

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

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

Alinyemen dari perencanaan geometrik jalan terbagi menjadi :

1. Alinyemen horizontal/trase jalan.
2. Alinyemen vertikal/penampang memanjang jalan.

2.2 Klasifikasi Jalan

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

- a. Klasifikasi Menurut Manfaat/Peruntukannya

1. Jalan umum merupakan jalan yang diperuntukan bagi lalu lintas umum dan berlaku undang-undang tentang lalu lintas dan angkutan jalan raya.
 2. Jalan khusus merupakan jalan yang tidak diperuntukan bagi lalu lintas umum, tapi apabila dinyatakan oleh pemiliknya terbuka untuk umum dan diatur dengan peraturan perundangan maka pada jalan tersebut berlaku undang-undang lalu lintas dan angkutan jalan raya. Contohnya: jalan pertambangan, jalan perkebunan, jalan kehutanan, jalan pertamina, dan sebagainya.
- b. Klasifikasi Menurut Peran Pelayanan Jasa Distribusi
1. Sistem jaringan jalan primer merupakan sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan.
 2. Sistem jaringan jalan sekunder merupakan sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat didalam kawasan perkotaan (lokal/setempat).
- c. Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan
1. Jalan Arteri adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
 2. Jalan Kolektor adalah jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

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

d. Klasifikasi Jalan Umum Menurut Statusnya

1. Jalan nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan primer yang menghubungkan antar ibu kota provinsi, dan jalan strategis nasional, serta jalan tol.
2. Jalan provinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibu kota provinsi dengan ibu kota kabupaten/kota, atau antar ibu kota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi.
3. Jalan kabupaten merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibu kota kabupaten dengan ibu kota kecamatan, antar ibu kota kecamatan, ibu kota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten, dan jalan strategis kabupaten.
4. Jalan kota merupakan jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antar persil, serta menghubungkan antar pusat pemukiman yang berada di dalam kota
5. Jalan desa merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar pemukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan.

e. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton.

Tabel 2. 1 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (Ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	IIIA	8
Kolektor	IIIA	8
	IIIB	
Lokal	IIIC	Tidak ditentukan

Sumber : TPGJAK No.038/TBM/1997

1. Jalan kelas I merupakan jalan arteri yang dapat dilalu kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter dan muatan sumbu terberat yang diizinkan >10 ton.
2. Jalan kelas II merupakan jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 10 ton, jalan kelas ini merupakan jalan yang sesuai untuk angkutan peti kemas.

3. Jalan kelas III A merupakan jalan arteri atau kolektor yang dapat dilalui oleh kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton.
4. Jalan kelas III B merupakan jalan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 12.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton.
5. Jalan kelas III C merupakan jalan lokal dan jalan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.100 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat diizinkan 8 ton.

f. Klasifikasi Menurut Medan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur.

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/TBM/1997

g. Klasifikasi Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

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

2.2.1 Kendaraan Rencana

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

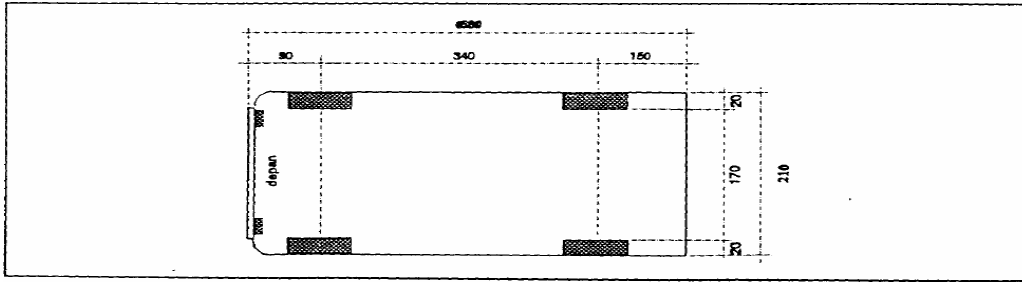
Kendaraan rencana dikelompokkan menjadi:

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

Tabel 2. 3 Dimensi Kendaraan Rencana

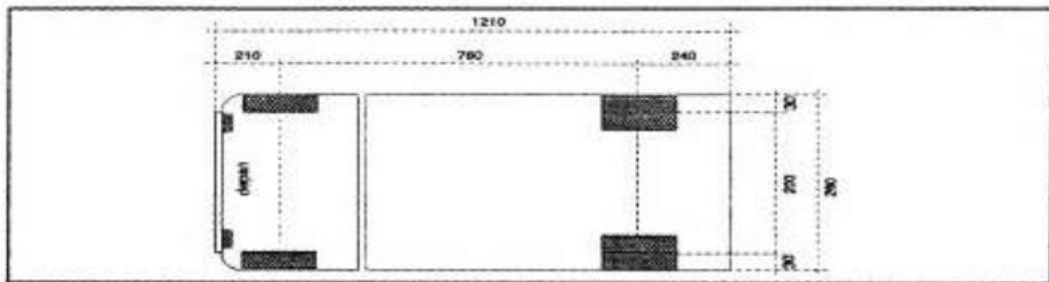
Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar		Radius Tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min	Max	
Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	410	260	2100	1.20	90	290	1400	1370

Sumber : TPGJAK No.038/TBM/1997



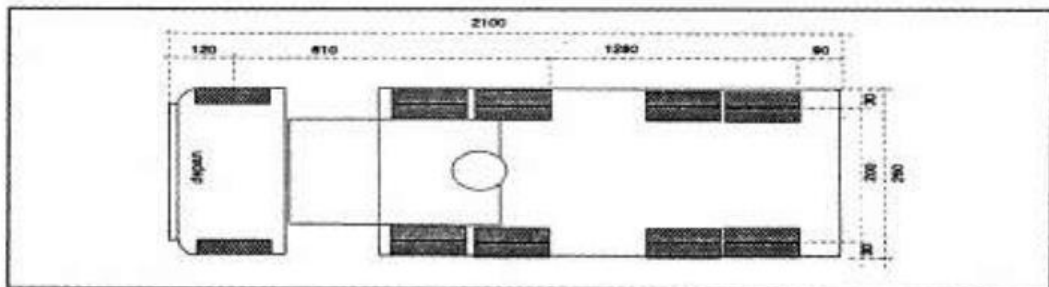
Gambar 2. 1 Dimensi Kendaraan Kecil

(Sumber : TPGJAK No.038/TBM/1997)



Gambar 2. 2 Dimensi Kedaraan Sedang

(Sumber : TPGJAK No.038/TBM/1997)



Gambar 2. 3 Dimensi Kendaraan Besar

(Sumber : TPGJAK No.038/TBM/1997)

2.2.2 Bagian-Bagian Jalan

a. Daerah Manfaat Jalan (DAMAJA)

Daerah manfaat jalan meliputi badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengamanannya. Badan jalan meliputi jalur lalu lintas, dengan atau tanpa jalur pemisah dan bahu jalan.

1. Lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan di kedua sisi jalan,

2. Tinggi 5 meter di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan,
3. Kedalaman ruang bebas 1,5 meter di bawah muka jalan.

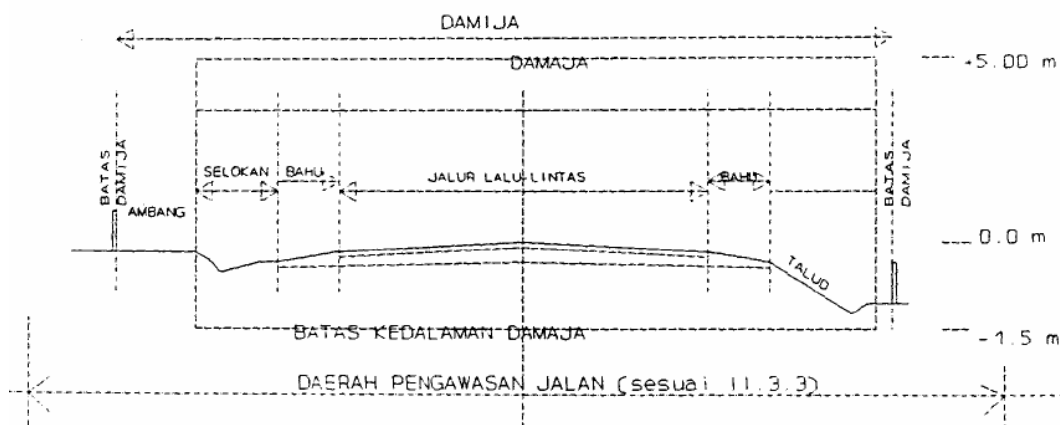
b. Daerah Milik Jalan (DAMIJA)

Ruang daerah milik jalan (DAMIJA) dibatasi oleh lebar yang sama dengan DAMAJA ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 m dan kedalaman 1,5 m. Biasanya pada jarak tiap 1 km dipasang patok DMJ berwarna kuning.

c. Daerah Pengawasan Jalan (DAWASJA)

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

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



Gambar 2. 4 Damaja, Damija, dan Dawasja

(Sumber : TPGJAK No.038/TBM/1997)

2.2.3 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih untuk keperluan perencanaan setiap bagian jalan raya seperti tikungan kemiringan jalan, jarak

pandang, dan lain-lain. Pemilihan kecepatan rencana sangat mempengaruhi keadaan seluruh bagian jalan dan biaya untuk pelaksanaan jalan tersebut. (Silvia Sukirman, 1999:40).

Kecepatan rencana (V_R), pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lenggang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti. Tabel 2.4 merupakan kecepatan rencana (V_R) sesuai dengan fungsi jalan.

Tabel 2. 4 Kecepatan Rencana (V_R)

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

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

2.2.4 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas yang tinggi membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebih lebar, sehingga tercipta kenyamanan dan keamanan. Sebaliknya jalan yang terlalu lebar untuk volume lalu lintas rendah cenderung membahayakan, karena pengemudi cenderung mengemudikan kendaraannya pada kecepatan yang lebih tinggi sedangkan kondisi jalan belum tentu memungkinkan, dan di samping itu mengakibatkan peningkatan biaya pembangunan jalan yang jelas tidak pada tempatnya. (Silvia Sukirman, 1994:42-43).

a. Volume Lalu Lintas Rencana

Berdasarkan Bina Marga dalam Tata Cara Perencanaan Geometrik (TPGJAK) No.038/TBM/1997 Volume Lalu Lintas Harian Rencana (VLHR)

adalah perkiraan 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, dihitung dengan rumus :

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

Dimana :

K (disebut dengan faktor K) adalah faktor volume lalu lintas jam sibuk

F (disebut dengan faktor F) adalah faktor variasi tingkat lalu lintas perseperempat jam dalam satu jam.

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

Tabel 2. 5 Penentuan Faktor K dan F berdasarkan VLHR

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

Sumber : TPGJAK No. 038/TBM/1997

b. Lalu Lintas Harian Rata-Rata

Lalu lintas Harian Rata-Rata (LHR) adalah volume lalu lintas rata-rata dalam satu hari. Dari cara memperoleh data tersebut dikenal 2 jenis Lalu Lintas Harian Rata-Rata, yaitu Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT) dan Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR). (Silvia Sukirman, 1994:43)

LHRT adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data selama satu tahun penuh.

$$LHRT = \frac{\text{jumlah lalu lintas dalam 1 tahun}}{365} \quad (\text{Persamaan 2.2})$$

LHR adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan.

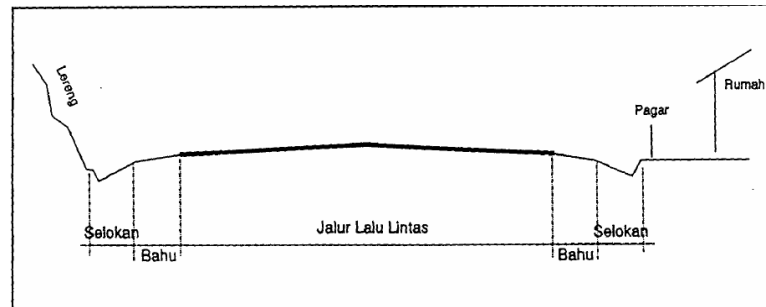
$$LHR = \frac{\text{jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{lamanya pengamatan}} \quad (\text{Persamaan 2.3})$$

2.2.5 Penampang Melintang

a. Komposisi Penampang Melintang

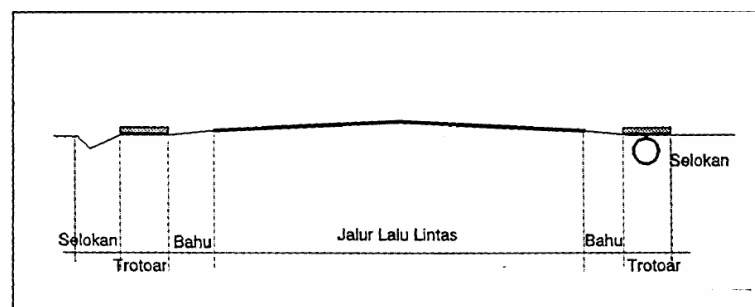
Penampang melintang jalan terdiri atas bagian-bagian sebagai berikut :

1. Jalur lalu lintas
2. Median dan jalur tepian
3. Bahu
4. Jalur pejalan kaki
5. Selokan
6. Lereng



Gambar 2. 5 Penampang Melintang Jalan Tipikal

(Sumber : TPGJAK No.038/TBM/1997)



Gambar 2. 6 Penampang Melintang Jalan Tipikal yang Dilengkapi Trotoar

(Sumber : TPGJAK No.038/TBM/1997)

b. Jalur Lalu Lintas

1. Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan.

Batas jalur lalu lintas dapat berupa :

- Median
- Bahu
- Trotoar
- Pulau jalan, dan
- Separator

2. Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa lajur.

3. Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa tipe :

- 1 jalur-2 lajur-2 arah (2/2 TB)

- 1 jalur-2 lajur-1 arah (2/1 TB)
- 2 jalur-4 lajur-2 arah (4/2 TB)
- 2 jalur-n lajur-2 arah (n/2 B), di mana n= jumlah lajur.

Keterangan : TB= tidak terbagi

B = terbagi

4. Lebar jalur

- Lebar jalur sangat ditentukan oleh jumlah dan lebar lajur peruntukannya. Tabel 2.6 menunjukkan lebar jalur dan bahu jalan sesuai VLHR-nya.
- Lebar jalur minimum 4,5 meter, memungkinkan 2 kendaraan kecil saling berpapasan. Papasan dua kendaraan besar yang terjadi sewaktu-waktu dapat menggunakan bahu jalan.

Tabel 2. 6 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan

VLHR (smp/hari)	ARTERI				KOLEKTOR				LOKAL			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (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
10.001-25.000	7,0	2,0	7,0	2,0	7,0	2,0	**)	**)	-	-	-	-
> 25.000	2nx3,5*)	2,5	2x7,0*)	2,0	2nx3,5*)	2,0	**)	**)	-	-	-	-

Keterangan :

**) = Mengacu pada persyaratan ideal

*) = 2 jalur terbagi, masing-masing nx3, 5m, di mana n = jumlah lajur per jalur

- = Tidak ditentukan

Sumber : TPGJAK No. 038/TBM/1997

2.2.6 Lajur

Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan, memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai dengan kendaraan rencana.

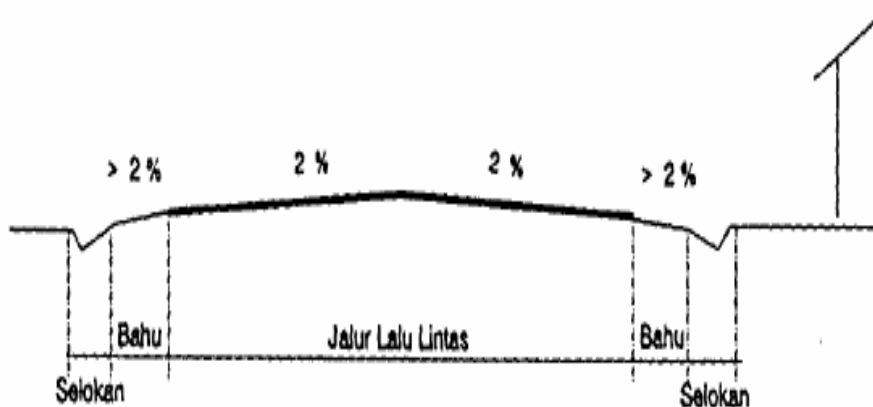
Untuk kelancaran drainase permukaan, lajur lalu lintas pada alinyemen lurus memerlukan kemiringan melintang normal sebagai berikut :

1. 2-3% untuk perkerasan aspal dan berkerasan beton.
2. 4-5% untuk perkerasan kerikil.

Tabel 2. 7 Lebar Lajur Jalan Ideal

Fungsi	Kelas	Lebar Lajur Ideal (m)
Arteri	I	3,75
	II, IIIA	3,50
Kolektor	IIIA, IIIB	3,00
Lokal	IIIC	3,00

Sumber : TPGJAK No. 038/TBM/1997



Gambar 2. 7 Kemiringan Melintang Jalan Normal

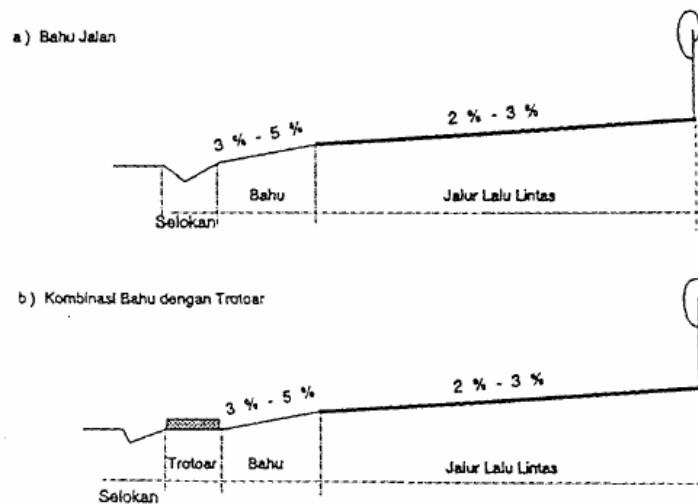
(Sumber : TPGJAK No. 038/TBM/1997)

2.2.7 Bahu Jalan

Bahu jalan adalah bagian jalan yang terletak di tepi jalur lalu lintas dan harus diperkeras. Fungsi bahu jalan sebagai berikut :

1. Lajur lalu lintas darurat, tempat berhenti sementara, dan atau tempat parkir darurat.
2. Ruang bebas samping bagi lalu lintas, dan
3. Penyangga sampai untuk kestabilan perkerasan jalur lalu lintas.

Kemiringan bahu jalan normal yaitu antara 2-5%.



Gambar 2. 8 Bahu Jalan

(Sumber : TPGJAK No. 038/TBM/1997)

2.2.8 Median

Median adalah bagian bangunan jalan yang secara fisik memisahkan dua jalur lalu lintas yang berlawanan arah. Fungsi median adalah untuk :

1. Memisahkan dua aliran lalu lintas yang berlawanan arah.
2. Ruang tunggu penyebrangan jalan.
3. Penempatan fasilitas jalan.
4. Tempat prasarana kerja sementara.

5. Penghijauan.
6. Tempat berhenti darurat (jika cukup luas).
7. Cadangan lajur (jika cukup luas).
8. Mengurangi silau dari sinar lampu kendaraan dari arah yang berlawanan.

Jalan 2 arah dengan 4 lajur atau lebih perlu dilengkapi median. Median dapat dibedakan atas :

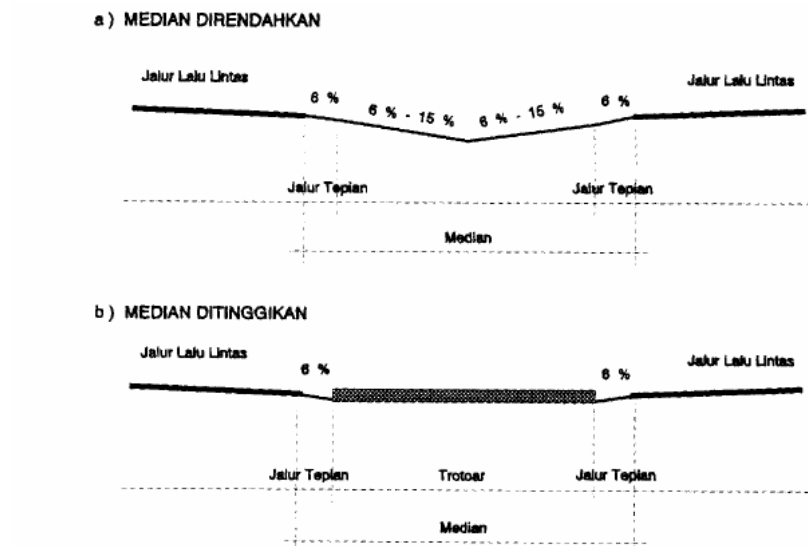
- Median direndahkan, terdiri atas tepian dan bangunan pemisah jalur yang direndahkan.
- Median ditinggikan, terdiri atas jalur tepian dan bangunan pemisah jalur yang ditinggikan.

Lebar minimum median terdiri atas jalur tepian selebar 0,25-0,50 meter dan bangunan pemisah jalur.

Tabel 2. 8 Lebar Minimum Median

Bentuk Median	Lebar Minimum (m)
Median ditinggikan	2,0
Median direndahkan	7,0

Sumber : TPGJAK No. 038/TBM/1997



Gambar 2. 9 Median Direndahkan dan Ditinggikan
(Sumber : TPGJAK No. 038/TBM/1997)

2.2.9 Jarak Pandang

Jarak pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengendara pada saat mengemudi sedemikian sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. Dibedakan dua jarak pandang, yaitu Jarak Pandang Henti (Jh) dan Jarak Pandang Mendahului (Jd). (TPGJAK No. 038/TBM/1997)

a. Jarak Pandang Henti (Jh)

Jarak pandang henti (Jh) adalah minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan didepan. Setiap titik sepanjang jalan harus memenuhi jarak pandang henti (Jh).

Jh terdiri dari dua elemen jarak, yaitu :

1. Jarak tanggap (Jht) adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat sesuatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.
2. Jarak pengereman (Jh,) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

Jh dalam satuan meter dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Jh = 0,694 * Vr + 0,004 \frac{Vr^2}{f} \quad (\text{Persamaan 2.4})$$

Keterangan :

Vr = Kecepatan rencana (km/jam)

f = koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35-0,55

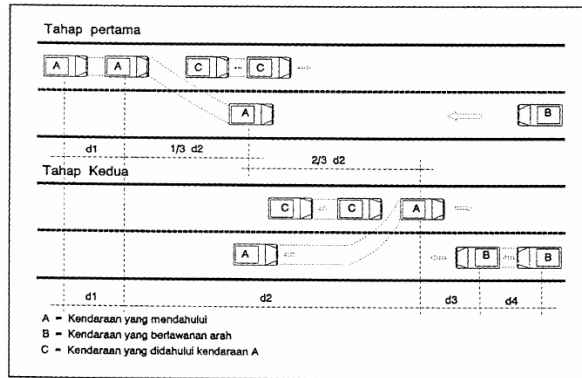
Tabel 2. 9 Jarak Pandang Henti Minimum (Jhmin)

V_R (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jhmin (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

Sumber : TPGJAK No.038/TBM/1997

b. Jarak Pandang Mendahului (Jd)

Jarak Pandang mendahului (Jd) adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula. Daerah mendahului harus disebar sepanjang jalan dengan jumlah panjang minimum 30% dari panjang total ruas jalan tersebut.



Gambar 2. 10 Sketsa Jarak Pandang Mendahului

(Sumber : TPGJAK No.038/TBM/1997)

Tabel 2. 10 Panjang Jarak Pandang Mendahului

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

Sumber : TPGJAK No.038/TBM/1997

Jd dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut :

$$J_d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \quad (\text{Persamaan 2.5})$$

$$d_1 = 0,278 \cdot t_1 \left(V - m + \frac{a}{2} \cdot t_1 \right) \quad (\text{Persamaan 2.6})$$

$$d_2 = 0,278 \cdot t_2 \cdot V \quad (\text{Persamaan 2.7})$$

$$d_4 = \frac{2}{3} d_2 \quad (\text{Persamaan 2.8})$$

Keterangan :

 t_1 = Waktu reaksi, yang besarnya tergantung dari kecepatan yang (detik)

 dapat ditentukan dengan korelasi $t_1 = 2,12 + 0,026V$

t_2 = Waktu di mana kendaraan yang menyiap berada pada lajur kanan yang dapat ditentukan dengan mempergunakan rumus

$$t_2 = 6,56 + 0,048.V$$

m = Perbedaan kecepatan kendaraan yang menyiap dan yang disalip (diambil rata-rata 15 km/jam)

d_1 = Jarak pengamatan dan reaksi (m)

d_2 = Jarak selama menyiap (m)

d_3 = Jarak bebas kendaraan menyiap dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses menyiap selesai (diambil 30-100 m)

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

a = Percepatan rata-rata (2,26 – 2,36 km/jam/detik)

Tabel 2. 11 Panjang Jarak Antara Kendaraan

V_R (km/jam)	50-65	65-80	80-95	95-110
d_3 (m)	30	55	75	90

Sumber : TPGJAK No.038/TBM/1997

2.2.10 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. (Silvia Sukirman, 1994:67).

a. Panjang Bagian Lurus

Panjang maksimum bagian lurus harus dapat ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit (sesuai V_R), dengan pertimbangan keselamatan pengemudi akibat dari kelelahan. Tabel 2.4 merupakan tabel panjang bagian lurus maksimum sesuai dengan fungsi jalan.

Tabel 2. 12 Panjang Bagian Lurus Maksimum

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

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

b. Jari-Jari Tikungan

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 TPGJAK :

- Koefisien gesek maksimum (f_{maks})

Untuk $V < 80$ km/jam:

$$F_{maks} = 0,192 - (0,00065 \times V_R) \quad (\text{Persamaan 2.9})$$

Untuk $V > 80$ km/jam:

$$F_{maks} = 0,24 - (0,00125 \times V_R) \quad (\text{Persamaan 2.10})$$

- Jari-jari minimum (R_{min})

$$R_{min} = \frac{V_R^2}{127 \times (e_{maks} + f_{maks})} \quad (\text{Persamaan 2.11})$$

- Derajat lengkung maksimum (D_{maks})

$$D_{maks} = \frac{181913,53(e_{maks} + f_{maks})}{V_R^2} \quad (\text{Persamaan 2.12})$$

Dimana:

F_{maks} = Koefisien gesekan melintang maksimum

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

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

V_R = Kecepatan kendaraan rencana, (km/jam)

e_{maks} = Superelevasi maksimum, (%)

Tabel 2. 13 Panjang Jari-jari Minimum (dibulatkan) untuk $E_{maks} = 10\%$

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

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

Tabel 2. 14 Besarnya Rmin dan Dmaks untuk Beberapa Kecepatan Rencana dengan Menggunakan Persamaan 2.11 dan 2.12

Kecepatan rencana (km/jam)	e_{maks}	f_{maks}	Rmin (Perhitungan) (m)	Rmin desain (m)	Dmaks desain ($^{\circ}$)
40	0,10	0,166	47,363	47	30,48
	0,08		51,213	51	28,09
50	0,10	0,160	75,858	76	18,85
	0,08		82,192	82	17,47
60	0,10	0,153	112,041	112	12,79
	0,08		121,659	122	11,74
70	0,10	0,147	156,522	157	9,12
	0,08		170,343	170	8,43
80	0,10	0,140	209,974	210	6,82
	0,08		229,062	229	6,25
90	0,10	0,128	280,350	280	5,12
	0,08		307,371	307	4,67
100	0,10	0,115	366,233	366	3,91
	0,08		403,796	404	3,55
110	0,10	0,103	470,497	470	3,05
	0,08		522,058	522	2,74
120	0,10	0,090	596,768	597	2,40
	0,08		666,975	667	2,15

Sumber : Silvia Sukirman, 1994:76

c. Lengkung Peralihan (Ls)

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

- 1) Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan

$$Ls = \frac{Vr}{3,6} T \quad (\text{Persamaan 2.13})$$

Dimana:

V_R = Kecepatan rencana, (km/jam)

T = Waktu tempuh pada lengkung peralihan, ditetapkan 3 detik

2) Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_s = 0,022x \frac{V_r}{RxC} - 2,727x \frac{V_re}{C} \quad (\text{Persamaan 2.14})$$

3) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s = \frac{(em-en)xV_r}{3,6re} \quad (\text{Persamaan 2.15})$$

Dimana:

V_r = Kecepatan rencana, (km/jam)

em = Superelevasi maksimum (%)

en = Superelevasi normal (%)

re = Tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang

d. Landai Relatif

Landai relatif (1/m) adalah besarnya kelandaian akibat perbedaan elevasi tepi perkerasan sebelah luar sepanjang lengkung peralihan. (Silvia Sukirman, 1994:100)

$$\frac{1}{m} = \frac{(e+en)B}{L_s} \quad (\text{Persamaan 2.16})$$

Keterangan:

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

e = Superelevasi, (%)

en = Kemiringan melintang normal, (%)

B = Lebar lajur, (m)

L_s = Panjang Lengkung Peralihan, (m)

Tabel 2. 15 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi yang Dibutuhkan (emaks=10% Metode Bina Marga)

D (°)	R (m)	V = 50 km/jam		V = 60 km/jam		V = 70 km/jam		V = 80 km/jam		V = 90 km/jam	
		e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls
0,250	5730	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0
0,500	2865	LN	0	LN	0	LP	60	LP	70	LP	75
0,750	1910	LN	0	LP	50	LP	60	0,020	70	0,025	75
1,000	1432	LP	45	LP	50	0,021	60	0,027	70	0,033	75
1,250	1146	LP	45	LP	50	0,025	60	0,033	70	0,040	75
1,500	955	LP	45	0,023	50	0,030	60	0,038	70	0,047	75
1,750	819	LP	45	0,026	50	0,035	60	0,044	70	0,054	75
2,000	716	LP	45	0,029	50	0,039	60	0,049	70	0,060	75
2,500	573	0,026	45	0,036	50	0,047	60	0,059	70	0,072	75
3,000	477	0,030	45	0,042	50	0,055	60	0,068	70	0,081	75
3,500	409	0,035	45	0,048	50	0,062	60	0,076	70	0,089	75
4,000	358	0,039	45	0,054	50	0,068	60	0,082	70	0,095	75
4,500	318	0,043	45	0,059	50	0,074	60	0,088	70	0,099	75
5,000	286	0,048	45	0,064	50	0,079	60	0,093	70	0,100	75
6,000	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 : Silvia Sukirman, 1994:1

Keterangan:

Δ = Sudut Tikungan, ($^{\circ}$)

TC = Tangen to Circle

CT = Circle to Tangen

R_c = Jari-jari Busur Lingkaran, (m)

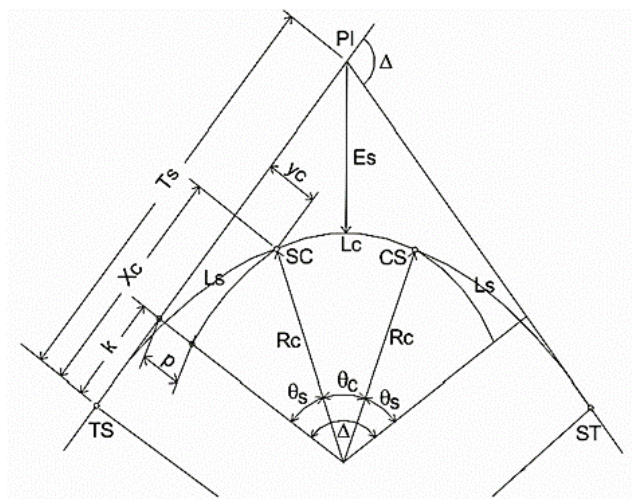
T_c = Panjang Tangen (jarak dari TC ke PI atau PI ke TC), (m)

L_c = Panjang Busur Lingkaran, (m)

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

- *Spiral-Circle-Spiral (SCS)*

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



Gambar 2. 12 Lengkung S-C-S (*Spiral-Circle-Spiral*)

Rumus yang digunakan :

$$\theta_s = \frac{Ls}{2.Rc} \times \frac{360}{2\pi} \quad (\text{Persamaan 2.20})$$

$$\Delta c = \Delta - (2\theta_s) \quad (\text{Persamaan 2.21})$$

$$Xc = Ls - \left(\frac{Ls^3}{40 \times Rc^2} \right) \quad (\text{Persamaan 2.22})$$

$$Yc = \frac{Ls^2}{6Rc} \quad (\text{Persamaan 2.23})$$

$$p = Yc - Rc(1 - \cos \theta_s) \quad (\text{Persamaan 2.24})$$

$$K = Xc - Rc \sin \theta_s \quad (\text{Persamaan 2.25})$$

$$Es = \frac{Rc + p}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - Rc \quad (\text{Persamaan 2.26})$$

$$Ts = (Rc + p) \times \tan \left(\frac{1}{2} \Delta \right) + K \quad (\text{Persamaan 2.27})$$

$$Lc = \frac{\Delta c \times 2\pi \times Rc}{360^\circ} \quad (\text{Persamaan 2.28})$$

$$L_{tot} = Lc + (2Ls) \quad (\text{Persamaan 2.29})$$

Dimana :

Xc = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik ST ke SC, (m)

Yc = Jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung, (m)

Ls = Panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST, (m)

Lc = Panjang busur lingkaran (panjang dari titik SC ke CS), (m)

Ts = Panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST, (m)

TS = Titik dari tangen ke spiral

SC = Titik dari spiral ke lingkaran

E_s = Jarak dari PI ke busur lingkaran, (m)

θ_s = Sudut lengkung spiral, ($^\circ$)

R_c = Jari-jari rencana, (m)

p = Pergeseran tangen terhadap spiral, (m)

K = Absis dari p pada garis tangen spiral, (m)

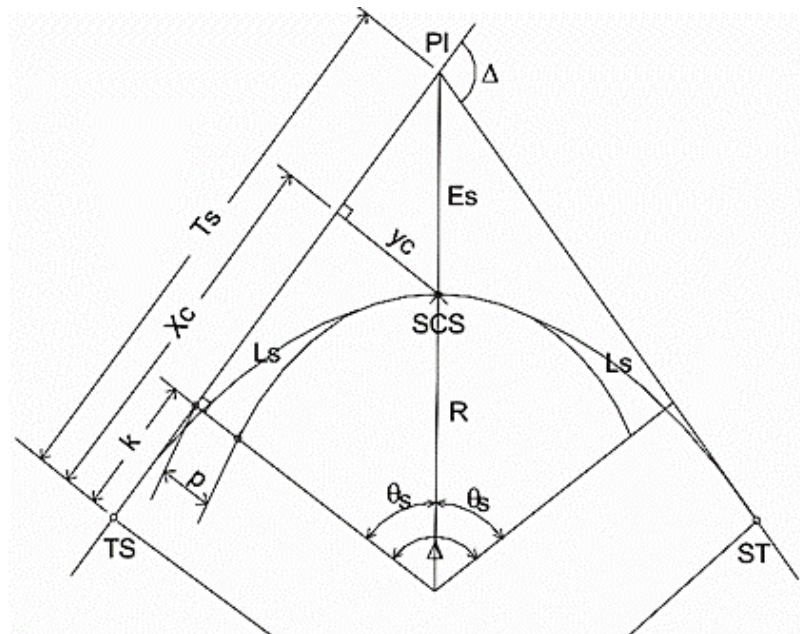
- *Spiral-Spiral (SS)*

Lengkung horizontal berbentuk S-S (*Spiral Spiral*) adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga titik SC berimpit dengan titik CS.

Panjang busur lingkaran $L_c = 0$, dan $\theta_s = \frac{1}{2} \beta$. R_c yang dipilih harus

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

Sukirman, 1999:134).



Gambar 2. 13 Lengkung S-S (*Spiral-Spiral*)

Rumus yang digunakan :

$$L_c = 0 \quad (\text{Persamaan 2.30})$$

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta \quad (\text{Persamaan 2.31})$$

$$L_{tot} = 2L_s \quad (\text{Persamaan 2.32})$$

$$L_s = \frac{\theta_s \pi x R d}{90^\circ} \quad (\text{Persamaan 2.33})$$

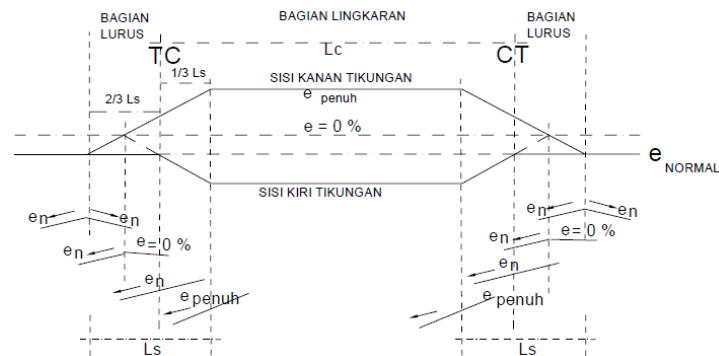
Untuk Y_c , X_c , p , k , T_s , dan E_s rumus sama dengan Tikungan SCS.

f. Diagram Superelevasi

Diagram superelevasi menggambarkan pencapaian superelevasi dari lereng normal ke superelevasi penuh, sehingga dengan mempergunakan diagram superlevasi dapat ditentukan bentuk penampang melintang pada setiap titik di suatu lengkung horizontal yang direncanakan. Diagram superelevasi digambar berdasarkan elevasi sumbu jalan sebagai garis nol. Elevasi tepi perkerasan diberi tanda positif atau negatif ditinjau dari ketinggian sumbu jalan. Tanda positif untuk elevasi tepi perkerasan yang terletak lebih tinggi dari sumbu jalan dan tanda negatif untuk elevasi tepi perkerasan yang terletak lebih rendah dari sumbu jalan. (Silvia Sukirman, 1994:116).

Nilai superelevasi maksimum ditetapkan 10%, untuk bagian jalan lurus yang mempunyai kemiringan melintang yang biasa diambil minimum 2% baik sebelah kiri maupun sebelah kanan as jalan.

➤ Diagram Superelevasi *Full-Circle* (FC)



Gambar 2. 16 Diagram Superelevasi pada Tikungan FC
(Sumber : RSNI T-14-2004)

➤ Diagram Superelevasi *Spiral-Spiral* (SS)



Gambar 2. 17 Diagram Superelevasi pada Tikungan SS

g. Pelebaran Jalur Lalu Lintas di Tikungan

Pelebaran tikungan dimaksudkan untuk mempertahankan konsistensi geometrik jalan agar kondisi operasional lalu lintas di tikungan sama dengan di bagian lurus. Persamaan-persamaan yang dipergunakan untuk mencari tambahan lebar perkerasan yang diperlukan adalah :

$$B = \sqrt{\{\sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25\}^2 + 64} - \sqrt{(Rc^2 - 64) + 1,25} \quad (\text{Persamaan 2.9})$$

$$Ri = \sqrt{Rc^2 - (p + A)^2} - \frac{1}{2}b \quad (\text{Persamaan 2.10})$$

$$Rw = \sqrt{(Ri + b)^2 + (p + A)^2} \quad (\text{Persamaan 2.11})$$

$$U = B - b \quad (\text{Persamaan 2.12})$$

$$Z = \frac{0,105V}{\sqrt{R}} \quad (\text{Persamaan 2.13})$$

$$Bt = n(B + C) + Z \quad (\text{Persamaan 2.14})$$

$$\Delta b = Bt - Bn \quad (\text{Persamaan 2.15})$$

Kendaraan rencana berupa truk tunggal dengan :

p = Jarak antara as roda depan dan belakang kendaraan 6,5
m

A = Tonjolan depan kendaraan 1,5 m

b = Lebar lintasan kendaraan sedang pada jalan lurus 2,5 m

Keterangan :

L = Lebar lajur perkerasan rencana (m)

Ri = Radius lengkung terdalam dari lintasan kendaraan pada lengkung horizontal untuk lajur sebelah dalam (m)

Rw = Radius lengkung terluar dari lintasan kendaraan pada lengkung horizontal untuk lajur sebelah dalam (m)

Rc = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan yang besarnya dipengaruhi oleh sudut α (m)

B	=	Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan di tikungan pada jalur sebelah dalam	(m)
C	=	Lebar kebebasan samping di kiri dan di kanan kendaraan biasanya 0,5m, 1m, dan 1,5m untuk lebar jalan 6m, 7m, dan 7,5m	(m)
R	=	Radius lengkung	(m)
V	=	Kecepatan rencana	(km/jam)
Z	=	Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi di tikungan	(m)
n	=	Jumlah jalur	
B _t	=	Lebar total perkerasan di tikungan	(m)
B _n	=	Lebar total perkerasan pada bagian lurus	(m)
Δb	=	Tambahan lebar perkerasan di tikungan	(m)

Dalam perencanaan pelebaran perkerasan jalan pada tikungan harus dipertimbangkan hal-hal, antara lain sebagai berikut :

- Kesulitan pengemudi untuk menempatkan kendaraan tetap pada lajunya.
- Penambahan lebar lajur yang dipakai untuk kendaraan saat kendaraan melakukan gerakan melingkar. Dalam segala hal pelebaran perkerasan di tikungan harus memenuhi gerak perputaran kendaraan rencana sedemikian sehingga persyaratan proyeksi kendaraan tetap pada lajunya.

- Pelebaran di tikungan ditentukan oleh radius belok kendaraan rencana.
- Pelebaran yang lebih kecil dari 0,6m dapat diabaikan.

h. Jarak Pandang pada Lengkung Horizontal

Perhitungan untuk jarak pandang kendaraan antara lain:

$$J_h = 0,694 \times V_R + 0,004 \frac{V_R^2}{f} \quad (\text{Persamaan 2.41})$$

Keterangan:

V_R = Kecepatan rencana, (km/jam)

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

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

Tabel 2. 16 Jarak Pandang Henti (J_h) Minimum

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

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

Tabel 2. 17 Jarak Pandang Mendahului (J_d)

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

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

i. Kebebasan Samping

Perhitungan kebebasan samping tergantung kepada J_h , antara lain:

- 1) Jarak pandang henti (J_h) < panjang tikungan

$$E = R \left(1 - \cos \frac{90^\circ J_h}{\pi R} \right) \quad (\text{Persamaan 2.42})$$

2) Jarak pandang henti (J_h) > panjang tikungan

$$E = R \left(1 - \cos \frac{90^\circ J_h}{\pi R} \right) \frac{1}{2} (J_h - L_t) \sin \left(\frac{90^\circ J_h}{\pi R} \right) \quad (\text{Persamaan 2.43})$$

Keterangan:

E = Jarak dari penghalang ke sumbu lajur sebelah dalam (m)

R = Jari-jari tikungan, (m)

J_h = Jarak pandang, (m)

L_t = Panjang tikungan, (m)

2.2.11 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan. Alinyemen vertikal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung. Ditinjau dari titik awal perencanaan, bagian lurus dapat berupa landai positif (tanjakan), atau landai negatif (turunan), atau landai nol (datar). Bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cekung atau lengkung cembung. (TPGJAK NO. 038/TMB/1997, BAB II:36)

a. 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 2.10 untuk kelandaian maksimum yang diijinkan berdasarkan kecepatan rencana:

Tabel 2. 18 Kelandaian Maksimum yang Diijinkan

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

b. Panjang Kritis Kelandaian

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. 19 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

c. Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal merupakan lengkung peralihan antara dua kelandaian. 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:

$$L_v = 0,6 x V \quad (\text{Persamaan 2.44})$$

Berdasarkan syarat drainase:

$$L_v = 40 x A \quad (\text{Persamaan 2.45})$$

Berdasarkan syarat kenyamanan pengemudi:

$$L_v = V x t \quad (\text{Persamaan 2.46})$$

Berdasarkan pengurangan goncangan:

$$L_v = \frac{V^2 \times A}{360} \quad (\text{Persamaan 2.47})$$

Keterangan :

L_v = Panjang lengkung vertikal, (m)

V = Kecepatan rencana, (km/jam)

A = Perbedaan grade/kelandaian, (%)

t = ditentukan 3 detik

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

- 1) Lengkung vertikal cekung, adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan,
 - 2) 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 :

$$L_v = \frac{A J h^2}{405} \quad (\text{Persamaan 2.48})$$

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

$$L_v = 2Jh - \frac{405}{A} \quad (\text{Persamaan 2.49})$$

➤ Panjang minimum lengkung vertikal ditentukan dengan rumus :

$$Lv = A Y \quad (\text{Persamaan 2.50})$$

$$Lv = \frac{Jh^2}{405} \quad (\text{Persamaan 2.51})$$

Keterangan :

Lv = Panjang lengkung vertikal (m)

A = Perbedaan grade (m)

Jh = Jarak pandang henti (m)

Y = Faktor penampilan kenyamanan, didasarkan pada tinggi obyek 10 cm dan tinggi mata 120 cm

Persamaan umum lengkung vertikal :

$$Lv = g1 - g2 \quad (\text{Persamaan 2.52})$$

$$Ev = \frac{A \cdot Lv}{800} \quad (\text{Persamaan 2.53})$$

Ev = pergeseran vertikal dari titik PPV ke bagian lengkung

$$Y = \frac{A}{200 \cdot Lv} \cdot x^2 \quad (\text{Persamaan 2.54})$$

Y dipengaruhi oleh jarak pandang di malam hari, kenyamanan, dan penampilan. Y ditentukan sesuai tabel :

Tabel 2. 20 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/TBM/1997

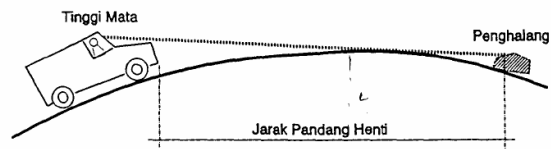
Panjang lengkung vertikal bisa ditentukan langsung sesuai dengan yang didasarkan pada penampilan, kenyamanan, dan jarak pandang.

Tabel 2. 21 Panjang Minimum Lengkung Vertikal

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

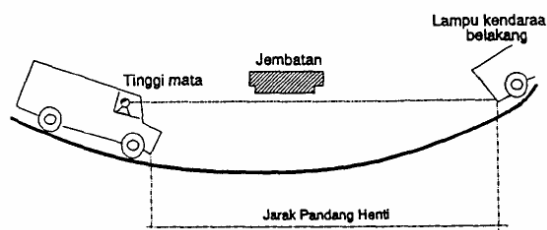
Sumber : TPGJAK No.038/TBM/1997

Lengkung Cembung



Gambar 2. 18 Lengkung Vertikal Cembung
(Sumber TPGJAK No.038/TBM/1997)

Lengkung Cekung



Gambar 2. 19 Lengkung Vertikal Cekung
(Sumber TPGJAK No.038/TBM/1997)

d. Galian dan Timbunan (*cut and fill*)

Pekerjaan tanah galian dan timbunan adalah metode perencanaan konstruksi jalan raya dengan cara memotong bukit (*cut*) dan menimbun lembah (*fill*). Kedua macam perencanaan pekerjaan tersebut di buat untuk mendapatkan apa yang sebut dengan jalan dasar. Langkah awal yaitu dengan menghitung luas penampang tanah galian dan timbunan, dan setelah itu menghitung volume dari galian maupun timbunan dari gambar potongan melintang.

$$Volume = \frac{A1 + A2}{2} \times Jarak \quad (\text{Persamaan 2.55})$$

Dapat juga dilakukan dengan menggunakan *Formula Prisma* :

$$Volume = \frac{A1+4M+A2}{6} \times Jarak \quad (\text{Persamaan 2.56})$$

Keterangan :

A1	Luas penampang di Sta.1	(m ²)
A2	Luas penampang di Sta.2	(m ²)
M	= Luas penampang dipertengahan jarak Sta.1 dan Sta.2	(m ²)

Tabel 2. 22 Contoh Perhitungan Galian dan Timbunan

Titik	STA	Luas Penampang Melintang (m ²)				Jarak (m)	Volume (m ³)	
		Galian	Timbunan	Rata-rata			Galian	Timbunan
				Galian	Timbunan			
1.	STA+Jarak Awal	AG1	AT1			J1		
				$\frac{AG1 + AG2}{2}$	$\frac{AT1 + AT2}{2}$		$\left(\frac{AG1 + AG2}{2}\right)J1$	$\left(\frac{AT1 + AT2}{2}\right)J1$
2.	STA+Jarak	AG2	AT2					
Total (Σ)						ΣJarak	ΣGalian	ΣTimbunan

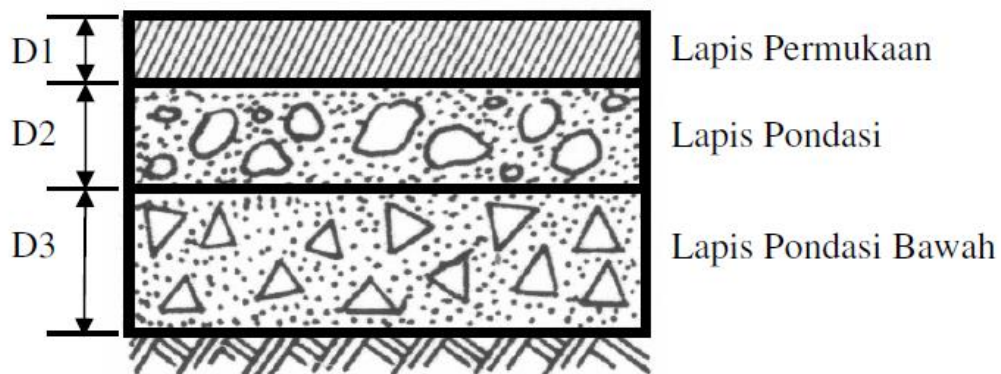
2.3 Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur

Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun di atas lapisan tanah dasar (*subgrade*), yang berfungsi untuk menopang beban lalu lintas. (Shirley L. Hendarsin, 2000:208) Jenis konstruksi perkerasan jalan pada umumnya ada dua jenis, yaitu:

- a. Perkerasan lentur (*flexible pavement*), dan
- b. Perkerasan kaku (*rigid pavement*).

2.3.1 Struktur Perkerasan Lentur

Bagian perkerasan jalan umumnya meliputi : lapisan pondasi bawah (*sub base course*), lapis pondasi (*base course*) dan lapisan permukaan (*surface course*)



Gambar 2. 20 Susunan Lapisan Perkerasan Jalan

(Sumber : SKBI 2.3.26.1987)

- a. Tanah Dasar

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Umumnya persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut :

1. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.

2. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
3. Daya dukung tanah yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya, atau akibat pelaksanaan.
4. Lendutan dan lendutan balik selama dan sesudah pembebanan lalu lintas dari macam tanah tertentu.
5. Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas dan penurunan yang di akibatkannya, yaitu pada tanah berbutir kasar (*granular skill*) yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaan.

b. Lapis Pondasi Bawah

Fungsi lapis pondasi bawah antara lain :

1. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
2. Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan-lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
3. Untuk mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapis pondasi.
4. Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar.

Campuran-campuran tanah setempat dengan kapur atau semen *portland* dalam beberapa hal sangat dianjurkan, agar dapat bantuan yang efektif terhadap kestabilan konstruksi perkerasan.

c. Lapis Pondasi

Fungsi lapis pondasi antara lain :

1. Sebagai bagian perkerasan yang menahan beban roda,
2. Sebagai perletakan terhadap lapi permukaan.

Bahan-bahan untuk lapis pondasi umumnya harus cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban-beban roda. Berbagai-bagai macam bahan alam/bahan setempat dapat digunakan sebagai lapis pondasi, antara lain : batu pecah, kerikil pecah, dan stabilitas tanah dengan semen atau kapur.

d. Lapis Permukaan

Fungsi lapisan permukaan antara lain :

1. Sebagai bahan perkerasan untuk menahan beban roda,
2. Sebagai lapisan rapat air untuk melindungi badan jalan kerusakan akibat cuaca.
3. Sebagai lapisan aus (*wearing course*).

Bahan untuk lapisan permukaan umumnya adalah sama dengan bahan untuk lapis pondasi, dengan persyaratan yang lebih tinggi. Penggunaan bahan aspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air, di samping itu bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik, yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda lalu lintas.

2.3.2 Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan ialah jumlah tahun dari saat jalan tersebut dibuka untuk lalu-lintas kendaraan sampai diperlukan suatu perbaikan yang bersifat struktural (sampai diperlukan *overlay* lapisan perkerasan). Selama umur rencana tersebut pemeliharaan perkerasan jalan harus dilakukan, seperti pelapisan non

struktural yang berfungsi sebagai lapisan aus. Umur rencana untuk perkerasan lentur jalan baru umumnya diambil 20 tahun dan untuk peningkatan jalan 10 tahun. Umur rencana yang lebih besar dari 20 tahun tidak lagi ekonomis karena perkembangan lalu lintas yang terlalu besar dan sukar mendapatkan ketelitian yang memadai. (Silvia Sukirman, 1999:93).

Tabel 2. 23 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru

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 (CBT)</i>	
Perkerasan Kaku	Lapisan fondasi atas, lapisan fondasi bawah, lapisan beton semen, dan fondasi jalan.	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

Sumber : MPJ No. 04/SE/Db/2017

2.3.3 Lalu Lintas

a. Jumlah Jalur dan Koefisien Distribusi Kendaraan

Jalur rencana merupakan salah satu jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya, yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas jalur, maka jumlah jalur ditentukan dari lebar perkerasan menurut tabel di bawah:

Tabel 2. 24 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur (n)
$L < 5,50$ m	1 jalur
$5,50 \text{ m} \leq L < 8,25$ m	2 jalur
$8,25 \text{ m} \leq L < 11,25$ m	3 jalur
$11,25 \text{ m} \leq L < 15,00$ m	4 jalur

$15,00 \text{ m} \leq L < 18,75 \text{ m}$	5 jalur
$18,75 \text{ m} \leq L < 22,00 \text{ m}$	6 jalur

Sumber : SKBI 2.3.26.1987

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

Tabel 2. 25 Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan*)		Kendaraan Berat**)	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 jalur	1,00	1,00	1,00	1,000
2 jalur	0,60	0,50	0,70	0,500
3 jalur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 jalur	-	0,30	-	0,450
5 jalur	-	0,25	-	0,425
6 jalur	-	0,20	-	0,400

*) berat total < 5 ton, misalnya mobil penumpang, *pick up*, mobil hantaran
 **) berat total > 5 ton, misalnya bus, *truck*, traktor, semi trailer, trailer

Sumber : SKBI 2.3.26.1987

b. Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Angka ekuivalen kendaraan adalah angka yang menunjukkan jumlah lintasan dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton yang akan menyebabkan kerusakan yang sama atau penurunan indeks permukaan yang sama apabila kendaraan tersebut lewat satu kali.

Angka ekuivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut rumus tabel di bawah ini :

Tabel 2. 26 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Beban Sumbu		Angka Ekuivalen	
Kg	Lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
1000	2205	0,0002	-
2000	4409	0,0036	0,0003
3000	6614	0,0183	0,0016
4000	8818	0,577	0,0050
5000	11023	0,1410	0,0121
6000	13228	0,2923	0,0251
7000	15432	0,5415	0,0466
8000	17637	0,9238	0,0794
8160	18000	1,0000	0,0860
9000	19841	1,4798	0,1273
10000	22046	2,2555	0,1940
11000	24251	3,3022	0,2840
12000	26455	4,6770	0,4022
13000	28660	6,4419	0,5540
14000	30864	8,6647	0,7452
15000	33069	11,4184	0,9820
16000	35276	14,7815	1,2712

Sumber :SKBI 2.3.26.1987

c. 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.

Jumlah kendaraan yang hendak memakai jalan dinyatakan dalam volume lalu lintas. Volume lalu lintas didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang melewati satu titik pengamatan selama satu satuan waktu.

Untuk perencanaan tebal lapisan perkerasan, volume lalu lintas dinyatakan dalam kendaraan/hari/2 arah untuk jalan 2 arah tidak terpisah, dan kendaraan/hari/1 arah untuk jalan satu arah atau 2 arah terpisah.






Analisis volume lalu lintas didasarkan pada survei yang diperoleh dari :







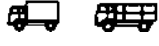






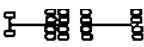
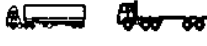
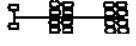

1. Survei lalu lintas, dengan durasi minimal 7x24 jam. Survei dapat dilakukan secara manual mengacu pada Pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas (Pd T-19-2004-B) atau menggunakan peralatan dengan pendekatan yang sama.
2. Hasil-hasil survei lalu lintas sebelumnya.

d. Jenis Kendaraan

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

Tabel 2. 27 Golongan Kelompok Jenis Kendaraan

Golongan	Kelompok Jenis Kendaraan	Jenis Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	Kode
1	Sepeda motor, kendaraan roda-3			
2	Sedan, <i>jeep</i> , <i>station wagon</i>			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 gandengan			1.2.2 - 2.2
7c	Truk semitrailer			1.2.2.2.2
8	Kendaraan tidak bermotor			

Sumber : Pd-19-2004-B

e. Lalu Lintas Harian Rata-Rata dan Lintas Ekivalen

Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana, yang dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median awal masing-masing arah pada jalan median.

Lintas Ekivalen dapat dibedakan atas :

1. Lintas Ekivalen Permulaan (LEP) pada saat jalan tersebut dibuka, dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j \quad \text{(Persamaan 2.57)}$$

Keterangan :

LEP = Lintas Ekivalen Permulaan

C_j = Koefisien distribusi kendaraan pada lajur rencana

E_j = Angka ekivalen beban sumbu untuk satu jenis kendaraan

LHR = Lalu Lintas Harian Rata-rata

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

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1 + i)^{UR} \times C_j \times E_j \quad \text{(Persamaan 2.58)}$$

Keterangan :

LEA = Lintas Ekivalen Akhir

C_j = Koefisien distribusi kendaraan pada lajur rencana

E_j = Angka ekivalen beban sumbu untuk satu jenis kendaraan

LHR = Lalu Lintas Harian Rata-rata

UR = Umur Rencana jalan

i = Faktor pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana

3. Lintas Ekivalen Tengah (LET), dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$LET = \frac{1}{2} \times (LEP + LEA) \quad \text{(Persamaan 2.59)}$$

Keterangan :

LET = Lintas Ekivalen Tengah

LEP = Lintas Ekvalen Permulaan

LEA = Lintas Ekivalen Akhir

4. Lintas Ekivalen Rencana (LER), dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{LER} = \text{LET} \times \text{FP} \quad (\text{Persamaan 2.60})$$

$$\text{FP} = \text{UR}/10 \quad (\text{Persamaan 2.61})$$

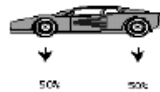



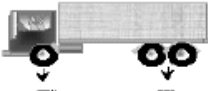
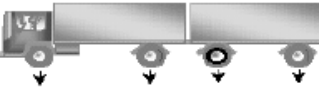
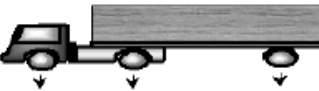
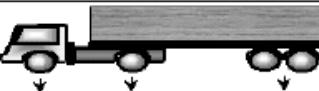
Keterangan :

LER = Lintas Ekivalen Rencana

FP = Faktor Penyesuaian

UR = Umur Rencana

Tabel 2. 28 Distribusi Beban Sumbu dari Berbagai Jenis Kendaraan

Konfigurasi Sumbu dan Type	Berat Kosong (Ton)	Berat Muatan Maksimum (Ton)	Berat Total Maksimum (Ton)	10E 10 KSAI KOSONG	10E 10 KSAI MUKSUD	
1.1 HP	1.5	0.5	2	0.0001	0.0004	
1.2 BUS	3	6	9	0.0037	0.3006	
1.2L Truck	2.3	6	8.3	0.0013	0.2174	
1.2H Truck	4.2	14	18.2	0.0143	5.0264	
1.22 Truck	5	20	25	0.0044	2.7416	
1.2+2.2 Trailer	6.4	25	31.4	0.0085	4.9283	
1.2-2 Trailer	6.2	20	26.2	0.0192	6.1179	
1.2-22 Trailer	10	32	42	0.0327	10.183	

Sumber : Bina Marga 1983

2.3.4 Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan CBR

Penentuan nilai CBR dapat dibagi atas segmen-segmen jalan, di mana setiap segmen mempunyai satu nilai CBR yang mewakili daya dukung tanah dasar dan dipergunakan untuk tebal perkerasan dari segmen tersebut. (Sukirman, 1999:116)

Nilai CBR segmen dapat ditentukan dengan persamaan :

$$CBR_{\text{segmen}} = CBR_{\text{rata-rata}} - (CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}})/R \quad (\text{Persamaan 2.62})$$

Di mana nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam 1 segmen. Besarnya nilai R dapat dilihat dalam tabel 2.29.

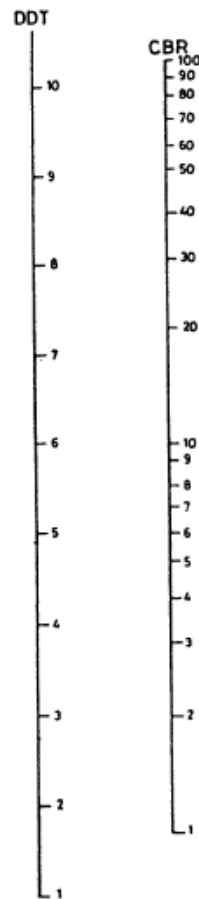
Tabel 2. 29 Nilai R untuk Perhitungan CBR Segmen

Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,67
7	2,83
8	2,96
9	3,08
>10	3,18

Sumber : Silvia Sukirman, 1999

Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan grafik korelasi. Yang dimaksud dengan harga CBR disini adalah harga CBR lapangan atau CBR laboratorium. Harga yang mewakili dari sejumlah harga CBR yang dilaporkan, ditentukan sebagai berikut :

- a. Tentukan harga CBR terendah.
- b. Tentukan berapa banyak harga dari masing-masing nilai CBR yang sama dan lebih besar dari masing-masing nilai CBR.
- c. Angka jumlah terbanyak dinyatakan sebagai 100%. Jumlah lainnya merupakan persentase dari 100%.
- d. Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan persentase jumlah tadi.
- e. Nilai CBR yang mewakili adalah yang didapat dari angka persentase 90%.



Gambar 2. 21 Korelasi DDT dan CBR

(Sumber : SKBI 2.3.26.1987)

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

2.3.5 Faktor Regional (FR)

Faktor regional berguna untuk memperhatikan keadaan lapangan mencakup permeabilitas tanah, pelengkap drainase, bentuk alinyemen serta persentase kendaraan dengan berat 13 ton, dan kendaraan yang berhenti, sedangkan keadaan iklim mencakup curah hujan rata-rata per tahun.

Faktor Regional hanya dipengaruhi oleh bentuk alinyemen (kelandaian dan tikungan), persentase kendaraan berat yang berhenti serta iklim (curah hujan) sebagai berikut :

Tabel 2. 30 Faktor Regional (FR)

	Kelandaian I (<6%)		Kelandaian II (6-10%)		Kelandaian III (>10%)	
	% kendaraan berat		% kendaraan berat		% kendaraan berat	
	≤ 30%	>30%	≤ 30%	>30%	≤ 30%	>30%
Iklim I<900mm/th	0,5	1,0-1,5	1,0	1,5-2,0	1,5	2,0-2,5
Iklim I>900mm/th	1,5	2,0-2,5	2,0	2,5-3,0	2,5	3,0-3,5
Catatan : Pada bagian-bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, pemberhentian atau tikungan tajam (jari-jari 30 m) FR ditambah dengan 0,5. Pada daerah rawa-rawa FR ditambah dengan 1,0.						

Sumber : SKBI 2.3.26.1987

2.3.6 Indeks Permukaan (IP)

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

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

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

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

IP = 2,5 Adalah menyatakan permukaan jalan yang masih cukup stabil dan baik.

Dalam menentukan indeks permukaan (IP) pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor-faktor klarifikasi fungsional jalan dan jumlah lintas ekuivalen rencana (LER), menurut daftar di bawah ini :

Tabel 2. 31 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP)

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

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

Sumber : SKBI 2.3.26.1987

Catatan : Pada proyek-proyek penunjang jalan, JAPAT/ jalan murah atau jalan darurat maka IP dapat diambil 1,0.

Dalam menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IP₀) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan pada awal umur rencana, sebagai berikut:

Tabel 2. 32 Indeks permukaan pada awal umur rencana (IP₀)

Jenis Permukaan	IP ₀	Roughness*) (mm/km)
LASTON	≥ 4	≤ 1000
	3,9-3,5	>1000
LASBUTAG	3,9-3,5	≤ 2000
	3,4-3,0	>2000
HRA	3,9-3,5	≤ 2000
	3,4-3,0	>2000

BURDA	3,9-3,5	<2000
BURTU	3,4-3,0	<2000
LAPEN	3,4-3,0	≤ 3000
	2,9-2,5	>3000
LATASBUM	2,9-2,5	
BURAS	2,9-2,5	
LATASIR	2,9-2,5	
JALAN TANAH	$\leq 2,4$	
JALAN KERIKIL	$\leq 2,4$	

Sumber : SKBI 2.3.26.1987

2.3.7 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif (a) masing-masing bahan dan kegunaannya sebagai lapis permukaan, pondasi, pondasi bawah, ditentukan secara kolerasi sesuai nilai marshall test (untuk bahan dengan aspal), kuat tekan (untuk bahan yang di stabilisasi dengan semen atau kapur), atau CBR (untuk bahan lapis pondasi bawah).

Tabel 2. 33 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koef. Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
0,40			744			Laston
0,35			590			
0,35			454			
0,30			340			
0,35			744			Lasbutang
0,31			590			
0,28			454			
0,26			340			
0,30			340			HRA
0,26			340			Aspal Macadam
0,25						Lapen (mekanis)
0,20						Lapen (manual)
	0,28		590			Laston Atas
	0,26		454			
	0,24		340			
	0,23					Lapen (mekanis)
	0,19					Lapen (manual)

Koef. Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
	0,15			22		Slab Tanah dengan Semen
	0,13			18		
	0,15			22		Slab Tanah dengan Kapur
	0,13			18		
	0,14				100	Batu Pecah (Kelas A)
	0,13				80	Batu Pecah (Kelas B)
	0,12				60	Batu Pecah (Kelas C)
		0,13			70	Sirtun/pitrun (kelas A)
		0,12			50	Sirtun/pitrun (kelas B)
		0,11			30	Sirtun/pitrun (kelas C)
		0,10			20	Tanah/lempung kepasiran

Sumber : SKBI 2.3.26.1987

Catatan : Kuat tekan stabilitas tanah dengan semen diperiksa pada hari ke-7. Kuat tekan stabilitas tanah dengan kapur diperiksa pada hari ke-21.

2.3.8 Batas-Batas Minimum Tebal Lapis Perkerasan

1. Lapisan Permukaan

Tabel 2. 34 Lapisan Permukaan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
<3,00	5	Lapis pelindung (buras/burtu/burda)
3,00-6,70	5	Lapen/Aspal Macadam,HRA,Lasbutag,Laston
6,71-7,49	7,5	Lapen/Aspal Macadam,HRA,Lasbutag,Laston
7,50-9,00	7,5	Lasbutag,Laston
≥ 10,00	10	Laston

Sumber : SKBI 2.3.26.1987

2. Lapisan Pondasi Atas

Tabel 2. 35 Lapisan Pondasi Atas

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
<3,00	15	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
3,00-7,49	20*) 10	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
7,50-9,99	20 15	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam laston atas
10,00-12,24	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam laston atas
≥ 12,25	25	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam laston atas

Sumber : SKBI 2.3.26.1987

3. Lapis Pondasi Bawah :

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

2.3.9 Analisa Komponen Perkerasan

Perhitungan perencanaan ini didasarkan pada kekuatan relatif masing-masing lapisan perkerasan jangka panjang, di mana penentuan tebal perkerasan dinyatakan oleh ITP (Indeks Tebal Perkerasan), dengan rumus sebagai berikut :

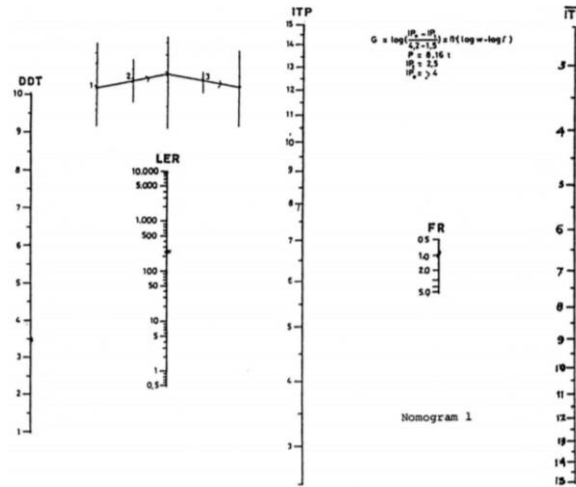
$$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 \quad (\text{Persamaan 2.63})$$

Keterangan :

a_1, a_2, a_3 = koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan

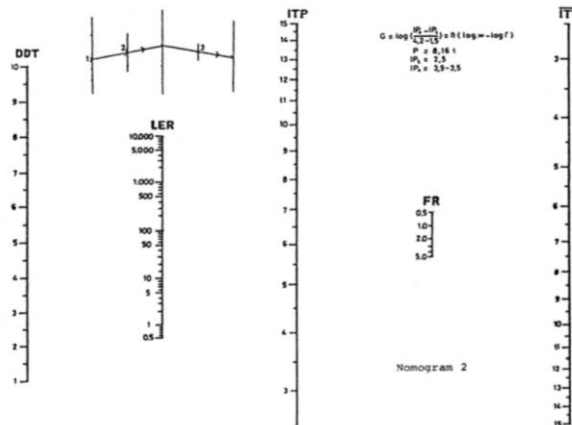
D_1, D_2, D_3 = tebal masing-masing lapis perkerasan (cm)

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



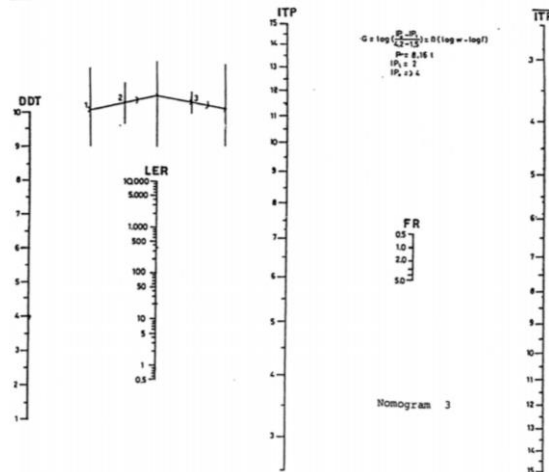
Gambar 2. 22 Nomogram 1 dengan $IP_t = 2,5$ dan $IP_o \geq 4$

(Sumber : SKBI 2.3.26.1987)



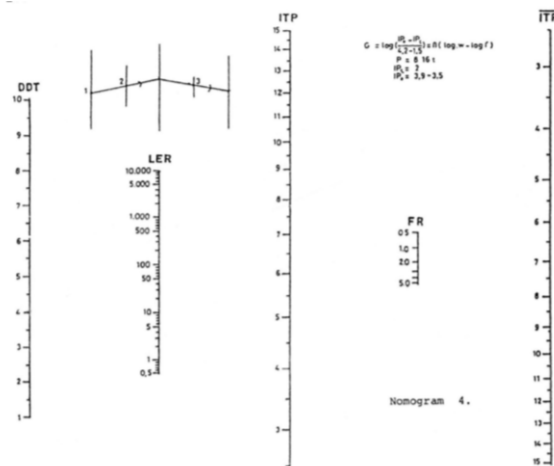
Gambar 2. 23 Nomogram 2 dengan $IP_t = 2,5$ dan $IP_o = 3,9 - 3,5$

(Sumber : SKBI 2.3.26.1987)



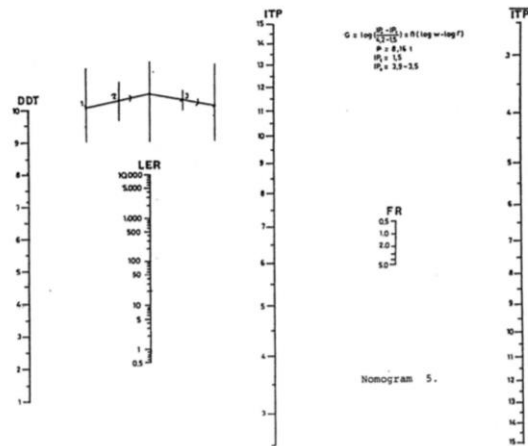
Gambar 2. 24 Nomogram 3 dengan $IP_t = 2$ dan $IP_o \geq 4$

(Sumber : SKBI 2.3.26.1987)

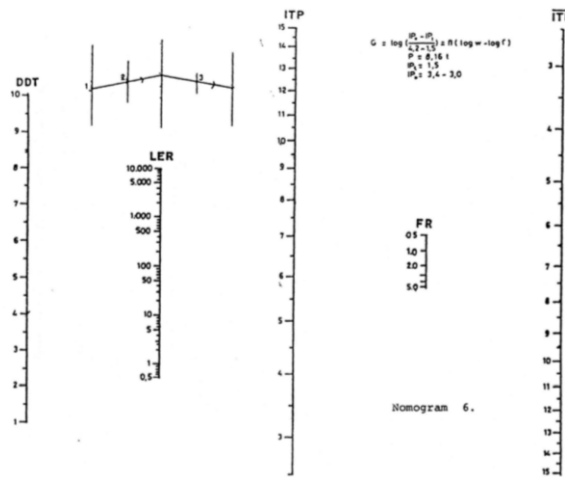


Gambar 2. 25 Nomogram 4 dengan $IP_t = 2$ dan $IP_o = 3,9 - 3,5$

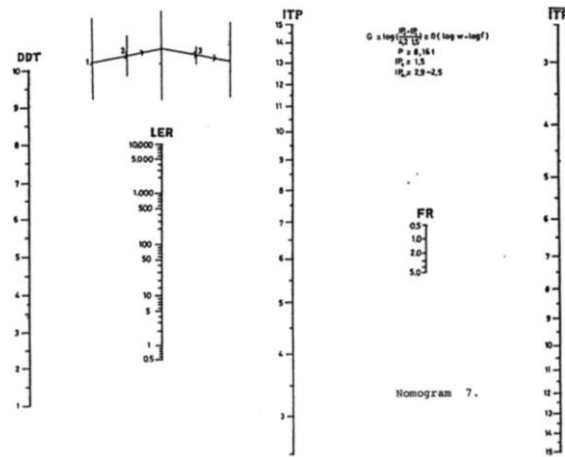
(Sumber : SKBI 2.3.26.1987)



Gambar 2. 26 Nomogram 5 dengan $IP_t = 1,5$ dan $IP_o = 3,9 - 3,5$
(Sumber : SKBI 2.3.26.1987)

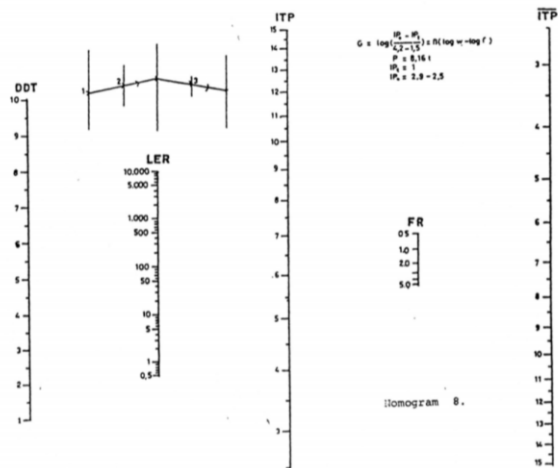


Gambar 2. 27 Nomogram 6 dengan $IP_t = 1,5$ dan $IP_o = 3,4 - 3,0$
(Sumber : SKBI 2.3.26.1987)



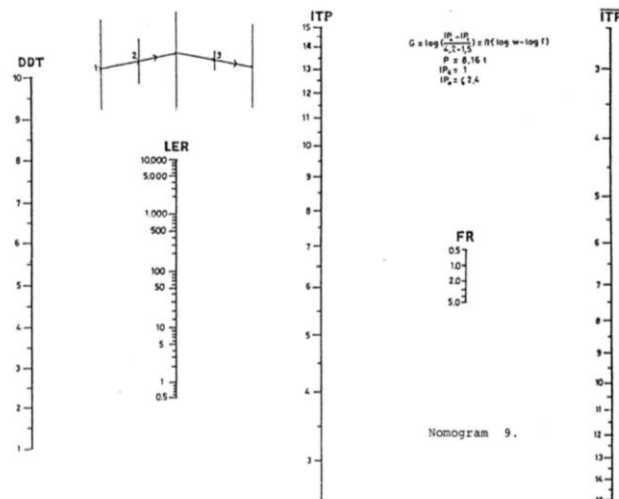
Gambar 2. 28 Nomogram 7 dengan $IP_t = 1,5$ dan $IP_o = 2,9 - 2,5$

(Sumber : SKBI 2.3.26.1987)



Gambar 2. 29 Nomogram 8 dengan $IP_t = 1$ dan $IP_o = 2,9 - 2,5$

(Sumber : SKBI 2.3.26.1987)



Gambar 2. 30 Nomogram 9 dengan $IPT = 1$ dan $IPO \leq 2,4$

(Sumber : SKBI 2.3.26.1987)

2.4 Perencanaan Drainase

Drainase yang berasal dari bahasa Inggris *drainage* yang mempunyai arti mengalirkan, menguras membuang, atau mengalirkan air. Dalam bidang teknik sipil, drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan/lahan, sehingga fungsi kawasan/lahan tidak terganggu. Drainase dapat juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas. Jadi, drainase menyangkut tidak hanya air permukaan tetapi juga air tanah. (Dr.Ir. Suripin, M.Eng, 2004:7)

Drainase merupakan salah satu fasilitas dasar yang dirancang sebagai sistem guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan merupakan komponen penting dalam perencanaan kota (perencanaan infrastruktur khususnya).

2.4.1 Analisis Hidrologi

a. Perhitungan Hujan Rerata

1. Metode Rata-rata Aljabar

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

$$R = \frac{1}{n}(R_1 + R_2 + \dots + R_n) \quad (\text{Persamaan 2.64})$$

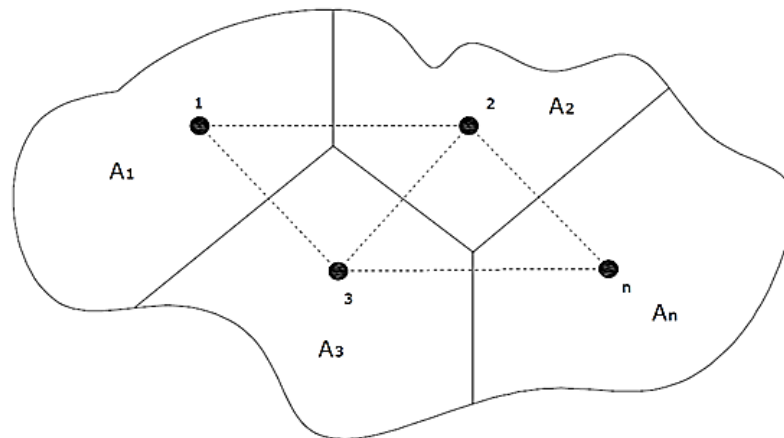
Keterangan:

R = Curah hujan daerah

n = Jumlah titik atau pos pengamatan

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

2. Metode Polygon Thiessen



Gambar 2. 31 *Polygon Thiessen*

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

$$P = \frac{P_1 A_1 + P_2 A_2 + P_3 A_3 + \dots + P_n A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i A_i}{\sum_{ii=1}^n A_i} \quad (\text{Persamaan 2.64})$$

Keterangan:

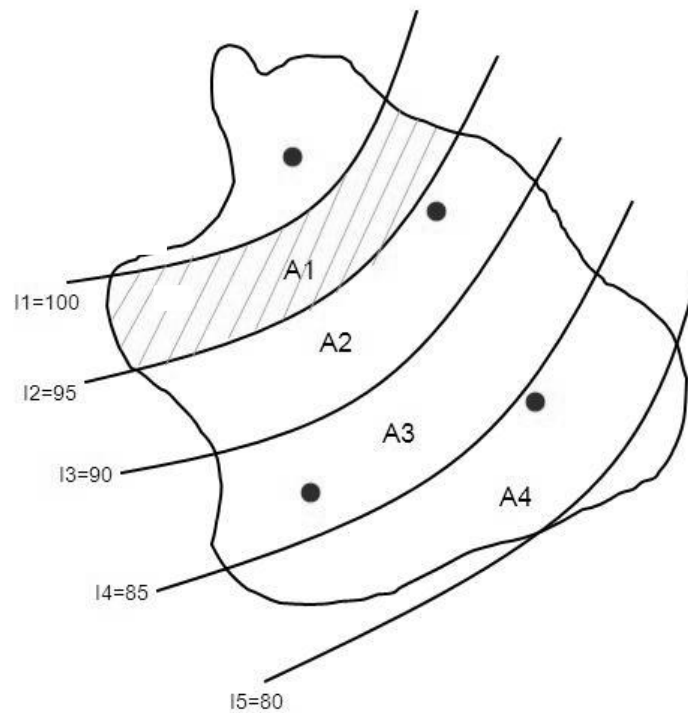
P = Curah hujan kawasan, (mm)

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

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

3. Metode Isohyet

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



Gambar 2. 32 Metode Ishoyet

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \frac{I_i + I_{i+1}}{2}}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (\text{Persamaan 2.65})$$

atau

$$\bar{R} = \frac{A_1 \frac{I_1 + I_2}{2} + A_2 \frac{I_2 + I_3}{2} + \dots + A_n \frac{I_n + I_{n+1}}{2}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (\text{Persamaan 2.66})$$

Keterangan:

\bar{R} = Hujan rata-rata suatu DAS

I = garis isohyet

A = Luas area dibatasi poligon, (km²)

b. Cara Memilih Metode

Lepas dari kelebihan dan kelemahan ketiga metode diatas, pemilihan metode mana yang cocok dipakai pada suatu DAS dapat ditentukan dengan mempertimbangkan tiga faktor berikut :

1. Jaring-jaring pos penakar hujan dalam DAS

Tabel 2. 36 Cara Memilih Metode dengan Jaring-Jaring Pos Penakar Hujan

Jumlah pos penakar hujan cukup	Metode isohyet, Thiessen atau rata-rata aljabar dapat dipakai
Jumlah pos penakar hujan terbatas	Metode rata-rata aljabar atau Thiessen
Pos penakar hujan tunggal	Metode hujan titik

Sumber : Dr.Ir. Suripin, M.Eng, 2004:31

2. Luas DAS

Tabel 2. 37 Cara Memilih Metode dengan Luas DAS

DAS besar (>5000 km ²)	Metode Isohyet
DAS sedang (500 s/d 500 km ²)	Metode Thiessen
DAS kecil (<500 km ²)	Metode Rara-rata aljabar

Sumber : Dr.Ir. Suripin, M.Eng, 2004:31

3. Topografi DAS

Tabel 2. 38 Cara Memilih Metode dengan Topografi DAS

Pegunungan	Metode rata-rata aljabar
Dataran	Metode Thiessen

Berbukit dan tidak beraturan	Metode isohyet
------------------------------	----------------

Sumber : Dr.Ir. Suripin, M.Eng, 2004:32

2.4.2 Uji Konsistensi Data Hujan

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

$$Q = |Sk^{**}| \text{ atau } R = Sk^{**maks} - Sk^{**min} \quad (\text{Persamaan 2.67})$$

$$Sk^{**} = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y}) \quad (\text{Persamaan 2.68})$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n} \quad (\text{Persamaan 2.69})$$

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

$$Sk^{**} + \frac{Sk^*}{Dy} \quad (\text{Persamaan 2.70})$$

$$Dy^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - \bar{Y})^2}{n} \quad (\text{Persamaan 2.71})$$

Tabel 2. 39 Nilai Uji Konsistensi

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

Sumber: Anonim, 1993

2.4.3 Analisa Frekuensi

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

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

Analisis frekuensi dapat menggunakan beberapa macam distribusi. Parameter pemilihan jenis distribusi dapat dilihat pada Tabel 2.39.

Tabel 2. 40 Parameter Pemilihan Jenis Distribusi

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

Sumber: Suripin, 2004

a. Analisis frekuensi untuk Distribusi Gumble

- Hujan Rata-rata (\bar{X})

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (\text{Persamaan 2.72})$$

Keterangan :

X = Nilai rata-rata varian (mm)

X_i = Nilai varian ke i (mm)

N = Jumlah tahun pencatatan hujan

- Deviasi Standar (STDEV)

$$STDEV = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (\text{Persamaan 2.73})$$

Keterangan :

STDEV = Standar deviasi

\bar{X} = Nilai rata-rata varian (mm)

X_i = Nilai varian ke i (mm)

N = Jumlah tahun pencatatan data hujan

- Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{STDEV}{\bar{X}} \quad (\text{Persamaan 2.74})$$

Keterangan :

Cv = Koefisien variasi

\bar{X} = Nilai rata-rata varian (mm)

STDEV = Standar deviasi

- Koefisien Skewness (Cs)

$$Cs = \frac{n \sum(X_i - \bar{X})^3}{(n - 1)(n - 2)STDEV^3} \quad (\text{Persamaan 2.75})$$

Keterangan :

Cs = Koefisien Skewness

X_i = Nilai variasi ke i (mm)

\bar{X} = Nilai rata-rata varian (mm)

N = Jumlah tahun pencatatan data hujan

STDEV = Standar deviasi

- Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{1}{n} \frac{\sum (X_i - \bar{X})^4}{STDEV^4} \quad (\text{Persamaan 2.76})$$

Keterangan :

Ck = Koefisien Kurtosis

X_i = Nilai variasi ke i (mm)

\bar{X} = Nilai rata-rata varian (mm)

N = Jumlah tahun pencatatan data hujan

STDEV = Standar deviasi

$$- X_T = \bar{X} + \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \cdot STDEV \quad (\text{Persamaan 2.77})$$

$$- X_T = \bar{X} + K \cdot STDEV \quad (\text{Persamaan 2.78})$$

$$- Y_{Tr} = -\ln \left[\ln \frac{T_r}{T_r - 1} \right] \quad (\text{Persamaan 2.79})$$

Keterangan :

X_T = Curah hujan/intensitas hujan pada periode tertentu

Y_{Tr} = Faktor In dari T_r

Y_n = Nilai Y_n (*reduce mean factor*)

S_n = Nilai S_n (*reduce standard deviation*)

T_r = Tahun periode ulangan

\bar{X} = Nilai rata-rata hitungan varian

STDEV = Deviasi standar nilai varian

K = Faktor probabilitas, nilai $K = Y_{Tr} - \frac{Yn}{Sn}$

b. Analisis frekuensi untuk Log Person Tipe III

- Hujan Rata-rata (\bar{X})

$$\log \bar{X} = \frac{\sum \log X_i}{n} \quad (\text{Persamaan 2.80})$$

Keterangan :

X = Nilai rata-rata varian (mm)

X_i = Nilai varian ke i (mm)

N = Jumlah tahun pencatatan hujan

- Standar Deviasi

$$STDEV = \sqrt{\frac{\sum (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (\text{Persamaan 2.81})$$

Keterangan :

$STDEV$ = Standar deviasi

\bar{X} = Nilai rata-rata varian (mm)

X_i = Nilai varian ke i (mm)

N = Jumlah tahun pencatatan data hujan

- Koefisien Skewness (C_s)

$$C_s = \frac{n \sum (\log(X_i) - \log(\bar{X}))^3}{(n - 1)(n - 2)STDEV^3} \quad (\text{Persamaan 2.82})$$

Keterangan :

C_s = Koefisien Skewness

$\log X_i$ = Nilai variasi ke i (mm)

$\log \bar{X}$ = Nilai rata-rata varian (mm)

N = Jumlah tahun pencatatan data hujan

STDEV = Standar deviasi

- Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{STDEV}{\text{Log}\bar{X}} \quad (\text{Persamaan 2.83})$$

Keterangan :

Cv = Koefisien variasi

$\text{Log}\bar{X}$ = Nilai rata-rata varian (mm)

STDEV = Standar deviasi

$$- \text{Log}(X_T) = \text{Log}\bar{X} + K_T \cdot STDEV \quad (\text{Persamaan 2.84})$$

$$- X_T = 10^{(\text{Log}\bar{X} + K_T \cdot STDEV)} \quad (\text{Persamaan 2.85})$$

Keterangan :

$\text{Log}(X_T)$ = Curah hujan/intensitas hujan pada periode tertentu

Tr = Tahun periode ulang

STDEV = Deviasi standar nilai varian

K_T = Variabel standar tergantung pada Cs dan G (pada tabel 2.45)

c. Analisis frekuensi untuk Log Normal

- Hujan Rata-rata (\bar{X})

$$\text{log}\bar{X} = \frac{\sum \text{log}X_i}{n} \quad (\text{Persamaan 2.86})$$

Keterangan :

- \bar{X} = Nilai rata-rata varian (mm)
 X_i = Nilai varian ke i (mm)
 N = Jumlah tahun pencatatan hujan

- Standar Deviasi

$$STDEV = \sqrt{\frac{\sum(\log X_i - \log \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (\text{Persamaan 2.87})$$

Keterangan :

- $STDEV$ = Standar deviasi
 \bar{X} = Nilai rata-rata varian (mm)
 X_i = Nilai varian ke i (mm)
 N = Jumlah tahun pencatatan data hujan

• Koefisien Skewness (C_s)

$$C_s = \frac{n \sum(\log(X_i) - \log(\bar{X}))^3}{(n - 1)(n - 2)STDEV^3} \quad (\text{Persamaan 2.88})$$

Keterangan :

- C_s = Koefisien Skewness
 $\log X_i$ = Nilai variasi ke i (mm)
 $\log \bar{X}$ = Nilai rata-rata varian (mm)
 N = Jumlah tahun pencatatan data hujan
 $STDEV$ = Standar deviasi

• Koefisien Variasi (C_v)

$$C_v = \frac{STDEV}{\log \bar{X}} \quad (\text{Persamaan 2.89})$$

Keterangan :

Cv = Koefisien variasi

$\text{Log}\bar{X}$ = Nilai rata-rata varian (mm)

STDEV = Standar devias

$$- \text{Log}(X_T) = \log(\bar{X}) + K \cdot \text{STDEV} \quad (\text{Persamaan 2.90})$$

$$- X_T = 10^{(\log(\bar{X}) + K \cdot \text{STDEV})} \quad (\text{Persamaan 2.91})$$

Keterangan :

X_T = Curah hujan/intensitas hujan pada periode tertentu (mm)

K = Variabel reduksi gauss (pada tabel 2.41)

d. Distribusi Normal

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot \text{STDEV} \quad (\text{Persamaan 2.92})$$

Keterangan :

X_T = Curah hujan/intensitas hujan pada periode tertentu

\bar{X} = Nilai rata-rata hitungan varian

STDEV = Deviasi standar nilai varian

K_T = Variabel reduksi gauss (pada tabel 2.41)

Tabel 2. 41 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

Periode Ulang	Peluang	K_T
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 : Dr.Ir. Suripin, M.Eng, 2004

Tabel 2. 42 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	0,5380	0,5388	0,5402	0,5402	0,5410	0,5418	0,5424	0,5432
40	0,5436	0,5422	0,5448	0,5453	0,5458	0,5483	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5501	0,5508	0,5511	0,5519	0,5518
60	0,5521	0,5534	0,5527	0,5530	0,5533	0,5533	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545

70	0,5548	0,5552	0,5555	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

Sumber : Dr.Ir. Suripin, M.Eng, 2004

Tabel 2. 43 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	1,0628	1,0698	1,0811	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1086
30	1,1124	1,1159	1,1159	1,1226	1,1225	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1436	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1623	1,1858	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1759	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1859	1,1863	1,1863	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1945	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1980	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2013	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

Sumber : Dr.Ir. Suripin, M.Eng, 2004

Tabel 2. 44 Nilai YTr

Periode Ulang Tr (Tahun)	Nilai YTr	Periode Ulang Tr (Tahun)	Nilai YTr
2	0,3668	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969
10	2,2510	250	5,5206
20	2,9709	500	6,2149
25	3,1993	1000	6,9087
50	3,9028	5000	8,5188
75	4,3117	10000	9,2121

Sumber : Dr.Ir. Suripin, M.Eng, 2004

Tabel 2. 45 Distribusi Log Person Tipe III untuk Koefisien Skewness (Cs)

Cs	Waktu Balik (Tahun)														
	1,01	1,05	1,11	1,25	1,667	2	2,5	5	10	20	25	50	100	200	1000
	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
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

Cs	Waktu Balik (Tahun)														
	1,01	1,05	1,11	1,25	1,667	2	2,5	5	10	20	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)														
	99	95	90	80	60	50	40	20	10	5	4	2	1	0,5	0,1
-0,1	-2,400	-1,673	-1,292	-0,836	-0,2673	0,017	0,2900	0,836	1,270	1,6417	1,716	2,000	2,252	2,482	2,950
-0,2	-2,472	-1,700	-1,301	-0,830	-0,2547	0,033	0,3053	0,850	1,258	1,6097	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	-2,544	-1,726	-1,309	-0,824	-0,2413	0,050	0,3177	0,853	1,245	1,5767	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	-2,615	-1,750	-1,317	-0,816	-0,2280	0,066	0,3290	0,855	1,231	1,5435	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	-2,686	-1,774	-1,323	-0,808	-0,2140	0,083	0,3407	0,856	1,216	1,5085	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	-2,755	-1,797	-1,328	-0,800	-0,2007	0,099	0,3517	0,857	1,200	1,4733	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	-2,824	-1,819	-1,333	-0,790	-0,1860	0,116	0,3630	0,857	1,183	1,4372	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	-2,891	-1,839	-1,336	-0,780	-0,1720	0,132	0,3733	0,856	1,166	1,4010	1,448	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	-2,957	-1,858	-1,339	-0,769	-0,1577	0,148	0,3833	0,854	1,147	1,3637	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	-3,022	-1,877	-1,340	-0,758	-0,1433	0,164	0,3933	0,852	1,128	1,3263	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	-3,149	-1,910	-1,340	-0,732	-0,1140	0,195	0,4113	0,844	1,086	1,2493	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	-3,271	-1,938	-1,337	-0,705	-0,0850	0,225	0,4273	0,832	1,041	1,1718	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	-3,388	-1,962	-1,329	-0,675	-0,0557	0,254	0,4417	0,817	0,994	1,0957	1,116	1,166	1,197	1,216	1,280
-1,8	-3,499	-1,981	-1,318	-0,643	-0,0263	0,282	0,4543	0,799	0,945	1,0200	1,035	1,069	1,087	1,097	1,130
-2,0	-3,605	-1,996	-1,302	-0,600	0,0047	0,307	0,4637	0,777	0,895	0,9483	0,969	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 : Dr.Ir. Suripin, M.Eng, 2004

2.4.4 Pengujian Kecocokan Fungsi Distribusi

a. Uji Chi-Square

Uji Chi-Square dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang akan dipilih dapat mewakili 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. Analisa dapat diterima jika nilai Chi^2 terhitung $< \text{Chi}^2$ kritis. Dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$K = 1 + 3,322x\log(n) \quad (\text{Persamaan 2.93})$$

$$Dk = K - (p + 1) \quad (\text{Persamaan 2.94})$$

$$\text{Chi}^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(\text{Of} - \text{Ef})^2}{\text{Ef}} \quad (\text{Persamaan 2.95})$$

Keterangan :

Chi^2 = 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 = Untuk distribusi normal = 2

Untuk distribusi gumbel = 1

K = Jumlah kelas distribusi

Tabel 2. 46 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	6,2500000	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 : Dr.Ir. Suripin, M.Eng, 2004

➤ Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan smirno- kolgomorov sering disebut juga uji kecocokan non parametik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Smirnov-Kolmogorov ini membandingkan Perbedaan maksimum yang dihitung (D_{maks}) dengan perbedaan kritis (D_{cr}), jika $D_{maks} < D_{cr}$ maka sebaran sesuai dan dapat diterima. Dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$P = \frac{m}{n + 1} \times 100\% \quad (\text{Persamaan 2.96})$$

Keterangan :

P = Probabilitas (%)

m = Nomor urut data dari seri data yang telah disusun

n = Banyaknya data

Tabel 2. 47 Nilai Kritis Do

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

Sumber : Dr.Ir. Suripin, M.Eng, 2004

2.4.5 Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan adalah besarnya jumlah hujan yang turun yang dinyatakan dalam tinggi curah hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Besarnya intensitas hujan berbeda-beda, tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya.

Untuk perhitungan intensitas curah hujan digunakan rumus mononobe, Rumus ini digunakan apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian. Maka intensitas hujan dapat dihitung sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t_c} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (\text{Persamaan 2.97})$$

Keterangan :

I	= Intensitas hujan	(mm/jam)
R ₂₄	= Curah hujan maksimum	(mm)
t _c	= Waktu konsentrasi	(jam)

Sebaran hujan jam-jaman model mononobe sebagai berikut :

$$R_T = \frac{R_{24}}{t} \left[\frac{t}{T} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (\text{Persamaan 2.98})$$

Keterangan :

R _T	= Intensitas hujan rata-rata dalam T jam	(mm/jam)
R ₂₄	= Curah hujan efektif dalam satu hari	(mm)
T	= Waktu mulai hujan	(jam)
t	= Waktu konsentrasi hujan	(jam)

(untuk Indonesia 6 jam)

$$R_t = (txR_T) - ((t - 1)x(R_T - 1)) \quad (\text{Persamaan 2.99})$$

Keterangan :

R_t = Persentase hujan rata-rata (jam)

2.4.6 Menentukan Debit Aliran

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

$$Q = \frac{1}{36} CxIx A \quad (\text{Persamaan 2.100})$$

Keterangan:

Q = Debit aliran, (m³/det)

C = Koefisien pengaliran

I = Intensitas hujan, (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran, (km²)

2.4.7 Waktu Konsentrasi (tc)

Waktu konsentrasi adalah waktu terpanjang yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan aliran air secara simultan (*runoff*) setelah melewati titik-titik tertentu. Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan rumus dibawah ini :

$$tc = t_1 + t_2 \quad (\text{Persamaan 2.101})$$

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} x 3,28 x I_0 x \frac{nd}{\sqrt{i_s}} \right)^{0,167} \quad (\text{Persamaan 2.102})$$

$$t_2 = \frac{L}{60xV} \quad (\text{Persamaan 2.103})$$

Keterangan :

t_c	= Waktu konsentrasi	(menit)
t_1	= Waktu untuk mencapai awal saluran dari titik terjauh	(menit)
t_2	= Waktu aliran dalam saluran sepanjang L dari ujung saluran	(menit)
I_o	= Jarak titik terjauh ke fasilitas drainase	(m)
L	= Panjang saluran	(m)
nd	= Koefisien hambatan	
i_s	= Kemiringan saluran memanjang	
V	= Kecepatan maksimum aliran pada saluran drainase	(m/detik)

Tabel 2. 48 Koefiseien Hambatan (nd) berdasarkan kondisi permukaan

No	Kondisi Lapis Permukaan	nd
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan licin dan kedap air	0,020
3	Permukaan licin dan kokoh	0,100
4	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,200
5	Padang rumput dan rerumputan	0,400
6	Hutan gundul	0,600
7	Hutan rimbum dan hutan gundul rapat dengan hampan rumput jarang sampai rapat	0,800

Sumber : Pd. T-02-2006-B

Tabel 2. 49 Kemiringan Saluran Memanjang (is) 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. 50 Kecepatan Aliran Air yang Diijinkan berdasarkan jenis material

No	Jenis Bahan	Kecepatan aliran air yang diijinkan (m/det)
1	Pasir halus	0,45
2	Lempung kepasiran	0,50
3	Lanau aluvial	0,60
4	Kerikil halus	0,75
5	Lempung kokoh	0,75
6	Lempung padat	1,10
7	Kerikil kasar	1,20
8	Batu-batu besar	1,50
9	Pasangan batu	1,50
10	Beton	1,50
11	Beton bertulang	1,50

Sumber : Pd. T-02-2006-B

Tabel 2. 51 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

2.4.8 Menentukan Koefisien Pengaliran (C)

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

(Persamaan 2.104)

Keterangan :

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

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

Fk = Faktor limpasan sesuai guna lahan

Tabel 2. 52 Harga Koefisien Pengaliran (C) dan harga faktor limpasan (fk)

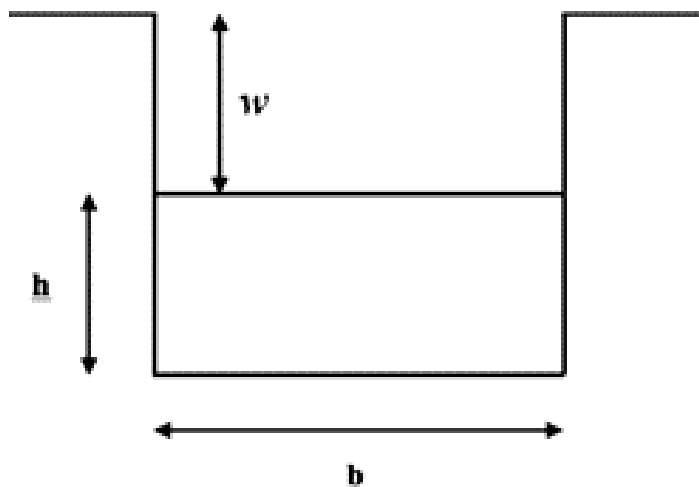
No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran	Faktor limpasan (fk)
	Bahan		
1	Jalan beton dan jalan aspal	0,70 – 0,95	-
2	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40 – 0,70	-
3	Bahu jalan		
	Tanah berbutir halus	0,40 – 0,65	-
	Tanah berbutir kasar	0,10 – 0,20	-
	Batuan masif keras	0,70 – 0,85	-
	Batuan masif lunak	0,60 – 0,75	-
	Tata Guna Lahan		
1	Daerah perkotaan	0,70 – 0,95	2,0
2	Daerah pinggir kota	0,60 – 0,70	1,5
3	Daerah industri	0,60 – 0,90	1,2
4	Pemukiman padat	0,40 – 0,60	2,0
5	Pemukiman tidak padat	0,40 – 0,60	1,5
6	Taman dan kebun	0,20 – 0,40	0,2

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran	Faktor limpasan (fk)
7	Persawahan	0,45 – 0,60	0,5
8	Perbukitan	0,70 – 0,80	0,4
9	Pegunungan	0,75 – 0,90	0,3

Sumber : Pd T-02-2006-B

2.4.9 Dimensi Saluran Drainase

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



Gambar 2. 33 Jenis Penampang Segi Empat

Rumus :

$$F = bxh \quad (\text{Persamaan 2.105})$$

$$P = b + 2h \quad (\text{Persamaan 2.106})$$

$$R = \frac{bxh}{b + 2h} \quad (\text{Persamaan 2.107})$$

$$V = \frac{1}{n} x R^{\frac{2}{3}} x I^{\frac{1}{2}} \quad (\text{Persamaan 2.108})$$

$$Q_s = FxV \quad (\text{Persamaan 2.109})$$

Keterangan :

F	= Luas penampang basah	(m ²)
P	= Keliling basah	(m)
R	= Jari-jari hidrolis	(m)
V	= Kecepatan aliran	(m/det)
N	= Koefisien kekasaran manning	
I	= Kemiringan saluran yang diijinkan	
Qs	= Debit	(m ³ /det)

Tabel 2. 53 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 batuan, lurus, teratur	0,020	0,030	0,033	0,035
4	Saluran pada dinding batuan, 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	0,020	0,025	0,030
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

No	Tipe saluran	Baik sekali	Baik	Sedang	Jelek
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. 11, 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	0,030	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

2.4.10 Kemiringan Melintang Perkerasan dan Bahu Jalan

Kemiringan melintang harus memenuhi ketentuan yang diuraikan sebagai berikut :

1. Daerah jalan yang datar dan lurus
 - a) Kemiringan perkerasan dan bahu jalan mulai dari tengah perkerasan (as jalan) menurun/melandai ke arah saluran drainase jalan.



Gambar 2. 34 Kemiringan Melintang Normal Pada Daerah Datar dan Lurus

(Sumber : Pd. T-02-2006-B)

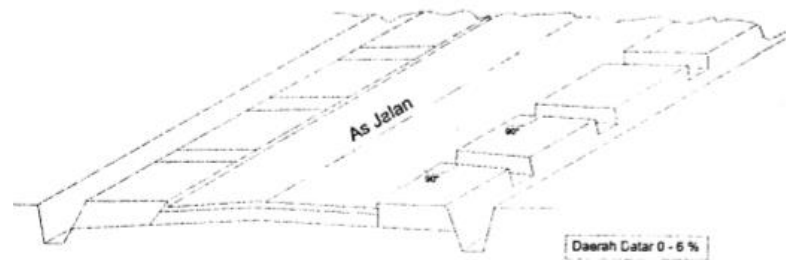
- b) Besarnya kemiringan bahu jalan diambil 2% lebih besar daripada kemiringan permukaan jalan.
- c) Kemiringan melintang normal pada perkerasan jalan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. 54 Kemiringan Melintang Perkerasan dan Bahu Jalan

No	Jenis Lapisan Perkerasan Jalan	Kemiringan Melintang i_m (%)
1.	Aspal, Beton	2 – 3
2.	Japat (jalan yang dipadatkan)	2 – 4
3.	Kerikil	3 – 6
4.	Tanah	4 – 6

Sumber : Pd. T-02-2006-B

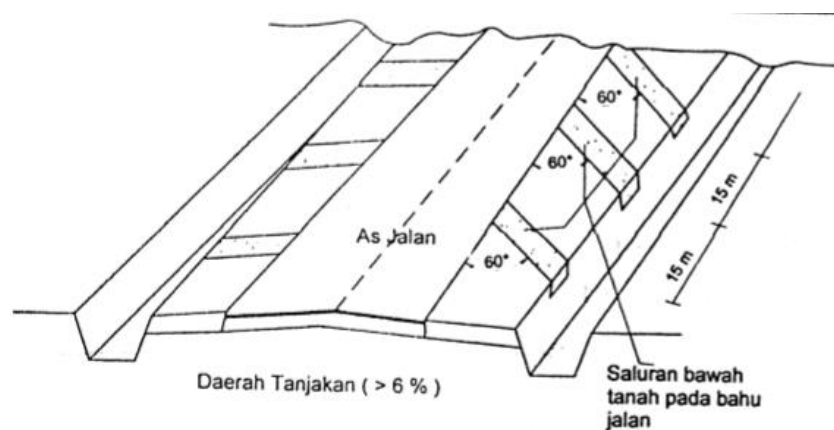
- d) Pada bahu jalan yang terbuat dari tanah lempung atau lanau dan tidak diperkeras, untuk mempercepat pengaliran air hujan agar tidak meresap ke dalam bahu jalan, dibuat saluran-saluran kecil yang melintang bahu jalan.



Gambar 2. 35 Drainase Melintang Pada Bahu Jalan

(Sumber : Pd. T-02-2006-B)

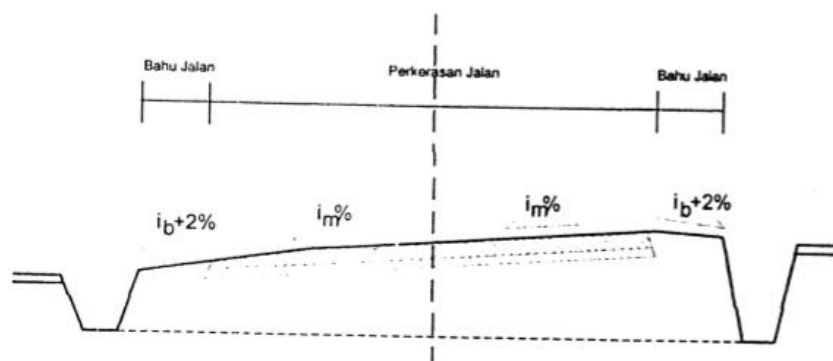
2. Daerah yang lurus pada tanjakan atau turunan
 - a) Perlunya dibuat saluran dengan sudut kemiringan $\pm 60^{\circ}$ - 75° agar aliran air dapat mengalir ke drainase.
 - b) Untuk menentukan kemiringan perkerasan jalan, gunakan nilai-nilai dari tabel kemiringan melintang perkerasan dan bahu jalan.
 - c) Untuk menghindari perkerasan jalan tidak rusak oleh aliran air hujan, maka pada badan jalan pada jarak tertentu dibuat saluran kecil melintang bahu jalan.



Gambar 2. 36 Drainase Bahu Jalan di Daerah Tanjakan/Turunan

(Sumber : Pd. T-02-2006-B)

3. Daerah tikungan
 - a) Harus mempertimbangkan kebutuhan kemiringan jalan menurut persyaratan alinyemen horisontal jalan (menurut ketentuan yang berlaku).
 - b) Kemiringan perkerasan jalan harus dimulai dari sisi luar tikungan menurun/melandai ke sisi dalam tikungan.
 - c) Besarnya kemiringan daerah ini ditentukan oleh nilai maksimum kebutuhan kemiringan menurut keperluan drainase.
 - d) Kedalaman saluran di tepi luar jalan pada tikungan harus memperhatikan kesesuaian rencana pengaliran sistem drainase saluran tersebut.



Gambar 2. 37 Kemiringan Melintang Pada Daerah Tikungan

(Sumber : Pd. T-02-2006-B)

2.5 Perencanaan Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya (RAB) 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. Anggaran biaya proyek dapat didefinisikan sebagai

perencanaan biaya yang akan dikeluarkan sehubungan adanya suatu proyek dengan rencana kerja dan syarat-syarat tertentu. Dengan demikian dapat diketahui harga bagian/item pekerjaan sebagai pedoman untuk mengeluarkan biaya-biaya dalam masa pelaksanaan. Selain itu supaya bangunan yang akan didirikan dapat dilaksanakan secara efektif dan efisien.

Untuk menentukan besarnya biaya yang diperlukan terlebih dahulu harus diketahui volume dari pekerjaan yang direncanakan kemudian dikalikan dengan Harga Satuan Pekerjaannya. Maka, dalam Perencanaan RAB juga harus berpedoman kepada analisis harga satuan. Analisis 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.

2.5.1 Volume Pekerjaan

1. Pekerjaan Persiapan

- a. Peninjauan lokasi
- b. Pengukuran dan pemasangan patok
- c. Pembersihan lokasi dan persiapan alat dan bahan untuk pekerjaan

2. Pekerjaan Tanah

- a. Galian tanah
- b. Timbunan tanah

3. Pekerjaan Perkerasan

- a. Lapis permukaan (*Surface Course*)

- b. Lapis pondasi atas (*Base Course*)
- c. Lapis pondasi bawah (*Sub Base Course*)
- d. Lapis tanah dasar (*Sub Grade*)

4. Pekerjaan Drainase

- a. Galian saluran

2.5.2 Harga Satuan Dasar (HSD) Tenaga Kerja

Faktor yang mempengaruhi harga satuan dasar tenaga kerja antara lain jumlah kerja dan tingkat keahlian tenaga kerja.

Biaya tenaga kerja standar dapat dibayar dalam sistem hari orang standar atau jam orang standar. Besarnya sangat dipengaruhi oleh jenis pekerjaan dan lokasi pekerjaan. Secara lebih rinci faktor tersebut dipengaruhi antara lain :

- Keahlian tenaga kerja,
- Jumlah tenaga kerja,
- Faktor kesulitan pekerjaan,
- Ketersediaan peralatan,
- Pengaruh lamanya kerja, dan
- Pengaruh tingkat persaingan tenaga kerja.

- a. Kualifikasi Tenaga Kerja

Dalam pelaksanaan pekerjaan umum diperlukan keterampilan yang memadai untuk dapat melaksanakan suatu jenis pekerjaan. Tenaga kerja yang terlibat dalam suatu jenis pekerjaan yaitu sebagai berikut :

Tabel 2. 55 Kodefikasi Tenaga Kerja

No	Tenaga Kerja	Kode
1	Pekerja	L.01

2	Tukang	L.02
	Tukang gali	
	Tukang batu/tembok	
	Tukang kayu	
	Tukang besi/besi beton	
	Tukang cat/pelitur	
	Tukang pipa/operator pompa	
	Tukang penganyam bronjong	
	Tukang tebas	
	Tukang las	
3	Kepala tukang	L.03
4	Mandor	L.04
5	Juru ukur	L.05
6	Pembantu juru ukur	L.06
7	Mekanik alat berat	L.07

Sumber : Peraturan Menteri No. 28/PRT/M/2016

b. Standar Upah

Sumber dana harga standar upah berdasarkan standar yang ditetapkan oleh Gubernur/Bupati/Walikota.

Dalam sistem pengupahan digunakan satu satuan upah berupa standar orang hari (OH) yaitu sama dengan upah pekerjaan dalam 1 hari kerja (8 jam kerja termasuk 1 jam istirahat atau disesuaikan dengan kondisi setempat).

c. Koefisien dan Jumlah Tenaga Kerja

Jumlah jam kerja merupakan koefisien tenaga kerja atau kuantitas jam per satuan pengukuran. Koefisien ini adalah faktor yang menunjukkan lamanya pelaksanaan dari tenaga kerja yang diperlukan untuk menyelesaikan satu satuan volume pekerjaan. Faktor yang mempengaruhi koefisien tenaga kerja antara lain

jumlah tenaga kerja dan tingkat keahlian tenaga kerja. Penetapan jumlah dan keahlian tenaga kerja mengikuti produktivitas peralatan utama.

Jumlah tenaga kerja tersebut adalah relatif tergantung dari beban kerja utama produk yang dianalisis. Jumlah total waktu digunakan sebagai dasar menghitung jumlah pekerja yang digunakan.

2.5.3 Harga Satuan Dasar (HSD) Alat

Faktor yang mempengaruhi harga satuan dasar alat antara lain : jenis peralatan, efisiensi kerja, kondisi cuaca, kondisi medan, dan jenis material/bahan yang dikerjakan. Untuk pekerjaan yang memerlukan alat berat, penyediaan alat dilakukan berdasarkan sistem sewa.

Jenis peralatan yang digunakan misalnya *Wheel Loader*, *Backhoe*, *Excavator*, *Asphalt Mixing Plat (AMT)* dan sebagainya. Jenis alat yang diperlukan dalam suatu mata pembayaran disesuaikan dengan ketentuan yang tercantum pada spesifikasi teknis, misalnya dalam mata pembayaran *Hot Rolled Sheet* dalam spesifikasi diharuskan menggunakan alat pemadatan roda baja (*Tandem Roller*) untuk penggilasan awal (*breakdown rolling*) dan alat pemadat roda karet (*Pneumatic Tire Roller*) untuk penggilasan antara (*intermediate rolling*) serta alat pemadat roda baja tanpa vibrasi untuk dipakai pada pekerjaan-pekerjaan tertentu.

Pada peralatan yang bermesin, jam kerja peralatan atau jam pemakaian peralatan akan dihitung dan dicatat sejak mesin dihidupkan sampai mesin dimatikan. Selama waktu (jam) pelaksanaan kegiatan pekerjaan maka peralatan tetap dihidupkan, kecuali *generating set (genset)* yang selalu tetap dihidupkan, untuk peralatan tidak bermesin maka jam pemakaiannya sama dengan jam

pelaksanaan kegiatan pekerjaan. Jumlah jam kerja peralatan (W) dalam 1 (satu) tahun.

Dalam operasi penggunaan alat dikenal pula waktu siklus, yaitu waktu yang diperlukan alat untuk beroperasi pada pekerjaan yang sama secara berulang. Waktu siklus ini akan berpengaruh terhadap kapasitas produksi dan koefisien alat. Waktu siklus produksi adalah rangkaian aktivitas suatu pekerjaan dan operasi pemrosesan sampai mencapai suatu tujuan atau hasil yang terus terjadi, berkaitan dengan pembuatan suatu produk.

2.5.4 Harga Satuan Dasar (HSD) Bahan

Faktor yang mempengaruhi harga satuan dasar bahan antara lain adalah kualitas, kuantitas, dan lokasi asal bahan. Data harga satuan dasar bahan dalam perhitungan analisis ini berfungsi untuk kontrol terhadap harga penawaran penyedia jasa. Harga satuan dasar bahan dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu :

- Harga satuan dasar bahan baku, misal : batu, pasir, semen, baja tulangan, dan lain-lain.
- Harga satuan dasar bahan olahan, misal : agregat kasar dan agregat halus, campuran beton semen, campuran beraspal, dan lain-lain.
- Harga satuan dasar bahan jadi, misal : tiang pancang beton pracetak, panel pracetak, geosintetik, dan lain-lain.

2.5.5 Harga Satuan Pekerjaan (HSP)

Harga satuan pekerjaan (HSP) setiap mata pembayaran merupakan luaran (*output*), yang diperoleh melalui suatu proses perhitungan dan masukan-masukan. Dalam hal ini, masukan yang dimaksud antara lain berupa asumsi, urutan pekerjaan, serta penggunaan upah, bahan dan alat. Harga satuan dasar upah, bahan, dan alat

akan menentukan harga satuan pekerjaan. Berdasarkan masukan tersebut dilakukan perhitungan untuk menentukan koefisien bahan, koefisien alat, dan koefisien upah tenaga kerja.

Sifat pekerjaan untuk pekerjaan jalan dan jembatan pada umumnya dilaksanakan secara mekanis. Beberapa bagian pekerjaan yang volumenya relatif sedikit, atau yang sulit dijangkau oleh peralatan berat dilakukan secara manual dengan peralatan kecil dan tenaga manusia.