

## **BAB 2**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Jalan**

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor. 34 Tahun (2006), tentang definisi jalan. Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.

#### **2.2 Perencanaan Geometrik Jalan**

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas dan sebagai akses ke rumah-rumah. Dalam lingkup perencanaan geometrik tidak termasuk perencanaan tebal perkerasan jalan, walaupun dimensi dari perkerasan merupakan bagian dari perencanaan geometrik sebagai bagian dari perencanaan jalan seutuhnya. Jadi tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infra struktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan/biaya pelaksanaan. Ruang, bentuk, dan ukuran jalan dikatakan baik, jika dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pemakai jalan. (Silvia Sukirman 1999)

Perencanaan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan route dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar, yang didapatkan dari hasil survey lapangan kemudian dianalisis berdasarkan acuan perencanaan geometrik yang berlaku. (Ir. Hamirhan Saodang 2004)

Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah memberikan keadaan geometrik jalan dengan menciptakan rasa aman, nyaman dan memberikan pelayanan lalu lintas secara maksimal sesuai dengan fungsi jalan. Jalan dapat dikatakan baik dan sesuai dengan fungsinya, apabila bisa menaruh rasa aman, dan nyaman pada pemakai jalan.

Dalam merencanakan geometrik, harus menghasilkan hubungan yang sesuai dengan factor- factor yang bersangkutan dengan parameter pengendara, kendaraan dan lalu lintas sehingga menghasilkan efisiensi, keamanan serta kenyamanan yang maksimal, dalam batas-batas pertimbangan toleransi yang masih dianggap layak.

Dalam mendesain suatu geometrik jalan harus mempertimbangkan masalah keselamatan dan mobilitas yang memiliki kepentingan yang saling, harus mempertimbangkan kedua pertimbangan tersebut. Hal yang harus dipertimbangkan dalam mobilitas tidak hanya mobilitas kendaraan bermotor tetapi juga mobilitas pejalan kaki.

Aspek- aspek yang menyangkut dalam hal perencanaan elemen jalan seperti lebar jalan, tikungan, kelandaian, dan jarak pandang serta berhubungan dari factor- faktor tersebut, baik untuk satu ruas jalan, ataupun untuk lintasan antara dua atau lebih ruas jalan.

Parameter yang harus diperhatikan dalam hal perencanaan geometrik yang berkaitan langsung dengan kapasitas volume lalu lintas dan turunannya, berbeda halnya dengan perencanaan struktur jalan, yang lebih mempertimbangkan faktor dari kekuatan akibat beban lalu lintas tersebut.

Dalam perencanaan jalan Karangpaningal-Puloerang, pola dan bentuk geometrik perlu direncanakan sedemikian rupa sehingga jalan yang berkaitan dapat menghasilkan pelayanan yang optimal terhadap lalu lintas sesuai dengan fungsinya.

Elemen – elemen perencanaan geometrik jalan sebagai berikut :

- a. Alinyemen Horizontal
- b. Alinyemen Vertikal

### **2.2.1 Klasifikasi Jalan**

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

Klasifikasi jalan raya dibagi dalam beberapa kelompok menurut Bina Marga dalam Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TPGJAK) NO.038/T/BM/1997, yaitu :

#### **a. Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan**

**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.

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

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

**b. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan**

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

Tabel 2. 1 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

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

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

**c. Klasifikasi Menurut Medan Jalan**

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

Tabel 2. 2 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

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

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

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.

#### **d. Klasifikasi Menurut Wewenang Pembinaan Jalan**

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

Sesuai dengan UU No. 34 Tahun 2004 tentang jalan, jalan umum menurut fungsinya dikelompokkan ke dalam jalan nasional, jalan provinsi, jalan kabupaten, jalan kota, dan jalan desa. (Suwardo dan Iman Haryanto 2016). Uraian masing-masing status jalan adalah sebagai berikut :

- a. Jalan nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antara ibu kota provinsi, dan jalan strategis nasional, serta jalan tol.
- b. Jalan provinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibu kota provinsi dengan ibu kota kabupaten/kota, atau antar ibu kota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi.

- c. Jalan kabupaten merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang tidak termasuk jalan nasional dan provinsi, yang menghubungkan ibu kota kabupaten dengan ibu kota kecamatan, antar ibu kota kecamatan, ibu kota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten, dan jalan strategis kabupaten.
- d. Jalan kota adalah jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antar persil, serta menghubungkan antar pusat permukiman yang berada di dalam kota.
- e. Jalan desa merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan atau antar permukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan.

### **2.2.2 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan**

Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat beberapa parameter perencanaan, meliputi: kendaraan rencana, kecepatan rencana, volume dan kapasitas jalan dan tingkat pelayanan yang diberikan oleh jalan tersebut. Parameter ini-parameter ini merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan. (Silvia Sukirman 1999)

#### **a. Kendaraan Rencana**

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. (Ir. Hamirhan Saodang 2004).

Kendaraan Rencana dikelompokkan dalam 3 (tiga) kategori, yaitu :

1. Kendaraan Ringan/Kecil, adalah kendaraan yang mempunyai 2 (dua) as dengan empat roda dengan jarak as 2,00 - 3,00 meter. Meliputi: Mobil

penumpang, Mikrobus, Pick - Up, dan Truk kecil sesuai sistem klasifikasi Bina Marga.

2. Kendaraan Sedang, adalah kendaraan yang mempunyai dua as gandar , dengan jarak as 3,5 - 5,00 meter. Meliputi: Bus kecil, Truk dua as dengan enam roda,
3. Kendaraan Berat/Besar, Bus besar, yaitu Bus dengan dua atau tiga gandar, jarak as 5,00 - 6 meter.

Dimensi dasar untuk masing-masing kategori kendaraan rencana ditunjukkan dalam tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Dimensi Kendaraan Rencana

Kategori kendaraan utama	Dimensi kendaraan utama (ton)			Tonjolan(cm)		Radius putar (cm)		Radius tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min	Maks	
Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Sedang	410	26	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	410	26	2100	120	90	290	1400	1370

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

#### b. Kecepatan rencana

Kecepatan rencana (VR) adalah kecepatan yang dipilih untuk keperluan perencanaan setiap bagian jalan raya seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang dan lain-lain. Kecepatan yang dipilih tersebut adalah kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya tergantung dari bentuk jalan.(Silvia Sukirman 1999)

Kecepatan rencana inilah yang dipergunakan untuk dasar perencanaan geometrik (alinyemen). Kecepatan rencanan dari masing-masing kendaraan dapat ditetapkan pada tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Kecepatan Rencana (VR) Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Kelas Jalan

Fungsi	Kecepatan Rencana, Vr, (km/jam)		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	70-120	6-80	40-70
Kolektor	6-90	50-6	30-50
Lokal	40-70	30-50	20-30

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

### 2.2.3 Bagian-Bagian Jalan

Suatu jalan raya terdiri dari bagian-bagian jalan, dimana bagian-bagian jalan tersebut, dibedakan bersarkan:

#### a. Daeran Manfaat Jalan (DAMAJA)

Daeran Manfaat Jalan (DAMAJA) yaitu daerah yang meliputi seluruh badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengaman, daerah manfaat jalan dibatasi antra lain oleh:

- Lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan di kedua sisi jalan
- Tinggi 5 meter di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan
- Kedalaman ruang bebas 1,5 meter di bawah muka jalan

#### b. Daerah milik jalan (DAMIJA)

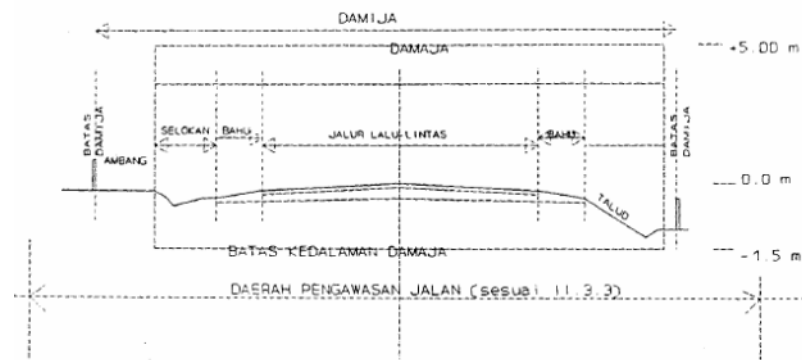
Daerah milik jalan (DAMIJA) adalah daerah yang dibatasi oleh lebar yang sama dengan damaja di tambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1,5 meter.



### c. Daerah Pengwas Jalan ( DAWASJA)

Daerah Pengwas Jalan ( DAWASJA) adalah daerah sepanjang jalan diluar damaja yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu, dengan ketentuan sebagai berikut:

- Jarak arteri minimum 20 meter
- Jalan kolektor minimum 15 meter
- Jalan lokal 10 meter



Gambar 2. 1 Damaja, Damija, dan Dawasja di Lingkungan Jalan Antar Kota

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

### 2.2.4 Alinyemen Horizontal

“Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal dikenal juga dengan nama “*situasi jalan*” atau “*trase jalan*”. Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus (biasa disebut “*tangen*”) yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah dengan lengkung peralihan atau busur-busur peralihan saja ataupun busur lingkaran saja”. (Silvia Sukirman 1999)

Alinyemen horizontal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung (disebut juga tikungan). Perencanaan geometrik pada bagian lengkung dimaksudkan untuk mengimbangi gaya sentrifugal ( efek semu yang ditimbulkan ketika sebuah benda

melakukan gerak melingkar, sentrifugal berarti menjauhi pusat) yang diterima oleh kendaraan yang berjalan pada kecepatan rencana  $V_R$ .

#### a. Panjang Bagian Lurus

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakaian jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus ditempuh dalam waktu tidak <2,50 menit (sesuai  $V_R$ ). Pada tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Panjang Bagian Lurus Maksimum

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

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

#### b. Tikungan

Bentuk bagian lengkung dapat berupa:

1. *Spiral-Circle-Spiral* (SCS),
2. *Full Circle* (FC),
3. *Spiral-Spiral* (SS)

Superelevasi adalah suatu kemiringan melintang di tikungan yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima kendaraan pada saat berjalan melalui tikungan pada kecepatan rencana  $V_R$ . Nilai superelevasi maksimum ditetapkan 10%. (Sumber: TPGJAK NO.038/T/BM/1997).

#### c. Jari-jari tikungan minimum

Agar kendaraan stabil saat melalui tikungan, perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi ( $e$ ). Pada saat kendaraan

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

Rumus perhitungan lengkung horizontal dari buku (TPGJAK NO.038/T/BM/1997 1997):

$$R_{\min} = \frac{V_R^2}{127x(e_{maks} + f_{maks})} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$Dd = \frac{1432,4}{Rd} \dots\dots\dots (2.2)$$

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

Untuk  $V < 80$  km/jam:

$$F_{maks} = 0,192 - (0,00065xV_R) \dots\dots\dots (2.3)$$

Untuk  $V > 80$  km/jam:

$$F_{maks} = 0,24 - (0,00125xV_R) \dots\dots\dots (2.4)$$

$$D_{maks} = \frac{181913,53(e_{maks} + f_{maks})}{V_R^2} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

$Rd$  = Jari-jari lengkung ,(m)

$D_d$  = Derajat lengkung, ( $^{\circ}$ )

$F_{maks}$  = Koefisien gesekan melintang maksimum

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

$D_{maks}$  = Derajat lengkung maksimum, ( $^{\circ}$ )

$V_R$  = Kecepatan kendaraan rencana, (km/jam)

$E_{maks}$  = Superelevasi maksimum, (%)

Untuk perhitungan, digunakan  $e_{maks} = 10\%$  sesuai Tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Panjang jari-jari minimum (dibulatkan) untuk  $e_{maks} = 10\%$

$V_r$ (km/jam)	120	100	80	6	50	40	30	20
jari-jari Min- $R_{min}$ (m)	60	730	210	110	80	50	30	15

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

Untuk kecepatan rencana  $< 80$  km/jam  $F_{maks} = -0,00065V + 0,192$

Untuk kecepatan rencana 80-112 km/jam, berlaku  $F_{maks} = -0,00125V + 0,24$

#### d. Lengkung peralihan ( $L_s$ )

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 alinemen yang mendadak, ditetapkan 3 detik (pada kecepatan VR);
- Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan dapat diantisipasi berangsur-angsur pada lengkung peralihan dengan aman; dan
- Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan (re) dari bentuk kelandaian normal ke kelandaian superelevasi penuh tidak boleh melampaui re-max yang ditetapkan sebagai berikut:  
 untuk VR <math>V\_R < 70 \text{ km/jam}</math>, re-max = 0.035 m/m/detik,  
 untuk VR >= 70 km/jam, re-max = 0.025 m/m/detik

Berdasarkan TPGJAK No 038/T/BM/1997, panjang lengkung peralihan (Ls) ditentukan 3 rumus dibawah ini dan diambil nilai yang terbesar.

Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan

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

Keterangan:

Vr = Kecepatan rencana (km/jam)

T = Waktu tempuh pada lengkung peralihan, ditetapkan 3 detik

Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_s = 0,022x \frac{V_R}{Rxc} - 2,727x \frac{V_{Re}}{c} \dots\dots\dots (2.7)$$

Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s = \frac{(em - en)xV_R}{3,6xre} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan:

$V_r$  = kecepatan rencana, (km/jam)

$e_m$  = Superelevasi maksimum

$e_n$  = Superelevasi normal

$r_e$  = Tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan (m/m/det)

#### e. Landai Relatif

“Kelandaian relatif adalah kelandaian akibat perbedaan elevasi tepi perkerasan sebelah luar sepanjang lengkung pealihan. Perbedaan elevasi didasarkan pada tinjauan perubahan bentuk penampang melintang jalan, belum merupakan gabungan dari perbedaan elevasi akibat kelandaian vertikal jalan”. (Ir. Hamirhan Saodang 2004)

Menurut (TPGJAK NO.038/T/BM/1997 1997)

$$\frac{1}{m} = \frac{(e + e_n)}{L_s} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

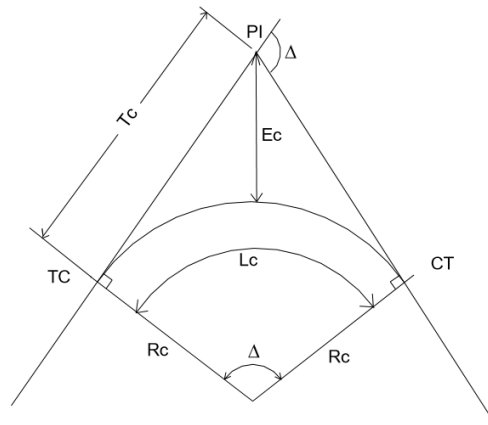
$\frac{1}{m}$  = Landai relatif, (m)

$e$  = Superelevasi, (%)

$e_n$  = kemiringan melintang normal, (%)

$B$  = Lebar lajur, (m)

## 1. Tikungan F-C (Full Circle)



Gambar 2. 2 Lengkung Full Circle

Sumber : (Geometri Jalan Perkotaan RSNI T-14-2004)

Full Circle atau lengkungan busur lingkaran adalah tikungan yang berbentuk busur lingkaran secara penuh, tikungan ini memiliki satu titik pusat lingkaran dengan jari-jari yang seragam.

Tapi tidak semua lengkungan dapat dibuat berbentuk busur lingkaran sederhana, hanya lengkung radius yang besar yang diperbolehkan. Pada tikungan yang tajam, dimana radius lengkung kecil dan superelevasi yang di butuhkan besar, lengkung dengan bentuk busur lingkaran akan menyebabkan perubahan kemiringan melintang besar. Lengkung busur lingkaran sederhana hanya dapat digunakan untuk radius lengkung yang besar ( disarankan  $>$  dimana superelevasi yang dibutuhkan kurang atau sama dengan 3%). (Silvia Sukirman 1999)

$$T_c = R_c \cdot \text{Tg} \cdot \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots(2.10)$$

$$E_c = T_c \cdot \text{tan} \cdot \frac{1}{4} \Delta \dots\dots\dots(2.11)$$

$$L_c = \frac{\Delta \cdot 2 \cdot \pi \cdot R_c}{36} \dots \dots \dots (2.12)$$

Keterangan:

$\Delta$  = Sudut tikungan, ( $^{\circ}$ )

TC = Tangen to circle

CT = Circle to tangen

$R_c$  = jari-jari busur lingkaran, (m)

$T_c$  = Panjang tangen (jarak dari TC ke PI atau PI ke TC), (m)

$L_c$  = Panjang busur lingkaran, (m)

$E_c$  = Jarak luar dari PI ke busur lingkaran, (m)

Full circle ini jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan F-C hanya digunakan untuk  $R$  (jari-jari) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan  $R$  kecil maka diperlukan superelevasi yang besar.

Tabel 2. 7 Jari-jari Tikungan yang Tidak Memerlukan Lengkungan Peralihan

$V_r$ (km/jam)	120	100	80	6	50	40	30	20
$R_{min}$ (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	6

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

## 2. Tikungan S-C-S (Spiral Circle Spiral)

“Tikungan S-C-S (Spiral Circle Spiral) adalah lengkung peralihan spiral yang menghubungkan bagian lurus dengan radius tak terhingga di awal spiral (sebelah kiri TS) dan bagian berbentuk lingkaran dengan radius =  $R_c$  di akhir spiral (sebelah kanan SC). Titik TS adalah titik peralihan bagian lurus ke bagian



berbentuk spiral dan titik SC adalah titik peralihan bagian spiral ke bagian lingkaran”.

Persamaan-persamaan yang dipergunakan pada perencanaan lengkung busur lingkaran dengan lengkung peralihan (spiral-circle-spiral) adalah:

$$\theta_s = \frac{L_s}{2.Rc} \times \frac{360}{2\pi} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$\Delta c = \Delta - (2\theta_s) \dots\dots\dots(2.14)$$

$$X_c = L_s - \left( \frac{L_s^3}{40 \times Rc^2} \right) \dots\dots\dots(2.15)$$

$$Y_c = \frac{L_s^2}{6Rc} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$P = Y_c - Rc(1 - \cos\theta_s) \dots\dots\dots(2.17)$$

$$K = X_c - Rc \sin\theta_s \dots\dots\dots(2.18)$$

$$E_s = \frac{Rc + p}{\cos \frac{1}{2}\Delta} - Rc \dots\dots\dots(2.19)$$

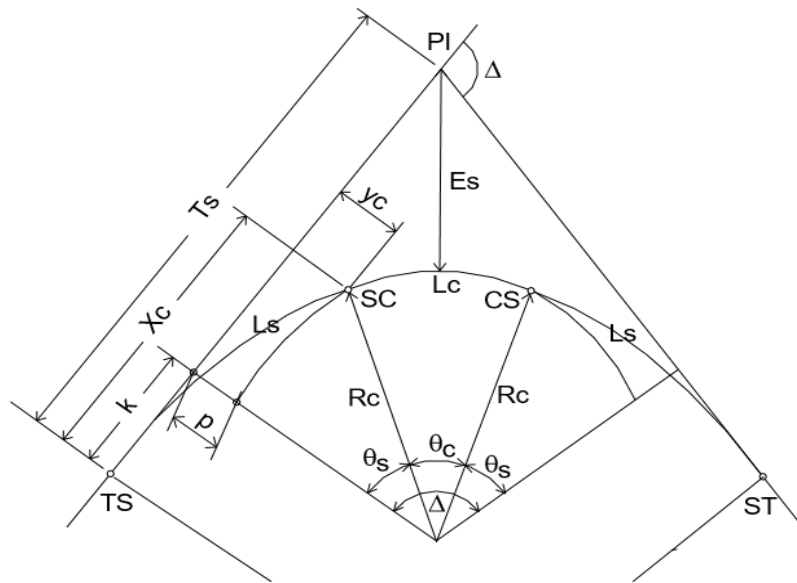
$$T_s = \frac{\Delta c \times 2\pi \times Rc}{360} \dots\dots\dots(2.20)$$

$$L_c = \frac{\Delta \cdot 2 \cdot \pi \cdot Rc}{36} \dots\dots\dots(2.21)$$

$$L_{tot} = L_c + (2L_s) \dots\dots\dots(2.22)$$

Jika P yang dihitung dengan rumus di atas, maka ketentuan tikungan yang digunakan bentuk S-C-S.

$$P = \frac{L_s^2}{24 Rc} < 0,25m \dots\dots\dots(2.23)$$



Gambar 2. 3 Lengkung Spiral-Circle-Spiral

Sumber :(Geometri Jalan Perkotaan RSNI T-14-2004)

Keterangan:

$X_c$  = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik ST ke SC, (m)

$Y_c$  = Jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung, (m)

$L_s$  = Panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST, (m)

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

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

TS = Titik dari tangen ke spiral

SC = Titik dari spiral ke lingkaran

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

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

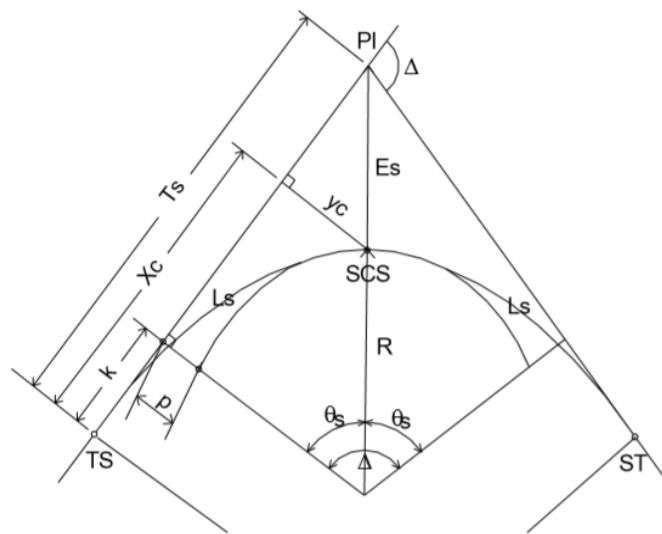
$R_c$  = Jari-jari rencana, (m)

$p$  = Pergeseran tangen terhadap spiral, (m)

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

**3. Tikungan S-S (Spiral Spiral)**

“Lengkung horizontal berbentuk spiral-spiral adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga titik SC berimpitan dengan CS. Panjang busur lingkaran  $L_c = 0$  dan  $\theta_s = \frac{1}{2} \cdot \beta \cdot R_c$  yang dipilih harus sedemikian rupa sehingga relatif minimum yang disyaratkan”. (Ir. Hamirhan Saodang 2004)



Gambar 2. 4 Lengkung Spiral –Spiral

Sumber : (Geometri Jalan Perkotaan RSNI T-14- 2004)

Rumus yang dipergunakan :

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

$$L_{tot} = 2L_s \dots\dots\dots(2.25)$$

$$L_s = \frac{\theta s x \pi x R d}{90^0} \dots\dots\dots(2.26)$$

$Y_c$ ,  $X_c$ ,  $p$ ,  $k$ ,  $T_s$ , dan  $E_s$  rumus sama dengan lengkung peralihan. Tabel 2.8 merupakan panjang lengkung peralihan minimum (emaks=10%) metode Bina Marga.



#### 4. Diagram Superelevasi

Superelevasi adalah kemiringan melintang jalan pada daerah tikungan. Untuk bagian jalan lurus, jalan mempunyai kemiringan melintang yang biasa disebut lereng normal atau Normal Trawn yaitu diambil 2% baik sebelah kiri maupun sebelah kanan as jalan. Hal ini dipergunakan untuk sistem drainase aktif. Harga elevasi ( $e$ ) yang menyebabkan kenaikan elevasi terhadap sumbu jalan diberi tanda (+) dan yang menyebabkan penurunan terhadap jalan diberi tanda (-).

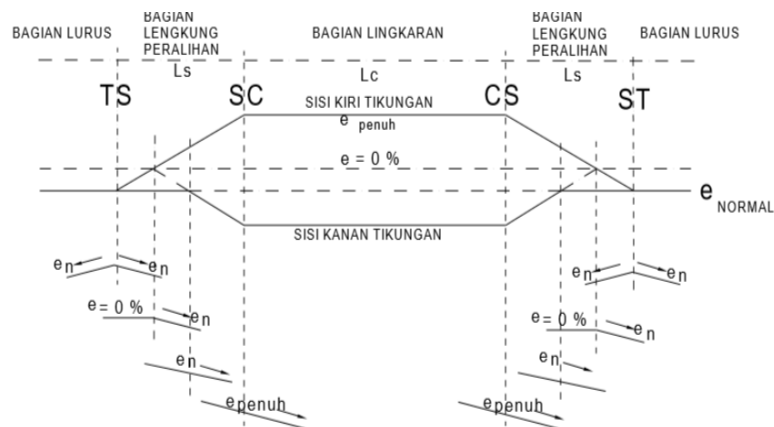
“Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus, sampai ke kemiringan maksimum (superelevasi) pada bagian lengkung jalan. Dengan mempergunakan diagram superelevasi, dapat ditentukan bentuk penampang melintang pada setiap titik di suatu lengkung horizontal yang direncanakan”. (Ir. Hamirhan Saodang 2004)

Adapun ketentuan-ketentuan dalam pencapaian superelevasi untuk semua jenis tikungan tersebut antara lain:

- Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.
- Pada tikungan S – C – S, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear,

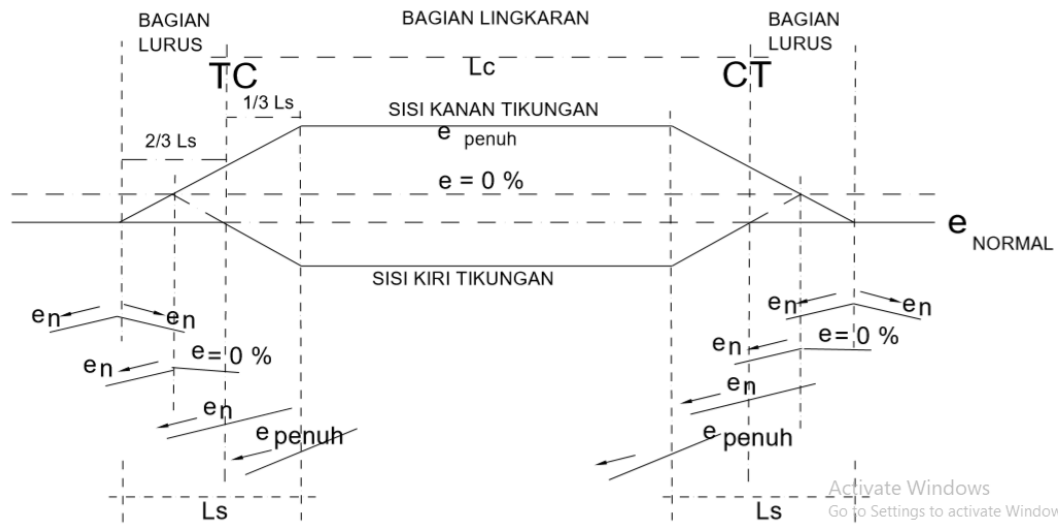
diawali dari bentuk normal (  ) sampai awal lengkung peralihan (TS) yang berbentuk (  ) pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan (SC).

- Pada tikungan F – C, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bagian lurus sepanjang  $2/3 L_s$  sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang  $1/3 L_s$ .
- Pada tikungan S – S, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral. e. Superelevasi tidak diperlukan jika radius (R) cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LP), atau bahkan tetap lereng normal (LN).



Gambar 2. 5 Pencapaian Superelevasi pada Tikungan Tipe SCS

Sumber: (Geometri Jalan Perkotaan RSNI T-14- 2004)



Gambar 2. 6 Pencapaian Superelevasi pada Tikungan Tipe FC

Sumber : (Geometri Jalan Perkotaan RSNI T-14- 2004)



Gambar 2. 7 Pencapaian Superelevasi pada Tikungan Tipe SS

Sumber : (Geometri Jalan Perkotaan RSNI T-14- 2004)

Tabel 2. 8 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi yang di Butuhkan (Emaks=10% Metode Bina Marga)

D (°)	R (m)	V = 50 km/jam		V = 60 km/jam		V = 70 km/jam		V = 80 km/jam		V = 90 km/jam	
		E	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls
0,250	5730	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0
0,500	2865	LN	0	LN	0	LP	6	LP	70	LP	75
0,750	1910	LN	0	LP	50	LP	6	0,020	70	0,025	75
1,000	1432	LP	45	LP	50	0,021	6	0,027	70	0,033	75
1,250	1146	LP	45	LP	50	0,025	6	0,033	70	0,040	75
1,500	955	LP	45	0,023	50	0,030	6	0,038	70	0,047	75
1,750	819	LP	45	0,026	50	0,035	6	0,044	70	0,054	75
2,000	716	LP	45	0,029	50	0,039	6	0,049	70	0,06	75
2,500	573	0,026	45	0,036	50	0,047	6	0,059	70	0,072	75
3,000	477	0,030	45	0,042	50	0,055	6	0,068	70	0,081	75
3,500	409	0,035	45	0,048	50	0,062	6	0,076	70	0,089	75
4,000	358	0,039	45	0,054	50	0,068	6	0,082	70	0,095	75
4,500	318	0,043	45	0,059	50	0,074	6	0,088	70	0,099	75
5,000	286	0,048	45	0,064	50	0,079	6	0,093	70	0,100	75
6	239	0,055	45	0,073	50	0,088	6	0,098	70	Dmaks = 5,12	
7,000	205	0,062	45	0,080	50	0,094	6	Dmaks = 6,82			
8,000	179	0,068	45	0,086	50	0,098	6				
9,000	159	0,074	45	0,091	50	0,099	6				
10,000	143	0,079	45	0,095	6	Dmaks = 9,12					
11,000	130	0,083	45	0,098	6						
12,000	119	0,087	45	0,100	6						
13,000	110	0,091	50	Dmaks = 12,79							
14,000	102	0,093	50								

15,000	95	0,096	50
16	90	0,097	50
17,000	84	0,099	50
18,000	80	0,099	50
19,000	75	Dmaks = 18,85	

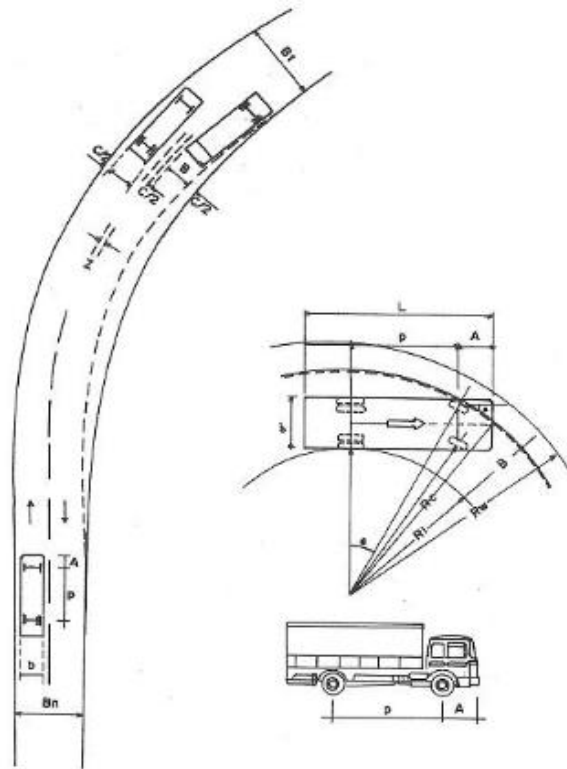
Sumber : (Silvia Sukirman 1999)

#### f. Pelebaran Perkerasan pada Lengkung Horizontal

Kendaraan yang bergerak dari jalan lurus menuju ke tikungan, seringkali tak dapat mempertahankan lintasannya pada lajur yang disediakan. Hal ini disebabkan karena:

- a. Pada waktu membelok yang diberi belokan pertama kali hanya roda depan, sehingga lintasan roda belakang agak keluar lajur (*off tracking*),
- b. Jejak lintasan kendaraan tidak lagi berimpit, karena bemper depan dan belakang kendaraan akan mempunyai lintasan yang berbeda dengan lintasan roda depan dan roda belakang kendaraan,
- c. Pengemudi akan mengalami kesukaran dalam mempertahankan lintasannya tetap pada lajur jalannya terutama pada tikungan-tikungan yang tajam atau pada kecepatan-kecepatan yang tinggi.





Gambar 2. 8 Pelebaran Perkerasan pada Tikungan

Sumber: (Ir. Hamirhan Saodang 2004)

Rumus-rumus yang digunakan:

$$B = n(b' + c) + (n - 1)Td + Z \dots\dots\dots (2.27)$$

$$b' = B + b'' \dots\dots\dots (2.28)$$

$$b'' = Rc^2 - \sqrt{Rc^2 - p^2} \dots\dots\dots (2.29)$$

$$Td = \sqrt{Rc^2 + A(2p + A)} - Rc \dots\dots\dots (2.30)$$

$$\epsilon = B \times W \dots\dots\dots (2.31)$$

$$Z = \frac{0,105 \times V}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots (2.32)$$

Keterangan:

$B$  = Lebar perkerasan pada tikungan, (m)

$n$  = Jumlah jalur lalu lintas

$b$  = Lebar lintasan truk pada jalur lurus, (m)

$b'$  = Lebar lintasan truk pada tikungan, (m)

$p$  = Jarak As roda depan dengan roda belakang truk, (m)

$A$  = Tonjolan depan sampai bumper, (m)

$W$  = Lebar Perkerasan

$T_d$  = Lebar melintang akibat tonjolan depan, (m)

$Z$  = Lebar tambahan akibat kelelahan pengemudi, (m)

$c$  = Kebebasan samping, (m)

$e$  = Pelebaran perkerasan, (m)

$R_c$  = Jari-jari rencana, (m)

#### **g. Kebebasan Samping**

Jarak pandang pengemudi pada lengkung horizontal (di tikungan) adalah daerah bebas samping di tikungan dimana ada ruang untuk menjamin kebebasan pandangan pengemudi dari halangan benda-benda di sisi jalan (daerah bebas samping). Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh  $M$  (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan jarak pandang henti dipenuhi.

- Jarak Pandang Henti ( $J_h$ ) < panjang tikungan

$$E = R \left( 1 - \cos \frac{90^\circ J_h}{\pi R} \right) \dots \dots \dots (2.33)$$

- Jarak Pandang Henti ( $J_h$ ) > panjang tikungan

$$E = R \left( 1 - \cos \frac{90^\circ J_h}{\pi R} \right) \frac{1}{2} (J_h - L_t) \sin \left( \frac{90^\circ J_h}{\pi R} \right) \dots \dots \dots (2.34)$$

Keterangan:

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

$J_h$  = Jarak pandang, (m)

$L_t$  = Panjang tikungan, (m)

#### **h. Jarak Pandang Pada Lengkung Horizontal**

Jarak pandang adalah jarak sepanjang tengah-tengah suatu jalur jalan dari mata pengemudi ke suatu titik di muka pada garis yang sama yang dapat dilihat oleh pengemudi. (Geometri Jalan Perkotaan RSNI T-14- 2004)

Jarak pandangan pengemudi kendaraan yang bergerak pada lajur tepi sebelah dalam sering kali dihalangi gedung-gedung, hutan-hutan kayu, tebing galian dan lain sebagainya. (Silvia Sukirman 1999)

Perhitungan untuk jarak pandang kendaraan antara lain:

$$J_h = 0,694 \times V_R + 0,004 \frac{V_R^2}{f} \dots \dots \dots (2.35)$$

Keterangan:

$V_R$  = Kecepatan rencana, (km/jam)

$f$  = Koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal (0,35-0,55)

Jarak Pandang Henti ( $J_h$ ) dan Jarak Pandang Mendahului ( $J_d$ ) dapat dibedakan pada tabel berikut:

Tabel 2. 9 Jarak Pandang Henti ( $J_h$ ) Minimum

$V_R$ , (km/jam)	120	100	80	6	50	40	30	20
$J_h$ minimum, (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

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

Tabel 2. 10 Jarak Pandang Mendahului

$V_R$ , (km/jam)	120	100	80	6	50	40	30	20
$J_d$ , (m)	800	670	550	350	250	200	15	100

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

### 2.2.5 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang perkerasan jalan melalui sumbu jalan untuk jalan 2 lajur 2 arah atau melalui tepi dalam masing-masing perkerasan untuk jalan dengan median. Seringkali disebut juga sebagai penampang memanjang jalan.

Perencanaan alinyemen vertikal dipengaruhi oleh besarnya biaya pembangunan yang tersedia. Alinyemen vertikal yang mengikuti muka tanah asli akan mengurangi pekerjaan tanah, tetapi mungkin saja akan mengakibatkan jalan itu terlalu banyak mempunyai tikungan. (Silvia Sukirman 1999)

Alinyemen vertikal ditinjau dari titik awal perencanaan, bagian lurus dapat berupa landai positif (tanjakan), atau landai negatif (turunan), atau landai nol (datar). Bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cekung atau lengkung

cembung. Kemungkinan pelaksanaan pembangunan secara bertahap harus dipertimbangkan, misalnya peningkatan perkerasan, penambahan lajur, dan dapat dilaksanakan dengan biaya yang efisien. Sekalipun demikian, perubahan alinyemen vertikal dimasa yang akan datang sebaiknya dihindarkan. (Geometri Jalan Perkotaan RSNI T-14- 2004)

Pada daerah yang seringkali dilanda banjir sebaiknya penampang memanjang jalan diletakkan diatas elevasi muka banjir. Di daerah perbukitan atau pergunungan diusahakan banyaknya pekerjaan galian seimbang dengan pekerjaan timbunan sehingga secara keseluruhan biaya yang dibutuhkan tetap dapat dipertanggung jawabkan. Jalan yang terletak di atas lapisan tanah yang lunak harus pula diperhatikan akan kemungkinan besarnya penurunan dan perbedaan penurunan yang mungkin terjadi. Dengan demikian penarikan alinyemen vertikal sangat dipengaruhi oleh berbagai pertimbangan seperti :

- Kondisi tanah dasar
- Keadaan topografi medan .
- Muka air banjir
- Fungsi jalan
- Muka air tanah
- kelandaian yang masih memungkinkan. Sumber: (Silvia Sukirman 1999)

## **1. Kelandaian Pada Alinyemen**

### **a. Landai Minimum**

Berdasarkan kepentingan arus lalu-lintas, landai ideal adalah landai datar (0 %). Sebaliknya ditinjau dari kepentingan drainase jalan, jalan berlandailah yang ideal.

Dalam perencanaan disarankan menggunakan:

- a. Landai datar untuk jalan-jalan di atas tanah timbunan yang tidak mempunyai kereb. Lereng melintang jalan dianggap cukup untuk mengalirkan air di atas badan jalur dan kemudian ke lereng jalan.
- b. Landai 0,15 % dianjurkan untuk jalan-jalan di atas tanah timbunan dengan medan datar dan mempergunakan kereb. Kelandaian ini cukup membantu mengalirkan air hujan ke inlet atau saluran pembuangan.
- c. Landai minimum sebesar 0,3 - 0,5 % dianjurkan dipergunakan untuk jalan-jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kereb. Lereng melintang hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh diatas badan jalan, sedangkan landai jalan dibutuhkan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping. Sumber: (Silvia Sukirman 1999)

b. Landai Maksimum

Kelandaian maksimum adalah kelandaian yang memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. (Suwardo dan Iman Haryanto 2016).

Tabel 2. 11 Kelandaian Maksimum yang Diijinkan

Landai <sub>maks</sub> , (%)	3	3	4	5	8	9	10	10
Vr, (km/jam)	120	110	100	80	6	50	40	<40

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

Kelandaian 3 % mulai memberikan pengaruh kepada gerak kendaraan mobil penumpang, walaupun tidak seberapa dibandingkan dengan gerakan kendaraan truk

yang terbebani penuh. Pengaruh dari adanya kelandaian ini dapat terlihat dari berkurangnya kecepatan jalan kendaraan atau mulai dipergunakannya gigi rendah.

c. Panjang Kritis Suatu Kelandaian

Panjang kritis adalah panjang landai maksimum yang harus ada untuk mempertahankan kecepatan sehingga penurunan kecepatan kurang dari atau sama dengan 50% dari kecepatan rencana dengan lama satu menit. Sumber: (Ir. Hamirhan Saodang 2004)

Berikut adalah panjang kritis yang dapat digunakan berdasarkan kecepatan pada awal tanjakan dan kelandaian:

Tabel 2. 12 Panjang Kritis (m)

Kecepatan pada awal tanjakan, (km/jam)	Kelandaian, (%)						
	4	5	6	7	8	9	10
80	630	46	36	270	230	230	200
6	320	210	16	120	110	90	80

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

## 2. Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal merupakan lengkung peralihan antara dua kelandaian. Syarat perancangan lengkung vertikal adalah aman, nyaman, dan drainase baik. (Suwardo dan Iman Haryanto 2016).

Jenis lengkung vertikal dilihat dari letak titik perpotongan kedua bagian lurus (tangen), adalah :

1. Lengkung vertikal cekung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan.

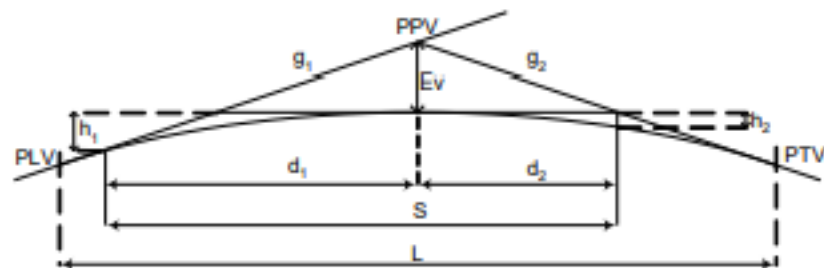
2. Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan.

- a. Lengkung Vertikal Cembung

Bentuk lengkung vertikal seperti yang diuraikan terdahulu, berlaku untuk lengkung vertikal cembung atau lengkung vertikal cekung. Hanya saja untuk masing-masing lengkung terdapat batasan-batasan yang berhubungan dengan jarak pandangan.

Pada lengkung vertikal cembung, pembatasan berdasarkan jarak pandangan dapat dibedakan atas 2 keadaan yaitu :

1. Jarak pandangan berada seluruhnya dalam daerah lengkung ( $S < L$ ),
2. Jarak pandangan berada diluar dan di dalam daerah lengkung ( $S > L$ )



Gambar 2. 9 Jarak Pandang pada Lengkung Vertikal Cembung ( $S < L$ )

- Berdasarkan jarak pandangan berada seluruhnya dalam daerah lengkung ( $S < L$ )
- Jarak pandangan henti menurut metode Bina Marga

$$L = \frac{A \times S^2}{399} \dots\dots\dots (2.36)$$

- Jarak pandangan menyiap menurut metode Bina Marga

$$L = \frac{A \times S^2}{960} \dots\dots\dots (2.37)$$



- Berdasarkan jarak pandangan berada diluar dan didalam daerah lengkung

( $S > L$ )

- Jarak pandangan henti menurut Bina marga

$$L = 2 \times S - \frac{399}{A} \dots\dots\dots (2.38)$$

- Jarak pandangan menyiap menurut Bina Marga

$$L = 2 \times S - \frac{960}{A} \dots\dots\dots (2.39)$$

- Berdasarkan kebutuhan akan drainase

$$L = 40 \cdot A \dots\dots\dots (2.40)$$

- Berdasarkan kenyamanan 3 detik perjalanan

$$\frac{Vr}{3,6} \times t \dots\dots\dots (2.41)$$

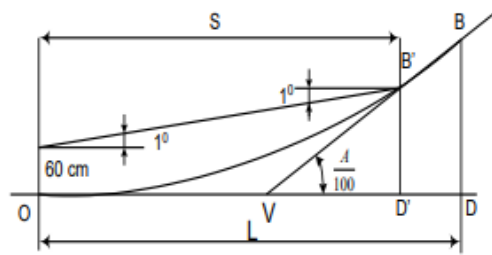
b. Lengkung Vertikal Cekung

Disamping bentuk lengkung yang berbentuk parabola sederhana, panjang

lengkung vertikal cekung juga harus ditentukan dengan memperhatikan :

1. jarak penyinaran lampu kendaraan,
2. jarak pandangan bebas dibawah bangunan ,
3. persyaratan drainase . kenyamanan mengemudi,
4. keluwesan bentuk

- Lengkung vertikal cekung dengan jarak penyinaran lampu depan < L.



Gambar 2. 10 Lengkung Vertikal Cekung dengan Jarak Tg  $1^\circ = 0,0175$

$$DB = \frac{A}{100} - \frac{L}{2}$$

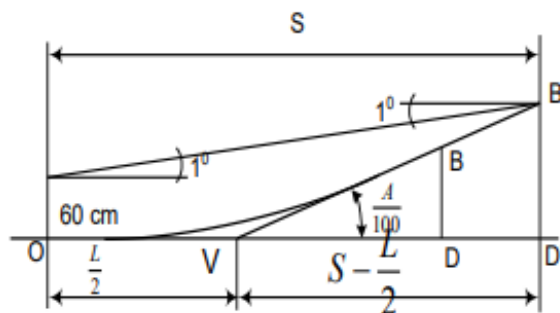
$$D'B' = \left(\frac{S}{L}\right)^2 (DB)$$

$$D'B' = \frac{S^2 A}{200 L}$$

$$\text{Tg } 1^\circ = 0,0175$$

$$\frac{S^2 A}{200 L} = 0,6 + S \text{ tg } 1^\circ$$

$$L = \frac{A \cdot S^2}{120 + 3,50 S} \dots\dots\dots (2.42)$$



Gambar 2. 11 Lengkung Vertikal Cekung dengan Jarak Pandangan Penyinaran

Lampu Depan > L

- Lengkung vertikal cekung dengan jarak penyinaran lampu depan  $> L$ .

$$DB = \frac{A}{100} (S - \frac{1}{2} L)$$

$$= 0.6 + S \text{ tg } 1^\circ$$

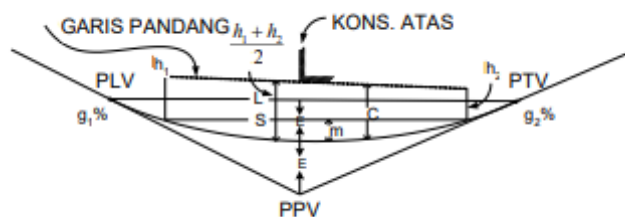
$$= 0,6 + 0,0175 S$$

$$\frac{A}{100} (S - \frac{1}{2} L) = 0,6 + 0,0175 \cdot S$$

$$L = 2 \cdot S - \frac{120 + 3,50 S}{A} \dots\dots\dots (2.43)$$

- Jarak pandangan  $S < L$

Diasumsikan titik PPV berbeda dibawah bangunan



Gambar 2. 12 Jarak Pandangan Bebas Dibawah Bangunan pada Lengkung

Vertikal Cekung dengan  $S < L$

Rumus:

$$\left(\frac{S}{L}\right)^2 = \frac{m}{E} ; E = \frac{AL}{800}$$

$$\left(\frac{S}{L}\right)^2 = \frac{800 m}{AL}$$

$$L = \frac{S^2 A}{800 m}; m = \frac{S^2 A}{800 m}$$

Jika jarak bebas dari bagian bawah bangunan atas kejalan adalah C, maka :

$$m = C - \frac{h_1 - h_2}{2}$$

$$\frac{S^2 A}{800 L} = C - \frac{h_1 - h_2}{2}$$

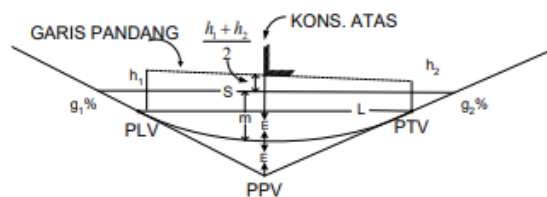
$$L = \frac{S^2 A}{800 C - 400 (h_1 + h_2)} \dots\dots\dots (2.44)$$

Jika ;  $h_1 = 1,80 \text{ m}$ ,  $h_2 = 0,50 \text{ m}$ ,  $C = 5,50 \text{ m}$ , maka;

$$L = \frac{AS^2}{3480} \dots\dots\dots (2.45)$$

- Jarak pandangan

Diasumsikan titik PPV berada dibawah bangunan



Gambar 2. 13 Jarak Pandangan Bebas Dibawah Bangunan pada Lengkung

Vertikal Cekung dengan  $S < L$

Rumus:

$$\frac{S}{L} = \frac{E + m}{2 E}$$

$$\frac{S}{L} = \frac{1}{2} + \frac{m}{2E}$$

$$E = \frac{AL}{800}$$

$$m = C - \frac{h_1 - h_2}{2}$$

$$L = 2 \cdot S - \frac{800 C - 400 (h_1 + h_2)}{S^2 A} \dots\dots\dots (2.46)$$

Jika ;  $h_1 = 1,80$  m,  $h_2 = 0,50$  m,  $C = 5,50$  m, maka;

$$L = 2 \cdot S - \frac{3480}{A} \dots\dots\dots (2.47)$$

Berdasarkan Bentuk Visual Lengkung Vertikal Cekung

$$L = \frac{AV^2}{380} \dots\dots\dots (2.48)$$

Keterangan:

V = kecepatan rencana, km/jam,

A = perbedaan aljabar landai,

L = panjang lengkung vertikal cekung.

Tabel 2. 13 Panjang Minimum Lengkung Vertikal

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

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

### **3. Galian dan Timbunan**

Cara menghitung volume galian maupun timbunan dari gambar potongan melintang. Dari gambar-gambar tersebut dapat dihitung luas galian dan timbunan, sedangkan masing-masing jarak antar profil dapat dilihat dari potongan memanjang.

Tabel 2. 14 Contoh Untuk Perhitungan Volume Galian Timbunan

Titik	Stasion	Luas Penampang Melintang (m <sup>2</sup> )				Jarak (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	
		Galian	Timbunan	Rata-rata			Galian	Timbunan
				Galian	Timbunan			
1	STA + jarak awal	AG1	AT1			J1		
				$(AG1+AG2)/2$	$(AT1+AT2)/2$		$((AG1+AG2)/2)*J1$	$((AT1+AT2)/2)*J1$
2	STA + jarak	AG2	AT2					
Total (Σ)						(Σ) Jarak	(Σ) Galian	(Σ) Timbunan

## 2.3 Perencanaan Drainase

“Drainase adalah mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalirkan air. Secara umum drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal”. (Suripin 2004)

Drainase jalan mengandung pengertian membuang atau mengalirkan air (air hujan, air limbah, atau air tanah) ke tempat pembuangan yang telah ditentukan dengan cara gravitasi atau menggunakan sistem pemompaan.

Fungsi drainase jalan dengan demikian ada 2 (dua) cakupan yaitu :

- a. Memperkecil kemungkinan menurunnya daya dukung subgrade karena kadar airnya naik melebihi kadar air optimum sebagai akibat dari merembesnya air hujan ke dalam subgrade melalui pori-pori perkerasan jalan atau yang berasal dari air tanah yang naik ke permukaan.
- b. Memperkecil kemungkinan rusaknya perkerasan jalan sebagai akibat terendamnya perkerasan jalan oleh genangan air hujan.

### 2.3.1 Analisis Hidrologi

- a. Metode rata-rata aljabar

Metode rata-rata aljabar adalah perhitungan rata-rata secara aljabar curah hujan didalam dan sekitar daerah yang dianalisis.

$$R = \frac{1}{n}(R_1 + R_2 + \dots + R_n) \dots\dots\dots (2.49)$$

Keterangan:

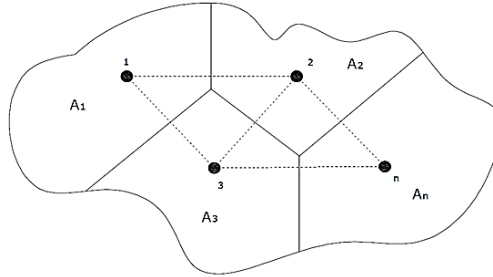
R = Curah hujan daerah



$n$  = Jumlah titik atau pos pengamatan

$R_1, R_2, \dots, R_n$  = Curah hujan di setiap titik pengamatan

b. Metode Polygon Thiessen



Gambar 2. 14 Polygon Thiessen

Metode *Polygon Thiessen* adalah Metode Thiessen Adalah Perhitungan Curah Hujan Yang Dilakukan Dengan Memperhitungkan Daerah Pengaruh Tiap Titik Pengamatan Jika Titik-Titik Didalam Daerah Pengamatan Tidak Tersebar Merata.

$$P = \frac{P_1A_1 + P_2A_2 + P_3A_3 + \dots + P_nA_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_iA_i}{\sum_{ii=1}^n A_i} \dots\dots\dots (2.50)$$

Keterangan:

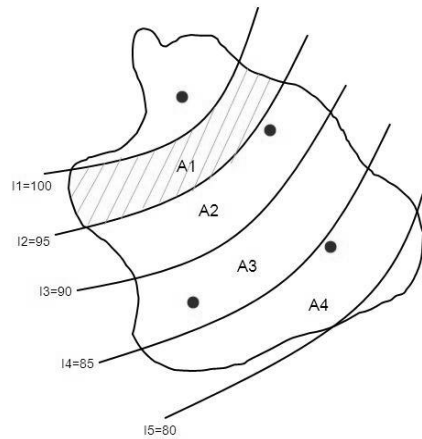
$P$  = Curah hujan kawasan, (mm)

$P_1, P_2, \dots, P_n$  = Curah hujan masing-masing stasiun, (mm)

$A_1, A_2, \dots, A_n$  = Luasan area polygon, (km<sup>2</sup>)

c. Metode Isohyet

Metode Isohyet adalah cara rasional yang terbaik jika garis-garis isohyet dapat digambar dengan teliti.



Gambar 2. 15 Metode Ishoyet

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \frac{I_i + I_{i+1}}{2}}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots (2.51)$$

atau

$$\bar{R} = \frac{A_1 \frac{I_1 + I_2}{2} + A_2 \frac{I_2 + I_3}{2} + \dots + A_n \frac{I_n + I_{n+1}}{2}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (2.52)$$

Keterangan:

$\bar{R}$  = Hujan rata-rata suatu DAS

I = garis isohyet

A = Luas area dibatasi poligon, (km<sup>2</sup>)

### 2.3.2 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi adalah analisis tentang pengulangan suatu kejadian. Analisis frekuensi merupakan prakiraan (*forecasting*), dalam arti probabilitas untuk terjadinya suatu peristiwa hidrologi dalam bentuk hujan rancangan yang berfungsi sebagai dasar perhitungan perencanaan hidrologi untukantisipasi setiap kemungkinan yang akan terjadi. Tujuan analisis frekuensi data hidrologi adalah

berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan.

Analisis frekuensi dapat menggunakan beberapa macam distribusi. Parameter pemilihan jenis distribusi dapat dilihat pada Tabel 2.15.

Tabel 2. 15 Parameter Pemilihan Jenis Distribusi

Jenis Sebaran	Kriteria
Log Normal	$C_s = 3 C_v + C_v^2 = 0,159$
	$C_v = 0,06$
Log Pearson Tipe III	$C_s \neq 0$
	$C_v = 0,3$
Gumble	$C_s \leq 1,1396$
	$C_k \leq 5,4002$
Normal	$C_s = 0$
	$C_k = 3$

Sumber: (Suripin 2004)

a. Distribusi Normal

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S_X \dots\dots\dots (2.53)$$

Keterangan:

$X_T$  = CH/intensitas hujan pada periode  $T_T$

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata hitung varian

$S_X$  = Deviasi standar nilai varian

$K_T$  = Variabel reduksi gauss. Nilai  $K_T$  dapat dilihat pada Tabel 2.16

b. Distribusi Log Normal

$$\log(X_T) = \log(\bar{X}) + K \cdot S_X \dots\dots\dots (2.54)$$

$$X_T = 10^{(\log(\bar{X}) + K \cdot S_X)} \dots\dots\dots (2.55)$$

Keterangan:

$X_T$  = CH/intensitas hujan pada  $T_R$

$K$  = Variabel reduksi gauss, terdapat pada Tabel 2.16

c. Distribusi Log Pearson Tipe III

$$\log(X_T) = \log(\bar{X}) + K \cdot S_X \dots\dots\dots (2.56)$$

$$X_T = 10^{(\log(\bar{X}) + K \cdot STDEV)} \dots\dots\dots (2.57)$$

Keterangan:

$X_T$  = CH/intensitas hujan pada  $T_r$

$K$  = Variabel standar bergantung  $C_s$  dan  $G$ , terdapat pada Tabel 2.20

$S_X$  = Deviasi standar nilai varian

$T_r$  = Tahun ulangan (2 tahun, 5 tahun, dst)

d. Distribusi Gumble

$$X_T = \bar{X} + \left[ \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \right] \cdot S_X \dots\dots\dots (2.58)$$

$$X_T = \bar{X} + K \cdot S_X \dots\dots\dots (2.59)$$

$$Y_T = -\ln \left[ -\ln \frac{T_r - 1}{T_r} \right] \dots\dots\dots (2.60)$$

Keterangan:

$X_T$  = CH/intensitas hujan pada periode  $T_r$

$Y_{Tr}$  = *Factor ln* dari  $T_r$

$Y_n$  = *Reduce mean factor*. Nilai  $Y_n$  dapat dilihat pada Tabel 2.18

$S_n$  = *Reduce standard deviation*. Nilai  $S_n$  dapat dilihat pada Tabel 2.19

$T_r$  = Tahun ulangan (2 tahun, 5 tahun, dst)

$X$  = Nilai rata-rata hitung varian

$S_X$  = Deviasi standar nilai varian

$K$  = Faktor probabilitas, nilai  $K = Y_{Tr} - Y_n / S_n$

Tabel 2. 16 Nilai Variabel Distribusi Gauss

Periode Ulang	Peluang	$K_T$
1,001	0,999	-3,050
1,005	0,995	-2,580
1,010	0,990	-2,330
1,050	0,952	-1,640
1,110	0,901	-1,280
1,250	0,800	-0,840
1,330	0,752	-0,670
1,430	0,699	-0,520
1,670	0,599	-0,250
2,000	0,500	0,000
2,500	0,400	0,250
3,330	0,300	0,520
4,000	0,250	0,670
5,000	0,200	0,840
10,000	0,100	1,280
20,000	0,050	1,640
50,000	0,020	2,050
100,000	0,010	2,330
200,000	0,005	2,580
500,000	0,002	2,880
1000,000	0,001	3,090

Sumber:(Suripin 2004)

### 2.3.3 Pengujian Kecocokan Fungsi Distribusi

Kecocokan dalam pemilihan fungsi distribusi diuji dengan uji kecocokan menggunakan metode pengujian dan dengan confidence interval (tingkat interval kepercayaan) tertentu dapat menggunakan Metode Chi-Square dan Metode Kolmogorov-Smirnov.

a. Uji Chi-Square

Uji Chi-Square dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan sebaran peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis didasarkan pada jumlah pengamatan yang diharapkan pada pembagian kelas dan ditentukan terhadap jumlah data pengamatan yang terbaca didalam kelas tersebut, dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \dots\dots\dots (2.61)$$

$$K = 1 + 2,322 \cdot \log(n) \dots\dots\dots (2.62)$$

$$D_k = K - (p + 1) \dots\dots\dots (2.63)$$

Keterangan:

$Chi^2$  = Parameter chi-kuadrat terhitung

$E_f$  = Frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya

$O_f$  = Frekuensi yang diamati pada kelas yang sama

$n$  = Jumlah sub-kelompok

$D_k$  = Derajat kebebasan

$p$  = Banyaknya parameter, untuk uji Chi-Kuadrat adalah 2

$K$  = Jumlah kelas distribusi

Jika  $Chi^2_{terhitung} < Chi^2_{kritis}$ , maka metode distribusi dapat diterima.

Harga kritis Chi-square terdapat pada Tabel 2.27.

b. Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov dilakukan dengan membandingkan probabilitas untuk setiap variabel dari distribusi empiris dan teoritis didapat berbeda

(D). perbedaan maksimum yang dihitung ( $D_{maks}$ ) dibandingkan dengan perbedaan kritis ( $D_{cr}$ ) untuk satu derajat nyata dan banyaknya varian tertentu.

$$P = \frac{m}{n+1} 100\% \dots\dots\dots (2.64)$$

Keterangan:

P = Probabilitas, (%)

m = Nomor urut data dari seri data yang telah disusun

n = banyaknya data

jika ( $D_{maks}$ ) < ( $D_{cr}$ ) maka sebaran sesuai dan dapat diterima. Harga kritis

Smirnov-Kolmogorov terdapat pada Tabel 2.17.

Tabel 2. 17 Harga Kritis Smirnov-Kolmogorov

n	$\alpha$			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
> 50	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,63}{\sqrt{n}}$

Sumber: Anonim, 2016

Tabel 2. 18 Nilai Yn

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,507	0,51	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,522
20	0,5225	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,532	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,538	0,5388	0,5402	0,5402	0,541	0,5418	0,5424	0,5432
40	0,5436	0,5422	0,5448	0,5453	0,5463	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5504	0,5504	0,5508	0,5511	0,5519	0,5518
6	0,5521	0,5534	0,5527	0,553	0,5535	0,5535	0,5538	0,554	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5552	0,5555	0,5555	0,5561	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,557	0,5572	0,5574	0,558	0,5578	0,558	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5595	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599

Sumber: Desain Drainase dan Bangunan Pelengkap

Tabel 2. 19 Nilai Sn

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	0,0628	1,0696	1,0696	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1086
30	0,1124	1,1159	1,1159	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	0,1413	1,1436	1,1436	1,148	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,159
50	0,167	1,1623	1,1623	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
6	0,1747	1,1759	1,1759	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	0,1859	1,1866	1,1863	1,1881	1,189	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,193
80	0,1938	1,1945	1,1945	1,1959	1,1967	1,1973	1,198	1,1987	1,1994	1,2001
90	0,2007	1,2013	1,202	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,206



Tabel 2. 20 Distribusi Log Person Tipe III untuk Koefisien Skewness (Cs)

Koefisien	Waktu Balik (Tahun)														
	1,01	1,05	1,11	1,25	1,667	2	2,5	5	10	20	25	50	100	200	1000
Cs	Peluang (%)														
	99	95	90	80	6	50	40	20	10	5	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,667	-0,665	-0,66	-0,636	-0,476	-0,396	-0,1240	0,420	1,180	2,0950	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,799	-0,790	-0,771	-0,711	-0,4770	-0,36	-0,0673	0,518	1,250	2,0933	2,262	3,048	3,845	4,652	6,60
2,2	-0,905	-0,882	-0,844	-0,752	-0,4707	-0,330	-0,0287	0,574	1,284	2,0807	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,990	-0,949	-0,895	-0,777	-0,4637	-0,307	-0,0017	0,69	1,302	2,0662	2,219	2,912	3,65	4,298	5,910
1,8	-1,087	-1,020	-0,945	-0,799	-0,4543	-0,282	0,0263	0,643	1,318	2,0472	2,193	2,848	3,499	4,147	5,66
1,6	-1,197	-1,093	-0,994	-0,817	-0,4417	-0,254	0,0557	0,675	1,329	2,0240	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-1,318	-1,168	-1,041	-0,832	-0,4273	-0,225	0,0850	0,705	1,337	1,9962	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-1,449	-1,243	-1,086	-0,844	-0,4113	-0,196	0,1140	0,732	1,340	1,9625	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-1,588	-1,317	-1,128	-0,852	-0,3933	-0,164	0,1433	0,758	1,340	1,9258	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-1,66	-1,353	-1,147	-0,854	-0,3833	-0,148	0,1577	0,769	1,339	1,9048	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-1,733	-1,388	-1,116	-0,856	-0,3733	-0,132	0,1720	0,780	1,336	1,8877	1,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-1,806	-1,423	-1,183	-0,857	-0,3630	-0,116	0,186	0,790	1,333	1,8613	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-1,880	-1,458	-1,200	-0,857	-0,3517	-0,099	0,2007	0,800	1,328	1,8372	1,939	2,359	2,755	3,132	3,96
0,5	-1,955	-1,491	-1,216	-0,856	-0,3407	-0,083	0,2140	0,808	1,323	1,8122	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-2,029	-1,524	-1,231	-0,855	-0,3290	-0,066	0,2280	0,816	1,317	1,7862	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-2,104	-1,555	-1,245	-0,853	-0,3177	-0,050	0,2413	0,824	1,309	1,7590	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-2,178	-1,586	-1,258	-0,850	-0,3053	-0,033	0,2547	0,830	1,301	1,7318	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-2,252	-1,616	-1,270	-0,846	-0,2933	-0,017	0,2673	0,836	1,292	1,7028	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	-2,326	-1,645	-1,282	-0,842	-0,2807	0,000	0,2807	0,842	1,282	1,6728	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	-2,400	-1,673	-1,292	-0,836	-0,2673	0,017	0,2900	0,836	1,270	1,6417	1,716	2,000	2,252	2,482	2,950
-0,2	-2,472	-1,700	-1,301	-0,830	-0,2547	0,033	0,3053	0,850	1,258	1,697	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810

Koefisien	Waktu Balik (Tahun)														
	1,01	1,05	1,11	1,25	1,667	2	2,5	5	10	20	25	50	100	200	1000
Cs	Peluang (%)														
-0,3	-2,544	-1,726	-1,309	-0,824	-0,2413	0,050	0,3177	0,853	1,245	1,5767	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	-2,615	-1,750	-1,317	-0,816	-0,2280	0,066	0,3290	0,855	1,231	1,5435	1,66	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	-2,686	-1,774	-1,323	-0,808	-0,2140	0,083	0,3407	0,856	1,216	1,5085	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	-2,755	-1,797	-1,328	-0,800	-0,2007	0,099	0,3517	0,857	1,200	1,4733	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	-2,824	-1,819	-1,333	-0,790	-0,186	0,116	0,3630	0,857	1,183	1,4372	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	-2,891	-1,839	-1,336	-0,780	-0,1720	0,132	0,3733	0,856	1,166	1,4010	1,448	1,66	1,733	1,837	2,035
-0,9	-2,957	-1,858	-1,339	-0,769	-0,1577	0,148	0,3833	0,854	1,147	1,3637	1,407	1,549	1,66	1,749	1,910
-1,0	-3,022	-1,877	-1,340	-0,758	-0,1433	0,164	0,3933	0,852	1,128	1,3263	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	-3,149	-1,910	-1,340	-0,732	-0,1140	0,195	0,4113	0,844	1,086	1,2493	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	-3,271	-1,938	-1,337	-0,705	-0,0850	0,225	0,4273	0,832	1,041	1,1718	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	-3,388	-1,962	-1,329	-0,675	-0,0557	0,254	0,4417	0,817	0,994	1,0957	1,116	1,166	1,197	1,216	1,280
-1,8	-3,499	-1,981	-1,318	-0,643	-0,0263	0,282	0,4543	0,799	0,945	1,0200	1,035	1,069	1,087	1,097	1,130
-2,0	-3,65	-1,996	-1,302	-0,60	0,0047	0,307	0,4637	0,777	0,895	0,9483	0,969	0,980	0,990	0,995	1,000
-2,2	-3,705	-2,006	-1,284	-0,574	0,0287	0,330	0,4707	0,752	0,844	0,8807	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	-3,845	-2,012	-1,250	-0,518	0,0673	0,36	0,4770	0,711	0,771	0,7893	0,793	0,798	0,799	0,802	0,802
-3,0	-4,051	-2,003	-1,180	-0,420	0,1240	0,396	0,476	0,636	0,66	0,6650	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

Sumber: Soemarto, C.D. 1987

### 2.3.4 Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya.

Hubungan antara intensitas, lama hujan dan frekuensi hujan biasanya dinyatakan dalam lengkung Intensitas - Durasi - Frekuensi (IDF = Intensity - Duration - Frequency Curve). Diperlukan data hujan jangka pendek, misalnya 5 menit, 10 menit, 30 menit, 6 menit dan jam-jam untuk membentuk lengkung IDF.

Menentukan Intensitas Hujan dengan menggunakan metode mononobe Rumus ini digunakan apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (2.65)$$

Keterangan :

I = Intensitas hujan, (mm/jam)

t = Lamanya hujan, (jam)

R<sub>24</sub> = Tinggi hujan maksimum dalam 24 jam, (mm)

### 2.3.5 Menentukan Debit Aliran

Menghitung debit puncak aliran dapat menggunakan metode rasional praktis. Metode ini dapat menggambarkan hubungan antara debit limpasan dengan besar curah hujan secara praktis, berlaku untuk luas DAS kurang dari 300 hektar.

$$Q_p = \frac{1}{36} C.I.A \dots\dots\dots (2.66)$$

Keterangan:

$Q_r$  = Debit rencana, ( $m^3/det$ )

$C$  = Koefisien pengaliran

$I$  = Intensitas hujan, ( $mm/jam$ )

$A$  = Luas daerah pengaliran, ( $km^2$ )

0,00278 = Faktor konversi dari  $mm^3/jam$  menjadi  $m^3/det$  ( $0,001 m/360 det$ )

### 2.3.6 Koefisien Aliran Permukaan (C)

Koefisien C didefinisikan sebagai parameter antara puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Bila daerah pengaliran terdiri dari beberapa tipe kondisi permukaan yang mempunyai nilai C berbeda, harga C rata-rata ditentukan dengan persamaan :

$$C = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + C_3A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \dots\dots\dots (3.67)$$

Keterangan:

$A_1, A_2, A_3$  = Luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan, ( $km^2$ )

$C_1, C_2, C_3$  = Koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi Permukaan

Tabel 2. 21 Hubungan Kondisi Permukaan Tanah dan Koefisien Pengaliran (C)

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien pengaliran ( C )*	Faktor Limpasan (fk)
1	Jalan beton dan jalan aspal	0,70 – 0,95	-
2	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40 – 0,70	-
3	Bahu jalan:		-
	- Tanah berbutir halus	0,40 – 0,65	-
	- Tanah berbutir kasar	0,10 – 0,20	-
	- Batuan masif keras	0,70 – 0,85	-
	- Batuan masif lunak	0,60 – 0,75	-
4	Daerah perkotaan	0,70 – 0,95	2
5	Daerah pinggiran kota	0,60 – 0,70	1,5
6	Daerah industri	0,60 – 0,90	1,2
7	Pemukiman padat	0,40 – 0,60	2
8	Pemukiman tidak padat	0,40 – 0,60	1,5
9	Taman dan kebun	0,20 – 0,40	0,2
10	Persawahan	0,45 – 0,60	0,5
11	Perbukitan	0,70 – 0,80	0,4
12	Pegunungan	0,75 – 0,90	0,3

Sumber: (Pd. T-02-2006-B n.d.)

### 2.3.7 Menentukan Waktu Konsetrasi (Tc)

Waktu kosentrasi suatu DAS adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran DAS (titik kontrol) setelah tanah menjadi jenuh dan depresi-depresi kecil terpenuhi.

Waktu kosentrasi dapat juga dihitung dengan membedakannya menjadi dua komponen, yaitu (1) waktu yang diperlukan air untuk mengalir dipermukaan lahan sampai saluran terdekat  $t_0$  dan (2) waktu perjalanan dari pertama masuk saluran sampai titik keluaran  $t_d$ , sehingga :

$$Tc = t_0 + t_d \dots\dots\dots (2.68)$$

$$t_1 = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times L_o \frac{nd}{\sqrt{S}} \right)^{0,167} \dots\dots\dots (2.69)$$

$$t_2 = \frac{L}{60V} \dots\dots\dots (2.70)$$

Keterangan:

$T_c$  = Waktu konsentrasi, (menit)

$t_0$  = Waktu inlet, (menit)

$t_d$  = Waktu aliran, (menit)

$L_o$  = Jarak dari titik terjauh kefasilitas drainase, (m)

$S$  = Kemiringan daerah pengaliran, dapat dilihat pada Tabel 2.23

$L$  = Panjang saluran, (m)

$V$  = Kecepatan air rata-rata diselokan, (m/dt) dapat dilihat pada Tabel 2.24

$N_d$  = Koefisien hambatan, dapat dilihat pada Tabel 2.26

Tabel 2. 22 Kecepatan Aliran Air yang Diizinkan Berdasarkan Jenis Material

No	Jenis Bahan	Kecepatan Aliran yang Diizinkan (m/dt)
1	Pasir halus	0,45
2	Lempung kepasiran	0,5
3	Lanau alivial	0,6
4	Kerikil halus	0,75
5	Lempung kokoh	0,75
6	Lempung padat	1,1
7	Kerikil kasar	1,2
8	Batu-batu besar	1,5
9	Pasangan batu	1,5
10	Beton	1,5
11	Beton betulang	1,5

Sumber: (Pd. T-02-2006-B)

Tabel 2. 23 Kemiringan saluran memanjang ( $i_s$ ) berdasarkan Jenis material

No	Jenis Material	kemiringan saluran ( $i_s$ %)
1	Tanah Asli	0 - 5
2	Kerikil	5 - 7,5
3	Pasangan	7,5

Sumber : (Pd. T-02-2006-B)

Tabel 2. 24 Kemiringan Rata-rata Saluran Terhadap Kecepatan Rata-rata

Kemiringan rata-rata saluran (%)	Kecepatan rata-rata (m/det)
< 1	0,4
1 sampai < 2	0,6
2 sampai < 4	0,9
4 sampai < 6	1,2
6 sampai < 10	1,5
10 sampai < 15	2,4

Sumber : (H.A Halim Hasmar 2012)

Tabel 2. 25 Kecepatan Aliran Air Yang Diijinkan Dan Kemiringan Selokan samping

No	Jenis Bahan	Kecepatan Aliran yang Diizinkan (m/dt)	Kemiringan Selokan samping (%)
1	Pasir halus	0,45	0 - 5
2	Lempung kepasiran	0,5	0 - 5
3	Lanau alivial	0,6	0 - 5
4	Kerikil halus	0,75	0 - 5
5	Lempung kokoh	0,75	5 - 10
6	Lempung padat	1,1	5 - 10
7	Kerikil kasar	1,2	5 - 10
8	Batu-batu besar	1,5	5 - 10
9	Pasangan batu	1,5	10
10	Beton	1,5	10
11	Beton betulang	1,5	10

Sumber : (Pd. T-02-2006-B)

Tabel 2. 26 Koefisien hambatan {nd) berdasarkan kondisi permukaan

No	Kondisi Lapisan Permukaan	Nd
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan licin dan kedap air	0,02
3	Permukaan licin dan kokoh	0,1
4	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,2
5	Padang rumput dan rerumputan	0,4
6	Hutan gundul	0,6
7	Hutan rimbum dan hutan gundul rapat dengan hambaran rumput jarang sampai rapat	0,8

Sumber : (Pd. T-02-2006-B)



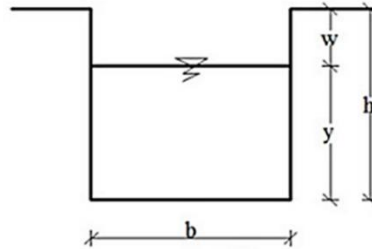
Tabel 2. 27 Harga Kritis Chi-Square

dk	$\alpha$ derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000393	0,0001570	0,0009820	0,0039300	3,8410000	5,0240000	6,6350000	7,8790000
2	0,0100000	0,0201000	0,050600	0,1030000	5,9910000	7,3780000	9,2100000	10,5970000
3	0,0717000	0,1150000	0,216000	0,3520000	7,8150000	9,3480000	11,3450000	12,8380000
4	0,2070000	0,2970000	0,4840000	0,7110000	9,4880000	11,1430000	13,2770000	14,860000
5	0,4120000	0,5540000	0,8310000	1,1450000	11,0700000	12,8320000	15,086000	16,7500000
6	0,676000	0,8720000	1,2370000	1,6350000	12,5920000	14,4490000	16,8120000	18,5480000
7	0,9890000	1,2390000	1,6900000	2,1670000	14,0670000	16,0130000	18,4750000	20,2780000
8	1,3440000	1,646000	2,1800000	2,7330000	15,5070000	17,5350000	20,0900000	21,9550000
9	1,7350000	2,0880000	2,7000000	3,3250000	16,9190000	19,0230000	21,666000	23,5890000
10	2,156000	2,5580000	3,2470000	3,9400000	18,3070000	20,4830000	23,2090000	25,1880000
11	2,630000	3,0530000	3,816000	4,5750000	19,6750000	21,9200000	24,7250000	26,7570000
12	3,0740000	3,5710000	4,4040000	5,226000	21,026000	23,3370000	26,2170000	28,3000000
13	3,5650000	4,1070000	5,0090000	5,8920000	22,3620000	24,736000	27,3880000	29,8190000
14	4,0750000	4,660000	5,6290000	6,5710000	23,6850000	26,1190000	29,1410000	31,3190000
15	4,610000	5,2290000	6,2620000	7,2610000	24,996000	27,4480000	30,5780000	32,8010000
16	5,1420000	5,8120000	6,9080000	7,9620000	26,296000	28,8450000	32,0000000	34,2670000
17	5,6970000	6,4080000	7,5640000	8,6720000	27,5870000	30,1910000	33,4090000	35,7180000
18	6,6250000	7,0150000	8,2310000	9,3900000	28,8690000	31,526000	34,8050000	37,156000
19	6,8440000	7,6330000	8,9070000	10,1170000	30,1140000	32,8520000	36,1910000	38,5820000
20	7,4340000	8,260000	9,5910000	10,8510000	31,1400000	34,1700000	37,566000	39,9970000

dk	$\alpha$ derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
21	8,0340000	8,8970000	10,2830000	11,5910000	32,6710000	35,4790000	38,9320000	41,4010000
22	8,6430000	9,5420000	10,9820000	12,3380000	33,9240000	36,7810000	40,2890000	42,7960000
23	9,2600000	10,1960000	11,6890000	13,0910000	36,1720000	38,0760000	41,6380000	44,1810000
24	9,8860000	10,8560000	12,4010000	13,8480000	36,4150000	39,3640000	42,9800000	45,5580000
25	10,5200000	11,5240000	13,1200000	14,6110000	37,6520000	40,6460000	44,3140000	46,9280000
26	11,1600000	12,1980000	13,8440000	15,3790000	38,8850000	41,9230000	45,6420000	48,2900000
27	11,8080000	12,8790000	14,5730000	16,1510000	40,1130000	43,1940000	46,9630000	49,6450000
28	12,4610000	13,5650000	15,3080000	16,9280000	41,3370000	44,4610000	48,2780000	50,9930000
29	13,1210000	14,2560000	16,0470000	17,7080000	42,5570000	45,7220000	49,5880000	52,3360000
30	13,7870000	14,9530000	16,7910000	18,4930000	43,7330000	46,9790000	50,8920000	53,6720000

### 2.3.8 Dimensi Saluran Dimensi

Penentuan dimensi saluran harus sesuai dengan kebutuhan, sehingga biaya yang dikeluarkan menjadi ekonomis. Bentuk saluran drainase yang umum digunakan adalah bentuk saluran persegi.



Gambar 2. 16 Potongan Melintang Model Persegi

Adapun langkah-langkah dalam menentukan dimensi saluran bentuk persegi adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan bahan saluran, koefisien manning ( $n$ ), kecepatan ( $V$ ) pada saluran yang diijinkan, bentuk saluran, dan kemiringan saluran yang diijinkan. Harga koefisien *manning* ( $n$ ) dapat dilihat pada Tabel 2.28.
- b. Menentukan kecepatan saluran < kecepatan saluran yang diijinkan.

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2.71)$$

- c. Menentukan tinggi jagaan ( $W$ ) dan lebar saluran ( $b$ ), kemudian menghitung jari-jari hidrolis ( $R$ ), tinggi muka air ( $h$ ), dan debit saluran ( $Q_s$ ).

$$A = b.h \dots\dots\dots (2.72)$$

$$P = b + 2h \dots\dots\dots (2.73)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots (2.74)$$

$$W = \sqrt{0,5h} \dots\dots\dots (2.75)$$

Keterangan:

A = Luas penampang basah, (m<sup>3</sup>)

P = Keliling basah, (m)

R = Jari-jari hidrolis, (m)

V = Kecepatan aliran, (m/dt)

n = Koefisien kekasaran manning, bisa dilihat pada Tabel 2.28

I = Kemiringan saluran yang diijinkan

W = Tinggi jagaan, (m)

- d.  $Q_s < Q_r$ , maka dimensi saluran dapat diterima, jika tidak maka perhitungan dimensi saluran harus diulang.

Tabel 2. 28 Angka Kekasaran Manning (n)

No	Tipe Saluran	Baik sekali	Baik	Sedang	Jelek
SALURAN BUATAN					
1	Saluran tanah, lurus teratur	0,017	0,02	0,023	0,025
2	Saluran tanah yang dibuat dengan excavator	0,023	0,028	0,03	0,04
3	Saluran pada dinding bantuan, lurus, teratur	0,02	0,03	0,033	0,035
4	Saluran pada dinding bantuan, tidak lurus, tidak teratur	0,035	0,04	0,045	0,045
5	Saluran batuan yang dibedakan ada tumbuh-tumbuhan	0,025	0,03	0,035	0,04

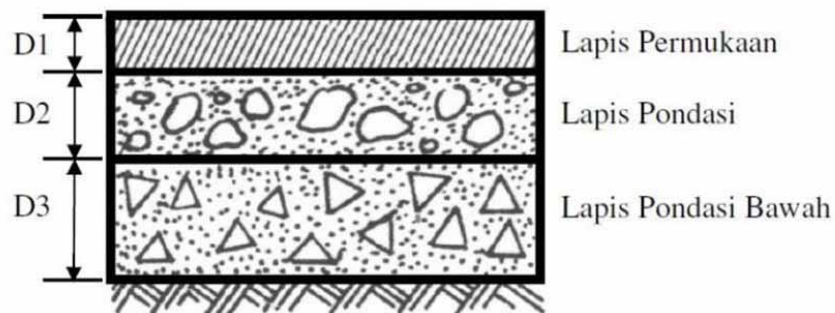
No	Tipe Saluran	Baik sekali	Baik	Sedang	Jelek
6	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0,028	0,03	0,033	0,035
7	Saluran lengkung, dengan kecepatan aliran rendah	0,02	0,025	0,028	0,03
<b>SALURAN ALAM</b>					
8	Bersih, lurus, tidak berpasir, tidak berlubang	0,025	0,028	0,03	0,033
9	Seperti no.8, tetapi ada timbunan atau kerikil	0,03	0,033	0,035	0,04
10	Melengkung, bersih, berlubang dan berdinding pasir	0,03	0,035	0,04	0,045
11	Seperti no.10, dangkal, tidak teratur	0,04	0,045	0,05	0,055
12	Seperti no.10, berbatu dan ada tumbuh-tumbuhan	0,035	0,04	0,045	0,05
13	Seperti no.10, sebagian berbatu	0,045	0,05	0,055	0,06
14	Aliran pelan, banyak tumbuh-tumbuhan dan berlubang	0,05	0,06	0,07	0,08
15	Banyak tumbuh-tumbuhan	0,075	0,1	0,125	0,15
<b>SALURAN BUATAN, BETON, ATAU BATU KALI</b>					
16	Saluran pasangan batu, tanpa penyelesaian	0,025	0,03	0,033	0,035
17	Seperti no.10, tapi dengan penyelesaian	0,017	0,02	0,025	0,03
18	Saluran beton	0,014	0,016	0,019	0,021
19	Saluran beton halus dan rata	0,01	0,011	0,012	0,013
20	Saluran beton pra cetak dengan acuan baja	0,013	0,014	0,014	0,015
21	Saluran beton pra cetak dengan acuan kayu	0,015	0,016	0,016	0,018

Sumber : (Pd. T-02-2006-B)

## 2.4 Perencanaan Tebal Perkerasan

“Perkerasan jalan adalah bagian dari jalur lalu lintas, yang bila kita perhatikan secara struktural pada penampang melintang, merupakan penampang struktur dalam kedudukan yang paling sentral dalam suatu badan jalan. Lalu lintas langsung terkonsentrasi pada bagian ini, dan boleh dikatakan merupakan urat nadi dari suatu konstruksi jalan. Perkerasan jalan dalam kondisi baik maka arus lalu lintas akan berjalan dengan lancar, demikian sebaiknya kalau perkerasan jalan rusak, lalu lintas akan sangat terganggu”. (Ir. Hamirhan Saodang 2005)

Bagian perkerasan jalan umumnya meliputi : lapis pondasi bawah (sub base course), lapis pondasi (base course), dan lapis permukaan (surface course).



Gambar 2. 17 Susunan Lapis Perkerasan Jalan

### 2.4.1 Jenis Konstruksi Perkerasan

Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi:

1. Konstruksi perkerasan lentur (flexible pavement), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
2. Konstruksi perkerasan kaku (rigid pavement), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (portland cement) sebagai bahan pengikat. Pelat beton

dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.

3. Konstruksi perkerasan komposit (composite pavement), yaitu perkerasan lentur yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan lentur, atau perkerasan lentur di atas perkerasan lentur. Sumber: (Silvia Sukirman 2010)

#### 2.4.2 Lalu Lintas

1. Lalu lintas harian rata – rata (LHR)

Lalu lintas harian rata-rata (LHR) setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana, yang dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median atau masing-masing arah pada jalan dengan median

- Lalu lintas harian rata – rata permulaan ( $LHR_p$ )

$$LHR_p = LHR_s \times (1 + i_1)^n \quad (2.76)$$

- Lalu lintas harian rata-rata akhir (LHRA)

$$LHR_A = LHR_p \times (1 + i_2)^n \quad (2.77)$$

2. Rumus-Rumus Lintas Ekuivalen

- Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)

$$LEP = \sum_{j=mp}^n (LHR_{pj}) \times C \times E \quad (2.78)$$

- Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)

$$LEA = \sum_{j=mp}^n (LHR_{Aj}) \times C \times E \quad (2.79)$$

- Lintas Ekuivalen Tengah (LET)

$$LET = \frac{LEP + LEA}{2} \quad (2.80)$$

- Lintas Ekuivalen Rencana (LER)

$$LER = LET \times Fp \quad (2.81)$$

$$F_p = \frac{n_2}{10} \dots\dots\dots (2.82)$$

### 2.4.3 Koefisien Distribusi Kendaraan

Koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada jalur rencana ditentukan menurut daftar di bawah ini:

Tabel 2. 29 Koefisien Distribusi Kendaraan

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan *)		Kendaraan Berat **)	
	1 Arah	2 Arah	1 Arah	2 Arah
1 lajur	1,00	1,00	1,000	1,000
2 lajur	0,6	0,50	0,70	0,500
3 lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 lajur	-	0,30	-	0,450
5 lajur	-	0,25	-	0,425

Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen SKBI 2.3.26.1987

- Berat total < 5 ton, misalnya : Mobil Penumpang, Pick Up, Mobil Hantaran.
- Berat total  $\geq$  5 ton, misalnya : Bus, Truk, Traktor, Semi Trailer, Trailer.

### 2.4.4 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Angka Ekuivalen (E) masing-masing golongan beban umum (Setiap kendaraan) ditentukan menurut rumus daftar sebagai berikut:

$$E.\text{Sumbu Tunggal} = \left( \frac{\text{beban satu sumu tunggal dalam kg}}{816} \right)^4 \dots\dots\dots (2.83)$$

$$E.\text{Sumbu Ganda} = \left( \frac{\text{beban satu sumu ganda dalam kg}}{816} \right)^4 \dots\dots\dots (2.84)$$



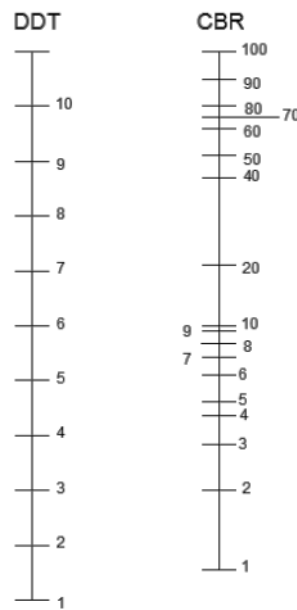
Tabel 2. 30 Angka Ekuivalen (E) Sumbu Kendaraan

Beban Sumbu		Angka Ekuivalen	
Kg	Lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
1000	2205	0,0002	-
2000	4409	0,0036	0,0003
3000	6614	0,0183	0,0016
4000	8818	0,0577	0,0050
5000	11023	0,1410	0,0121
600	13228	0,2923	0,0251
7000	15432	0,5415	0,0466
8000	17637	0,9238	0,0794
816	18000	1,0000	0,086
9000	19841	1,4789	0,1273
10000	22046	2,2555	0,1940
11000	24251	3,3.22	0,2840
12000	26455	4,6770	0,4022
13000	2866	6,4419	0,5540
14000	30863	8,6647	0,7452
15000	33069	11,4184	0,9820
1600	35276	14,7815	1,2712

Sumber: (SKBI-2.3.26.1987 1987)

#### 2.4.5 Daya Dukung Tanah Dasar (DDT dan CBR)

Daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan grafik korelasi DDT dan CBR. CBR diperoleh dari hasil pemeriksaan contoh tanah yang telah disiapkan di laboratorium atau langsung di lapangan, nilai CBR yang digunakan disebut CBR rencana atau CBR desain.



Gambar 2. 18 Kolerasi DDT dan CBR

Catatan: Hubungan nilai CBR dengan garis mendatar sebelah kiri diperoleh nilai DDT.

#### 2.4.6 Faktor Regional

Faktor regional bisa juga disebut faktor koreksi sehubungan dengan perbedaan kondisi tertentu. Kondisi-kondisi yang dimaksud antara lain keadaan lapangan dan iklim yang dapat mempengaruhi keadaan pembebanan daya dukung tanah dan perkerasan. Dengan demikian dalam penentuan tebal perkerasan ini Faktor Regional hanya dipengaruhi bentuk alinemen (Kelandaian dan Tikungan).

Tabel 2. 31 Prosentase Kendaraan Berat dan yang Berhenti Sesuai Iklim

	Kelandaian I (<6 %)		Kelandaian I (6-10 %)		Kelandaian II (>10 %)	
	% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat	
	≤ 30%	> 30%	≤ 30%	> 30%	≤ 30%	> 30%
Iklm I < 900 mm/tahun	0,5	1,0 – 1,5	1,0	1,5 – 2,0	1,5	2,0 – 2,5
Iklm II ≥ 900 mm/tahun	1,5	2,0 – 2,5	2,0	2,0 – 3,0	2,5	3,0 – 3,5

### 2.4.7 Indeks Permukaan (IP)

Indeks Permukaan ini menyatakan nilai dari pada kerataan / kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu-lintas yang lewat.

Adapun beberapa nilai IP beserta artinya adalah sebagai berikut :

IP = 1,0 : adalah menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan.

IP = 1,5 : adalah tingkat pelayanan rendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus).

IP = 2,0 : adalah tingkat pelayanan rendah bagi jalan yang mantap

IP = 2,5 : adalah menyatakan permukaan jalan masih cukup stabil dan baik.

Tabel 2. 32 Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana (IPt)

LER = Lintas Ekuivalen Rencana *)	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0 – 1,5	1,5	1,5 – 2,0	-
10 – 100	1,5	1,5 – 2,0	2	-
100 – 1000	1,5 – 2,0	2	2,0 – 2,5	-
> 1000	-	2,0 – 2,5	2,5	2,5

\*) LER dalam satuan angka ekuivalen 8,16 ton beban sumbu tunggal

Dalam menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan / kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana menurut daftar di bawah ini:

Tabel 2. 33 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)

Jeni Lapis Perkerasan	Ipo	Rougnnes *) mm/km
LASTON	$\geq 4,0$	$\leq 1000$
	3,9 – 3,5	$> 1000$
LASBUTAG	3,9 – 3,5	$\leq 2000$
	3,4 – 3,0	$> 2000$
HRA	3,9 – 3,5	$\leq 2000$
	3,4 – 3,0	$< 2000$
BURDA	3,9 – 3,5	$< 2000$
		$< 2000$
BURTU	3,4 – 3,0	$< 2000$
LAPEN	3,4 – 3,0	$\leq 3000$
	2,9 – 2,5	$> 3000$
LATASBUM	2,9 – 2,5	-
BURAS	2,9 – 2,5	-
LATASIR	2,9 – 2,5	-
JALAN TANAH	$\leq 2,4$	-
JALAN KERIKIL	$\leq 2,4$	-

#### 2.4.8 Koefisien Kekuatan Relative (a)

Koefisien kekuatan relative (a) masing-masing bahan dan kegunaan sebagai lapis permukaan pondasi bawah, ditentukan secara korelasi sesuai nilai Marshall Test (untuk bahan dengan aspal), kuat tekan untuk (bahan yang distabilisasikan dengan semen atau kapur) atau CBR (untuk bahan lapis pondasi atau pondasi bawah).

Tabel 2. 34 Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien Kekutan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	Ms (kg)	Kt kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	
0,4		-	744	-	-	LASTON
0,35		-	590	-	-	
0,32		-	454	-	-	
0,30		-	340	-	-	
0,35		-	744	-	-	LASBUTAG
0,31		-	590	-	-	
0,28		-	454	-	-	
0,26		-	340	-	-	
0,30		-	340	-	-	HRA
0,26		-	340	-	-	Aspal Macadam
0,25		-	-	-	-	LAPEN (mekanis)
0,20		-	-	-	-	LAPEN (manual)
-	0,28	-	590	-	-	LASTON ATAS
-	0,26	-	454	-	-	
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	LAPEN (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	LAPEN (manual)
-	0,15	-	-	22	-	Stab. Tanah dengan semen
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stab. Tanah dengan kapur
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Pondasi Macadam (Basah)
-	0,12	-	-	-	6	Pondasi Macadam
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah (A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah (B)
-	0,12	-	-	-	6	Batu pecah (C)
-	-	0,13	-	-	70	Sitru/pitrun (A)
-	-	0,12	-	-	50	Sitru/pitrun (B)
-	-	0,11	-	-	30	Sitru/pitrun (C)
-	-	0,10	-	-	20	Tanah/lempung kepasiran

### 2.4.9 Batas – Batas Minimum Tebal Perkerasan

#### 1. Lapis permukaan

Tabel 2. 35 Lapis permukaan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	5	Lapis pelindung : (Buras/Burtu,Burda)
3,00 – 6,70	5	Lapan/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
6,71 – 7,49	7,5	Lapan/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
7,50 – 9,99	7,5	Lasbutag, Laston
≥ 10,00	10	Laston

#### 2. Lapis Pondasi Atas

Tabel 2. 36 Lapis Pondasi atas

ITP	Tebal Minimum	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
3,00 – 7,49	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
	10	Laston atas
7,50 – 9,99	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam
	15	Laston atas
10 – 12,14	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapan, Laston atas
≥ 12,25	25	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapan, Laston atas

\*) batas 20 cm tersebut dapat diturunkan menjadi 15 cm bila untuk pondasi bawah digunakan material berbutir kasar.

3. Lapis pondasi bawah

Untuk setiap nilai ITP bila digunakan pondasi bawah, tebal minimum adalah 10 cm.

**2.4.10 Analisa Komponen Perkerasan**

Penghitungan ini didistribusikan pada kekuatan relatif masing-masing lapisan perkerasan jangka tertentu (umur rencana) dimana penentuan tebal perkerasan dinyatakan oleh Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Rumus:

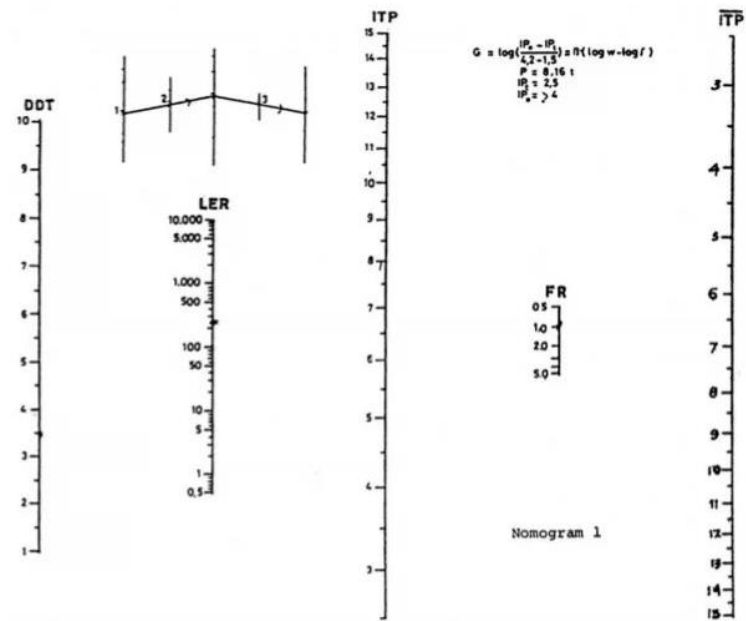
$$ITP = \alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2 + \alpha_3 D_3 \dots\dots\dots (2.85)$$

Keterangan:

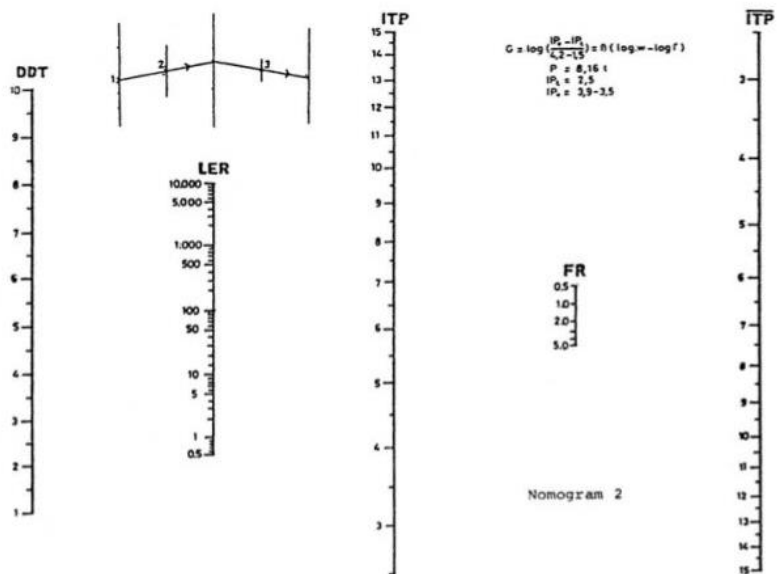
$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  = Koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan (daftar VII)

$D_1, D_2, D_3$  = Tebal masing-masing lapis perkerasan (cm)

Angka 1,2,3 masing-masing lapis permukaan, lapis pondasi atas dan pondasi bawah.

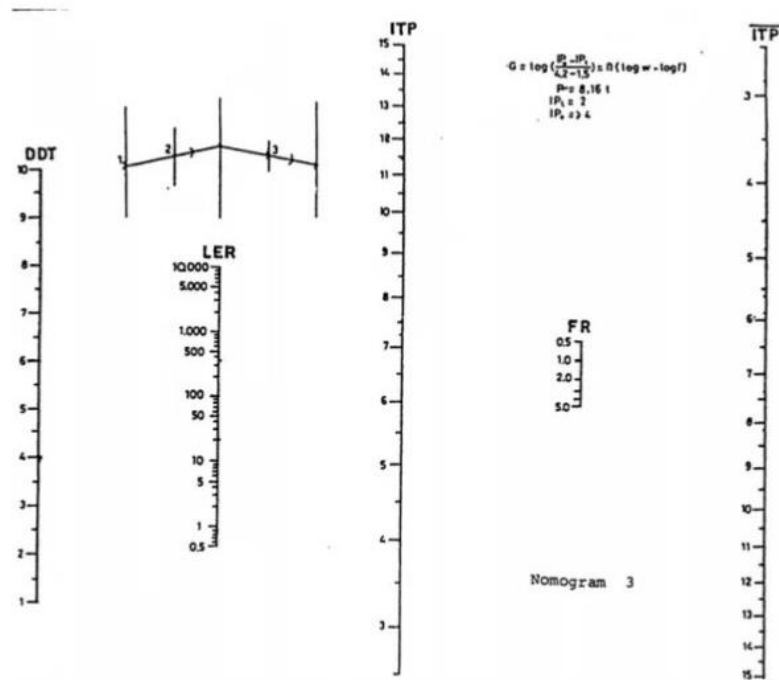
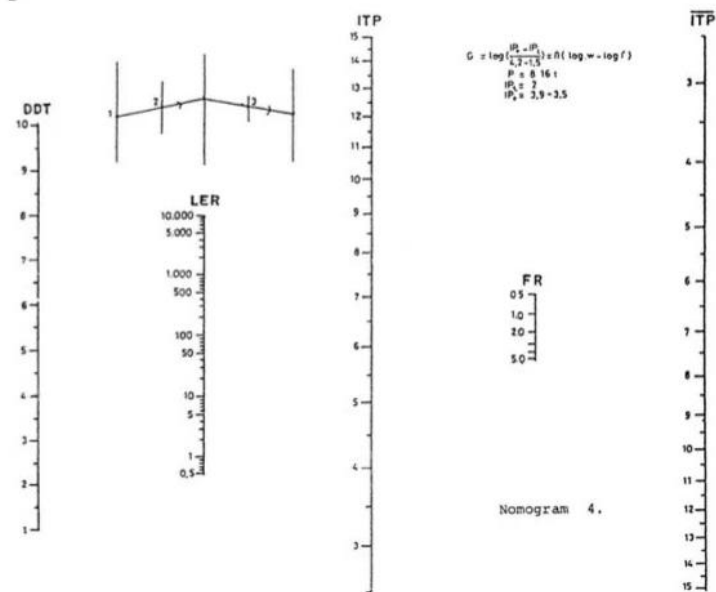


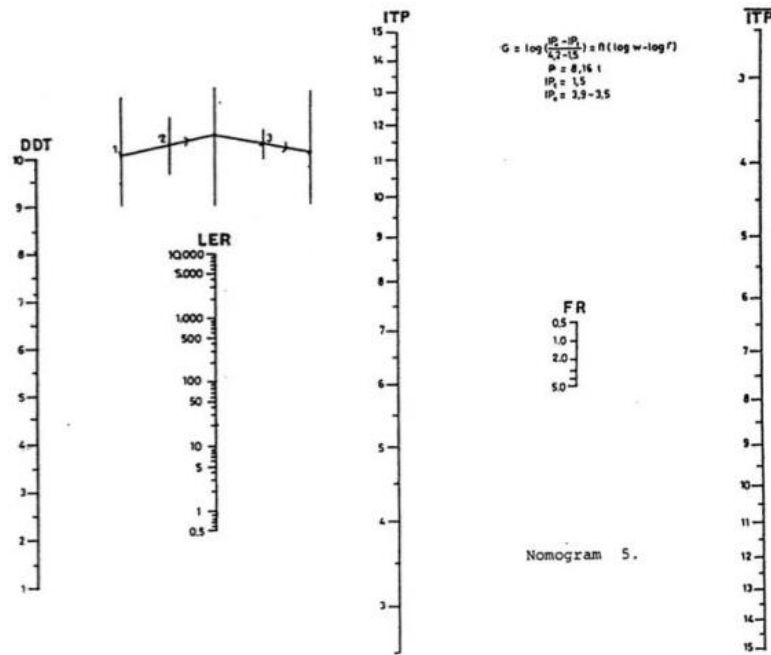
Gambar 2. 19 Nomogram 1 untuk Ipt = 2,5 dan Ipo =  $\geq 4$



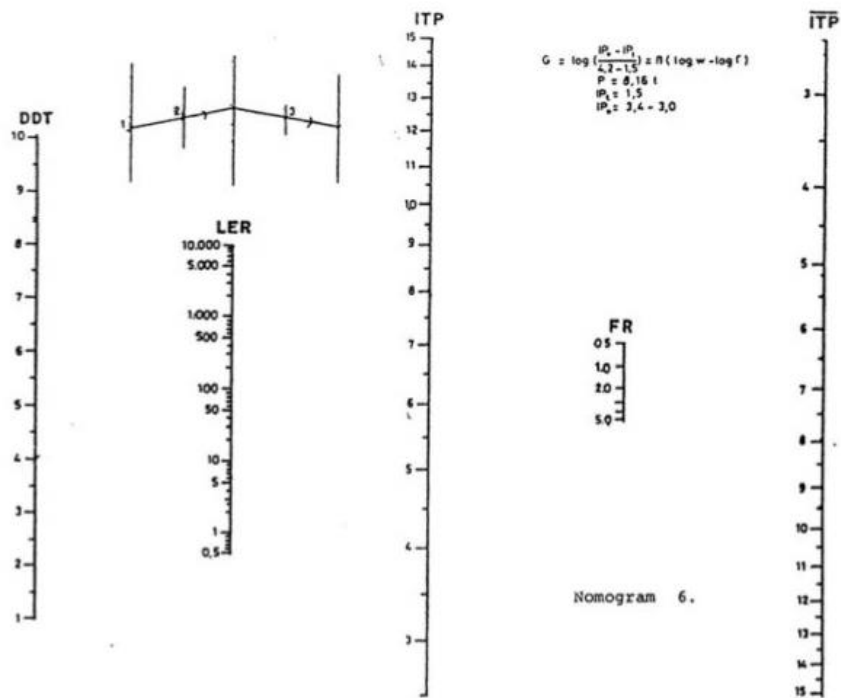
Gambar 2. 20 Nomogram 2 untuk Ipt = 2,5 dan Ipo = 3,9 – 3,5



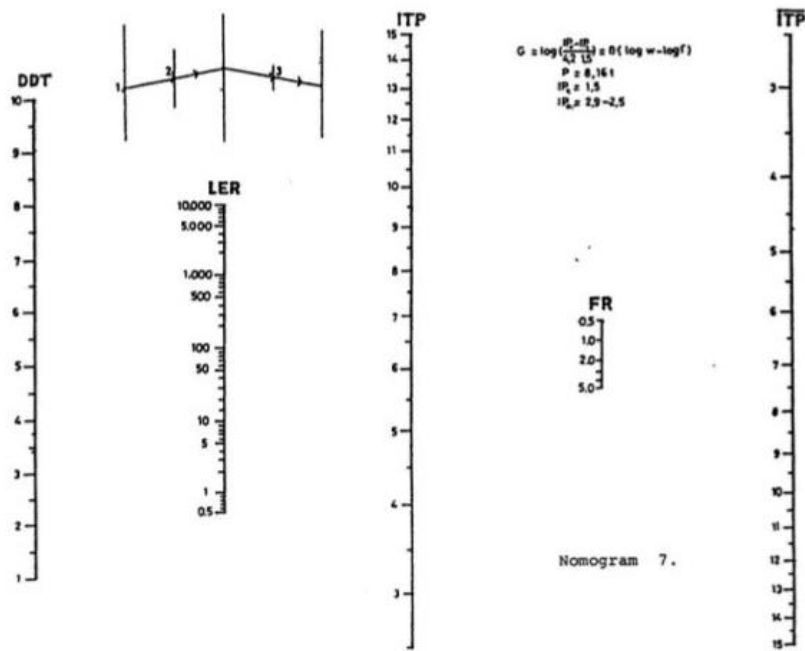
Gambar 2. 21 Nomogram 3 untuk  $I_{pt} = 2$  dan  $I_{po} \geq 4$ Gambar 2. 22 Nomogram 4 untuk  $I_{pt} = 2$  dan  $I_{po} 3,9 - 3,5$



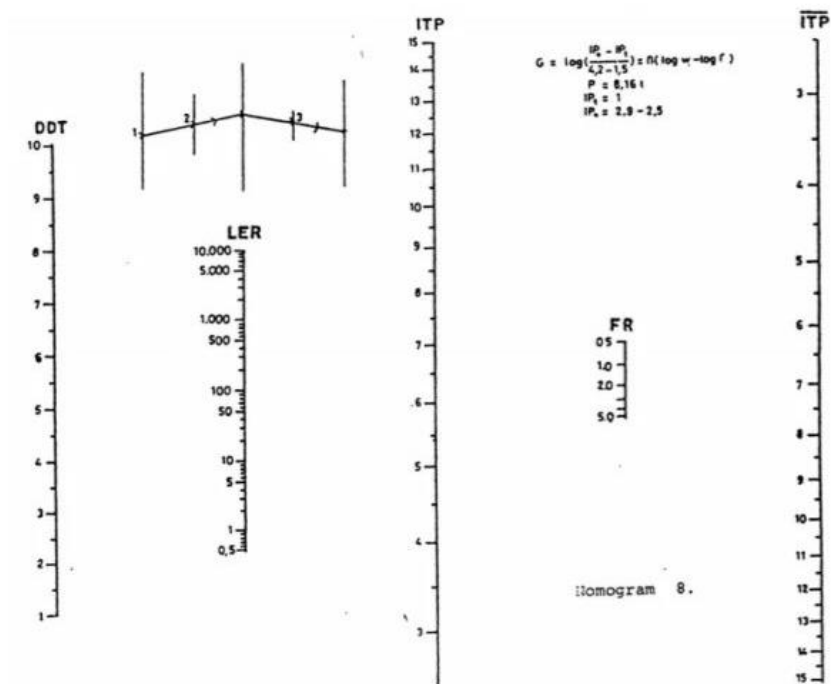
Gambar 2. 23 Nomogram 5 untuk  $Ipt = 1,5$  dan  $Ipo = 3,9 - 3,5$



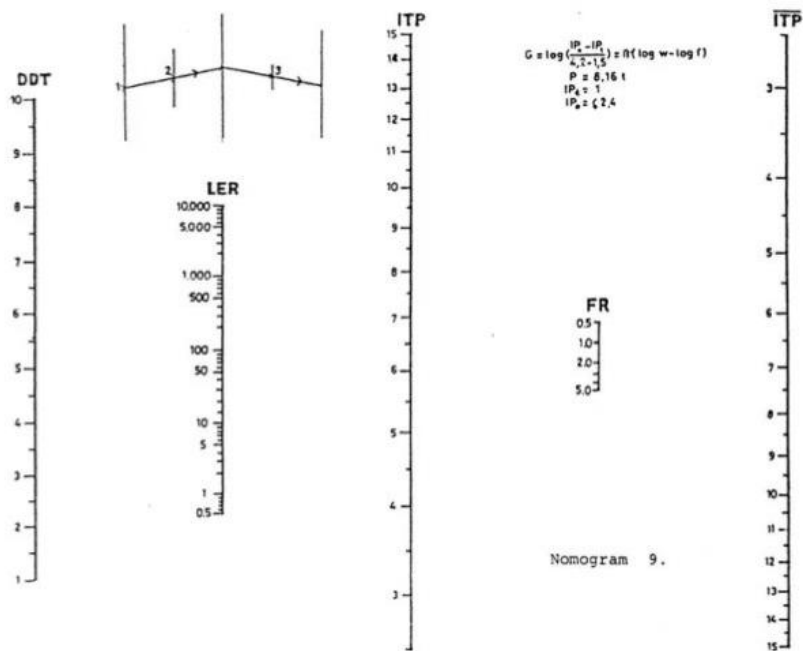
Gambar 2. 24 Nomogram 6 untuk  $Ipt = 1,5$  dan  $Ipo = 3,4 - 3,0$



Gambar 2. 25 Nomogram 7 untuk Ipt = 1,5 dan Ipo 2,9 – 2,5



Gambar 2. 26 Nomogram 8 untuk Ipt = 1 dan Ipo 2,9 – 2,5



Gambar 2. 27 Nomogram 9 untuk  $I_{pt} = 1$  dan  $I_{po} \geq 2,4$

## 2.5 Rencana Anggaran Biaya

Pada pekerjaan jalan dibutuhkan suatu analisis rencana anggaran biaya, agar diketahui berapa besar biaya yang nantinya akan digunakan pada suatu proyek pembangunan jalan. Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada suatu pembangunan infrastruktur adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan, alat dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek. Anggaran biaya merupakan harga dari bahan atau material, alat dan upah yang dihitung dengan teliti dan cermat. Anggaran biaya pada proyek yang sama akan berbeda-beda di masing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

Anggaran merupakan perencanaan secara detail perkiraan biaya bagian atau keseluruhan kegiatan proyek, yang selanjutnya digunakan untuk menerapkan

fungsi pengawasan dan pengendalian biaya dan waktu pelaksanaan. Anggaran biaya proyek dapat didefinisikan sebagai perencanaan biaya yang akan dikeluarkan sehubungan adanya suatu proyek dengan rencana kerja dan syarat-syarat RKS tertentu, yang dihitung oleh *cost estimator* dan disetujui oleh *owner*.

Untuk menentukan besarnya biaya yang diperlukan terlebih dahulu harus diketahui volume dari pekerjaan yang direncanakan. Pada umumnya perencanaan jalan tidak lepas dari masalah galian maupun timbunan. Besarnya galian dan timbunan yang akan dibuat dapat dilihat pada gambar *Long Profile*. Sedangkan volume galian dapat dilihat melalui gambar *Cross Section*.

### **2.5.1 Analisa Harga Satuan**

Dalam membuat Analisa harga satuan setiap satuan pengukuran tergantung pada metoda pelaksanaan pekerjaan atau cara kerja yang digunakan sehingga rumusan analisa harga satuan yang diperoleh mencerminkan harga aktual di lapangan. Dalam penerapannya, perhitungan harga satuan harus disesuaikan dengan Spesifikasi Teknis yang digunakan, peraturan-peraturan dan ketentuan-ketentuan yang berlaku, serta pertimbangan teknis terhadap situasi dan kondisi lapangan setempat.

Harga satuan setiap mata pembayaran yang merupakan luaran(*output*) diperoleh melalui proses perhitungan dan masukan. Dalam hal ini, masukan yang dimaksud antara lain berupa harga satuan dasar untuk bahan, alat, upah tenaga kerja serta biaya umum. Analisa harga satuan diambil dari Harga Satuan Dasar Upah dan Harga Satuan Bahan serta Biaya Operasi Peralatan Departemen Pekerjaan Umum Kabupaten Ciamis Tahun Anggaran 2021.