.21	2.81	2.91	2.99
200	35	0.96	1.52	1.25	0.94	2.39	3	3.09	3.12	2.2	2.8	2.89	2.95
200	50	0.92	1.44	1.18	0.89	2.38	2.98	3.06	3.09	2.19	2.79	2.87	2.92
200	75	0.89	1.36	1.1	0.84	2.36	2.96	3	3.04	2.18	2.78	2.85	2.88
210	5	1.02	1.69	1.5	1.14	2.38	2.99	3.18	3.23	2.17	2.77	2.92	3.06
210	10	0.97	1.59	1.38	1.04	2.36	2.97	3.13	3.18	2.16	2.76	2.89	3.01
210	15	0.94	1.54	1.32	0.99	2.36	2.96	3.1	3.15	2.15	2.75	2.87	2.98
210	20	0.93	1.51	1.28	0.96	2.35	2.95	3.09	3.13	2.14	2.75	2.87	2.96
210	25	0.92	1.48	1.25	0.93	2.34	2.95	3.07	3.11	2.14	2.75	2.86	2.94
210	35	0.89	1.41	1.18	0.88	2.33	2.94	3.04	3.07	2.13	2.74	2.84	2.9
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

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

Tabel 2.34 Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Tanpa Bahu Beton (lanjutan)

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
		STRT	STRG	STdRG	STRG	Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
						STRT	STRG	STdRG	STRG	STRT	STRG	STdRG	STRG
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	2.68	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	2.78	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	1.11	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				

Tabel 2.34 Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Tanpa Bahu Beton (lanjutan)

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	0.90	0.80	0.60	1.93	2.54	2.73	2.77	1.72	2.32	2.47	2.61
290	50	0.52	0.86	0.75	0.56	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	2.65
310	15	0.52	0.89	0.84	0.65	1.89	2.49	1.65	2.79	1.65	2.25	2.45	2.62
310	20	0.51	0.88	0.82	0.63	1.89	2.49	1.64	2.77	1.64	2.24	2.44	2.61
310	25	0.5	0.86	0.79	0.6	1.88	2.48	1.64	2.75	1.64	2.24	2.43	2.59
310	35	0.49	0.82	0.74	0.55	1.86	2.46	1.63	2.71	1.63	2.23	2.4	2.55
310	50	0.47	0.78	0.69	0.51	1.84	2.44	1.62	2.67	1.62	2.22	2.37	2.5
310	75	0.45	0.74	0.63	0.48	1.82	2.42	2.58	2.62	1.61	2.21	2.34	2.45
320	5	0.53	0.94	0.93	0.71	1.9	2.5	2.8	2.85	1.63	2.23	2.48	2.69
320	10	0.51	0.88	0.85	0.65	1.87	2.48	2.74	2.79	1.62	2.22	2.44	2.63
320	15	0.5	0.85	0.81	0.62	1.85	2.46	2.71	2.76	1.61	2.21	2.42	2.6
320	20	0.49	0.84	0.79	0.6	1.85	2.45	2.7	2.74	1.6	2.2	2.41	2.58
320	25	0.48	0.82	0.76	0.58	1.84	2.44	2.68	2.72	1.6	2.2	2.4	2.56
320	35	0.46	0.78	0.71	0.54	1.82	2.42	2.64	2.68	1.59	2.19	2.37	2.52
320	50	0.44	0.75	0.67	0.51	1.8	2.4	2.6	2.64	1.58	2.18	2.33	2.47
320	75	0.43	0.71	0.61	0.45	1.78	2.38	2.55	2.59	1.57	2.17	2.31	2.42
330	5	0.5	0.9	0.9	0.69	1.87	2.47	2.78	2.82	1.59	2.19	2.45	2.66
330	10	0.48	0.85	0.82	0.63	1.84	2.44	2.72	2.76	1.58	2.18	2.41	2.6
330	15	0.47	0.82	0.79	0.6	1.82	2.42	2.69	2.73	1.57	2.17	2.39	2.57
330	20	0.46	0.8	0.76	0.58	1.81	2.42	2.67	2.72	1.56	2.16	2.38	2.55
330	25	0.46	0.78	0.74	0.56	1.8	2.41	2.65	2.7	1.56	2.16	2.36	2.53
330	35	0.45	0.74	0.69	0.52	1.78	2.39	2.61	2.66	1.55	2.15	2.33	2.49
330	50	0.42	0.71	0.64	0.48	1.76	2.36	2.57	2.62	1.54	2.14	2.3	2.45
330	75	0.41	0.68	0.59	0.45	1.74	2.35	2.52	2.57	1.53	2.13	2.28	2.4
340	5	0.48	0.86	0.87	0.65	1.84	2.44	2.75	2.79	1.55	2.15	2.42	2.63
340	10	0.46	0.8	0.79	0.61	1.81	2.41	2.69	2.74	1.54	2.14	2.38	2.57
340	15	0.45	0.78	0.76	0.58	1.79	2.39	2.66	2.71	1.53	2.14	2.36	2.54
340	20	0.44	0.77	0.73	0.57	1.78	2.38	2.64	2.69	1.52	2.13	2.35	2.52
340	25	0.44	0.75	0.71	0.55	1.77	2.37	2.62	2.67	1.52	2.12	2.33	2.5
340	35	0.43	0.72	0.66	0.51	1.75	2.35	2.58	2.63	1.51	2.11	2.3	2.46
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

Tabel 2.34 Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Dengan Bahu Beton (lanjutan)

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
190	5	0.99	1.58	1.35	1.05	2.07	2.67	2.78	2.82	1.86	2.46	2.57	2.64
190	10	0.96	1.49	1.26	0.99	2.05	2.65	2.72	2.75	1.84	2.44	2.51	2.56
190	15	0.94	1.44	1.21	0.97	2.04	2.64	2.7	2.72	1.83	2.43	2.48	2.53
190	20	0.93	1.42	1.19	0.96	2.03	2.63	2.69</					

Tabel 2.34 Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Tanpa Bahu Beton (lanjutan)

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	2,98	2,77
290	10	0,59	1,01	0,95	0,73	1,99	2,59	2,83	2,88	1,74	2,34	2,94	2,74
290	15	0,58	0,98	0,9	0,7	1,97	2,58	2,8	2,85	1,74	2,34	2,92	2,68
290	20	0,57	0,96	0,88	0,67	1,96	2,57	2,79	2,83	1,73	2,33	2,91	2,67
290	25	0,56	0,94	0,85	0,65	1,95	2,56	2,77	2,81	1,73	2,33	2,9	2,65
290	35	0,54	0,9	0,8	0,6	1,93	2,54	2,73	2,77	1,72	2,32	2,87	2,61
290	50	0,52	0,86	0,75	0,56	1,92	2,52	2,69	2,74	1,71	2,31	2,84	2,56
290	75	0,5	0,81	0,68	0,52	1,9	2,5	2,64	2,68	1,7	2,3	2,82	2,51
300	5	0,58	1,03	1	0,77	1,97	2,57	2,86	2,9	1,71	2,31	2,95	2,74
300	10	0,56	0,97	0,91	0,7	1,95	2,55	2,8	2,85	1,7	2,3	2,91	2,68
300	15	0,55	0,94	0,87	0,67	1,93	2,54	2,77	2,82	1,69	2,3	2,89	2,63
300	20	0,54	0,92	0,85	0,65	1,92	2,53	2,76	2,8	1,68	2,29	2,88	2,64
300	25	0,53	0,9	0,82	0,63	1,91	2,52	2,74	2,78	1,68	2,29	2,86	2,62
300	35	0,51	0,86	0,77	0,58	1,89	2,5	2,7	2,74	1,67	2,28	2,83	2,58
300	50	0,49	0,82	0,72	0,54	1,88	2,48	2,66	2,7	1,66	2,26	2,81	2,53
300	75	0,47	0,78	0,65	0,5	1,86	2,46	2,61	2,65	1,65	2,26	2,79	2,48
310	5	0,55	0,98	0,97	0,74	1,94	2,54	2,83	2,88	1,67	2,27	2,91	2,71
310	10	0,53	0,92	0,89	0,68	1,91	2,51	2,77	2,82	1,66	2,26	2,87	2,65
310	15	0,52	0,89	0,84	0,65	1,89	2,49	2,75	2,79	1,65	2,25	2,85	2,62
310	20	0,51	0,88	0,82	0,63	1,89	2,49	2,74	2,77	1,64	2,24	2,84	2,61
310	25	0,5	0,86	0,79	0,6	1,88	2,48	2,73	2,76	1,64	2,24	2,83	2,59
310	35	0,49	0,82	0,74	0,55	1,86	2,46	2,7	2,74	1,63	2,23	2,81	2,55
310	50	0,47	0,78	0,69	0,51	1,84	2,44	2,67	2,72	1,62	2,22	2,79	2,5
310	75	0,45	0,74	0,63	0,48	1,82	2,42	2,62	2,69	1,61	2,21	2,77	2,45
320	5	0,53	0,94	0,93	0,71	1,9	2,5	2,8	2,85	1,63	2,23	2,88	2,69
320	10	0,51	0,88	0,85	0,65	1,87	2,48	2,74	2,79	1,62	2,22	2,86	2,63
320	15	0,5	0,85	0,81	0,62	1,85	2,46	2,71	2,76	1,61	2,21	2,84	2,6
320	20	0,49	0,84	0,79	0,6	1,85	2,45	2,7	2,74	1,6	2,2	2,83	2,58
320	25	0,48	0,82	0,76	0,58	1,84	2,44	2,68	2,72	1,6	2,2	2,82	2,56
320	35	0,46	0,78	0,71	0,54	1,82	2,42	2,64	2,68	1,59	2,19	2,8	2,52
320	50	0,44	0,75	0,67	0,51	1,8	2,4	2,6	2,64	1,58	2,18	2,78	2,47
320	75	0,43	0,71	0,61	0,45	1,78	2,38	2,55	2,59	1,57	2,17	2,76	2,42
330	5	0,5	0,9	0,9	0,69	1,87	2,47	2,78	2,82	1,59	2,19	2,85	2,66
330	10	0,48	0,85	0,82	0,63	1,84	2,44	2,72	2,76	1,58	2,18	2,83	2,6
330	15	0,47	0,82	0,79	0,6	1,82	2,42	2,69	2,73	1,57	2,17	2,81	2,57
330	20	0,46	0,8	0,76	0,58	1,81	2,42	2,67	2,72	1,56	2,16	2,79	2,55
330	25	0,46	0,78	0,74	0,56	1,8	2,41	2,65	2,7	1,56	2,16	2,78	2,53
330	35	0,45	0,74	0,69	0,52	1,78	2,39	2,61	2,66	1,55	2,15	2,76	2,49
330	50	0,42	0,71	0,64	0,48	1,76	2,36	2,57	2,62	1,54	2,14	2,74	2,45
330	75	0,41	0,68	0,59	0,45	1,74	2,35	2,52	2,57	1,53	2,13	2,72	2,4
340	5	0,48	0,86	0,87	0,65	1,84	2,44	2,75	2,79	1,55	2,15	2,8	2,63
340	10	0,46	0,8	0,79	0,61	1,81	2,41	2,69	2,74	1,54	2,14	2,78	2,57
340	15	0,45	0,78	0,76	0,58	1,79	2,39	2,66	2,71	1,53	2,14	2,76	2,54
340	20	0,44	0,77	0,73	0,57	1,78	2,38	2,64	2,69	1,52	2,13	2,75	2,52
340	25	0,44	0,75	0,71	0,55	1,77	2,37	2,62	2,67	1,52	2,12	2,73	2,5
340	35	0,43	0,72	0,66	0,51	1,75	2,35	2,58	2,63	1,51	2,11	2,71	2,46
340	50	0,4	0,68	0,62	0,47	1,73	2,33	2,54	2,59	1,5	2,1	2,69	2,42
340	75	0,39	0,65	0,56	0,43	1,71	2,31	2,49	2,54	1,49	2,09	2,67	2,37
350	5	0,46	0,83	0,85	0,63	1,8	2,41	2,72	2,77	1,51	2,11	2,8	2,61
350	10	0,44	0,78	0,77	0,59	1,77	2,38	2,67	2,71	1,5	2,1	2,78	2,55
350	15	0,43	0,75	0,74	0,56	1,75	2,36	2,64	2,68	1,5	2,1	2,76	2,52
350	20	0,42	0,74	0,71	0,55	1,75	2,35	2,62	2,66	1,49	2,09	2,74	2,5
350	25	0,42	0,72	0,69	0,53	1,74	2,34	2,6	2,64	1,49	2,09	2,72	2,48
350	35	0,41	0,69	0,64	0,49	1,72	2,32	2,56	2,6	1,48	2,08	2,7	2,44
350	50	0,39	0,65	0,6	0,46	1,69	2,29	2,52	2,56	1,46	2,07	2,68	2,39
350	75	0,37	0,62	0,54	0,42	1,67	2,28	2,47	2,51	1,46	2,06	2,66	2,34

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

Tabel 2.35 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	1,1	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	1,93	2,51	2,47	2,48
170	75	1,02	1,41	1,19	1,03	2,11	2,71	2,66	2,64	1,89	2,49	2,43	2,43
180	5	1,07	1,7	1,44	1,13	2,13	2,73	2,83	2,86	1,92	2,52	2,61	2,68
180	10	1,03	1,6	1,35	1,07	2,11	2,71	2,78	2,79	1,9	2,5	2,56	2,6
180	15	1,01	1,55	1,3	1,04	2,1	2,71	2,75	2,76	1,89	2,5	2,53	2,57
180	20	1,01	1,53	1,28	1,03	2,09	2,7	2,73	2,74	1,88	2,49	2,51	2,54
180	25	1	1,5	1,25	1,01	2,09	2,69	2,71	2,72	1,88	2,48	2,49	2,52
180	35	0,98	1,44	1,2	0,98	2,08	2,68	2,67	2,68	1,87	2,46	2,45	2,47
180	50	0,95	1,38	1,16	0,96	2,06	2,66	2,64	2,64	1,84	2,44	2,42	2,42
180	75	0,94	1,31	1,1	0,94	2,04	2,64	2,61	2,6	1,82	2,42	2,36	2,37
190	5	0,99	1,58	1,35	1,05	2,07	2,67	2,78	2,82	1,86	2,46	2,57	2,64
190	10	0,96	1,49	1,26	0,99	2,05	2,65	2,72	2,75	1,84	2,44	2,51	2,56
190	15	0,94	1,44	1,21	0,97	2,04	2,64	2,7	2,72	1,83	2,43	2,48	2,53
190	20	0,93	1,42	1,19	0,96	2,03	2,63	2,69	2,7				

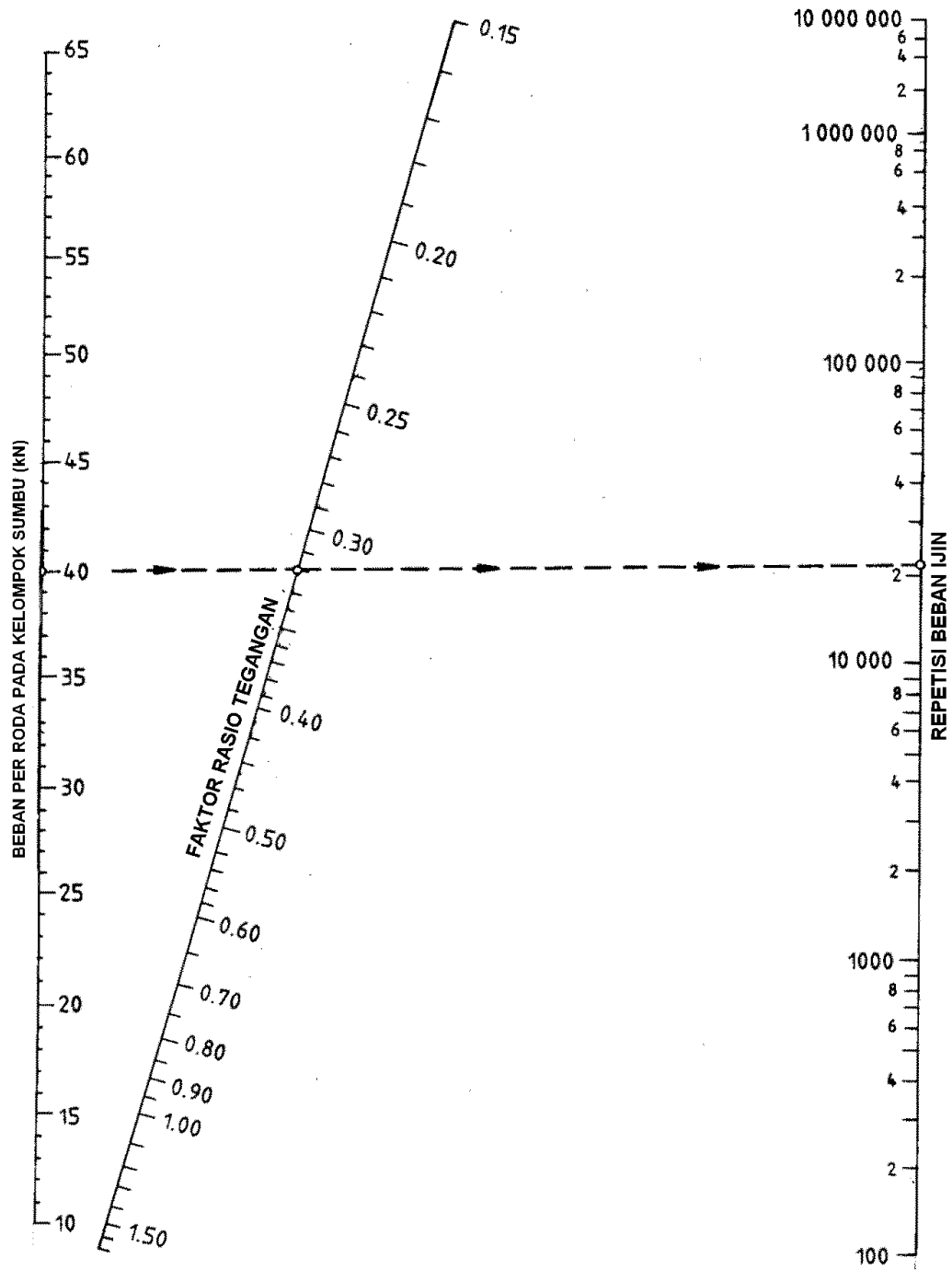
Tabel 2.35 Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Dengan Bahu Beton (lanjuta )

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
220	5	0.79	1.3	1.13	0.87	1.91	2.51	2.67	2.72	1.68	2.27	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	0.76	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 Tunggal Roda Tunggl; STRG: Sumbu Tunggal Roda Ganda; STdRG: Sumbu Tandem Roda Ganda; STRRG: Su

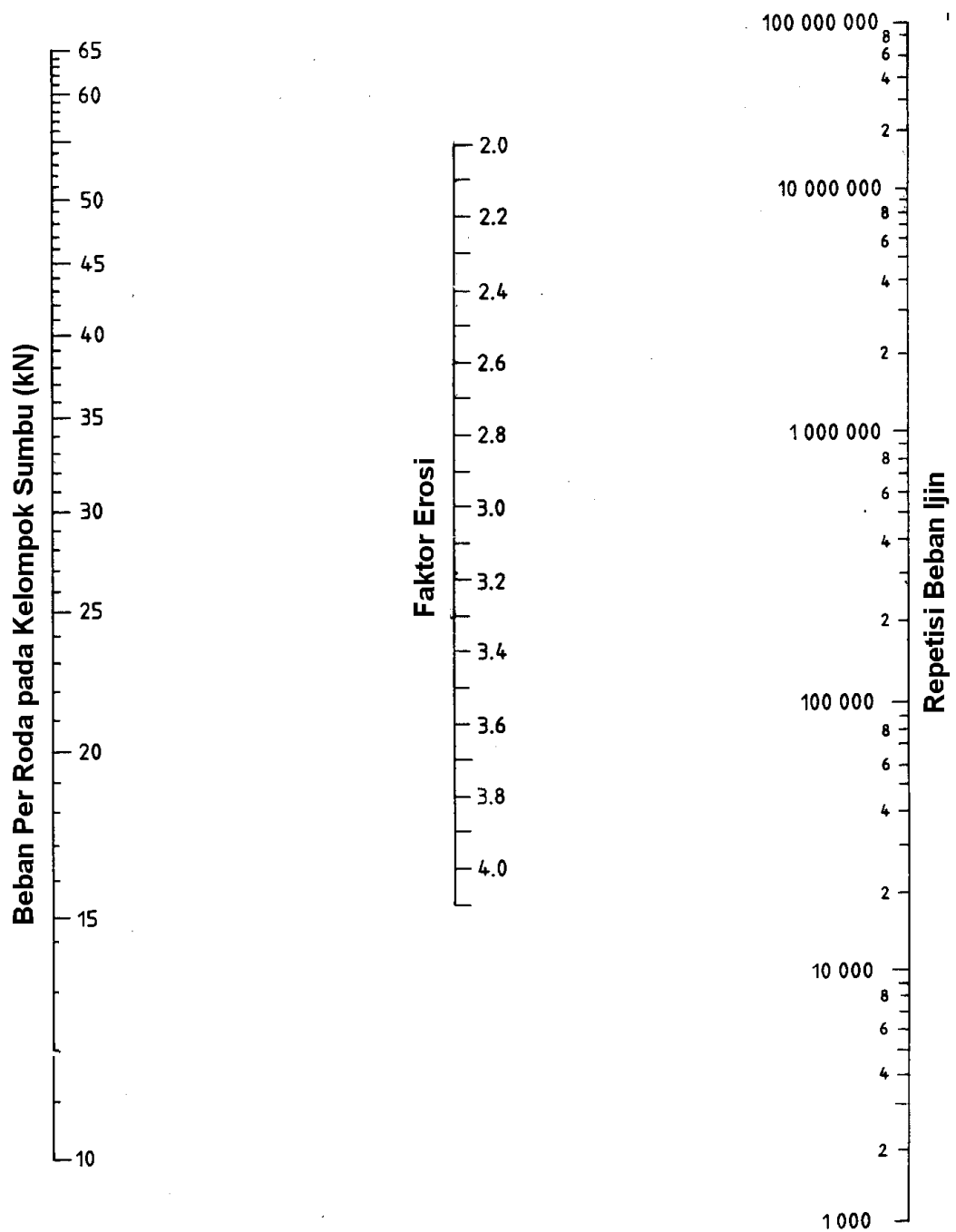
Tabel 2.35 Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Dengan Bahu Beton (lanjutan)

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	0.51	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	1.3	1.91	2.1	2.24
300	15	0.47	0.78	0.7	0.53	1.53	2.14	2.33	2.4	1.29	1.89	2.07	2.2
300	20	0.46	0.77	0.69	0.52	1.52	2.13	2.31	2.37	1.28	1.88	2.05	2.18
300	25	0.48	0.76	0.67	0.51	1.51	2.12	2.29	2.35	1.27	1.87	2.03	2.15
300	35	0.46	0.73	0.64	0.49	1.49	2.1	2.25	2.3	1.25	1.85	1.99	2.09
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					

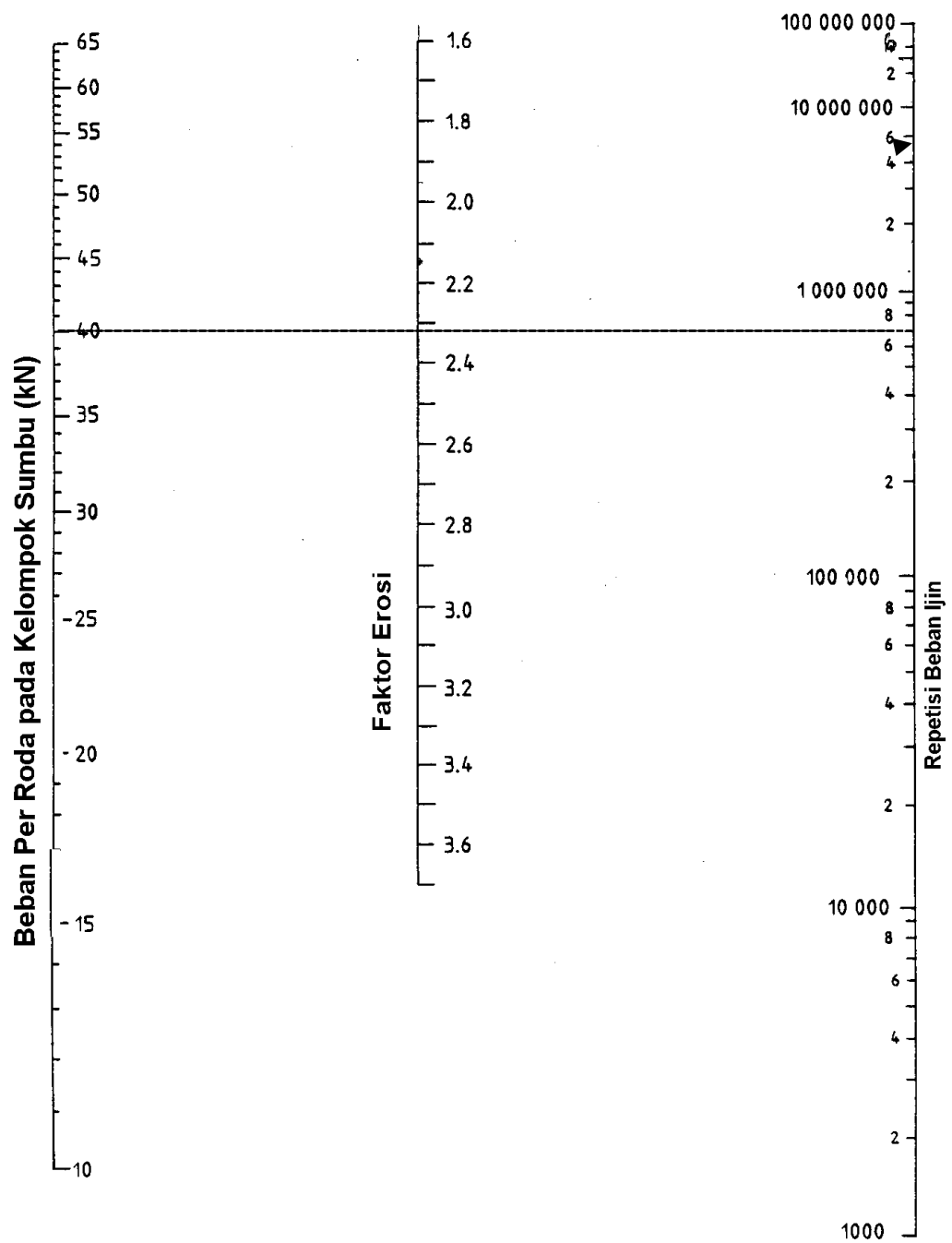


Gambar 2.27 Analisis Fatik dan Beban Repetisi Ijin Berdasarkan Rasio Tegangan, dengan /Tanpa Bahu Beton





Gambar 2.28 Analisis Erosi dan Jumlah Repetisi Beban Ijin, Berdasarkan Faktor Erosi, Tanpa Bahu Beton



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

### 2.7.6 Perencanaan Tulangan

Tujuan utama penulangan untuk:

- Membatasi lebar retakan, agar kekuatan pelat tetap dapat dipertahankan
- Memungkinkan penggunaan pelat yang lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan
- Mengurangi biaya pemeliharaan

Jumlah tulangan yang diperlukan dipengaruhi oleh jarak sambungan susut, sedangkan dalam hal beton bertulang menerus, diperlukan jumlah tulangan yang cukup untuk mengurangi sambungan susut.

#### a. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan

Pada perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan, ada kemungkinan penulangan perlu dipasang guna mengendalikan retak. Bagian-bagian pelat yang diperkirakan akan mengalami retak akibat konsentrasi tegangan yang tidak dapat dihindari dengan pengaturan pola sambungan, maka pelat harus diberi tulangan. Penerapan tulangan umumnya dilaksanakan pada:

1. Pelat dengan bentuk tak lazim (*odd-shaped slabs*), Pelat disebut tidak lazim bila perbandingan antara panjang dengan lebar lebih besar dari 1,25, atau bila pola sambungan pada pelat tidak benar-benar berbentuk bujur sangkar atau empat persegi panjang.
2. Pelat dengan sambungan tidak sejalur (*mismatched joints*).
3. Pelat berlubang (*pits or structures*).

#### b. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan

Luas penampang tulangan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$A_s = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s}$$

Diamana :

$A_s$  = luas penampang tulangan baja ( $\text{mm}^2/\text{m}$  lebar pelat)

$f_s$  = kuat-tarik ijin tulangan (MPa), biasanya 0,6 kali tegangan leleh.

$g$  = gravitasi ( $\text{m}/\text{detik}^2$ )

$h$  = tebal pelat beton (m)

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

$M$  = berat per satuan volume pelat ( $\text{kg/m}^3$ )

$\mu$  = koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah

Adapun nilai koefisien gesek antara pelat beton (*Slab*) dengan lapisan pondasi dibawahnya dapat dilihat paad tabel 2.30 dibawah ini:

Tabel 2.30 Koefisien gesekan antara pelat beton semen dengan lapis pondasi dibawahnya

Jenis Pondasi	Faktor gesekan (F)
Burtu, Lapen dan konstruksi sejenis	2.2
Aspal beton, Lataston	1.8
Stabilisasi kapur	1.8
Stabilisasi aspal	1.8
Stabilisasi semen	1.8
Koral sungai	1.5
Batu pecah	1.5
Sirtu	1.2
Tanah	0.9

(Sumber : *Perkerasan Jalan Beton Semen*, Suryawan, 2009)

c. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan

1. Penulangan Memanjang

Tulangan memanjang yang dibutuhkan pada perkerasan beton semen bertulang menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan berikut :

$$P_s = \frac{100 F_{ct} \cdot (1,3 - 0,2\mu)}{f_{y-n} f_t}$$

Diamana :

$P_s$  = persentase luas tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap luas penampang beton (%)

$f_{ct}$  = kuat tarik langsung beton =  $(0,4 - 0,5 f_{cf})$  ( $\text{kg/cm}^2$ )

$f_y$  = tegangan leleh rencana baja ( $\text{kg/cm}^2$ )

$n$  = angka ekuivalensi antara baja dan beton ( $E_s/E_c$ ), dapat dilihat pada Tabel 2.31

$E_s$  = modulus elastisitas baja =  $2,1 \times 10^6$  ( $\text{kg/cm}^2$ )

$E_c$  = modulus elastisitas beton =  $1485 \sqrt{f'_c}$  ( $\text{kg/cm}^2$ )

Tabel 2.31 Hubungan kuat tekan beton dan angka ekuivalen baja dan beton ( $n$ )

$f'_c$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	$n$
175 – 225	10
235 – 285	8
290 – ke atas	6

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

Persentase minimum dari tulangan memanjang pada perkerasan beton menerus adalah 0,6% luas penampang beton. Jumlah optimum tulangan memanjang, perlu dipasang agar jarak dan lebar retakan dapat dikendalikan. Secara teoritis jarak antara retakan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan berikut :

$$L_{cr} = \frac{f_{ct}^2}{n \cdot p^2 \cdot u \cdot f_b (\epsilon_s \cdot E_c - f_{ct})}$$

Dimana :

$L_{cr}$  = jarak teoritis antara retakan (cm)

$p$  = perbandingan luas tulangan memanjang dengan luas penampang beton

$u$  = perbandingan keliling terhadap luas tulangan =  $4/d$

$f_b$  = tegangan lekat antara tulangan dengan beton =  $(1,97\sqrt{f'_c})/d$ . ( $\text{kg/cm}^2$ )

$\epsilon_s$  = koefisien susut beton =  $(400 \cdot 10^{-6})$

$f_{ct}$  = kuat tarik langsung beton =  $(0,4 - 0,5 f_{cf})$  ( $\text{kg/cm}^2$ )

$n$  = angka ekuivalensi antara baja dan beton =  $(E_s/E_c)$

$E_c$  = modulus Elastisitas beton =  $14850\sqrt{f'_c}$  ( $\text{kg/cm}^2$ )

$E_s$  = modulus Elastisitas baja =  $2,1 \times 10^6$  (kg/cm<sup>2</sup>)

## 2. Penulangan Melintang

Luas tulangan melintang ( $A_s$ ) yang diperlukan pada perkerasan beton menerus, dihitung dengan persamaan yang sama pada perhitungan penulangan perkerasan beton bersambung dengan tulangan. Tulangan melintang direkomendasikan sebagai berikut:

- a) Diameter batang ulir tidak lebih kecil dari 12 mm
- b) Jarak maksimum tulangan dari sumbu-ke-sumbu 75 cm.

## 3. Penempatan tulangan

Penulangan melintang pada perkerasan beton semen harus ditempatkan pada kedalaman lebih besar dari 65 mm dari permukaan untuk tebal pelat  $\leq 20$  cm dan maksimum sampai sepertiga tebal pelat untuk tebal pelat  $> 20$  cm. Tulangan arah memanjang dipasang di atas tulangan arah melintang.

### 3.8 Bangunan Pelengkap

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

#### 2.8.1 Drainase Saluran Samping

Dalam pembangunan dan pemeliharaan jalan, drainase sangat penting diperhatikan. Selain akibat tanah dasar yang buruk, kondisi drainase yang buruk, juga menjadi penyebab utama kerusakan perkerasan. Genangan air yang terlalu lama dilingkungan perkerasan menjadi melunak dan berkurang kekuatannya. Drainase juga merupakan masalah penting sebelum dilakukannya perancangan perkuatan perkerasan, seperti pemberian lapis tambahan.

Drainase jalan yang baik harus mampu menghindarkan masalah-masalah atau kerusakan jalan yang di akibatkan oleh pengaruh cuaca dan beban lalu-lintas. Penjujukan sebagian dari komponen perkerasan atau dibawah material pondasi menjadi penyebab utama terjadinya kerusakan perkerasan.

Drainase untuk perkerasan jalan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. Saluran drainase harus dapat mengalirkan atau membuang air dengan cepat kesungai atau saluran drainase alam atau buatan manusia.
2. Saluran drainase harus membuang air hujan atau air dari sumber lain yang berasal dari area pekerjaan jalan.
3. Saluran drainase harus mengeliminasi dan mengendalikan air bawah tanah yang dapat melunakan timbunan, melemahkan kapasitas daya dukung tanah dasar, dan dapat mengakibatkan erosi atau kelongsoran timbunan dan galian.

Struktur drainase tanah dasar dibutuhkan, bila terdapat kondisi-kondisi sebagai berikut:

1. Muka air tanah tinggi, sehingga dapat mereduksi stabilitas tanah dasar.
2. Tanah dasar yang terdiri dari lanau dan pasir sangat halus yang mungkin akan cair/lunak saat kondisinya jenuh air.

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

1. Drainase permukaan (*surface drainage*)

Drainase permukaan berfungsi untuk membuang air dari permukaan perkerasan dan area pembebasannya. Drainase air permukaan harus dapat mengalirkan air hujan dan membuangnya ke saluran pembuang. Pada prinsipnya, drainase jalan harus mampu mengalirkan air permukaan kedalam sistem saluran yang telah ada, sehingga perkerasan dapat terhindar dari akibat buruk dari problem yang ditimbulkan oleh air.

2. Drainase bawah permukaan (*subdrain atau under drain*)

Drainase bawah permukaan adalah drainase yang diletakan di bawah permukaan struktur jalan. Drainase bawah ini digunakan untuk menampung dan mengalirkan air yang merembes ke struktur perkerasan dan tanah disekitarnya. Dengan demikian, system drainase bawah permukaan

dirancang untuk mengalirkan air secepatnya dan mencegah air yang melunakan tanah dasar.

### **2.8.2 Prinsip dan Pertimbangan Perencanaan Drainase**

1. Prinsip-prinsip umum desain drainase:
  - a. Penggunaan yang efektif dan efisien  
Perencanaan drainase haruslah sedemikian rupa sehingga fungsi fasilitas drainase sebagai penampung, pembagi dan pembuangan air dapat sepenuhnya berdaya guna dan berhasil guna.
  - b. Ekonomis dan aman  
Pemeliharaan dimensi dari fasilitas drainase haruslah mempertimbangkan faktor ekonomis dan keamanan.
  - c. Pemeliharaan  
Perencanaan drainase haruslah mempertimbangkan pula segi kemudahan dan nilai ekonomis dari pemeliharaan system drainase tersebut.
2. Pertimbangan dalam desain drainase:
  - a. Pada daerah yang datar dan lurus  
Penanganan pengendalian air untuk daerah ini biasanya dengan membuat kemiringan perkerasan dan bahu jalan mulai dari tengah perkerasan menurun / melandaike arah selokan samping. Besarnya kemiringan bahu jalan biasanya diambil 2% lebih besar dari pada kemiringan permukaan jalan.
  - b. Daerah jalan yang lurus pada tanjakan/penurunan  
Penanganan pengendalian air pada daerah ini perlu mempertimbangkan pula besarnya kemiringan alinyemen vertikal jalan yang berupa tanjakan dan turunan agar aliran air secepatnya bisa mengalir secara ke selokan samping. Untuk itu maka kemiringan melintang perkerasan jalan disarankan agar menggunakan nilai-nilai maksimum.
  - c. Pada daerah tikungan  
Kemiringan melintang pada perkerasan jalan pada daerah ini harus mempertimbangkan pula kebutuhan kemiringan jalan menurut



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

### **2.8.3 Persyaratan Teknis Perencanaan Drainase**

Menurut Perencanaan Sistem Drainase Jalan, 2006 hal-hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan drainase permukaan diuraikan dibawah 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)
  - a. Perhitungan luas daerah layanan didasarkan pada panjang segmen jalan yang ditinjau.

- b. Luas daerah layanan (A) untuk saluran samping jalan perlu diketahui agar dapat diperkirakan ndaya tampingnya terhadap curah hujan atau untuk memperkirakan volume limpasan permukaan yang akan ditampung saluran samping jalan.
  - c. Luas daerah layanan terdiri atas luas setengah badan jalan(A1), luas bahu jalan (A2) dan luas daerah disekitar (A3).
  - d. Batasan luas daerah layanan tergantung dari daerah sekitar dan topografi dan daerahs sekelilingnya. Panjang daerah pengaliran yang diperhitungkan terdiri atas setengah lebar badan jalan (II) lebar bahu jalan (12) dan daerah sekitar (13) yang terbagi atas daerah perkotaan yaitu  $\pm 10$  m dan untuk daerah luar kota yang didasarkan pada topografi daerahtersebut.
  - e. Jika diperlukan, pada daerah perbukitan, direncanakan beberapa saluran untuk menampung limpasan dari daerah bukit dengan batas daerah layanan adalah puncak bukit tersebut tanpa merusak stabilisasi lereng. Sehingga saluran tersebut hanya menenampung air dari luas daerah layanan daerah sekitar (A3).
5. Koefisien pengaliran(C)
- Koefisien pengaliran (C) dipengaruhi kondisi permukaan tanah (tata guna lahan) pada daerah layanan dan kemungkinan perubahan tata guna lahan. Angka ini akan mempengaruhi debit yang mengalir, sehingga dapat diperkirakan daya tamping saluran. Untuk itu diperlukan peta topografi dan melakukan survey lapangan agar corak topografi di daerah proyek dapat lebih diperjelas.
6. Faktor limpasan (fk)
- a. Merupakan faktor atau angka yang dikalikan dengan koefisien *runoff* biasa dengan tujuan agar kinerja satuan tidak melebihi kapasitasnya akibat daerah pengaliran yang terlalu luas. Harga faktor limpasan (fk) disesuaikan dengan kondisi permukaan tanah.

Tabel 2.32 Koefisien Pengaliran (C) dan Faktor Limpasan (fk)

No.	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien	Faktor
	<b>Bahan</b>		
1	Jalan beton dan jalan aspal	0,70 – 0,95	
2	Jalan krikil dan jalan tanah	0,40 – 0,70	
3	Bahu jalan:		
	Dari tanah berbutir halus	0,40 – 0,65	
	Dari tanah berbutir kasar	0,10 – 0,20	
	Dari batuan massif keras	0,70 – 0,85	
	Dari batuan massif lunak	0,60 – 0,75	
	<b>Tata Guna Lahan</b>		
1	Daerah perkotaan	0,70 – 0,95	2,0
2	Daerah pinggiran kota	0,60 - 0,70	1,5
3	Daerah industri	0,60 – 0,90	1,2
4	Pemukiman padat	0,40 – 0,60	2,0
5	Pemukiman tidak padat	0,40 – 0,60	1,5
6	Taman dan kebun	0,45 – 0,60	0,2
7	Persawahan	0,70 – 0,80	0,5
8	Perbukitan	0,70 – 0,80	0,4
9	Pegunungan	0,75 – 0,90	0,3

(Sumber: Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

Keterangan:

- 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.
- b. Bila daerah pengaliran atau daerah layanan terdiri dari beberapa tipe kondisi permukaan yang mempunyai nilai C yang berbeda, harga C rata-rata ditentukan dengan persamaan berikut.

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

Dimana:

$C_1, C_2, C_3$  = koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan

$A_1, A_2, A_3$  = luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan fk faktor limpasan sesuai guna lahan

fk = faktor limpasan sesuai guna lahan

### 7. Waktu Konsetrasi ( $T_c$ )

Waktu terpanjang menyalurkan aliran yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan air secara simultan (*runoff*) setelah melewati titik-titik tertentu.

Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan ini.

$$T_c = t_1 + t_2 \text{ atau } T_c = t_o + t_d$$

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

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

Dimana:

$T_c$  = waktu konsentrasi (menit)

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

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

$I_o$  = jarak titik terjauh kefasilitas drainase (m)

L = panjang saluran (m) nd koefisien hambatan is kemiringan saluran memanjang

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

Tabel 2.33 Kemiringan Saluran Memanjang ( $i_s$ )

No.	Jenis Material	Kemiringan Saluran ( $i_s$ )
1	Tanah asli	0 - 5
2	Kerikil	5 - 7,5
3	Pasangan	7,5

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

Tabel 2.34 Koefisien Hambatan (nd)

No.	Kondisi Permukaan Yang Dilalui Aliran	nd
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan licin dan kedap air	0,02
3	Permukaan licin dan kokoh	0,10
4	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,20

No.	Kondisi Permukaan Yang Dilalui Aliran	nd
5	Padang rumput dan rerumputan	0,40
6	Hutan gundul	0,60
7	Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan	0,80

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

## 8. Analisa hidrologi

### a. Data curah hujan

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

### b. Periode ulang

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

### c. Analisis frekuensi

Analisis frekuensi adalah suatu analisis data hidrologi dengan menggunakan statistika yang bertujuan memprediksi suatu besaran hujan atau debit dengan masa ulang tertentu. Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampauai. Sebaliknya, kala ulang (*return period*) diartikan sebagai waktu dimana hujan atau debit dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampauai sekali dalam jangka waktu tersebut (Sri Harto,1993).

### d. Intensitas curah hujan

Adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatukurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Intensitas curah hujan (I) mempunyai

satuan mm/jam, berarti tinggi air persatuan waktu, misalnya mm dalam kurun waktu menit, jam, atau hari. Formulasi perhitungan intensitas curah hujan perhitungan ini dilakukan sesuai SN103-241-1991, metode perhitungan debit banjir

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

$$Q = 1 / 3,6 C \cdot I \cdot A$$

Dimana:

$$Q = \text{debit aliran air (m}^3 \text{ /detik)}$$

$$C = \text{koefisien pengaliran rata-rata dari C1, C2, C3}$$

$$I = \text{intensitas curah hujan (mm/jam)}$$

$$A = \text{luas daerah layanan (km}^2 \text{) terdiri atas A1, A2, A3}$$

#### 2.8.4 Kriteria Perencanaan Saluran Sampung dan Gorong-Gorong

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

- a. Saluran sampung

Bahan bangunan saluran ditentukan oleh besarnya kecepatan rencana aliran air yang mengalir disaluran sampung jalan tersebut. Seperti pada tabel 2.35

Tabel 2.35 Kecepatan Aliran Air yang Diizinkan Berdasarkan Jenis Material

No.	Jenis Material	V izin (m/dt)
1	Pasir halus	0.45
2	Lempung kepasiran	0.50
3	Lanau alluvial	0.60
4	Krikil halus	0.75
5	Lempung kokoh	0.75
6	Lempung padat	1.10
7	Krikil kasar	1.20
8	Batu-batu besar	1.50
9	Pasangan batu	1.50

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

Kemiringan saluran ditentukan berdasarkan bahan yang digunakan. Hubungan antara bahan yang digunakan dengan kemiringan saluran arah memanjang dapat dilihat pada table 2.36.

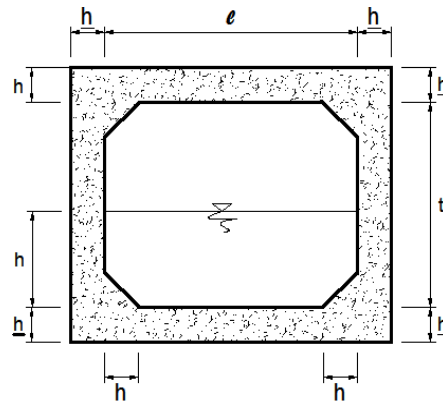
Tabel 2.36 Kemiringan Saluran Air Berdasarkan Jenis Material

No	Jenis Material	Kemiringan Saluran (%)
1	Tanah asli	0 – 5
2	Kerikil	5 – 7,5

(Sumber: *Perencanaan Sistem Drainase*, 2006)

b. Gorong-gorong

Ditempatkan melintang jalan yang berfungsi untuk menampung air dari hulu saluran drainase dan mengalirkannya, dengan dimensi yang harus cukup besar untuk melewati debit air secara maksimum dari daerah pengaliran secara efisien dan dibuat dengan tipe permanen. dalam perencanaan dan pelaksanaan gorong-gorong dianjurkan berpedoman pada standarisasi bertujuan untuk mempermudah pekerjaan, sehingga tercapainya kelancaran pembangunan gorong-gorong. Dimensi gorong-gorong persegi beton bertulang, pada umumnya struktur beton bertulang mengalami tegangan tarik yang cukup besar akibat adanya gaya-gaya luar yang ada. Tegangan tarik yang ditimbulkan oleh gaya-gaya luar tersebut ditahan oleh tulangan tarik yang ada pada struktur beton bertulang. Kontruksi gorong-gorong persegi standar, direncanakan sesuai standar tipe single, Panjang gorong-gorong persegi, merupakan lebar jalan ditambah dua kali lebar bahu jalan dan dua kali tebal dinding sayap. Konstruksi gorong-gorong persegi beton bertulang ini direncanakan dapat menampung berbagai variasi lebar perkerasan jalan, sehingga pada prinsipnya panjang gorong-gorong persegi adalah bebas, tetapi pada perhitungan volume dan berat besi tulangan diambil terbatas dengan lebar perkerasan jalan yang umum yaitu 3,5 ; 4,5 ; 6 dan 7 meter. Dimensi gorong-gorong persegi beton bertulang direncanakan seperti terlihat pada gambar 2.36 dan tabel 2.37 sebagai berikut:



Gambar 2.36 Sketsa dengan Bentuk Persegi

Tabel 2.37 Ukuran Dimensi Gorong-gorong

<b>Type single</b>		
<b>L</b>	<b>T</b>	<b>h</b>
100	100	16
100	150	17
100	200	18
200	100	22
200	150	23
200	200	5
200	250	26
200	300	28
300	150	28
300	200	30
300	250	30
300	300	30

(Sumber: Standar Gorong-Gorong Persegi Beton Bertulang Tipe Single, SNI PU)

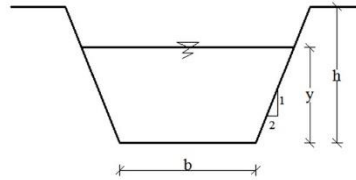
Penulangan gorong-gorong persegi beton bertulang ini dirancang sedemikian rupa sehingga mudah dilaksanakan dan mendapatkan hasil yang rapi sesuai dengan yang direncanakan. Penggunaan diameter tulangan berkisar antara 19 mm, 16 mm, 12 mm dan 10 mm untuk menghindari penggunaan tulangan dengan ukuran dan diameter yang beragam.



### 2.8.5 Desain Saluran Samping dan Gorong-Gorong

Desain saluran dapat dibagi dalam beberapa jenis

1. Saluran bentuk trapesium (saluran samping):



Gambar 2.37 Saluran dengan Bentuk Trapesium

- a. Dimensi Saluran

$$t = b + 2zh$$

- b. Penampang basah

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

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

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

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

$$Q = V \cdot A$$

- c. Penampang ekonomis:

$$B + 2zy = 2y \sqrt{z^2 + 1}$$

- d. Tinggi Jagaan .

$$W = \sqrt{0,5 \times h}$$

Dimana:

A = Luas penampang melintang (m )

B = Lebar saluran (m)

p = keliling basah (m)

t = lebar puncak (m)

y = kedalaman saluran yang tergenang air (m)

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

I = kemiringan dasar saluran

Q = debit aliran air (m /detik)

Z = perbandingan kemiringan talud

W = tinggi jagaan (m)

H = tinggi muka air (m)

R = Jari-jari hidrolis

n = angka kekasaran *Manning*

Kemiringan talud pada penampang saluran trapezium tergantung dari besarnya debit, dapat dilihat pada tabel 2.38.

Tabel 2.38 Kemiringan Talud Berdasarkan Debit

No.	Debit air, Q (m <sup>3</sup> /detik)	Kemiringan talud (1 : z)
1	0,00 – 0,75	1 : 1
2	0,75 – 15	1 : 1,5
3	15 - 80	1 : 2

(Sumber: *Perencanaan Sistem Drainase*, 2006)

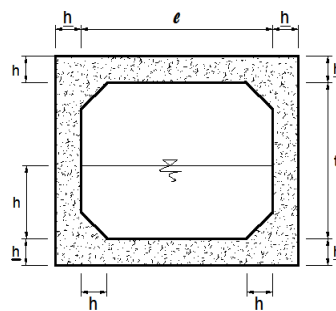
Tabel 2.39 Angka Kekasaran *Manning* (n)

No.	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
<b>Saluran Buatan</b>					
1	Saluran tanah, lurus teratur	0,017	0,020	0,023	0,025
2	Saluran tanah yang dibuat dengan excavator	0,023	0,028	0,030	0,040
3	Saluran pada dinding batuan, lurus, teratur	0,020	0,030	0,033	0,035
4	Saluran pada dinding batuan, tidak lurus, tidak teratur	0,035	0,040	0,045	0,045
5	Saluran batuan yang diledakkan, ada tumbuh-tumbuhan	0,025	0,030	0,035	0,040
6	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0,028	0,030	0,033	0,035
7	Saluran lengkung, dengan kecepatan aliran rendah	0,020	0,025	0,028	0,030

No.	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
<b>Saluran Alam</b>					
8	Bersih, lurus, tidak berpasir dan tidak berlubang	0,025	0,028	0,030	0,033
9	Seperti no.8 tapi ada timbunan atau kerikil	0,030	0,033	0,035	0,040
10	Melengkung, bersih, berlubang dan berdinding pasir	0,030	0,035	0,040	0,045
11	Seperti no. 10, dangkal, tidak teratur	0,040	0,045	0,050	0,055
12	Seperti no. 10, berbatu dan ada tumbuh-tumbuhan	0,035	0,040	0,045	0,050
13	Seperti no.11, sebagian berbatu	0,045	0,050	0,055	0,060
14	Aliran pelan, banyak tumbuh-tumbuhan dan berlubang	0,050	0,060	0,070	0,080
15	Banyak tumbuh-tumbuhan	0,075	0,100	0,125	0,150
<b>Saluran Buatan, Beton, atau Batu Kali</b>					
16	Saluran pasangan batu, tanpa penyelesaian	0,025	0,030	0,033	0,035
17	Seperti no. 16, tapi dengan penyelesaian	0,017	0,020	0,025	0,030
18	Saluran beton	0,014	0,016	0,019	0,021
19	Saluran beton halus dan rata	0,010	0,011	0,012	0,013
20	Saluran beton pracetak dengan acuan baja	0,013	0,014	0,014	0,015
21	Saluran beton pracetak dengan acuan kayu	0,015	0,016	0,016	0,018

(Sumber: *Perencanaan Sistem Drainase, 2006*)

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



Gambar 2.38 Sketsa gorong-gorong dengan bentuk persegi

$$A = Q / V$$

$$B = 2h$$

$$A = l \times h$$

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

Tinggi Jagaan .

$$W = \sqrt{0,5 \times h}$$

Dimana:

A = luas penampang melintang (m)

l = lebar saluran (m)

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

W = tinggi jagaan

fi = tinggi muka air (m)

h = tebal penampang saluran(cm)

I = intensitas curah hujan

## 2.9 Rencana Anggaran Biaya dan Manajemen Proyek

Dalam merencanakan suatu proyek, adanya rencana anggaran biaya merupakan hal yang tidak dapat diabaikan. Rencana anggaran biaya disusun berdasarkan dimensi dari bangunan yang telah direncanakan secara detail, yang akan disusun secara rinci untuk mengetahui biaya pembangunan konstruksi tersebut. Rencana anggaran biaya meliputi Rencana kerja dan Syarat-Syarat (RKS), perhitungan kuantitas pekerjaan, perhitungan sewa alat, rencana anggaran biaya (RAB), Rekapitulasi Biaya.

### 2.9.1 Daftar harga satuan bahan dan upah

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

kontraktor. Adapun harga satuan bahan dan upah adalah satuan harga yang termasuk pajak-pajak.

### **2.9.2 Analisa Satuan Harga Pekerjaan**

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

a. **Analisa Harga Satuan Pekerjaan**

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

b. **Analisa Satuan Alat Berat Perhitungan analisa satuan alat berat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu:**

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

### **2.9.3 Perhitungan volume pekerjaan**

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

#### 2.9.4 Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB)

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

Dalam menyusun anggaran biaya dapat dilakukan dengan 2 cara sebagai berikut:

a. Anggaran Biaya Kasar (Taksiran)

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

b. Anggaran Biaya Teliti

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

1. Bestek

Gunanya untuk menentukan spesifikasi bahan dan syarat-syarat

2. Gambar Bestek

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

3. Harga Satuan Pekerjaan

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

### 2.9.5 Rekapitulasi Biaya

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

### 2.9.6 Manajemen Proyek

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi suatu perencanaan yang tepat untuk menyelesaikan tiap – tiap pekerjaan yang ada. Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram network, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian – bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan lain atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa – gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ke tempat lain. Adapun kegunaan dari NWP ini adalah:

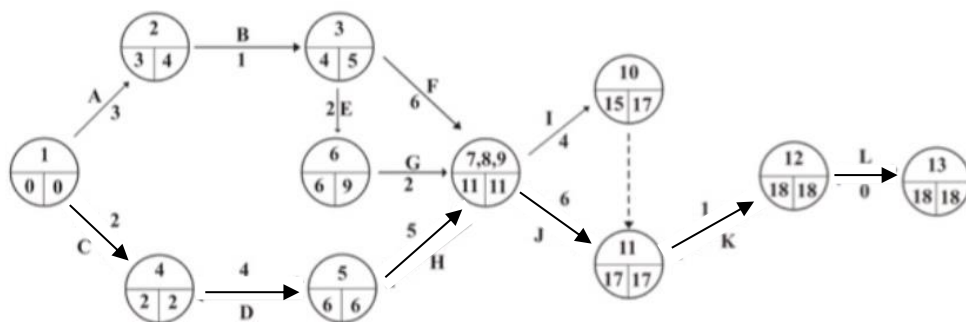
1. Merencanakan, scheduling dan mengawasi proyek secara logis.
2. Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek.
3. Mendokumenkan dan mengkomunikasikan rencana scheduling (waktu), dan alternatif-alternatif lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya.
4. Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur kritis (critical path) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah:

1. Urutan pekerjaan yang logis.  
Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa yang slack/kelonggaran waktu.
2. Biaya untuk mempercepat pekerjaan  
Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berada di jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya: biaya lembur, biaya menambah tenaga kerja dan sebagainya.

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

- 1) Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya duration maupun resources yang dibutuhkan.
- 2) Aktifitas-aktifitas apa yang mendahului dan aktifitas-aktifitas apa yang mengikuti.
- 3) Aktifitas-aktifitas apa yang dapat dilakukan bersama-sama.
- 4) Aktifitas-aktifitas itu di batasi mulai dan selesai.
- 5) Waktu, biaya dan resources yang dibutuhkan dari aktifitas - aktifitas itu. kemudian mengikutinya.
- 6) Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan. Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Jika proyek itu baru sama sekali biasanya diberikan.
- 7) Kepala anak panah menjadi arah pedoman dari setiap kegiatan.
- 8) Besar kecilnya lingkaran juga tidak mempunyai arti dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa.



Gambar 2.39 Sketsa *Network Planning*

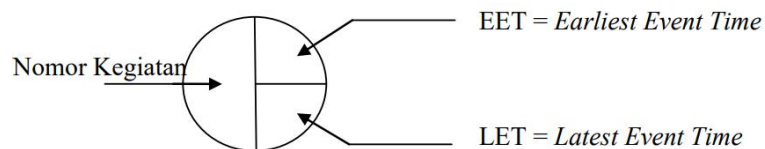
Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP :

- a.  $\longrightarrow$  (*Arrow*) bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Ini adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan



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

Keterangan :



Gambar 2.28 *Net Work Planning* (NWP)

- $\longrightarrow$  = Jalur Kegiatan
- $\Longrightarrow$  = Jalur Kritis
- $- - \rightarrow$  = *Dummy*

### 2.9.7 Barchart

Diagram barchart mempunyai hubungan yang erat dengan *network planning*. Penggunaan Barchart bertujuan untuk mengidentifikasi unsur waktu dan urutan dalam merencanakan suatu kegiatan, terdiri dari waktu mulai, waktu selesai dan pada saat pelaporan. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

### 2.9.8 Kurva S

Kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dari tahap pertama sampai berakhirnya pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan

