

BAB II LANDASAN TEORI

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

Jalan memegang peranan penting sebagai akses dalam menghubungkan antara satu daerah dengan daerah lainnya sehingga mampu berperan sebagai sarana pengembangan wilayah dalam pembangunan nasional.

2.1 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan di Indonesia berdasarkan Bina Marga dalam Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TPGJAK) No 038/T/BM/1997 yang terdapat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi jalan 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 Medan, (%)	<3	3 - 25	>25	<3	3 – 25	>25	<3	3 - 25	>25

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

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

2.2 Kriteria Perencanaan

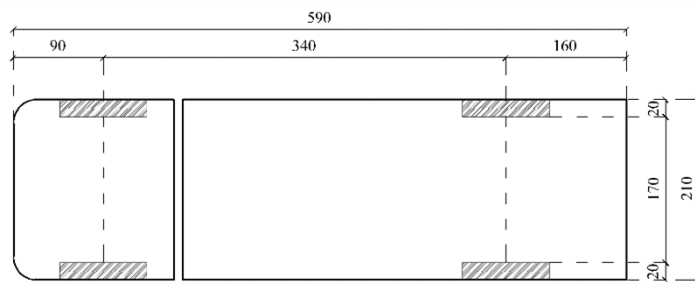
2.2.1 Kendaraan Rencana

Dalam perencanaan jalan raya, dimensi dan jenis kendaraan yang direncanakan untuk melalui jalan tersebut harus dipertimbangkan dengan baik karena akan mempengaruhi terhadap hasil perencanaan.

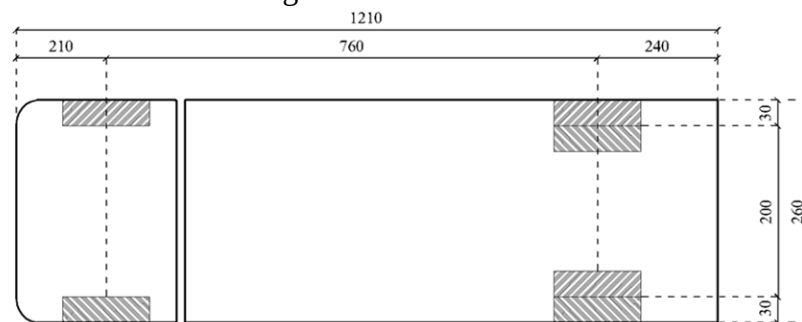
Kendaraan rencana dikelompokkan menjadi:

- Kendaraan Kecil, diwakili oleh mobil penumpang,
- Kendaraan Sedang, diwakili oleh truk 3 as tandem atau oleh bus besar 2 as,
- Kendaraan Besar, diwakili oleh truk-semi-trailer. Dimensi dasar untuk masing-masing kategori Kendaraan Rencana ditunjukkan dalam Tabel 2.2.

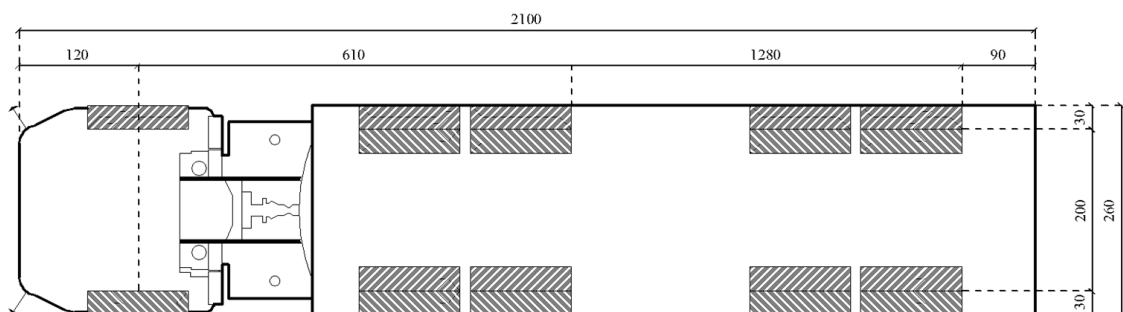
a. Kendaraan Kecil



b. Kendaraan Sedang



c. Kendaraan Besar



Gambar 2.1 Dimensi Kendaraan

Tabel 2.2 Dimensi Kendaraan Rencana

Katagori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar		Radius Tonjolan
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min	Mak	
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	12	90	290	1400	1370

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

Tabel 2.3 Lebar lajur 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	2nu3,5*)	2,5	2×7,0*)	2 0	2nu3,5*)	2,0	**))	**))	-	-	-	-

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

2.2.2 Volume Lalu Lintas Rencana

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

$$VJR = VLHR \times \frac{K}{F} \quad (2.1)$$

Keterangan :

K (disebut faktor K) = faktor volume lalu lintas jam sibuk

F (disebut faktor F) = faktor variasi tingkat lalu lintas perseperempat jam dalam satu jam

VJR digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalu lintas lainnya yang diperlukan. Penentuan faktor K dan faktor F berdasarkan volume lalu lintas harian terdapat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Penentuan faktor K dan Faktor F 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	01,6-0,8
1.000 - 5.000	10 - 12	0,6-0,8
< 1.000	12 - 16	< 0,6

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

2.2.3 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana (VR) pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti. VR untuk masing-masing fungsi jalan dapat ditetapkan dari Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Kecepatan rencana (VR) sesuai klasifikasi fungsi dan medan jalan

Fungsi	Kecepatan Rencana , VR (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

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

2.3 Penentuan Lebar Lajur dan Bahu Jalan

Penentuan lebar lajur dan bahu jalan ditetapkan agar didapat perencanaan jalan yang sesuai dengan kebutuhan perencanaan. Lebar lajur dan bahu jalan terdapat pada Tabel 2.3.

2.4 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 (Sukirman, S., 1999).

Dalam perencanaan geometrik jalan, harus dipertimbangkan masalah keamanan, kenyamanan dan keselamatan bagi pengguna jalan. Oleh karena itu diperlukan pedoman yang baik dan benar dalam perencanaan, sehingga diharapkan pembangunan infrastruktur dapat tercapai sesuai keinginan.

2.4.1 Jarak Pandang

Perhitungan untuk jarak pandang kendaraan antara lain :

a. Jarak pandang henti (Jh)

$$Jh = 0,694.Vr + 0,004 \frac{Vr^2}{f} \quad (2.2)$$

Keterangan :

Vr = Kecepatan rencana (km/jam)

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

Tabel 2.6 Hubungan kecepatan rencana (VR) dan 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: TPGJAK NO.038/T/BM/1997

b. Jarak pandang mendahului (Jd)

$$Jd = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \quad (2.3)$$

Keterangan :

- d1 = jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m)
- d2 = jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m)
- d3 = jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m)
- d4 = jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan (m)

Tabel 2.7 Hubungan kecepatan rencana (VR) dan panjang jarak pandang mendahului (Jd)

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

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

2.4.2 Alinyemen Horizontal

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

2.4.2.1 Panjang Bagian Lurus

Panjang maksimum bagian lurus harus dapat ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit (Sesuai Vr), dengan pertimbangan keselamatan pengemudi akibat dari kelelahan. Panjang maksimum bagian lurus terdapat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Panjang jalan maksimum untuk bagian lurus

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

2.4.2.2 Jari-jari Tikungan

Perhitungan awal untuk perhitungan tikungan antara lain :

- a. Koefisien gesek maksimum (f_{maks})

Untuk $V < 80$ km/jam :

$$f_{maks} = -0,00065.V + 0,192 \quad (2.4)$$

Untuk $V > 80$ km/jam :

$$f_{maks} = -0,00125.V + 0,24 \quad (2.5)$$

- b. Jari-jari minimum (R_{min})

$$R_{min} = \frac{V^2}{127 \cdot (e_{maks} + f_{maks})} \quad (2.6)$$

- c. Derajat lengkung maksimum (D_{maks})

$$D_{maks} = \frac{181913,53 \cdot (e_{maks} + f_{maks})}{V^2} \quad (2.7)$$

Keterangan :

V = Kecepatan rencana (km/jam)

e_{maks} = Superelevasi maksimum (%)

Dalam perhitungan perencanaan jalan, jari-jari tikungan rencana dapat menggunakan nilai jari-jari yang terdapat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Panjang lengkung peralihan minimum dan superelevasi yang dibutuhkan (emaks = 10% metoda 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	239	0,055	45	0,073	50	0,088	60	0,098	70	Dmaks = 5,12	
7,000	205	0,062	45	0,080	50	0,094	60	Dmaks = 6,82			
8,000	179	0,068	45	0,086	50	0,098	60				
9,000	159	0,074	45	0,091	50	0,099	60				
10,000	143	0,079	45	0,095	60	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		*					

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
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									

Sumber: Sukirman, S. 1999

Keterangan :

LN = lereng jalan normal diasumsikan = 2%

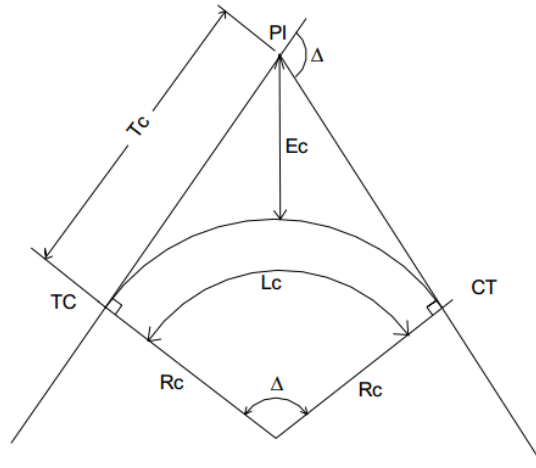
LP = lereng luar diputar sehingga perkerasan mendapat superelevasi sebesar p jalan normal = 2%

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

2.4.2.3 Bentuk Tikungan

a. Full Circle (FC)

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



Gambar 2.2 Tikungan *Full Circle*

$$Tc = R \tan \frac{1}{2} \Delta \quad (2.8)$$

$$Lc = \frac{\Delta}{360^\circ} 2\pi R \quad (2.9)$$

$$Ec = Tc \tan \frac{1}{4} \Delta \quad (2.10)$$

Keterangan :

Δ = Sudut Tikung

TC = Tangen to Circle

CT = Circle to Tangen

Rc = Jari – jari busur lingkaran

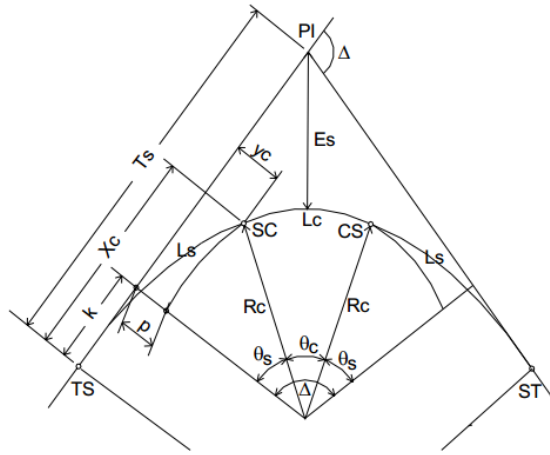
Tc = Panjang Tangen (jarakdari TC ke PI atau PI ke TC)

Lc = Panjang Busur Lingkaran

Ec = Jarak Luar dari PI ke busur lingkaran

b. Spiral-Circle-Spiral (SCS)

Spiral-Circle-Spiral (SCS) yaitu tikungan yang terdiri atas 1 lengkung circle dan 2 lengkung spiral.

Gambar 2.3 Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

$$\theta_s = \frac{L_s}{2R} \cdot \frac{360}{2\pi} \quad (2.11)$$

$$\Delta_c = \Delta - (2 \cdot \theta_s) \quad (2.12)$$

$$L_c = \frac{\Delta_c \cdot 2\pi \cdot R_c}{360} \quad (2.13)$$

$$X_c = L_s - \left(\frac{L_s^3}{40 \cdot R_c^2} \right) \quad (2.14)$$

$$Y_c = \frac{L_s^2}{6 \cdot R_c} \quad (2.15)$$

$$p = Y_c - R_c(1 - \cos \theta_s) \quad (2.16)$$

$$k = X_c - R_c \cdot \cos \theta_s \quad (2.17)$$

$$T_s = (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \quad (2.18)$$

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

$$L_{tot} = L_c + (2 \cdot L_s) \quad (2.20)$$

Keterangan :

X_c = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik ST ke SC

Y_c = Jarak tegak lurus ketitik SC pada lengkung

L_s = Panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST

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

T_s = Panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST

TS = Titik dari tangen ke spiral

ISC = Titik dari spiral ke lingkaran

Es = Jarak dari PI ke busur lingkaran

θ_s = Sudut lengkung spiral

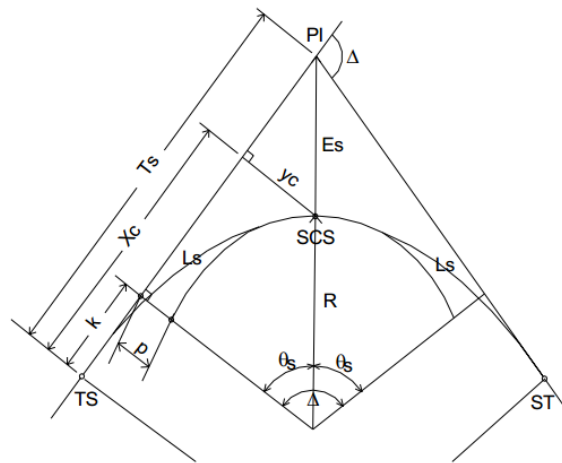
Rc = Jari-jari lingkaran

p = Pergeseran tangen terhadap spiral

k = Absis dari p pada garis tangen spiral

c. *Spiral-Spiral (SS)*

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



Gambar 2.4 Tikungan *Spiral-Spiral*

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta \quad (2.21)$$

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

$$L_{total} = 2 \cdot L_s \quad (2.23)$$

Untuk Y_c , X_c , k , p , T_s , dan E_s rumus yang digunakan sama dengan pada tikungan SCS.

2.4.2.4 Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan (L_s) 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.

Penggunaan nilai L_s dalam perencanaan tikungan SCS dapat menggunakan Tabel 2.9, sedangkan untuk perencanaan tikungan SS dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan rumus 2.22.

2.4.2.5 Landai Relatif

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

$$\frac{1}{m} = \frac{(e + en)B}{L_s} \quad (2.24)$$

Keterangan :

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

e = superelevasi (%)

en = kemiringan melintang normal (%)

B = lebar lajur (m)

2.4.2.6 Pelebaran pada Tikungan

Pelebaran pada tikungan dimaksudkan untuk mempertahankan konsistensi geometrik jalan agar kondisi operasional lalu lintas ditikungan sama dengan dibagian lurus.

$$b'' = Rc - \sqrt{Rc^2 - p^2} \quad (2.25)$$

$$b' = b + b'' \quad (2.26)$$

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

$$Z = 0,105 \cdot \frac{V_r}{\sqrt{Rc}} \quad (2.28)$$

$$B = n(b' + c) + (n - 1)Td + Z \quad (2.29)$$

Keterangan :

B = lebar perkerasan pada tikungan (m)

n = Jumlah lajur lalu lintas

b' = lebar lintasan truck pada tikungan / off tracking (m)

c = kebebasan samping (m)

T_d = lebar tambahan pengaruh dari tonjolan depan kendaraan (m)

Z = lebar tambahan akibat kesukaran pengemudi Lebar tambahan perkerasan untuk mengimbangi off tracking (m)

b = lebar kendaraan (m)

P = jarak antara garden kendaraan (m)

A = panjang bagian depan kendaraan diukur dari as depan (m)

V = kecepatan rencana (km/jam)

R = jari-jari tikungan (m)

Jika hasil perhitungan pelebaran jalan kurang dari 0,6 m, maka pelebaran dapat diabaikan.

2.4.2.7 Kebebasan Samping

Perhitungan kebebasan samping tergantung kepada J_h , antara lain :

- a. Jarak pandang henti (J_h) < panjang tikungan

$$E = R \left(1 - \cos \frac{90^\circ J_h}{\pi R} \right) \quad (2.30)$$

- b. Jarak pandang henti (J_h) > panjang tikungan

$$E = R \left(1 - \cos \frac{90^\circ J_h}{\pi R} \right) \cdot \frac{1}{2} (J_h - L_t) \sin \left(\frac{90^\circ J_h}{\pi R} \right) \quad (2.31)$$

Keterangan :

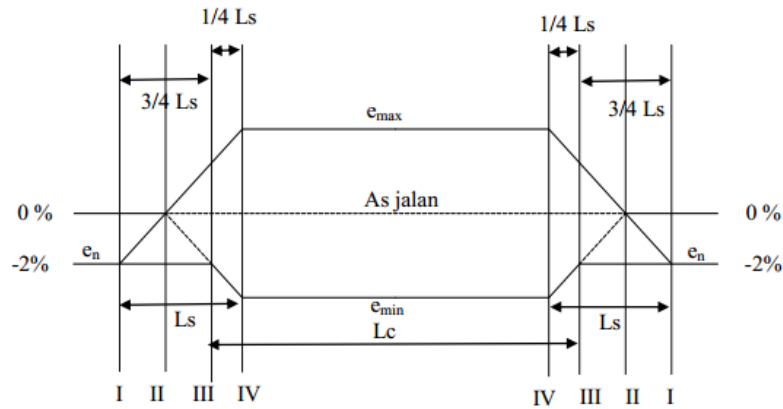
R = Jari-jari tikungan (m)

J_h = Jarak pandang henti (m)

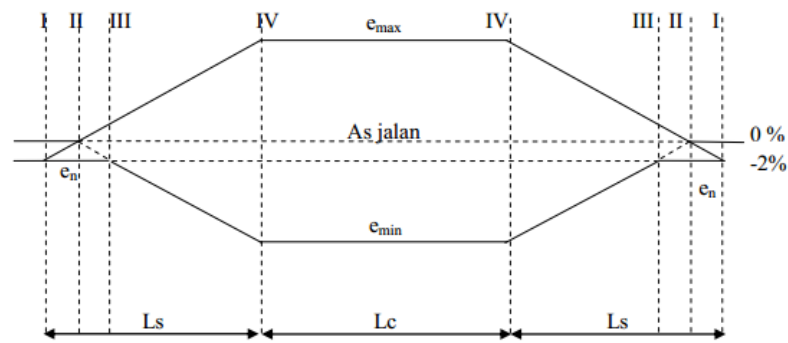
L_t = Panjang tikungan (m)

2.4.2.8 Diagram Superelevasi

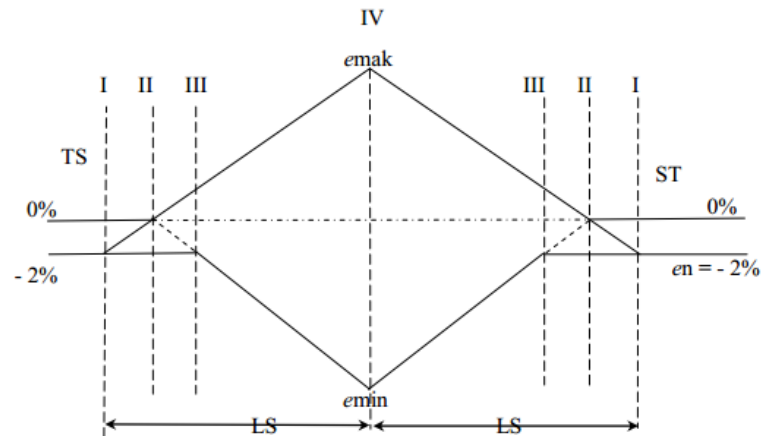
Diagram superelevasi menggambarkan pencapaian superelevasi dari lereng normal ke superelevasi penuh, sehingga dengan menggunakan diagram superelevasi dapat ditentukan bentuk penampang melintang pada setiap titik disuatu lengkung horizontal yang direncanakan.



Gambar 2.5 Diagram superelevasi pada tikungan FC



Gambar 2.6 Diagram superelevasi pada tikungan SCS



Gambar 2.7 Diagram superelevasi pada tikungan SS

2.4.2.9 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. Bina Marga menyarankan untuk memberikan jarak

anantara tikungan pada tikungan searah minimal 20 meter dan 30 meter pada tikungan gabungan balik.

2.4.2.10 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.

2.4.3 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan untuk jalan 2 lajur 2 arah atau melalui tepi dalam masing-masing perkerasan untuk jalan dengan median. Seringkali disebut juga sebagai penampang memanjang jalan (Sukirman,S., 1999).

2.4.3.1 Landai 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. Berikut adalah tabel untuk kelandaian maksimum yang diijinkan berdasarkan kecepatan rencana:

Tabel 2.10 Kelandaian Maksimum yang Diiijinkan

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

2.4.3.2 Landai Minimum

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

2.4.3.3 Panjang Kritis Landai

Panjang kritis suatu kelandaian diperlukan sebagai batasan panjang kelandaian maksimum agar pengurangan kecepatan kendaraan tidak lebih dari

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

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

2.4.3.4 Lengkung Vertikal

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

Berdasarkan syarat keluwesan bentuk :

$$L_v = 0,6 \times V \quad (2.32)$$

Berdasarkan syarat drainase :

$$L_v = 40 \times A \quad (2.33)$$

Berdasarkan syarat kenyamanan pengemudi :

$$L_v = V \times t \quad (2.34)$$

Berdasarkan pengurangan guncangan :

$$L_v = \frac{V^2 \times A}{360} \quad (2.35)$$

Keterangan :

L_v = Panjang lengkung vertikal (m)

V = Kecepatan rencana (km/jam)

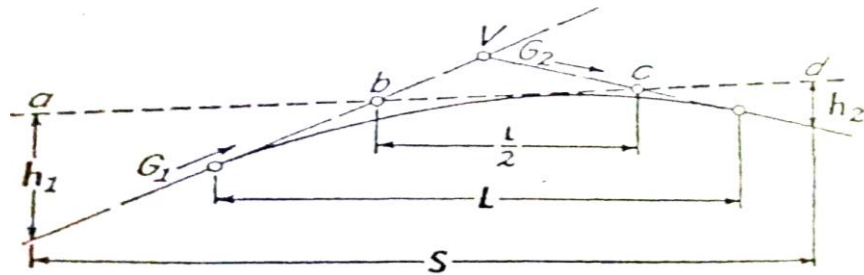
A = Perbedaan grade / kelandaian (%)

t = ditentukan 3 detik

a. Lengkung vertikal cembung

Jarak pandang henti pada lengkung vertikal cembung harus lebih besar dari panjang lengkung vertikal cembung, jika jarak pandang henti lebih kecil maka panjang lengkung vertikal cembung ditetapkan dengan rumus :

$$L_v = \frac{A \times S^2}{405} \quad (2.36)$$

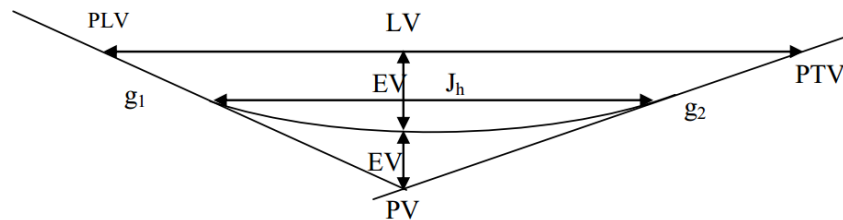


Gambar 2.8 Lengkung vertikal cembung

b. Lengkung vertikal cekung

Jarak pandang henti pada lengkung vertikal cekung harus lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cekung, jika jarak pandang henti lebih besar maka panjang lengkung vertikal cekung ditetapkan dengan rumus :

$$L_v = 2 \times S - \frac{405}{A} \quad (2.37)$$



Gambar 2.9 Lengkung vertikal cekung

Tabel 2.12 Penentuan Faktor Penampilan Kenyamanan, (Y)

Kecepatan Rencana, (km/jam)	Faktor Penampilan Kenyamanan, (Y)
<40	1,5
40 – 60	3
>60	8

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

Tabel 2.13 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

2.4.3.5 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. Berikut adalah tabel cara perhitungan galian dan timbunan:

Tabel 2.14 Perhitungan Galian dan Timbunan

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

2.5 Perencanaan Drainase

Drainase didefinisikan sebagai tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi suatu kawasan / lahan, sehingga fungsi kawasan / lahan tidak terganggu (Suripin, 2004).

Drainase jalan adalah bangunan pelengkap jalan yang dibangun untuk menanggulangi kelebihan air yang terjadi, baik air permukaan maupun air bawah tanah. Drainase jalan merupakan bagian yang sangat penting, khususnya pada daerah padat dengan tingkat penyerapan air yang rendah. (Wibowo, Sony Sulaksono., 2001)

2.5.1 Analisis Hidrologi

a. Metode Rata-rata Aljabar

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

$$R = 1/n (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \quad (2.38)$$

Keterangan :

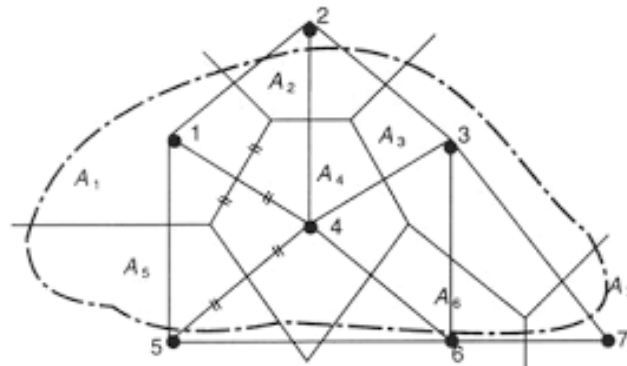
R = Curah hujan daerah

n = jumlah titik atau pos pengamatan

$R_1, R_2, \dots, R_n$ = curah hujan disetiap titik pengamatan

b. Metode Thiessen

Metode thiessen adalah perhitungan curah hujan yang dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan jika titik-titik didalam daerah pengamatan tidak tersebar merata.



Gambar 2.10 Polygon thiessen

$$\bar{R} = \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 + \dots + A_n.R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.39)$$

Keterangan :

$\bar{R}$ = hujan rata rata suatu DAS

R = hujan di tiap tiap stasiun

A = Luas area dibatasi polygon

c. Metode Isohyet

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

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \frac{I_i + I_{i+1} + 2}{2}}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2.40)$$

atau

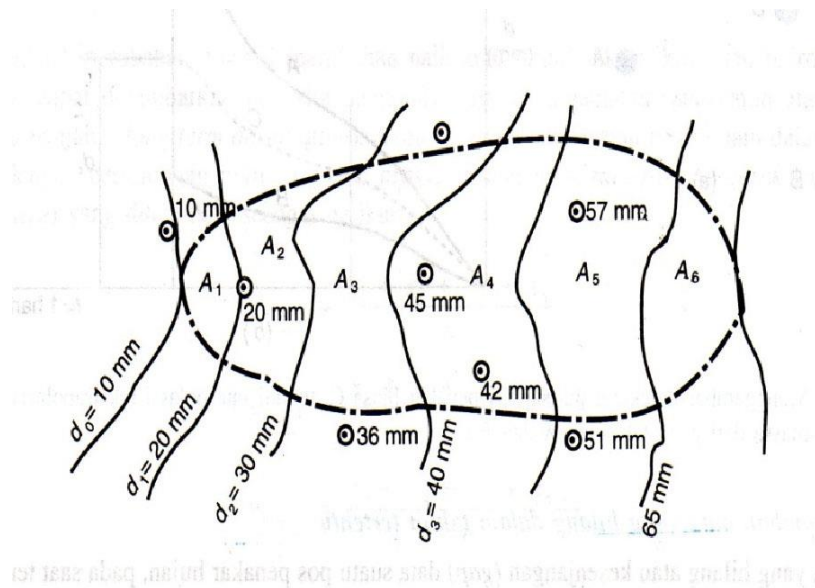
$$\bar{R} = \frac{A_1 \frac{I_1 + I_2}{2} + A_2 \frac{I_2 + I_3}{2} + \dots + A_n \frac{I_n + I_{n+1}}{2}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.41)$$

Keterangan :

$\bar{R}$ = hujan rata rata suatu DAS

I = garis isohyet ke i

A = Luas area dibatasi poligon



Gambar 2.11 Metode isohyet

2.5.2 Analisis Frekuensi

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

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

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

Tabel 2.15 Parameter pemilihan jenis distribusi

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

Sumber : Suripin 2004

a. Distribusi Gumble

$$X_T = \bar{X} + \left[\frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \right] \times STDEV \quad (2.42)$$

$$X_T = \bar{X} + K \times STDEV \quad (2.43)$$

$$Y_{Tr} = -\ln \left[\ln \frac{T_r}{T_r - 1} \right] \quad (2.44)$$

Keterangan :

 X_T = CH / intensitas hujan pada periode T_r Y_{tr} = factor ln dari T_r Y_n = reduce mean factor. Nilai Y_n dapat dilihat pada Tabel 2.17 S_n = reduce standard deviation. Nilai S_n dapat dilihat pada Tabel 2.18 T_r = tahun ulangan (2 tahun, 5 tahun dst) $\bar{X}$ = Nilai rata-rata hitung variant

STDEV = Deviasi standar nilai variant

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

b. Distribusi Normal

$$X_T = \bar{X} + K_T \times STDEV \quad (2.45)$$

Keterangan :

 X_T = CH / intensitas hujan pada periode T_r $\bar{X}$ = Nilai rata-rata hitung variant

STDEV = Deviasi standar nilai variant

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

Tabel 2.16 Nilai variabel reduksi 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 2.17 Nilai Yn

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	0,5220
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	0,538	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	0,5540	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	0,5570	0,5572	0,5574	0,5580	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

Sumber : Suripin, 2004

Tabel 2.18 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	1,1480	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	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	0,1938	1,1945	1,1945	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	0,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060

Sumber : Suripin, 2004

c. Distribusi Log Person Tipe III

$$\log(X_T) = \log(\bar{X}) + K \cdot STDEV \quad (2.46)$$

$$X_T = 10^{(\log(\bar{X}) + K \cdot STDEV)} \quad (2.47)$$

Keterangan :

X_T = CH/intensitas hujan pada T_r

K = Variabel standar bergantung C_s dan G

$STDEV$ = Standard deviation

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

d. Distribusi Log Normal

$$\log(X_T) = \log(\bar{X}) + K_T \cdot STDEV \quad (2.48)$$

$$X_T = 10^{(\log(\bar{X}) + K_T \cdot STDEV)} \quad (2.49)$$

Keterangan :

K_T = Variabel reduksi gauss, terdapat pada Tabel 2.16.

2.5.3 Pengujian Kecocokan Fungsi Distribusi

a. Uji Chi-Square

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

$$Chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \quad (2.50)$$

$$K = 1 + 3,322 \times \log(n) \quad (2.51)$$

$$Dk = K - (p + 1) \quad (2.52)$$

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.
 Dk = Derajat kebebasan.
 p = Banyaknya parameter, untuk uji Chi-Kuadrat adalah 2.
 K = Jumlah kelas distribusi.

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

Harga kritis Chi-Square terdapat pada Tabel 2.20.

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 (Dmaks) dibandingkan dengan perbedaan kritis (Dcr) untuk satu derajat nyata dan banyaknya varian tertentu.

$$P = \frac{m}{n+1} 100\% \quad (2.53)$$

Keterangan :

P = probabilitas (%)

m = nomor urut data dari seri data yang telah disusun

n = banyaknya data

Jika (Dmaks) < (Dcr) maka sebaran sesuai dan dapat diterima. Harga kritis kolmogorov-smirnov terdapat pada Tabel 2.19.

Tabel 2.19 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	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,63}{\sqrt{n}}$

Tabel 2.20 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	7,3780000	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	15,5070000	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	21,9200000	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
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	6,250000	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	31,4000000	34,1700000	37,5660000	39,9970000
21	8,0340000	8,8970000	10,2830000	11,5910000	32,6710000	35,4790000	38,9320000	41,4010000

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

Sumber : Suripin, 2004

Tabel 2.21 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	4,051	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

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 (%)														
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
-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

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 (%)														
-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	0,969	0,980	0,990	0,995	1,000
-2,2	-3,705	-2,006	-1,284	-0,574	0,0287	0,330	0,4707	0,752	0,844	0,8807	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	-3,845	-2,012	-1,250	-0,518	0,0673	0,360	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

2.5.4 Intensitas Hujan

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

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

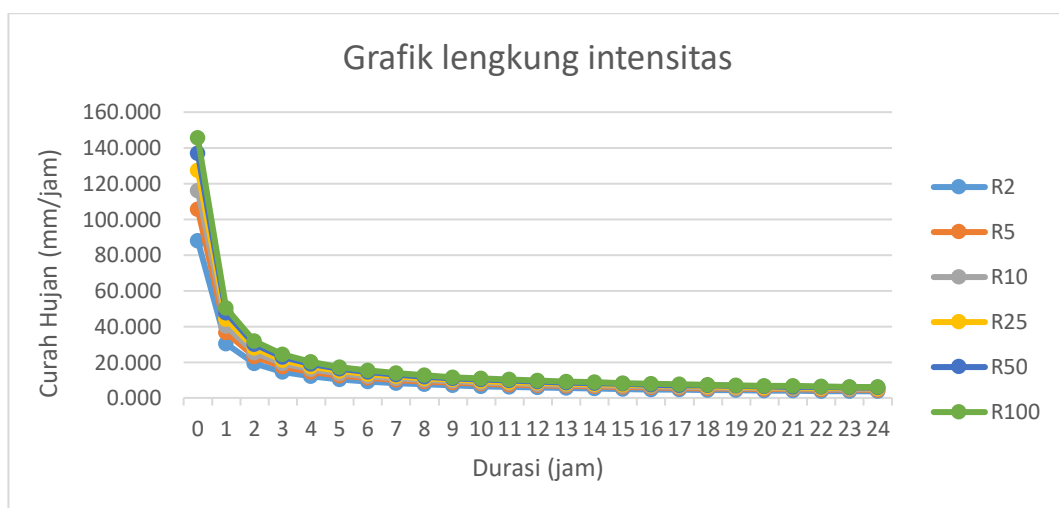
$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.54)$$

Keterangan :

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

R24 = curah hujan maksimum harian (mm)



Gambar 2.12 Grafik hubungan antara intensitas dengan durasi hujan

2.5.5 Debit Puncak 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.

$$Q_r = 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (2.55)$$

Keterangan :

Q_r = debit rencana ($m^3/detik$)

C = koefisien aliran permukaan ($0 \leq C \leq 1$)

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas DAS (ha)

$0,00278$ = Faktor konversi dari mm^3/jam menjadi $m^3/det.$ ($0.001 m/3600 det$)
 $\times 10000 m^2$.

2.5.6 Koefisien Pengaliran (C)

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

$$C = \frac{C1.A1 + C2.A2 + C3.A3 + \dots + Cn.An \cdot fk}{A1 + A2 + A3 + \dots + An} \quad (2.56)$$

Keterangan :

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

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

fk = Faktor limpasan

Harga koefisien pengaliran (C) dan harga faktor limpasan (fk) dapat dilihat pada Tabel 2.22.

Tabel 2.22 Harga koefisien pengaliran (C) dan faktor limpasan (fk)

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 :		

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)	Faktor Limpasan (fk)
	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	tata guna lahan :		
	daerah perkotaan	0,70 – 0,95	2
	daerah pinggir kota	0,60 – 0,70	1,5
	daerah industry	0,60 – 0,90	1,2
	permukiman padat	0,40 – 0,60	2
	permukiman tidak padat	0,40 – 0,60	1,5
	taman dan kebun	0,20 – 0,40	0,2
	persawahan	0,45 – 0,60	0,5
	perbukitan	0,70 – 0,80	0,4
	pegunungan	0,75 – 0,90	0,3

Sumber : Pd.T-02-2006-B

2.5.7 Waktu Konsentrasi (tc)

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

$$tc = t_1 + t_2 \quad (2.57)$$

$$t_0 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times I_o \times \frac{nd}{\sqrt{i_s}} \right)^{0,167} \quad (2.58)$$

$$t_d = \frac{L}{60 \times V} \quad (2.59)$$

Keterangan :

Tc = Waktu konsentrasi (menit)

t_0 = Waktu inlet (menit)

t_d = Waktu aliran (menit)

I_o = Jarak dari titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

i_s = Kemiringan daerah pengaliran

L = Panjang saluran

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

N_d = Koefisien hambatan

Tabel 2.23 Kemiringan satuan memanjang (i_s) berdasarkan jenis material

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

Sumber : Pd.T-02-2006-B

Tabel 2.24 Kemiringan rata-rata saluran terhadap kecepatan rata-rata

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

Sumber : Hasmar, Halim., 2011

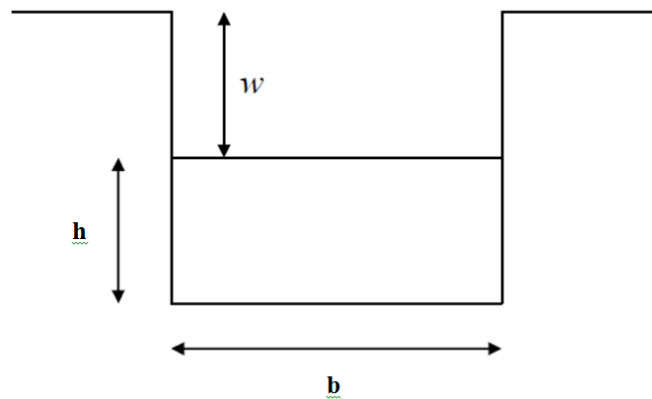
Tabel 2.25 Koefisien hambatan (N_d) berdasarkan kondisi permukaan

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

Sumber : Pd.T-02-2006-B

2.5.8 Dimensi Saluran Drainase

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



Gambar 2.13 Bentuk saluran persegi

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

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

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} i_s^{\frac{1}{2}} \quad (2.60)$$

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

$$R = \frac{A}{P} = \frac{b \times h}{b + 2h} \quad (2.61)$$

$$h = \frac{W^2}{0,5} \quad (2.62)$$

$$Q_s = A \times V \quad (2.63)$$

Keterangan :

- W = tinggi jagaan (m)
- h = kedalaman air yang tergenang dalam saluran (m)
- R = jari-jari hidrolis (m)
- A = luas penampang basah (m²)
- P = keliling basah (m)
- Q_r = debit banjir rencana
- Q_s = debit saluran

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

Tabel 2.26 Angka kekasaran *Manning* (n)

No	Tipe Saluran	Baik sekali	Baik	Sedang	Jelek
	SALURAN BUATAN				
1	Saluran tanah, lurus teratur	0,017	0,020	0,023	0,025
2	Saluran tanah yang dibuat dengan excavator	0,023	0,028	0,030	0,040
3	Saluran pada dinding bantuan, lurus, teratur	0,020	0,030	0,033	0,035
4	Saluran pada dinding bantuan, tidak lurus, tidak teratur	0,035	0,040	0,045	0,045
5	Saluran batuan yang dibedakan ada tumbuh-tumbuhan	0,025	0,030	0,035	0,040
6	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0,028	0,030	0,033	0,035
7	Saluran lengkung, dengan kecepatan aliran rendah	0,020	0,025	0,028	0,030
	SALURAN ALAM				
8	Bersih, lurus, tidak berpasir, tidak berlubang	0,025	0,028	0,030	0,033
9	Seperti no.8, tetapi ada timbunan atau kerikil	0,030	0,033	0,035	0,040
10	Melengkung, bersih, berlubang dan berdinding pasir	0,030	0,035	0,040	0,045
11	Seperti no.10, dangkal, tidak teratur	0,040	0,045	0,050	0,055
12	Seperti no.10, berbatu dan ada tumbuh-tumbuhan	0,035	0,040	0,045	0,050
13	Seperti no.10, sebagian berbatu	0,045	0,050	0,055	0,060
14	Aliran pelan, banyak tumbuh-tumbuhan dan berlubang	0,050	0,060	0,070	0,080
15	Banyak tumbuh-tumbuhan	0,075	0,100	0,125	0,150
	SALURAN BUATAN, BETON, ATAU BATU KALI				
16	Saluran pasangan batu, tanpa penyelesaian	0,025	0,030	0,033	0,035
17	Seperti no.16, tapi dengan penyelesaian	0,017	0,020	0,025	0,030
18	Saluran beton	0,014	0,016	0,019	0,021
19	Saluran beton halus dan rata	0,010	0,011	0,012	0,013
20	Saluran beton pra cetak dengan acuan baja	0,013	0,014	0,014	0,015
21	Saluran beton pra cetak dengan acuan kayu	0,015	0,016	0,016	0,018

Sumber : Pd.T-02-2006-B

2.6 Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan dengan Metode Manual

Perkerasan Jalan 2017

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).

Perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya dengan metode Pendekatan Mekanistik Empiris dalam Manual Desain Perkerasan Jalan 2017.

Susunan lapisan perkerasan lentur sebagai berikut :



Gambar 2.14 Susunan lapisan perkerasan lentur

2.6.1 Umur Rencana

Umur rencana adalah jumlah waktu dalam tahun yang dihitung sejak jalan tersebut mulai dibuka sampai saat diperlukan perbaikan berat atau dianggap perlu untuk diberi lapis permukaan yang baru. Pemilihan umur rencana dapat dilihat pada Tabel 2.27.

Tabel 2.27 Umur rencana perkerasan jalan baru (UR)

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.	
	Cement Treated Based (CTB)	
Perkerasan kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan.	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

Sumber : MDP 2017

2.6.2 Pemilihan Struktur Perkerasan

Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi pondasi jalan. Batasan ini tidak mutlak, perencana harus mempertimbangkan biaya terendah selama umur rencana, keterbatasan dan kepraktisan pelaksanaan.

Tabel 2.28 Pemilihan jenis perkerasaan

Struktur Perkerasan	Bagan desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0 – 0,5	0,1 – 4	>4 - 10	>10 – 30	>30 - 200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan CBR $\geq$ 2,5%)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1, 2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal $\geq$ 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1, 2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir	3A	-	1, 2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Fondasi Soil Cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

Sumber : MDP 2017

2.6.3 Lalu Lintas

Faktor lalu lintas sangat berpengaruh terhadap perencanaan perkerasan jalan, baik tebal perkerasan, atau pun pemilihan jenis perkerasan yang akan digunakan.

a. 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.

b. 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.

Tabel 2.29 Faktor laju pertumbuhan lalu lintas (%)

Fungsi Jalan	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 : MDP 2017

Faktor pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*) dengan rumus :

$$R = \frac{(1 + 0,01.i)^{UR} - 1}{0,01.i} \quad (2.64)$$

Keterangan :

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

i = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = umur rencana (tahun)

Apabila diperkirakan akan terjadi perbedaan laju pertumbuhan tahunan sepanjang total umur rencana (UR), dengan $i_1\%$ selama periode awal (UR1 tahun) dan $i_2\%$ selama sisa periode berikutnya (UR – UR1), faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif dapat dihitung dari formula berikut :

$$R = \frac{(1 + 0,01.i_1)^{UR} - 1}{0,01.i_1} + (1 + 0,01.i_1)^{(UR-1)} (1 + 0,01.i_2) \left\{ \frac{(1 + 0,01.i_2)^{(UR-UR1)} - 1}{0,01.i_2} \right\} \quad (2.65)$$

Keterangan :

i_1 = laju pertumbuhan tahunan lalu lintas periode 1 (%)

i_2 = laju pertumbuhan tahunan lalu lintas periode 2 (%)

UR1 = umur rencana periode 1 (tahun)

Perhitungan diatas digunakan untuk periode rasio volume kapasitas (RVK) yang belum mencapai tingkat kejenuhan ($RVK \leq 0,85$). Apabila kapasitas lalu lintas diperkirakan tercapai pada tahun ke (Q) dari umur rencana (UR), faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif dihitung sebagai berikut :

$$R = \frac{(1 + 0,01.i)^Q - 1}{0,01.i} + (UR - Q)(1 + 0,01.i)^{(Q-1)} \quad (2.66)$$

c. Lalu lintas pada lajur rencana

Lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL).

Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah.

Tabel 2.30 Faktor distribusi lajur (DL)

Jumlah Lajur setiap arah	Kendaraan niaga pada lajur desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

Sumber : MDP 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. Oleh sebab itu, survei beban gandar harus dilakukan apabila dimungkinkan.

e. Beban sumbu standar kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, dengan menggunakan VDF masing-masing kendaraan niaga yang ditentukan sebagai berikut :

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \quad (2.67)$$

Keterangan :

ESA_{TH-1} = kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen (*equivalent standard axle*) pada tahun pertama.

LHR_{JK} = lintas harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari).

VDF_{JK} = Faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*) tiap jenis kendaraan niaga

DD = Faktor distribusi arah.

DL = Faktor distribusi lajur

CESAL = Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana.

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

2.6.4 Daya Dukung Tanah

Ruas jalan yang didesain harus dikelompokkan berdasarkan kesamaan segmen yang mewakili kondisi tanah dasar yang dapat dianggap seragam (tanpa perbedaan yang signifikan). Secara umum disarankan untuk menghindari pemilihan segmen seragam yang terlalu pendek. Jika nilai CBR yang diperoleh sangat bervariasi, pendesain harus membandingkan manfaat dan biaya antara pilihan membuat segmen seragam yang pendek berdasarkan variasi nilai CBR tersebut.

Dua metode perhitungan CBR karakteristik diuraikan sebagai berikut.

a. Metode distribusi normal standar

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

$$CBR \text{ karakteristik} = CBR \text{ rata-rata} - f \times \text{deviasi standar} \quad (2.68)$$

Dengan,

$f = 1,645$ (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 tidak lebih besar dari 25%. Koefisien variasi sampai dengan 30% masih boleh digunakan. 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.

Nilai CBR yang dipilih adalah adalah nilai persentil ke 10 yang berarti 10% data segmen yang bersangkutan lebih kecil atau sama dengan nilai CBR pada persentil tersebut. Atau 90% dari data CBR pada segmen seragam tersebut lebih besar atau sama dengan nilai CBR pada persentil tersebut.

Adapun prosedur perhitungan untuk persentil ke – 10 adalah sebagai berikut.

- i. Susun data CBR secara berurutan dari nilai terkecil hingga terbesar.
- ii. Hitung jumlah total data nilai CBR (n).
- iii. Hitung 10% dari (n), nilai yang diperoleh disebut sebagai indeks.
- iv. Jika indeks yang diperoleh dari langkah (iii) merupakan bilangan pecahan, lakukan pembulatan ke bilangan terdekat dan lanjutkan ke langkah v(a).
Jika indeks yang dihasilkan berupa bilangan bulat, lanjutkan ke langkah v(b).
- v. (a) Dari kumpulan data yang sudah diurutkan (langkah 1), hitung mulai dari data terkecil hingga mencapai data diurutkan yang diperoleh dari langkah 3. Nilai CBR pada urutan tersebut adalah nilai CBR persentil ke – 10.
(b) Dari kumpulan data yang sudah diurutkan (langkah 1), hitung mulai dari data terkecil hingga mencapai data diurutkan yang diperoleh dari langkah 3. Nilai

CBR persentil ke – 10 adalah nilai rata-rata dari dua nilai CBR yaitu CBR pada urutan tersebut dan urutan berikutnya.

Tabel 2.31 Nilai VDF masing-masing kendaraan niaga daerah

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
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
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
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
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	11,7	7,0	10,2	13,2	25,5	6,5	8,8	14,0	11,9	10,2	8,0
7C2A	19,8	39,0	6,1	8,1	17,7	33,0	7,6	10,2	8,2	8,2	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	13,5	9,8	15,0	28,7	59,6	6,9	8,8	-	-	-	-

Sumber : MDP 2017

Tabel 2.32 Nilai VDF masing-masing kendaraan niaga

KENDARAAN NIAGA	Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi sumbu	Muatan yang diangkut	Kelompok sumbu	Distribusi tipikal (%)		Faktor Ekvivalen Beban (VDF) (ESA/kendaraan)	
	Klasifikasi lama	Alternatif					Semua kendaraan bermotor	Semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor	VDF 4 Pangkat 4	VDF 5 Pangkat 5
	1	1	Sepeda motor	1.1		2	30,4			
	2, 3, 4	2, 3, 4	Sedan / Angkot / Pickup / Station wagon	1.1		2	51,7	74,30		
	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	4,6	6,60	0,3	0,2
	6a.2	6.2	Truk 2 sumbu – ringan	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2			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

Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi sumbu	Muatan yang diangkut	Kelompok sumbu	Distribusi tipikal (%)		Faktor Ekvivalen Beban (VDF) (ESA/kendaraan)	
Klasifikasi lama	Alternatif					Semua kendaraan bermotor	Semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor	VDF 4 Pangkat 4	VDF 5 Pangkat 5
6b2.1	8.1	Truk 2 sumbu – berat	1.2	muatan umum	2	3,8	5,50	0,9	0,8
6b2.2	8.2	Truk 2 sumbu – berat	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2			7,3	11,2
7a.1	9.1	Truk 3 sumbu - ringan	1.22	muatan umum	3	3,9	5,60	7,6	11,2
7a.2	9.2	Truk 3 sumbu - sedang	1.22	tanah, pasir, besi, semen	3			28,1	64,4
7a.3	9.3	Truk 3 sumbu – berat	1.1.2		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	0,7	1,00	19,0	33,2
7c2.2	13	Truk 5 sumbu – trailer	1.2-222		5			30,3	69,7
7c3	14	Truk 6 sumbu – trailer	1.22-222		6	0,3	0,50	41,6	93,7

Sumber : MDP 2017

2.6.5 Pondasi Perkerasan

Pondasi perkerasan tergantung kepada jenis tanah yang terdapat dilokasi perencanaan jalan.

a. Tanah dasar normal

Tanah dasar normal adalah tanah dasar yang secara umum mempunyai nilai CBR *in-situ* lebih besar dari 2,5%, termasuk pada daerah timbunan, galian dan permukaan tanah asli.

b. Tanah lunak

Tanah lunak didefinisikan sebagai tanah terkonsolidasi normal atau sedikit *over* konsolidasi (*lightly over consolidated*), biasanya berupa tanah lempung atau lempung kelanauan dengan CBR kurang dari 2,5% dan kekuatan geser (q_c) lebih kecil dari 7,5 kPa, dan umumnya $IP > 25$.

Metode khusus diperlukan untuk mempersiapkan fondasi jalan yang memadai di atas tanah terkonsolidasi normal. Metode pemadatan permukaan biasa dan penggunaan pengujian CBR laboratorium tidak valid karena umumnya dalam keadaan jenuh dan tidak dapat dipadatkan secara biasa. Selain itu, apabila dalam keadaan kering, hanya lapis permukaan yang dapat dipadatkan dengan alat pemadat biasa, sedangkan kepadatan dan kekuatan geser lapisan di bawahnya akan tetap rendah pada kondisi jenuh.

Tanah terkonsolidasi normal yang mendapat pembebanan statik dan dinamik akan mengalami pergerakan yang jauh lebih besar (akibat konsolidasi sekunder atau rangkak) dibandingkan tanah dasar normal yang dipadatkan secara mekanik. Oleh sebab itu penyebab kerusakan yang berbeda berlaku pada jalan yang dibangun di atas tanah lunak.

c. Tanah aluvial kering

Tanah aluvial kering pada umumnya memiliki kekuatan sangat rendah (misalnya CBR $< 2\%$) di bawah lapis permukaan kering yang relatif keras. Kedalaman lapis permukaan tersebut berkisar antara 400 – 600 mm. Metode termudah untuk mengidentifikasi kondisi tersebut adalah menggunakan uji DCP.

Tabel 2.33 Desain fondasi jalan minimum

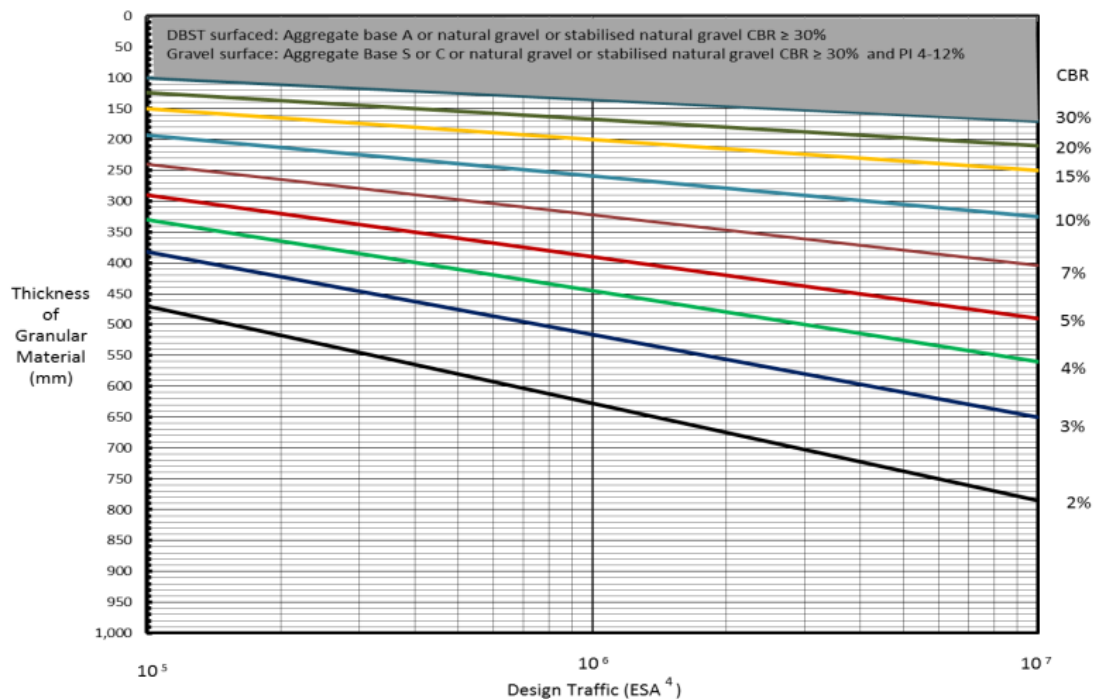
CBR Tanah Dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5)			Stabilisasi Semen
			< 2	2-4	> 4	
			Tebal minimum perbaikan tanah dasar			
> 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan spesifikasi umum, devisi 3 - pekerjaan tanah) (pemadatan lapisan ≤ 200mm tebal gembur)	Tidak diperlukan perbaikan			300
5	SG5		-	-	100	
4	SG4		100	150	200	
3	SG3		150	200	300	
2,5	SG2,5		175	250	350	
Tanah ekspansif (potensi pemuaian > 5%)			400	500	600	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
Perkerasan diatas tanah lunak	SG1	Lapis penopang	1000	1100	1200	
		atau lapis penopang dan geogrid	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk jalan raya minor (nilai minimum - ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir	1000	1250	1500	

Sumber : MDP 2017

2.6.6 Desain Perkerasan

Salah satu metode desain yang dapat digunakan adalah metode Mekanistik Empiris, digunakan secara meluas di berbagai negara yang telah berkembang. Dengan metode ini analisis struktur perkerasan dilakukan menggunakan prinsip-prinsip mekanik yang keluarannya digunakan untuk memprediksi kinerja struktur berdasarkan pengalaman empiris.

Kebutuhan pelapisan bahu jalan dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2.15 Bagan desain-7 Perkerasan tanpa penutup beraspal dan lapis beraspal tipis

2.6.7 Jenis-jenis Perkerasan

Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun di atas lapisan tanah dasar (*subgrade*), yang berfungsi untuk menopang beban lalu-lintas. Jenis konstruksi perkerasan jalan pada umumnya ada dua jenis, yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*), dan perkerasan kaku (*rigid pavement*). Jenis struktur perkerasan baru 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*)



2. Perkerasan Lentur pada Timbunan



3. Perkerasan Lentur pada Galian



Gambar 2.16 Tipikal Struktur Perkerasan Lentur (Lalu Lintas Berat)

1. Perkerasan Kaku pada Permukaan Tanah Asli (*At Grade*)



2. Perkerasan Kaku pada Timbunan



3. Perkerasan Kaku pada Galian



Gambar 2.17 Tipikal Struktur Perkerasan Kaku

Kelancaran arus lalu lintas sangat tergantung dari kondisi jalan yang ada, semakin baik kondisi jalan maka akan semakin lancar lalu lintasnya. Untuk itu dalam perencanaan jalan perlu dipertimbangkan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi fungsi pelayanan jalan tersebut seperti fungsi jalan, kinerja perkerasan, umur rencana, lalu lintas yang merupakan beban dari perkerasan jalan, sifat tanah dasar, kondisi lingkungan, sifat dan jumlah material yang tersedia di lokasi yang akan dipergunakan sebagai bahan lapis perkerasan, dan bentuk geometrik lapisan perkerasan. Berdasarkan bahan pengikatnya, perkerasan jalan dibagi menjadi 2 jenis :

a. Perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Perkerasan jalan yang bahan pengikatnya adalah beton semen, sehingga sering disebut juga perkerasan beton semen (*concrete pavement*). Perkerasan beton yang kaku dan memiliki modulus elastisitas tinggi akan mendistribusikan beban ke tanah dasar sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari pelat beton itu sendiri. Langkah-langkah perencanaan tebal perkerasan lentur dengan menggunakan metode Bina Marga adalah :

- 1) Menentukan daya dukung tanah dasar (DDT) dengan cara menggunakan pemeriksaan CBR. Nilai DDT diperoleh dari konversi nilai CBR tanah dasar dengan menggunakan :

- a) Grafik korelasi nilai CBR dan DDT
 - b) Persamaan : $DDT = 1,6649 + 4,3592 \log (CBR)$
- 2) Menentukan umur rencana (UR) dari jalan yang hendak direncanakan. Umur rencana perkerasan jalan baru dinyatakan pada Tabel berikut ini :

Tabel 2.34 Umur rencana perkerasan

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 (<i>overlay</i>), seperti : jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, terowongan.	
	<i>Cement Treated Based (CTB)</i>	
Perkerasan Kaku	Lapisan pondasi atas, lapisan pondasi bawah, lapis beton semen dan pondasi jalan	
Jalan tanpa Penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

- 3) Menentukan faktor pertumbuhan lalu lintas ($i\%$) selama masa pelaksanaan dan selama umur rencana.
- 4) Menentukan faktor regional (FR). Hal-hal yang mempengaruhi nilai FR antara lain adalah:
 - a) Prosentase kendaraan berat.
 - b) Kondisi iklim dan curah hujan setempat.
 - c) Kondisi persimpangan yang ramai.
 - d) Keadaan medan.
 - e) Kondisi drainase yang ada.
 - f) Pertimbangan teknis lainnya.

5) Menentukan Lintas Ekuivalen Jumlah repetisi beban yang akan menggunakan jalan tersebut dinyatakan dalam lintasan sumbu standar atau lintas ekuivalen. Lintas ekuivalen yang diperhitungkan hanya untuk jalur tersibuk atau lajur dengan volume tertinggi.

a) Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP), lintas ekuivalen pada saat jalan tersebut dibuka atau pada awal umur rencana disebut Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP), yang diperoleh dari persamaan :

$$LEP = \sum A_j \times E_j \times C_j \times (1+i)^{n'}, \text{ dimana :}$$

A_j = jumlah kendaraan untuk satu jenis kendaraan.

E_j = angka ekuivalen beban sumbu untuk satu jenis kendaraan.

C_j = koefisien distribusi kendaraan pada jalur rencana.

I = faktor pertumbuhan lalu lintas tahunan sampai jalandibuka.

n' = jumlah tahun dari saat pengambilan data sampai jalandibuka.

J = jenis kendaraan

b) Lintas Ekuivalen Akhir (LEA), besarnya lintas ekuivalen pada saat jalan tersebut membutuhkan perbaikan struktural disebut Lintas Ekuivalen Akhir (LEA), yang diperoleh dari persamaan :

$$LEA = LEP (1+r)^{UR}, \text{ dimana :}$$

LEP = Lintas Ekuivalen Permulaan.

r = Faktor pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana.

UR = Umur rencana jalan tersebut.

c) Lintas Ekuivalen Tengah (LET), Lintas Ekuivalen Tengah diperoleh dengan persamaan :

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

d) Lintas Ekuivalen Rencana (LER), besarnya lintas ekuivalen yang akan melintasi jalan tersebut selama masa pelayanan, dari saat dibuka sampai akhir umur rencana disebut Lintas Ekuivalen Rencana, yang diperoleh dari persamaan :

$$LER = LET \times FP, \text{ dimana :}$$

$$FP = \text{faktor Penyesuaian dan } FP = \frac{UR}{2}$$

6) Menentukan Indeks Permukaan (IP)

- a) Indeks Permukaan Awal (IPo) yang ditentukan sesuai dengan jenis lapis permukaan yang akan dipakai.
 - b) Indeks Permukaan Akhir (IPt) berdasarkan besarnya nilai LER dan klasifikasi jalan tersebut.
- 7) Menentukan Indeks Tebal Perkerasan (ITP) dengan menggunakan rumus dasar metode AASHTO 1972, yang telah memasukkan faktor regional yang terkait dengan kondisi lingkungan dan faktor daya dukung tanah dasar yang terkait dengan perbedaan kondisi tanah dasar, sehingga didapat persamaan :

$$\text{Log Wt18} \rightarrow 9,36 \log (\text{ITP} \rightarrow 1) - 0,20 \rightarrow \frac{\text{Gt}}{0,4 \rightarrow \frac{1094}{(\text{ITP} \rightarrow 1)^{5,19}}}$$

+ log FR + 0,372 (DDT – 3,0), dengan :

$$\text{GT} = \frac{(\text{IPo} - \text{IPt})}{(4,42 - 1,5)}, \text{ dimana :}$$

Gt	=	fungsi logaritma dari perbandingan antara kehilangan tingkat pelayanan dari IP = Ipo sampai IP = Ipt dengan kehilangan tingkat pelayanan dari Ipo sampai IP = 1,5.
Wt18	=	beban lalu lintas selama umur rencana atas dasar bebansumbu tunggal 18000 pon yang telah diperhitungkan ter-hadap faktor regional.

(Sumber : Sukirman, S., Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1999)

Selain dengan menggunakan rumus tersebut, untuk menentukan Indeks Tebal Perkerasan (ITP) dapat juga menggunakan nomogram-nomogram yang terdapat dalam buku Peteunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen (Bina Marga).

- 8) Menentukan koefisien kekuatan relatif (a) dan tebal minimum (D), setelah nilai ITP didapat kemudian ditentukan nilai koefisien kekuatan relatif.
 - a) Koefisien kekuatan relatif dari jenis lapis perkerasan yang dipilih.
 - b) Menentukan masing-masing tebal minimal lapis perkerasanyang telah ditentukan.
 - c) Menentukan tebal lapis perkerasan yang akan dicari dengan persamaan :

$$\text{ITP} = a_1.D_1 + a_2.D_2 + a_3.D_3, \text{ dimana :}$$

a_1, a_2, a_3	=	koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan.
D_1, D_2, D_3	=	tebal masing-masing lapis perkerasan (cm).

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

Perkiraan tebal masing-masing lapis perkerasan tergantung dari ketebalan minimum yang ditentukan oleh Bina Marga.

b. Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan jalan yang pengikatnya adalah aspal. Lapisan perkerasan ini berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan dibawahnya sampai ke tanah dasar.

Parameter perencanaan perkerasan kaku metode Bina Marga 2002 tersebut antara lain adalah :

- 1) Lalu lintas, perhitungan lalu lintas dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (commercial vehicle), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana. Hanya diperhitungkan terhadap kendaraan niaga. Persamaan-persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$JKNH = 365 \times JKNH \times R$$

$R = \frac{(1+i)^n - 1}{i \log(1+i)}$	Untuk i tetap
$R = \frac{(1+i)^m - 1}{i \log(1+i)} + (n+m)(1+i)^{m-1}$	Untuk i berhenti
$R = \frac{(1+i')^m - 1}{i \log(1+i)} + \frac{(1+i)^m [(1+i')^{n-m} - 1]}{i \log(1+i')}$	Untuk i berubah

Keterangan :

JKN = Jumlah kendaraan niaga

JKNH = JKNH harian saat jalan dibuka

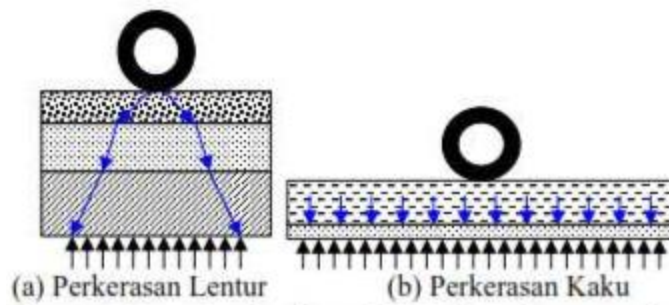
R = Faktor pertumbuhan lalu lintas

n/m = Tahun rencana

i/i' = Pertumbuhan lalu lintas

- 2) Tanah dasar, daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR.
- 3) Pondasi bawah, bahan pondasi bawah dapat berupa bahan berbutir, stabilisasi, dan campuran beton kurus.
- 4) Material konstruksi, kekuatan beton dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (flexural strenght) umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok yang besarnya 30-50 kg/cm².
- 5) Faktor erosi dan tegangan ekivalen, prosedur perencanaan perkerasan kaku didasarkan atas dua model kerusakan yaitu :
 - a) Retak fatik (lelah) tarik lentur pada pelat.
 - b) Erosi pada pondasi bawah atau tanah dasar yang diakibatkan oleh lendutan berulang pada sambungan dan tempat retak yang direncanakan.

Prosedur ini mempertimbangkan ada tidaknya ruji pada sambungan atau bahu beton. Perkerasan kaku menerus dengan tulangan dianggap sebagai perkerasan bersambung yang dipasang ruji. Data lalu lintas yang diperlukan adalah jenis sumbu dan distribusi beban serta jumlah repetisi masing-masing jenis sumbu/kombinasi beban yang diperkirakan selama umur rencana.



(Sumber : Ayu Fatimah Zahra, Perkerasan Jalan, 2011)

Gambar 2.18 Skema Pembagian Beban Pada Perkerasan Jalan Raya

2.7 Ketebalan Lapis Perkerasan

Keterbatasan pelaksanaan pemadatan dan segregasi menentukan tebal struktur perkerasan. Perencana harus melihat batasan-batasan tersebut, termasuk ketebalan lapisan yang diizinkan. Jika pada bagan desain ditentukan bahwa suatu bahan dihamparkan lebih tebal dari yang diizinkan, maka bahan tersebut harus dihamparkan dan dipadatkan dalam beberapa lapisan.

Tabel 2.35 Ketebalan lapisan yang diizinkan dan penghamparan

B a h a n	Tebal minimum (mm)	Tebal Yang Diperlukan (mm)	Diizinkan penghamparan dalam beberapa lapis
HRS WC	30	30 – 50	tidak
HRS Base	35	35 – 50	ya
AC WC	40	40 – 50	tidak
AC BC	60	60 – 80	ya
AC – Base	75	80 – 120	ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas A (gradasi dengan ukuran maksimum 37.5 mm)	120	150 -200	ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas B (gradasi dengan ukuran maksimum 50 mm)	150	150 – 200	ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas S (gradasi dengan ukuran maksimum 37,5 mm)	120	125 – 200	ya
CTB (gradasi dengan ukuran maksimum 30 mm) atau LMC	100	150 – 200	tidak
Stabilisasi tanah atau kerikil alam	100	150 – 200	tidak
Kerikil alam	100	100 – 200	ya

Sumber : MDP 2017

2.7.1 Daya Dukung Tepi Perkerasan

Struktur perkerasan memerlukan daya dukung tepi yang cukup, terutama apabila terletak pada tanah lunak atau tanah gembut. Ketentuan minimum adalah sebagai berikut :

- Setiap lapis perkerasan harus dipasang sampai lebar yang sama atau lebih dari nilai minimum.
- Timbunan tanpa penahan pada tanah lunak ($\text{CBR} < 2,5\%$) atau tanah gembut harus dipasang pada kemiringan tidak boleh lebih curam dari 1V : 3H.

Tabel 2.36 Bagan desain-3 Desain perkerasan lentur opsi biaya minimum dengan CTB

Kriteria	F1	F2	F3	F4	F5
	Untuk lalu lintas dibawah 10 huta ESA5 lihat bagian desain 3A-3B dan 3C	Lihat bagan desain 4 untuk alternatif kaku			
Reptisi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur (10ESA)	> 10 - 30	> 30 -35	> 54 -100	> 100 - 200	> 200 -500
Jenis permukaan berpangkat	AC	AC			
Jenis lapis fondasi	Cement Treated Base (CTB)				
AC WC	40	40	40	50	50
AC BC	60	60	60	60	60
AC BC ATAU AC Base	75	100	125	160	220
CTB	150	150	150	150	150 - 150
Fondasi agregat kelas A	150	150	150	150	150

Sumber : MDP 2017

Tabel 2.37 Bagan desain-3A Desain perkerasan lentur dengan HRS

Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10 CESA)	FF1 < 0,5	0,5 ≤ FF2 ≤ 4,0
Jenis permukaan	HRS atau Penetrasi makadam	HRS
Struktur perkerasan	Tebal lapisan (mm)	
HRS WC	50	30
HRS Base	-	35
LFA Kelas A	150	250
LFA Kelas A atau LFA Kelas B atau kerikil alam atau laps distabilisasi dengan CBR > 10%	150	125

Sumber : MDP 2017

Tabel 2.38 Bagan desain-3B Desain perkerasan lentur-aspal dengan lapis fondasi berbutir

Kriteria	STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Solusi yang dipilih					Lihat catatan 2				
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10 ESA5)	> 2	> 2 - 4	> 4 - 7	> 7 - 10	>10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200
KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)									

Kriteria	STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Solusi yang dipilih					Lihat catatan 2				
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LFA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1		2		3				

Sumber : MDP 2017

Tabel 2.39 Bagan desain-3C Penyesuaian tebal lapis fondasi agregat A untuk tanah dasar $CBR \geq 7\%$ (hanya untuk bagan desain-3B)

Kriteria	STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10 ESA5)	> 2	> 2 – 4	> 4 - 7	> 7 - 10	>10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200
KETEBALAN LFA A (mm) PENYESUAIAN TERHADAP BAGAN DESAIN 3B									
Subgrade $CBR \geq 5,5 - 7$	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Subgrade $CBR \geq 7 - 10$	330	220	215	210	205	200	200	200	200
Subgrade $CBR \geq 10$	260	150	150	150	150	150	150	150	150
Subgrade $CBR \geq 15$	200	150	150	150	150	150	150	150	150

Sumber : MDP 2017

Tabel 2.40 Bagan desain-5 Perkerasan berbutir dengan laburan

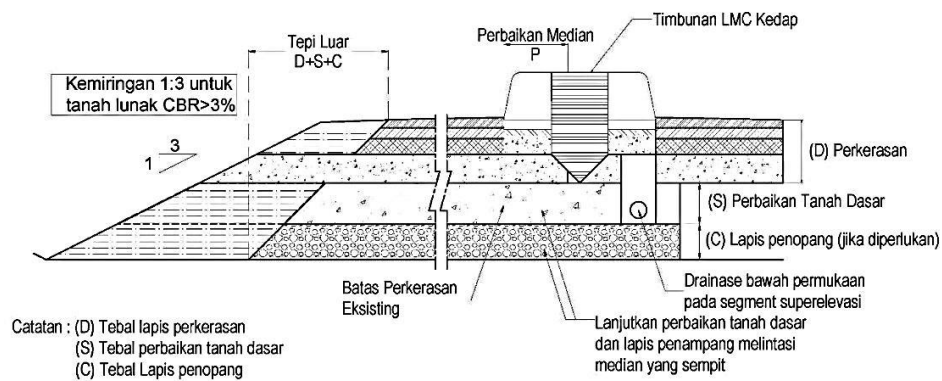
Jenis Lapisan Perkerasan	STRUKTUR PERKERASAN				
	SD1	SD2	SD3	SD4	SD5
	Beban sumbu 20 tahun pada lajur desain (ESA4x10)				
	< 0,1	0,1 - 0,5	> 0,5 - 4	> 4 - 10	> 10 - 30
	Ketebalan lapis perkerasan (mm)				
Burda	Ukuran agregat nominal 20 mm				
Lapis Fondasi Agregat Kelas A	200	250	300	320	340
Lapis Fondasi Agregat Kelas A, atau kelas B, atau kerikil alam, atau stabilisasi dengan CBR > 10%, pada subgrade dengan CBR $\geq$ 5%	100	101	102	103	104

Sumber : MDP 2017

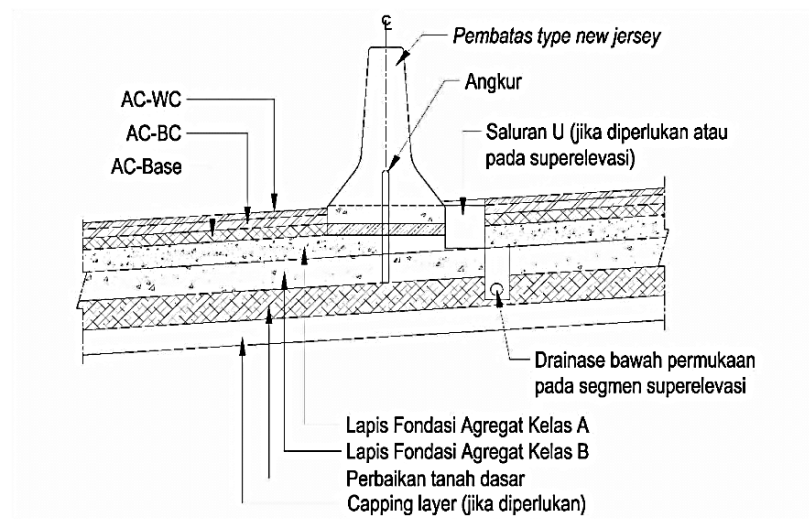
Tabel 2.41 Bagan desain-6 Perkerasan dengan stabilisasi tanah semen (*Soil Cement*)

Jenis Lapisan Perkerasan	STRUKTUR PERKERASAN		
	SC1	SC2	SC3
	Beban sumbu 20 tahun pada lajur daerah desain (ESA4 x 10)		
	< 0,1	< 0,1 - 0,5	> 0,5 - 4
	Ketebalan lapis perkerasan (mm)		
HRS, AC WC (halus), Burtu, atau bunda	50 (campuran beraspal)		
Lapis Fondasi Agregat Kelas A	160	220	300
Lapis Fondasi Agregat Kelas A atau B	110	150	200
Tanah distabilisasi (CBR 6% pada tanah dengan $\text{CBR} \geq 3\%$)	160	200	260

Sumber : MDP 2017



Gambar 2.19 Daya dukung tepi perkerasan



Gambar 2.20 Perkerasan untuk jalan dengan median

2.7.2 Pelapisan Bahu Jalan

Pelapisan bahu jalan terkadang diperlukan dalam beberapa kondisi agar mendapatkan hasil perencanaan yang baik.

a. Tebal lapis berbutir

Elevasi tanah dasar untuk bahu harus sama dengan elevasi tanah dasar perkerasan atau setidaknya pelaksanaan tanah dasar badan jalan harus dapat mengalirkan air dengan baik. Untuk memudahkan pelaksanaan, pada umumnya tebal lapis berbutir bahu dibuat sama dengan tebal lapis berbutir perkerasan.

b. Bahu tanpa pengikat

Lapis permukaan harus berupa lapis fondasi agregat kelas S, atau kerikil alam yang memenuhi ketentuan dengan Indeks Plastisitas (IP) antara 4% - 12%. Tebal

lapis permukaan bahu LFA kelas S sama dengan tebal lapis beraspal tapi tidak lebih tebal dari 200 mm. Jika tebal lapis beraspal kurang dari 125 mm maka tebal minimum LFA kelas S 125 mm.

c. Bahu diperkeras

Bahu diperkeras untuk kebutuhan berikut :

- Jika terdapat kerb (bahu harus ditutup sampai dengan garis kerb)
- Gradien jalan lebih dari 4%
- Sisi yang lebih tinggi dari kurva superelevasi (superelevasi $\geq 0\%$). Dalam kasus ini, bahu pada sisi superelevasi yang lebih tinggi harus sama dengan superelevasi badan jalan.
- Jalan dengan LHRT lebih dari 10.000 kendaraan
- Jalan tol dan jalan bebas hambatan

Material bahu diperkeras dapat berupa penetrasi makadam, burtu/burda, beton aspal (AC), beton semen, dan kombinasi bahu beton 500 mm – 600 mm atau pelat beton dengan *tied shoulder*, atau bahu dengan aspal.

d. Lalu lintas untuk desain bahu

Beban lalu lintas desain pada bahu jalan tidak boleh kurang dari 10% lalu lintas lajur rencana, atau sama dengan lalu lintas yang diperkirakan dengan lapis penutup. Pada umumnya, hal ini dapat dipenuhi dengan burda atau penetrasi makadam yang dilaksanakan dengan baik.

2.7.3 Kapasitas Jalan

Penentuan kapasitas jalan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$C = C_0 \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{SF} \quad (2.69)$$

dimana

C = Kapasitas

C_0 = Kapasitas dasar (Tabel 2.39)

FC_W = Faktor penyesuaian lajur lalu lintas (Tabel 2.40)

FC_{SP} = Faktor penyesuaian arah lalu lintas (Tabel 2.41)

FC_{SF} = Faktor penyesuaian gesekan samping (Tabel 2.43)

Tabel 2.42 Kapasitas dasar untuk jalan antar kota dengan 2 lajur 2 arah (2/2 UD)

Jenis dan alinyemen jalan (empat lajur terbagi)	Kapasitas dasar total dua arah (SMP/Jam/Lajur)
Datar	3100
Bukit	3000
Gunung	2900

Sumber : MDP 2017

Tabel 2.43 Faktor penyesuaian pengaruh lebar lajur lalu lintas (FC_w) terhadap kapasitas

Jenis jalan	Lebar efektif lajur lalu lintas (W_c) (m)	FC_w
Empat lajur terbagi Enam lajur terbagi	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,03
Empat lajur tak terbagi	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,03
Dua lajur tak terbagi	Total dua arah	
	5,00	0,69
	6,00	0,91
	7,00	1,00
	8,00	1,08
	9,00	1,15
	10,00	1,21
	11,00	1,27

Sumber : MDP 2017

Tabel 2.44 Faktor penyesuaian kapasitas karena pemisahan arah (FC_{SP})

Pemisahan arah SP %-%		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FCSP	Dua lajur 2/2	1,000	0,970	0,940	0,910	0,880
	Empat lajur 4/2	1,000	0,975	0,950	0,925	0,900

Sumber : MDP 2017

Tabel 2.45 Kelas hambatan samping

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

Sumber : MDP 2017

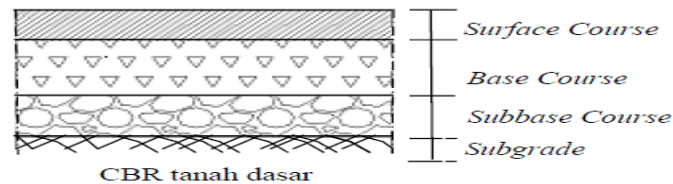
Tabel 2.46 Faktor penyesuaian kapasitas akibat pengaruh hambatan samping (FC_{SF})

Jenis jalan	Kelas hambatan	Faktor penyesuaian akibat pengaruh gesekan samping (FC_{SF})			
		$\leq 0,5$	1	1,5	≥ 2
4/2 D	VL	0,99	1,00	1,01	1,03
	L	0,96	0,97	0,99	1,01
	M	0,93	0,95	0,96	0,99
	H	0,90	0,92	0,95	0,97
	VH	0,88	0,90	0,95	1,01
2/2 D 4/2 D	VL	0,97	0,99	1,00	1,02
	L	0,93	0,95	0,97	1,00
	M	0,88	0,91	0,94	0,98
	H	0,84	0,87	0,91	0,95
	VH	0,80	0,83	0,88	0,93

Sumber : MDP 2017

2.8 Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan dengan Metode Analisa Komponen

Perencanaan konstruksi lapisan perkerasan lentur disini untuk jalan baru dengan Metoda Analisa Komponen, yaitu dengan metoda analisa komponen SKBI – 2.3.26. 1987. Metode ini juga digunakan sebagai pembanding perencanaan tebal perkerasan yang dipakai.



Gambar 2.21 Susunan Lapis Konstruksi Perkerasan Lentur

2.8.1 Lalu Lintas

a. Lalu lintas harian rata – rata (LHR)

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

1) Lalu lintas harian rata – rata permulaan (LHRp)

$$LHRp = LHRs \times (1 + i1)^{n1} \quad (2.70)$$

2) Lalu lintas harian rata – rata akhir (LHRA)

$$LHRA = LHRp \times (1 + i2)^{n2} \quad (2.71)$$

b. Rumus – rumus lintas ekuivalen

1) Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)

$$LEP = \sum_{j=mp}^n (LHR_{pj}) \times C \times E \quad (2.72)$$

2) Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)

$$LEA = \sum_{j=mp}^n (LHR_{Aj}) \times C \times E \quad (2.73)$$

3) Lintas Ekuivalen Tengah (LET)

$$LET = \frac{LEP + LEA}{2} \quad (2.74)$$

4) Lintas Ekivalen Rencana (LER)

$$LER = LET \times Fp \quad (2.75)$$

$$Fp = \frac{n_2}{10} \quad (2.76)$$

Dimana :

i1 = Pertumbuhan lalu lintas masa konstruksi

i2 = Pertumbuhan lalu lintas masa layanan

J = jenis kendaraan

n1 = masa konstruksi

n2 = umur rencana

C = koefisien distribusi kendaraan

E = angka ekivalen beban sumbu kendaraan

2.8.2 Koefisien Distribusi Kendaraan

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

Tabel 2.47 Koefisien Distribusi Kendaraan

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan *)		Kendaraan Berat **)	
	1 Arah	2 Arah	1 Arah	2 Arah
1 Lajur	1	1	1	1
2 Lajur	0,6	0,5	0,7	0,5
3 Lajur	0,4	0,4	0,5	0,475
4 Lajur	-	0,3	-	0,45
5 Lajur	-	0,25	-	0,425
6 Lajur	-	0,2	-	0,4

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

Keterangan :

*) Berat total < 5 ton, misalnya : Mobil Penumpang, Pick Up, Mobil Hantaran.

**) Berat total $\geq$ 5 ton, misalnya : Bus, Truk, Traktor, Semi Trailer, Trailer.

2.8.3 Angka Ekivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

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

$$E.\text{Sumbu Tunggal} = \left(\frac{\text{beban satu sumbu tunggal dlm kg}}{8160} \right)^4 \quad (2.77)$$

$$E.\text{Sumbu Ganda} = \left(\frac{\text{beban satu sumbu ganda dlm kg}}{8160} \right)^4 \quad (2.78)$$

Tabel 2.48 Angka Ekivalen (E) Sumbu Kendaraan

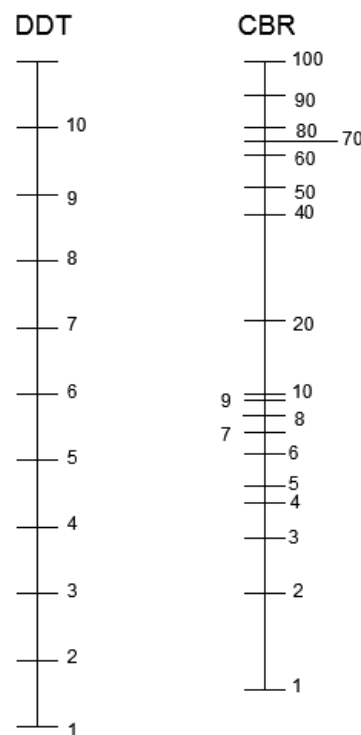
Beban Sumbu		Angka Ekivalen	
Kg	Lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
1000	2205	0,0002	-
2000	4409	0,0036	0,0003
3000	6614	0,0183	0,0016
4000	8818	0,0577	0,005
5000	11023	0,141	0,0121
6000	13228	0,2923	0,0251
7000	15432	0,5415	0,0466
8000	17637	0,9238	0,0794
8160	18000	1	860
9000	19841	1,4789	0,1273
10000	22046	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

Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan

2.8.4 Daya Dukung Tanah Dasar (DDT dan CBR)

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



Gambar 2.22 Korelasi DDT dan CBR

Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen SKBI 2.3.26.1987, Halaman 13

Catatan :

Hubungan nilai CBR dengan garis mendatar kesebelah kiri diperoleh nilai DDT.

2.8.5 Faktor Regional (FR)

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

Tabel 2.49 Prosentase Kendaraan Berat dan yang Berhenti Sesuai Iklim

Curah Hujan	Kelandaian I		Kelandaian I		Kelandaian II	
	(< 6 %)		(6 – 10 %)		(> 10%)	
	% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat	
	$\leq$ 30%	> 30%	$\leq$ 30%	> 30%	$\leq$ 30%	> 30%
Iklm I	0,5	1,0 – 1,5	1	1,5 – 2,0	1,5	2,0 – 2,5
< 900 mm/tahun						
Iklm II	1,5	2,0 – 2,5	2	2,0 – 3,0	2,5	3,0 – 3,5
$\geq$ 900 mm/tahun						

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

2.8.6 Indeks Permukaan (IP)

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

Adapun beberapa nilai IP beserta artinya adalah sebagai berikut :

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

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

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

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

Tabel 2.50 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (Ipt)

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

Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode

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

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

Tabel 2.51 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
Jeni Lapis Perkerasan	Ipo	Roughnees *) mm/km
BURTU	3,4 – 3,0	< 2000
LAPEN	3,4 – 3,0	≤ 3000
	2,9 – 2,5	> 3000
LATASBUM	2,9 – 2,5	-
BURAS	2,9 – 2,5	-
LATASIR	2,9 – 2,5	-
JALAN TANAH	$\leq 2,4$	-
JALAN KERIKIL	$\leq 2,4$	-

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

2.8.7 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

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

Tabel 2.52 Koefisien Kekuatan Relatif

Koofisien			Kekuatan			Jenis Bahan
Kekutan Relatif			Bahan			
a1	a2	a3	Ms (kg)	Kt kg/cm2	CBR %	
0,4		-	744	-	-	LASTON
0,35		-	590	-	-	
0,32		-	454	-	-	
0,3		-	340	-	-	
0,35		-	744	-	-	
Koofisien			Kekuatan			LASBUTAG
Kekutan Relatif			Bahan			
a1	a2	a3	Ms (kg)	Kt kg/cm2	CBR %	
0,31		-	590	-	-	
0,28		-	454	-	-	
0,26		-	340	-	-	
0,3		-	340	-	-	
0,26		-	340	-	-	HRA
0,25		-	-	-	-	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

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

2.8.8 Batas – batas Minimum Tebal Perkerasan

a. Lapis permukaan

Tabel 2.53 Lapis Permukaan

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

Sumber: *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen SKBI 2.3.26.198*

b. Lapis Pondasi Atas

Tabel 2.54 Lapis Pondasi Atas

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

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

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

c. Lapis pondasi bawah

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

2.8.9 Analisa Komponen Perkerasan

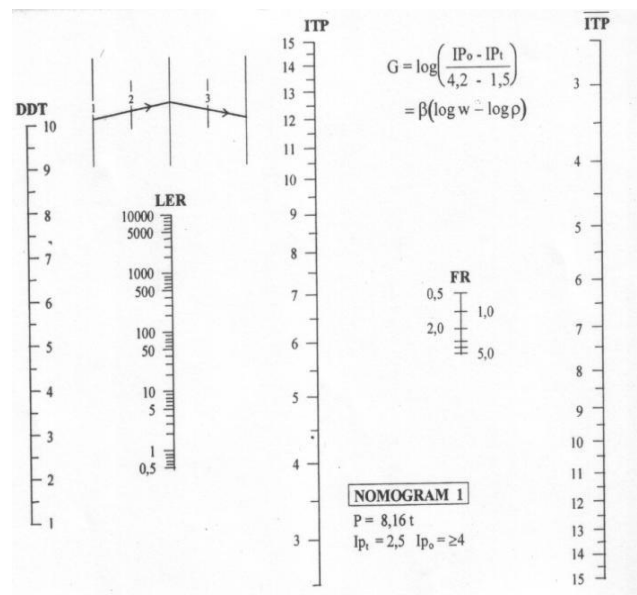
Penghitungan ini didistribusikan pada kekuatan relatif masing-masing lapisan perkerasan jangka tertentu (umur rencana) dimana penentuan tebal perkerasan dinyatakan oleh Indeks Tebal Perkerasan (ITP).

Rumus:

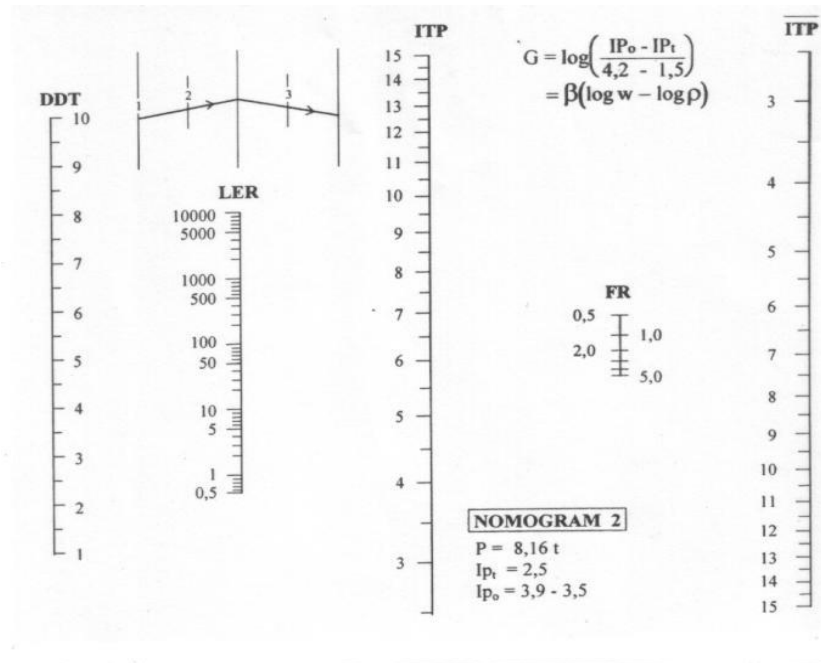
$$ITP = \alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2 + \alpha_3 D_3 \quad (2.79)$$

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

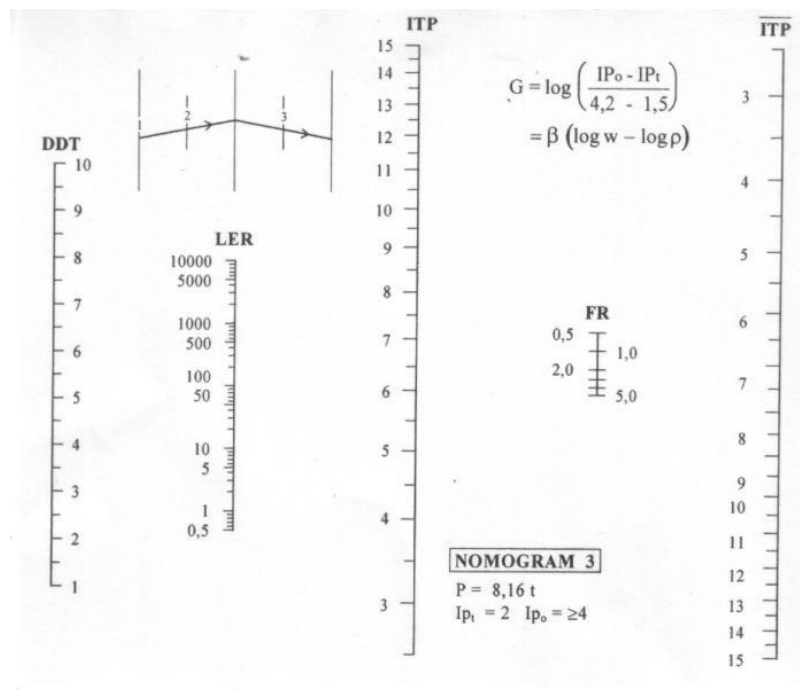
Angka 1,2,3 masing-masing lapis permukaan, lapis pondasi atas dan pondasi bawah.



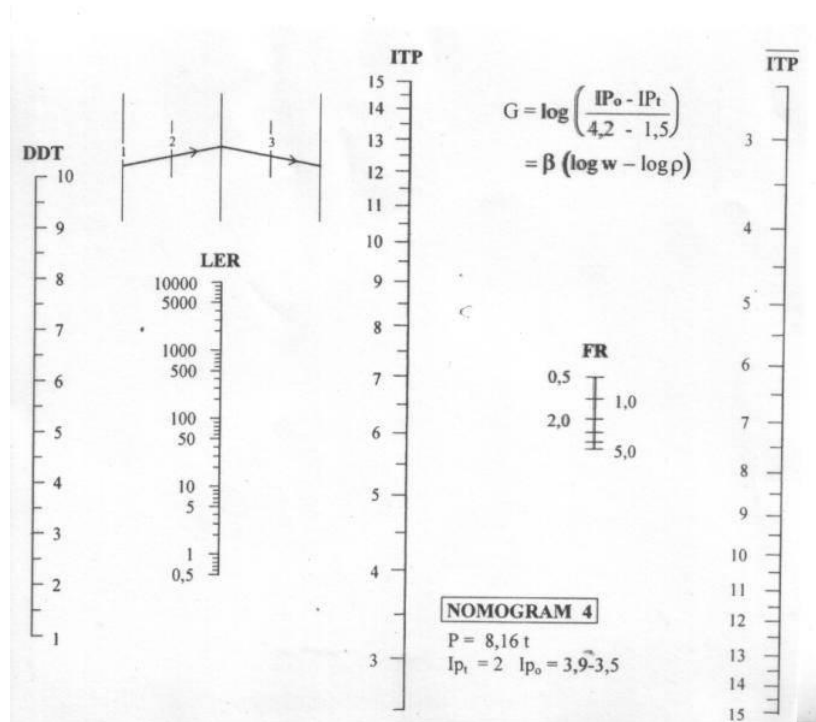
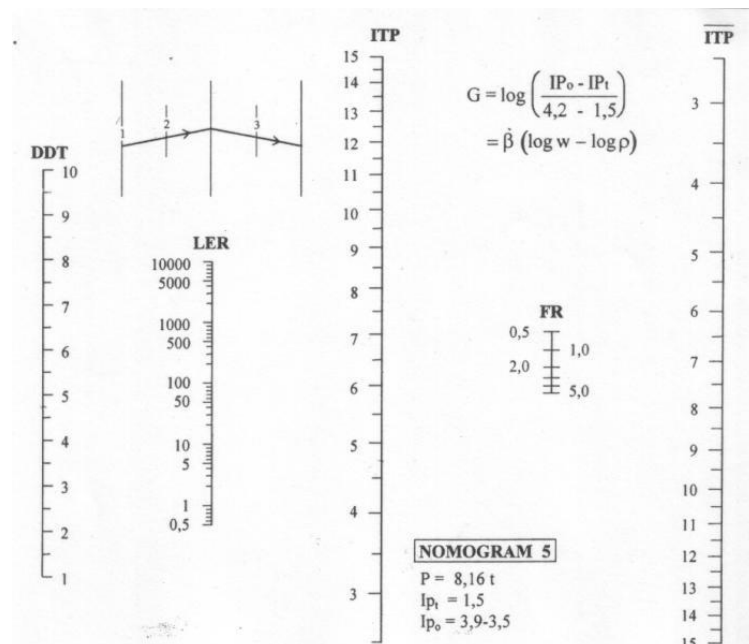
Gambar 2.23 Nomogram I untuk $I_{pt} = 2.5$ dan $I_{po} = \geq 4$

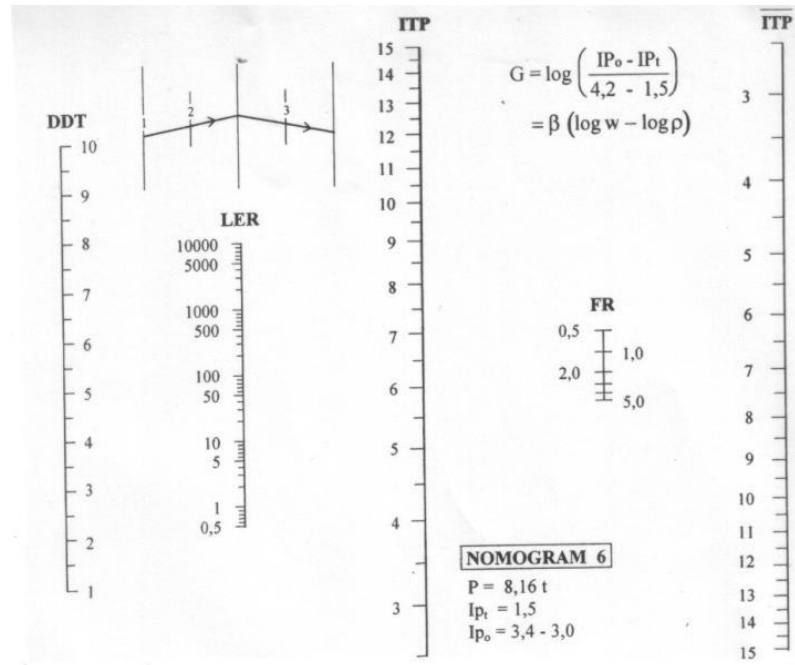
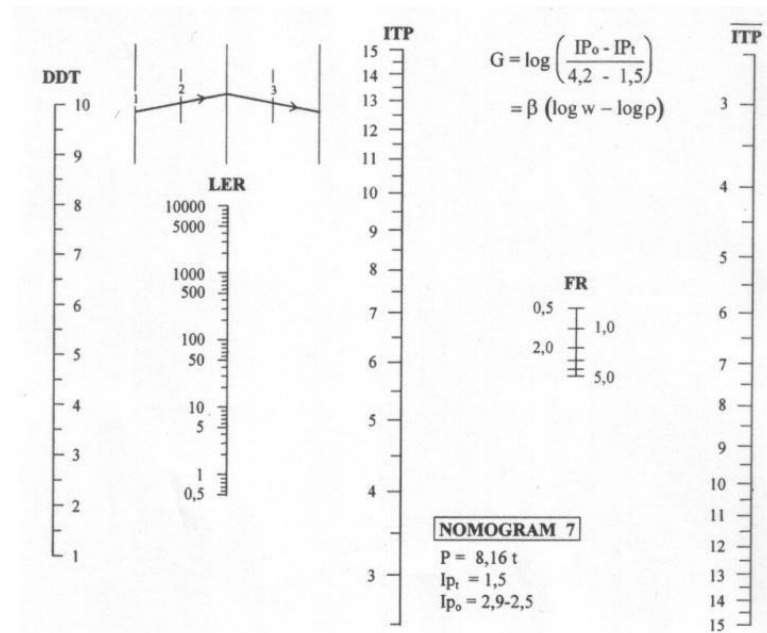


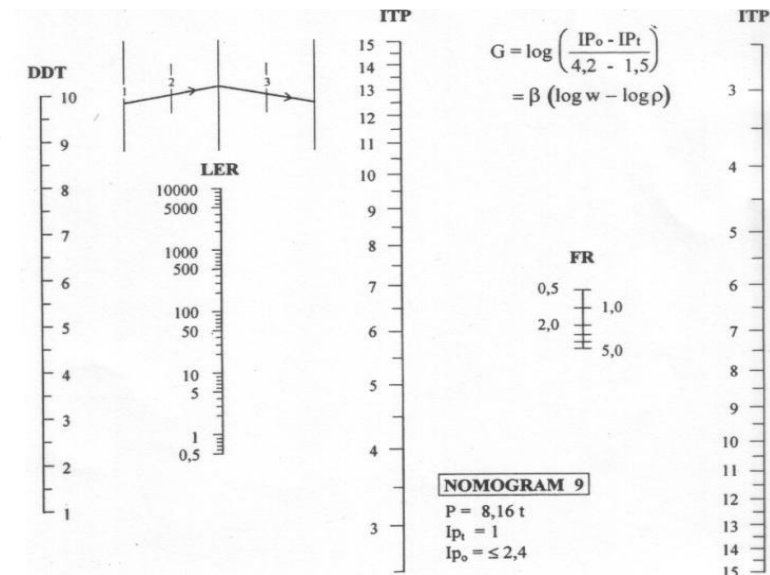
Gambar 2.24 Nomogram 2 untuk $I_{pt} = 2,5$ dan $I_{po} = 3,9 - 3,5$



Gambar 2.25 Nomogram 3 untuk $I_{pt} = 2$ dan $I_{po} \geq 4$

Gambar 2.26 Nomogram 4 untuk $IP_t = 2$ dan $IP_o = 3,9 - 3,5$ Gambar 2.27 Nomogram 5 untuk $IP_t = 1,5$ dan $IP_o = 3,9 - 3,5$

Gambar 2.28 Nomogram 6 untuk $I_{pt} = 1,5$ dan $I_{po} = 3,4 - 3,0$ Gambar 2.29 Nomogram 7 untuk $I_{pt} = 1,5$ dan $I_{po} = 2,9 - 2,5$



Gambar 2.30 Nomogram 9 untuk $I_{pt} = 1$ dan $I_{po} \geq 2,4$

2.9 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya merupakan salah satu unsur fungsi perencanaan proyek konstruksi penyusunan anggaran merupakan perencanaan secara detail perkiraan biaya bagian atau keseluruhan kegiatan proyek, yang selanjutnya digunakan untuk menerapkan fungsi pengawasan dan pengendalian biaya dan waktu pelaksanaan.

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

Selain mencari volume galian dan timbunan juga diperlukan untuk mencari volume dari pekerjaan lainnya yaitu:

2.9.1 Volume Pekerjaan

1. Pekerjaan Tanah

- Galian tanah
- Timbunan tanah

2. Pekerjaan Perkerasan

- Lapis permukaan (Surface Course)

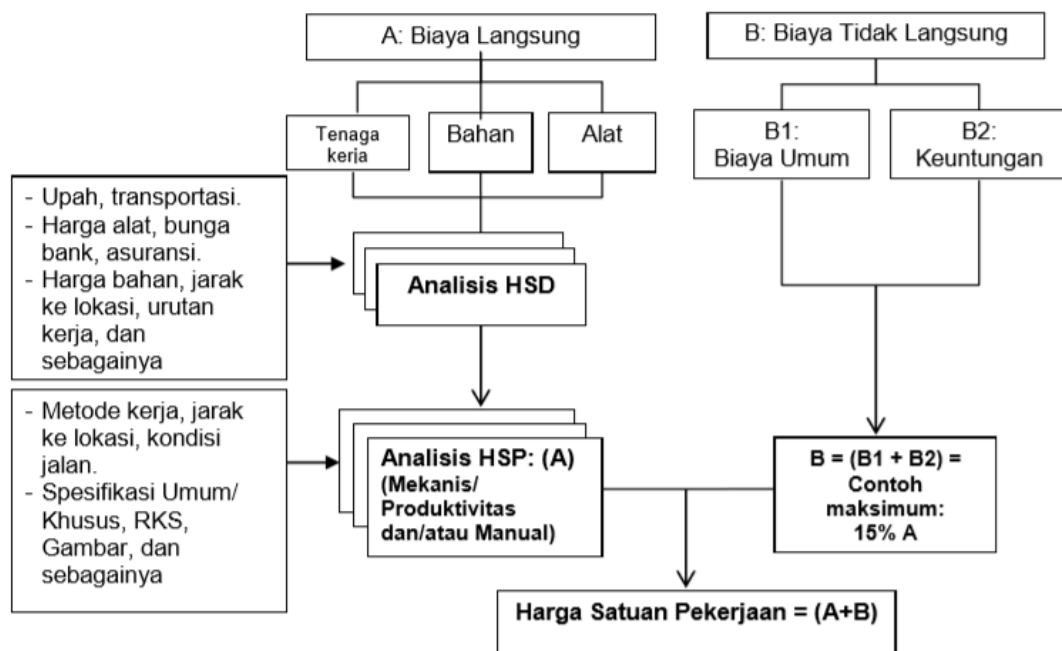
- Lapis pondasi atas (Base Course)
- Lapis pondasi bawah (Sub Base Course)
- Lapis tanah dasar (Sub Grade)

2.9.2 Analisa Harga Satuan

Analisa harga satuan diambil dari Analisa harga satuan pekerjaan bidang pekerjaan umum nomor 28/PRT/M2016.

Analisa harga satuan ini menetapkan suatu perhitungan harga satuan upah, tenaga kerja, dan bahan, serta pekerjaan yang secara teknis dirinci secara detail berdasarkan suatu metode kerja dan asumsi-asumsi yang sesuai dengan yang diuraikan dalam suatu spesifikasi teknik, gambar desain, dan komponen harga satuan, baik untuk kegiatan rehabilitasi/pemeliharaan, maupun peningkatan infrastruktur ke-PU-an.

Analisa harga satuan diambil dari Harga Satuan Dasar Upah Dan Bahan Serta Biaya Operasi Peralatan Dinas Bina Marga Kota Tasikmalaya Tahun anggaran 2018.



Gambar 2.31 Struktur analisis Harga Satuan Pekerjaan (Sumber : Analisa harga satuan pekerjaan bidang pekerjaan umum nomor 28/PRT/M2016)