

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Perencanaan Geometrik Jalan Raya

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan (S.Sukirman;1999).

Dalam merencanakan geometrik jalan, seorang perencana harus mempertimbangkan masalah keamanan, kenyamanan, dan keselamatan bagi pengguna jalan, maka membangun infrastruktur jalan diperlukan sebuah pedoman agar apa yang diinginkan dapat tercapai.

Tujuan utama pembuatan struktur jalan ialah untuk mengurangi tegangan atau tekanan akibat beban roda sehingga mencapai tingkat nilai yang dapat diterima oleh tanah yang menyokong struktur tersebut. (Peter S. Kendrick; 77).

2.1.1 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan di Indonesia berdasarkan Bina Marga dalam tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TPGJAK) No 038/T/BM/1997, sebagai berikut:

Tabel 2. 1klasifikasi menurut fungsi, kelas dan medan jalan

| FUNGSI JALAN | ARTERI | | | KOLEKTOR | | | LOKAL | | |
|-----------------------------|--------|------|------|----------|------|-----|------------------|------|-----|
| KELAS JALAN | I | II | IIIA | IIIB | | | IIIC | | |
| MUATAN SUMBU TERBERAT (TON) | >10 | 10 | | 8 | | | Tidak ditentukan | | |
| TIPE MEDAN | D | B | G | D | B | G | D | B | G |
| KEMIRINGAN (%) | <3 | 3-25 | >25 | <3 | 3-25 | >25 | <3 | 3-25 | >25 |

Sumber TPGJAK 1997

Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaanya sesuai dengan PP. No. 26/1985 adalah Jalan Nasional, Jalan Propinsi

2.1.2 Kendaraan Rencana

Tabel 2. 2 Dimensi Kendaraan Rencana

| KATEGORI KENDARAA N RENCANA | Dimensi Kendaraan (cm) | | | Tonjolan (cm) | | Radius Putar | | Radius Tonjolan (cm) |
|-----------------------------------|---------------------------|-------|---------|---------------|----------|-----------------|------|----------------------------|
| | tinggi | lebar | panjang | depan | belakang | min | max | |
| Kendaraan kecil | 130 | 210 | 580 | 90 | 150 | 420 | 730 | 780 |
| Kendaraan sedang | 410 | 260 | 1210 | 210 | 240 | 740 | 1280 | 1410 |
| Kendaraan besar | 410 | 260 | 2100 | 1.2 | 90 | 290 | 1400 | 1370 |

Sumber TPGJAK 1997

2.1.3 Volume Lalu Lintas Rencana

Volume Lalu Lintas Harias Rencana (VLHR) adalah perkiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam SMP/hari. Volume Jam Rencana (VJR) adalah perkiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam SMP/jam. Maka dapat dihitung dengan rumus:

$$VJR = VLRH \times \frac{k}{f} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

K (faktor k) : faktor volume lalu lintas jam sibuk

F (faktor f) : faktor variasi lalu lintas persempit jam dalam satu jam

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

Tabel 2. 3 Penentuan faktor-K berdasarkan volume lalu lintas harian

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

Sumber TPGJAK 1997

2.1.4 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana (VR) pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti.

Kecepatan rencana (VR) untuk masing-masing fungsi jalan dapat ditetapkan dari tabel berikut:

Tabel 2. 4 Kecepatan Rencana (VR), sesuai klasifikasi

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

Sumber TPGJAK 1997

Untuk kondisi medan yang sulit, Kecepatan rencana (VR) suatu jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam.

2.1.5 Penentuan Lebar Lajur Dan Bahu Jalan

Tabel 2. 5 Lebar lajur jalan dan bahu jalan

| VLHR (Smp/hari) | ARTERI | | | | KOLEKTOR | | | | LOKAL | | | |
|--------------------|---------------|-----------|--------------|-----------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Ideal | | Minimum | | Ideal | | Minimum | | Ideal | | Minimum | |
| | LJ (m) | LB (m) | LJ (m) | LB (m) | LJ (m) | LB (m) | LJ (m) | LB (m) | LJ (m) | LB (m) | LJ (m) | LB (m) |
| <3.000 | 6,0 | 1,5 | 4,5 | 1,0 | 6,0 | 1,5 | 4,5 | 1,0 | 6,0 | 1,0 | 4,5 | 1,0 |
| 3.000- 10.000 | 7,0 | 2,0 | 6,0 | 1,5 | 7,0 | 1,5 | 6,0 | 1,5 | 7,0 | 1,5 | 6,0 | 1,0 |
| 10.000- 25.000 | 7,0 | 2,0 | 7,0 | 2,0 | 7,0 | 2,0 | **) | **) | - | - | - | - |
| >25.000 | 2nx3. 5 *) | 2,5 | 2nx7 ,0*) | 2,0 | 2nx3, 5 *) | 2,0 | **) | **) | - | - | - | - |

Sumber TPGJAK 1997

Keterangan:

LJ : Lebar Jalur

LB : Lebar Bahu

**) : mengacu pada persyaratan ideal

*) : 2 jalur terbagi, masing-masing $n \times 3,5\text{m}$, dimana n =jumlah lajur per jalur

- : tidak ditentukan

2.1.6 Bagian Bagian Jalan

Tiga bagian utama penampang jalan adalah sebagai berikut:

- A. Rumaja: ruang manfaat jalan, yaitu ruang jalan yang meliputi badan jalan, saluran tepi dan ambang pengaman jalan.
- B. Rumija: ruang milik jalan, yaitu ruang atau daerah yang meliputi seluruh rumaja ditambah lajur memanjang selebar tertetu diukur dari sumbu jalan yang diperuntukan bagi pelebaran jalan dan penambahan jalur lalu lintas dikemudian hari serta kebutuhan ruangan untuk pengaman jalan. Rumija juga disebut *right of way* (ROW).
- C. Ruwasja: ruang pengawasan jalan, yaitu lajur lahan yang berbeda dibawah pengawasan penguasa jalan, ditunjukan untuk penjagaan terhadap terhalangnya pandangan bebas pengemudi kendaraan bermotor dan untuk pengamanan konstruksi jalan dalam hal ruang daerah milik jalan tidak mencukupi.

2.2 Perencanaan Geometrik Jalan Raya

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang bertujuan untuk menentukan dimensi yang nyata dari suatu jalan beserta bagian-bagiannya yang disesuaikan dengan tuntutan lalu lintas. (Imam Haryanto; 2006)

Parameter perencanaan geometrik jalan yang menghasilkan kenyamanan dan keselamatan lalu lintas, antara lain kendaraan rencana, kecepatan rencana, volume dan kapasitas jalan, tingkat pelayanan jalan, dan jarak pandang. Untuk mewujudkan

rencana jalan baru diperlukan peta dasar untuk menggambarkan rencana trase, potongan memanjang jalan, dan potongan melintang. Dengan peta dasar itu dapat dilakukan pekerjaan, antara lain penentuan garis kemiringan, pembuatan potongan memanjang jalan, dan pembuatan potongan melintang jalan berdasarkan kontur atau peta dasar.

2.2.1 Jarak Pandang

Jarak Pandang adalah Panjang jalan di depan kendaraan yang masih dapat dilihat dengan jelas oleh pengemudi yang diukur dari kedudukan pengemudi, jarak pandang berpengaruh terhadap keamanan dan kenyamanan pengemudi kendaraan untuk dapat melihat dengan jelas dan menyadari situasi pada saat mengemudi.

A. Jarak Pandang Henti (Jh)

Jarak pandang henti adalah jarak yang ditempuh pengemudi untuk dapat menghentikan kendaraanya. Guna memberikan keamanan pada pengemudi kendaraan, maka pada setiap panjang jarak pandang henti (S.Sukirman;1999).

$$Jh = Jht + Jhr \dots\dots\dots (2.1)$$

$$Jh = \frac{VR}{3,6} T + \frac{(\frac{VR}{3,6})^2}{2gFp} \dots\dots\dots (2.2)$$

Untuk jalan datar:

$$Jh = 0,694 VR + 0,004 \frac{VR^2}{Fp} \dots\dots\dots (2.3)$$

Untuk jalan dengan kelandaian tertentu:

$$Jh = 0,694 VR + 0,004 \frac{VR^2}{Fp \pm L} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

Jh = Jarak pandang henti, (m)

Jht = Jarak tanggap

Jhr = Jarak pengereman

VR = Kecepatan rencana, (km/jam)

T = Waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

g = Percepatan gravitasi, ditetapkan 9,8 m/detik²

F_p = Koefisien gesek memanjang antara ban kendaraan dengan perkerasan jalan aspal, f_p akan semakin kecil jika kecepatan (VR)

semakin tinggi dan sebaliknya. (menurut Bina Marga, $f_p = 0,35 - 0,55$)

L = Landai jalan dalam (%) dibagi 100

Tabel 2. 6 Jarak Pandang Henti (Jh) Minimum

| | | | | | | | | |
|----------------|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|
| VR (Km/jam) | 120 | 100 | 80 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 |
| Jh Minimum (m) | 250 | 175 | 120 | 75 | 55 | 40 | 27 | 16 |

Sumber :TPGJK 1997

B. Jarak Pandang Mendahului (Jd)

Jarak pandang mendahului adalah jarak pandang yang dibutuhkan untuk melakukan gerakan menyalip dalam keadaan normal.

$$Jd = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots\dots\dots (2.5)$$

$$d_1 = 0,278T_1(V_R - m + \alpha \cdot T_1/2) \dots\dots\dots (2.6)$$

$$d_2 = 0,278 VR T_2 \dots\dots\dots (2.7)$$

$$d_3 = \text{antara } 30 - 100 \text{ m} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$d_4 = 2/3 d_2 \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

d_1 = Jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m)

d_2 = Jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula

d_3 = Jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m)

d_4 = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan (m)

T_1 = Waktu dalam (detik), = $2,12 + 0,026 VR$

T_2 = Waktu kendaraan berada di jalur lawan, (detik), = $6,56 + 0,048 VR$

A = Percepatan rata-rata, (km/jam/detik), = $2,052 + 0,0036 VR$

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

Tabel 2. 7 Panjang Jarak Pandang Mendahului

| | | | | | | | | |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| VR (Km/jam) | 120 | 100 | 80 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 |
| Jd (m) | 800 | 670 | 550 | 350 | 250 | 200 | 150 | 100 |

Sumber :TPGJK 1997

C. Daerah Bebas Samping Tikungan (E)

Daerah bebas samping tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang ditikungan sehingga J_h terpenuhi. Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandang di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh E (m).

- Jarak pandang lebih kecil dari pada Panjang tikungan ($J_h < L_t$)

$$E = R \left[1 - \cos \frac{90^\circ J_h}{\pi R} \right] \dots \dots \dots (2.10)$$

- Jarak pandangan lebih besar dari panjang tikungan ($J_h > L_t$)

$$E = R \left[1 - \cos \frac{90^\circ J_h}{\pi R} \right] + \left[\frac{J_h - L_t}{2} \sin \frac{90^\circ J_h}{\pi R} \right] \dots \dots \dots (2.11)$$

Keterangan:

J_h = Jarak pandang henti

L_t = Panjang lengkung total

R = Jari-jari tikungan

R' = Jari-jari sumbu lajur

2.2.2 Alinyemen Horizontal

Alinyemen Horizontal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung (disebut juga tikungan), perencanaan geometri pada bagian lengkung dimaksudkan untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima ole kendaraan yang berjalan pada kecepatan V_r , sehingga untuk keselamatan pemakai jalan, jarak pandang dan daerah bebas samping harus diperhitungkan.

A. Panjang Bagian Lurus

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

Tabel 2. 8 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 1997

B. Jari-jari Tikungan

$$R_{min} = \frac{V_r^2}{127 \times (e_{max} + f_{max})} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$D = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$D_{maks} = \frac{181913,53(e_{maks} + f_{maks})}{V_r^2} \dots\dots\dots (2.14)$$

kecepatan rencana < 80 km/jam berlaku, $f_{max} = -0,00065 V_r + 0,192$

kecepatan rencana antara $80 - 112$ km/jam , $f_{max} = - 0,00125 V_r + 0,24$

Keterangan :

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

V_r : Kecepatan kendaraan rencana, (km/jam)

e_{maks} : Superelevasi maksimum, (%)

f_{maks} : Koefisien gesekan melintang maksimum

D : Derajat lengkung ($^{\circ}$)

D_{maks} : Derajat maksimum

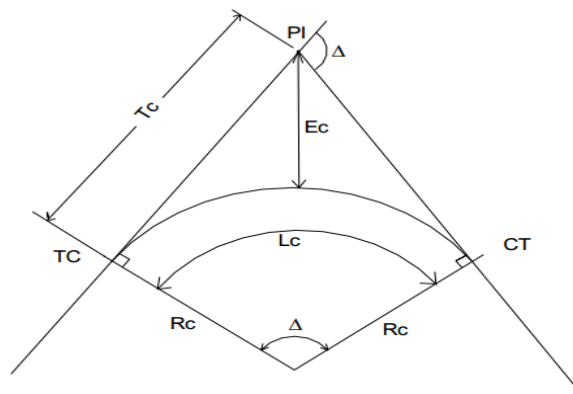
Tabel 2. 9 Panjang Jari-jari Minimum untuk $E_{maks} = 10\%$ (dibulatkan)

| | | | | | | | | | |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|
| V_r (km/ jam) | 120 | 100 | 90 | 80 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 |
| R_{min} (m) | 600 | 370 | 280 | 210 | 115 | 80 | 50 | 30 | 15 |

Sumber : TPGJK 1997

C. Bentuk Tikungan

- *Full circle* (FC) yaitu tikungan yang berbentuk busur lingkaran secara penuh. Tikungan ini memiliki satu titik pusat lingkaran dengan jari-jari yang seragam.



Gambar 2. 1 Full Circle

- Δ = Sudut Tikung
- O = Titik Pusat Tikung
- TC = Tangen to Circle
- CT = Circle to Tangen
- Rc = Jari – jari busur lingkaran
- Tc = Panjang Tangen (jarakdari TC ke PI atau PI ke TC)
- Lc = Panjang Busur Lingkaran
- Ec = Jarak Luar dari PI ke busur lingkaran

Tabel 2. 10 Jari-Jari Tikungan

| | | | | | | | | |
|-------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| Vr (km/jam) | 120 | 100 | 80 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 |
| Rmin | 2500 | 1500 | 900 | 500 | 350 | 250 | 130 | 60 |

Sumber :TPGJK 1977

$$Tc = Rc \tan \frac{1}{2}\Delta \dots\dots\dots (2.15)$$

$$Ec = \frac{Rc}{\cos \frac{\Delta}{2}} - Rc \text{ atau } Ec = Tc \tan \frac{1}{4}\Delta \dots\dots\dots (2.16)$$

$$Xc = Ls - \frac{Ls^3}{40Rc^2} \dots\dots\dots (2.21)$$

$$Yc = \frac{Ls^2}{6 \times Rc} \dots\dots\dots (2.22)$$

$$P = Yc - Rc \times (1 - \cos \theta s) \dots\dots\dots (2.23)$$

$$K = Xc - Rc \times \sin \theta s \dots\dots\dots (2.24)$$

$$Ts = (Rc + P) \times \tan \frac{1}{2}\Delta + K \dots\dots\dots (2.25)$$

$$Es = \frac{(Rc+P)}{\cos \frac{\Delta}{2}} - Rc \dots\dots\dots (2.26)$$

$$L_{tot} = Lc + (2 \times Ls) \dots\dots\dots (2.27)$$

Bila lengkung $Lc > 20$ m maka bentuk tikungan spiral–spiral

- *Spiral-spiral* (SS) yaitu tikungan yang terdiri atas dua lengkung spiral

Untuk bentuk *spiral-spiral* berlaku rumus sebagai berikut:

$$\theta s = \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots (2.28)$$

$$\Delta c = 0 \dots\dots\dots (2.29)$$

$$Lc = 0 \dots\dots\dots (2.30)$$

Yc, Xc, P, K, Ts, Es dan L_{tot} rumus sama dengan SCS

D. Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan berfungsi untuk memberikan kesempatan kepada pengemudi untuk mengantisipasi perubahan alinyemen jalan dari bentuk lurus (R tak hingga) sampai bagian lengkung jalan berjari-jari tetap R. Dengan demikian, gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan saat melintasi tikungan berubah secara berangsur -angsur, baik ketika kendaraan mendekati tikungan maupun meninggalkan tikungan.

$$\text{Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan, } Ls = \frac{Vr}{3,6} T \dots (2.31)$$

$$\text{Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal, } Ls = 0,022 \frac{Vr^3}{R.C} - 2,727 \frac{Vr.e}{C} \dots\dots\dots (2.32)$$

$$\text{Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian, } Ls = \frac{(em-en)Vr}{3,6.Re} \dots (2.33)$$

Keterangan :

T = waktu tempuh pada lengkung peralihan, ditetapkan 3 detik

Vr = kecepatan rencana (km/jam)

e_m = superelevasi maximum

e_n = superelevasi normal

C : perubahan percepatan 0,3-1,0 disarankan 0,4 m/detik

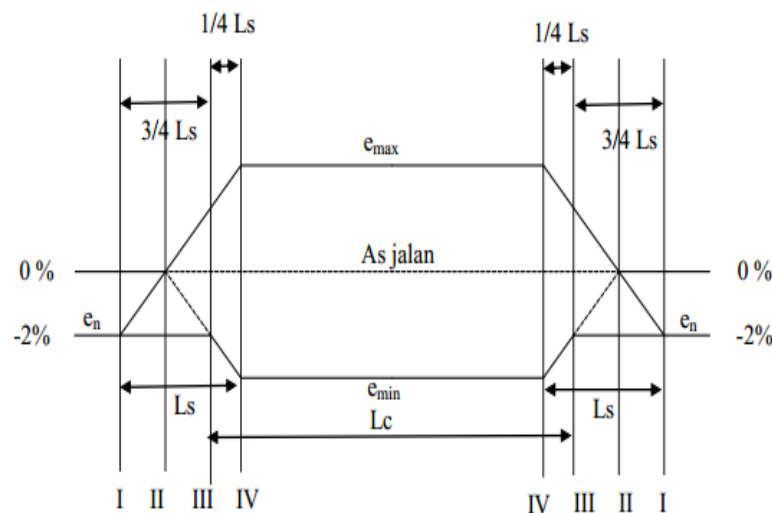
r_e = tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan (m/m/detik)

Untuk $V_r \leq 70$ km/jam, $r_{e-max} = 0,035$ m/m/detik, untuk

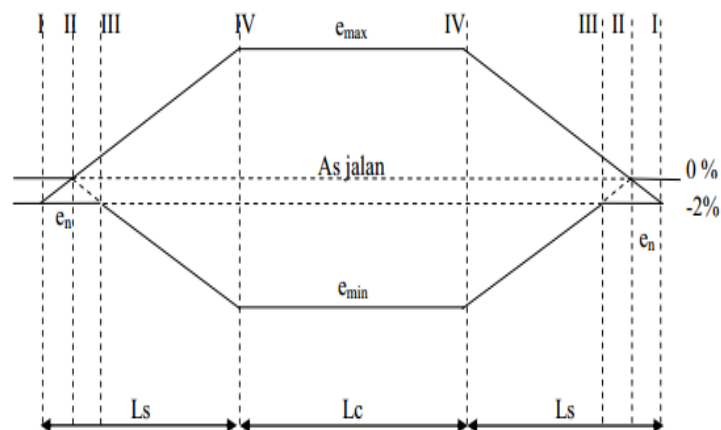
$V_r \geq 80$ km/jam, $r_{e-mak} = 0,025$ m/m/detik

E. Diagram Superelevasi Menurut Bina Marga

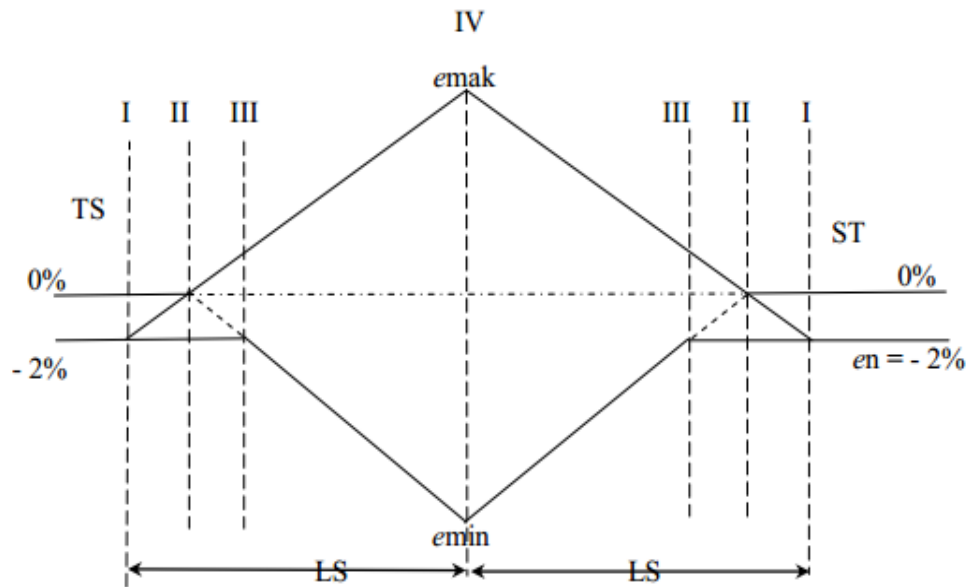
Pencapaian superelevasi masing-masing bentuk tikungan dapat dilihat dari gambar berikut :



Gambar 2. 3 Pencapaian Superelevasi pada Tikungan Tipe FC



Gambar 2. 4 Pencapaian Superelevasi pada Tikungan Tipe SCS



Gambar 2. 5 Pencapaian Superelevasi pada Tikungan SS

F. Landai Relatif

Kemiringan melintang atau kelandaian penampang jalan di antara tepi perkerasan luar dan sumbu jalan sepanjang lengkung peralihan disebut landai relatif.

$$\frac{1}{m} = \frac{(e+en)B}{Ls} \dots\dots\dots (2.34)$$

Keterangan :

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

e = Superelevasi (m/ m')

en = Kemiringan melintang normal (m /m')

B = Lebar lajur (m)

G. Pelebaran Pada Tikungan

$$B = n (b' + c) + (n - 1) Td + Z \dots\dots\dots (2.35)$$

$$b' = b + R - \sqrt{R^2 + P^2} \dots\dots\dots (2.36)$$

$$Td = \sqrt{R^2 - A(2P + A)} - R \dots\dots\dots (2.37)$$

$$Z = 0,105 \frac{Vr}{R} \dots\dots\dots (2.38)$$

Keterangan :

B = Lebar perkerasan pada tikungan (m)

n = Jumlah lajur lalu lintas

b' = Lebar lintasan truck pada tikungan (*off tracking*)

c = Kebebasan samping (0,8 m)

Td = Lebar tambahan pengaruh dari tonjolan depan kendaraan

Z = Lebar tambahan akibat kesukaran pengemudi Lebar tambahan perkerasan untuk mengimbangi off tracking

b = Lebar kendaraan (2,5 m)

P = Jarak antara garden kendaraan (6,5 m)

A = Panjang bagian depan kendaraan diukur dari as depan (1,5 m)

V = Kecepatan rencana

R = Jari-jari tikungan

H. Tikungan Balik Dan Gabungan

Tikungan gabungan adalah dua atau lebih tikungan yang bersebelahan yang dapat dibedakan menjadi tikungan searah, yaitu gabungan dua atau lebih tikungan dengan arah putar yang berbeda.

Pada dasarnya tikungan gabungan searah kurang disarankan untuk digunakan. Kondisi khusus dapat diterapkan dengan menyediakan bagian lurus atau spiral diantara dua tikungan yang bersebelahan. Bina Marga menyarankan untuk memberikan jarak antara tikungan pada tikungan searah minimal 20 meter dan 30 meter pada tikungan gabungan balik.

I. Stasioning

Titik penting hasil perancangan sumbu jalan perlu dibuat patok-patok dengan nomor kode referensi tertentu. Penomoran ini disebut stationing angka yang mencantumkan menunjukkan jarak atau lokasi titik tersebut terhadap titik acuan. Format umum stationing adalah X+YYY, dimana X menunjukkan besaran kilometer, Y adalah besaran meter.

2.2.3 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal terdiri atas bagian landai vertikal dan bagian lengkung vertikal, di tinjau dari titik awal perencanaan bagian landai vertikal dapat berupa landai positif (tanjakan), landai negatif (turunan), atau landai nol (datar) lalu bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cembung dan lengkung cekung.

A. Landai Maksimum

Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.

Tabel 2. 11 Kelandaian Maksimum yang Diijinkan

| VR (km/ jam) | 120 | 110 | 100 | 80 | 60 | 50 | 40 | < 40 |
|---------------------|-----|-----|-----|----|----|----|----|------|
| Kelandaian maksimum | 3 | 3 | 4 | 5 | 8 | 9 | 10 | 10 |

Sumber :TPGJK 1997

B. Panjang Landai Kritis

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

Tabel 2. 12 Panjang Kritis (m)

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

Sumber : TPGJK 1997

C. Panjang Lengkung Vertikal

- Lengkung vertikal cembung

Panjang L, berdasarkan jarak pandang henti (Jh)

$$Jh < L, \text{ maka : } L = \frac{A \cdot Jh^2}{405} \dots\dots\dots (2.39)$$

$$Jh > L, \text{ maka : } L = 2 Jh - \frac{405}{A} \dots\dots\dots (2.40)$$

Panjang L berdasar jarak pandang mendahului (Jd)

$$Jd < L, \text{ maka : } L = \frac{A \cdot Jd^2}{840} \dots\dots\dots (2.41)$$

$$Jd > L, \text{ maka : } L = 2 Jd - \frac{840}{A} \dots\dots\dots (2.42)$$

Keterangan :

L = Panjang lengkung vertikal (m)

Jh = Jarak pandangan henti (m)

Jd = Jarak pandangan mendahului atau menyiap (m)

A = Perbedaan grade (m), $A = g1 - g2 \%$

PLV = Titik awal lengkung parabola.

PV1 = Titik perpotongan kelandaian g1 dan g2

g = Kemiringan tangen ; (+) naik; (-) turun.

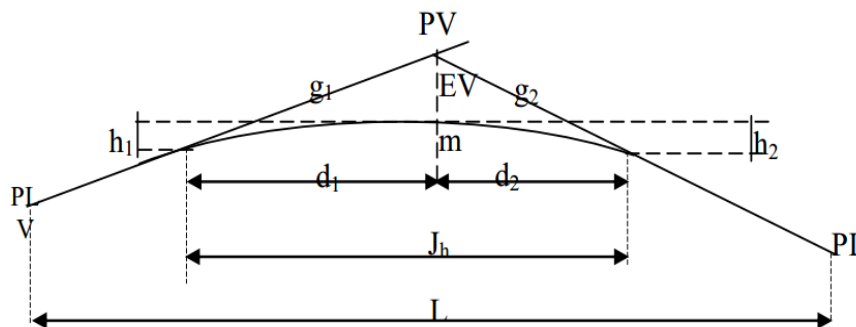
EV = Pergeseran vertikal titik tengah besar lingkaran (PV1 - m) meter.

h1 = Tinggi mata pengaruh.

h2 = Tinggi halangan

$$g = \frac{\text{elevasi akhir} - \text{elevasi awal}}{\text{Sta akhir} - \text{sta awal}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.43)$$

$$Ev = \frac{AL}{200} \dots\dots\dots (2.44)$$

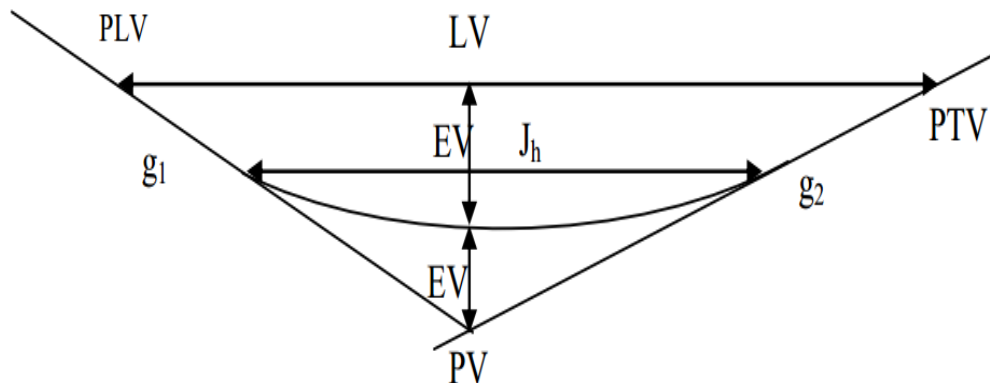


Gambar 2. 6 Parameter dalam Lengkung Vertikal Cembung

- Lengkung Vertikal Cembung

$$J_h < L, \text{ maka: } L = \frac{A \cdot J_h^2}{120 + 3,5 J_h} \dots \dots \dots (2.45)$$

$$J_h > L, \text{ maka: } L = 2 J_h - \frac{120 - 3,5 J_h}{A} \dots \dots \dots (2.46)$$



Gambar 2. 7 Jarak Pandang pada Lintasan di Bawah (Cekung)

2.2.4 Koordinasi Alinyemen

Alinyemen vertikal, alinyemen horisontal dan potongan melintang jalan arteri perkotaan harus dikoordinasikan sedemikian sehingga menghasilkan suatu bentuk jalan yang baik dalam arti memudahkan pengemudi mengemudikan kendaraannya dengan aman dan nyaman. Bentuk kesatuan ketiga elemen jalan tersebut diharapkan dapat memberikan kesan atau petunjuk kepada pengemudi akan bentuk jalan yang akan dilalui di depannya, sehingga pengemudi dapat melakukan antisipasi lebih awal.

Koordinasi alinyemen vertikal dan alinyemen horisontal harus mempengaruhi ketentuan sebagai berikut :

- Lengkung horisontal sebaiknya berhimpit dengan lengkung vertikal, dan secara ideal alinyemen horisontal lebih panjang sedikit melingkupi alinyemen vertikal.

- Tikungan yang tajam pada bagian bawah lengkung vertikal cekung atau pada bagian atas lengkung vertikal cembung harus dihindarkan.
- Lengkung vertikal cekung pada landai jalan yang lurus dan panjang, harus dihindarkan.
- Dua atau lebih lengkung vertikal dalam satu lengkung horisontal harus dihindarkan.
- Tikungan yang tajam diantara dua bagian jalan yang lurus dan panjang harus dihindarkan

2.2.5 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.

Tabel 2. 13 Contoh untuk perhitungan Volume Galian Timbunan

| TITIK | STASION | Luas Penampang Melintang (m ²) | | | | | Jarak (m) | Volume (m ³) | | | |
|-----------|----------------|--|-------------|----------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| | | Galian | galian batu | timbunan | Rata-rata | | | Galian | galian batu | timbunan | |
| | | | | | Galian | galian batu | | | | | timbunan |
| 1 | STA+jarak awal | AG1 | AGB1 | AT1 | | | | | | | |
| | | | | | $\frac{(AG1+AG2)}{2}$ | $\frac{(AGB1+AGB2)}{2}$ | $\frac{(AT1+AT2)}{2}$ | J1 | $\frac{((AG1+AG2)}{2}) * J1}$ | $\frac{((AGB1+AGB2)}{2}) * J1}$ | $\frac{((AT1+AT2)}{2}) * J1}$ |
| 2 | STA+ jarak | AG2 | AGB2 | AT2 | | | | | | | |
| Total (Σ) | | | | | | | ΣJarak | Σgalian | Σgalian batu | Σtimbunan | |

2.3 Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur

Lapisan perkerasan berfungsi untuk menerima dan menyebarkan beban lalu lintas tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti pada konstruksi jalan itu sendiri, dengan demikian memberikan kenyamanan kepada si pengemudi selama masa pelayanan jalan (S.Sukirman:1999).

Tanah saja biasanya tidak cukup kuat dan tahan, tanpa adanya deformasi yang berarti, terhadap beban roda berulang. Untuk itu perlu lapisan tambahan yang terletak antara tanah dan roda, atau lapis paling atas dari badan jalan yaitu disebut lapis keras/perkerasan/pavement yang dibuat dari bahan khusus terpilih (Suprpto Tm:2004).

2.3.1 Jenis Jenis Struktur Perkerasan

Jenis Struktur perkerasan terdiri atas :

1. Perkerasan pada permukaan tanah asli
2. Perkerasan pada timbunan
3. Perkerasan pada galian

Tipikal struktur perkerasan dapat dilihat pada gambar berikut ini :

1. Perkerasan Lentur pada Permukaan Tanah Asli (At Grade)



Gambar 2. 8 Perkerasan Lentur pada Permukaan Tanah Asli

2. Perkerasan Lentur pada Timbunan



Gambar 2. 9 Perkerasan Lentur pada Timbunan

3. Perkerasan Lentur pada Galian



Gambar 2. 10 Perkerasan Lentur pada Galian

2.3.2 Umur Rencana

Umur rencana perkerasan baru dinyatakan pada table berikut ini

Tabel 2. 14 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UB)

| Jenis Perkerasan | Elemen Perkerasan | Umur Rencana (tahun) |
|---------------------|---|----------------------|
| Perkerasan Lentur | Lapisan aspal dan lapisan berbutir. | 20 |
| | Fondasi jalan | 40 |
| | Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (overlay), seperti: jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan. | |
| Perkerasan Kaku | Cement Treated Based (CTB) | |
| | Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan. | |
| Jalan tanpa penutup | Semua elemen (termasuk fondasi jalan) | Minimum 10 |

Sumber: Manual Perkerasan Revisi Juni 2017

2.3.3 Analisis Volume Lalu Lintas

Parameter yang penting dalam analisis struktur perkerasan adalah data lalu lintas yang diperlukan untuk menghitung beban lalu lintas rencana yang dipikul oleh perkerasan selama umur rencana. Beban dihitung dari volume lalu lintas pada tahun survei yang selanjutnya diproyeksikan ke depan sepanjang umur rencana. Volume tahun pertama adalah volume lalu lintas sepanjang tahun pertama setelah perkerasan diperkirakan selesai dibangun atau direhabilitasi.

Elemen utama beban lalu lintas dalam desain adalah:

- Beban gandar kendaraan komersial
- Volume lalu lintas yang dinyatakan dalam beban sumbu standar

Analisis volume lalu lintas didasarkan pada survei yang diperoleh dari :

1. Survei lalu lintas, dengan durasi minimal 7 x 24 jam. Survei dapat dilakukan secara manual mengacu pada Pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas (Pd T-19-2004-B) atau menggunakan peralatan dengan pendekatan yang sama.
2. Hasil - hasil survei lalu lintas sebelumnya.
3. Nilai perkiraan untuk jalan dengan lalu lintas rendah.

Dalam analisis lalu lintas, penentuan volume lalu lintas pada jam sibuk dan lalu lintas harian rata - rata tahunan (LHRT) mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Penentuan nilai LHRT didasarkan pada data survei volume lalu lintas dengan mempertimbangkan faktor k.

Perkiraan volume lalu lintas harus dilaksanakan secara realistis. Rekayasa data lalu lintas untuk meningkatkan justifikasi ekonomi tidak boleh dilakukan untuk kepentingan apapun. Jika terdapat keraguan terhadap data lalu lintas maka perencana harus membuat survai cepat secara independen untuk memverifikasi data tersebut.

A. Data Lalu Lintas

Akurasi data lalu lintas penting untuk menghasilkan desain perkerasan yang efektif. Data harus meliputi semua jenis kendaraan komersial. Apabila

diketahui atau diduga terdapat kesalahan data, harus dilakukan penghitungan lalu lintas khusus sebelum perencanaan akhir dilakukan.

B. Jenis Kendaraan

Sistem klasifikasi kendaraan dinyatakan dalam Pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas (Pd T-19-2004-B). Beban gandar kendaraan penumpang dan kendaraan ringan sampai sedang cukup kecil sehingga tidak berpotensi menimbulkan kerusakan struktural pada perkerasan. Hanya kendaraan niaga dengan jumlah roda enam atau lebih yang perlu diperhitungkan dalam analisis.

C. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data-data pertumbuhan series (*historical growth data*) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Jika tidak tersedia data maka Tabel dapat digunakan (2015 - 2035).

Tabel 2. 15 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

| | Jawa | Sumatera | Kalimantan | Rata-rata Indonesia |
|-----------------------------|-------------|-----------------|-------------------|--------------------------------|
| Arteri dan perkotaan | 4,80 | 4,83 | 5,14 | 4,75 |
| Kolektor rural | 3,50 | 3,50 | 3,50 | 3,50 |
| Jalan desa | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Sumber: Manual Perkerasan Revisi Juni 2017

D. Faktor Ekivalen Beban (Vehicle Damage Factor)

Dalam desain perkerasan, beban lalu lintas dikonversi ke beban standar (ESA) dengan menggunakan Faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*). Analisis struktur perkerasan dilakukan berdasarkan jumlah kumulatif ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana.

Desain yang akurat memerlukan perhitungan beban lalu lintas yang akurat pula. Studi atau survei beban gandar yang dirancang dan dilaksanakan dengan baik merupakan dasar perhitungan ESA yang andal. Oleh sebab itu, survei beban gandar harus dilakukan apabila dimungkinkan.

Ketentuan pengumpulan data beban gandar ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 2. 16 Pengumpulan Data Beban Gandar

| Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan | Sumber Data Beban Gandar* |
|--|---------------------------|
| Jalan Bebas Hambatan* | 1 atau 2 |
| Jalan Raya | 1 atau 2 atau 3 |
| Jalan Sedang | 2 atau 3 |
| Jalan Kecil | 2 atau 3 |

Sumber: Manual Perkerasan Revisi Juni 2017

*Data beban gandar dapat diperoleh dari:

1. Jembatan timbang, timbangan statis atau WIM (survei langsung).
2. Survei beban gandar pada jembatan timbang atau WIM yang pernah dilakukan dan dianggap cukup representatif.
3. Data WIM Regional yang dikeluarkan oleh Ditjen Bina Marga.

Timbangan survei beban gandar yang menggunakan sistem statis harus mempunyai kapasitas beban roda (tunggal atau ganda) minimum 18 ton atau kapasitas beban sumbu tunggal minimum 35 ton.

Tingkat pembebanan faktual berlebih diasumsikan berlangsung sampai tahun 2020. Setelah tahun 2020, diasumsikan beban kendaraan sudah terkendali dengan beban sumbu nominal terberat (MST) 12 ton. Namun demikian, untuk keperluan desain, Direktorat Jenderal Bina Marga dapat menentukan waktu penerapan efektif beban terkendali tersebut setiap waktu.

Jika survei beban gandar tidak mungkin dilakukan oleh perencana dan data survei beban gandar sebelumnya tidak tersedia, maka nilai VDF pada tabel 2.12 dan tabel 2.13 dapat digunakan untuk menghitung ESA.

Tabel 2.12 menunjukkan nilai VDF regional masing-masing jenis kendaraan niaga yang diolah dari data studi WIM yang dilakukan Ditjen Bina Marga pada tahun 2012 - 2013. Data tersebut perlu diperbarui secara berkala sekurang-kurangnya setiap 5 tahun.

Apabila survei lalu lintas dapat mengidentifikasi jenis dan muatan kendaraan niaga, dapat digunakan data VDF masing-masing jenis kendaraan menurut tabel 2.13.

Untuk periode beban faktual (sampai tahun 2020), digunakan nilai VDF beban nyata. Untuk periode beban normal (terkendali) digunakan VDF dengan muatan sumbu terberat 12 ton.

Perkiraan beban gandar kawasan dengan lalu lintas rendah dapat mengacu pada Tabel 2.12

Tabel 2. 17 Nilai VDF kendaraan Niaga

| Jenis kendaraan | Sumatera | | | | Jawa | | | | Kalimantan | | | | Sulawesi | | | | Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua | | | | |
|-----------------|--------------|-------|--------|-------|--------------|-------|--------|-------|--------------|-------|--------|-------|--------------|-------|--------|-------|---------------------------------------|-------|--------|-------|------|
| | Beban aktual | | Normal | | Beban aktual | | Normal | | Beban aktual | | Normal | | Beban aktual | | Normal | | Beban aktual | | Normal | | |
| | VDF 4 | VDF 5 | VDF 4 | VDF 5 | VDF 4 | VDF 5 | VDF 4 | VDF 5 | VDF 4 | VDF 5 | VDF 4 | VDF 5 | VDF 4 | VDF 5 | VDF 4 | VDF 5 | VDF 4 | VDF 5 | VDF 4 | VDF 5 | |
| 5B | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 6A | 0,55 | 0,5 | 0,55 | 0,5 | 0,55 | 0,5 | 0,55 | 0,5 | 0,55 | 0,5 | 0,55 | 0,5 | 0,55 | 0,5 | 0,55 | 0,5 | 0,55 | 0,5 | 0,55 | 0,5 | 0,55 |
| 6B | 4,5 | 7,4 | 3,4 | 4,6 | 5,3 | 9,2 | 4,0 | 5,1 | 4,8 | 8,5 | 3,4 | 4,7 | 4,9 | 9,0 | 2,9 | 4,0 | 3,0 | 4,0 | 2,5 | 3,0 | 3,0 |
| 7A1 | 10,1 | 18,4 | 5,4 | 7,4 | 8,2 | 14,4 | 4,7 | 6,4 | 9,9 | 18,3 | 4,1 | 5,3 | 7,2 | 11,4 | 4,9 | 6,7 | - | - | - | - | - |
| 7A2 | 10,5 | 20,0 | 4,3 | 5,6 | 10,2 | 19,0 | 4,3 | 5,6 | 9,6 | 17,7 | 4,2 | 5,4 | 9,4 | 19,1 | 3,8 | 4,8 | 4,9 | 9,7 | 3,9 | 6,0 | 6,0 |
| 7B1 | - | - | - | - | 11,8 | 18,2 | 9,4 | 13,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 7B2 | - | - | - | - | 13,7 | 21,8 | 12,6 | 17,8 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 7C1 | 15,9 | 29,5 | 7,0 | 9,6 | 11,0 | 19,8 | 7,4 | 9,7 | 11,7 | 20,4 | 7,0 | 10,2 | 13,2 | 25,5 | 6,5 | 8,8 | 14,0 | 11,9 | 10,2 | 8,0 | 8,0 |
| 7C2A | 19,8 | 39,0 | 6,1 | 8,1 | 17,7 | 33,0 | 7,6 | 10,2 | 8,2 | 14,7 | 4,0 | 5,2 | 20,2 | 42,0 | 6,6 | 8,5 | - | - | - | - | - |
| 7C2B | 20,7 | 42,8 | 6,1 | 8,0 | 13,4 | 24,2 | 6,5 | 8,5 | - | - | - | - | 17,0 | 28,8 | 9,3 | 13,5 | - | - | - | - | - |
| 7C3 | 24,5 | 51,7 | 6,4 | 8,0 | 18,1 | 34,4 | 6,1 | 7,7 | 13,5 | 22,9 | 9,8 | 15,0 | 28,7 | 59,6 | 6,9 | 8,8 | - | - | - | - | - |

Sumber: Manual Perkerasan Revisi Juni 2017

Tabel 2. 18 Nilai VDF Kendaraan Niaga

| Jenis Kendaraan | | Uraian | Konfigurasi sumbu | Muatan ² yang diangkut | Kelompok sumbu | Distribusi tipikal (%) | | Faktor Ekuivalen Beban (VDF) (ESA / kendaraan) | | |
|------------------|------------|--|-------------------|-----------------------------------|---------------------------|--------------------------|---|--|----------------|------|
| Klasifikasi Lama | Alternatif | | | | | Semua kendaraan bermotor | Semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor | VDF4 Pangkat 4 | VDF5 Pangkat 5 | |
| 1 | 1 | Sepeda motor | 1.1 | Muatan ² yang diangkut | 2 | 30,4 | | | | |
| 2, 3, 4 | 2, 3, 4 | Sedan / Angkot / Pickup / Station wagon | 1.1 | | 2 | 51,7 | 74,3 | | | |
| 5a | 5a | Bus kecil | 1.2 | | 2 | 3,5 | 5,00 | 0,3 | 0,2 | |
| 5b | 5b | Bus besar | 1.2 | | 2 | 0,1 | 0,20 | 1,0 | 1,0 | |
| 6a.1 | 6.1 | Truk 2 sumbu – cargo ringan | 1.1 | | muatan umum | 2 | | | 0,3 | 0,2 |
| 6a.2 | 6.2 | Truk 2 sumbu – ringan | 1.2 | | tanah, pasir, besi, semen | 2 | 4,6 | 6,60 | 0,8 | 0,8 |
| 6b1.1 | 7.1 | Truk 2 sumbu – cargo sedang | 1.2 | | muatan umum | 2 | | | 0,7 | 0,7 |
| 6b1.2 | 7.2 | Truk 2 sumbu – sedang | 1.2 | | tanah, pasir, besi, semen | 2 | - | - | 1,6 | 1,7 |
| 6b2.1 | 8.1 | Truk 2 sumbu – berat | 1.2 | | muatan umum | 2 | | | 0,9 | 0,8 |
| 6b2.2 | 8.2 | Truk 2 sumbu – berat | 1.2 | | tanah, pasir, besi, semen | 2 | 3,8 | 5,50 | 7,3 | 11,2 |
| 7a1 | 9.1 | Truk 3 sumbu – ringan | 1.22 | muatan umum | 3 | | | 7,6 | 11,2 | |
| 7a2 | 9.2 | Truk 3 sumbu – sedang | 1.22 | tanah, pasir, besi, semen | 3 | | 5,60 | 28,1 | 64,4 | |
| 7a3 | 9.3 | Truk 3 sumbu – berat | 1.1.2 | Muatan ² yang diangkut | 3 | 0,1 | 0,10 | 28,9 | 62,2 | |
| 7b | 10 | Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu | 1.2-2.2 | | 4 | 0,5 | 0,70 | 36,9 | 90,4 | |
| 7c1 | 11 | Truk 4 sumbu - trailer | 1.2-22 | | 4 | 0,3 | 0,50 | 13,6 | 24,0 | |
| 7c2.1 | 12 | Truk 5 sumbu - trailer | 1.2-22 | | 5 | | | 19,0 | 33,2 | |
| 7c2.2 | 13 | Truk 5 sumbu - trailer | 1.2-222 | | 5 | 0,7 | 1,00 | 30,3 | 69,7 | |
| 7c3 | 14 | Truk 6 sumbu - trailer | 1.22-222 | | 6 | 0,3 | 0,50 | 41,6 | 93,7 | |

Catatan: Data didasarkan pada survei beban lalu lintas Arteri Pulau Jawa – 2011. Lihat survei WIM 2011 untuk informasi lebih lanjut.

² Perhitungan lalu lintas untuk desain perkerasan harus meliputi semua kelas kendaraan dalam daftar dengan sub-kelompok muatan seperti yang dicantumkan.

E. Angka ekuivalen (E) n Sumbu Terberat

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

Angka ekuivalen sumbu tunggal

$$E = \frac{\text{Beban sumbu tunggal (Kg)}^4}{8160} \dots\dots\dots (2.47)$$

Angka ekuivalen sumbu ganda

$$= 0,086 \frac{\text{Beban sumbu ganda (Kg)}^4}{8160} \dots\dots\dots (2.48)$$

Tabel 2. 19 Angka Ekuivalen Beban 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 | 0,005 |
| 5000 | 11023 | 0,141 | 0,0121 |
| 6000 | 13228 | 0,2923 | 0,0251 |
| 7000 | 15432 | 0,5415 | 0,0466 |
| 8000 | 17637 | 0,9238 | 0,0794 |
| 8160 | 18000 | 1 | 860 |
| 9000 | 19841 | 1,4789 | 0,1273 |
| 10000 | 22046 | 2,2555 | 0,194 |
| 11000 | 24251 | 3,3.22 | 0,284 |
| 12000 | 26455 | 4,677 | 0,4022 |
| 13000 | 28660 | 6,4419 | 0,554 |
| 14000 | 30863 | 8,6647 | 0,7452 |
| 15000 | 33069 | 11,4184 | 0,982 |
| 16000 | 35276 | 14,7815 | 1,2712 |

F. Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) dan Lintas Ekuivalen

Lalu lintas harian rata-rata (LHR) setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana. Jumlah kendaraan yang hendak memakai jalan dinyatakan dalam volume lalu lintas. Volume lalu lintas didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang melewati satu titik pengamatan selama satu satuan. Untuk perencanaan tebal lapis perkerasan, volume lalu lintas dinyatakan dalam kendaraan/hari/ 1 arah untuk jalan satu arah atau dua arah terpisah. Data-data lalu lintas dapat

diperoleh dari pos-pos rutin yang ada disekitar. Dari pos-pos rutin tersebut untuk kebutuhan perencanaan tebal lapis.

- Lalu lintas harian rata – rata permulaan (LHR_p)

$$LHR_p = LHR_s \times (1 + i_1)^{n_1} \dots\dots\dots (2.49)$$

- Lalu lintas harian rata – rata akhir (LHR_A)

$$LHR_A = LHR_p \times (1 + i_2)^{n_2} \dots\dots\dots (2.50)$$

Rumus – rumus lintas ekivalen

- Lintas Ekivalen Permulaan (LEP)

$$LEP = \sum_{j=mp}^n (LHR_{pj}) \times C \times E \dots\dots\dots (2.51)$$

- Lintas Ekivalen Akhir (LEA)

$$LEA = \sum_{j=mp}^n (LHR_{Aj}) \times C \times E \dots\dots\dots (2.52)$$

- Lintas Ekivalen Tengah (LET)

$$LET = \frac{LEP + LEA}{2} \dots\dots\dots (2.53)$$

- Lintas Ekivalen Rencana (LER)

$$LER = LET \times F_p \dots\dots\dots (2.54)$$

$$F_p = \frac{n_2}{10} \dots\dots\dots (2.55)$$

Keterangan :

i_1 = Pertumbuhan lalu lintas masa konstruksi

i_2 = Pertumbuhan lalu lintas masa layanan

j = Jenis kendaraan

n_1 = Masa konstruksi

n_2 = Umur rencana

C = Koefisien distribusi kendaraan

E = Angka ekivalen beban sumbu kendaraan

F_p = Faktor Penyesuaian

2.3.4 CBR Desain Tanah

A. Penentuan Segmen Tanah Dasar Yang Seragam

Ruas jalan yang didesain harus dikelompokkan berdasarkan kesamaan segmen yang mewakili kondisi tanah dasar yang dapat dianggap seragam (tanpa perbedaan yang signifikan). Pengelompokan awal dapat dilakukan berdasarkan hasil kajian meja dan penyelidikan lapangan atas dasar kesamaan geologi, pedologi, kondisi drainase dan topografi, serta karakteristik geoteknik (seperti gradasi dan plastisitas).

Secara umum disarankan untuk menghindari pemilihan segmen seragam yang terlalu pendek. Jika nilai CBR yang diperoleh sangat bervariasi, perancang harus membandingkan manfaat dan biaya antara pilihan membuat segmen seragam yang pendek berdasarkan variasi nilai CBR tersebut, atau membuat segmen yang lebih panjang berdasarkan nilai CBR yang lebih konservatif.

Hal penting lainnya yang harus diperhatikan adalah perlunya membedakan daya dukung rendah yang bersifat lokal (setempat) dengan daya dukung tanah dasar yang lebih umum (mewakili suatu lokasi). Tanah dasar lokal dengan daya dukung rendah biasanya dibuang dan diganti dengan material yang lebih baik atau ditangani secara khusus.

Dua metode perhitungan CBR karakteristik diuraikan sebagai berikut.

a. Metode distribusi normal standar

Jika tersedia cukup data yang valid (minimum 10 titik data uji per segmen yang seragam) rumus berikut ini dapat digunakan:

CBR karakteristik = CBR rata-rata - f x deviasi standar

- $f = 1,645$ (probabilitas 95%), untuk jalan tol atau jalan bebas hambatan.
- $f = 1,282$ (probabilitas 90%) untuk jalan kolektor dan arteri.
- $f = 0,842$ (probabilitas 80%), untuk jalan lokal dan jalan kecil.
- Koefisien variasi (CV) maksimum dari data CBR untuk suatu segmen

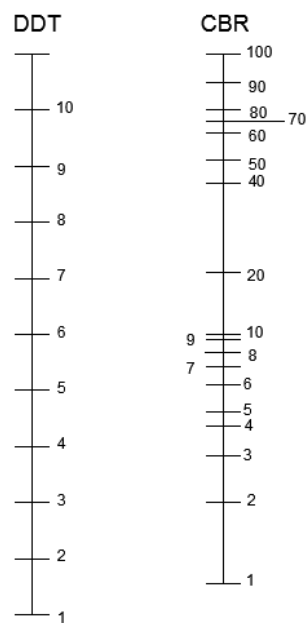
Apabila jumlah data per segmen kurang dari 10 maka nilai CBR terkecil dapat mewakili sebagai CBR segmen.

b. Metode persentil

Metode persentil menggunakan distribusi data nilai CBR pada segmen seragam yang dianggap terdistribusi secara normal. Nilai persentil ke "x" dari suatu kumpulan data membagi kumpulan data tersebut dalam dua bagian, yaitu bagian yang mengandung "x" persen data dan bagian yang mengandung $(100 - x)$ persen data.

2.3.5 Daya Dukung Tanah (DDT) dan CBR

Daya dukung tanah ditetapkan berdasarkan grafik korelasi. Daya dukung tanah dasar diperoleh dari nilai CBR atau California Bearing Ratio. Dari nilai CBR yang merupakan nilai CBR rata-rata untuk suatu jalur tertentu.



Gambar 2. 11 Korelasi DDT dan CBR

2.3.6 Faktor Regional

Faktor regional (FR) adalah faktor koreksi sehubungan dengan adanya perbedaan kondisi. Faktor regional ini dipengaruhi oleh bentukalinyemen, persentase berat dann iklim. Pada bagian-bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, pemberhentian atau tikungan tajam (jari-jari 30m) FR ditambah dengan 0,5. Pada daerah rawa-rawa FR ditambah dengan 1,0.

Tabel 2. 20 Faktor Regional (FR)

| | Kelayakan I | | Kelayakan I | | Kelayakan II | |
|-----------------|-------------------|-----------|-------------------|-----------|-------------------|-----------|
| | (< 6 %) | | (6 – 10 %) | | (> 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 | 1,5 – 2,0 | 1,5 | 2,0 – 2,5 |
| Iklim II | | | | | | |
| ≥ 900 mm/tahun | 1,5 | 2,0 – 2,5 | 2 | 2,0 – 3,0 | 2,5 | 3,0 – 3,5 |

Sumber : SKBI-2.3.26.1987

2.3.7 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 seperti yang tersebut di bawah ini:

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

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

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

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

- Indeks permukaan awal, Dalam menentukan indeks permukaan awal umur rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan/kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana.

Tabel 2. 21 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)

| Jeni Lapis Perkerasan | IPo | Roughnees *) 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 | $\leq 2,4$ | - |

- Indeks Permukaan Akhir (IPt), Dalam menentukan Indeks Permukaan (IP) pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah lintas ekivalen rencana (LER).

Tabel 2. 22 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IPt)

LER = Lintas Ekivalen Klasifikasi Jalan

| Rencana *) | 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 |

2.3.8 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

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

Tabel 2. 23 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

| Koefisien | | | Kekuatan | | | Jenis Bahan |
|-----------------|----|----|----------|-----------------------|-------|-------------|
| Kekutan Relatif | | | Bahan | | | |
| a1 | a2 | a3 | Ms (kg) | Kt kg/cm ² | CBR % | |
| 0,4 | | - | 744 | - | - | LASTON |
| 0,35 | | - | 590 | - | - | |
| 0,32 | | - | 454 | - | - | |
| | | | | | | |
| 0,3 | | - | 340 | - | - | |
| 0,35 | | - | 744 | - | - | LASBUTAG |
| 0,31 | | - | 590 | - | - | |
| 0,28 | | - | 454 | - | - | |
| 0,26 | | - | 340 | - | - | |

| | | | | | | |
|------|------|------|-----|----|-----|-------------------------------|
| 0,3 | | - | 340 | - | - | HRA |
| 0,26 | | - | 340 | - | - | Aspa Macadam |
| 0,25 | | - | - | - | - | LAPEN (mekanis) |
| 0,2 | | - | - | - | - | 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) |
| - | - | 0,1 | - | - | 20 | Tanah/lempung kepasiran |

2.3.9 Batas Minimum Tebal Perkerasan

Batas-batas minimum tebal perkerasan berdasarkan pemakaian jalan maka Dalam penentuan dimensi perkerasan mengacu kepada batas-batas yang diizinkan Dalam menerima beban.

Tabel 2. 24 Batas Minimum Tebal Lapisan 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 |

Tabel 2. 25 Batas Minimum Tebal Lapisan Pondasi

| 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 |
| ≥ 12,25 | 25 | Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston atas |

2.3.10 Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

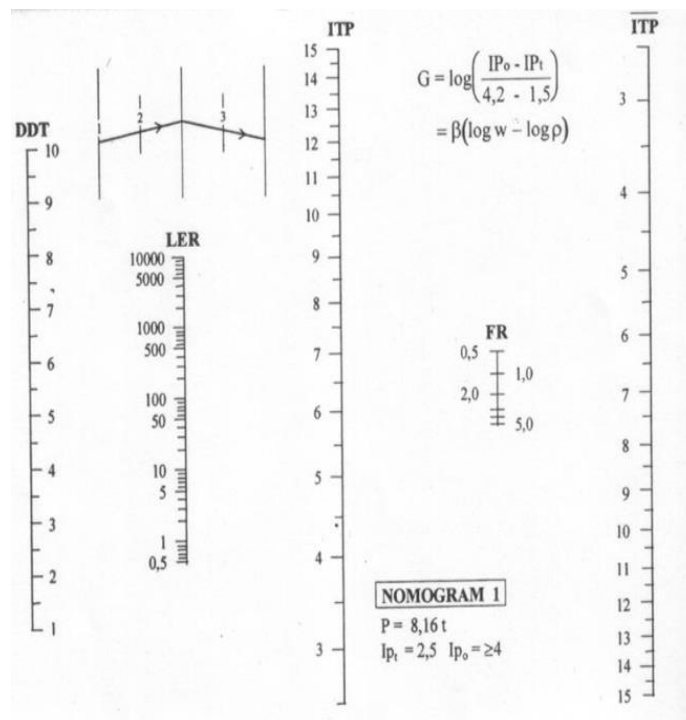
$$ITP = a_1.D_1 + a_2.D_2 + a_3.D_3 \dots\dots\dots (2.56)$$

Keterangan :

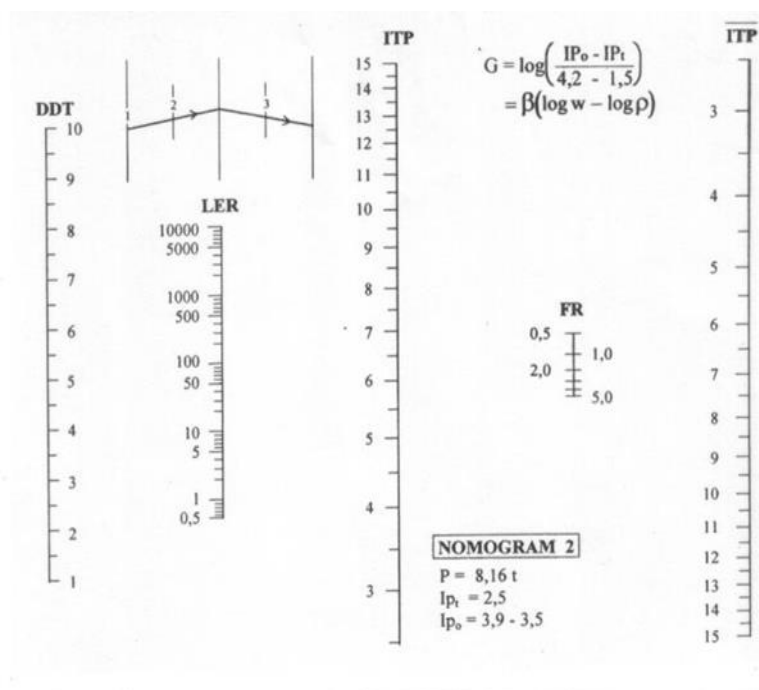
$a_1 a_2 a_3$ = Koefisien kekuatan relatif bahan-bahan perkerasan

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

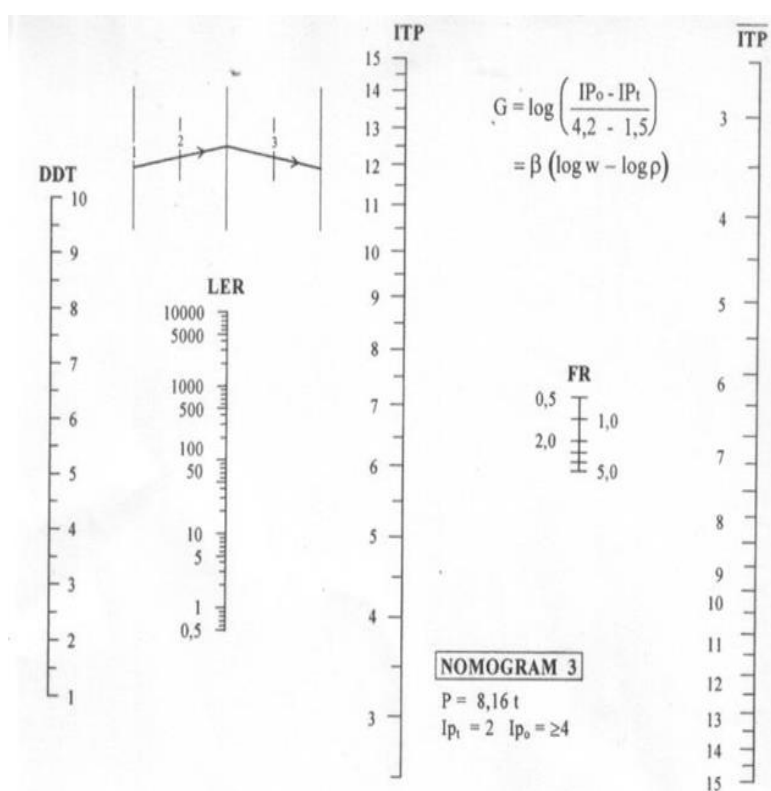
Angka-angka 1,2,3 masing- masing berarti lapis permukaan, lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah.



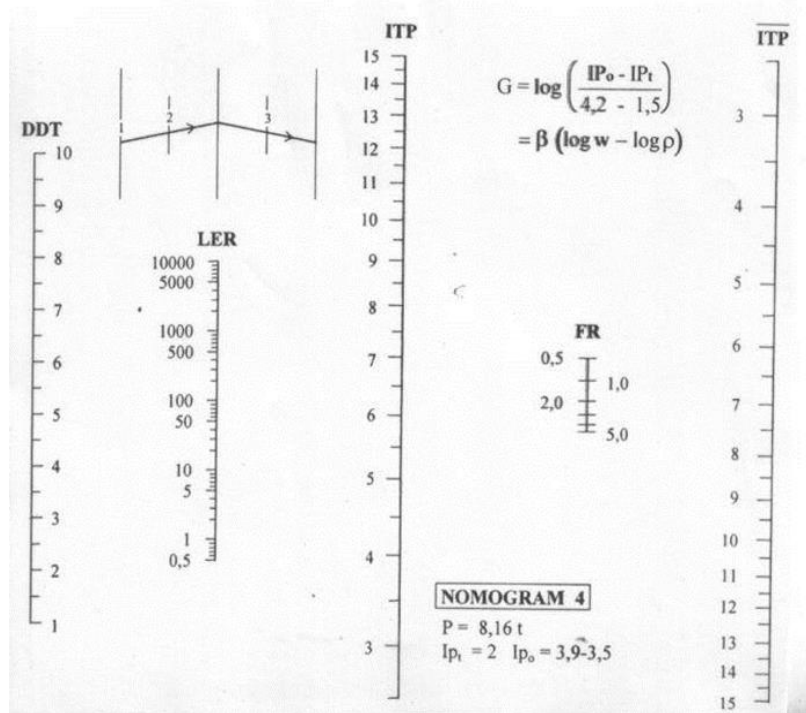
Gambar 2. 12 Nomogram 1 untuk $I_{pt} = 2,5$ dan $I_{po} = \geq 4$



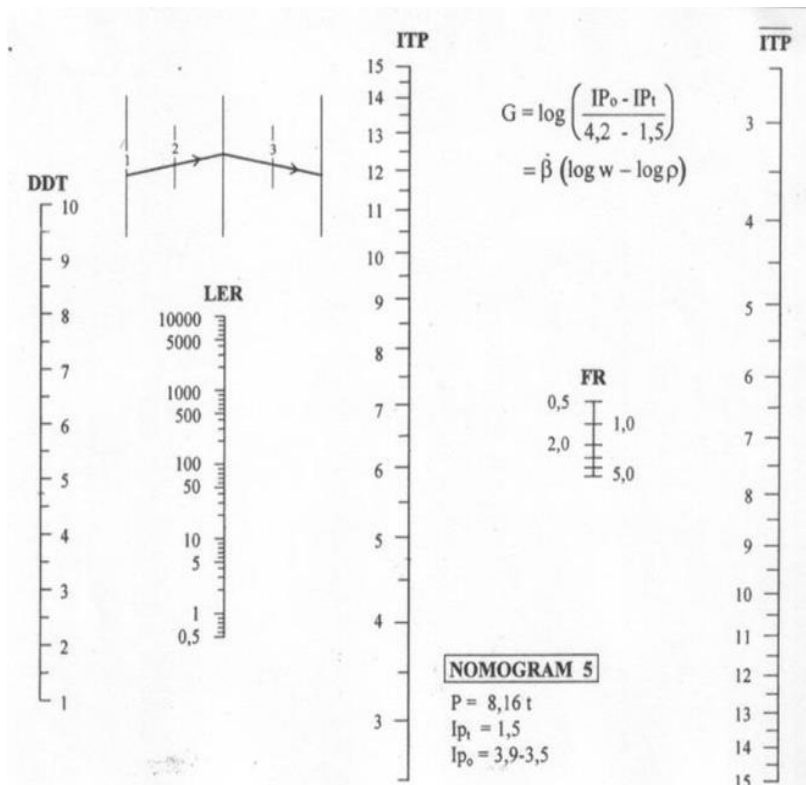
Gambar 2. 13 Nomogram 2 untuk I_{p_t} = 2,5 dan I_{p_o} = 3,9 – 3,5



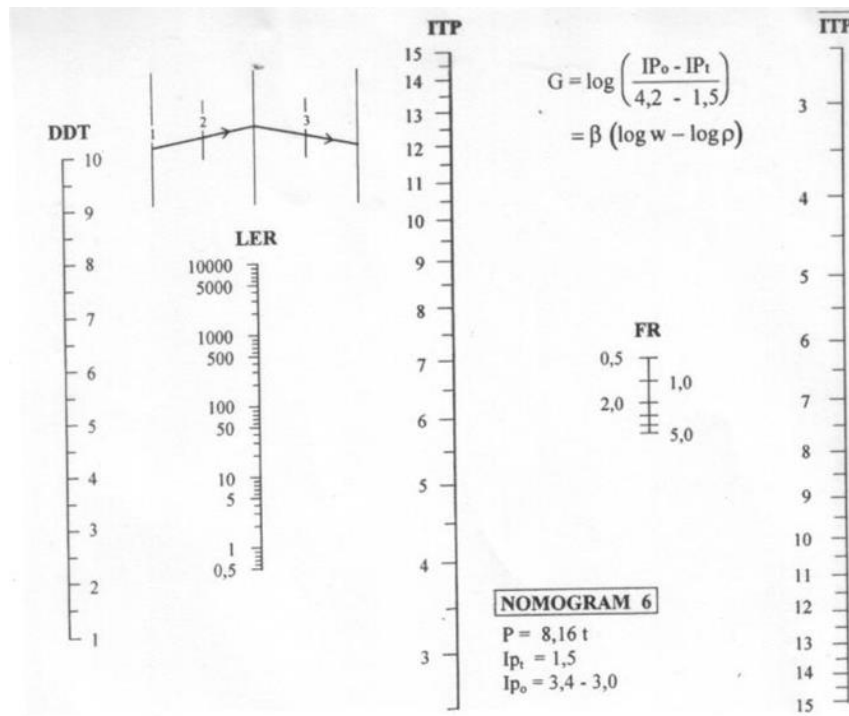
Gambar 2. 14 Nomogram 3 untuk I_{p_t} = 2 dan I_{p_o} ≥ 4



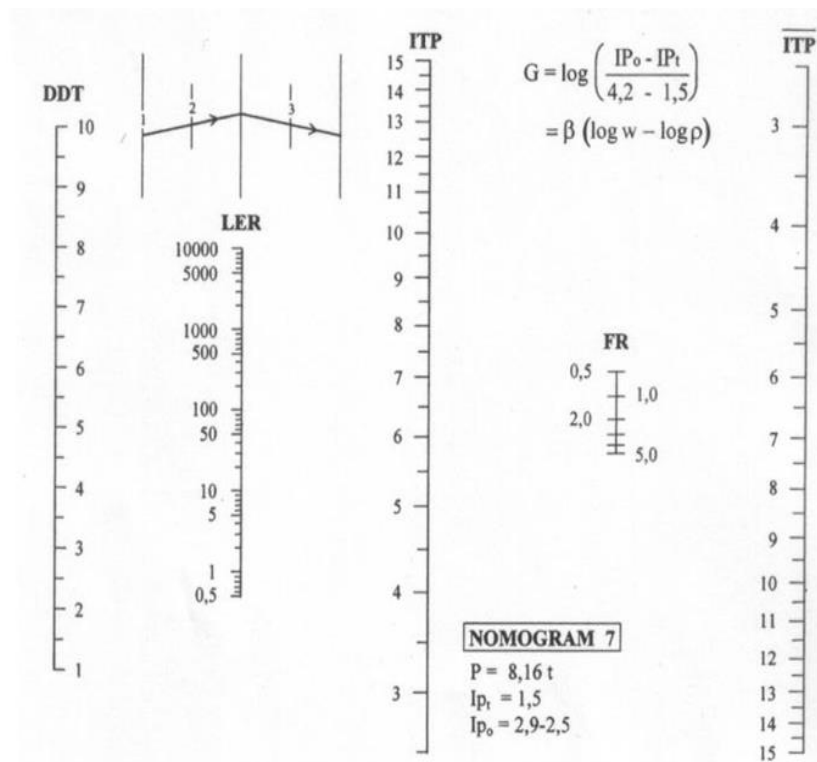
Gambar 2. 15 Nomogram 4 untuk $I_{pt} = 2$ dan $I_{po} = 3,9 - 3,5$



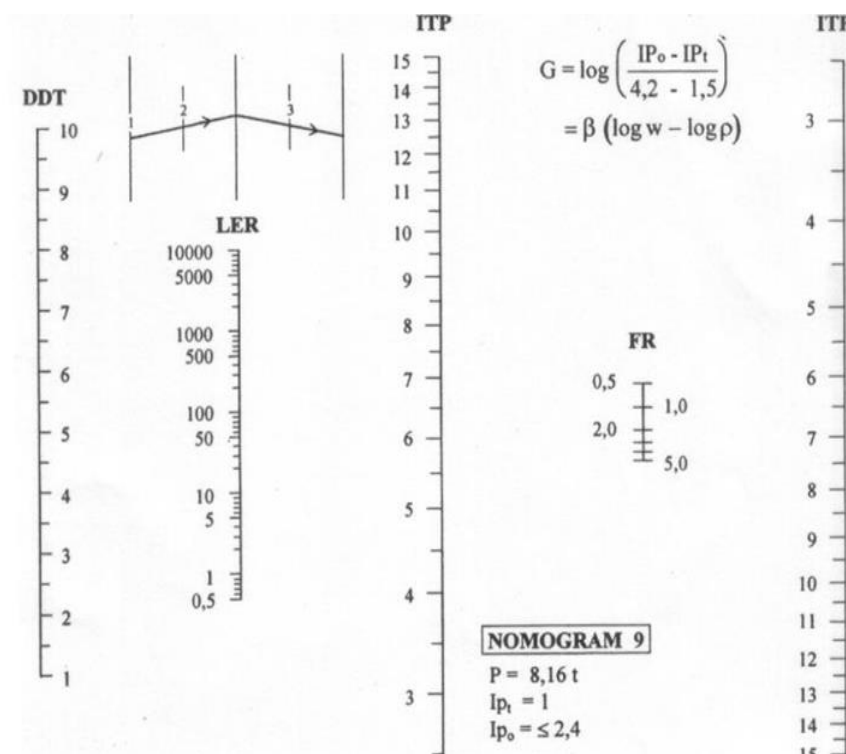
Gambar 2. 16 Nomogram 5 untuk $I_{pt} = 1,5$ dan $I_{po} = 3,9 - 3,5$



Gambar 2. 17 Nomogram 6 untuk $I_{pt} = 1,5$ dan $I_{po} = 3,4 - 3,0$



Gambar 2. 18 Nomogram 7 untuk $I_{pt} = 1,5$ dan $I_{po} = 2,9 - 2,5$



Gambar 2. 19 Nomogram 9 untuk $I_{pt} = 1$ dan $I_{po} \geq 2,4$

2.4 Perencanaan Drainase

Drainase didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari usaha untuk mengalirkan air yang berlebih dalam suatu konteks pemanfaatan tertentu. Sedangkan drainase (S.N.1997).

Kurang perencanaan dimensi drainase jalan yang sesuai dapat menjadi salah satu penyebab kerusakan konstruksi jalan, karena banyaknya air drainase yang masuk ke badan jalan sehingga aspal jalan mudah terkelupas karena musuh dari aspal adalah air. Maka perlunya perencanaan sistem drainase jalan harus dilaksanakan dengan baik dan terencana. Air hujan/air limpasan dari daerah disekitar jalan harus dialirkan ke sungai atau ke tempat-tempat pembuangan lainnya dengan melalui saluran tepi jalan dan bangunan air yang melintas jalan.

2.4.1 Analisis Hidrologi

Metode Analisis, Berdasarkan SNI 2415:2016 Tata cara perhitungan debit banjir rencana.

1. Metode Rata-rata Aljabar, cara ini adalah perhitungan rata-rata secara aljabar curah hujan di dalam dan di sekitar daerah bersangkutan.

$$R = 1/n(R_1 + R_2 + \dots + R_n) \dots\dots\dots (2.58)$$

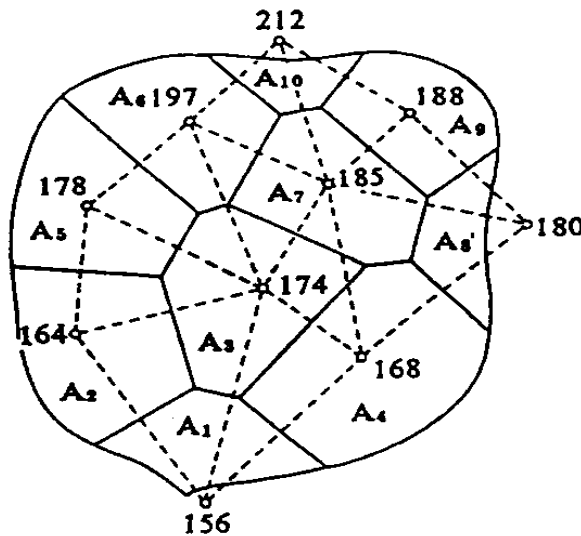
Keterangan :

R = Curah hujan daerah

n = Jumlah titik atau pos pengamatan

R₁,R₂,.....R_n = Curah hujan di tiap titik pengamatan

2. Metode Thiessen, jika titik-titik di daerah pengamatan didalam daerah itu tidak tersebar merata, maka cara perhitungan curah dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan.



Gambar 2. 20 Polygon Thiessen

$$\bar{R} = \frac{A_1.R_1+A_2.R_2+\dots+A_n.R_n}{A_1+A_2+\dots+A_n} \dots\dots\dots (2.58)$$

Keterangan :

\bar{R} = Hujan rata rata suatu DAS

R = Hujan di tiap tiap stasiun

A = Luas area dibatasi *polygon*

3. Metode Isohyet, adalah cara rasional yang terbaik jika garis-garis isohayet dapat digambar dengan teliti.

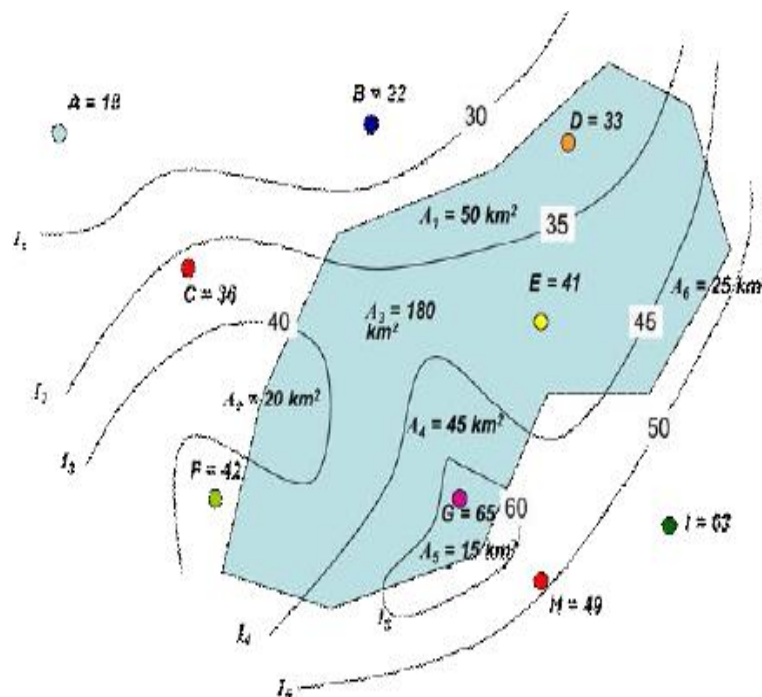
$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \frac{I_i + I_{i+1}}{2}}{\sum_{i=1}^n A_i} \text{ atau } \bar{R} = \frac{A_1 \frac{I_1 + I_2}{2} + A_2 \frac{I_2 + I_3}{2} + \dots + A_n \frac{I_n + I_{n+1}}{2}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots \dots \dots (2.59)$$

keterangan :

\bar{R} = Hujan rata rata suatu DAS

I = Garis isohyet ke i

A = Luas area dibatasi poligon



Gambar 2. 21 Polygon Isohyet

2.4.2 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. 26 Syarat Pemilihan Jenis Distribusi

| Jenis Sebaran | Syarat |
|----------------------|----------------------------|
| Log Normal | $Cs = 3 Cv + Cv^2 = 0.159$ |
| | $Cv = 0.06$ |
| Log Pearson Tipe III | $Cs \neq 0$ |
| | $Cv = 0.3$ |
| Gumble | $Cs = 1.139$ |
| | $Ck = 5.4$ |
| Normal | $Cs = 0$ |
| | $Ck = 3$ |

Sumber : SNI 2015-2016 Debit Banjir Rencana

A. Distribusi Gumble

$$X_T = \bar{X} + \left[\frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \right] \times STDEV \dots\dots\dots (2.61)$$

$$X_T = \bar{X} + (K) \times STDEV \dots\dots\dots (2.62)$$

$$Y_{Tr} = - \ln \left[\ln \frac{T_r}{T_r - 1} \right] \dots\dots\dots (2.63)$$

Keterangan :

X_T = CH/intensitas hujan pada periode T_r

Y_{tr} = Faktor 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. 27 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 |
| 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. 28 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 | 0,1607 | 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 |

B. Distribusi Normal

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot STDEV \dots\dots\dots (2.63)$$

Keterangan :

X_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T

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. 29 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 |

C. Distrbusi Log Person Tipe III

$$\log(X_T) = \overline{\log(X)} + K \cdot STDEV \dots\dots\dots (2.64)$$

$$X_T = 10^{(\overline{\log(X)}+K \cdot STDEV)} \dots\dots\dots (2.65)$$

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. 30 Tabel Distribusi Log Person III

| 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 |

Dikup dari Ir. CD. Soemarto, B.I.E. Dipl. HE / Hidrologi Teknik

D. Distribusi Log Normal

$$\log(X_T) = \overline{\log(X)} + K \cdot STDEV \dots\dots\dots (2.67)$$

$$X_T = 10^{(\overline{\log(X)} + K \cdot STDEV)} \dots\dots\dots (2.68)$$

Keterangan :

X_T = CH/intensitas hujan pada Tr

K = Varaibel reduksi Gauss

STDEV = Standard deviation

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

2.4.3 Pengujiam 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.

A. Uji Chi-Square

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \dots\dots\dots (2.69)$$

$$K = 1 + 3,322 \times \text{Log}(n) \dots\dots\dots (2.70)$$

$$Dk = K - (p + 1) \dots\dots\dots (2.71)$$

Keterangan :

X^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.

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.

B. Kolmogrov-Smirnov

Apabila nilai $\Delta < \Delta_{kritis}$ sesuai harga kritis uji Kolmogorov-Smirnov seperti Tabel 2.22 maka distribusi teoritisnya dapat diterima.

Perhitungan probabilitas dengan rumus Weibul

$$P = \frac{m}{n+1} 100\% \dots\dots\dots (2.72)$$

Keterangan :

P = Probabilitas (%)

m = Nomor urut data dari seri data yang telah disusun

n = Banyak data

Tabel 2. 31 Harga Kritis Chi-Square

| dk | α derajat kepercayaan | | | | | | | |
|----|---------------------------------|----------|----------|---------|--------|--------|--------|--------|
| | 0,995 | 0,99 | 0,975 | 0,95 | 0,05 | 0,025 | 0,01 | 0,005 |
| 1 | 0,0000393 | 0,000157 | 0,000982 | 0,00393 | 3,841 | 5,024 | 6,635 | 7,879 |
| 2 | 0,0100 | 0,0201 | 0,0506 | 0,103 | 5,991 | 7,378 | 9,210 | 10,597 |
| 3 | 0,0717 | 0,115 | 0,216 | 0,352 | 7,815 | 9,348 | 11,345 | 12,838 |
| 4 | 0,207 | 0,297 | 0,484 | 0,711 | 9,488 | 11,143 | 13,277 | 14,860 |
| 5 | 0,412 | 0,554 | 0,831 | 1,145 | 11,070 | 12,832 | 15,086 | 16,750 |
| 6 | 0,676 | 0,872 | 1,237 | 1,635 | 12,592 | 14,449 | 16,812 | 18,548 |
| 7 | 0,989 | 1,239 | 1,690 | 2,167 | 14,067 | 16,013 | 18,475 | 20,278 |
| 8 | 1,344 | 1,646 | 2,180 | 2,733 | 15,507 | 17,535 | 20,090 | 21,955 |
| 9 | 1,735 | 2,088 | 2,700 | 3,325 | 16,919 | 19,023 | 21,666 | 23,589 |
| 10 | 2,156 | 2,558 | 3,247 | 3,940 | 18,307 | 20,483 | 23,209 | 25,188 |
| 11 | 2,603 | 3,053 | 3,816 | 4,575 | 19,675 | 21,920 | 24,725 | 26,757 |
| 12 | 3,074 | 3,571 | 4,404 | 5,226 | 21,026 | 23,337 | 26,217 | 28,300 |
| 13 | 3,565 | 4,107 | 5,009 | 5,892 | 22,362 | 24,736 | 27,388 | 29,819 |
| 14 | 4,075 | 4,660 | 5,629 | 6,571 | 23,685 | 26,119 | 29,141 | 31,319 |
| 15 | 4,601 | 5,229 | 6,262 | 7,261 | 24,996 | 27,448 | 30,578 | 32,801 |
| 16 | 5,142 | 5,812 | 6,908 | 7,962 | 26,296 | 28,845 | 32,000 | 34,267 |
| 17 | 5,697 | 6,408 | 7,564 | 8,672 | 27,587 | 30,191 | 33,409 | 35,718 |
| 18 | 6,265 | 7,015 | 8,231 | 9,390 | 28,869 | 31,526 | 34,805 | 37,156 |
| 19 | 6,844 | 7,633 | 8,907 | 10,117 | 30,114 | 32,852 | 36,191 | 38,582 |
| 20 | 7,434 | 8,260 | 9,591 | 10,851 | 31,410 | 34,170 | 37,566 | 39,997 |
| 21 | 8,034 | 8,897 | 10,283 | 11,591 | 32,671 | 35,479 | 38,932 | 41,401 |
| 22 | 8,643 | 9,542 | 10,982 | 12,338 | 33,924 | 36,781 | 40,289 | 42,796 |
| 23 | 9,260 | 10,196 | 11,689 | 13,091 | 36,172 | 38,076 | 41,638 | 44,181 |
| 24 | 9,886 | 10,856 | 12,401 | 13,848 | 36,415 | 39,364 | 42,980 | 45,558 |
| 25 | 10,520 | 11,524 | 13,120 | 14,611 | 37,652 | 40,646 | 44,314 | 46,928 |
| 26 | 11,160 | 12,198 | 13,844 | 15,379 | 38,885 | 41,923 | 45,642 | 48,290 |
| 27 | 11,808 | 12,879 | 14,573 | 16,151 | 40,113 | 43,194 | 46,963 | 49,645 |
| 28 | 12,461 | 13,565 | 15,308 | 16,928 | 41,337 | 44,461 | 48,278 | 50,993 |
| 29 | 13,121 | 14,256 | 16,047 | 17,708 | 42,557 | 45,722 | 49,588 | 52,336 |
| 30 | 13,787 | 14,953 | 16,791 | 18,493 | 43,733 | 46,979 | 50,892 | 53,672 |

Sumber: Soewarno (1995)

Tabel 2. 32 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

2.4.4 Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Intensitas curah hujan (‘) 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.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (2.73)$$

Keterangan :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = Lamanya hujan (jam)

R24 = Curah hujan maksimum harian (mm)

2.4.5 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.

$$Qr = \frac{1}{36} C . I . A \dots\dots\dots (2.74)$$

Keterangan: Qr adalah debit puncak aliran (m³/s);

C adalah koefisien limpasan;

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

A adalah luas daerah aliran (km²).

2.4.6 Koefisien Pengaliran (C)

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

$$C = \frac{C_1.A_1+C_2.A_2+C_3.A_3+\dots+C_n.A_n.Fk}{A_1+A_2+A_3+\dots+A_n} \dots\dots\dots (2.75)$$

Keterangan

A₁,A₂,A₃ = Luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan

C₁,C₂,C₃ = Koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan

Tabel 2. 33 Koefisien Pengaliran dan 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

2.4.7 Menentukan Waktu Konsentrasi (Tc)

$$Tc = t1 + t2 \dots\dots\dots (2.76)$$

$$t1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times Io \times \frac{nd}{\sqrt{i_s}} \right)^{0,167} \dots\dots\dots (2.77)$$

$$t2 = \frac{L}{60 \times V} \dots\dots\dots (2.78)$$

Keterangan :

Tc = Waktu konsentrasi (menit)

t1 = Waktu inlet (menit)

t2 = Waktu aliran (menit)

Io = Jarak dari titik terjauh kefasilitas drainase (m)

is = Kemiringan daerah pengaliran

L = Panjang saluran

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

Nd = Koefisien hambatan

Tabel 2. 34 Kemiringan Satuan Memanjang (is)

| No | Jenis Material | kemiringan saluran (is %) |
|----|----------------|---------------------------|
| 1 | Tanah Asli | 0 – 5 |
| 2 | Kerikil | 5 - 7.5 |
| 3 | Pasangan | 7.5 |

Sumber : Pd.T-02-2006-B

Tabel 2. 35 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 |

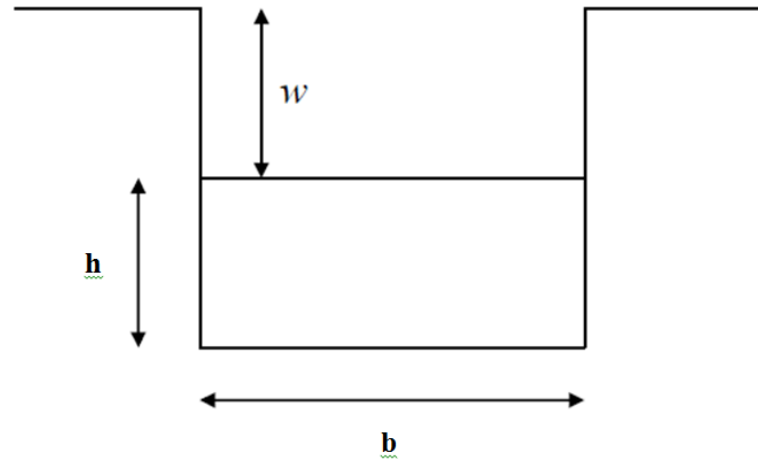
Sumber : Pd.T-02-2006-B

Tabel 2. 36 Kecepatan Aliran Air 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

2.4.8 Menentukan Dimensi Saluran



Gambar 2. 22 Bentuk Saluran Segiempat

Penentuan bahan saluran, koefisien Manning (n) , dan kecepatan (V) pada saluran yang diijinkan , bentuk saluran dan penentuan kemiringan saluran yang diijinkan

Tentukan kecepatan saluran < kecepatan saluran yang diijinkan

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} i_s^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2.80)$$

Menentukan tinggi kedalaman air saluran (h), Hitung tinggi jagaan (W) dan lebar saluran (b) , Debit saluran (Qs)

$$R = \frac{F}{P} = \frac{b \times h}{b + 2h} \dots\dots\dots (2.80)$$

$$W = \sqrt{0,5} \times h \dots\dots\dots (2.81)$$

$$Qs = F \times V \dots\dots\dots (2.82)$$

Keterangan :

W = tinggi jagaan(m)

h = kedalaman air yang tergenang dalam saluran(m)

R = jari-jari hidrolis (m)

F= luas penampang basah (m²)

P = keliling basah(m)

Qr = Debit Aliran

Qs = Debit Saluran

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

Bandingkan kemiringan saluran hasil perhitungan (i_s perhitungan) dengan kemiringan tanah yang diukur di lapangan (i_s lapangan)

$$\text{Kemiringan saluran } ,i_s = \left(\frac{V \times n}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \dots\dots\dots (2.83)$$

Kemiringan tanah lokasi yang akan di bangun,

$$i_s = \frac{\text{elevasi1} - \text{elevasi2}}{L} \times 100\% \dots\dots\dots (2.84)$$

- i_s lapangan $\leq i_s$ perhitungan, artinya bahwa kemiringan saluran yang direncanakan sesuai dengani perhitungan
- i_s lapangan $\geq i_s$ perhitungan, berarti saluran harus dibuatkan pematah arus.

Tabel 2. 37 Hubungan Kemiringan Saluran(i_s) dan Jarak Pematah Arus

| 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-02-2006-B

