

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Perencanaan Geometrik Jalan

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

1. Aliyemen Horizontal
2. Aliyemen Veritkal

2.1.1 Klasifikasi Jalan

Jalan merupakan suatu prasarana penghubung darat dalam bentuk apapun yang meliputi segala bagian jalan termasuk bangunan pelengkap (jembatan, lintas atas, lintas bawah, dll) dan perlengkapannya yang di peruntukan bagi lalu lintas (rambu – rambu, marka jalan, pagar pengaman lalu lintas, dll) (UU No. 13 tentang jalan)

Jalan memegang peranan penting dalam menghubungkan antar daerah satu dengan daerah lain sehingga terjadi hubungan silaturahmi dan sebagai sarana pengembangan wilayah dalam pembangunan nasional.

2.1.1.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi

Klsifikasi jalan menurut fungsi berdasarkan Bina Marga dalam Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TPGJAK) No 038/T/BM/1997 terbagi menjadi 3, yaitu:

1. Jalan alteri, jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri – ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata – rata tinggi, dengan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
2. Jalan kolektor, jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri – ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata – rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
3. Jalan lokal, jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri – ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata – rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi

2.1.1.2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi jalan menurut kelas jalan di Indonesia berdasarkan Bina Marga dalam Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TPGJAK) No 038/T/BM/1997, disusun padata tabel berikut:

Tabel 2.1 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Fungsi	Kelas	Mutan Sumbu Teberat MST (Ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	IIIA	8
Kolektor	IIIA	8
	IIIB	8

Sumber: TPGJAK No 038/T/BM/1997

2.1.1.3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Klasifikasi menurut medan jalan bedarasarkan Bina Marga dalam Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TPGJAK) No 038/T/BM/1997, disusun pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

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

Sumber: TPGJAK No 038/T/BM/1997

2.1.1.4 Klasifikasi Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

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

2.1.2 Kendaraan Rencana

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

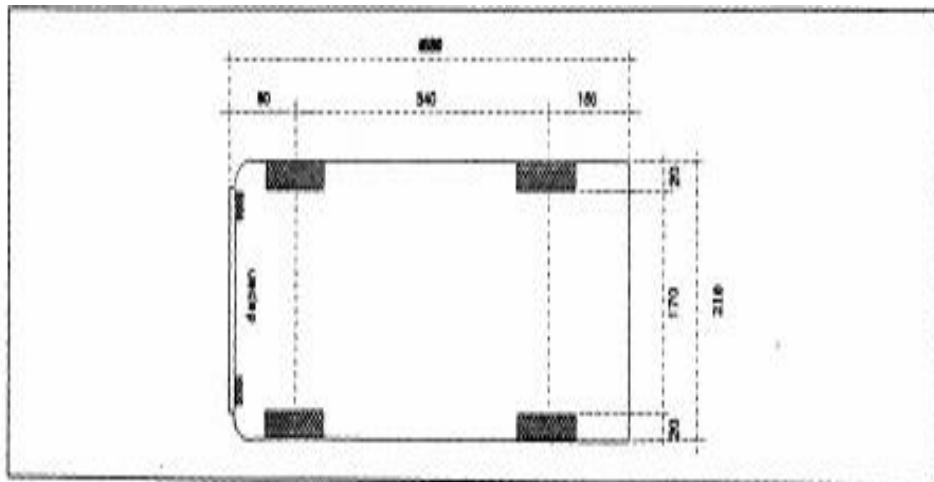
Kendaraan rencana dikelompokkan menjadi:

- 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.

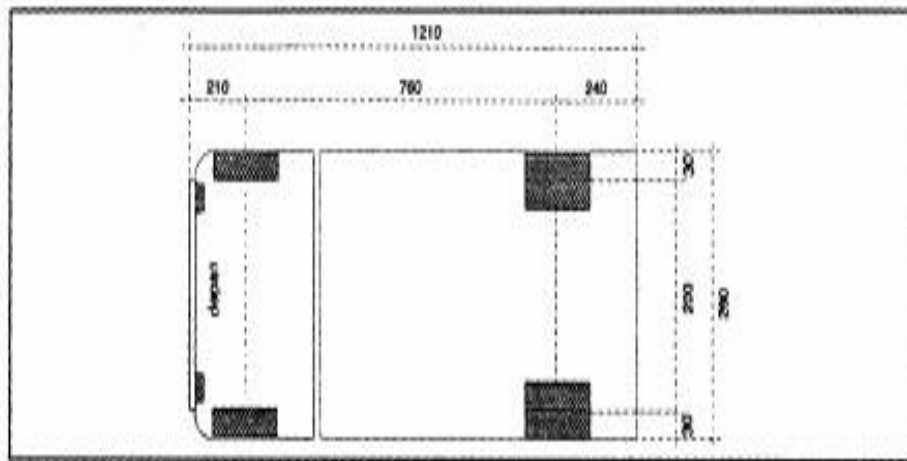
Tabel 2.3 Dimensi Kendaraan Rencana

KATAGORI KENDARAAN RENCANA	DIMENSI KENDARAAN (cm)			TONJOLAN (cm)		RADIUS PUTAR		RADIUS TONJOLAN (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Minimum	Maksimum	
Kendaraan Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Kendaraan Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Kendaraan Sedang	410	260	2100	1,20	90	290	1400	1370

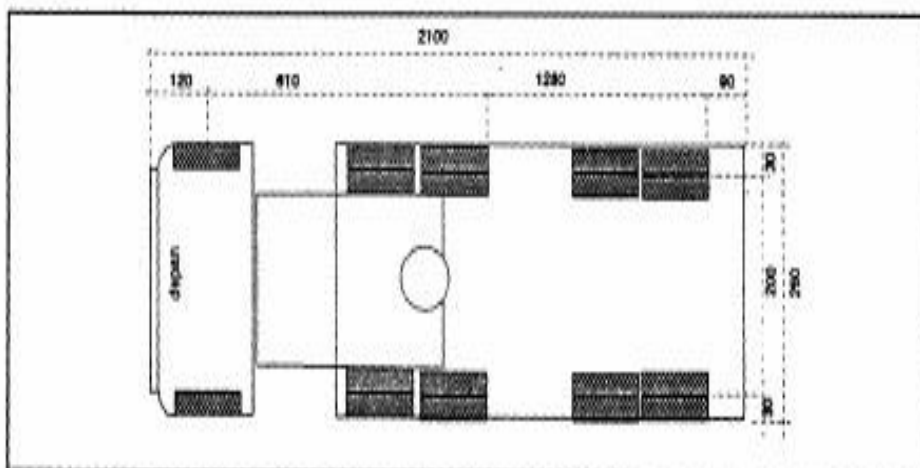
Sumber: TPGJAK No 038/T/BM/1997



Gambar 2.1 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Besar

2.1.3 Kecepatan Rencana

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

Kecepatan rencana (V_r) pada ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan – kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lenggang dan tanpa pengaruh samping jalan yang berarti.

Tabel 2.4 Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Klasifikasi Medan

Fungsi	Kecepatan Rencana, V_r , km/jam		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	70 – 120	60 – 80	40 – 70
Kolektor	60 – 90	50 – 60	30 – 50
Lokal	40 – 70	30 – 50	20 – 30

Sumber: TPGJAK No 038/T/BM/1997

Ket; Untuk Kondisi medan yang sulit, V_r suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam.

Tabel 2.5 Penentuan Lebar Lajur dan Bahu

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

Sumber: LPGJAK No 038/T/BM/1997

Keterangan:

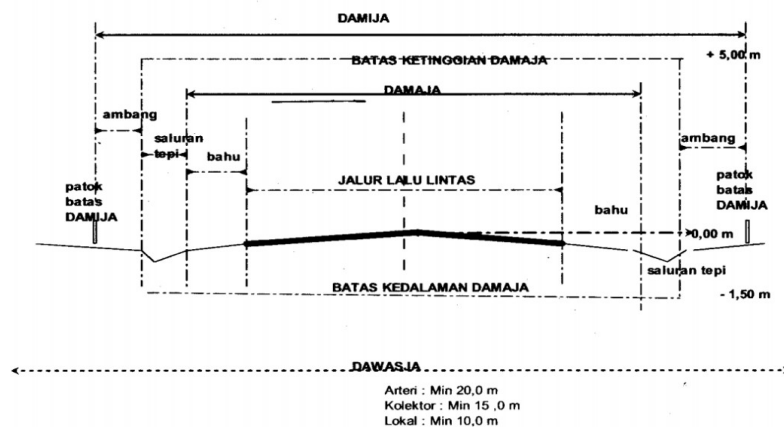
**) = Mengacu pada persyaratan ideal

2.1.4 Bagian – Bagian Jalan

- a. Daerah Manfaat Jalan (DAMAJA) dibatasi oleh:
 1. Lebar antar batas ambang pengaman kontruksi jalan di kedua sisi jalan,
 2. Tinggi 5 meter diatas permukaan perkerasan pada sumbu jalan,
 3. Kedalaman ruang bebas 1,5 meter di bawah muka jalan.
- b. Daerah Milik Jalan (DAMIJA) dibatasi oleh lebar yang sama dengan Damaja ditambah ambang pengaman kontruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1,5 meter.
- c. Daerah Pengawasan Jalan (DAWASJA)

Ruang Daerah Pengawasan Jalan (DAWASJA) adalah ruang sepanjang jalan di luar DAMIJA yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu, diukur dari sumbu jalan sesuai dengan fungsi jalan:

1. Jalan Arteri minimum 20 meter,
2. Jalan Kolektor minimum 15 meter,
3. Jalan Lokal minimum 10 meter.



Gambar 2.4 DAMAJA, DAMIJA, DAWASJA, di lingkungan Jalan Antar Kota (TPGJAK)

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, 1999:17)

3. Aliyemen Horizontal
4. Aliyemen Veritkal

2.1.5 Alinyemen Horizontal

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

a. Panjang bagian lurus

Panjang maksimum bagian lurus harus dapat ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit (sesuai V_R), dengan pertimbangan keselamatan pengemudi akibat dari kelelahan. Tabel 2.6 merupakan tabel panjang bagian lurus maksimum sesuai dengan fungsi jalan.

Tabel 2.6 Panjang Bagian Lurus Maksimum

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

Sumber: TPGJAK No 039/T/BM/1997

b. Tikungan

Pada umumnya tikungan yang digunakan dibagi menjadi:

1. Lingkaran (Full Circle = F – C),
2. Spiral – Lingkaran – Spiral (Spiral – Circle – Spiral = S – C – S),
3. Spiral – Spiral (S – S).

c. Jari – Jari Tikungan Minimum

Agar kendaraan stabil saat melalui tikungan perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi (e). Pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi, akan terjadi gesekan arah melintang jalan antara ban kendaraan dengan permukaan aspal yang menimbulkan gaya gesekan melintang.

Perbandingan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang (f).

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

Rumus perhitungan lengkung horizontal dari buku TPGJAK:

Untuk $V < 80$ km/jam:

$$F_{maks} = 0,192 - (0,00065 \times V_R) \dots\dots\dots(2.1)$$

Untuk $V > 80$ km/jam:

$$F_{maks} = 0,24 - (0,00125 \times V_R) \dots\dots\dots(2.2)$$

$$R_{min} = \frac{V_R^2}{127(e_{maks} + f_{maks})} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$D_{maks} = \frac{181913,53(e_{maks} + f_{maks})}{V_R^2} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

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

V_R : Kecepatan kendaraan rencana, (km/jam)

e_{maks} : Superelevasi mkasimum, (%)

f_{maks} : Koefesien gesekan melintang maksimum

D_{maks} : Derajat lengkung maksimum

Panjang jari-jari minimum untuk $E_{maks}=10\%$ terdapat pada Tabel 2.7

Tabel 2.7 Panjang Jari – jari minimum

Vr (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jari – Jari Minimum Rmin (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

Sumber: TPGJAK No 038/T/BM/1997

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

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

2.1.5.1 Lengkung Peralihan (Ls)

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

Sedangkan nilai Ls dalam perencanaan tikungan SCS dapat menggunakan Tabel 2.8, sedangkan untuk perencanaan tikungan SS dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan rumus 2.21.

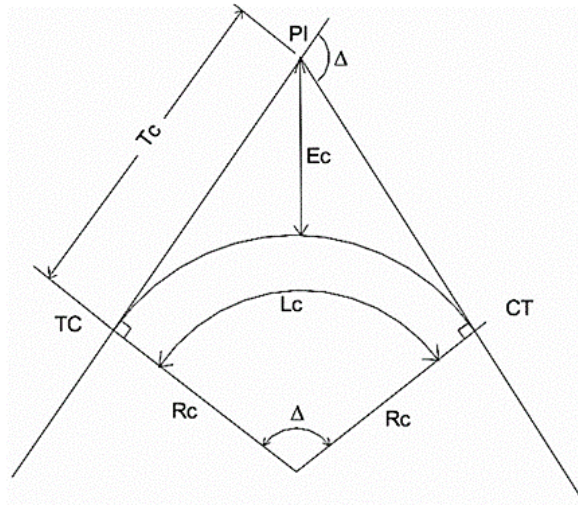
Tabel 2.8 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi yang Dibutuhkan (Emaks = 10% Metoda Bina Marga)

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	

D (°)	R (m)	V = 50 km/jam		V = 60 km/jam		V = 70 km/jam		V = 80 km/jam		V = 90 km/jam	
		e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls
7,000	205	0,062	45	0,080	50	0,094	60	Dmaks = 6,82			
8,000	179	0,068	45	0,086	50	0,098	60				
9,000	159	0,074	45	0,091	50	0,099	60				
10,000	143	0,079	45	0,095	60	Dmaks = 9,12					
11,000	130	0,083	45	0,098	60						
12,000	119	0,087	45	0,100	60						
13,000	110	0,091	50	Dmaks = 12,79							
14,000	102	0,093	50								
15,000	95	0,096	50								
16,000	90	0,097	50								
17,000	84	0,099	50								
18,000	80	0,099	50								
19,000	75	Dmaks = 18,85									

Sumber: Sukirman S.1999

2.1.5.2 Tikungan F-C (*Full Circle*)



Gambar 2.5 Lengkung F-C (*Full Circle*)

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

$$Tc = Rc \tan \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots(2.5)$$

$$Ec = Tc \tan \frac{1}{4} \Delta \dots\dots\dots(2.6)$$

$$Lc = \frac{\Delta \cdot 2\pi \cdot Rc}{360^\circ} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

Δ = Sudut Tikungan

TC = Tangen to Circle

CT = Circle to Tangen

Rc = Jari – jari Busur Lingkaran

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

Ec = Jarak Luar dari PI ke busur lingkran

F – C (*Full Circle*) adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan F-C hanya digunakan untuk R (jari – jari) yang besar agar

tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka diperlukan superelevasi yang besar.

Tabel 2.9 Jari – jari yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

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

Sumber: TPGJAK No 038/T/BM/1997

2.1.5.3 Tikungan S-C-S (Spiral Circle Spiral)

Lengkung S-C-S (*Spiral Circle Spiral*) adalah lengkung peralihan berbentuk spiral yang menghubungkan bagian lurus dengan radius tak terhingga di awal spiral (kiri TS) dan bagian berbentuk lingkaran dengan radius = Rc diakhir spiral (kanan SC). Titik TS adalah titik peralihan bagian lurus kebagian berbentuk spiral dan titik SC adalah titik peralihan bagian spiral kebagian lingkaran. (Silvia Sukriman, 1999:127)

Rumus – rumus yang digunakan:

$$\theta_s = \frac{L_s}{2 \cdot R_c} \times \frac{360}{2\pi} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\Delta_c = \Delta - (2 \cdot \theta_s) \dots\dots\dots(2.9)$$

$$X_c = L_s \cdot \left(1 - \frac{L_s^3}{40 \cdot R_c^2} \right) \dots\dots\dots(2.10)$$

$$Y_c = \frac{L_s^2}{6 \cdot R_c} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$p = Y_c - R_c \cdot (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots(2.12)$$

$$K = X_c - R_c \sin \theta_s \dots\dots\dots(2.13)$$

$$E_s = \frac{R_c + p}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R_c \dots\dots\dots(2.14)$$

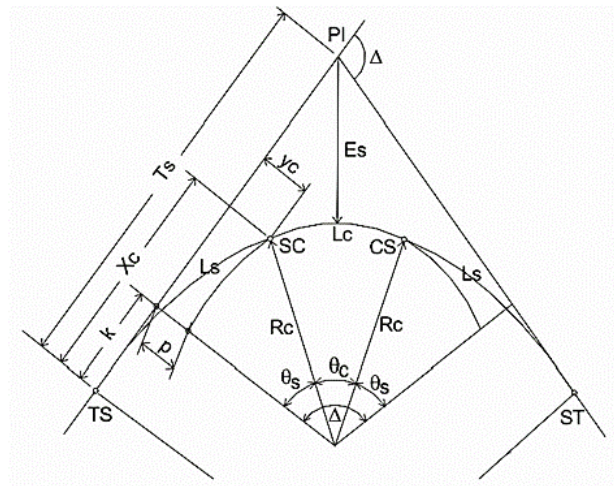
$$T_s = (R_c + p) \cdot \left(\frac{1}{2} \Delta \right) + K \dots\dots\dots(2.15)$$

$$L_c = \frac{\Delta c \cdot 2\pi \cdot R_c}{369^\circ} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$L_{tot} = L_c + (2L_s) \dots\dots\dots(2.17)$$

jika p yang dihitung dengan rumus di atas, maka ketentuan tikungan yang digunakan bentuk S-C-S

$$p = \frac{L_s^2}{24R_d} < 0,25m \dots\dots\dots(2.18)$$



Gambar 2.6 Lengkung S-C-S (*Spiral Circle Spiral*)

Keterangan:

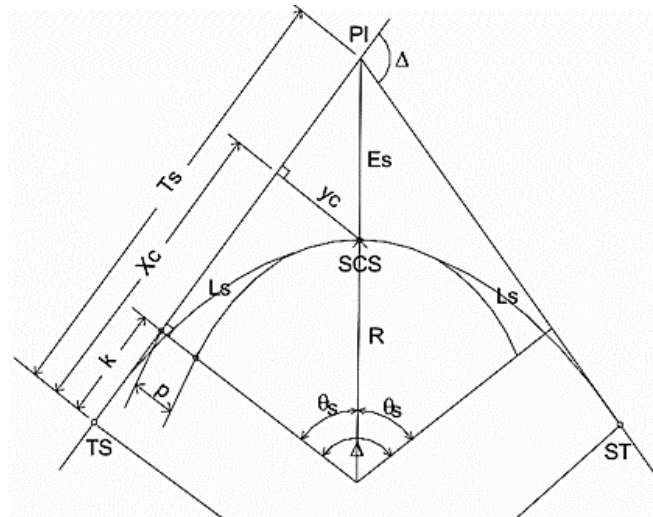
- X_c = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik ST ke SC
- Y_c = Jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung
- L_s = Panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST
- L_c = Panjang busur lingkaran (panjang dari titik SC ke CS)
- T_s = Panjang tangen dari titik PI ke TS atau ke titik ST
- TS = Titik dari tangen ke spiral
- SC = Titik dari spiral ke lingkaran
- Es = Jarak dari PI ke busur lingkaran
- θ_s = Sudut lengkung spiral
- R_c = Jari – jari rencana

P = Pergeseran tangen terhadap spiral

K = Absis dari p pada garis tangen spiral

2.1.5.4 Tikunngan S-S (*Spiral Spiral*)

Lengkung horizontal berbentuk S-S (*Spiral Spiral*) adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga titik SC berimpit dengan titik CS. Panjang busur lingkaran $L_c = 0$, dan $\theta_s = \frac{1}{2} \beta$. Rc yang dipilih harus sedemikian rupa sehingga L_s yang dibutuhkan lebih besar dari L_s yang menghasilkan landai relatif minimum yang disyaratkan. (Silvia Sukirman, 1999:134)



Gambar 2.7 Lengkung S-S (*Spiral Spiral*)

Untuk bentuk tikungan spiral – spiral berlaku rumus sebagai berikut:

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots(2.19)$$

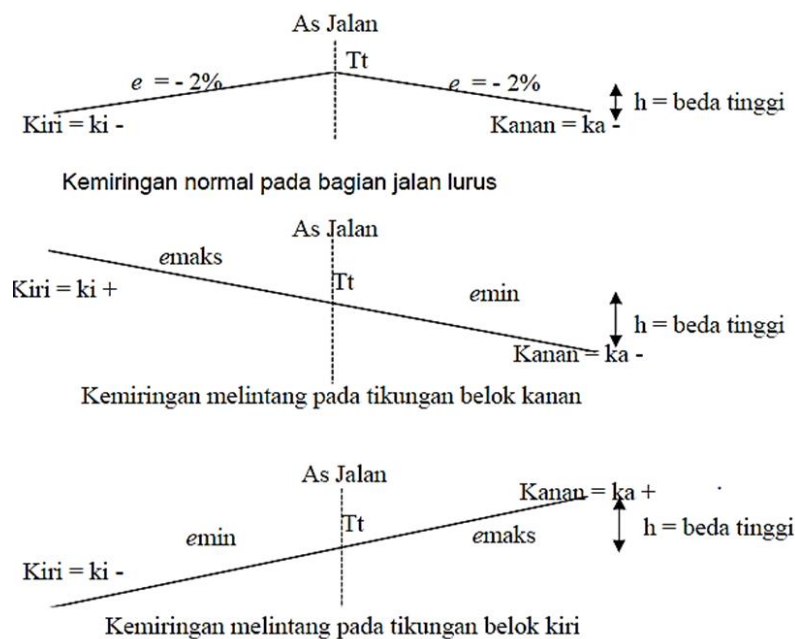
$$L_{tot} = 2 L_s \dots\dots\dots(2.20)$$

$$L_s = \frac{\theta_s \pi R d}{90^\circ} \dots\dots\dots(2.21)$$

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

2.1.5.5 Diagram Superelevasi

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



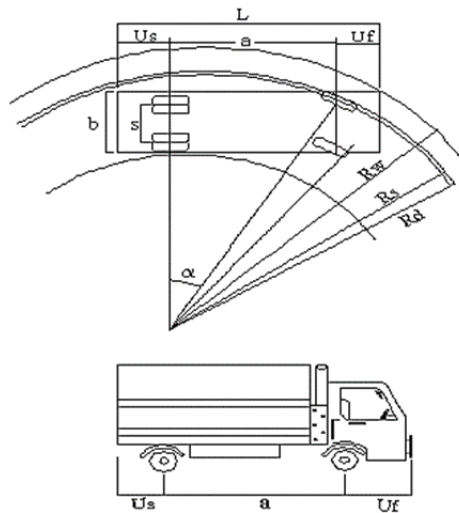
Gambar 2.8 Superelevasi

2.1.5.6 Pelebaran Perkerasan pada Lengkung Horizontal

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

- Pada waktu membelok yang diberi belokan pertama kali hanya roda depan, sehingga lintasan roda belakang agak keluar jalur (*off tracking*),
- Jejak lintasan kendaraan tidak lagi berimpit, karena bemper depan dan belakang kendaraan akan mempunyai lintasan yang berada dengan lintasan roda depan dan roda belakang kendaraan,

- c. Pengemudi akan mengalami kesukaran dalam mempertahankan lintasannya tetap pada lajur jalannya terutama pada tikungan – tikungan yang tajam atau pada kecepatan – kecepatan yang tinggi. (Silvia Sukirman, 1999:141)



Gambar 2.9 Pelebran Perkerasan Pada Tikungan

Rumus – rumus yang digunakan:

$$B = n(b' + c) + (n - 1)Td + Z \dots\dots\dots(2.22)$$

$$b' = B + b'' \dots\dots\dots(2.23)$$

$$b'' = Rc^2 - \sqrt{Rc^2 - p^2} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$Td = \sqrt{Rc^2 + A(2p + A)} - Rc \dots\dots\dots(2.25)$$

Keterangan:

B = Lebar perkerasan pada tikungan

n = Jumlah jalur lalu lintas

b = Lebar lintasan truk pada jalur lurus

b' = Lebar lintasan truk pada tikungan

p = Jarak As roda depan dengan roda belakang truk

A = Tonjolan depan sampai bumper

Td = lebar melintang akibat tonjolan depan

Z = lebar tambahan akibat kelelahan pengemudi

c = Kebebasan samping

e = Pelebaran perkerasan

R_c = Jari – jari rencana

2.1.5.7 Jarak Pandang pada Lengkung Horizontal

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

Perhitungan untuk jarak pandang kendaraan antara lain:

$$J_h = 0,694 \cdot V_R + 0,004 \frac{V_R^2}{f} \dots\dots\dots (2.26)$$

Keterangan:

V_R = Kecepatan rencana, (km/jam)

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

Jarak Pandang Henti (J_h) dan jarak pandang mendahului (J_d) dapat dibedakan pada tabel berikut:

Tabel 2.10 Jarak Pandang Henti (J_h) minimum

VR, (kam/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
J_h minimum, (m)	250	175	120	75	55	40	27	19

Sumber: TPGJAK No 038/T/BM/1997

Tabel 2.11 Jarak Pandang Mendahului (J_d)

VR, (kam/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
J_d , (m)	800	670	550	350	250	200	15	100

Sumber: TPGJAK No 038/T/BM/1997

2.1.6 Aliyemen Vertikal

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

cembung. Kemungkinan pelaksanaan pembangunan secara bertahap harus dipertimbangkan, misalnya peningkatan perkerasan, penambahan lajur, dan dapat dilaksanakan dengan biaya yang efisien. Sekalipun demikian perubahan alinyemen vertikal yang akan datang sebaiknya dihindarkan. (RSNI T-14-2004:40)

2.1.6.1 Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh mampu bergerak dengan kecepatan tidak kurang dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah. Berikut adalah tabel untuk kelandaian maksimum yang diijinkan berdasarkan kecepatan rencana:

Tabel 2.12 Kelandaian Maksimum yang Diijinkan

Landaimaks, (%)	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/BM1997

2.1.6.2 Kelandaian Minimum

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

2.1.6.3 Panjang Kritis Kelandaian

Panjang kritis suatu kelandain diperlukan sebagai batasan panjang kelandaian 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 2.13 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/BM1997

2.1.6.4 Lengkung Verikal

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

Berdasarkan syarat keluwesan bentuk:

$$L_v = 0,6 \times V \dots\dots\dots(2.27)$$

Berdasarkan syarat drainase:

$$L_v = 40 \times A \dots\dots\dots(2.28)$$

Berdasarkan syarat kenyamanan pengemudi:

$$L_v = V \times t \dots\dots\dots(2.29)$$

Berdasarkan pengurangan goncangan:

$$L_v = \frac{V^2 \times A}{360} \dots\dots\dots(2.30)$$

Keterangan :

L_v = Panjang lengkung vertikal, (m)

V = Kecepatan rencana (km/jam)

A = Perbedaan grade / kelandaian, (%)

t = Ditentukan 3 titik

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

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

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

$$L_v = \frac{AS^2}{405} \dots\dots\dots(2.31)$$

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

$$L_v = 2S - \frac{405}{A} \dots\dots\dots(2.32)$$

Keterangan:

L= Panjang lengkung vertikal, (m)

A= Perbedaan grade, (m)

J_h= jarak pandang henti, (m)

Tabel 2.14 Panjang Minimum Lenkung 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/1197

2.1.6.5 Galian dan Timbunan

Cara menghitung volume galian maupun timbunan dari gambar potongan melintang. Dari gambar – gambar dapat dihitung luas galian dan timbunan, sedangkan masing – masing jarak antar profil dapat dilihat dari potongan memanjang. Perhitungan galian timbunan dapat dilihat pada Tabel 2.15

Tabel 2.15 Perhitungan Galian dan Timbunan

Titik	Stasion	Luas Penampang Melintang (m2)				Jarak (m)	Volume (m3)	
		Galian	Timbunan	Rata – rata			Galian	Timbunan
				Galian	Timbnan			
1	STA + jarak awal	AG1	AT1			J1	((AG1+AG2)/2)*J1	((AT1+AT2)/2)*J1
				(AG1+AG2)/2	(AT1+AT2)/2			
2	STA + jarak	AG2	AT2					
Total (Σ)						(Σ) Jarak	(Σ) Galian	(Σ) Timbunan

2.2 Perencanaan Tebal Perkerasan

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

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

Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Pendekatan Mekanistik Empiris dalam Manual Desain Perkerasan Jalan 2017.

Susunan lapisan perkerasan lentur sebagai berikut:



Gambar 2.10 Susunan Struktur Perkerasan Lentur

2.2.1 Umur Rencana

Umur rencana adalah jumlah umur 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 2.16

Tabel 2.16 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: MPJ Nomor 04/SE/Db/2017

2.2.2 Lalu Lintas

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

2.2.2.1 Analisis Volume Lalu Lintas

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

Elemen utama beban lalu lintas desain adalah:

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

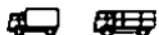
Analisis volume lalu lintas didasarkan pada survei yang diperoleh dari:

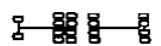
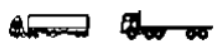
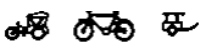
- a. Survei lalu lintas, dengan durasi minimal 7 x 24 jam. Survei dapat dilakukan secara manual mengacu pada Pedoman Survei Perencanaan Lalu Lintas (Pd T-1-2004-B) atau menggunakan peralatan dengan pendekatan yang sama,
- b. Hasil – hasil lalu lintas sebelumnya.

2.2.2.2 Jenis Kendaraan

Beban gandar kendaraan penumpang dan kendaraan ringan sampai sedang cukup kecil sehingga tidak berfungsi menimbulkan kerusakan struktural pada perkerasannya. Hanya kendaraan niaga dengan jumlah roda enam atau lebih yang perlu dihitung dalam analisis.

Tabel 2.17 Golongan dan Kelompok Jenis Kendaraan

Golongan	Kelompok Kendaraan	Jenis Kendaraan	Konfigurasi	Kode
1	Angkutan penumpang sedang			
2	Sedan, jeep, station wagon			1.1
3	Angkutan penumpang sedang			1.1
4	Pick-up, micro truk dan mobil hantaran			1.1
5a	Bus kecil			1.1
5b	Bus besar			1.2
6a	Truk ringan 2 sumbu			1.1
6b	Truk sedang 2 sumbu			1.2

7a	Truk 3 sumbu			1.2.2
7b	Truk gandeng			1.2.2 – 2.2
7c	Truk semitrailer			1.2.2 – 2.2
8	Kendaraan tidak bermotor			

Sumber: Pd T-19-2005-B

2.2.2.3 Faktor Pertumbuhan Lalu lintas

Tabel 2.18 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i), (%)

Jenis	Jawa	Sumatera	Kalimantan	$\bar{i}$
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: MPJ Nomor 04/SE/Db/2017

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*Comulative Growth Factor*):

$$R = \frac{(1 + 0,01i)^{UR-1}}{0,01i} \dots\dots\dots(2.33)$$

Keterangan:

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

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 (UR 1 tahun) dan $i_2\%$ selama sisa periode berikutnya (UR – UR1), faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif dapat dihitung dari rumus berikut:

$$R = \frac{(1 + 0,01i_1)^{UR-1}}{0,01} + (1 + 0,01i_1)^{(UR-1)}(1 + 0,01i_2) \left\{ \frac{(1 + 0,01i_2)^{(UR-UR)-1}}{0,01i_2} \right\} \dots (2.34)$$

Keterangan:

i_1 = Laju pertumbuhan tahunan lalu lintas periode 1, (%)

i_2 = Laju pertumbuhan tahunan lalu lintas periode 2, (%)

UR_1 = Umur rencana periode 1, (tahun)

Rumus di atas 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 dengan:

$$R = \frac{(1 + 0,01i)^{Q-1}}{0,01i} + (UR - Q)(1 + 0,01i)^{(Q-1)} \dots (2.35)$$

2.2.2.4 Lalu Lintas pada Lajur Rencana

Lajur rencana adalah salah satu lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Beban lalu lintas 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. Pada jalan yang demikian, walaupun sebagian besar kendaraan niaga akan menggunakan laju luar, sebagian lainnya akan menggunakan lajur – lajur dalam. Faktor distribusi lajur berdasarkan jumlah setiap arah dilihat pada Tabel 2.19

Tabel 2.19 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah Lajur Setiap Arah	Kendaraan Niaga pada Lajur Desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4	50 – 75

Sumber: MPJ Nomor 04/SE/Db/2017

2.2.2.5 Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

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

Dimana yang akurat memerlukan perhitungan beban lalu lintas yang akurat. Studi atau survei beban gandar yang dirancang dan dilaksanakan dengan baik merupakan dasar perhitungan ESA yang andal. Oleh sebab itu, survei beban gandar harus dilakukan apabila dimungkinkan. Ketentuan pengumpulan data beban gandar terdapat pada Tabel 2.20

Tabel 2.20 Pengumpulan Data Beban Gandar

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

Sumber: MPJ Nomor 04/SE/db/2017

*Data Beban gandar dapat diperoleh dari:

1. Jembatan timbang, timbangan statis atau WIM (survei langsung).
2. Survei beban gandar pada jembatan timbang atau WIM yang pernah dilakukan dan dianggap cukup representatif.

Data WIM regional yang dikeluarkan oleh Dirjen Bina Marga. Jika survei beban gandar tidak mungkin dilakukan oleh perencana dan data survei beban gandar sebelum nya tidak tersedia, maka perhitungan untuk menghitung ESA dapat menggunakan nilai VDF pada Tabel 2.21 dan Tabel 2.22

2.2.2.6 Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative 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:

$$ESA_{TH-1} = \left(\sum LHR_{JK} \cdot VDF_{JK} \right) 365 \cdot DD \cdot R \dots\dots\dots(2.36)$$

Keterangan:

ESA_{TH-1}	= Kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen (<i>equivalen standard axle</i>) pada tahun pertama
LHR_{JK}	= Lintasan harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga, (satuan kendaraan per hari)
VDF_{JK}	= Faktor ekivalen beban (<i>vehicle damage factor</i>)
DD	= Faktor distribusi arah
DI	= Faktor distribusi lajur
$CESAL$	= Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana
R	= Faktor pertumbuhan lalu lintas

Tabel 2.21 Nilai VDF Masing – masing Jenis 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: MPJ Nomor 04/SE/Db/2017

Tabel 2.22 Nilai VDF Masing – masing 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

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
6b1.1	7.1	Truk 2 sumbu - cargo sedang	1.2	muatan umum	2	-	-	0,7	0,7
6b1.2	7.2	Truk 2 sumbu - sedang	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2			1,6	1,7
6b2.1	8.1	Truk 2 sumbu - berat	1.2	muatan umum	2	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

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
7a.2	9.2	Truk 3 sumbu - sedang	1.22	tanah, pasir, besi, semen	3	3,9	5,60	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

Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi sumbu	Muatan yang diangkut	Kelompok sumbu	Distribusi tipikal (%)		Faktor Ekivalen Beban (VDF) (ESA/kendaraan)	
Klasifikasi lama	Alternatif					Semua kendaraan bermotor	Semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor	VDF 4 Pangkat 4	VDF 5 Pangkat 5
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

Sumbe: MPJ Nomor 04/SE/Db/2017

2.2.3 Struktur Perkerasan

Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi fondasi jalan. Batasan pada Tabel 2.23 tidak mutlak, perencana harus mempertimbangkan biaya terendah selama umur rencana, keterbatasan dan kepraktisan pelaksanaan. Pemilihan alternatif desain berdasarkan manual ini harus didasarkan pada *discounted lifecycle cost* terendah.

Tabel 2.23 Pemilihan Jenis Perkerasan

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 ≥ 100 mm dengan lapis	3B	-	-	1,2	2	2

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
fondasi berbutir (ESA pangkat 5)						
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 <i>Soil Cement</i>	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

Sumber: MPJ Nomor 04/SE/Db/2017

2.2.4 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). Pengelompokan awal dapat dilakukan berdasarkan hasil kajian meja penyelidikan lapangan atas dasar kesamaan geologi, pedologi, kondisi drainase dan topografi, serta karakteristik geoteknik (seperti gradasi dan plastisitas).

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

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

Dua metode perhitungan CBR karakteristik diuraikan sebagai berikut:

a. Metode Distribusi Normal Standar

Jika tersedia cukup data yang valid (minimum 10 titik data uji per segmen yang seragam) menggunakan rumus:

$$CBR_{karakteristik} = CBR_{rata-rata} - f \cdot S_d \dots\dots\dots(2.37)$$

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 “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 (10^{th} percentile) 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.

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.
- v. (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.

Dalam penetapan nilai karakteristik, nilai-nilai CBR yang kecil, bersifat lokal (terisolasi) dan terindikasi memerlukan penanganan khusus, dikeluarkan dari kumpulan data dengan catatan bahwa penanganan yang tepat harus diprogramkan pada lokasi bersangkutan.

2.2.5 Fondasi Perkerasan

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

1. 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. Pemilihan tanah dasar dapat dilihat pada Tabel 2.24 berikut:

Tabel 2.24 Desain Fondasi Jalan Minimum

CBR Tanah Dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fodasi	Perkerasan Lentur		
			Beban Lalu Lintas pada Lajur Rencana (UR = 40 Tahun)		
			<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. (pemadatan lapisan ≤200 mm tebal gembur)	Tidak diperlukan perbaikan		
5	SG5		-	-	100
4	SG4		100	150	100
3	SG3		150	200	300
2,5	SG2.5		175	250	350
Tanah ekspansif (potensi pemuaian >5%)			400	500	600
Perkerasan di atas tanah lunak	SG1	Lapis penopang	1000	1100	1200
		Lapis penopang dan geogrid	650	750	850
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan jalan raya minor		Lapis penopang berbutir	1000	1250	1500

Sumber: MPJ Nomor 04/SE/Db/2017

2. 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:

- a. Umumnya dalam keadaan jenuh dan tidak dapat dipadatkan secara biasa.
- b. 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. Ketentuan yang dijelaskan dalam bagian berikut adalah ketentuan minimum.

3. Tanah Aluvial

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.

2.2.6 Desain Perkerasan

Desain perkerasan berdasarkan beban lalu lintas rencana dan pertimbangan biaya terendah ditunjukkan pada Tabel 2.25, Tabel 2.26, Tabel 2.27, Tabel 2.28, Tabel 2.29, dan Tabel 2.30

2.2.7 Daya Dukung tepi Perkerasan

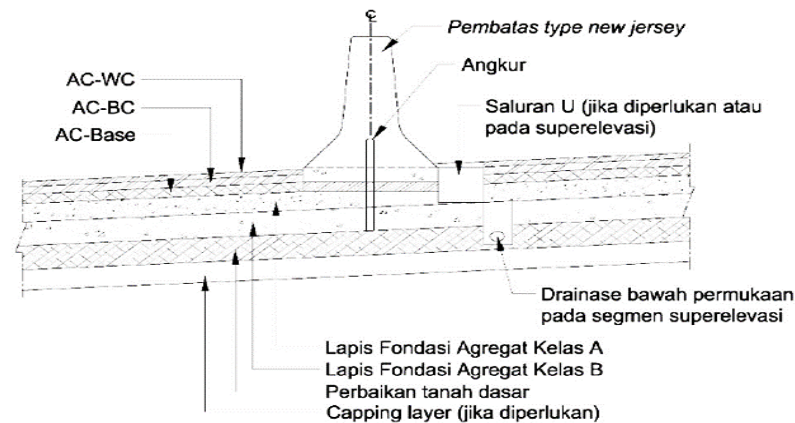
Struktur perkerasan memerlukan daya dukung tepi yang cukup, terutama apabila terletak pada tanah lunak atau tanah gembut. Ketentuan minimum adalah sebagai berikut :

- a. Setiap lapis perkerasan harus dipasang sampai lebar yang sama atau lebih dari nilai minimum.

- b. Timbunan tanpa penahan pada tanah lunak ($\text{CBR} < 2,5\%$) atau tanah gambut harus dipasang pada kemiringan tidak boleh lebih curam dari $1V : 3H$.

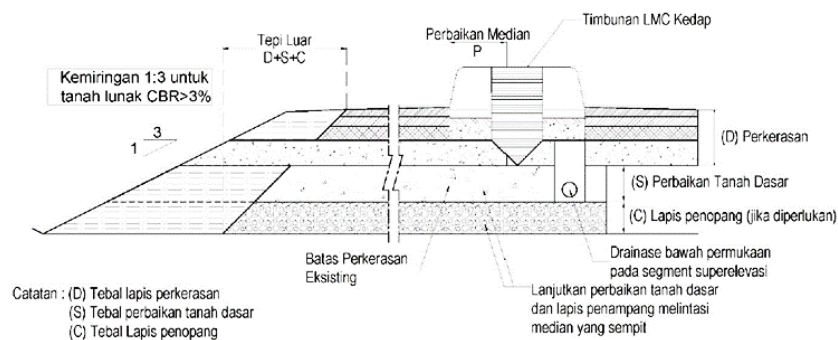
2.2.8 Ketebalan Lapis Perkerasan

Keterbatasan pelaksanaan pemadatan dan segresi menentukan tebal struktur perkerasan. Perencana harus melihat batasan – batasan tersebut, termasuk ketebalan lapis yang diizinkan. Jika pada bagan desain ditentukan bahwa suatu bahan diamparkan lebih tebal dari yang diizinkan, maka bahan tersebut harus diamparkan dan dipadatkan dalam beberapa lapisan. Ketebalan lapis perkerasan dapat dilihat pada Tabel 2.31



Sumber: MPJ Nomor 04/SE/Db/2017

Gambar 2.11 Dukungan Median Perkerasan



Sumber: MPJ Nomor 04/SE/Db/2017

Gambar 2.12 Dukungan Tepi Perkerasan

Tabel 2.25 Bagan desain-3 Desain Perkerasan Lentur Opsi Biaya Minimum dengan CTB

Kriteria	F1	F2	F3	F4	F5
	Untuk lalu lintas dibawah 10 juta 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: MPJ Nomor 04/SE/Db/2017

Tabel 2.26 Bagan desain-3A Desain Perkerasan Lentur dengan HRS

Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10 CESA)	$FF1 < 0,5$	$0,5 \leq FF2 \leq 4,0$
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 lapis distabilisasi dengan CBR > 10%	150	125

Sumber: MPJ Nomor 04/SE/Db/2017

Tabel 2.27 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)									
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: MPJ Nomor 04/SE/Db/2017

Tabel 2.28 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 ≥ 10	260	150	150	150	150	150	150	150	150
Subgrade CBR ≥ 15	200	150	150	150	150	150	150	150	150

Sumber: MPJ Nomor 04/SE/Db/2017

Tabel 2.29 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: MPJ Nomor 04/SE/Db/2017

Tabel 2.30 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 burda	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: MPJ Nomor 04/SE/Db/2017

Tabel 2.31 Ketebalan Lapisan yang Diizinkan dan Penghamparan

Bahan	Tebal Minimum, (mm)	Tebal yang Diperlukan, (mm)	Diijinkan Penghamparan dalam Beberapa Lapis
HRS WC	30	30 – 50	Tidak
HRS <i>Base</i>	35	35 – 50	Ya
AC WC	40	40 – 50	Tidak
AC BC	60	60 – 80	Ya
AC – <i>Base</i>	75	80 – 120	Ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas A (gradasi dengan ukuran maksimum 37,5 mm)	120	150 – 120	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: MPJ Nomor 04/SE/Db/2017

2.2.9 Pelapisan Bahu Jalan

2.2.9.1 Tabal 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.

2.2.9.2 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 125mm maka tebal minimum LFA kelas S 125mm.

2.2.9.3 Bahu Diperkeras

Bahu diperkeras untuk kebutuhan berikut:

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

Material bahu diperkeras dapat berupa:

- a. Penetrasi makadam
- b. Burtu / burda
- c. Beton aspal (AC)
- d. Beton semen
- e. Kombinasi bahu beton 500mm – 600mm atau pelat beton dengan *tied shoulder*, atau bahu dengan aspal.

2.2.9.4 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.

2.2.9.5 Kapasitas Jalan

Pentuan kapisitas jalan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C = C_0 \times FC_w \times FC_{SP} \times FC_{SF} \dots\dots\dots(2.38)$$

Dimana,

C = Kapasitas

C₀ = Kapasitas dasar (Tabel 2.32)

FC_w = Faktor penyesuaian lajur lalu lintas (Tabel 2.33)

FC_{SP} = Faktor penyesuaian arah lalu lintas (Tabel 2.34)

FC_{SF} = Faktor penyesuaian gesekan samping (Tabel 2.35)

Tabel 2.32 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: MPJ Nomor 04/SE/Db/2017

Tabel 2.33 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: MPJ Nomor 04/SE/Db/2017

Tabel 2.34 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: MPJ Nomor 04/SE/Db/2017

Tabel 2.35 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	0,64	0,98
	H	0,84	0,87	0,91	0,95
	VH	0,80	0,83	0,88	0,93

Sumber: MPJ Nomor 04/SE/Db/2017

2.3 Perencanaan Drainase

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

Perencanaan dimensi drainase jalan yang kurang sesuai dapat menjadi salah satu penyebab kerusakan konstruksi jalan, karena banyaknya air drainase yang masuk ke badan jalan sehingga aspal jalan mudah terkelupas karena musuh dari aspal adalah air. Maka perlunya perencanaan sistem drainase jalan harus dilaksanakan dengan baik dan terencana. Air hujan/air limpasan dari disekitar jalan

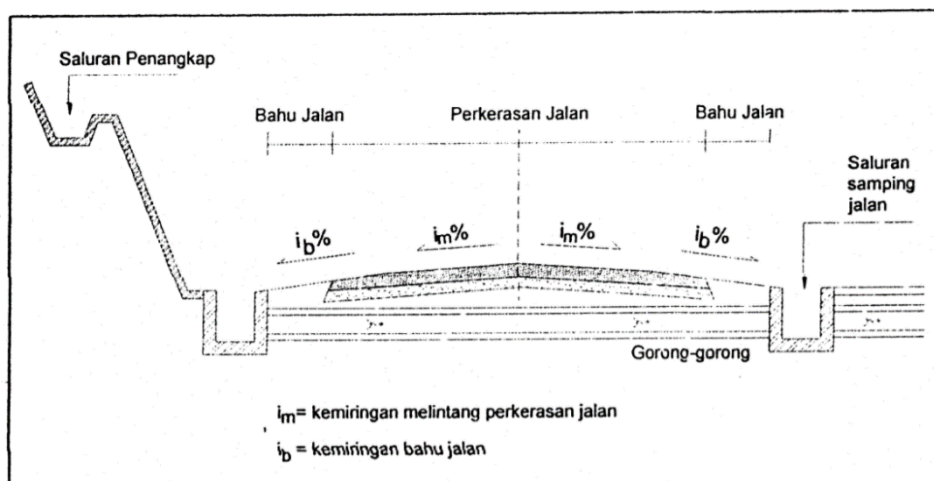
harus dialirkan ke sungai atau ke tempat – tempat pembuangan lainnya dengan melalui saluran tepi jalan dan bangunan air yang melintas jalan.

2.3.1 Sistem Drainase Permukaan Jalan

Sistem drainase permukaan berfungsi untuk mengendalikan limpasan air hujan di permukaan jalan dan dari daerah sekitarnya agar tidak merusak konstruksi jalan, seperti kerusakan karena air banjir yang melintas diatas perkerasan jalan atau kerusakan pada badan jalan akibat erosi.

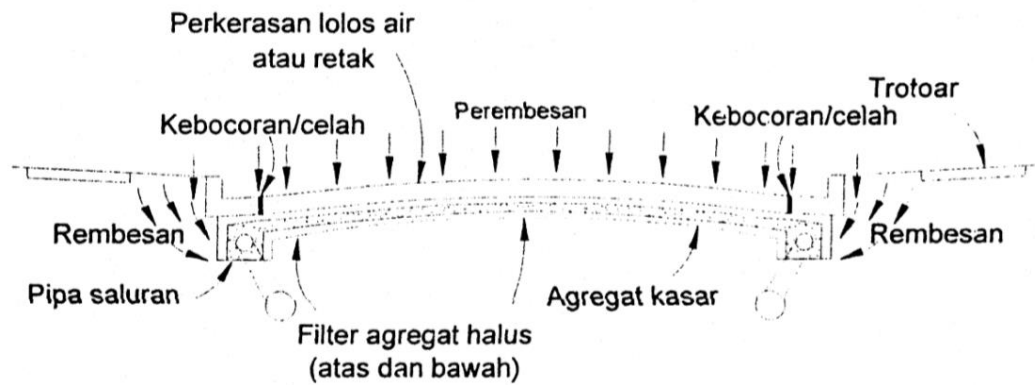
Sistem drainase jalan harus memperhitungkan debit pengaliran dari saluran samping jalan yang memanfaatkan saluran samping jalan tersebut untuk menuju badan jalan atau resapan buatan.

Suatu sistem drainase permukaan jalan terdiri atas kemiringan melintang perkerasan dan bahu jalan, saluran samping jalan, drainase lereng, dan gorong – gorong.



Gambar 2.13 Tipikal Sistem Drainase Jalan (sumber: Pd. T-02-2006-B)

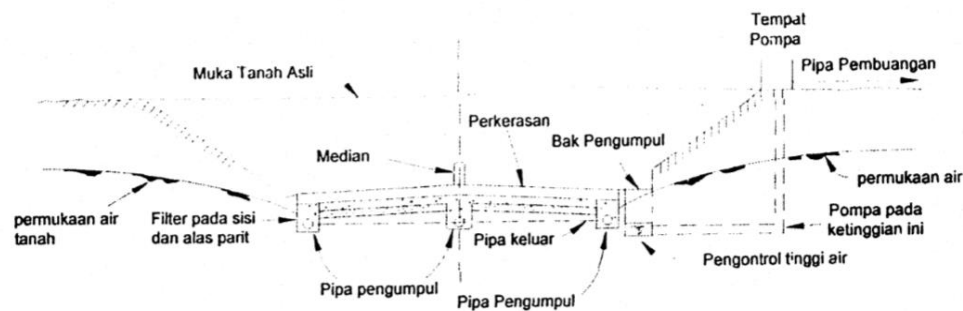
Suatau sistem drainase jalan pada daerah yang memiliki perkerasan yang bersifat lolos air ataupun retak yang memungkinkan air untuk teresap ke dalam badan jalan, maka sistem drainase yang digunakan seperti gambar dibawah ini:



Gambar 2.14 Sitem Drainase Diberlakukan Pada Kondisi Infiltrasi Tinggi
(Sumber: Pd. T-02-2006-B)

2.3.2 Sistem Drainase Permukaan Bawah

Drainase bawah permukaan bertujuan untuk menurunkan muka air tanah dan mencegah serta membuang air infiltrasi dari daerah sekitar jalan dan permukaan jalan atau air yang naik dari subgrade jalan.



Gambar 2.15 Tipikal Sistem Untuk Muka Air Rendah (Sumber: Pd. T-02-2006-B)

2.3.3 Analisa Hidrologi

a. Metode Rata – rata Aljabar

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

$$R = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \dots \dots \dots (2.39)$$

Keterangan:

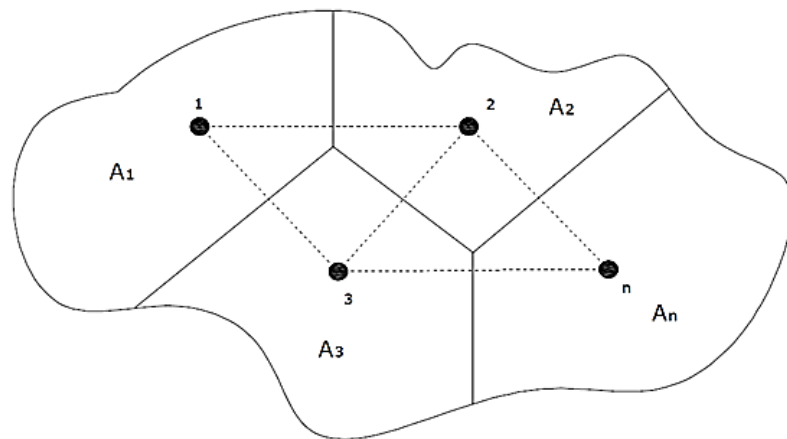
R = Curah hujan daerah

n = Jumlah titik atau pos pengamatan

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

b. Metode Polygon Thiessen

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



Gambar 2.16 Polygon Thiessen

$$p = \frac{P_1 A_1 + P_2 A_2 + P_3 A_3 + \dots + P_n A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.40)$$

Keterangan:

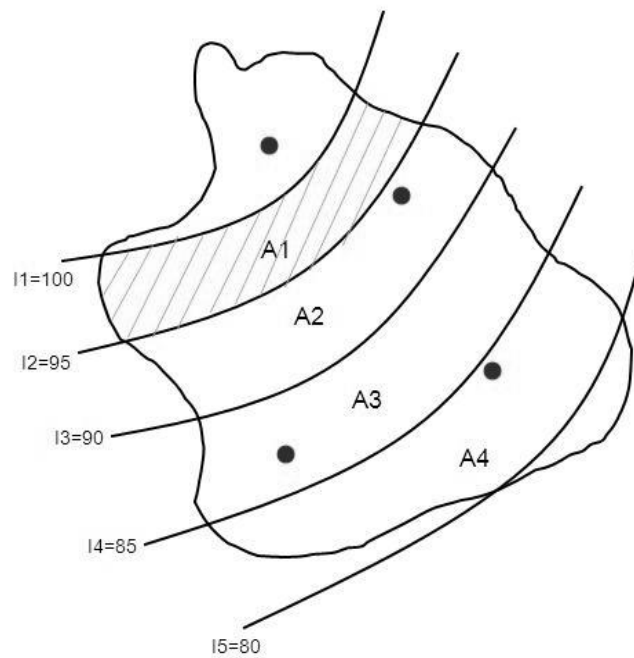
P = Curah hujan kawasan, (mm)

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

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

c. Metode Isohyet

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



Gambar 2.17 Metode Isohyet

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \frac{I_i + I_{i+1}}{2}}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots(2.41)$$

Atau

$$\bar{R} = \frac{A_1 \frac{I_1 + I_2}{2} + A_2 \frac{I_2 + I_3}{2} + \dots\dots + A_n \frac{I_n + I_{n+1}}{2}}{A + A + \dots\dots + A} \dots\dots\dots(2.42)$$

Keterangan:

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

I = Garis isohyet

A = Luas dibatasi poligon

2.3.4 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 berdasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan dimana yang akan datang akan masih sama dengan sifat kejadian hujan masa lalu.

Analisis frekuensi dapat menggunakan beberapa macam distribusi parameter pemilihan jenis distribusi dapat dilihat pada Tabel 2.36

Tabel 2.36 Parameter Pemilihan Jenis Distribusi

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

Sumber: Suripin, 2004

a. Distribusi Gumble

$$X_T = \bar{X} + \left[\frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \right] \cdot STDEV \dots\dots\dots(2.43)$$

$$X_T = \bar{X} + K \cdot STDEV \dots\dots\dots(2.44)$$

$$Y_{Tr} = -\ln \left[\ln \frac{T_r}{T_r - 1} \right] \dots\dots\dots(2.45)$$

Keterangan:

X_T = CH/intesitas hujan pada periode T_r

Y_{Tr} = Faktor In dari T_r

Y_n = Reduce mean faktor. Nilai Y_n dapat dilihat pada Tabel 2.38

S_n = Reduce standard deviation. Nilai S_n dapat dilihat pada Tabel 2.39

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

X = Nilai rata – rata hitungan varian

STDEV = Deviasi standar nilai varian

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

b. Distribusi Normal

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot STDEV \dots\dots\dots(2.46)$$

Keterangan:

X_T = CH/ intensitas hujan pada periode T

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

STDEV = Deviasi standar nilai varian

K_T = Variabel reduksi gauss. Nilai K_T dapat dilihat pada Tabel 2.37

c. Dstribusi Log Pearson Tipe III

$$\text{Log} (X_T) = \log(\bar{X}) + K \cdot STDEV \dots\dots\dots(2.47)$$

$$X_T = 10^{(\log(\bar{X}) + K \cdot STDEV)} \dots\dots\dots(2.48)$$

Keterangan:

X_T = CH/intensitas hujan pada T_r

STDEV = Deviasi standar nilai varian

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

K = Variabel standar bergantung C_s dan G , terdapat pada Tabel 2.40

d. Distribusi Log Normal

$$\text{Log} (X_T) = \log(\bar{X}) + K \cdot STDEV \dots\dots\dots(2.49)$$

$$X_T = 10^{(\log(\bar{X}) + K \cdot STDEV)} \dots\dots\dots(2.50)$$

Keterangan:

X_T = CH/intensitas hujan pada T_r

K = Variabel reduksi gauss, terdapat pada Tabel 2.37

Tabel 2.37 Nilai Variabel Distribusi Gauss

Periode Ulang	Peluang	K_T
1,001	0,999	-3,050
1,005	0,995	-2,580
1,010	0,990	-2,330
1,050	0,952	-1,640
1,110	0,901	-1,280

Periode Ulang	Peluang	K_T
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 2.38 Nilai Y_n

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
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: Desain Drainase dan Bangunan Pelengkap

Tabel 2.39 Nilai S_n

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	0,0628	1,0696	1,0696	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1086
30	0,1124	1,1159	1,1159	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	0,1413	1,1436	1,1436	1,1480	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: Desain Drainase dan Bangunan PelengkapTabel

Tabel 2.40 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
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

Koefisien	Waktu Balik (Tahun)														
	1,01	1,05	1,11	1,25	1,667	2	2,5	5	10	20	25	50	100	200	1000
Cs	Peluang (%)														
0,7	-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

Koefisien	Waktu Balik (Tahun)														
	1,01	1,05	1,11	1,25	1,667	2	2,5	5	10	20	25	50	100	200	1000
Cs	Peluang (%)														
-0,8	-2,891	-1,839	-1,336	-0,780	-0,1720	0,132	0,3733	0,856	1,166	1,4010	1,448	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	-2,957	-1,858	-1,339	-0,769	-0,1577	0,148	0,3833	0,854	1,147	1,3637	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	-3,022	-1,877	-1,340	-0,758	-0,1433	0,164	0,3933	0,852	1,128	1,3263	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	-3,149	-1,910	-1,340	-0,732	-0,1140	0,195	0,4113	0,844	1,086	1,2493	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	-3,271	-1,938	-1,337	-0,705	-0,0850	0,225	0,4273	0,832	1,041	1,1718	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	-3,388	-1,962	-1,329	-0,675	-0,0557	0,254	0,4417	0,817	0,994	1,0957	1,116	1,166	1,197	1,216	1,280
-1,8	-3,499	-1,981	-1,318	-0,643	-0,0263	0,282	0,4543	0,799	0,945	1,0200	1,035	1,069	1,087	1,097	1,130
-2,0	-3,605	-1,996	-1,302	-0,600	0,0047	0,307	0,4637	0,777	0,895	0,9483	0,969	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

2.3.5 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:

$$Chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(of - ef)^2}{ef} \dots\dots\dots(2.51)$$

$$K = 1 + 3,22 \times \text{Log}(n) \dots\dots\dots(2.52)$$

$$DK = K - (p + 1) \dots\dots\dots(2.53)$$

Keterangan:

Chi² = Parameter chi-kuadrat terhitung

Ef = Frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya

Of = 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 Chi² terhitung < Chi² kritis, maka metode distribusi dapat diterima.

Harga kritis Chi – square terdapat pada Tabel 2.41

Tabel 2.41 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

dk	α derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
16	5,1420000	5,8120000	6,9080000	7,9620000	26,2960000	28,8450000	32,0000000	34,2670000
17	5,6970000	6,4080000	7,5640000	8,6720000	27,5870000	30,1910000	33,4090000	35,7180000
18	6,6250000	7,0150000	8,2310000	9,3900000	28,8690000	31,5260000	34,8050000	37,1560000
19	6,8440000	7,6330000	8,9070000	10,1170000	30,1140000	32,8520000	36,1910000	38,5820000
20	7,4340000	8,2600000	9,5910000	10,8510000	31,1400000	34,1700000	37,5660000	39,9970000
21	8,0340000	8,8970000	10,2830000	11,5910000	32,6710000	35,4790000	38,9320000	41,4010000
22	8,6430000	9,5420000	10,9820000	12,3380000	33,9240000	36,7810000	40,2890000	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

b. Smirno-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.

$$P = \frac{m}{n+1} 100\% \dots\dots\dots (2.54)$$

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 Smirnov-Kolmogorov terdapat pada Tabel 2.42

Tabel 2.42 Harga Kritis Smirnov-Kolmogorov

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

Sumber: Anonim 2016

2.3.6 Intesitas 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 mononobe Rumus ini digunakan apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2.55)$$

Keterangan:

I = Intensitas hujan (mm/jam),

t = lamanya hujan (jam),

R₂₄ = tinggi hujan Maksimum dalam 24 jam (mm).

2.3.7 Mentukan Debit Aliran

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

$$Q = \frac{1}{36} \times C \times I \times A \dots\dots\dots(2.56)$$

Keterangan:

Q = Debit aliran, (m³/dt)

C = Koefisien pengaliran

I = Intensitas hujan, (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran, (km^2)

2.3.8 Menentukan Koefisien Pengaliran

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

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3 + \dots + C_n \cdot A_n \cdot f k_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.57)$$

Keterangan:

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

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

Fk = Faktor limpasan

Tabel 2.43 Hubungan Kondisi Permukaan Tanah dan Koefisien Pengaliran (C)

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)	Faktor Limpasan (fk)
	bahan		
1	Jalan beton & jalan aspal	0,70 – 0,95	
2	Jalan kerikil & jalan tanah	0,40 – 0,70	
3	Bahu jalan :		
	- Tanah berbutir halus	0,40 – 0,65	
	- Tanah berbutir kasar	0,10 – 0,20	
	- Batuan masif keras	0,70 – 0,85	
	- Batuan masif lunak	0,60 – 0,75	
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

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)	Faktor Limpasan (fk)
	- 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: Anonim. 2006

2.3.9 Menentukan 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.

$$Tc = t_1 + t_2 \dots\dots\dots(2.58)$$

$$t_o = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times I_o \times \frac{nd}{\sqrt{i_s}} \right) \dots\dots\dots(2.59)$$

$$t_d = \frac{L}{60 \times V} \dots\dots\dots(2.60)$$

Keterangan:

Tc = Waktu konsentrasi (menit)

t_o = Waktu inlet (menit)

t_d = Waktu aliran (menit)

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

I_s = Kemiringan daerah pengaliran, dapat dilihat pada Tabel 2.44

L = Panjang saluran

V = Kecepatan air rata-rata (m/det), dapat dilihat pada Tabel 2.45

Nd = Koefisien hambatan, dapat dilihat pada Tabel 2.47

Tabel 2.44 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: Ananim. 2006

Tabel 2.45 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 2.46 Kecepatan Aliran Air yang Diizinkan Berdasarkan Jenis Material

No	Jenis Material	Kecepatan Aliran yang Diizinkan (m/det)
1	Pasangan Batu	2
2	Pasangan Beton	3
3	Pasangan Tanah	Kecepatan maksimum yang diizinkan
4	<i>Ferrocement</i>	3

Sumber: KP-03 Standar Perencanaan Irigasi 2013

Tabel 2.47 Hubungan Kondisi Permukaan dengan Koefisien Hambatan

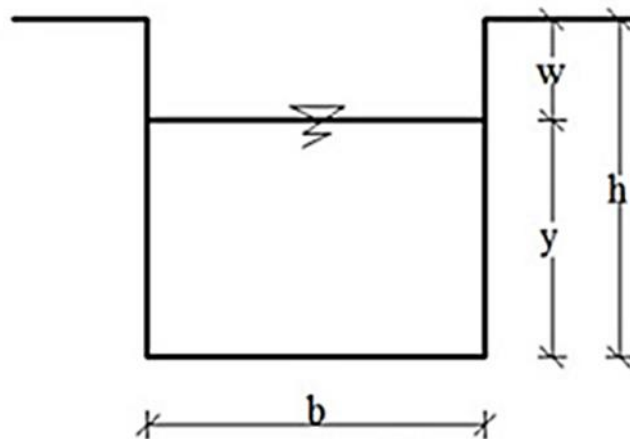
No	Kondisi Lapisan Permukaan	Nd
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan licin dan kedap air	0,02
3	Permukaan licin dan kokoh	0,1
4	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,2
5	Padang rumput dan rerumputan	0,4
6	Hutan gundul	0,6

No	Kondisi Lapisan Permukaan	Nd
7	Hutan rimbung dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	0,8

Sumber: *Desain Drainase dan Bangunan Pelengkap*

2.3.10 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 2.18 Potongan Melintang Model Persegi

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

- Mentukan bahan saluran, koefisien manning (n), kecepatan (V) pada saluran yang diijinkan, bentuk saluran, dan kemiringan saluran yang diijinkan. Harga koefisien manning (n) dapat dilihat pada Tabel 2.48
- Mentukan kecepatan saluran < kecepatan saluran yang diijinkan.

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2.61)$$

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

$$A = b \cdot h \dots\dots\dots(2.62)$$

$$P = b + 2h \dots\dots\dots(2.63)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.64)$$

$$W = \sqrt{0,5h} \dots\dots\dots(2.65)$$

Keterangan:

A = Luas penampang basah, (m³)

P = Keliling basah, (m)

R = Jari-jari hidrolis, (m)

V = Kecepatan aliran, (m/dt)

n = Koefisien kekasaran manning, bisa dilihat pada Tabel 2.48

I = Kemiringan saluran yang diijinkan

W = Tinggi jagaan, (m)

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

Tabel 2.48 Angka Kekasaran *Manning* (n)

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

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

Sumber: Desain Drainase dan Bangunan Pelengkap

2.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan *Time Schedule*

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:

1. Volume pekerjaan
 - a. Pekerjaan persiapan
 - Peninjauan lokasi
 - Pengukuran dan pemasangan patok
 - Pembersihan lokasi dan persiapan alat dan bahan untuk pekerjaan
 - Pembuatan *Bouwplank*
 - b. Pekerjaan tanah
 - Galian tanah
 - Timbunan tanah
 - c. Pekerjaan perkerasan
 - Lapis permukaan (*Surface Cours*)
 - Lapis pondasi atas (*Base Cours*)
 - Lapis pondasi bawah (*Sub Base Cours*)
 - Lapis tanah dasar (*Sub Grade*)
 - d. Pekerjaan drainase
 - Galian saluran
 - Pembuatan talud
 - e. Pekerjaan pelengkap
 - Pemasangan rambu-rambu
 - Pengecatan marka jalan
 - Penerangan
2. Analisis harga satuan diambil dari Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Bina Marga Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 28/PRT/M/2016

3. Dari hasil analisis perhitungan waktu pelaksanaan, analisis harga satuan pekerjaan dan perhitungan bobot pekerjaan, maka dapat dibuat Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan *Time Schedule* perencanaan proyek dalam *Bar Chard* dan *Kurva S*. *Kurva S* sendiri dibuat dengan cara membagi masing – masing bobot pekerjaan dalam (Rp) dengan jumlah bobot pekerjaan keseluruhan dikali 100% sehingga hasilnya adalah dalam (%), kemudian bobot pekerjaan (%) tersebut dibagi dengan lamanya waktu pelaksanaan setiap jenis pekerjaan setelah itu hasil perhitungan dimasukkan dalam tabel *Time Schedule*. Dari tabel tersebut dapat diketahui jumlah (%) dan % komulatif tiap minggunya, yang selanjutnya diplotkan sehingga membentuk Kurva S