

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Definisi Jalan Raya

Jalan merupakan suatu prasarana perhubungan darat dalam bentuk apapun, meliputi segala bagian jalan termasuk bangunan pelengkap dan pelengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas.

Jalan raya adalah suatu lintasan yang bermanfaat untuk melewati lalu lintas dari suatu tempat ke tempat lain.(Hendra Suryadharma & Beniktus Susanto,1999)

Jaringan jalan raya yang merupakan prasarana transportasi darat memegang peranan yang sangat penting dalam sector perhubungan terutama untuk keseimbangan barang jasa.

Keberadaan jalan raya sangat diperlukan untuk menunjang laju pertumbuhan ekonomi seiring dengan meningkatnya kebutuhan sarana transportasi yang dapat menjangkau daerah – daerah terpencil yang merupakan sentral produksi pertanian.

Perkembangan kapasitas maupun kuantitas kendaraan yang menghubungkan kota – kota antar provinsi dan terbatasnya sumber dana untuk pembangunan jalan raya serta belum optimalnya pengoperasian prasarana lalu lintas yang ada, merupakan yang utama di Indonesia dan di banyak negara, terutama negara – negara yang sedang berkembang.

Untuk menghubungkan ruas jalan baru maupun peningkatan yang diperlukan sehubungan dengan penambahan kapasitas jalan raya. Tentu akan memerlukan metode efektif dalam perancangan maupun dalam perencanaan agar diperoleh hasil yang terbaik dan ekonomis, tetapi memenuhi unsur keselamatan pengguna jalan dan tidak mengganggu ekosistem. (Shirley L. Hendarsin, 2000)

2.2 Perencanaan Geometrik Jalan

Perencanaan geometrik jalan 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. Jadi, tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisien pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan/biaya pelaksanaan. Ruang, bentuk, dan ukuran jalan dikatakan baik jika dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pemakai jalan. (Silvia Sukirman, 1999:17)

Perencanaan geometrik jalan adalah perencanaan *route* dari suatu ruas jalan secara lengkap, meliputi beberapa elemen yang disesuaikan dengan kelengkapan dan data dasar yang ada atau tersedia dari hasil survei lapangan dan telah dianalisis, serta mengacu pada ketentuan yang berlaku. (Shirley L.Hendarsin, 2000:88)

Perencanaan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan *route* dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar, yang didapatkan dari hasil *survey*

lapangan, kemudian dianalisis berdasarkan acuan persyaratan perencanaan geometrik yang berlaku. (Ir. Hamirhan Saodang, 2010:20)

Elemen dari perencanaan geometrik jalan terbagi menjadi dua, yakni Alinyemen Horizontal dan Alinyemen Vertikal.

2.2.1 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan menurut fungsi jalan pada Bina Marga dalam Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TPGJAK) NO.038/T/BM/1997 terbagi menjadi :

1. Jalan Arteri, jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri – ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata – rata tinggi, dan jumlah jalan masuk telah dibatasi.
2. Jalan Kolektor, jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri – ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata – rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
3. Jalan Lokal, jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri – ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata – rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

Tabel 2. 1 Ketentuan Klasifikasi 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 Medan, (%)	<3	3 – 25	>25	<3	3 – 25	>25	<3	3 – 25	>25

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

2.2.2 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang merupakan wakil dari kelompoknya, dipergunakan untuk merencanakan bagian – bagian dari jalan. Untuk perencanaan geometrik jalan, ukuran lebar kendaraan rencana akan mempengaruhi perencanaan tikungan, dan lebar median dimana mobil diperkenankan untuk memutar. (Silvia Sukirman,1999:38)

Kendaraan rencana dikelompokkan menjadi :

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

Tabel 2. 2 Dimensi Kendaraan Rencana

Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar		Radius Tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min	Maks	
Kendaraan Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Kendaraan Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Kendaraan Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

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

2.2.3 Kecepatan rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih untuk keperluan perencanaan setiap bagian jalan raya seperti tikungan kemiringan jalan, jarak pandang, dan lain-lain. Pemilihan kecepatan rencana sangat mempengaruhi keadaan seluruh bagian jalan dan biaya untuk pelaksanaan jalan tersebut. (Silvia Sukirman, 1999:40)

Kecepatan rencana (V_R), 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 lenggang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti.

Tabel 2. 3 Kecepatan Rencana (V_R)

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

2.2.4 Bagian – Bagian Jalan

1. Daerah Manfaat Jalan (DAMAJA)
 - a. Lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan di kedua sisi jalan,
 - b. Tinggi 5 meter di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan,
 - c. Kedalaman ruang bebas 1,5 meter di bawah muka jalan.

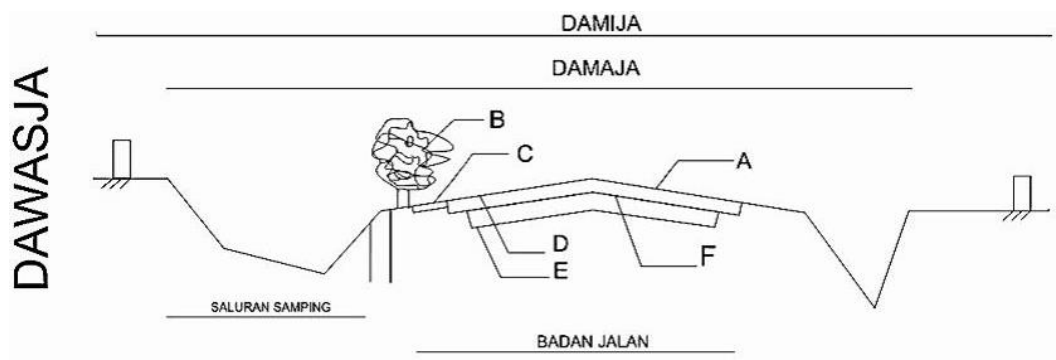
2. Daerah Milik Jalan (DAMIJA)

Ruang daerah milik jalan (DAMIJA) dibatasi oleh lebar yang sama dengan DAMAJA ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan ketinggian 1,5 meter.

3. Daerah Pengawasan Jalan (DAWASJA)

Ruang sepanjang jalan di luar DAMIJA yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu, diukur dari sumbu jalan sesuai dengan fungsi jalan:

- a. Jalan Arteri minimum 20 meter,
- b. Jalan Kolektor minimum 15 meter
- c. Jalan Lokal minimum 10 meter.



Gambar 2. 1 DAMAJA, DAMIJA, DAWASJA di Lingkungan Jalan Antar Kota (TPGJAK)

2.2.5 Alinyemen Horizontal

Pada perencanaan alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua bagian jalan, yaitu: bagian lurus dan bagian lengkung atau umum disebut dengan tikungan.

- a. Panjang Bagian Lurus

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

Tabel 2. 4 Panjang Bagian Lurus Maksimum

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

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

b. Tikungan

Pada umumnya tikungan yang digunakan dibagi menjadi:

1. Lengkungan (*Full-Circle*=F-C),
2. Spiral-Lingkaran-Spiral (*Spiral-Circle-Spiral* = S-C-S),
3. Spiral-Spiral (S-S)

c. Jari - jari Tikungan Minimum

Agar kendaraan stabil saat melalui tikungan perlu dibuat sesuatu 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).

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

Rumus perhitungan lengkung horizontal dari buku TPGJAK:

Untuk $V < 80$ km/jam:

$$F_{maks} = 0,192 - (0,00065 \times V_R)$$

Untuk $V > 80$ km/jam:

$$F_{maks} = 0,24 - (0,00125 \times V_R)$$

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

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

Keterangan:

F_{maks} = Koefesien gesekan melintang maksimum

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

D_{maks} = Derajat lengkung maksimum, (°)

V_R = Kecepatan kendaraan rencana, (km/jam)

E_{maks} = Superelevasi maksimum, (%)

Tabel 2. 5 Panjang Jari – Jari Minimum (dibulatkan) untuk $E_{maks} = 10\%$

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:TPGJAK NO.038/T/BM/1997

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

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

1. Lengkung Peralihan (Ls)

Lengkung peralihan (Ls) 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.

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

Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan

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

Keterangan :

V_R = kecepatan rencana, (km/jam)

T = Waktu tempuh pada lengkung peralihan, ditetapkan 3 detik

Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

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

Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

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

Keterangan :

V_R = Kecepatan rencana, (km/jam)

em = Superelevasi maksimum

en = Superelevasi normal

re = Tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang

2. Landai Relatif

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

Keterangan :

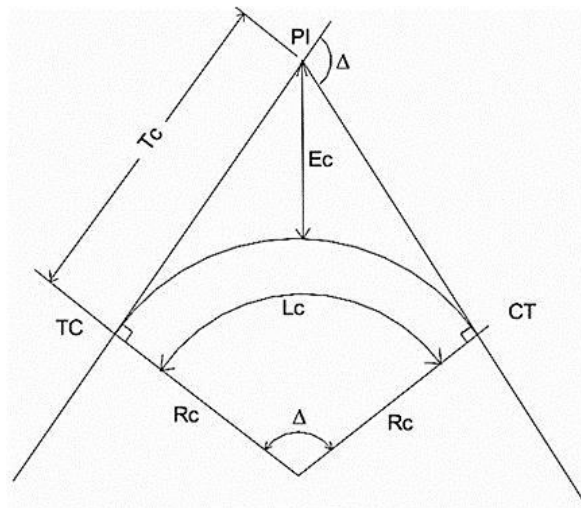
$\frac{1}{m}$ = Landai relatif, (m)

e = Superelevasi, (%)

en = Kemiringan melintang normal, (%)

B = Lebar lajur, (m)

3. Tikungan F-C (Full Circle)



Gambar 2. 2 Lengkung F-C (*Full Circle*)

Lengkung busur lingkaran sederhana hanya dapat dipilih untuk radius lingkaran yang besar, dimana superelevasi yang dibutuhkan kurang atau sama dengan 3%. (Silvia Sukirman,1999:120)

$$Tc = Rc \tan \frac{1}{2} \Delta$$

$$Ec = Tc \tan \frac{1}{4} \Delta$$

$$Lc = \frac{\Delta \cdot 2\pi \cdot Rc}{360^\circ}$$

Keterangan :

Δ = Sudut Tikungan, ($^\circ$)

TC = *Tangen to Circle*

CT = *Circle to Tangen*

Rc = Jari – jari Busurr Lingkaran, (m)

Tc = Panjang Tangen (jarak dari TC ke PI atau PI ke TC), (m)

Lc = Panjang Busur Lingkaran, (m)

Ec = Jarak Luar dari PI ke busur lingkaran, (m)

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

Tabel 2. 6 Jari – Jari yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

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

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

4. Tikungan S-C-S (*Spiral Circle Spiral*)

Lengkung S-C-S (*Spiral Circle Spiral*) adalah lengkung peralihan berbentuk spiral yang menghubungkan bagian lurus dengan radius tak berhingga diawal spiral (kiri TS) dan bagian berbentuk lingkaran dengan

radius = R_c diakhir spiral (kanan SC). Titik TS adalah titik peralihan bagian lurus kebagian berbentuk spiral dan titik SC adalah titik peralihan bagian spiral kebagian lingkaran. (Silvia Sukirman, 1999:127)

Rumus – rumus yang digunakan:

$$\theta_s = \frac{L_s}{2.R_c} \times \frac{360}{2\pi}$$

$$\Delta_c = \Delta - (2\theta_s)$$

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

$$Y_c = \frac{L_s^2}{6R_c}$$

$$p = Y_c - R_c(1 - \cos \theta_s)$$

$$K = X_c - R_c \sin \theta_s$$

$$E_s = \frac{R_c + p}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R_c$$

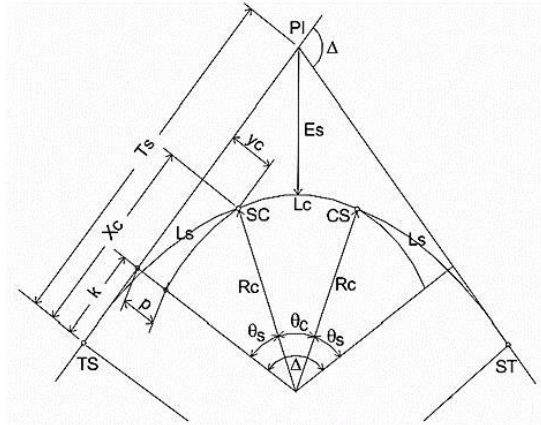
$$T_s = (R_c + p) \times \tan \left(\frac{1}{2} \Delta \right) + K$$

$$L_c = \frac{\Delta_c \times 2\pi \times R_c}{360^\circ}$$

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

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

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



Gambar 2. 3 Lengkung S-C-S (*Spiral Circle Spiral*)

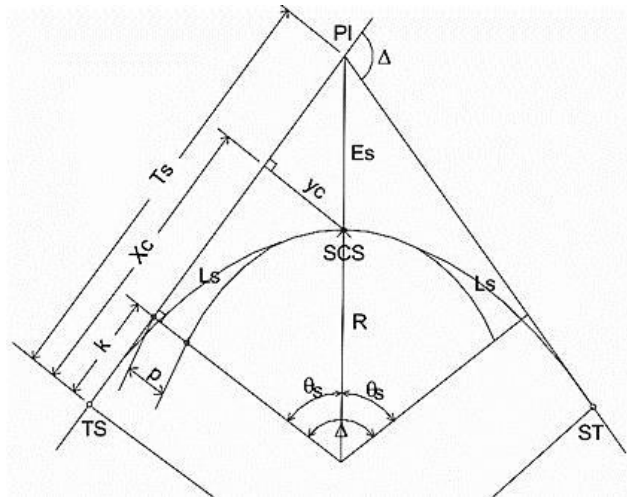
Keterangan :

- X_c = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik ST ke SC, (m)
- Y_c = Jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung, (m)
- L_s = Panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST, (m)
- L_c = Panjang busur lingkaran (panjang dari titik SC ke CS), (m)
- T_s = Panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST, (m)
- TS = Titik dari tangen ke spiral
- SC = Titik dari spiral ke lingkaran
- E_s = Jarak dari PI ke busur lingkaran, (m)
- θ_s = Sudut lengkung spiral, ($^\circ$)
- R_c = Jari – jari rencana, (m)
- p = Pergeseran tangen terhadap spiral, (m)
- k = Absis dari p pada garis tangen spirall, (m)

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

Lengkung horizontal berbentuk S-S (*Spiral Spiral*) adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga titik SC berimpit dengan titik CS. Panjang busur lingkaran $L_c = 0$, dan $\theta_s = \frac{1}{2}\beta$. R_c yang dipilih harus sedemikian

rupa sehingga L_s yang dibutuhkan lebih besar dari L_s yang menghasilkan landai relatif minimum yang disyaratkan. (Silvia Sukirman, 1999:134)



Gambar 2. 4 Lengkung S-S (*Spiral Spiral*)

Untuk bentuk tikungan spiral – spiral berlaku rumus sebagai berikut :

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta$$

$$L_{tot} = 2L_s$$

$$L_s = \frac{\theta_s \pi x R d}{90^\circ}$$

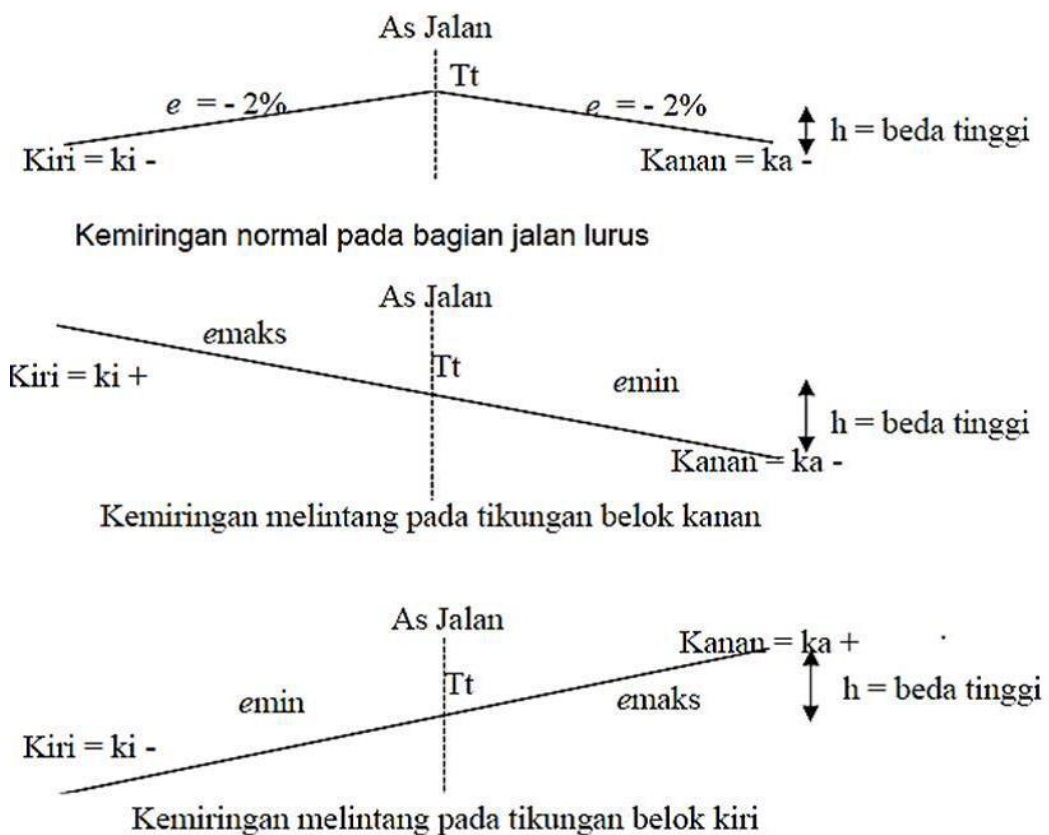
Tabel 2. 7 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi yang Dibutuhkan ($e_{maks} = 10\%$ Metode Bina Marga)

D (°)	R (m)	V = 50 km/jam		V = 60 km/jam		V = 70 km/jam		V = 80 km/jam		V = 90 km/jam	
		e	Ls	e	Ls	E	Ls	E	Ls	e	Ls
0,250	5730	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0
0,500	2865	LN	0	LN	0	LP	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	29	0,055	45	0,073	50	0,088	60	0,098	70	Dmaks = 5,12	

D (°)	R (m)	V = 50 km/jam		V = 60 km/jam		V = 70 km/jam		V = 80 km/jam		V = 90 km/jam	
		e	Ls	e	Ls	E	Ls	E	Ls	e	Ls
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	Dmaks = 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	Dmaks = 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	50								
18,000	80	0,099	50								
19,000	75	Dmaks = 18,85									

6. Diagram Superelevasi

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

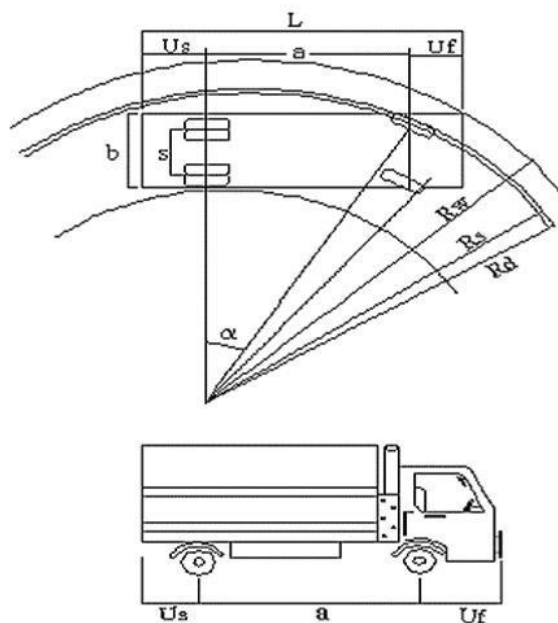


Gambar 2. 5 Superelevasi

7. Pelebaran Perkerasan pada Lengkung Horizontal

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

- Pada waktu membelok yang diberi belokan pertama kali hanya roda depan, sehingga lintasan roda belakang agak keluar lajur (*off tracking*),
 - Jejak lintasan kendaraan tidak lagi berimpit, karena bumper depan dan belakang kendaraan akan mempunyai lintasan yang berbeda dengan lintasan roda depan dan roda belakang kendaraan,
 - Pengemudi akan mengalami kesukaran dalam mempertahankan lintasannya tetap pada lajur jalannya terutama pada tikungan – tikungan yang tajam atau pada kecepatan – kecepatan yang tinggi.
- (Silvia Sukirman, 1999:141)



Gambar 2. 6 Pelebaran Perkerasan pada Tikungan

Rumus – rumus yang digunakan :

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

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

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

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

Keterangan :

B = Lebar perkerasan pada tikungan, (m)

n = Jumlah jalur lalu lintas

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

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

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

A = Tonjolan depan sampai bumper, (m)

Td = Lebar melintang akibat tonjolan depan, (m)

Z = Lebar tambahan akibat kelelahan pengemudi, (m)

c = Kebebasan samping, (m)

e = Pelebaran perkerasan, (m)

Rc = Jari – jari rencana, (m)

8. Kebebasan Samping

Perhitungan kebebasan samping tergantung kepada Jh, antara lain :

a. Jarak pandang henti (Jh) < panjang tikungan

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

b. Jarak pandang henti (J_h) > panjang tikungan

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

Keterangan :

R = Jari – jari tikungan, (m)

Jh = Jarak pandang, (m)

Lt = Panjang tikungan, (m)

9. Jarak Pandang pada Lengkung Horizontal

Jarak pandang adalah jarak di sepanjang tengah – tengah suatu jalur jalan dari mata pengemudi ke suatu titik di muka pada garis yang sama yang dapat dilihat oleh pengemudi. (RSNI T – 14 – 2004:2)

Perhitungan untuk jarak pandang kendaraan antara lain :

$$J_h = 0,694 \cdot V_R + 0,004 \frac{V_R^2}{f}$$

Keterangan :

V_R = Kecepatan rencana, (km/jam)

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

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

Tabel 2. 8 Jarak Pandang Henti (J_h) Minimum

V_R (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
$J_{h\text{minimum}}$ (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

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

Tabel 2. 9 Jarak Pandang Mendahului (J_d)

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

2.2.6 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal ditinjau dari titik awal perencanaan, bagian lurus dapat berupa landai positif (tanjakan), atau landai negatif (turunan), atau landai nol (datar). Bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cekung atau lengkung cembung. Kemungkinan pelaksanaan pembangunan secara bertahap harus dipertimbangkan, misalnya peningkatan perkerasan, penambahan lajur, dan dapat dilaksanakan dengan biaya yang efisien. Sekalipun demikian, perubahan alinyemen vertikal dimasa yang akan datang sebaiknya dihindarkan. (RSNI T – 14 – 2004:40)

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 Diizinkan

Landai _{maks} (%)	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

2. 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.

3. Panjang Kritis Kelandaian

Panjang kritis suatu kelandaian diperlukan sebagai batasan sepanjang kelandaian maksimum agar pengurangan kecepatan kendaraan tidak lebih dari separuh V_R .

Tabel 2. 11 Panjang Kritis (m)

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

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

4. Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal harus disediakan pada setiap lokasi yang mengalami perubahan kelandaian dengan tujuan mengurangi guncangan akibat perubahan kelandian. Panjang lengkung vertikal dapat dihitung dengan berdasarkan kepada beberapa pertimbangan sebagai berikut

Berdasarkan syarat keluwesan bentuk :

$$L_v = 0,6 x V$$

Berdasarkan syarat drainase :

$$L_v = 40 x A$$

Berdasarkan syarat kenyamanan pengemudi :

$$L_v = V x t$$

Berdasarkan pengurangan goncangan :

$$L_v = \frac{V^2 \times A}{360}$$

Keterangan :

L_v = Panjang lengkung vertikal, (m)

V = Kecepatan rencana, (km/jam)

A = Perbedaan grade/kelandaian (%)

t = Ditentukan 3 detik

Jenis lengkung vertikal dari titik perpotongan bagian lurus (tangen) adalah :

- a. Lengkung vertikal cekung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan,
- b. Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan. (Silvia Sukirman, 1999:158)

Jika jarak pandang henti lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cembung, panjangnya ditetapkan dengan rumus :

$$L_v = \frac{AS^2}{405}$$

Jika jarak pandang henti lebih besar dari panjang lengkung vertikal cekung, panjangnya ditetapkan dengan rumus :

$$L_v = 2S - \frac{405}{A}$$

Keterangan :

- L = Panjang lengkung vertikal (m)
 A = Perbedaan grade (m)
 J_h = Jarak pandang henti (m)

Tabel 2. 12 Panjang Minimum Lengkung Vertikal

Kecepatan Rencana (km/jam)	Perbedaan Kelandaian Memanjang (%)	Panjang Lengkung (m)
< 40	1	20 – 30
40 – 60	0,6	40 – 80
> 60	0,4	80 – 150

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

atau bisa ditentukan dengan rumus :

$$L_{v_{\min}} = \frac{Jh^2}{405}$$

5. Galian dan Timbunan

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

Tabel 2. 13 Perhitungan Galian dan Timbunan

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

2.3 Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur

Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun di atas lapisan tanah dasar (*subgrade*). Lapisan perkerasaan berfungsi untuk menerima dan menyebarkan beban lalu lintas tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti pada konstruksi jalan itu sendiri, dengan demikian memberikan kenyamanan selama masa pelayanan jalan tersebut. (Silvia Sukirman, 1999)

Berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi jalan dapat dibedakan atas :

1. Konstruksi perkerasaan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan menggunakan aspal sebagai bahan pengikat, lapisan – lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikat. Plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa pondasi. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh plat beton.
3. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur. (Silvia Sukirman,1999)

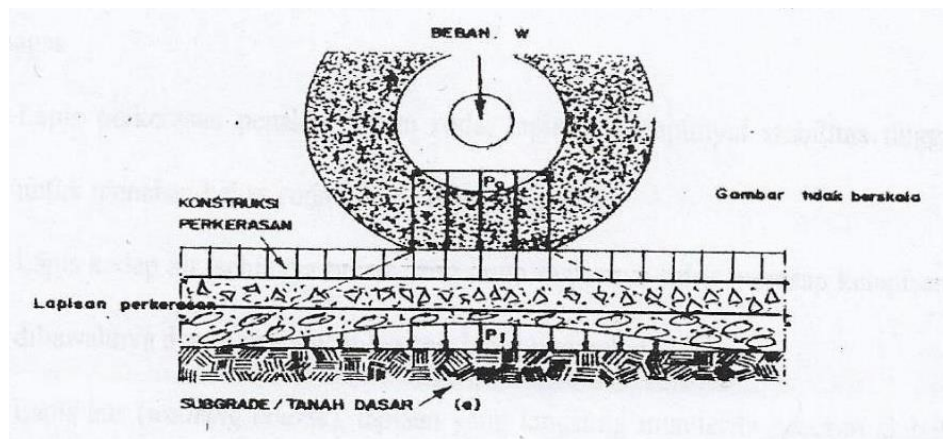
Pekerjaan jalan merupakan lapisan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberi pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanan diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Lapisan perkerasan jalan adalah suatu struktur konstruksi yang terdiri dari lapisan – lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan.

Lapisan – lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan dibawahnya.

Beban lalu lintas yang bekerja di atas konstruksi perkerasan meliputi :

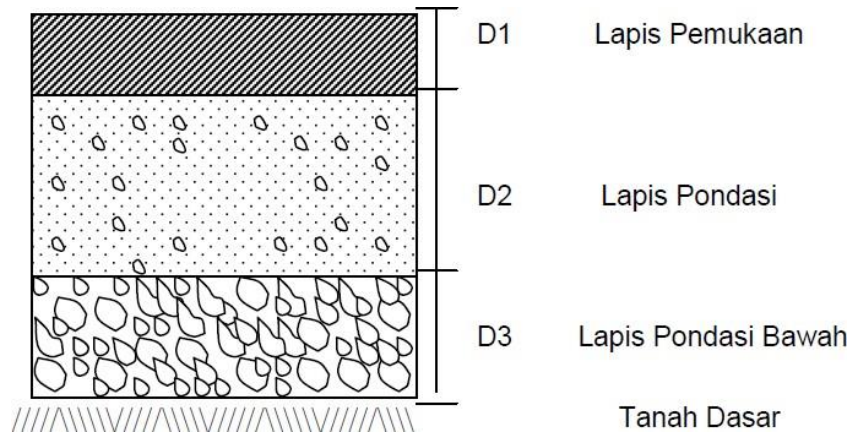
- a. Beban/gaya vertikal (berat kendaraan dan berat muatannya),
- b. Beban/gaya horizontal (gaya rem kendaraan), dan
- c. Getaran – getaran roda kendaraan.

Pada gambar terlihat bahwa beban kendaraan yang dilimpahkan ke perkerasan jalan melalui bidang kontak roda berupa beban terbagi rata, beban tersebut diterima oleh lapisan permukaan dan disebarkan ke tanah dasar menjadi lebih kecil dari daya dukung tanah dasar.



Gambar 2. 7 Penyebaran Beban Roda Melalui Lapisan Perkerasan Jalan

Karena sifat penyebaran gaya memakan muatan yang diterima oleh masing – masing lapisan berbeda dan semakin ke bawah semakin kecil, Lapisan permukaan harus mampu menerima seluruh gaya yang bekerja, lapis pondasi atas menerima gaya vertikal dan getaran, sedangkan tanah dasar dianggap hanya menerima gaya vertikal saja. (Silvia Sukirman, 1999)



Gambar 2. 8 Susunan Lapisan Perkerasan Jalan

1. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan yang terletak paling atas disebut lapisan permukaan dan sebagai berikut :

1. Lapisan perkerasan penahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
2. Lapisan kedap air, sehingga hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan – lapisan tersebut,
3. Lapisan aus (*wearing course*), lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah aus.
4. Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang mempunyai daya dukung yang lebih jelek.

Guna dapat memenuhi fungsi tersebut diatas, pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan lama.

Pemilihan bahan untuk lapisan permukaan perlu dipertimbangkan kegunaan, umur rencana serta pentahapan konstruksi, agar dicapai manfaat yang sebesar – besarnya dari biaya yang dikeluarkan.

Jenis lapisan permukaan yang umum dipergunakan di Indonesia antara lain :

a. Lapisan bersifat nonstructural berfungsi sebagai lapisan aus dan kedap air antara lain :

- Burtu (laburan aspal satu lapis), merupakan lapisan penutup yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi dengan satu lapis agregat bergradasi seragam, dengan tebal maksimum 2 cm.
- Burda (laburan aspal pasir), merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal ditaburi agregat yang dikerjakan dua kali secara berurutan dengan tebal padat maksimum 3,5 cm.
- Latasir (lapisan tipis aspal pasir), merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapis aspal dan pasir alam bergradasi menerus dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu dengan tebal plat 1 – 2 cm.
- Buras (laburan aspal), merupakan lapisan penutup terdiri dari lapisan aspal taburan pasir dengan ukuran butir maksimum 3/8 inch.
- Latasbum (lapis tipis asbuton murni), merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran asbuton dan bahan pelunak dengan perbandingan tertentu yang dicampur secara dingin dengan tebal padat maksimum 1 cm.
- Lataston (lapis tipis aspal beton), dikenal dengan nama *Hot Roll Sheet* (HRS), merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran antara

agregat bergradasi timpang, mineral pengisi (filter) dan aspal keras dengan pertimbangan tertentu, yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas tebal padat 2,5 – 3 cm.

Jenis lapisan permukaan tersebut di atas walaupun bersifat nonstructural, dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu, sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan. Jenis perkerasan ini terutama digunakan untuk pemeliharaan jalan.

- b. Lapisan bersifat structural, berfungsi sebagai lapisan yang menahan dan menyebarkan beban roda.
 - Penetrasi macadam (lapen), merupakan lapis perkerasan yang terdiri dari agregat pokok dan agregat pengunci bergradasi terbuka dan seragam yang diikat oleh aspal dengan cara dicampurkan di atasnya dan dipadatkan lapis demi lapis. Di atasnya ini biasanya diberi laburan aspal dengan agregat penutup. Tebal lapisan satu lapis dapat bervariasi dari 4 – 10 cm.
 - Lasbug merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran antara agregat, asbuton dan bahan pelunak yang diaduk, dihampar dan dipadatkan secara dingin. Tebal padat tiap lapisan antara 3 – 5 cm.
 - Laston (lapisan aspal beton), merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan pada suhu tertentu. (Silvia Sukirman, 1999)

2. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan dinamakan lapis pondasi atas (*Base Course*). Fungsi lapisan pondasi atas ini antara lain sebagai :

1. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban – beban ke lapisan di bawahnya.
2. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
3. Bantalan terhadap lapisan permukaan.

Material yang digunakan untuk lapisan pondasi atas adalah material yang cukup kuat. Bahan untuk lapisan pondasi atas umumnya harus cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban – beban roda. Sebelum menentukan suatu bahan untuk digunakan sebagai bahan pondasi, hendaknya dilakukan penyelidikan dan dipertimbangkan sebaik – baiknya sehubungan dengan persyaratan teknik untuk lapisan pondasi atas tanpa bahan pengikat umumnya menggunakan material dengan CBR > 50 % dan Plastisitas Indeks (PI) < 4 %. (Silvia sukirman, 1999). Bahan – bahan alam seperti batu pecah, kerikil pecah, stabilitas tanah dengan semen dan kapur dapat digunakan sebagai lapis pondasi atas yang umumnya dipergunakan di Indonesia antara lain :

- a. Agregat bergradasi baik dapat dibagi atas :
 1. Batu pecah kelas A (kekuatan bahan CBR 100 %)
 2. Batu pecah kelas B (kekuatan bahan CBR 80 %)
 3. Batu pecah kelas C (kekuatan bahan CBR 60 %)

Batu pecah kelas A mempunyai gradasi yang lebih kasar dari batu pecah kelas B, batu pecah kelas B lebih kasar dari batu pecah kelas C. Kriteria dari masing – masing jenis lapisan di atas dapat diperoleh pada spesifikasi yang diberikan.

- b. Pondasi macadam
- c. Pondasi Telford
- d. Penetrasi macadam (lapen)
- e. Aspal beton pondasi (*Asphalt Concrete Base / Asphalt Treated Base*)
- f. Stabilitas yang terdiri dari :
 - Stabilitas agregat dengan semen (*Cement Treated Base*)
 - Stabilitas agregat dengan kapur (*Lime Treated Base*)
 - Stabilitas agregat dengan aspal (*Asphalt Treated Base*). (Silvia Sukirman, 1999)

3. Lapisan Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)

Lapisan perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar dinamakan lapisan pondasi bawah (*subbase course*). Lapisan bawah ini berfungsi sebagai :

1. Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar. Lapisan ini harus cukup kuat, mempunyai CBR 20 % dan Plastisitas Indeks (PI) ≤ 10 %. (Silvia Sukirman, 1999)
2. Efisien penggunaan material. Material pondasi bawah relatif murah dibandingkan dengan lapisan di atasnya.
3. Mengurangi tebal lapisan di atasnya yang lebih murah.

4. Lapis peresapan, agar air tanah tidak terkumpul di pondasi.
5. Lapisan pertama, agar perkerasan dapat berjalan lancar. Hal ini sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca, atau lemahnya data dukung tanah menahan roda – roda alat besar. Lapisan untuk mencegah partikel – partikel halus dari tanah dasar naik ke lapisan pondasi atas.

Jenis lapisan pondasi bawah yang umum dipergunakan di Indonesia antara lain :

- a. Agregat bergradasi baik, dibedakan atas :

- Sirtu / pitrun kelas A
- Sirtu / pitrun kelas B
- Sirtu / pitrun kelas C

Situ kelas A bergradasi dari sirtu kelas B, yang masing – masing dapat dilihat pada spesifikasi yang diberikan.

- b. Stabilisasi

- Stabilisasi agregat dengan semen (*Cement Treated Subbase*)
- Stabilisasi agregat dengan kapur (*Lime Treated Subbase*)
- Stabilisasi tanah dengan semen (*Soil Cement Stabilization*)
- Stabilisasi tanah dengan kapur (*Soil Lime Stabilization*). (Silvia Sukirman, 1999)

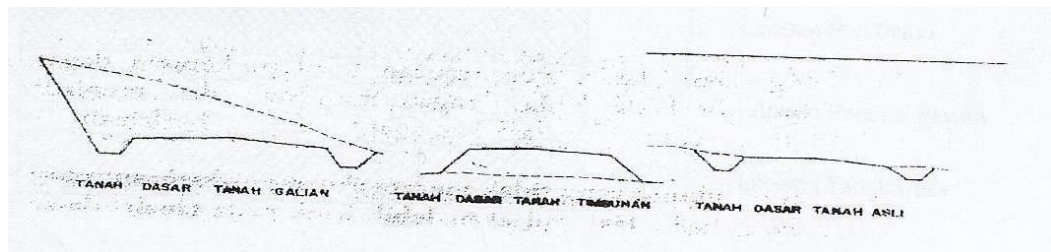
4. Lapisan Tanah Dasar (*Sub Grade*)

Lapisan tanah dasar 50 – 100 cm di atas yang dimana akan diletakkan lapisan pondasi bawah dinamakan lapisan tanah dasar. Sebelum diletakkan lapisan

– lapisan lainnya, tanah dasar dipadatkan terlebih dahulu sehingga tercapai kestabilan yang tinggi terhadap perubahan volume dan mempunyai nilai CBR 3,4%.

Ditinjau dari muka tanah asli, lapisan tanah dasar dapat dibedakan menjadi:

- a. Lapisan tanah dasar, tanah galian
- b. Lapisan tanah dasar, tanah timbunan
- c. Lapisan tanah dasar, tanah asli



Gambar 2. 9 Jenis Tanah Dasar Ditinjau dari Muka Tanah Asli

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat ditentukan oleh sifat – sifat daya dukung tanah dasar. Umumnya persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut :

1. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.
2. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahann air.
3. Daya dukung tanah yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya, atau akibat pelaksanaan.

4. Lendutan baik selama dan sesudah pembebanan lalu lintas dari macam tanah tertentu.
5. Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas dan penurunan yang diakibatkannya, yaitu pada tanah berbutir kasar (*granular soil*) yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaan. (Departemen Pekerjaan Umum, 1987)

2.3.1 Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan ialah jumlah tahun dari saat jalan tersebut dibuka untuk lalu lintas kendaraan sampai diperlukan suatu perbaikan yang bersifat structural (sampai diperlukan *overlay* lapisan perkerasan. (Silvia Sukirman, 1999)

2.3.2 Lalu Lintas

Tebal lapisan perkerasan jalan ditentukan dari beban yang akan dipikul, berarti dari arus lalu lintas yang hendak memakai jalan tersebut. Besarnya arus lalu lintas yang hendak memakai jalan tersebut. Faktor lalu lintas sangat berpengaruh terhadap perencanaan perkerasan jalan, baik tebal perkerasan, atau pun pemilihan jenis perkerasan yang akan digunakan. Besarnya arus lalu lintas diperoleh dari :

1. Jumlah Lajur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jalur rencana merupakan salah satu jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki batas

lajur, maka jumlah lajur ditentukan dari lebar perkerasan menurut tabel di bawah ini :

Tabel 2. 14 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur (N)
$L < 5,50 \text{ m}$	1 Lajur
$5,50 \text{ m} \leq L < 8,25 \text{ m}$	2 Lajur
$8,25 \text{ m} \leq L < 11,25 \text{ m}$	3 Lajur
$11,25 \text{ m} \leq L < 15,00 \text{ m}$	4 Lajur
$15,00 \text{ m} \leq L < 18,75 \text{ m}$	5 Lajur
$18,75 \text{ m} \leq L < 22,00 \text{ m}$	6 Lajur

Sumber : SKBI 2.3.26.1987

Koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat lewat lajur rencana kendaraan ditentukan menurut tabel di bawah ini :

Tabel 2. 15 Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

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 : SKBI 2.3.26.1987

*)berat total < 5 ton misalnya : mobil penumpang, pick up, mobil hantaran.

**)berat total \geq 5 ton misalnya : bus, truk, traktor, semi trailer, trailer.

2. Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Jenis kendaraan yang memakai jalan beraneka ragam, bervariasi baik ukuran, berat total, konfigurasi dan beban sumbu, dan lain sebagainya. Oleh karena itu volume lalu lintas umumnya dikelompokkan atas beberapa kelompok yang masing – masing kelompok diwakili oleh satu jenis kendaraan.

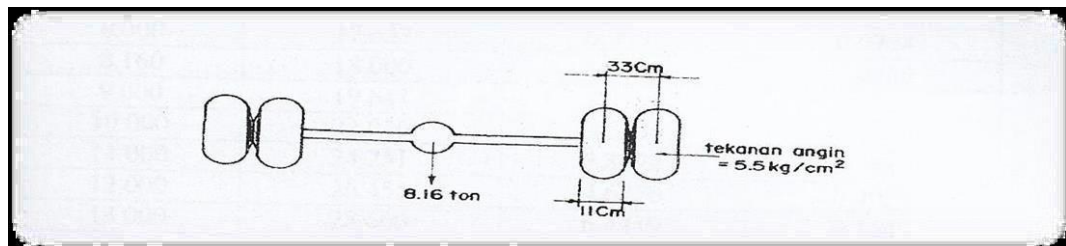
Pengelompokkan jenis kendaraan untuk perencanaan tebal perkerasan dapat dilakukan sebagai berikut :

- a. Mobil penumpang, termasuk didalamnya semua kendaraan dengan berat total 2 ton.
- b. Bus
- c. Truk 2 as
- d. Truk 3 as
- e. Truk 5 as
- f. Semi Trailer

Konstruksi perkerasan jalan menerima beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda – roda kendaraan. Besarnya beban yang dilimpahkan tersebut tergantung dari berat total kendaraan, konfigurasi sumbu, bidang kontak antara roda dan perkerasan, kecepatan kendaraan, dan lain sebagainya. Dengan demikian efek dari masing – masing kendaraan terhadap kerusakan yang ditimbulkan tidaklah sama. Oleh karena itu perlu adanya beban standar sehingga semua beban lainnya dapat

diekivalensikan ke beban standar tertentu. Beban standar merupakan beban sumbu tunggal beroda ganda seberat 18.000 pon (8,16 ton).

Semua beban kendaraan lain dengan beban sumbu berbeda diekivalenkan ke beban sumbu standar dengan menggunakan “angka ekivalen beban sumbu (E)”. Angka ekivalen kendaraan adalah angka yang menunjukkan jumlah lintasan dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton akan menyebabkan kerusakan yang sama atau penentuan indeks permukaan yang sama apabila kendaraan lewat satu kali.



Gambar 2. 10 Sumbu Standar 18.000 pon atau 8,16 kg/cm²

Tekanan roda 1 ban lebih kurang 0,55 Mpa = 5,5 kg/cm²

Jari – jari bidang kontak 100 mm atau 11 cm.

Jarak antara masing – masing sumbu roda ganda = 33 cm.

Angka ekivalen (E) masing – masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut rumus di bawah ini :

$$\text{Angka ekivalen sumbu tunggal} = \left(\frac{\text{beban satu sumbu tulangan dalam kg}}{8160} \right)^4$$

$$\text{Angka ekivalen sumbu tunggal} = 0,086 \left(\frac{\text{beban satu sumbu tulangan dalam kg}}{8160} \right)^4$$

Tabel 2. 16 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Beban Sumbu		Angka Ekuivalen	
Kg	Lbs	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
1.000	2.205	0,0002	-
2.000	4.409	0,0036	0,0003
3.000	6.614	0,0183	0,0016
4.000	8.818	0,0577	0,0050
5.000	11.023	0,1410	0,0121
6.000	13.228	0,2923	0,0251
7.000	15.432	0,5425	0,0466
8.000	17.637	0,9238	0,0794
8.160	18.000	1,000	0,0860
9.000	19.841	1,4798	0,1273
10.000	22.046	2,2555	0,1940
11.000	24.251	3,3022	0,2840
12.000	26.455	4,6770	0,4022
13.000	28.660	6,4419	0,5540
14.000	30.864	8,6647	0,7452
15.000	33.064	11,4184	0,9820
16.000	35.276	14,7815	1,2712

Sumber : SKBI 2.3.26.1987

3. Lalu Lintas Harian Rata – Rata dan Rumus – Rumus Lintas

Ekivalen

a. Lalu Lintas Harian Rata – Rata (LHR)

Lalu lintas harian rata – rata adalah jumlah rata – rata lalu lintas kendaraan bermotor beroda empat atau lebih yang di catat selama 24 jam sehari untuk kedua jurusan. (Departemen Pekerjaan Umum, 1987)

b. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)

Lintas ekivalen permulaan adalah lintas ekivalen pada suatu jalan tersebut dibuka. Lintas Ekivalen Permulaan (LEP) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j$$

Dimana :

j = Jenis kendaraan

c. Lintas Ekivalen Akhir (LEA)

Lintas ekivalen akhir adalah besarnya lintas ekivalen pada saat jalan tersebut membutuhkan perbaikan secara structural. Lintas Ekivalen Akhir (LEA) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1 + i)^{UR} \times C_j \times E_j$$

Dimana :

i = Perkembangan lalu lintas

j = Jenis kendaraan

UR = Umur rencana

d. Lintas Ekivalen Tengah (LET)

Lintas ekivalen tengah dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$LEA = \frac{LEP + LEA}{2}$$

e. Lintas Ekivalen Rencana

Lintas ekivalen rencana adalah jumlah lalu lintas ekivalen yang akan melintas jalan tersebut selama masa pelayanan, dari saat dibuka sampai akhir umur rencana. Lintas Ekivalen Rencana (LER) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$LER = LET \times FP$$

Faktor penyesuaian (FP) tersebut ditentukan sebagai berikut :

$$FP = \frac{UR}{10}$$

2.3.3 Daya Dukung Tanah Dasar

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).

Daya dukung tanah dasar (*subgrade*) pada perencanaan perkerasan lentur dinyatakan dengan nilai CBR (*California Bearing Ratio*). Jadi harga CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100 % dalam memikul beban lalu lintas atau dinyatakan dengan rumus demikian :

$$CBR = \frac{\text{Test Unit Stress}}{\text{Standard Unit Stress}} \times 100 \%$$

Ket : *Test Unit Stress* adalah Daya Dukung Bahan (Tanah Dasar)

Standard Unit Stress adalah Daya Dukun Bahan Standar

Nilai CBR dinyatakan dalam persen (%)

- Cara Analitis Mencari CBR dan juga mencari DDT

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

Daya dukung tanah dasar (DDT), adalah merupakan salah satu parameter yang dipakai dalam nomogram penetapan Indeks Tebal Perkerasan (ITP).

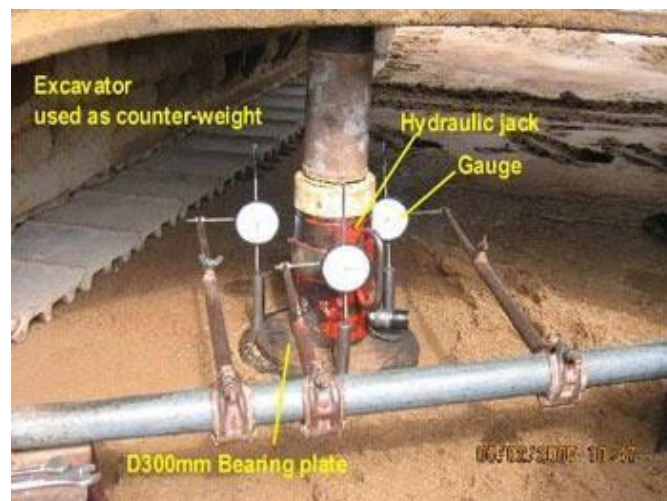
Nilai daya dukung dasar didapat dari hasil grafik korelasi CBR tanah dasar terhadap DDT, secara analitis nilai DDT dihitung dengan menggunakan persamaan berikut. (Silvia Sukirman,1999)

$$DDT = 4,3 \text{ Log CBR} + 1,7$$

Keterangan : DDT = Daya dukung tanah dasar

CBR = Nilai CBR tanah dasar

- Alat CBR



Gambar 2. 11 CBR *In - Situ*

Keterangan : Beban berupa mobil/truk

Hydraulic jack

Gauge

D300 mm *Bearing plate*

- CBR *Dynamic*



Gambar 2. 12 CBR *Dynamic*

Keterangan : - *Loading Mechanism* sebagai rangkaian alatnya
 - *Load Plate* sebagai bebannya
 - *Electronic settlement measuring instrument* sebagai *display out* rincian pengujian

- Alat Dynamic Cone Penetrometer (DCP)

Alat ini digunakan untuk menentukan nilai CBR *subgrade*, *subbase*, atau *subcourse* suatu sistem secara cepat dan praktis. Biasa dilakukan sebagai pekerjaan *quality control* pekerjaan pembuatan jalan. Spesifikasi :

Konus : Baja yang diperkeras, diameter 20 mm,
 sudut kemiringan 60°

Palu Penumbuk : Berat 8 kg, tinggi jatuh 575 mm

Mistar : 100 cm

Batang Penetrasi : Diameter 16 mm

Pengoperasian yang praktis : Peralatan ini cukup dioperasikan oleh dua operator saja. Tanpa memerlukan perhitungan khusus, pekerjaan *quality control* menjadi cepat dan efisien tanpa mengabaikan ketepatan hasil pengukuran.

Portable alat ini didesain khusus agar mudah dibawa kemanapun juga. Rangkaian alat ini dapat dibongkar pasang dengan mudah dan cepat.

Masing – masing alat antara lain :

1. Mistar ukur
2. Batang penetrasi
3. Konus
4. Landasan penumbuk
5. Srang pelurus
6. Palu penumbuk
7. Kunci pas 8
8. Tas terpal



Gambar 2. 13 Alat *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP)

2.3.4 Faktor Regional

Keadaan lapangan mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan drainase, bentuk alinyemen serta persentase kendaraan berat ≥ 13 ton dan kendaraan yang berhenti, sedangkan keadaan iklim mencakup curah hujan rata – rata pertahun. Mengingat persyaratan penggunaan disesuaikan dengan “Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Raya” edisi terakhir, maka pengaruh keadaan lapangan yang menyangkut permeabilitas tanah dan perlengkapan drainase dapat dianggap sama. Dengan demikian dalam penentuan tebal perkerasan ini, faktor regional hanya dipengaruhi oleh alinyemen (kendali dan tikungan), persentase berat kendaraan dan yang berhenti serta iklim (curah hujan).

Tabel 2. 17 Faktor Regional (FR)

Curah hujan	Kelandaian I (< 6%)		Kelandaian II (6 – 10%)		Kelandaian III (> 10%)	
	% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat	
	$\leq 30\%$	$> 30\%$	$\leq 30\%$	$> 30\%$	$\leq 30\%$	$> 30\%$
Iklim < 900 mm/th	0,5	1,0 – 1,5	1,0	1,5 – 2,0	1,5	2,0 – 2,5
Iklim > 900 mm/th	1,5	2,0 – 2,5	2,0	2,5 – 3,0	2,5	3,0 – 3,5

Sumber : SKBI 2.3.26.1987

Catatan : Pada bagian – bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, perhentian atau tikungan tajam (jari – jari 30 cm) FR ditambahkan dengan 0,5.

Pada daerah rawa – rawa FR ditambahkan dengan 1,0

2.3.5 Indeks Permukaan (IP)

Indeks permukaan ini menyatakan nilai daripada kerataan atau kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat. Adapun beberapa nilai IP beserta artinya seperti yang tersebut dibawah ini :

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

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

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

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

Dalam menentukan Indeks Permukaan (IP) pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor – faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah Lintas Ekvivalen Rencana (LER), menurut tabel di bawah ini :

Tabel 2. 18 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IPt)

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

Sumber : SKBI 2.3.26.1987

*) LER dalam satuan angka ekivalen 8,16 ton beban sumbu tunggal.

Catatan : Pada proyek – proyek penunjangan jalan, JAPAT/jalan murah, atau jalan darurat maka IP dapat di ambil 1,0

Dalam menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan atau kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana, menurut tabel dibawah ini :

Tabel 2. 19 Indeks Permukaan Pada Awal Umur rencana (IPo)

Jenis Lapisan Perkerasan	IPo	<i>Roughness</i>
LASTON	≥ 4	≤ 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	$\leq 2,4$	

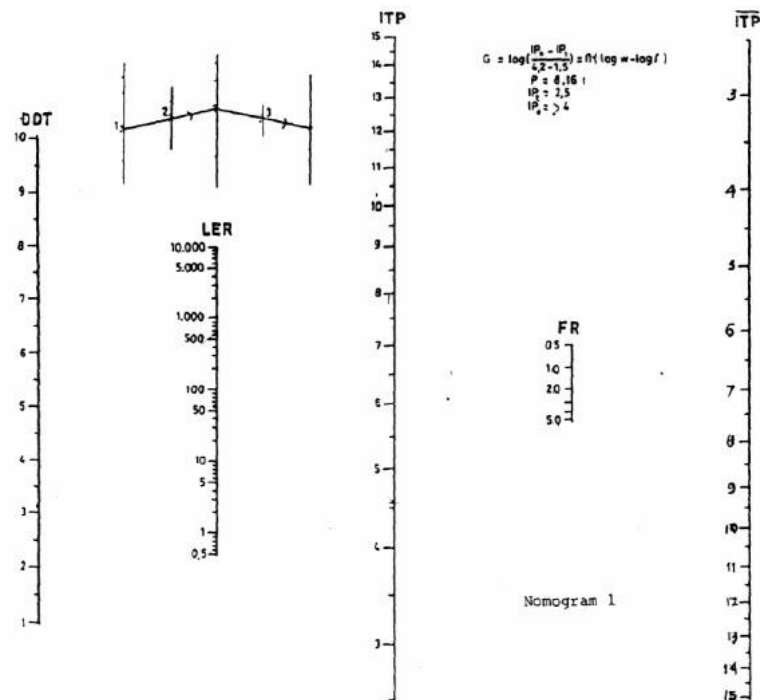
Sumber : SKBI 2.3.26.1987

*) Alat pengukuran *roughness* yang dipakai adalah NAASRA, yang dipasang pada kendaraan standar *Datsun 1500 station wagon*, dengan kecepatan kendaraan ± 32 km/jam

Gerakan sumbu belakang dalam arah vertikal dipindahkan pada alat *roughometer* melalui kabel yang dipasang ditengah – tengah sumbu belakang kendaraan, yang selanjutnya dipindahkan kepada *counter* “*flexible drive*”.

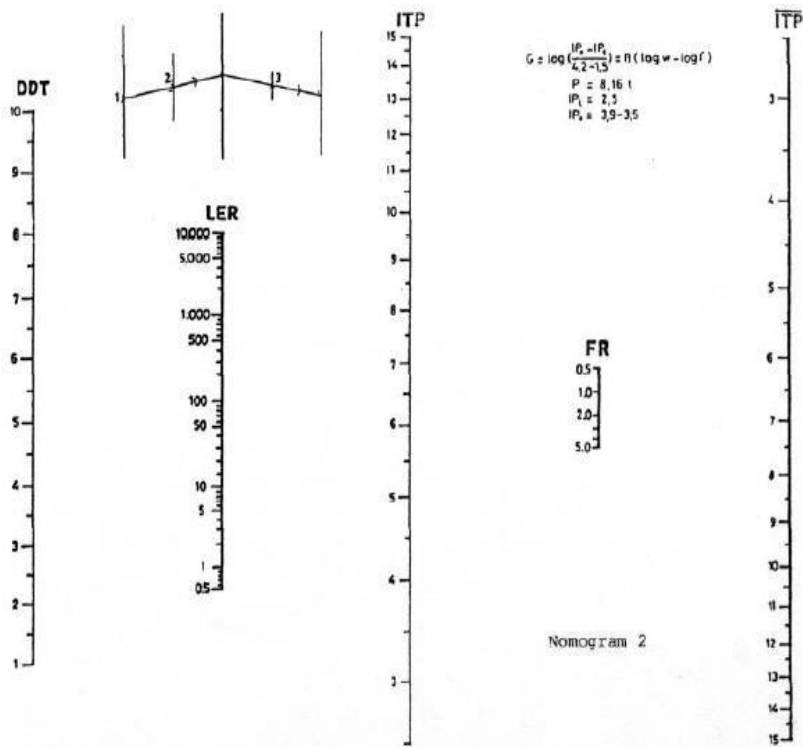
2.3.6 Indeks Tebal Perkerasan

Dengan menggunakan nomogram pada gambar 2.14 s/d 2.22 ITP dapat diperoleh dari nomogram dengan menggunakan LER selama umur rencana.



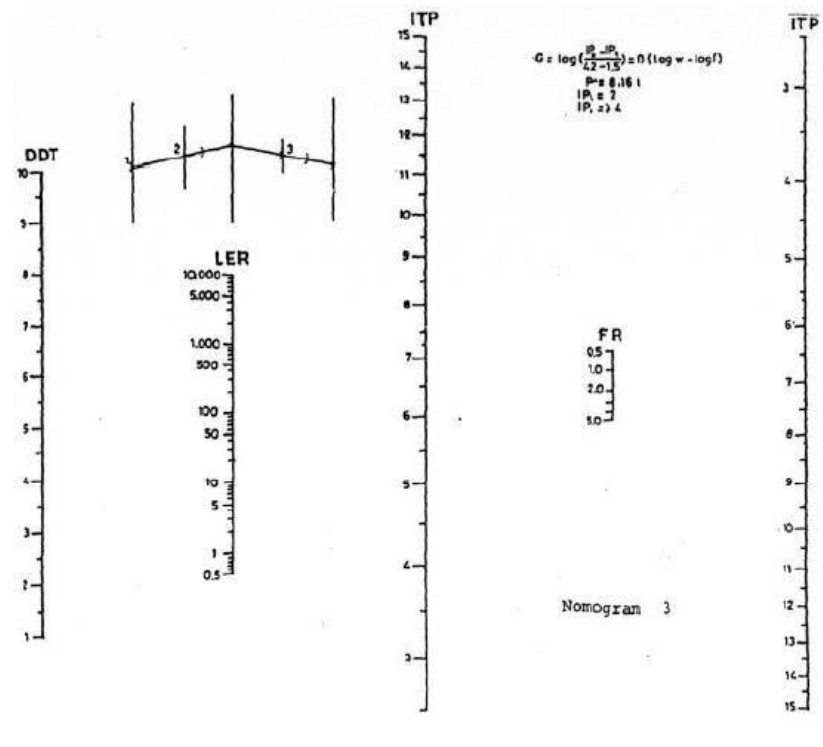
Gambar 2. 14 Nomogram Untuk $I_{TP} = 2,5$ dan $I_{po} = > 4$

Sumber : SKBI 2.3.26.1987



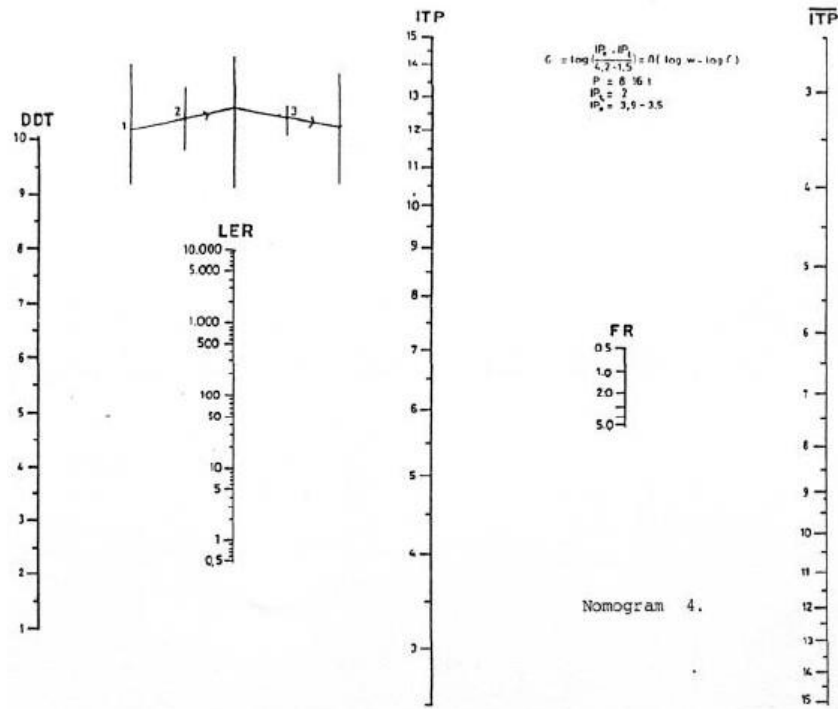
Gambar 2. 15 Nomogram Untuk IPT = 2,5 dan IPO = 3,9 – 3,5

Sumber : SKBI 2.3.26.1987



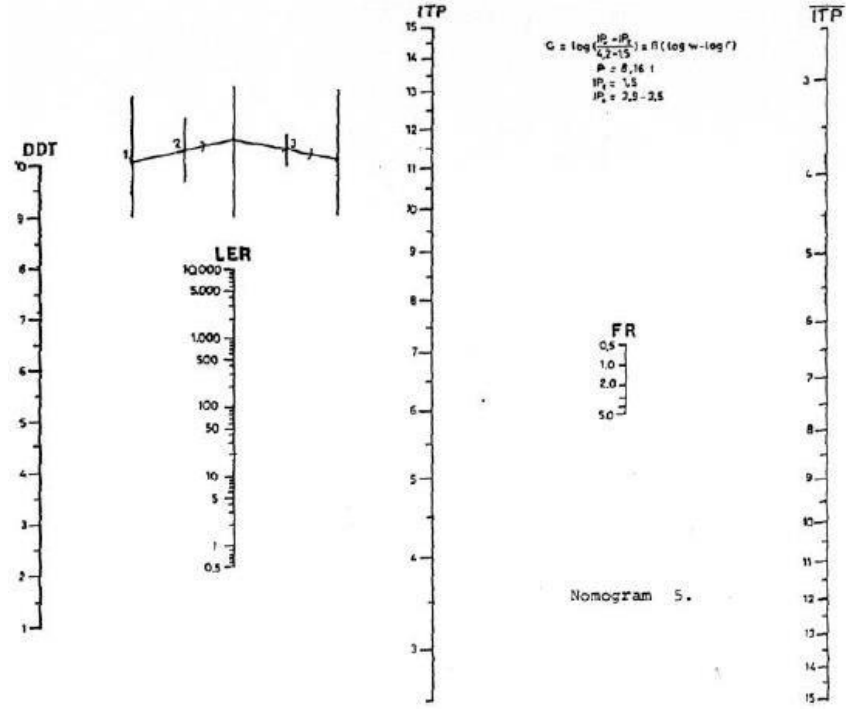
Gambar 2. 16 Nomogram Untuk Ipt = 2,0 dan IPO = > 4

Sumber : SKBI 2.3.26.1987



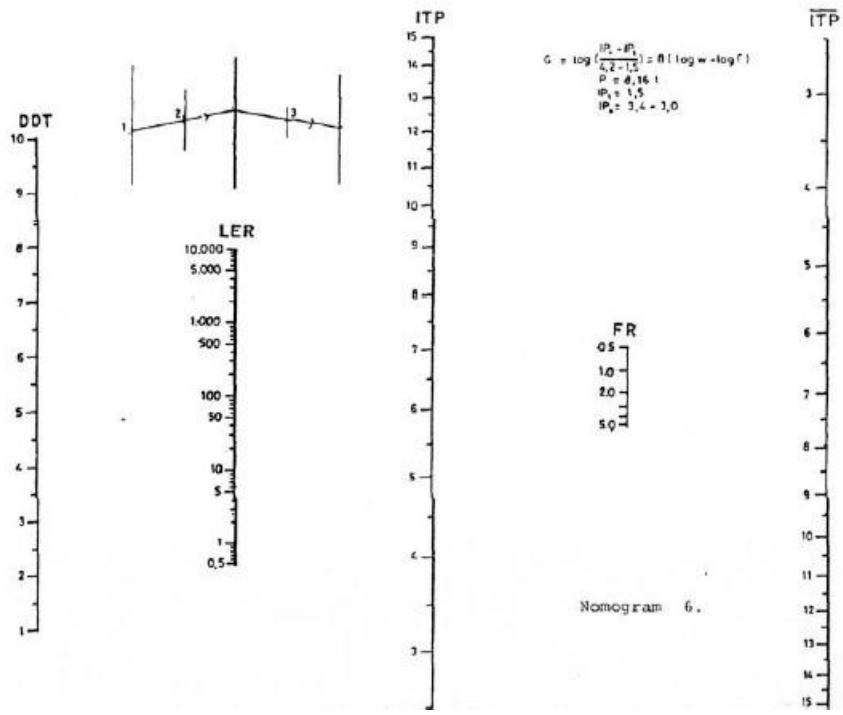
Gambar 2. 17 Nomogram Untuk IPT = 2,0 dan IPO = 3,9 – 3,5

Sumber : SKBI 2.3.26.1987



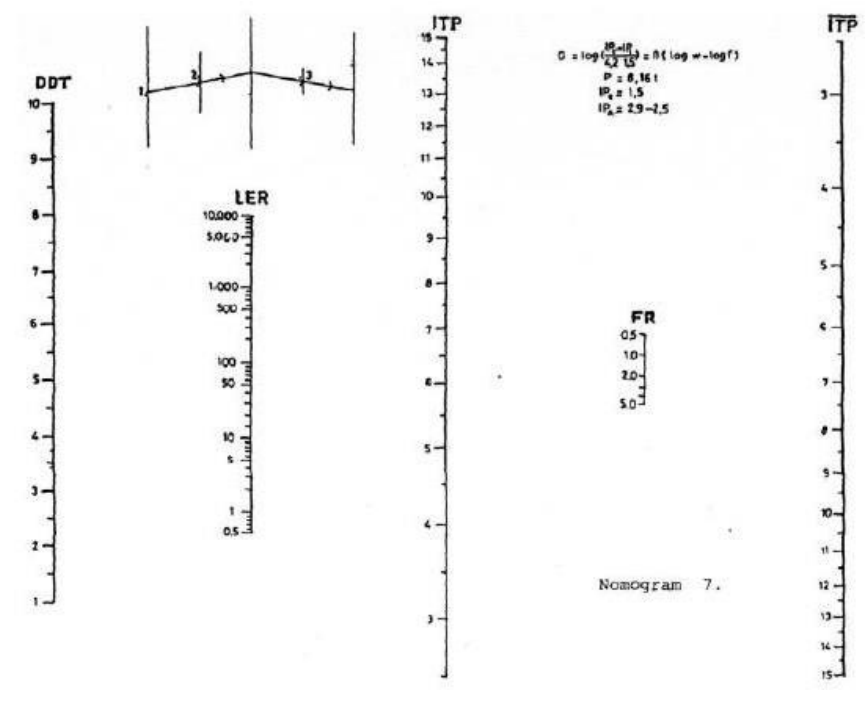
Gambar 2. 18 Nomogram Untuk IPT = 1,5 dan IPO = 3,9 – 3,5

Sumber : SKBI 2.3.26.1987



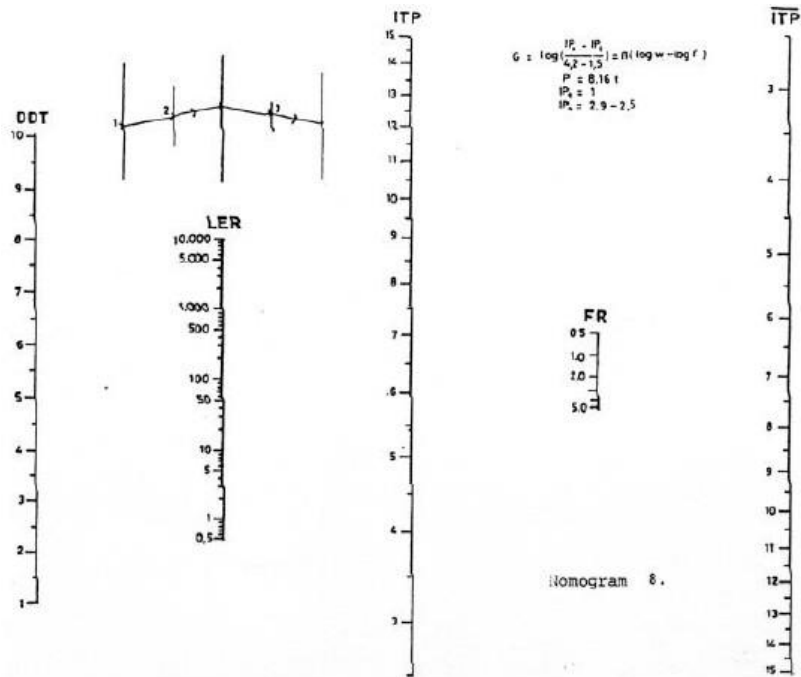
Gambar 2. 19 Nomogram untuk IPt = 1,5 dan Ipo = 3,4 – 3,0

Sumber : SKBI 2.3.26.1987



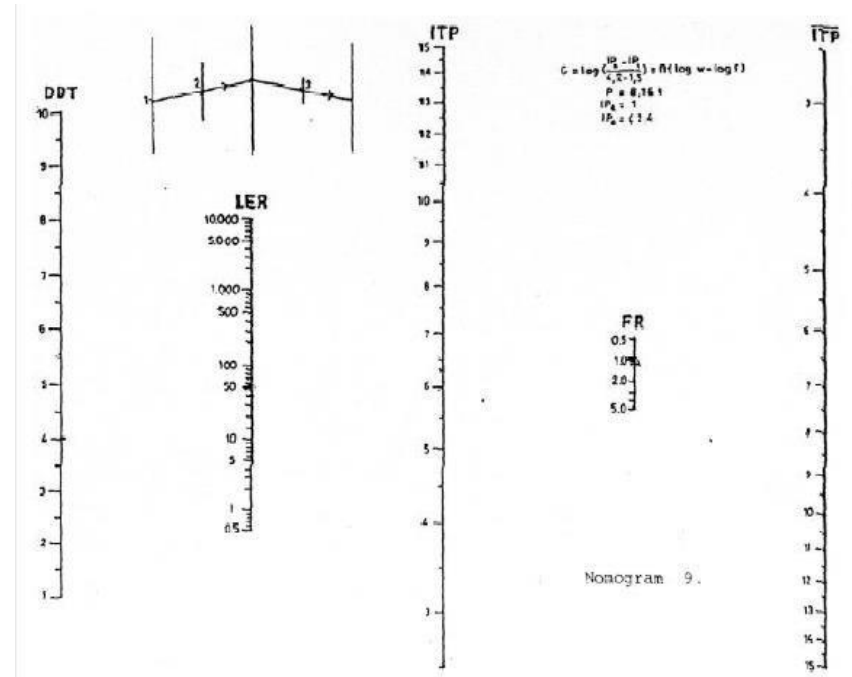
Gambar 2. 20 Nomogram Untuk IPt = 1,0 dan IPO = 2,9 – 2,5

Sumber : SKBI 2.3.26.1987



Gambar 2. 21 Nomogram Untuk IPT = 1,0 dan IPO = 2,9 – 2,5

Sumber : SKBI 2.3.26.1987



Gambar 2. 22 Nomogram Untuk IPT = 1,0 dan IPO = > 2,4

Sumber : SKBI 2.3.26.1987

2.3.7 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien Kekuatan Relatif (a) masing – masing bahan dan kegunaanya sebagai lapis permukaan, pondasi, pondasi bawah, tentukan 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 bawah).

Tabel 2. 20 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien Kekuatan Realitif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,35	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	
0,31	-	-	590	-	-	Lasbutag
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	Aspal Macadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
0,20	-	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,28	-	590	-	-	Laston Atas
-	0,26	-	454	-	-	
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,15	-	-	22	-	Stab. tanah dengan semen

-	0,13	-	-	18	-	Stab. tanah dengan kapur
-	0,15	-	-	22	-	
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah (kelas A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah (kelas B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu pecah (kelas C)
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu/pitrun (kelas A)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu/pitrun (kelas B)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu/pitrun (kelas C)
-	-	0,10	-	-	20	Tanah/lempung kepasiran

Sumber : SKBI 2.3.26.1987

2.3.8 Batas – Batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan

Tabel 2. 21 Batas Minimum Tebal Lapis Permukaan

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

Sumber : SKBI 2.3.26.1987

Tabel 2. 22 Batas Minimum Tebal Lapis Pondasi

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	15	Besar pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas dengan kapur
3,00 – 7,49	20*)	Besar pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas dengan kapur

7,50 – 9,99	10	Laston atas
	20	Besar pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas dengan kapur, pondasi macadam
10 – 12,14	15	Laston atas
	20	Besar pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas
$\geq 12,25$	25	Besar pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas

Sumber : SKBI 2.3.26.1987

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

*) Batas 20 cm tersebut dapat diuraikan menjadi 15 cm bila untuk pondasi bawah digunakan material berbutir kasar.

2.3.9 Pelapisan Tambahan

Untuk perhitungan pelapisan tambahan (overlay), kondisi perkerasan lama (existing pavement) dinilai sesuai tabel dibawah ini :

Tabel 2. 23 Nilai Kondisi Perkerasan Jalan

1. Lapis Permukaan :	
Umumnya tidak retak, hanya sedikit deformasi pada jalur roda	90–100%
Terlihat retak halus, sedikit deformasi pada jalur roda namun masih tetap stabil	70–90%
Retak sedang, beberapa deformasi pada jalur roda, retak pada dasarnya menunjukkan kestabilan	50–70%
Retak banyak, demikian juga deformasi pada jalur roda, menunjukkan	

gejala ketidakstabilan	30–50%
2. Lapis Pondasi :	
a. Pondasi Aspal Beton atau Penetrasi Macadam	
Umumnya tidak retak	90–100%
Terlihat retak halus, namun masih tetap stabil	70–90%
Retak sedang, pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan	50–70%
Retak banyak, menunjukkan gejala ketidakstabilan	30–50%
b. Stabilitas Tanah dengan Semen atau Kapur :	
Indeks Plastisitas (<i>Plasricity Index</i> = PI) ≤ 10	70–100%
c. Pondasi Macadam atau Batu Pecah :	
Indeks Plastisitas (<i>Plasricity Index</i> = PI) ≤ 6	80–100%
3. Lapis Pondasi Bawah :	
Indeks Plastisitas (<i>Plasricity Index</i> = PI) ≤ 6	90–100%
Indeks Plastisitas (<i>Plasricity Index</i> = PI) ≤ 6	70–90%

Sumber : SKBI 2.3.26.1987

2.3.10 Analisis Komponen Perkerasan

Perhitungan perencanaan ini didasarkan pada kekuatan relatif masing – masing lapisan perkerasan jangka panjang ITP (Indeks Tebal Perkerasan), dengan rumus sebagai berikut :

$$ITP = a_1 \cdot d_1 + a_2 \cdot d_2 + a_3 \cdot d_3$$

Dimana :

a_1, a_2, a_3 adalah koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan dari tabel 2.7 untuk lapisan permukaan (a_1), lapis atas (a_2), dan lapis pondasi bawah (a_3).
 d_1, d_2, d_3 adalah tebal masing – masing lapisan dalam cm untuk lapisan permukaan (d_1), lapis atas (d_2), dan lapis pondasi bawah (d_3).

Perkiraan besarnya ketebalan masing – masing jenis lapis permukaan ini tergantung dari nilai minimum yang telah diberikan Bina Marga. Tebal minimum dari lapisan perkerasan dapat di lihat pada tabel 2.8 s/d 2.10.

2.4 Perencanaan Drainase

Drainase merupakan salah satu fasilitas dasar yang dirancang sebagai sistem guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan merupakan komponen penting dalam perencanaan kota (perencanaan infrastruktur khususnya). Drainase yang berasal dari bahasa inggris yaitu *drainage* mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalirkan air. Secara umum, drainase dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan atau lahan, sehingga fungsi kawasan atau lahan tidak terganggu. (Suripin, 2004)

Sesuai dengan prinsip sebagai jalur pembuangan maka pada waktu hujan, air yang mengalir di permukaan diusahakan secepatnya dibuang agar tidak menimbulkan genangan yang dapat mengganggu aktivitas dan bahkan dapat menimbulkan kerugian.

Dasar dari perencanaan drainase pada Jalan Kertajaga – Cidolog yaitu dengan mengumpulkan data - data curah hujan maksimum pada stasiun hujan yang terdekat dengan lokasi proyek.

Dalam praktek pencarian data curah hujan sering di temui data yang tidak lengkap, ketidaklengkapan tersebut disebabkan beberapa hal, diantaranya kerusakan alat, kelalaian petugas, pergantian alat dan pengrusakan akibat banyak hal. Oleh sebab itu untuk memperkirakan besarnya data yang hilang, harus di perhatikan pula pola penyebaran hujan pada stasiun yang bersangkutan maupun stasiun – stasiun sekitarnya.

2.4.1 Analisa Hidrologi

a. Metode Rata – Rata Aljabar

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

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

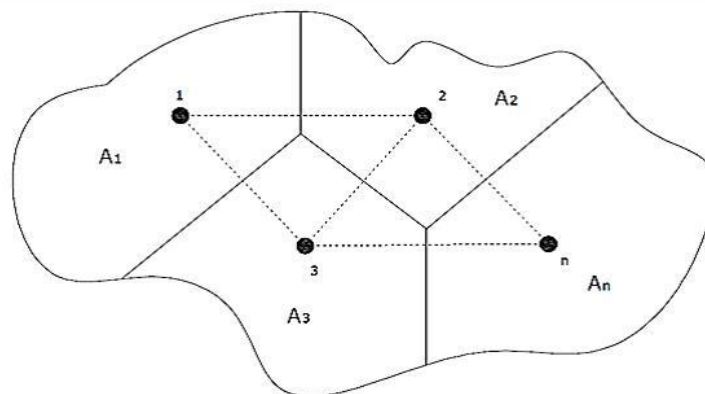
Keterangan :

R = Curah hujan daerah

n = Jumlah titik atau pos pengamatan

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

b. Metode Polygon Thiessen



Gambar 2. 23 Polygon Thiessen

Metode *Polygon Thiessen* adalah perhitungan curah hujan yang dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan jika titik – titik didalam daerah pengamatan tidak tersebar merata.

$$P = \frac{P_1 A_1 + P_2 A_2 + P_3 A_3 + \dots + P_n A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Keterangan :

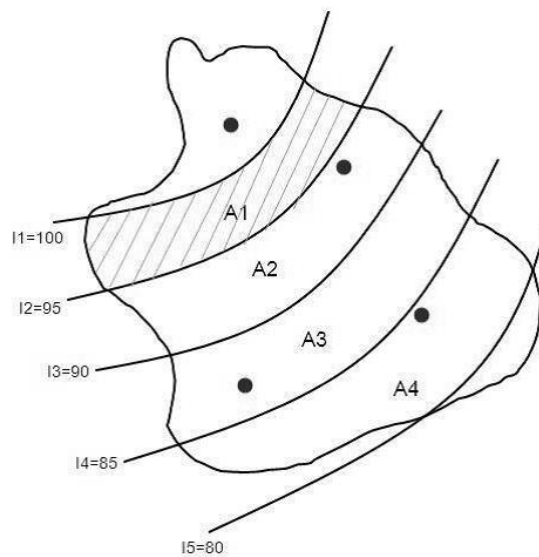
P = Curah hujan kawasan, (mm)

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

A_1, A_2, \dots, A_n = Luasan area polygon, (km²)

c. Metode isohyet

Metode isohyet adalah cara rasioanal yang terbaik jika garis – garis isohyet dapat digambar dengan teliti.



Gambar 2. 24 Metode Ishoyet

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

atau

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

Keterangan :

\bar{R} = Hujan rata rata suatu DAS

I = Garis isohyet

A = Luas area dibatasi poligon, (km²)

2.4.2 Uji Konsistensi Data Hujan

Uji Konsistensi hujan dilakukan untuk mengetahui apakah data yang diolah adalah data yang konsisten atau tidak. Perhitungan ini dilakukan dengan cara RAPS (Rescaled Adjusted Partial Sums).

$$Q = |Sk^{**}| \quad \text{atau} \quad R = Sk^{**maks} - Sk^{**min}$$

$$Sk^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y})$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n}$$

Dengan k = 1,2,.....saat k=0 maks S* = 0

$$Sk^{**} + \frac{Sk^*}{Dy}$$

$$Dy^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - \bar{Y})^2}{n}$$

Tabel 2. 24 Nilai Uji Konsistensi

N	$\frac{Q}{\sqrt{n}}$			$\frac{R}{\sqrt{n}}$		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1,05	1,14	1,24	1,21	1,28	1,38
20	1,10	1,22	1,42	1,34	1,43	1,60
30	1,12	1,24	1,46	1,40	1,50	1,70
40	1,13	1,26	1,50	1,42	1,53	1,74
50	1,14	1,27	1,52	1,44	1,55	1,78
100	1,17	1,29	1,55	1,50	1,62	1,86
≈	1,22	1,36	1,63	1,62	1,75	2,00

Sumber : Anonin, 1993

2.4.3 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 berdasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan dimasa yang akan datang masih sama dengan sifat sifat statistik kejadian hujan masa lalu. Analisis frekuensi dapat menggunakan beberapa macam distribusi.

Tabel 2. 25 Parameter Pemilihan Jenis Distribusi

Jenis Sebaran	Kriteria
Log Normal	$Cs = 3 \quad Cv = Cv^2 = 0,159$
	$Cv = 0,06$
Log Pearson Tipe III	$Cs \neq 0$
	$Cv = 0,3$
Gumble	$Cs \leq 1,1396$
	$Ck \leq 5,4002$
Normel	$Cs = 0$
	$Ck = 3$

Sumber: Suripin, 2004

a. Distribusi Gumble

$$X_T = \bar{X} + \left[\frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \right] \cdot S_x$$

$$X_T = \bar{X} + K \cdot S_x$$

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

Keterangan :

X_T = CH/intensitas hujan pada periode T_r

Y_{Tr} = *Factor In* dari T_r

Y_n = *Reduce mean factor*

S_n = *Reduce standard deviation*

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

X = Nilai rata – rata hitung varian

S_x = Deviasi standar nilai varian

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

b. Distribusi Normal

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S_X$$

Keterangan :

X_T = CH/intensitas hujan pada periode T_r

\bar{X} = Nilai rata – rata hitung varian

S_x = Deviasi standar nilai varian

K_T = Variabel reduksi gauss

c. Distribusi Log Pearson Tipe III

$$\log(X_T) = \log(\bar{X}) + K \cdot S_x$$

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

Keterangan :

X_T = CH / intensitas hujan pada T_r

K = Variabel standar bergantung C_s dan G

S_x = Deviasi standar nilai varian

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

d. Distribusi Log Normal

$$\log(X_T) = \log(\bar{X}) + K \cdot S_x$$

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

Keterangan :

X_T = CH / intensitas hujan pada T_r

K_T = Variabel reduksi gauss

Tabel 2. 26 Nilai Variabel Distribusi Gauss

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

Sumber : Suripin, 2004

Tabel 2. 27 Nilai Y_n

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,552
20	0,5225	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5402	0,5402	0,5410	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	0,5530	0,5535	0,5535	0,5538	0,554	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5561	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	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
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

Sumber : Desain Drainase dan Bangunan Pelengkap

Tabel 2. 28 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	1,0628	1,0696	1,0696	1,0811	1,0864	1,0915	1,0916	1,1004	1,1047	1,1086
30	1,1124	1,1159	1,1159	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1436	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,159
50	1,1607	1,1623	1,1623	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1759	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1859	1,1866	1,1866	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1945	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

Sumber : Desain Drainase dan Bangunan Pelengkap

Tabel 2. 29 Distribusi Log Person Tipe III untuk Koefisien Skewness (Cs)

Koefisien	Waktu Balik (Tahun)														
	1,01	1,05	1,11	1,25	1,667	2	2,5	5	10	20	25	50	100	200	1000
Cs	Peluang (%)														
	99	95	90	80	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	4,015	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	-0,0387	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	0,0240	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-1,318	-1,168	-1,042	-0,832	-0,4273	-0,225	0,0850	0,705	1,337	1,9962	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-1,449	-1,243	-1,086	-0,844	-0,4113	-0,196	0,1140	0,732	1,340	1,9625	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-1,588	-1,317	-1,128	-0,852	-0,3933	-0,164	0,1433	0,758	1,340	1,9258	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-1,660	-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

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
-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	1,2166	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	1,1035	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	0,969	0,980	0,990	0,995	1,000
-2,1	-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	0,802	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

Sumber : Soemarto, C.D, 1987

2.4.4 Pengujian Kecocokan Fungsi Distribusi

a. Uji *Chi – Square*

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

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

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

$$D_k = K - (p + 1)$$

Keterangan :

Chi^2 = Parameter chi – kuadrat terhitung

E_f = Frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya

O_f = Frekuensi yang diamati pada kelas yang sama

n = Jumlah sub – kelompok

D_k = Derajat kebebasan

p = Banyaknya parameter, untuk uji Chi – Kuadrat adalah 2

K = Jumlah kelas distribusi

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

Tabel 2. 30 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	0,0001570	0,0009820	0,0039300	3,8410000	5,0240000	6,6350000	7,8790000
2	0,0100000	0,0201000	0,0506000	0,1030000	5,9910000	5,3780000	9,2100000	10,5970000
3	0,0717000	0,1150000	0,2160000	0,3520000	7,8150000	9,3480000	11,3450000	12,8380000
4	0,2070000	0,2970000	0,4840000	0,7110000	9,4880000	11,1430000	13,2770000	14,8600000
5	0,4120000	0,5540000	0,8310000	1,1450000	11,0700000	12,8320000	15,0860000	16,7500000
6	0,6760000	0,8720000	1,2370000	1,6350000	12,5920000	14,4490000	16,8120000	18,5480000
7	0,9890000	1,2390000	1,6900000	2,1670000	14,0670000	16,0130000	18,4750000	20,2780000
8	1,3440000	1,6460000	2,1800000	2,7330000	15,5060000	17,5350000	20,0900000	21,9550000
9	1,7350000	2,0880000	2,7000000	3,3250000	16,9190000	19,0230000	21,6660000	23,5890000
10	2,1560000	2,5580000	3,2470000	3,9400000	18,3070000	20,4830000	23,2090000	25,1880000
11	2,6030000	3,0530000	3,8160000	4,5750000	19,6750000	21,920000	24,7250000	26,7570000
12	3,0740000	3,5710000	4,4040000	5,2260000	21,0260000	23,3370000	26,2170000	28,3000000
13	3,5650000	4,1070000	5,0090000	5,8920000	22,3620000	24,7360000	27,3880000	29,8190000
14	4,0750000	4,6600000	5,6290000	6,5710000	23,6850000	26,1190000	29,1410000	31,3190000
15	4,6010000	5,2290000	6,2620000	7,2610000	24,9960000	27,4480000	30,5780000	32,8010000

dk	(α) Derajat Kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
16	5,1420000	5,8120000	6,9080000	7,9620000	26,2960000	28,8450000	32,0000000	34,2670000
17	5,6970000	6,4080000	7,5640000	8,6720000	27,5870000	30,1910000	33,4090000	35,7180000
18	6,6350000	7,0150000	8,2310000	9,3900000	28,8690000	31,5260000	34,8050000	37,1560000
19	6,8440000	7,6330000	8,9070000	10,1170000	30,1140000	32,8520000	36,1910000	38,5820000
20	7,4340000	8,2600000	9,5910000	10,8510000	31,1400000	34,1700000	37,5660000	39,9970000
21	8,0340000	8,8970000	10,2830000	11,5910000	32,6710000	35,4790000	38,9320000	41,4010000
22	8,6430000	9,5420000	10,9820000	12,3380000	33,9240000	36,7810000	40,2890000	41,7960000
23	9,2600000	10,1960000	11,6890000	13,0910000	36,1720000	38,0760000	41,6380000	44,1810000
24	9,8860000	10,8560000	12,4010000	13,8480000	36,4150000	39,3640000	42,9800000	45,5580000
25	10,5200000	11,5240000	13,1200000	14,6110000	37,6520000	40,6460000	44,3140000	46,9280000
26	11,1600000	12,1980000	13,8440000	15,3790000	38,8850000	41,9230000	45,6420000	48,2900000
27	11,8080000	12,8790000	14,5730000	16,1510000	40,1130000	43,1940000	46,9630000	49,6450000
28	12,4610000	13,5650000	15,3080000	16,9280000	41,3370000	44,4610000	48,2780000	50,9930000
29	13,1210000	14,2560000	16,0470000	17,7080000	42,5570000	45,7220000	49,5880000	52,3360000
30	12,7870000	14,9530000	16,7910000	18,4930000	43,7330000	46,9790000	50,8920000	53,6720000

b. *Smirnov – Kolmogorov*

Uji kecocokan *Smirnov – Kolmogorov* dilakukan dengan membandingkan probabilitas untuk setiap variabel dari distribusi empiris dan teoritis didapat berbeda (D). Perbedaan maksimum yang dihitung (D_{maks}) dibandingkan dengan perbedaan kritis (D_{α}) untuk satu derajat nyata dan banyaknya varian tertentu.

$$P = \frac{m}{n+1} 100\%$$

Keterangan :

P = Probabilitas, (%)

m = Nomor urut data dari seri data yang disusun

n = banyaknya data

Jika ($D_{maks} < D_{\alpha}$) maka sebaran sesuai dan dapat diterima.

Tabel 2. 31 Harga Kritis *Smirnov – Kolmogorov*

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

Sumber : Anonim, 2016

2.4.5 Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. Hubungan antara intensitas, lama hujan dan frekuensi hujan biasanya dinyatakan dalam lengkung Intensitas – Durasi – Frekuensi (*IDF = Intensity – Duration – Frequency Curve*). Diperlukan data hujan jangka pendek misalnya 5 menit, 10 menit, 30 menit, 60 menit dan jam – jam untuk membentuk lengkung IDF.

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

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

Keterangan :

I = Intensitas hujan, (mm/jam)

t = Lamanya hujan, (jam)

R₂₄ = Tinggi hujan maksimum dalam 24 jam, (mm)

Sebaran hujan jam – jaman metode mononobe sebagai berikut :

$$R_T = \left\{ \frac{R_{24}}{t} \right\} \left\{ \frac{t}{T} \right\}^{\frac{2}{3}}$$

Keterangan :

R_T = Intensitas hujan rata – rata dalam T jam, (mm/jam)

R_{24} = Curah hujan efektif dalam satu hari, (mm)

T = Waktu mulai hujan, (jam)

t = Waktu konsentrasi hujan, (jam)

(untuk Indonesia 6 jam)

$$R_t = (t \times R_T) - ((t - 1) \times (R_T - 1))$$

R_t = Persentasi hujan rata – rata (dalam t jam)

2.4.6 Menentukan Debit Aliran

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

$$Q = \frac{1}{36} CxIx A$$

Keterangan :

Q = debit aliran, (m³/det)

C = Koefisien pengaliran

I = Intensitas hujan, (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran, (km²)

2.4.7 Menentukan Waktu Konsentrasi (Tc)

$$Tc = t_0 + t_d$$

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_0 \frac{nd}{\sqrt{S}} \right)^{0,167}$$

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

Keterangan :

Tc = Waktu konsentrasi, (menit)

t₀ = Waktu inlet, (menit)

t_d = Waktu aliran, (menit)

L₀ = Jarak dari titik terjauh ke fasilitas drainase, (m)

S = Kemiringan daerah pengaliran

L = Panjang saluran, (m)

V = Kecepatan air rata – rata diselokan, (m/dt)

Nd = Koefisien hambatan

Tabel 2. 32 Kemiringan Satuan Memanjang (i_s) Berdasarkan Jenis Material

No	Jenis Material	Kemiringan Sauran (i_s %)
1	Tanah Asli	0 – 5
2	Kerikil	5 – 7,5
3	Pasangan	7,5

Sumber : Anonim, 2006

Tabel 2. 33 Kemiringan Rata – Rata Saluran terhadap Kecepatan Rata - Rata

Kemiringan Rata – Rata Saluran (%)	Kecepatan Rata – Rata (m/det)
< 1	0,4
1 samapi < 2	0,6
2 sampai < 4	0,9
4 sampai < 6	1,2
6 sampai < 10	1,5
10 sampai < 15	2,4

Sumber : Hasmar Halim, 2011

Tabel 2. 34 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 bertulang	1,5

Sumber : Desain Drainase dan Bangunan Pelengkap

Tabel 2. 35 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 rimbum dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	0,8

Sumber : Desain Drainase dan Bangunan Pelengkap

2.4.8 Menentukan Koefisien Pengaliran

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

$$C = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + C_3A_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

Keterangan :

A_1, A_2, A_3 = Luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan, (km²)

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

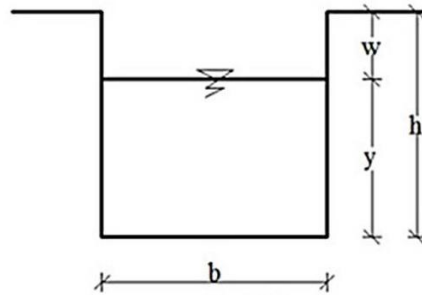
Tabel 2. 36 Hubungan Kondisi Permukaan Tanah dan Koefisien Pengaliran (C)

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

Sumber : Desain dan Bangunan Pelengkap

2.4.9 Dimensi Saluran Drainase

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



Gambar 2. 25 Potongan Melintang Model Persegi

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

- a. Menentukan bahan saluran, koefisien manning (n), kecepatan (V) pada saluran yang diizinkan, bentuk saluran, dan kemiringan saluran yang diizinkan.

Tabel 2. 37 Angka Kekasaran *Manning* (n)

No	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
SALURAN BUATAN					
1	Saluran tanah, lurus teratur	0,017	0,02	0,023	0,025
2	Saluran tanah yang dibuat dengan excavator	0,023	0,028	0,03	0,04
3	Saluran pada dinding bantuan, lurus, teratur	0,02	0,03	0,033	0,035
4	Saluran pada dinding bantuan, tidak lurus, tidak teratur	0,035	0,04	0,045	0,045
5	Saluran batuan yang dibedakan ada tumbuh – tumbuhan	0,025	0,03	0,35	0,04
6	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0,028	0,03	0,033	0,035
7	Saluramn lengkung, dengan kecepatan aliran rendah	0,02	0,025	0,028	0,03

No	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
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.16, 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	0,015	0,016	0,018

Sumber : Desain Drainase dan Bangunan Pelengkap

- b. Menentukan kecepatan saluran < kecepatan saluran yang diizinkan

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

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

$$A = b \cdot h$$

$$P = b + 2h$$

$$R = \frac{A}{P}$$

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

Keterangan :

A = Luas penampang basah, (m^3)

P = Keliling basah, (m)

R = Jari – jari hidrolis, (m)

V = Kecepatan aliran, (m/dt)

n = Koefisien kekasaran *manning*

I = kemiringan saluran yang diizinkan

W = Tinggi jagaan, (m)

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

2.5 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah salah satu unsur fungsi perencanaan proyek konstruksi penyusunan. Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya – biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek. Secara umum perhitungan RAB dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$RAB = \sum (Volume pekerjaan \times Harga satuan pekerjaan)$$

Untuk menentukan besarnya biaya yang diperlukan terlebih dahulu harus diketahui volume dari pekerjaan yang direncanakan.

2.5.1 Volume Pekerjaan

1. Pekerjaan Persiapan
 - Mobilisasi
 - Manajemen Lalu Lintas
2. Pekerjaan Tanah
 - Galian Tanah
 - Timbunan Tanah
3. Pekerjaan Perkerasan Jalan
 - Lapis Permukaan, Lapen
 - Lapis Resap Pengikat-Aspal Cair
 - Lapis Pondasi Atas, Batu Pecah
 - Lapis Pondasi Bawah, Sirtu
4. Pekerjaan Drainase
 - Pasangan Batu dengan Mortar

2.5.2 Analisa Harga Satuan

Analisa harga satuan diambil dari Harga Satuan Dasar Upah dan Harga Satuan Bahan serta Biaya Operasi Peralatan Dinas Pekerjaan Umum Penataan Ruang dan Pertanahan Kabupaten Ciamis Tahun Anggaran 2019 terdapat pada lampiran.