

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Pengertian Perencanaan Geometric Jalan Raya

2.1.1 Umum

Perencanaan geometrik jalan raya merupakan bagian dari perencanaan jalan yang di titik 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.

Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, nyaman, dan efisien pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan rasio tingkat penggunaan biaya pelaksanaan ruang.

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

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

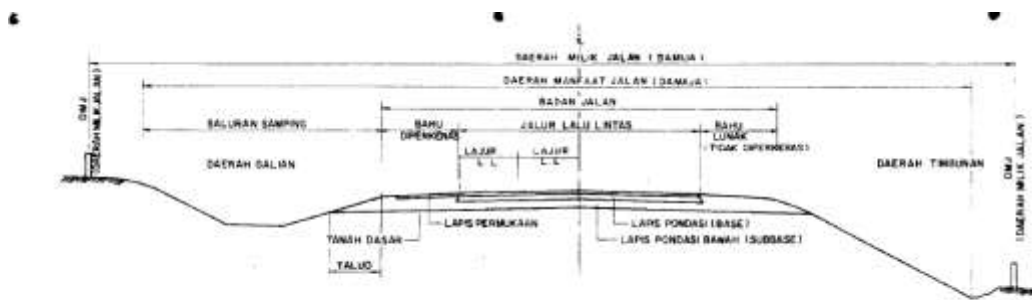
geometrik dan tebal perkerasan yang diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya.

2.1.2 Penampang Melintang Jalan

Penampang melintang jalan merupakan potongan melintang tegak lurus sumbu jalan. Pada potongan melintang jalan dapat terlihat bagian-bagian jalan.

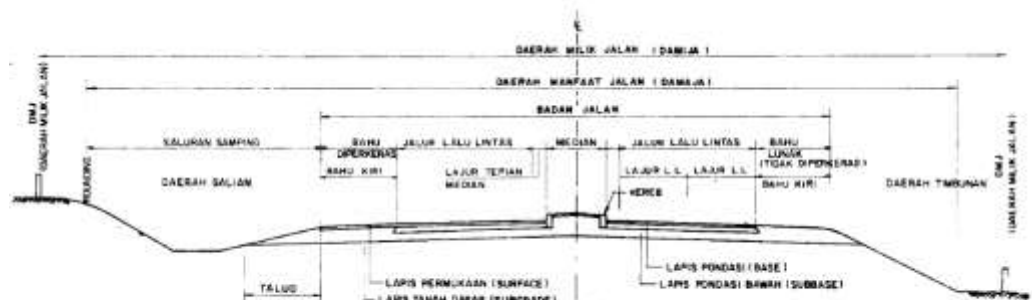
Bagian-bagian jalan yang utama dapat dikelompokkan sebaagai berikut :

- A. Bagian yang langsung berguna untuk lalu lintas
 - Jalur lalulintas
 - Lajur lalulintas
 - Bahu jalan
 - Trotoar
 - Median
- B. Bagian yang berguna untuk drainase jalan
 - Saluran samping
 - Kemiringan melintang jalur lalulintas
 - Kemiringan melintang bahu
 - Kemiringan lereng
- C. Bagian pelangkap jalan
 - Krib dan Pengaman tepi
- D. Bagian konstruksi jalan
 - Lapisan perkerasan jalan
 - Lapisan pondasi atas
 - Lapisan pondasi bawah
 - Lapisan tanah dasa
- E. Daerah manfaat jalan (damaja)
- F. Daerah milik jalan (damija)
- G. Daerah pengawasan jalan (dawasja)



Gambar 2.1 Penampang Melintang Jalan Tanpa Median

Sumber : Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan Raya; Silvia Sukirman (Nova 1999)



Gambar 2.2 Penampang Melintang Jalan Dengan Median

Sumber : Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan Raya; Silvia Sukirman (Nova 1999)

2.2. Klasifikasi jalan raya

Klasifikasi jalan merupakan aspek penting yang pertama kali harus diidentifikasi sebelum melakukan perancangan jalan. Karena kriteria desain suatu rencana jalan yang ditentukan dari standar desain ditentukan oleh klasifikasi jalan raya. Klasifikasi jalan raya dibagi dalam beberapa kelompok (TPGJAK No.038/T/BM/1997), yaitu :

a. Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

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 tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.

3. Jalan Lokal

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

b. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas yang dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST), dalam Klasifikasi menurut fungsi, kelas beban, dan medan. Disusun pada table berikut :

Tabel 2.1 Ketentuan klasifikasi : Fungsi, Kelas Beban, Medan

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	IIIA	8
Kolektor	IIIA	8
	IIIB	
Lokal	IIIC	Tidak Ditentukan
Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
Datar	D	< 3
Perbukitan	B	3 – 25
Pegunungan	G	< 25

Sumber : TPGJAK No 038/T/BM/1997

Klasifikasi menurut wewenang pembinaan jalan (Administratif) sesuai PP.

No. 26 / 1985 : Jalan Nasional, Jalan Propinsi
Jalan Kabupaten/Kotamadya
Jalan Desa dan Jalan Khusus

Keterangan : Datar (D), Perbukitan (B) dan Pegunungan (G)

c. Klasifikasi Jalan Menurut Volume Lalu Lintas

Menurut Peraturan Perencanaan geometrik Jalan Raya (PPGJR) No.13 tahun 1970, klasifikasi jalan dikelompokkan menurut kapasitas lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang dilayani dalam satuan SMP.

Tabel 2.2 Klasifikasi jalan dalam LHR

(S

No.	Fungsi	Kelas	Lalulintas Harian (smp)
1	Jalan Arteri	I	>20000
2	Jalan Kolektor	II A II B II C	6000 – 20000 1500 – 8000 < 2000
3	Jalan Lokal	III	-

Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya No.13 tahun 1970.)

2.3. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana (V_r) pada 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 lenggang, dan tanpa pengaruh samping jalan yang berarti.

Tabel 2.3 Kecepatan Rencana (V_r) sesuai klasifikasi fungsi dan klasifikasi medan.

fungsi	Kecepatan rencana, V_r , 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 : TPGJAK No 038/T/BM/1997

VLHR (smp hari)	ARTERI				KOLEKTOR				LOKAL			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	lebar jalur (m)	Lebar jalur (m)	Lebar jalur (m)	Lebar jalur (m)	Lebar jalur (m)	Lebar jalur (m)	Lebar jalur (m)	Lebar jalur (m)	Lebar jalur (m)	Lebar jalur (m)	Lebar jalur (m)	Lebar jalur (m)
<3000	6	1,5	4,5	1	6	1,5	4,5	1	6	1	4,5	1
3000-10000	7	2	6	1,5	7	1,5	6	1,5	7	1,5	6	1
10000-25000	7	2	7	2	7	2	**)	**))	-	-	-	-
>25000	2n x 3,5*)	2,5	2 x 7*	2	2n x 3,5*)	2	**))	**))	-	-	-	-

Tabel 2.4 Penentuan lebar jalur dan bahu

Sumber : TPGJAK No 038/T/BM/1997

Keterangan:

**) = Mengacu pada persyaratan ideal

*) = 2 jalur terbagi, masing – masing $n \times 3,5$ m, di mana n = Jumlah lajur per jalur

- = Tidak ditentukan

2.4. Perencanaan Geometrik

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal.

Alinyemen horizontal dikenal juga dengan nama “situasi jal” ata “trase jalan”.

Alinyemen horizontal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung atau umum

disebut tikungan yang terdiri dari 3 jenis tikungan yang digunakan, yaitu :

- Lingkaran (Full Circle = F-C)
- Spiral-Lingkaran-Spiral (Spiral- Circle- Spiral = S-C-S)

- Spiral-Spiral (S-S)

a) 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 penghitungan lengkung horizontal dari buku TPGJAK :

$$R_{\min} = \frac{V_r^2}{127 \times (e + f)} \dots\dots\dots (2.1)$$

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

keterangan : Rd : Jari-jari lengkung (m)
Dd : Derajat lengkung (°)

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

$$f_{maks} = 0,192 - (0,00065 \times V_r) \dots\dots\dots (2.3)$$

$$R_{\min} = \frac{V_r^2}{127 \times (e_{maks} + f_{maks})} \dots\dots\dots (2.4)$$

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

Keterangan : Rmin : Jari-jari tikungan minimum, (m)
Vr : Kecepatan kendaraan rencana, (km/jam)

e_{maks} : Superelevasi maksimum, (%)
 f_{maks} : Koefisien gesekan melintang maksimum
 D_d : Derajat lengkung ($^{\circ}$)
 D_{maks} : Derajat maksimum

Untuk perhitungan, digunakan $e_{maks} = 10\%$ sesuai tabel

Tabel 2.5 panjang jari-jari minimum (dibulatkan) untuk $e_{maks} = 10\%$

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

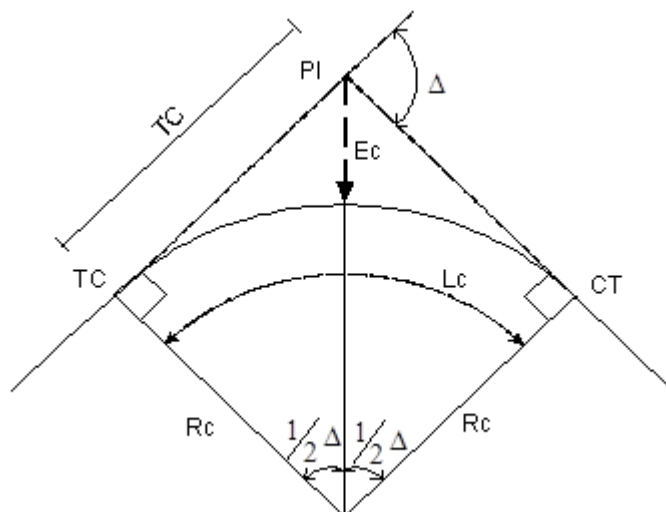
Sumber : TPGJAK No 038/T/BM/1997

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

80 – 112 km/jam berlaku $f_{maks} = -0,00125 V + 0,24$

2.4.1 Alinyemen Horizontal

1. Untuk lengkung busur lingkaran sederhana (Full Circle)



Gambar 2.3 Lengkung busur lingkaran sederhana (Full Circle)

Keterangan :

- Δ = Sudut Tikung
- O = Titik Pusat Tikung
- TC = Titik peralihan dari tangen ke bentuk busur lingkaran (Circle)
- CT = Titik peralihan dari busur lingkaran (Circle) ke tangen
- R_c = Jari – jari lingkaran

T_c = Panjang Tangen (jarak dari TC ke PI atau PI ke TC)
 L_c = Panjang Busur Lingkaran
 E_c = Jarak antara titik PI dan busur lingkaran

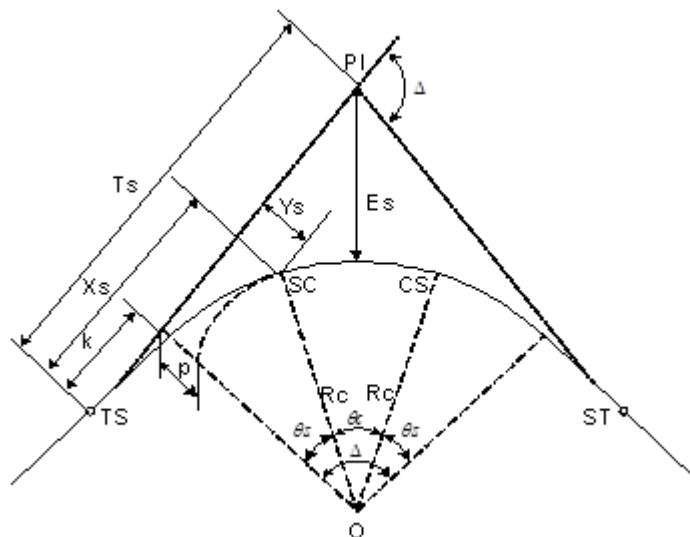
Dengan Rumus :

$$T_c = R_c \tan \frac{1}{2} \Delta \quad \dots\dots\dots(2.6)$$

$$E_c = T_c \tan \frac{1}{4} \Delta \quad \dots\dots\dots(2.7)$$

$$L_c = 0,01745. \Delta .R \quad \dots\dots\dots(2.8)$$

2. Untuk Spiral – Circle – Spiral (S-C-S) :



Gambar 2.4 Lengkung Spiral – Lingkaran – Spiral (S-C-S)

Keterangan :

X_s = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik ST ke SC (jarak lurus lengkung peralihan)
 Y_s = Jarak tegak lurus ketitik SC pada lengkung
 L_s = Panjang lengkung peralihan(Panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST)
 L_c = Panjang busur lingkaran (panjang dari titik SC ke CS)
 T_s = Panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST
 TS = Titik dari tangen ke spiral
 SC = Titik dari spiral ke lingkaran
 E_s = Jarak dari PI ke busur lingkaran
 θ_s = Sudut lengkung spiral

R_c = Jari-jari lingkaran
 p = Pergeseran tangen terhadap spiral
 k = Absis dari p pada garis tangen spiral

Dengan rumus:

$$\theta_s = \frac{L_s \times 360}{2 \times R_d \times 2\pi} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$\Delta c = \Delta PI - (2 \times \theta_s) \dots\dots\dots(2.10)$$

$$X_s = L_s \times \left(1 - \frac{L_s^2}{40 \times R_d^2} \right) \dots\dots\dots(2.11)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 \times R_d} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$P = Y_s - R_d \times (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots(2.13)$$

$$K = X_s - R_d \times \sin \theta_s \dots\dots\dots(2.14)$$

$$E_t = \frac{R_d + p}{\cos(\frac{1}{2}\Delta)} - R_r \dots\dots\dots(2.15)$$

$$T_t = (R_d + p) \times \tan(\frac{1}{2}\Delta PI) + K \dots\dots\dots(2.16)$$

$$L_c = \frac{\Delta c \times 2 \times \pi \times R_d}{360} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$L_{tot} = L_c = (2 \times L_s) \dots\dots\dots(2.18)$$

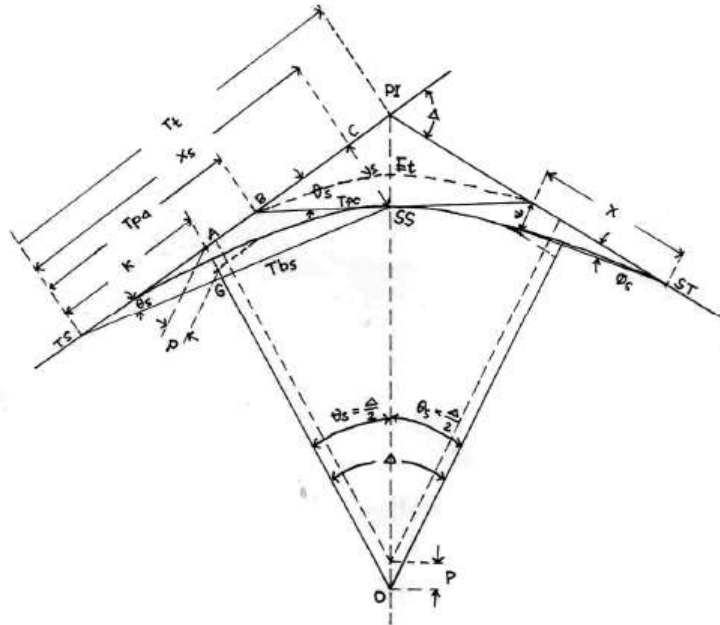
Jika P yang dihitung dengan rumus di bawah, maka ketentuan tikungan yang digunakan bentuk S-C-S.

$$P = \frac{L_s^2}{24R_d} < 0,25 \text{ m} \dots\dots\dots(2.19)$$

Untuk $L_s = 1,0 \text{ m}$ maka $p = p'$ dan $k = k'$

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

3. Untuk Spiral – Spiral (S-S) :



Gambar 2.5 Lengkung Spiral – Spiral (S- S)

Untuk bentuk spiral-spiral berlaku rumus sebagai berikut:

$$\theta_s = 1/2\Delta \quad \dots\dots\dots(2.20)$$

$$L_{tot} = 2L_s \quad \dots\dots\dots(2.21)$$

Untuk menentukan θ_s rumus sama dengan lengkung peralihan.

$$L_s = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R_c}{90} \quad \dots\dots\dots(2.22)$$

P, K, T_s , dan E_s rumus sama dengan lengkung peralihan.

Tabel 2.6 Panjang lengkung peralihan minimum dan superelevasi (e maksimum = 10% metode Bina Marga)

D (O)	R (m)	V = 50 km/jam		V = 60 km/jam		V =7 0km/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	60	LP	70	LP	75
0,750	1910	LN	0	LP	50	LP	60	0,020	70	0,025	75
1,000	1432	LP	45	LP	50	0,021	60	0,027	70	0,033	75
1,250	1146	LP	45	LP	50	0,025	60	0,033	70	0,040	75
1,500	955	LP	45	0,023	50	0,030	60	0,038	70	0,047	75
1,750	819	LP	45	0,026	50	0,035	60	0,044	70	0,054	75
2,000	716	LP	45	0,029	50	0,039	60	0,049	70	0,060	75
2,500	573	0,026	45	0,036	50	0,047	60	0,059	70	0,072	75
3,000	477	0,030	45	0,042	50	0,055	60	0,068	70	0,081	75
3,500	409	0,035	45	0,048	50	0,062	60	0,076	70	0,089	75
4,000	358	0,039	45	0,054	50	0,068	60	0,082	70	0,095	75
4,500	318	0,043	45	0,059	50	0,074	60	0,088	70	0,099	75
5,000	286	0,048	45	0,064	50	0,079	60	0,093	70	0,100	75
6,000	239	0,055	45	0,073	50	0,088	60	0,098	70	Dmaks = 5,12	
7,000	205	0,062	45	0,080	50	0,094	60	Dmaks = 6,82			
8,000	179	0,068	45	0,086	50	0,098	60				
9,000	159	0,074	45	0,091	50	0,099	60				
10,000	143	0,079	45	0,095	60	D maks = 9,12					
11,000	130	0,083	45	0,098	60						
12,000	119	0,087	45	0,100	60						
13,000	110	0,091	50	D maks =12,79							
14,000	102	0,093	50								
15,000	95	0,096	50								
16,000	90	0,097	50								
17,000	84	0,099	60								
18,000	80	0,099	60								
19,000	75	D maks = 18,85									

Keterangan :

LN = lereng jalan normal diasumsikan = 2%

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

Ls = diperhitungkan dengan mempertimbangkan rumus modifikasi Shortt, landai relatif maksimum, jarak tempuh 2 detik, dan lebar perkerasan 2 x 3,75 m

Sumber : Dasar – dasar Perencanaan Geometrik Jalan, oleh Silvia Sukirman, 1994

2.4.1.1 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 $\leq 2,5$ menit (Sesuai V_r).

Fungsi	Panjang bagian lurus maksimum (m)		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	3000	2500	2000
Kolektor	2000	1750	1500

Tabel 2.7 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Sumber : TPGJAK No 038/T/BM/1997

2.4.1.2 Landai Relatif

Proses pencapaian kemiringan melintang sebesar superelevasi dari kemiringan melintang jalan normal ke kemiringan melintang jalan sebesar elevasi pada lengkung berbentuk busur lingkaran, mengakibatkan peralihan tinggi perkerasan sebelah luar dari elevasi kemiringan normal pada jalan lurus ke elevasi sesuai kemiringan superelevasi pada busur lingkaran.

Landai relatif (L/M) adalah besarnya kelandaian akibat perbedaan elevasi tepi perkerasan sebelah luar sepanjang lengkung peralihan. Perbedaan elevasi didasarkan pada tinjauan perubahan bentuk penampang melintang jalan, belum merupakan gabungan dari perbedaan elevasi akibat kelandaian vertikal jalan.

Menurut Bina Marga, landai relatif :

$$1/m = h/L_s$$

$$1/m = \frac{(e + e_n)B}{L_s} \dots\dots\dots(2.23)$$

Keterangan :

- $1/m$ = landai relatif
 L_s = panjang lengkung peralihan
 B = lebar jalur 1 arah, m
 E = superelevasi, m/m'
 e_n = kemiringan melintang normal m/m'

Besarnya landai relatif maksimum dipengaruhi oleh kecepatan dan tingkah laku pengemudi.

Tabel 2.8 Nilai Kelandaian Relatif maksimum

Kecepatan Rencana km/jam	Kelandaian Relatif Maksimum
	Bina Marga (luar kota)
20	1/50
30	1/75
40	1/100
50	1/115
60	1/125
80	1/150
100	

Sumber : *Konstruksi Jalan Raya, IR. Hamirhan Saodang, MSCE*

Dari batasan landai relatif maksimum dapat ditentukan panjang lengkung peralihan minimum yang dibutuhkan :

Tabel 2.9 Rumus Panjang Peralihan

Menurut Bina Marga

Landai Relatif : $1/m = h/L_s$

$M.m_{\text{maksimum}}$

$$\frac{(e + e_n)B}{L_s} \leq \frac{1}{m_{\text{maks}}}$$

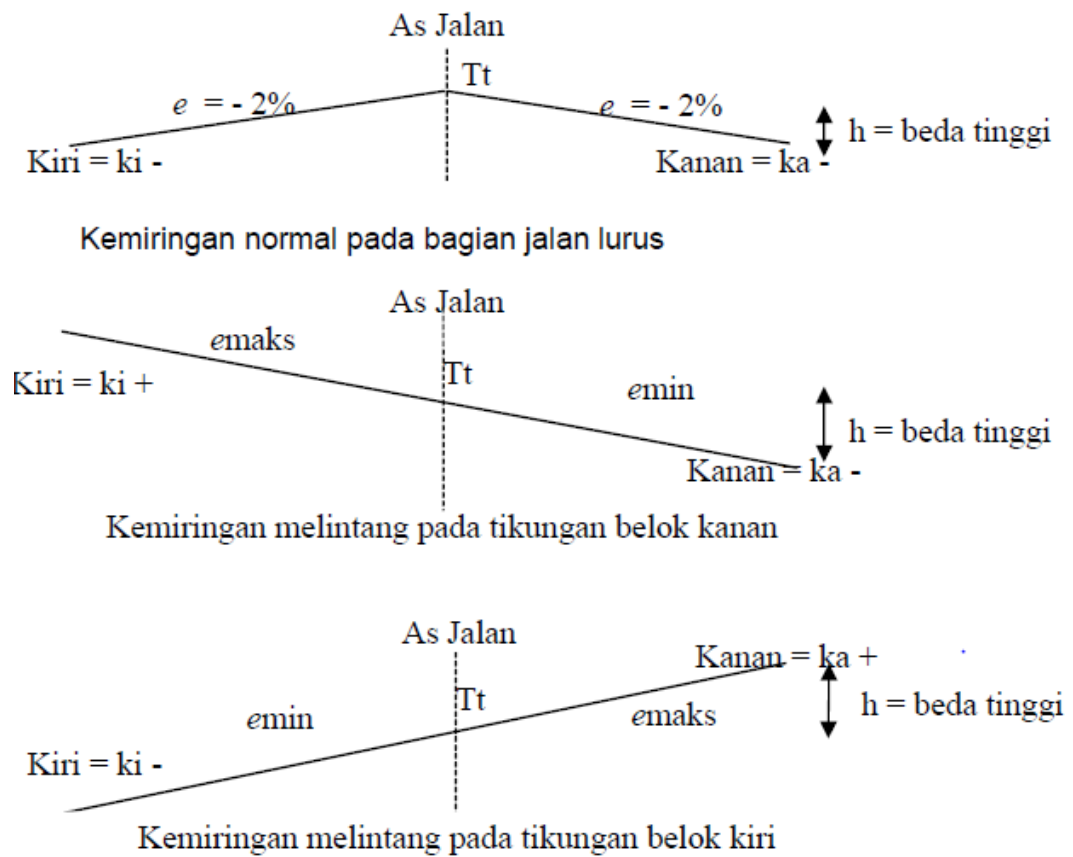
$$L_s \geq (e + e_n)B \cdot m_{\text{maksimum}}$$

Sumber : *Konstruksi Jalan Raya, IR. Hamirhan Saodang, MSCE*

2.4.1.3 Diagram Superelevasi

Super elevasi adalah kemiringan melintang jalan pada daerah tikungan.

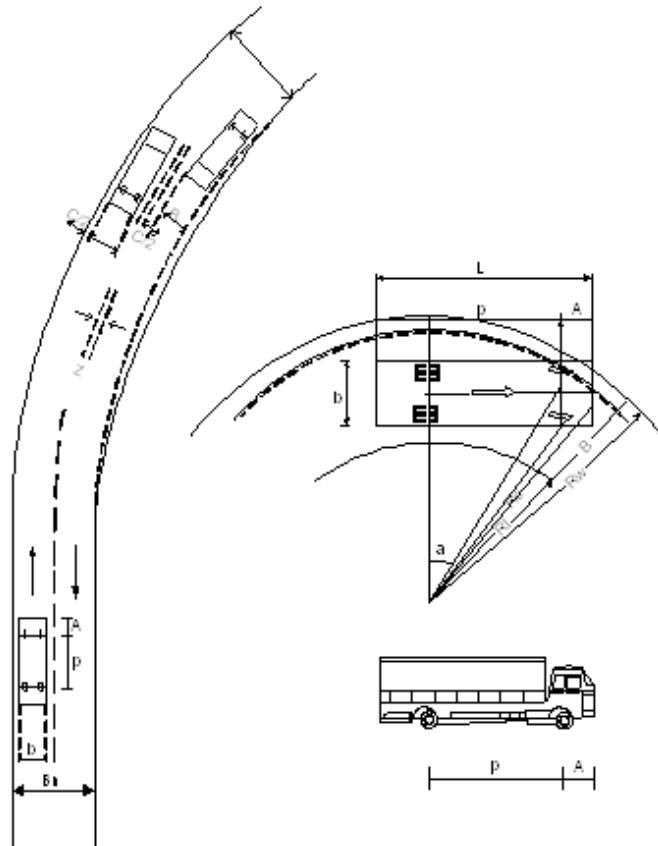
Untuk bagian jalan lurus, jalan mempunyai kemiringan melintang yang biasa disebut lereng normal atau Normal Trawn yaitu diambil minimum 2 % baik sebelah kiri maupun sebelah kanan AS jalan. Hal ini dipergunakan untuk system drainase aktif. Harga elevasi (e) yang menyebabkan kenaikan elevasi terhadap sumbu jalan di beri tanda (+) dan yang menyebabkan penurunan elevasi terhadap jalan di beri tanda (-).



Gambar 2.6 Superelevasi

2.4.1.4 Pelebaran Perkerasan Pada Lengkung Horizontal

Kendaraan yang bergerak pada jalan lurus menuju tikungan sering kali tidak dapat mempertahankan lintasannya pada jalur yang disediakan, maka untuk menghindari hal tersebut pada tikungan terutama tikungan tajam perlu pelebaran jalan pada tikungan. Dari gambar di bawah dapat dilihat berdasarkan kendaraan rencana truk tunggal :



Gambar 2.7 Pelebaran Perkerasan pada tikungan

Rumus yang digunakan:

$$B = n(b' + c) + (n+1) Td + Z \quad \dots\dots\dots(2.24)$$

$$b' = b + b'' \quad \dots\dots\dots(2.25)$$

$$b'' = Rd^2 - \sqrt{Rd^2 - p^2} \quad \dots\dots\dots(2.26)$$

$$Td = \sqrt{Rd^2 - A(2p + A - Rd)} \quad \dots\dots\dots(2.27)$$

$$\varepsilon = B.W \quad \dots\dots\dots(2.28)$$

$$Z = \frac{0,105.V}{\sqrt{R}} \quad \dots\dots\dots(2.29)$$

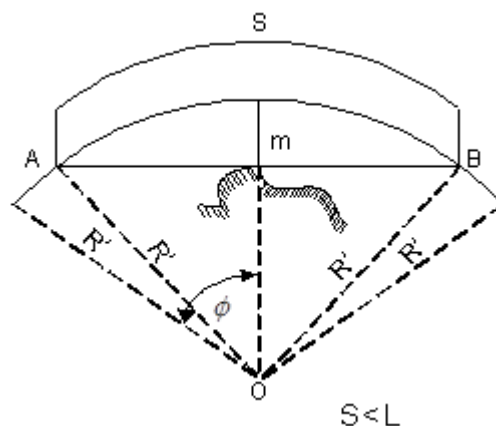
Keterangan:

B = Lebar perkerasan pada tikungan

- n = Jumlah jalur lalu lintas
- b = Lebar lintasan truk pada jalur lurus
- b' = Lebar lintasan truk pada tikungan
- p = Jarak As roda depan dengan roda belakang truk
- A = Tonjolan depan sampai bumper
- W = Lebar perkerasan
- T_d = Lebar melintang akibat tonjolan depan
- Z = Lebar tambah akibat kelelahan pengemudi
- c = Kebebasan samping
- ε = Pelebaran Perkerasan
- R_d = Jari-jari rencana

2.4.1.5 Jarak Pandangan Pada Lengkung Horizontal

Jarak pandangan pengemudi kendaraan yang bergerak pada lajur tepi sebelah dalam sering kali dihalangi gedung – gedung, hutan – hutan kayu, tebing galian dan lain sebagainya.



Gambar 2.8 Pandangan atau kebebasan samping pada lengkung horizontal untuk $s < L$

Keterangan :

- | | | |
|----------|----------|---|
| Garis | AB | = garis pandangan |
| Lengkung | AB | = jarak pandangan |
| | m | = jarak kebebasan samping (m) |
| | θ | = setengah sudut pusat lengkung sepanjang L |
| | S | = jarak pandang (m) |
| | L | = panjang busur lingkaran (m) |
| | R' | = radius sumbu lajur sebelah dalam (m) |

Rumus :

$$S = \frac{\pi \phi R'}{90} \dots\dots\dots(2.30)$$

$$\phi = \frac{90 S}{\pi R'} = \frac{28,65 S}{R'} \dots\dots\dots(2.31)$$

$$m = R' (1 - \cos \phi) \dots\dots\dots(2.32)$$

2.4.2 Alinyemen Vertikal

Alinemen Vertikal adalah perencanaan elevasi sumbu jalan pada setiap titik yang ditinjau, berupa profil memanjang. Pada perencanaan alinemen vertikal terdapat kelandaian positif (Tanjakan) dan kelandaian negatif (Turunan), sehingga kombinasinya berupa lengkung cembung dan lengkung cekung. Disamping kedua lengkung tersebut terdapat pula kelandaian = 0 (Datar).

2.4.2.1 Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh mampu bergerak dengan kecepatan tidak kurang dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.

Tabel 2.10 Kelandaian Maksimum yang diijinkan

Kelandaian maksimum %	3	3	4	5	8	9	10	10
V _r (km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40

Sumber : TPGJAK No 038/T/BM/1997

1) Kelandaian Minimum

Pada jalan yang menggunakan kerb pada tepi perkerasannya, perlu dibuat kelandaian minimum 0,5 % untuk keperluan kemiringan saluran samping, karena kemiringan jalan dengan kerb hanya cukup untuk mengalirkan air kesamping.

2) Panjang kritis suatu kelandaian

Panjang kritis ini diperlukan sebagai batasan panjang kelandaian maksimum agar pengurangan kecepatan kendaraan tidak lebih dari separuh V_r .

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

Tabel 2.11 Panjang Kritis (m)

Sumber : TPGJAK No 038/T/BM/1997

2.4.2.2 Jarak Pandang

Jarak pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian rupa, sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu (antisipasi) untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. Jarak pandang terdiri dari:

Rumus-rumus yang digunakan untuk alinemen vertikal :

A. Jarak Pandang Henti (Jh)

1. Jarak Minimum

Jh adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan didepan. Setiap titik disepanjang jalan harus memenuhi ketentuan Jh.

2. Asumsi Tinggi

Jh diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm, yang diukur dari permukaan jalan.

3. Rumus yang Digunakan

Jh dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus:

Dimana: V_r = Kecepatan rencana (km/jam)
 T = Waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik
 g = Percepatan gravitasi, ditetapkan 9,8 m/det²
 f_p = Koefisien gesek memanjang antara ban kendaraan

dengan perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,28-0,45 (menurut AASHTO), f_p akan semakin kecil jika kecepatan (V_r) semakin tinggi dan sebaliknya. (Menurut Bina Marga, $f_p = 0,35-0,55$).

- Untuk jalan datar :

$$J_h = 0,278 \times V_r \times T + \frac{V_r^2}{254 \times f_p} \dots\dots\dots (2.33)$$

- Untuk jalan dengan kelandaian tertentu :

$$J_h = 0,278 \times V_r \times T + \frac{V_r^2}{254 \times (f_p \pm L)} \dots\dots\dots (2.34)$$

Dimana : L = landai jalan dalam (%) dibagi 100

Tabel 2.12 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 : TPGJAK No 038/T/BM/1997

B. Jarak Pandang Mendahului (J_d)

1. Jarak mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke jalur semula.

2. Asumsi tinggi

Jh diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 105 cm.

3. Rumus yang Digunakan

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 jalur 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.

Rumus yang digunakan:

$$d_1 = 0,278 \times T_1 \times V_r - m + \frac{\alpha x T_1}{2} \dots\dots\dots (2.35)$$

$$d_2 = 0,278 \times V_r \times T_2 \dots\dots\dots (2.36)$$

$$d_3 = \text{antara } 30 - 100 \text{ m} \dots\dots\dots (2.37)$$

$$d_4 = 2/3 \times d_2 \dots\dots\dots (2.38)$$

Dimana:

$$T_1 = \text{Waktu dalam (detik), } \infty 2,12 + 0,026 \times V_r$$

T_2 = Waktu kendaraan berada di jalur lawan, (detik) $\propto 6,56 + 0,048 \times V_r$

a = Percepatan rata-rata km/jam/detik, (km/jam/detik) $\propto 2.052 + 0,0036 \times V_r$

m = Perbedaan kecepatan dari kendaraan yang menyisip dan kendaraan yang disiap, (biasanya diambil 10-15 km/jam)

Tabel 2.13 Jarak Pandang Mendahului (J_d) Berdasarkan V_r

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

Sumber : TPGJAK No 038/T/BM/1997

$A = g_1 - g_2$ (perbedaan aljabar landai)

E_v = Pergeseran vertikal dari titik PPV ke bagian lengkung

$$g = \frac{\text{elevasi akhir} - \text{elevasi awal}}{\text{Sta akhir} - \text{sta awal}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2.39)$$

$$A = g_2 - g_1 \quad \dots\dots\dots (2.40)$$

$$E_v = \frac{A \times L_v}{800} \quad \dots\dots\dots (2.41)$$

$$y = \frac{A \times x^2}{200 \times L_v} \quad \dots\dots\dots (2.42)$$

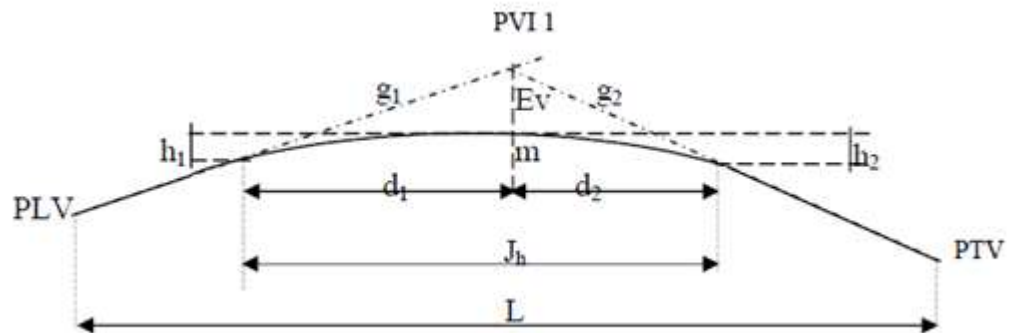
2.4.2.3 Lengkung Vertikal

Lengkung Vertikal harus disediakan pada setiap lokasi yang mengalami perubahan kelandaian dengan tujuan :

- Mengurangi goncangan akibat perubahan kelandaian
- Menyediakan jarak pandang henti

1) Lengkung Vertikal Cembung

Adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan



Gambar. 2.9 Lengkung Vertikal Cembung

Keterangan :

- PLV = Titik awal lengkung parabola
- PV1 = Titik perpotongan kelandaian g_1 dan g_2
- g = Kemiringan tangen : (+) naik, (-) turun
- A = Perbedaan aljabar landai ($g_2 - g_1$) %
- EV = Pergeseran vertikal titik tengah besar lingkaran (PV1 – m) meter
- J_h = Jarak pandang
- h_1 = Tinggi mata pengaruh
- h_2 = Tinggi halangan

- Berdasarkan jarak pandang berada seluruhnya dalam daerah lengkung ($S < L$)

- Jarak pandangan henti menurut metode Bina Marga

$$L = \frac{A \cdot S^2}{399} \dots\dots\dots (2.43)$$

- Jarak pandangan menyiap menurut metode Bina Marga

$$L = \frac{A \cdot S^2}{960} \dots\dots\dots (2.44)$$

- Berdasarkan jarak pandang berada diluar dan didalam daerah lengkung ($S > L$)

- Jarak pandangan henti menurut Bina Marga

$$L = 2 \cdot S - \frac{399}{A} \dots\dots\dots (2.45)$$

- Jarak pandangan menyiap menurut Bina Marga

$$L = 2.S - \frac{960}{A} \dots\dots\dots (2.46)$$

- Berdasarkan kebutuhan akan drainase

$$L = 50 . A \dots\dots\dots (2.47)$$

- Berdasarkan kenyamanan 3 detik perjalanan

$$\frac{V_r}{3,6} \times t = \frac{60}{3,6} \times 3 \dots\dots\dots (2.48)$$

Tabel 2.14 Nilai C1 Untuk Beberapa h1 dan h2 Berdasarkan Bina Marga.

	Bina Marga '90	
	JPH	
Tinggi mata pengemudi (h1) (m)	1,20	1,20
Tinggi objek (h2) (m)	0,10	1,20
Konstata C	399	960

Keterangan:

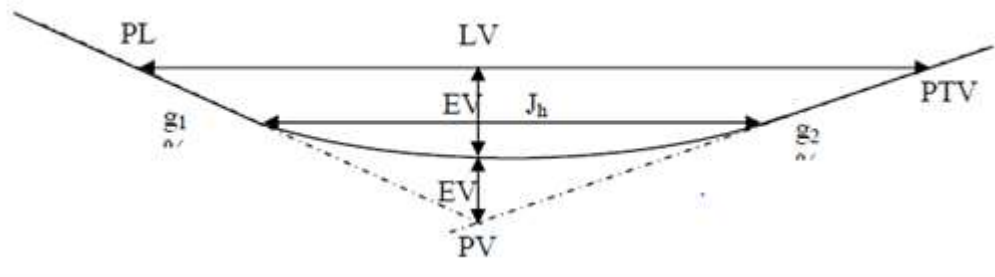
JPH = Jarak Pandangan Henti

JPM = Jarak Pandangan Menyiap

Sumber: Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan Raya, Oleh Silvia Sukirman, 1994

2) Lengkung Vertikal Cekung

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



Gambar 2.10 Lengkung Vertikal Cekung.

Keterangan :

PLV = Titik awal lengkung parabola

PV1 = Titik perpotongan kelandaian g_1 dan g_2

g = Kemiringan tangen : (+) naik, (-) turun

A = Perbedaan aljabar landai ($g_1 - g_2$) %

EV = Pergeseran vertikal titik tengah besar lingkaran (PV1 – m) meter

L_v = Panjang lengkung vertikal

V = Kecepatan rencana (km/jam)

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

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

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

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

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

$$\frac{S^2 A}{200 L} = 0,60 + S \text{ tg } 1^\circ$$

$$L = \frac{AS^2}{120 + 3,50 S} \dots\dots\dots (2.49)$$

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

$$D'B' = \frac{A}{100} (S - \frac{1}{2} L)$$

$$= 0,60 + S \operatorname{tg} 1^{\circ}$$

$$= 0,60 + 0,0175 S$$

$$\frac{A}{100}(S - \frac{1}{2}L) = 0,60 + 0,0175 S$$

$$L = 2S - \frac{120 + 3,5 S}{A} \dots\dots\dots (2-50)$$

- Jarak pandangan $S < L$

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

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

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

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

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

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

$$L = \frac{S^2 A}{800 C - 400(h_1 + h_2)} \dots\dots\dots (2.51)$$

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

$$L = \frac{AS^2}{3480} \dots\dots\dots (2.52)$$

- Jarak pandangan

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

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

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

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

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

.....(2.53)

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

$$L = 2S - \frac{3480}{A} \quad \text{.....(2.54)}$$

Berdasarkan Bentuk Visual Lengkung Vertikal Cekung

$$L = \frac{AV^2}{380}$$

V = kecepatan rencana, km/jam.

A = perbedaan aljabar landai.

L = panjang lengkung vertikal cekung.

2.4.2.4 Galian dan Timbunan

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

Selanjutnya perhitungan dibuat dalam tabel seperti contoh berikut:

Tabel 2.15 Contoh untuk perhitungan volume galian timbunan

pot	sta	Luas penampang melintang (m ²)				Jarak (m)	Volume (m ²)	
		G	T	Rata-rata			G	T
				G	T			
	1	AG1	AT1					
				AG1+AG2	AT1+AT2			
	2	AG2	AT2	2	2	J	$J \left(\frac{AG1 + AG2}{2} \right)$	$J \left(\frac{AT1 + AT2}{2} \right)$
				AG2+AG3	AT2+AT3			
				2	2	J	$J \left(\frac{AG2 + AG3}{2} \right)$	$J \left(\frac{AT2 + AT3}{2} \right)$
Jumlah							$J \left(\frac{AG1 + AG2}{2} \right) + J \left(\frac{AG2 + AG3}{2} \right)$	$J \left(\frac{AT1 + AT2}{2} \right) + J \left(\frac{AT2 + AT3}{2} \right)$

2.5 Perencanaan Drainase

Perencanaan drainase merupakan satu kesatuan yang sulit dipisahkan dalam perencanaan jalan raya, karena dengan adanya sistem drainase yang baik diharapkan dapat membuang limpasan air hujan dari permukaan jalan yang dapat mempengaruhi keawetan jalan dan keamanan bagi para pengguna jalan.

Dasar perencanaan drainase pada jalan Pamegatan – Singajaya yaitu dengan mengumpulkan data-data curah hujan maksimum pada stasiun hujan yang terdekat dengan lokasi proyek.

Data yang ideal adalah data yang sesuai dengan yang dibutuhkan. Tetapi dalam praktek sangat sering dijumpai data yang tidak lengkap, hal ini dapat disebabkan beberapa hal, antara lain :

- a. kerusakan alat

- b. kelalaian petugas
- c. penggantian alat
- d. bencana (pengrusakan) dan sebagainya

Dalam memperkirakan besarnya data yang hilang, harus diperhatikan pula pola penyebaran hujan pada stasiun yang bersangkutan maupun stasiun-stasiun sekitarnya.

Rumus yang digunakan untuk mencari data curah hujan yang hilang:

$$P_x = \frac{1}{n} (P_A + P_B + P_C) \dots\dots\dots(2.55)$$

dengan :

P_x = curah hujan yang hilang,

P_A, P_B, P_C = curah hujan pada stasiun A,B,C,

n = jumlah stasiun.

2.5.1 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi untuk suatu daerah dapat dihitung dengan metode rata-rata aljabar, cara ini adalah perhitungan rata-rata secara aljabar curah hujan di dalam dan disekitar daerah bersangkutan.

$$R = 1/n(R_1 + R_2 + \dots + R_n) \dots\dots\dots(2.56)$$

Keterangan :

R = Curah hujan daerah

n = jumlah titik atau pos pengamatan

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

2.5.2 Analisis Frekuensi

Tujuan analisis frekuensi data hidrologi berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan.

Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan di masa yang akan datang dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan di masa akan datang akan masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan masa lalu.

Tabel 2.16 Syarat Pemilihan Jenis Distribusi

Jenis Sebaran	Syarat
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	$C_s = 1.139$
	$C_k = 5.4$
Normal	$C_s = 0$
	$C_k = 3$

Sumber SNI 2015-2016 debit banjir rencana

1. Distribusi Gumble

$$X_T = \bar{X} + \left[\frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \right] \times STDE \quad \dots\dots\dots(2.57)$$

$$X_T = \bar{X} + (K) \times STDEV \quad \dots\dots\dots(2.58)$$

$$Y_{Tr} = -\ln \left[\ln \frac{T_r}{T_r - 1} \right] \quad \dots\dots\dots(2.59)$$

Keterangan :

X_T = CH/intensitas hujan pada periode T_r
 Y_{tr} = factor Ln dari T_r
 Y_n = reduce mean factor
 S_n = reduce standard deviation
 S = Standard deviation
 T_r = tahun ulangan (2 tahun, 5 tahun dst)

Tabel 2.17 Nilai Y_n

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
60	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

Tabel 2.18 Nilai S_n

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	0,1607	1,1623	1,1623	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	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

2. Distribusi Normal

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot STDEV \quad \dots\dots\dots(2.60)$$

Keterangan :

X_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T

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

$STDEV$ = Deviasi standar nilai variant

K_T = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang. Nilai faktor frekuensi dapat dilihat pada table Reduksi Gauss

Tabel 2.19 Nilai Reduksi Gauss

Periode Ulang	Peluang	k
1.001	0.999	-3.05
1.005	0.995	-2.58
1.010	0.990	-2.33
1.050	0.952	-1.64
1.110	0.901	-1.28
1.250	0.800	-0.84
1.330	0.752	-0.67
1.430	0.699	-0.52
1.670	0.599	-0.25
2.000	0.500	0
2.500	0.400	0.25
3.330	0.300	0.52
4.000	0.250	0.67
5.000	0.200	0.84
10.000	0.100	1.28
20.000	0.050	1.64
50.000	0.020	2.05
100.000	0.010	2.33
200.000	0.005	2.58
500.000	0.002	2.88
1,000.000	0.001	3.09

3. Distribusi Log Pearson Tipe III

$$\log(X_T) = \overline{\log(X)} + K \cdot STDEV$$

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

Keterangan :

XT = CH/intensitas hujan pada Tr

K = Variabel standar bergantung Cs dan G

STDEV = Standard deviation

Tr = tahun ulangan (2 tahun, 5 tahun dst)

Tabel 2.20 Distribusi Log Pearson III untuk Koefisien Kemencengan (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	60	50	40	20	10	5	4	2	1	0.5	0.1
3.0	-0.667	-0.665	-0.660	-0.636	-0.4760	-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	-0.360	-0.0673	0.518	1.250	2.0933	2.262	3.048	3.845	4.652	6.600
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	0.609	1.302	2.0662	2.219	2.912	3.605	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	5.660
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	-0.195	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	-1.660	-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	0.1860	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	3.960
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	1.6097	1.680	1.945	2.178	2.388	2.810
-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	1.606	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	-0.1860	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	1.606	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	1.660	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	-3.605	-1.996	-1.302	-0.600	0.0047	0.307	0.4637	0.777	0.895	0.9483	0.959	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	0.360	0.4770	0.711	0.771	0.7893	0.793	0.798	0.799	0.800	0.802
-3.0	-4.051	-2.003	-1.180	-0.420	0.1240	0.396	0.4760	0.636	0.660	0.6650	0.666	0.666	0.667	0.667	0.668

Dikumpul dari Ir. CD. Soemarto, B.J.E. Dipl. HE / Hidrologi Teknik

4. Distribusi Log Normal

$$\log(X_T) = \overline{\log(X)} + K \cdot STDEV \dots\dots\dots(2.61)$$

$$X_T = 10^{(\overline{\log(X)} + K \cdot STDEV)} \dots\dots\dots(2.62)$$

Keterangan :

XT = CH/intensitas hujan pada Tr

K = Varaiabel reduksi Gauss

STDEV = Standard deviation

Tr = tahun ulangan (2 tahun, 5 tahun dst)

2.5.3 Pengujian Kecocokan Fungsi Distribusi (goodness of fit)

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

1. Uji Chi-Square

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \dots\dots\dots(2.63)$$

$$K = 1 + 3,322 \times \text{Log}(n) \dots\dots\dots(2.64)$$

$$Dk = K - (p + 1) \dots\dots\dots(2.65)$$

Keterangan :

- X² : 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.
- Dk : Derajat kebebasan.
- P : Banyaknya parameter, untuk uji Chi-Kuadrat adalah 2.
- K : Jumlah kelas distribusi.
- N : Banyaknya data

$X^2_{\text{terhitung}} < X^2_{\text{kritis}}$, berarti metode distribusi yang diperiksa dapat diterima.

2. Kolmogorov-Smirnov

$$\Delta = \text{maksimum} |P_{\text{teoritis}} - P_{\text{empiris}}| \dots\dots\dots (2.66)$$

Apabila nilai $\Delta < \Delta_{\text{kritis}}$ sesuai harga kritis uji Kolmogorov-Smirnov seperti

Tabel 2.21 maka distribusi teoritisnya dapat diterima

Perhitungan probabilitas dengan rumus Weibul

$$P = \frac{m}{n+1} 100\% \dots\dots\dots(2.67)$$

P = probabilitas (%)

m = nomor urut data dari seri data yang telah disusun

n = banyak data.

Tabel 2.21 Harga Kritis Chi-Square

df	α derajat kepercayaan						
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,90	0,825	0,80
1	0,0000433	0,000137	0,000540	0,00135	0,00216	0,00315	0,00443
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	0,155	0,200	0,250
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	0,484	0,616	0,784
4	0,207	0,297	0,484	0,711	0,988	1,304	1,754
5	0,412	0,554	0,831	1,145	1,609	2,204	2,875
6	0,676	0,872	1,237	1,635	2,204	2,875	3,754
7	0,989	1,239	1,690	2,167	2,897	3,708	4,779
8	1,344	1,646	2,180	2,733	3,507	4,450	5,521
9	1,735	2,088	2,700	3,325	4,168	5,021	6,161
10	2,156	2,558	3,247	3,940	4,865	5,715	6,938
11	2,603	3,053	3,816	4,575	5,581	6,468	7,791
12	3,074	3,571	4,404	5,226	6,356	7,278	8,642
13	3,565	4,107	5,009	5,892	7,082	8,015	9,601
14	4,075	4,660	5,629	6,571	7,837	8,791	10,558
15	4,603	5,229	6,262	7,261	8,618	9,596	11,628
16	5,142	5,812	6,908	7,962	9,426	10,532	12,714
17	5,697	6,408	7,564	8,672	10,257	11,494	13,818
18	6,265	7,015	8,231	9,390	11,111	12,484	14,941
19	6,844	7,633	8,907	10,117	12,000	13,504	16,084
20	7,434	8,260	9,591	10,851	12,914	14,554	17,257
21	8,034	8,897	10,283	11,591	13,854	15,634	18,459
22	8,643	9,542	10,982	12,338	14,819	16,744	19,691
23	9,260	10,196	11,689	13,091	15,809	17,884	20,944
24	9,886	10,856	12,401	13,868	16,824	19,054	22,218
25	10,520	11,524	13,120	14,651	17,864	20,254	23,514
26	11,160	12,198	13,844	15,439	18,929	21,484	24,834
27	11,808	12,879	14,573	16,231	20,019	22,744	26,178
28	12,461	13,565	15,308	17,026	21,134	24,034	27,544
29	13,117	14,256	16,047	17,824	22,274	25,354	28,934
30	13,787	14,953	16,791	18,634	23,439	26,704	30,344

Sumber: Soewarno (1993)

Tabel 2.22 Harga Kritis Kolmogorov Smirnov

n	α			
	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 SNI 2015-2016 debit banjir rencana

2.5.4 Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Intensitas curah hujan ($^{\circ}$)

mempunyai satuan mm/jam, berarti tinggi air persatuan waktu, misalnya mm dalam kurun waktu menit, jam, atau hari.

Menentukan Intensitas Hujan dengan Menggunakan Metode mononbe Rumus ini digunakan apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian. Rumus ini dihasilkan di Jepang.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2.68)$$

Keterangan :

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

R24 = curah hujan maksimum harian (mm)

2.5.5 Debit Puncak Aliran

Metode rasional praktis, Metode ini dapat menggambarkan hubungan antara debit limpasan dengan besar curah hujan secara praktis berlaku untuk luas DAS hingga 5.000 hektar

$$Q_r = \frac{1}{36} C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots(2.69)$$

Keterangan:

Q_r = debit puncak aliran (m³/s);

C = koefisien limpasan;

I = intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam);

A = luas daerah aliran (km²).

2.5.6 Koefisien Pengaliran (C)

Bila daerah pengaliran terdiri dari beberapa tipe kondisi permukaan yang mempunyai nilai C berbeda, harga C rata-rata ditentukan dengan persamaan :

$$C = \frac{C_1.A_1 + C_2.A_2 + C_3.A_3 + \dots + C_n.A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.70)$$

Keterangan:

A_1, A_2, A_3 = Luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan

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

Tabel 2.23 Harga koefisien pengaliran (C) dan harga faktor limpasan

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)	Faktor Limpasan (fk)
	bahan		
1	jalan beton & jalan aspal	0.70 - 0.95	
2	jalan kerikil & 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	
	tata guna lahan		
1	daerah perkotaan	0.70 - 0.95	2
2	daerah pinggir kota	0.60 - 0.70	1.5
3	daerah industri	0.60 - 0.90	1.2
4	permukiman padat	0.40 - 0.60	2
5	permukiman tidak padat	0.40 - 0.60	1.5
6	taman dan kebun	0.20 - 0.40	0.2
7	persawahan	0.45 - 0.60	0.5
8	perbukitan	0.70 - 0.80	0.4
9	pegunungan	0.75 - 0.90	0.3

Sumber Pd.T-02-2006-B

2.5.7 Menentukan Waktu Konsentrasi (Tc)

$$T_c = t_1 + t_2 \quad \dots\dots\dots (2.71)$$

$$t_1 = (2/3 \cdot 3,28 \cdot L_o \frac{nd}{\sqrt{S}})^{0,167} \quad \dots\dots\dots (2.72)$$

$$t_2 = \frac{L}{60 \cdot V} \quad \dots\dots\dots (2.73)$$

dengan :

T_c = Waktu konsentrasi (menit)

t_1 = Waktu inlet (menit)

t_2 = Waktu aliran (menit)

L_o = Jarak dari titik terjauh kefasilitas drainase (m)

S = Kemiringan daerah pengaliran

L = Panjang saluran

V = Kecepatan air rata-rata diselokan (m/dt)

N_d = Koefisien hambatan

Tabel 2.24 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 : *Desain Drainase dan Bangunan Pelengkap*

Tabel 2.25 Hubungan Kondisi Permukaan dengan Koefisien Hambatan

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 rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	0,8

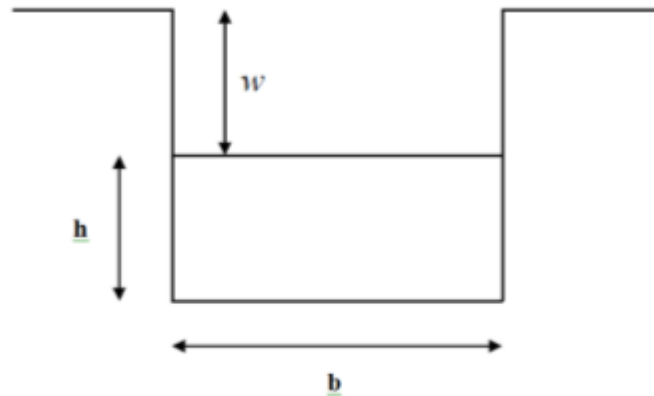
Sumber : *Desain Drainase dan Bangunan Pelengkap*

Tabel 2.27 Harga n untuk rumus manning

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
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
	SALURAN ALAM				
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
	SALURAN BUATAN, BETON, ATAU BATU KALI				
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-02-2000-B

2.5.8 Menentukan Dimensi Saluran



Gambar 2.11 Potongan Melintang Saluran

1. Penentuan bahan saluran, koefisien Manning (n) , Lebar saluran (b), dan Tinggi muka air (h)
2. Menentukan Jari-jari hidrolis (R), Luas penampang basah (F), dan Keliling basah (P)

$$R = \frac{F}{P} = \frac{b \times h}{b + 2h} \quad \dots\dots\dots(2.74)$$

3. Menentukan kecepatan saluran (V), Kemiringan memanjang saluran (i_s), dan Debit saluran (Q_s)

$$i_s = \frac{elevasi1 - elevasi2}{L} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2.75)$$

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} i_s^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots(2.76)$$

$$Q_s = F \times V \quad \dots\dots\dots(2.77)$$

Keterangan :

R = jari-jari hidrolis (m)

F = luas penampang basah (m²)

P = keliling basah (m)

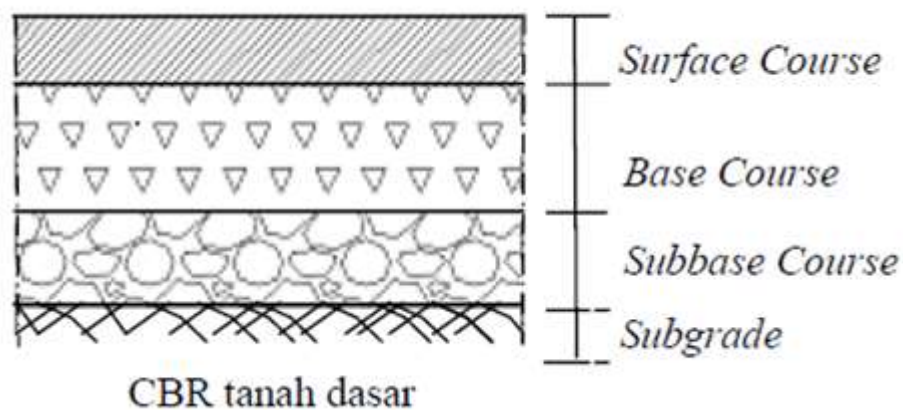
Q_r = Debit Aliran

Q_s = Debit Saluran

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

2.6 Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur

Perencanaan konstruksi lapisan perkerasan lentur disini untuk jalan baru dengan Metoda Analisa Komponen, yaitu dengan metoda analisa komponen SKBI – 2.3.26. 1987.



Gambar 2.12 Susunan Lapis Konstruksi Perkerasan Lentur

Adapun untuk perhitungannya perlu pemahaman Istilah-istilah sebagai berikut :

1.6.1 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 (LHRp)

$$LHR_p = LHR_s \times (1 + i_1)^n \dots\dots\dots(2.78)$$

- Lalu lintas harian rata – rata akhir (LHRA)

$$LHR_A = LHR_p \times (1 + i_2)^{n_2} \dots\dots\dots(2.81)$$

2) Rumus – rumus lintas ekuivalen

- Lintas Ekivalen Permulaan (LEP)

$$LEP = \sum_{j=mp}^n (LHR_{pj}) \times C \times E \dots\dots\dots(2.82)$$

- Lintas Ekivalen Akhir (LEA)

$$LEA = \sum_{j=mp}^n (LHR_{Aj}) \times C \times E \dots\dots\dots(2.83)$$

- Lintas Ekivalen Tengah (LET)

$$LET = \frac{LEP + LEA}{2} \dots\dots\dots(2.84)$$

- Lintas Ekivalen Rencana (LER)

$$LER = LET \times Fp \dots\dots\dots(2.85)$$

$$Fp = \frac{n_2}{10} \dots\dots\dots(2.86)$$

1.6.2 Koefisien Distribusi Kendaraan

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

Tabel 2.28 Koefisien Distribusi Kendaraan

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan *)		Kendaraan Berat **)	
	1 Arah	2 Arah	1 Arah	2 Arah
1 Lajur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 Lajur	0,60	0,50	0,70	0,50
3 Lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 Lajur	-	0,30	-	0,45
5 Lajur	-	0,25	-	0,425
6 Lajur	-	0,20	-	0,40

Sumber: *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen SKBI 2.3.26.1987, Halaman 7*

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

1.6.3 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

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

$$\text{➤ } E.\text{Sumbu Tunggal} = \left(\frac{\text{beban satu sumbu tunggal dlm kg}}{8160} \right)^4 \dots\dots\dots (2.87)$$

$$\text{➤ } E.\text{Sumbu Ganda} = \left(\frac{\text{beban satu sumbu ganda dlm kg}}{8160} \right)^4 \dots\dots\dots (2.88)$$

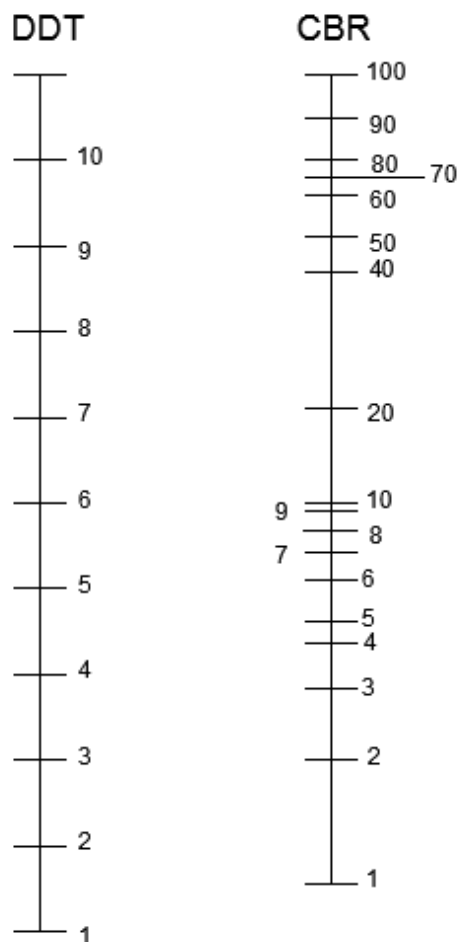
Tabel 2.29 Angka Ekuivalen (E) Sumbu Kendaraan

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
6000	13228	0,2923	0,0251
7000	15432	0,5415	0,0466
8000	17637	0,9238	0,0794
8160	18000	1,0000	0,0860
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	28660	6,4419	0,5540
14000	30863	8,6647	0,7452
15000	33069	11,4184	0,9820
16000	35276	14,7815	1,2712

Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen SKBI 2.3.2.6.1987, Halaman 8

2.6.4 Daya Dukung Tanah Dasar (DDT dan CBR)

Daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan grafik korelasi DDT dan CBR.



Gambar 2.13 Korelasi DDT dan CBR

Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen SKBI 2.3.26.1987, Halaman 9

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

2.6.5 Faktor Regional (FR)

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 2.30 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%
Iklim I < 900 mm/tahun	0,5	1,0 – 1,5	1,0	1,5 – 2,0	1,5	2,0 – 2,5
Iklim II ≥ 900 mm/tahun	1,5	2,0 – 2,5	2,0	2,0 – 3,0	2,5	3,0 – 3,5

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

2.6.6 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 2.31 Indeks permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IPt)

LER = Lintas Ekvivalen Rencana *)	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Alteri	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

Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa, Komponen SKBI 2.3.26.1987, Halaman 15

*) LER dalam satuan angka ekivalen 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 2.32 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)

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

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

2.6.7 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 2.33 Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	Ms (kg)	Kt kg/cm ²	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	-	-	Aspa 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	-	-	-	60	Pondasi Macadam
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah (A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah (B)
-	0,12	-	-	-	60	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

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

2.6.8 Batas – Batas Minimum Tebal Perkerasan

1) Lapis permukaan

Tabel 2.34 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

$\geq 10,00$	10	Laston
--------------	----	--------

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

2) Lapis Pondasi Atas

Tabel 2.35 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	Laton atas
10 – 12,14	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston atas
$\geq 12,25$	25	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston atas

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

*) 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.

2.6.9 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)

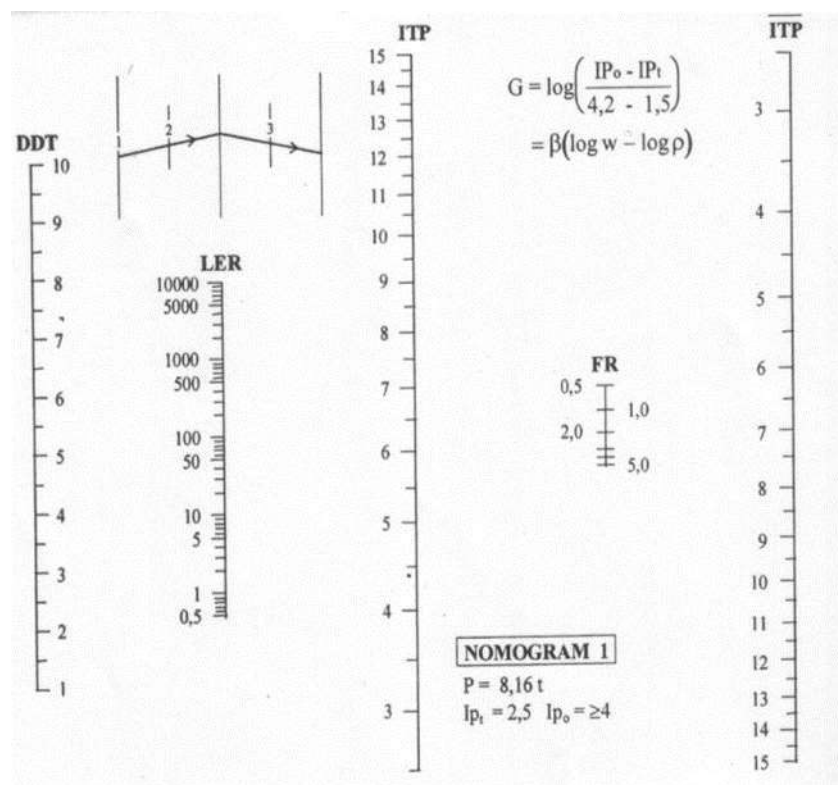
Rumus:

$$ITP = \alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2 + \alpha_3 D_3 \dots\dots\dots (2.89)$$

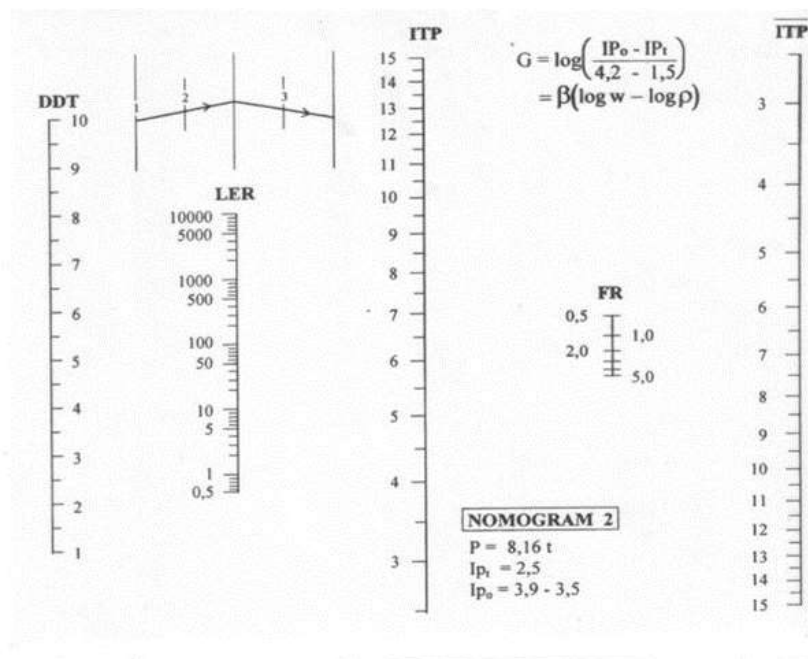
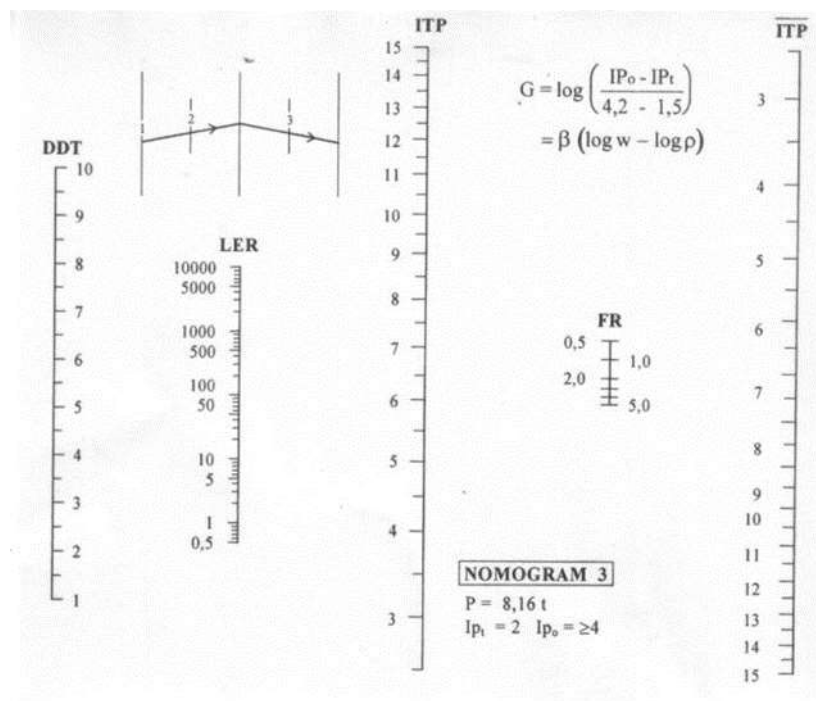
$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ = Koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan (daftar VII)

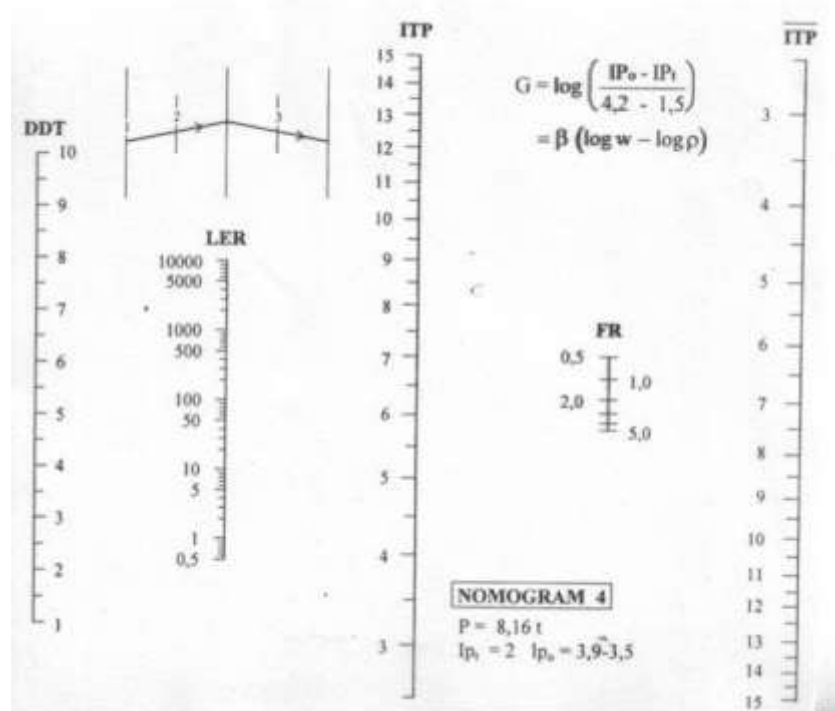
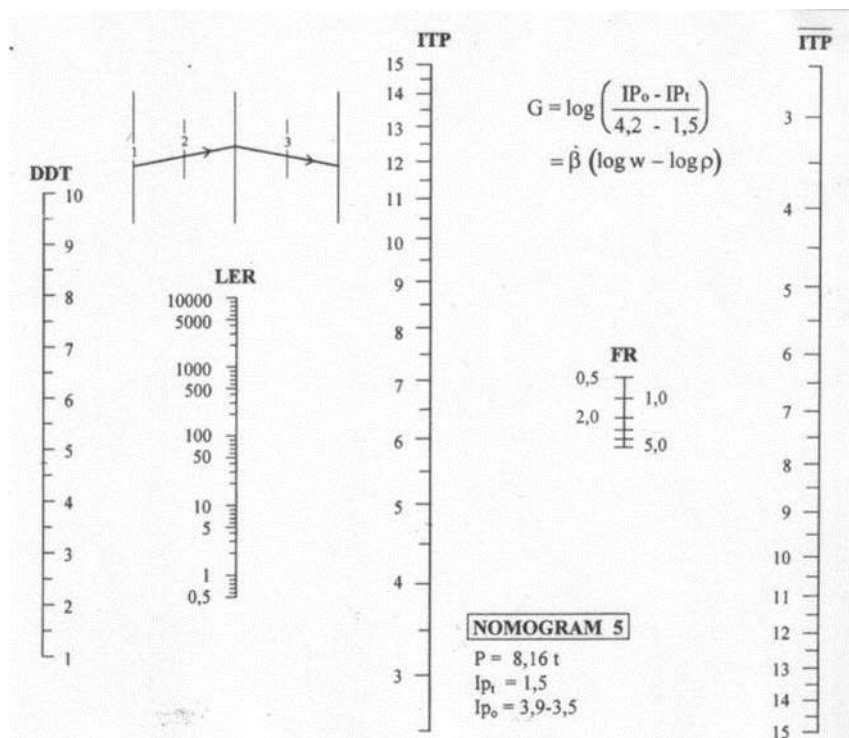
D_1, D_2, D_3 = Tebal masing-masing lapis perkerasan (cm)

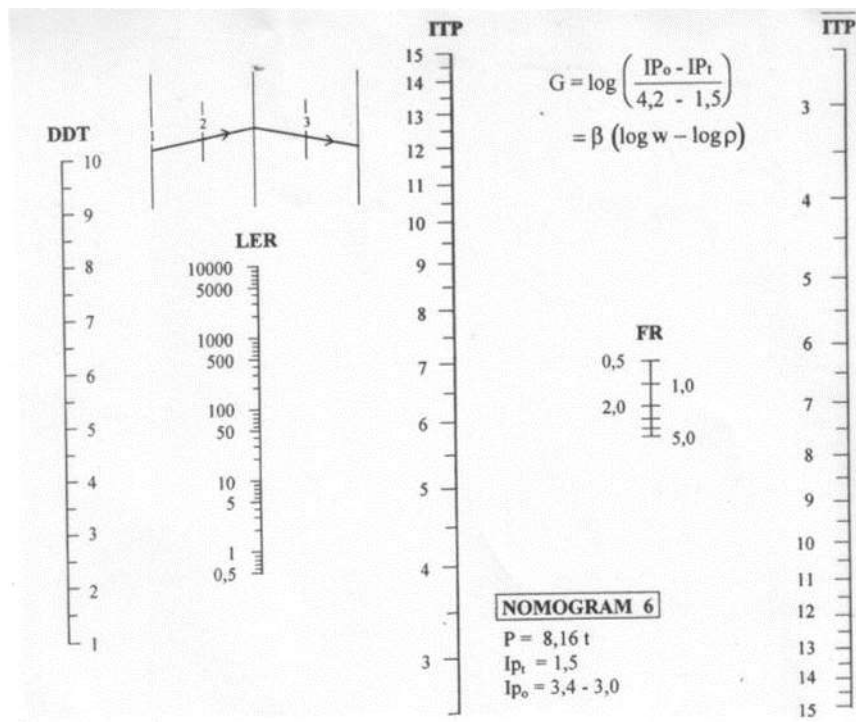
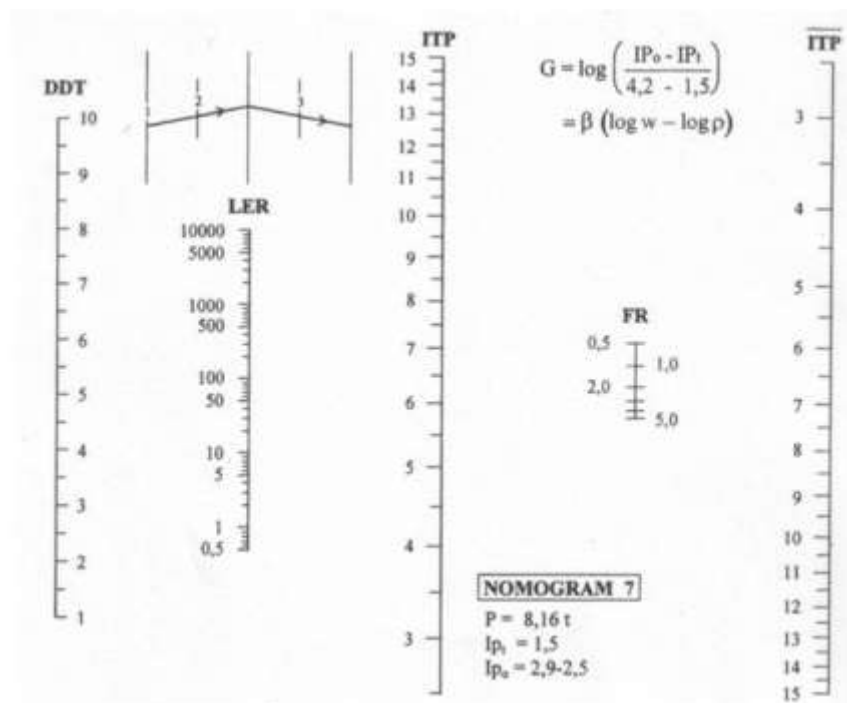
Angka 1,2,3 masing-masing lapis permukaan, lapis pondasi atas dan pondasi bawah.

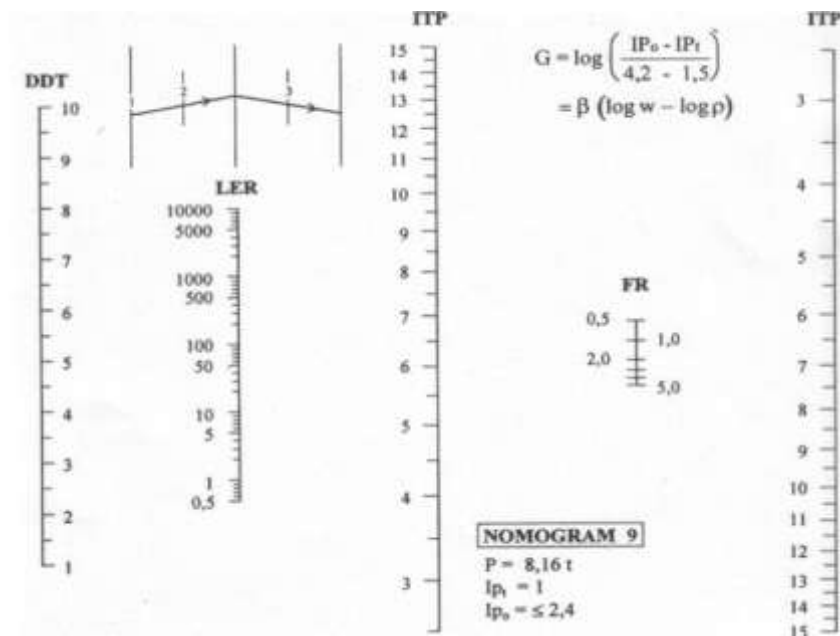


Gambar 2.14 Nomogram I untuk $Ip_t = 2,5$ dan $Ip_o = \geq 4$

Gambar 2.15 Nomogram 2 untuk $I_{pt} = 2,5$ dan $I_{po} = 3,9 - 3,5$ Gambar 2.16 Nomogram 3 untuk $I_{pt} = 2$ dan $I_{po} \geq 4$

Gambar 2.17 Nomogram 4 untuk $I_{pt} = 2$ dan $I_{po} = 3,9 - 3,5$ Gambar 2.18 Nomogram 5 untuk $I_{pt} = 1,5$ dan $I_{po} = 3,9 - 3,5$

Gambar 2.19 Nomogram 6 untuk $I_{p1} = 1,5$ dan $I_{p0} = 3,4 - 3,0$ Gambar 2.20 Nomogram 7 untuk $I_{p1} = 1,5$ dan $I_{p0} = 2,9 - 2,5$

Gambar 2.21 Nomogram 9 untuk $I_{pt} = 1$ dan $I_{po} \geq 2,4$