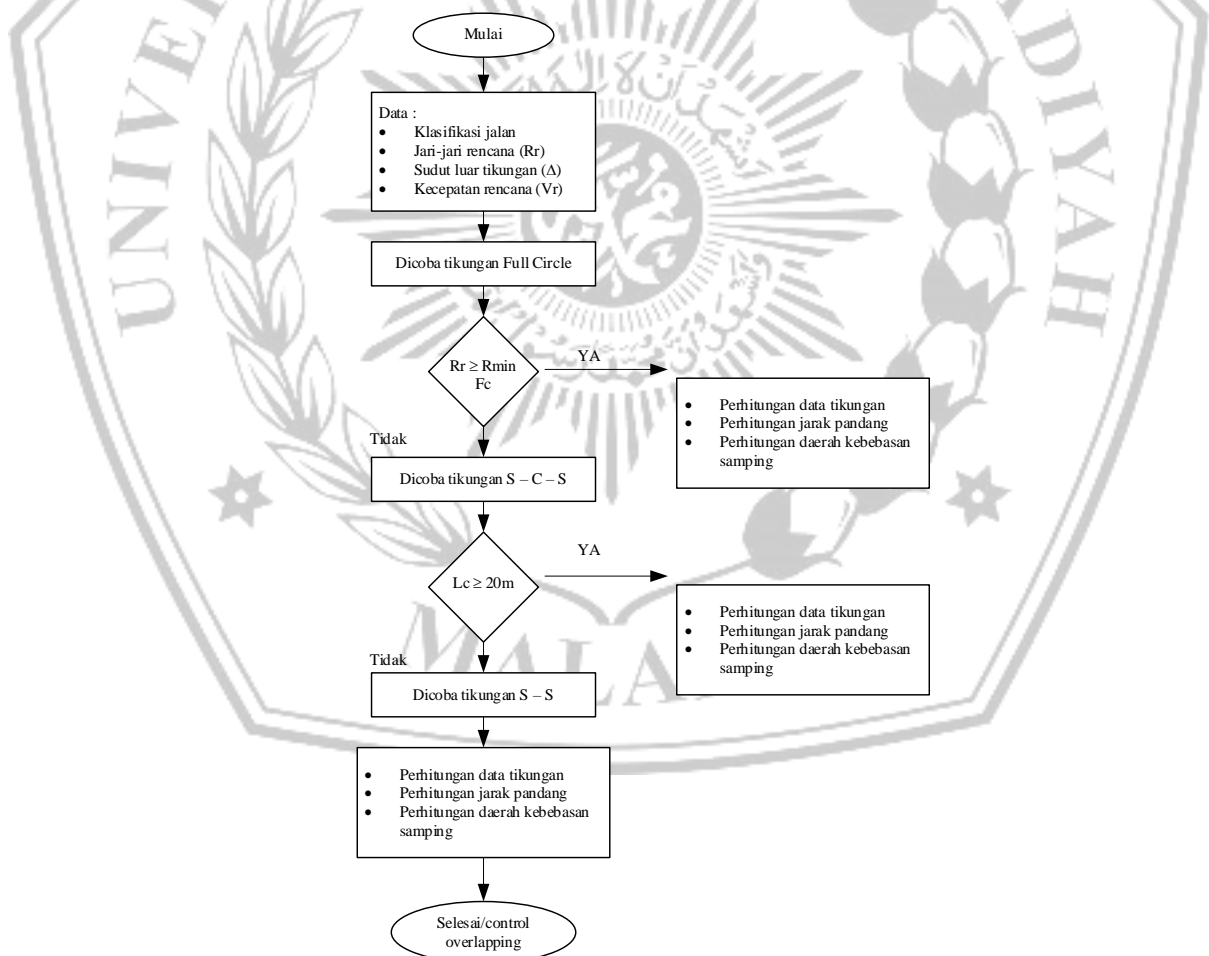


## BAB IV METODE

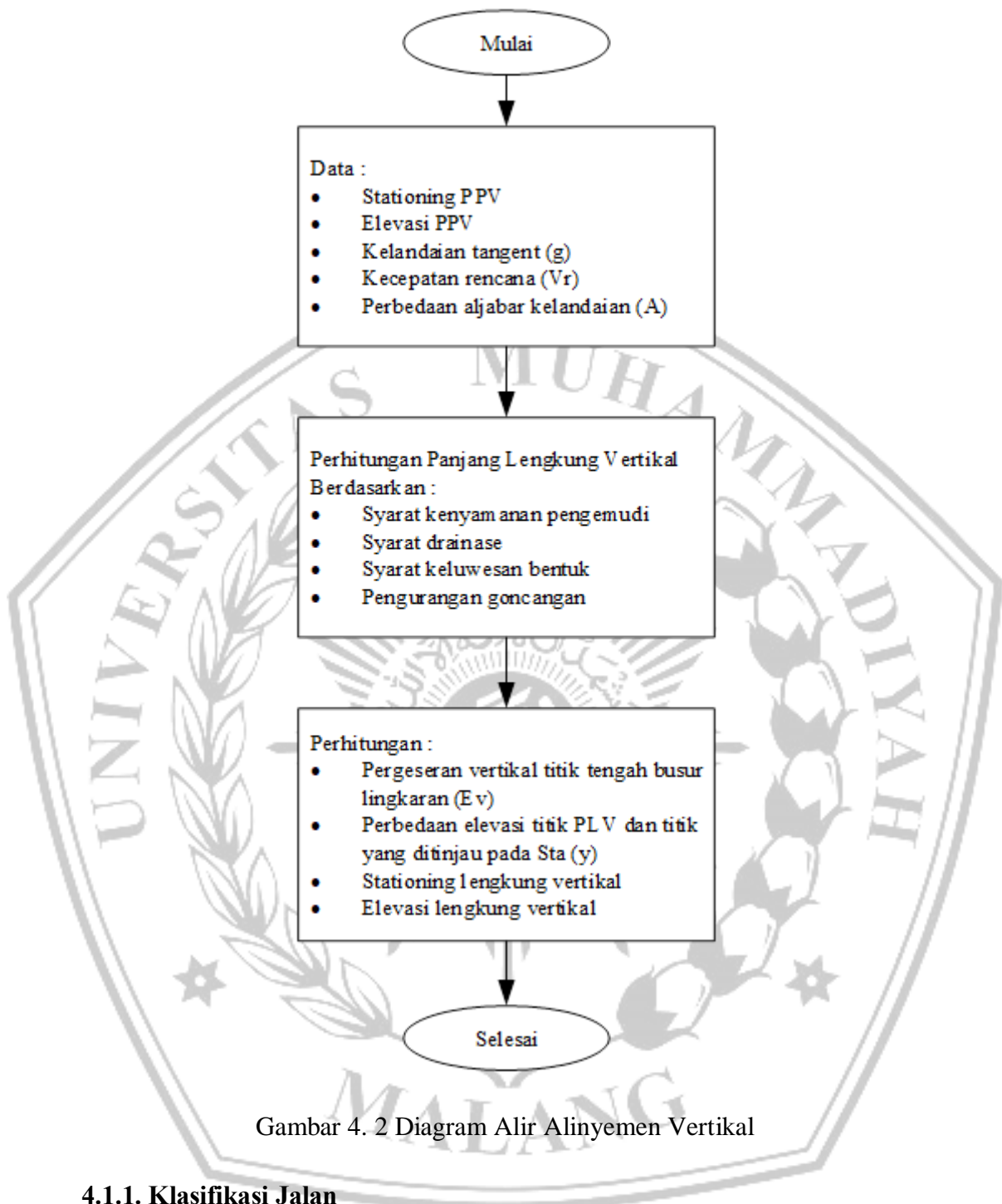
Menjelaskan pelaksanaan pekerjaan secara terstruktur dari awal hingga akhir, mencakup tahapan atau urutan pekerjaan utama, serta penjelasan mengenai metode pelaksanaan untuk setiap jenis kegiatan, baik pekerjaan utama maupun penunjang, yang dapat dipertanggung jawabkan secara teknis.

### 4.1 Perencanaan Geometri Jalan

Untuk lebih jelasnya, Pekerjaan Geometrik jalan dapat dilihat pada diagram alir, untuk alinyemen horizontal pada Gambar 4.1 dan alinyemen vertikal pada Gambar 4.2



Gambar 4. 1 Diagram Alir Alinyemen Horizontal



Gambar 4. 2 Diagram Alir Alinyemen Vertikal

#### 4.1.1. Klasifikasi Jalan

##### 4.1.1.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi

klasifikasi jalan raya berdasarkan fungsinya dibagi ke dalam dua sistem jaringan, yaitu :

## 1. Sistem jaringan jalan primer

Sistem jaringan jalan primer merupakan jalan yang menghubungkan titik-titik distribusi dalam struktur pengembangan wilayah. Jaringan jalan ini terbagi menjadi tiga bagian, yaitu :

### a. Jalan arteri primer

Menghubungkan kota jenjang kesatu dengan kota jenjang kedua. Adapun ciri jalan arteri primer adalah sebagai berikut:

- 1) Didesain paling rendah dengan kecepatan 60 km/jam.
- 2) Lebar badan jalan tidak kurang dari 8 meter.
- 3) Kapasitas lebih besar daripada volume lalu lintas rata-rata.
- 4) Lalu lintas jarak jauh tidak boleh terganggu oleh lalu lintas ulang, lalu lintas lokal dan kegiatan lokal.
- 5) Jumlah jalan masuk ke jalan arteri primer dibatasi secara efisien sehingga kecepatan 60 km / jam dan kapasitas besar tetap terpenuhi.
- 6) Persimpangan pada jalan arteri primer harus dapat memenuhi ketentuan kecepatan dan volume lalu lintas.

### b. Jalan kolektor primer

Menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang kedua, atau menghubungkan kota jenjang kesatu dengan kota jenjang ketiga, atau menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang ketiga. Adapun ciri jalan kolektor primer adalah sebagai berikut:

- 1) Didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 40 km/jam.
- 2) Lebar badan jalan tidak kurang dari 7 meter.
- 3) Kapasitas sama atau lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata.
- 4) Jumlah jalan masuk di batasi, dan direncanakan sehingga dapat dipenuhi kecepatan paling rendah 40 km/jam.
- 5) Jalan kolektor primer tidak terputus walaupun memasuki kota.

c. Jalan lokal primer

Menghubungkan kota jenjang jetiga dengan kota jenjang ketiga, atau menghubungkan kota jenjang ketiga dengan persil. Adapun ciri jalan lokal primer adalah sebagai berikut :

- 1) Didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 20 km/jam.
- 2) Lebar badan jalan tidak kurang dari 6 meter.
- 3) Jalan lokal primer tidak terputus walaupun memasuki desa.

2. Sistem jaringan jalan sekunder

Sistem jaringan jalan sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan-kawasan fungsi primer, fungsi sekunder kesatu, kedua, ketiga dan seterusnya seterusnya sampai perumahan dalam satu wilayah perkotaan. Sistem jaringan jalan sekunder terbagi menjadi tiga bagian yaitu:

a. Jalan arteri sekunder

Menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu, atau menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua. Adapun ciri jalan arteri sekunder adalah sebagai berikut:

- 1) Didesain berdasarkan kecepatan paling rendah 30 km/jam.
- 2) Kapasitas sama atau lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata.
- 3) Lebar badan jalan tidak kurang dari 8 meter.
- 4) Pada jalan arteri sekunder, lalu lintas cepat tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat.
- 5) Persimpangan jalan dengan peraturan tertentu harus memenuhi kecepatan tidak kurang dari 30 km/jam.

b. Jalan kolektor sekunder

Menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder kedua, atau menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga. Adapun ciri jalan kolektor sekunder adalah sebagai berikut:

- 1) Didesain berdasarkan kecepatan paling rendah 10 km/jam.
- 2) Lebar badan jalan tidak kurang dari 5 meter.

- 3) Dengan kecepatan paling rendah 10 km/jam, bukan diperuntukkan untuk roda tiga atau lebih.
- 4) Yang tidak diperuntukkan kendaraan roda tiga atau lebih harus mempunyai lebar jalan tidak kurang dari 3,5 meter

c. Jalan lokal sekunder

Menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, atau menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan perumahan. Adapun ciri jalan lokal sekunder adalah sebagai berikut:

- 1) Didesain berdasarkan kecepatan paling rendah 10 km/jam.
- 2) Lebar badan jalan tidak kurang dari 5 meter.
- 3) Dengan kecepatan paling rendah 10 km/jam, bukan diperuntukkan untuk roda tiga atau lebih.
- 4) Yang tidak diperuntukkan kendaraan roda tiga atau lebih harus mempunyai lebar jalan tidak kurang dari 3,5 meter

#### 4.1.1.2 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

Menurut (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota Departemen Pekerjaan Umum, 1997:4) Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton. Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat
Arteri	I	>10
	II	10
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	8
Lokal	III C	8

(Sumbe:TPGJAK – No.038/T/BM/1997:4)

#### 4.1.1.3 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

Menurut (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota Departemen Pekerjaan Umum, 1997:5) Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam Tabel 4.2.

Tabel 4. 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: Bina Marga, 1997:5)

#### 4.1.1.4 Klasifikasi Jalan Menurut Wewenang Pembinaan

Menurut (Alamsyah, 2001:6) jaringan jalan yang dikelompokkan menurut wewenang pembinaan, terdiri dari sebagai berikut:

##### 1. Jalan Nasional

Jalan nasional dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian, diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Jalan arteri primer
- b. Jalan kolektor primer, yang menghubungkan antar ibukota provinsi
- c. Jalan selain dari yang termasuk arteri/kolektor primer, yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan nasional, yakni jalan yang tidak dominan terhadap pengembangan ekonomi, tetapi mempunyai peranan menjamin kesatuan dan keutuhan nasional, melayani daerah-daerah rawan.

##### 2. Jalan Provinsi

Jalan provinsi dibagi menjadi 4 bagian, diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Jalan Kolektor Primer, yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota madya.

- b. Jalan kolektor primer, yang menghubungkan antar ibukota kabupaten/kota madya.
  - c. Jalan selain yang disebutkan di atas, yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan provinsi, yakni jalan yang biarpun tidak dominan terhadap perkembangan ekonomi, tidak mempunyai peranan tertentu dalam menjamin terselenggaranya pemerintahan yang baik dalam Pemerintah Daerah Tingkat I dan terpenuhinya kebutuhan-kebutuhan sosial.
  - d. Jalan dalam daerah khusus ibukota Jakarta, kecuali jalan yang termasuk jalan nasional.
3. Jalan Kabupaten
- Jalan kabupaten dapat dikelompokkan menjadi 4 bagian, diantaranya adalah sebagai berikut:
- a. Jalan kolektor primer, yang tidak termasuk dalam kelompok jalan nasional dan kelompok jalan provinsi.
  - b. Jalan lokal primer
  - c. Jalan sekunder lain, selain yang dimaksud sebagai jalan nasional dan jalan provinsi.
  - d. Jalan selain yang disebutkan di atas, yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan provinsi, yakni jalan yang biarpun tidak dominan terhadap perkembangan ekonomi, tidak mempunyai peranan tertentu dalam menjamin terselenggaranya pemerintahan yang baik dalam Pemerintah Daerah
4. Jalan kota madya
- Merupakan jaringan jalan sekunder yang berada di dalam kota madya.
5. Jalan desa
6. Jaringan jalan sekunder di dalam desa, yang merupakan hasil swadaya masyarakat, baik yang ada di desa maupun di kelurahan.

#### 4.1.2. Kecepatan Rencana

Menurut (Alamsyah, 2001:13) kecepatan rencana adalah kecepatan yang ditetapkan untuk perencanaan atau desain dimana korelasi segi-segi fisiknya akan mempengaruhi operasi kendaraan. Dalam hal ini harus disesuaikan dengan tipe jalan yang direncanakan pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Kecepatan Rencana VR Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Klasifikasi Medan Jalan

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: Bina Marga, 1997:11)

#### 4.1.3. Kendaraan Rencana

Menurut (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota Departemen Pekerjaan Umum, 1997:5) kendaraan rencana merupakan kendaraan yang dipakai dimensi dan radius putarnya sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Pengelompokan kendaraan rencana untuk perencanaan geometrik jalan kota adalah sebagai berikut:

1. Kendaraan ringan/kecil

Kendaraan ringan/kecil adalah kendaraan bermotor ber as dua dengan empat roda dan dengan jarak as 2,0-3,0 m (meliputi: mobil penumpang, oplet, mikro bus, pick up, dan truk kecil sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

2. Kendaraan sedang

Kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5-5,0 m (termasuk bus kecil, truk dua as dengan enam roda, sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

3. Kendaraan berat/besar

a. Bus besar

Bus dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,0 – 6,0 m

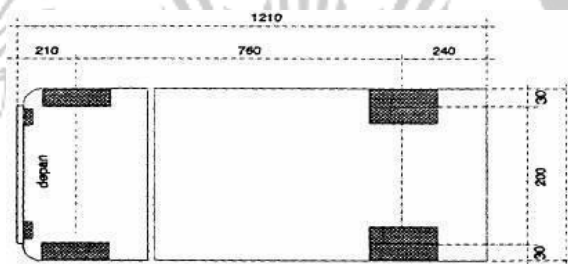
b. Truk besar

Truk tiga gandar dan kombinasi tiga, jarak gandar (gandar pertama kedua) <3,5 m (sesuai sistem klasifikasi Bina Marga). Dimensi kendaraan rencana dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan dimensi kendaraan kecil, sedang, dan besar dapat dilihat pada Gambar 4.3, Gambar 4.4, dan Gambar 4.5.

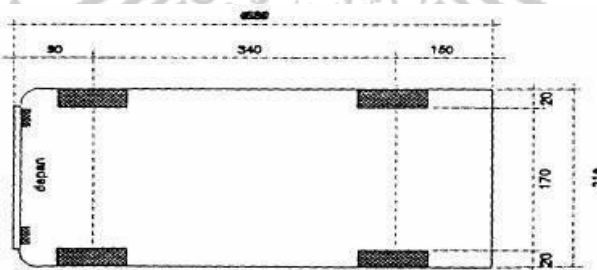
Tabel 4. 4 Dimensi Kendaraan Rencana

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

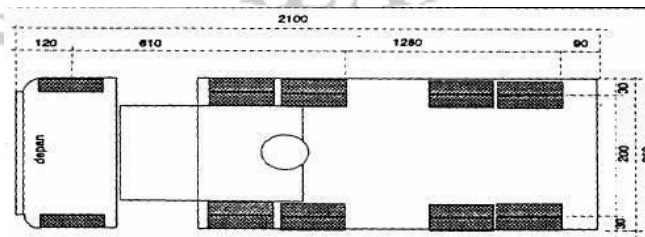
(Sumber: Bina Marga, 1997:6)



Gambar 4. 3 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar 4. 4 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 4. 5 Dimensi kendaraan besar

a. Lebar jalur ( $W_c$ )

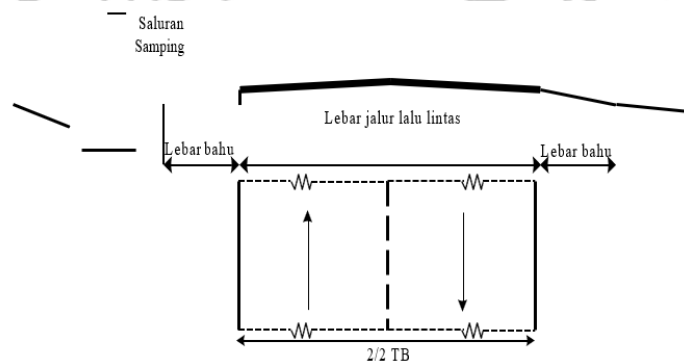
Lebar jalur jalan yang dilewati lalu lintas, tidak termasuk bahu jalan.

b. Lebar bahu ( $W_s$ )

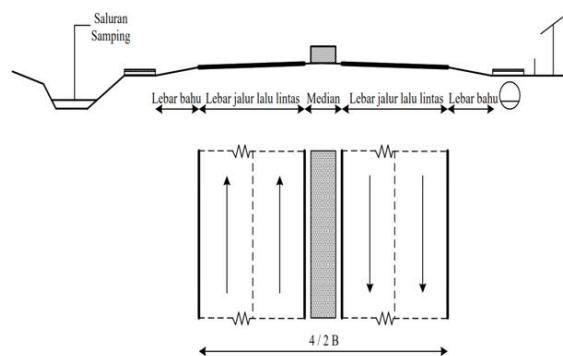
Lebar bahu disamping jalur lalu lintas direncanakan sebagai ruang untuk kendaraan yang sekali-sekali berhenti, pejalan kaki dan kendaraan lambat.

c. Median ( $M$ )

Daerah yang memisahkan arah lalu lintas pada suatu segmen jalan, terletak pada bagian tengah (direndahkan/ ditinggikan) dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7.



Gambar 4. 6 Tipikal potongan melintang normal dan denah untuk 2/2 TB



Gambar 4. 7 Tipikal potongan melintang normal dan denah untuk 4/2 TB

Tabel 4. 5 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan (m)

VLHR smp/hari	Arteri				Kolektor				Lokal			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu
< 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	MENGACU PADA PERSYARATAN IDEAL		TIDAK DITENTUKAN			
> 25.000	2n×3,5	2,5	2×7,0	2,0	2n×3,5	2,0						

(Sumber: TPGJAK No 038 /T /BM /1997:16)

#### 4.1.4. Alinyemen Horizontal

Menurut (Hamirhan Saodang, 2010:57) 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 (biasa disebut “tangen”), yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah dengan lengkung peralihan atau busur-busur peralihan saja ataupun busur lingkaran saja.

##### 4.1.4.1 Bagian Lurus

Menurut (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota Departemen Pekerjaan Umum, 1997:27) Pada elemen geometrik berupa alinyemen horisontal, bilamana topografi berupa daerah datar, dapat terjadi bagian lurus (“tangen”) menjadi sangat panjang.

Dengan memperhatikan faktor keselamatan pengguna jalan dan mempertimbangkan kelelahan pengemudi, panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh tidak lebih dari 2,50 menit (sesuai Vr). Panjang maksimum bagian lurus pada alinyemen horizontal dapat dilihat pada Tabel 4.6.

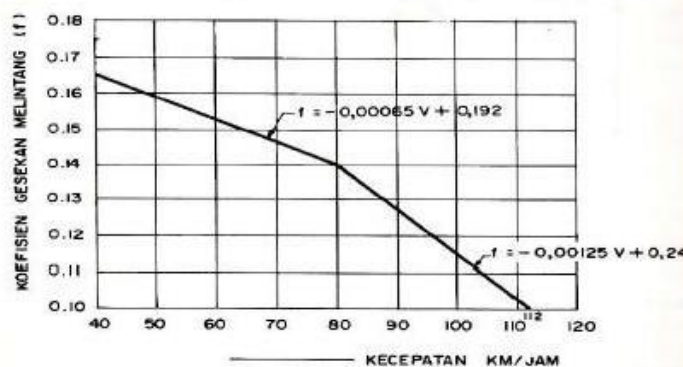
Tabel 4. 6 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maksimum		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

(Sumber: TPGJAK No.038 / T / BM / 1997:27)

#### 4.1.4.2 Koefisien Gesekan Melintang

Gaya gesekan melintang ( $f_m$ ) adalah besar gesekan yang terjadi antara ban dan permukaan jalan dalam arah melintang jalan, yang berfungsi untuk mengimbangi gaya sentrifugal. Ilustrasi gerakan kendaraan pada tikungan, menyebabkan adanya gaya gesekan ban dan permukaan jalan, dapat dilihat pada Gambar 4.8. Perbandingan antara gaya gesekan melintang dan gaya normal yang bekerja disebut koefisien gesekan melintang. Besarnya koefisien gesekan melintang dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis dan kondisi ban, tekanan ban, kekasaran permukaan perkerasan, kecepatan kendaraan, serta keadaan cuaca. Nilai  $f_m$  dapat diperoleh dari formulasi dalam grafik berikut:



Gambar 4.3. Koefisien gesekan melintang maksimum untuk desain (berdasarkan TEH'92 dalam satuan SI).

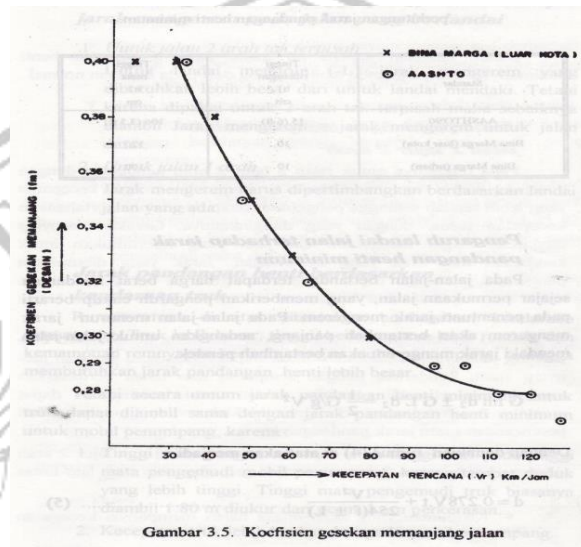
Kecepatan < 80 km/j  $f = -0,00065V + 0,192$

Kecepatan > 80 km/j  $f = -0,00125V + 0,24$

Gambar 4. 8 Grafik koefisien gesekan melintang

#### 4.1.4.3 Koefisien Gesekan Memanjang

$f_p$  adalah koefisien gesek memanjang antara ban kendaraan dengan perkerasan jalan aspal,  $f_p$  akan semakin kecil jika kecepatan (VR) semakin tinggi dan sebaliknya. Menurut (Bina Marga,1997:20), nilai  $f_p = 0,35 - 0,55$ . Grafik koefisien gesekan memanjang dapat dilihat pada gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Grafik koefisien gesekan memanjang  
(Sumber: AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017)

#### 4.1.4.4 Tikungan

Menurut (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota Departemen Pekerjaan Umum, 1997:27) bagian yang paling kritis dari suatu alinyemen horizontal ialah bagian lengkung (tikungan). Hal ini disebabkan oleh adanya suatu gaya sentrifugal yang akan melemparkan kendaraan keluar daerah tikungan tersebut. Pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi, akan terjadi gesekan arah melintang jalan antara ban dengan permukaan aspal yang menimbulkan gaya gesekan melintang dengan gaya normal yang disebut dengan koefisien gesekan melintang ( $f$ ). Gaya sentrifugal ini mendorong kendaraan secara radial keluar jalur. Atas dasar ini maka perencanaan tikungan agar dapat memberikan keamanan dan kenyamanan perlu mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

### 1. Jari – jari lengkung minimum

Untuk mencegah terjadinya kecelakaan, ditetapkan jari-jari minimum untuk kecepatan tertentu dengan superelevasi maksimum 10%. Nilai panjang jari-jari minimum dapat dilihat pada Tabel 4.7:

Tabel 4. 7 Panjang jari – jari minimum (Dibulatkan) untuk emaks = 10 %

Vr, km/jam	120	100	90	80	60	50	40	30	20
Rmin	600	370	280	210	115	80	50	30	15

(Sumber:Standar SNI 1997- Jalan Antar Kota:28)

### 2. Bentuk – bentuk tikungan

Di dalam suatu perencanaan garis lengkung maka perlu diketahui hubungan kecepatan rencana dengan kemiringan melintang jalan (superelevasi) karena garis lengkung yang direncanakan harus mampu mengurangi gaya sentrifugal secara bertahap, mulai dari nol hingga kembali ke nol. Bentuk tikungan dalam perencanaan tersebut adalah:

#### a. Bentuk tikungan full circle

Bentuk tikungan ini diterapkan pada tikungan dengan jari-jari besar dan sudut tangen yang relatif kecil. Berdasarkan hal tersebut, maka perencanaan tikungan harus mempertimbangkan beberapa faktor untuk memastikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan raya, antara lain :

- 1) Lengkung peralihan
- 2) Kemiringan melintang (superelevasi)
- 3) Pelebaran perkerasan jalan
- 4) Kebebasan samping

Jenis tikungan full circle ini adalah tipe tikungan yang paling ideal jika dilihat dari segi keamanan dan kenyamanan bagi pengemudi serta kendaraannya. Namun, apabila dilihat dari segi penggunaan lahan dan biaya pembangunan yang terbatas, jenis tikungan ini menjadi pilihan yang sangat mahal.

Adapun batasan dimana diperbolehkan menggunakan full circle dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan Gambar tikungan Full Circle dapat dilihat pada Gambar 4.10.

Tabel 4. 8 Jari - jari minimum yang tidak memerlukan lengkung peralihan

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

(Sumber: Bina Marga, 1997:30)

Rumus – rumus yang digunakan pada tikungan full circle, yaitu:

$$Tc = Rc \tan \frac{1}{2} \beta \dots\dots\dots (4.1)$$

$$Ec = Tc \tan \frac{1}{4} \beta \dots\dots\dots (4.2)$$

$$Lc = 0,01745 \beta Rc \dots\dots\dots (4.3)$$

(Sumber : Sukirman, 1999:121)

Dengan:

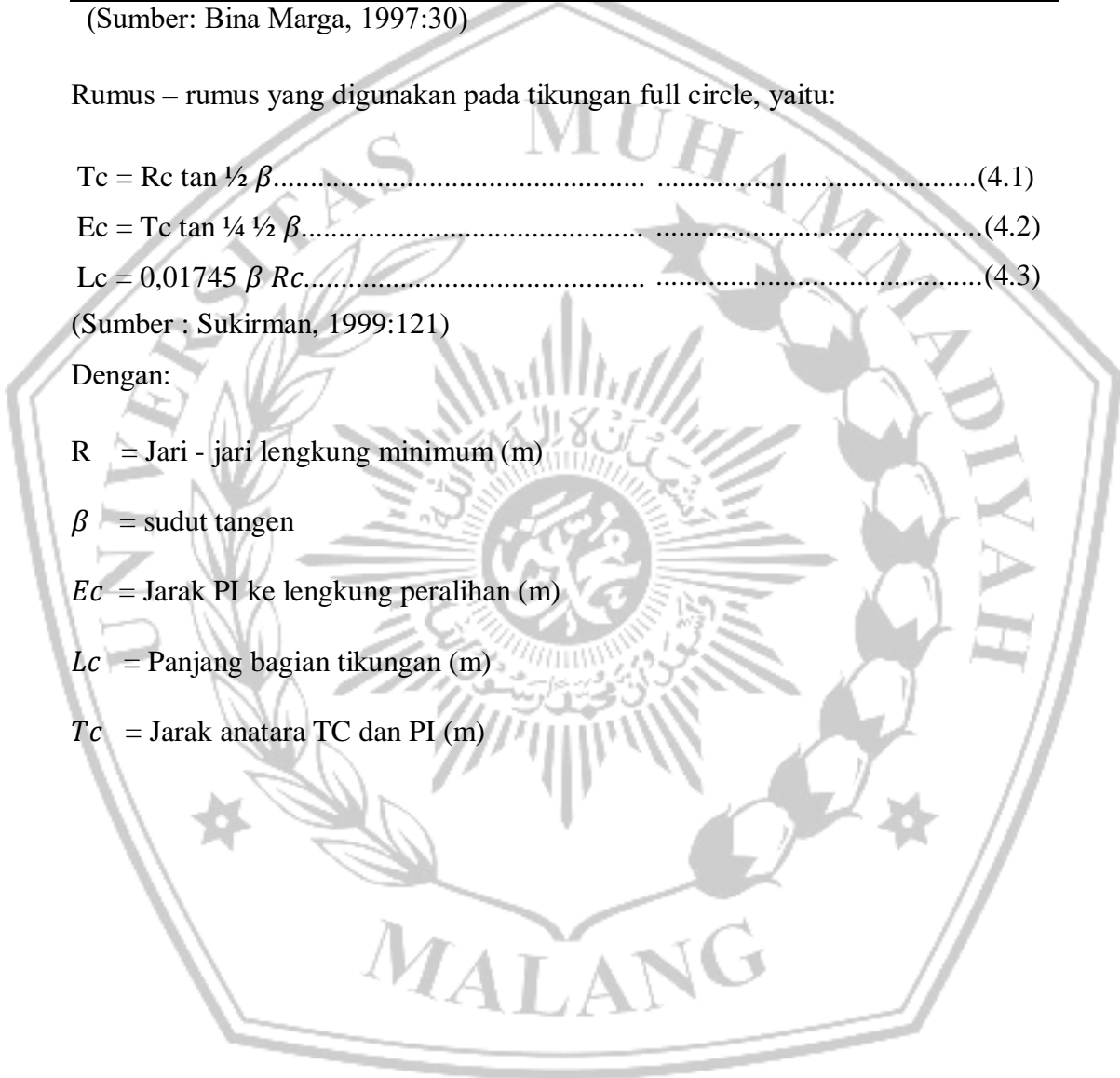
$R$  = Jari - jari lengkung minimum (m)

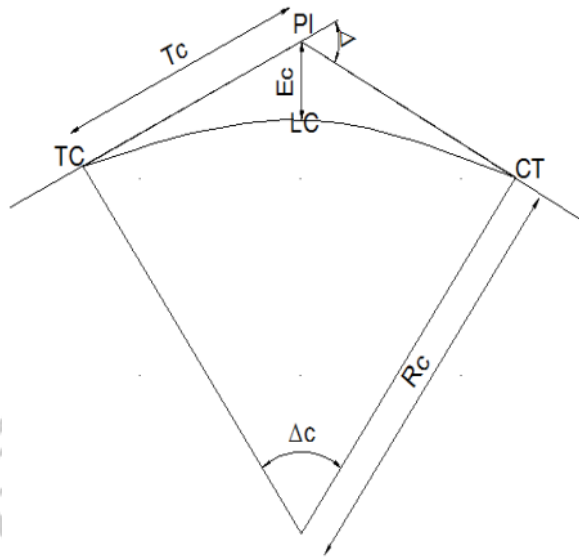
$\beta$  = sudut tangen

$Ec$  = Jarak PI ke lengkung peralihan (m)

$Lc$  = Panjang bagian tikungan (m)

$Tc$  = Jarak anatara TC dan PI (m)





Gambar 4. 10 Tikungan full circle

Catatan:

Tikungan FC hanya digunakan untuk R yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil akan diperlukan superelevasi yang besar.

b. Tikungan spiral – circle – spiral

Bentuk tikungan ini digunakan di daerah perbukitan atau pegunungan, karena tikungan jenis ini memiliki lengkung peralihan yang memungkinkan perubahan arah menikung secara bertahap, sehingga membuat tikungan tersebut lebih aman. Jari-jari yang dipilih untuk tikungan spiral-circle-spiral harus disesuaikan dengan kecepatan kendaraan dan tidak menyebabkan kemiringan tikungan melebihi batas maksimum yang telah ditentukan, yaitu:

1. Kemiringan maksimum antar jalan kota: 0,10
2. Kemiringan maksimum jalan dalam kota: 0,08

Rumus – rumus yang digunakan pada tikungan spiral – circle – spiral, yaitu:

$$X_s = L_s - \frac{L_s^2}{240R^2} \dots \dots \dots (4.4)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6R^2} \dots \dots \dots (4.5)$$

$$\theta_s = 90 \frac{L_s}{R} \dots \dots \dots (4.6)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6R^2} - R(1 - \cos s) \dots \dots \dots (4.7)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^2}{240R^2} - R \sin s \dots \dots \dots (4.8)$$

$$L_c = c180\pi R \dots\dots\dots(4.9)$$

$$T_s = R + p \tan^2 \frac{\Delta}{2} + k \dots\dots\dots(4.10)$$

$$E_s = R + p \sec^2 \frac{\Delta}{2} - k \dots\dots\dots(4.11)$$

$$L = L_c + 2L_s \dots\dots\dots(4.12)$$

Dimana:

$X_s$  = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS-S

(jarak lurus lengkung peralihan), (m)

$Y_s$  = Ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, (m)

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

$p$  = Pergeseran tangen terhadap spiral, (m)

$k$  = Absis  $p$  pada garis tangen spiral, (m)

$L_c$  = Panjang busur lingkaran (jarak SC-CS), (m)

$T_s$  = Jarak tangen dari PI ke TS atau ST, (m)

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

$L$  = Panjang tikungan SCS, (m)

$L_s$  = Panjang lengkung peralihan (jarak TS-SC atau CS-ST), (m)

$\Delta$  = Sudut tikungan, ( $^\circ$ )

$\Delta_c$  = Sudut lengkung *circle*, ( $^\circ$ )

$R$  = Jari-jari tikungan, (m)

Kontrol:

$$L_c > 20 \text{ m}$$

$$L > 2 T_s$$

Jika  $L < 20 \text{ m}$ , gunakan jenis tikungan *spiral-spiral*.  $L_s$ , Panjang lengkung peralihan (jarak TS-SS atau SS-ST) – diambil nilai terbesar dari tiga persamaan:

$$L_s \text{ minimum} = m (e + e_n) B \dots\dots\dots(4.13)$$

Dimana,

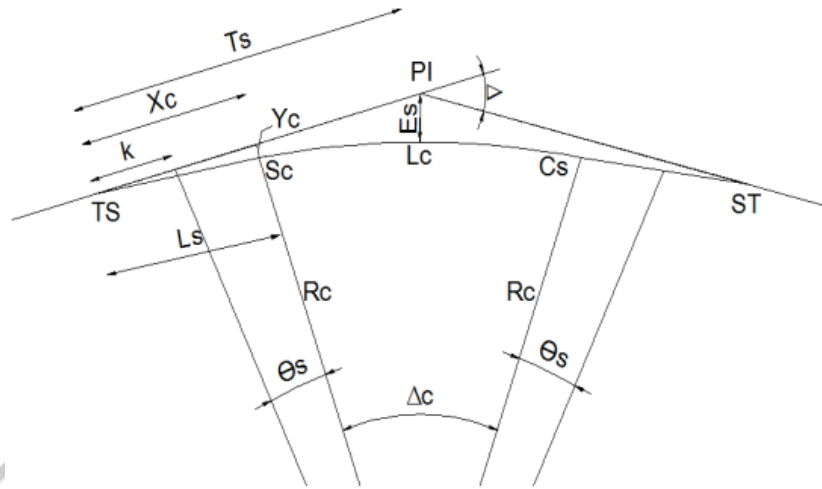
$e$  = nilai Superelevasi pada  $R_c$  yang telah ditentukan

$e_n$  = nilai Superelevasi normal (perkerasan aspal/beton,  $e_n = 2\% - 3\%$ )

$B$  = Lebar Lajur Rencana Jalan

$1/m$  = Landasan relative

Gambar Tikungan Spiral – Circle – Spiral dapat dilihat pada gambar 4.11.



Gambar 4. 11 Tikungan Spiral – Circle – Spiral

c. Tikungan spiral-spiral

Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan yang tajam. Rumus-rumus yang digunakan pada tikungan spiral-spiral, yaitu:

$$L_{tot} = 2L_s \dots \dots \dots (4.14)$$

$$L_s = 2R\sqrt{360} \theta_s, \text{ atau } L_s = sR\sqrt{28,648} \dots \dots \dots (4.15)$$

$$\theta_s = 12\Delta, L_c = 0 \dots \dots \dots (4.16)$$

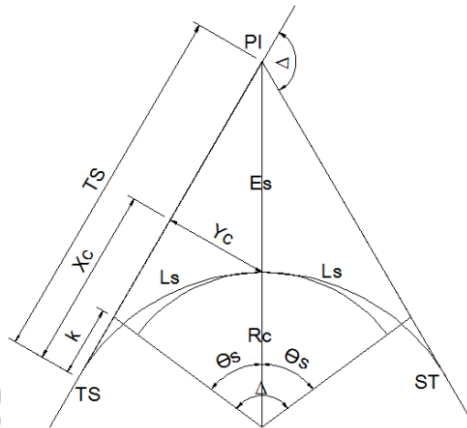
$$p = p^* \times L_s \dots \dots \dots (4.17)$$

$$k = k^* \times L_s \dots \dots \dots (4.18)$$

$$T_s = R + p \tan 2\theta_s + k \dots \dots \dots (4.19)$$

$$E_s = R + p \sec 2\theta_s - R \dots \dots \dots (4.20)$$

Gambar Tikungan Spiral – Spiral dapat dilihat pada gambar 4.12.



Gambar 4. 12 Tikungan Spiral – Spiral

### 3. Superelevasi

Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan-kemiringan jalan pada bagian tertentu yaitu berfungsi untuk mempermudah dalam pelaksanaan pengerjaan.

- a. Superelevasi dapat dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung,
- b. Pada tikungan *spiral-circle-spiral*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bentuk 70 normal sampai lengkung peralihan (S) yang berbentuk pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan.
- c. Pada tikungan *full circle*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bagian lurus sepanjang  $\frac{2}{3} L_s$  sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang  $\frac{1}{3} L_s$ .
- d. Pada tikungan *spiral-spiral*. Pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.
- e. Superelevasi tidak diperlukan jika ruas cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LP), atau bahkan tetap lereng normal (LN)

### 4. Pencapaian superelevasi

Superelevasi adalah kemiringan melintang pada tikungan untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang dialami saat melintasi tikungan dengan

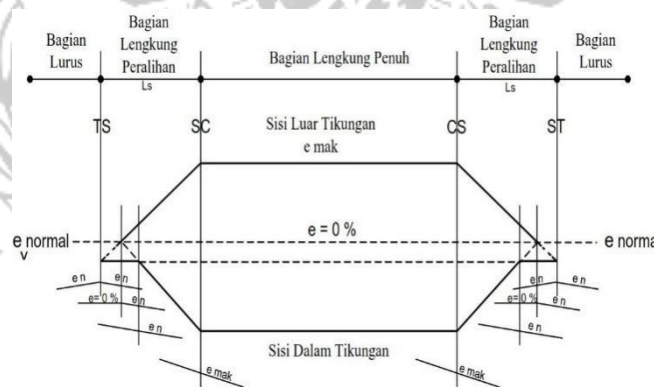
kecepatan VR. *Superelevasi* tercapai secara bertahap, dimulai dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan lurus hingga kemiringan penuh (*Superelevasi*) pada bagian lengkung.

Pada tikungan S-C-S, pencapaian *superelevasi* dilakukan secara linier, diawali dari bentuk normal ( $\sim$ ) sampai awal lengkungan peralihan (TS) yang berbentuk ( $\curvearrowright$ ) pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai *superelevasi* penuh ( $\curvearrowleft$ ) pada akhir pada bagian lengkungan peralihan (SC). Metode atau tata cara untuk melakukan *superelevasi*, yaitu dengan mengubah lereng potongan melintang, dilakukan dengan bentuk profil dari tepi perkerasan yang dibundarkan, tetapi disarankan cukup untuk mengambil garis lurus saja.

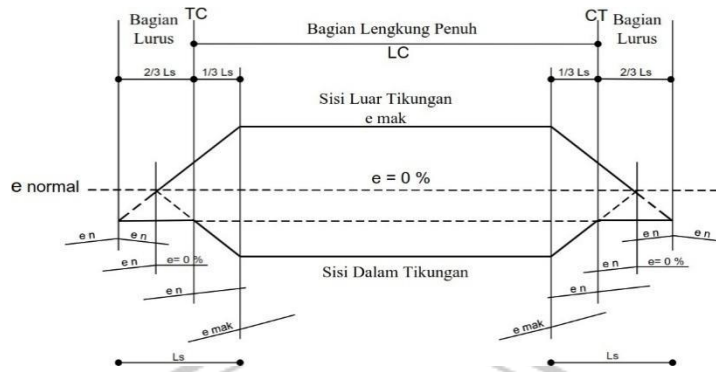
Ada tiga cara untuk mendapatkan *superelevasi* yaitu:

- Memutar perkerasan jalan terhadap profil sumbu.
- Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah dalam.
- Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah luar.

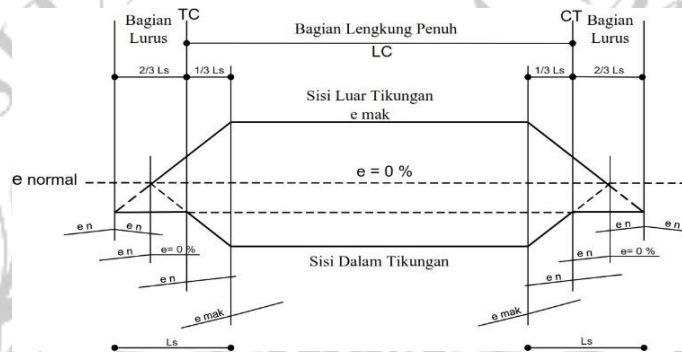
Metode pencapaian *superelevasi* pada tikungan Full Circle, Spiral Circle Spiral, dan Spiral-Spiral dapat dilihat pada Gambar 4.13, Gambar 4.14, dan Gambar 4.15.



Gambar 4. 13 Metode pencapaian *superelevasi* pada tikungan tipe FC



Gambar 4. 14 Metode pencapaian superelevasi pada tikungan tipe S-C-S



Gambar 4. 15 Metode pencapaian superelevasi pada tikungan tipe S-S Lengkung peralihan fiktif

Panjang lengkung peralihan ( $L_s$ ) minimum & Superelevasi ( $e$ ) untuk jalan antar kota (Bina Marga) dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Panjang Lengkung Peralihan ( $L_s$ ) minimum & Superelevasi ( $e$ ) untuk jalan antar kota (Bina Marga)

D	R	V = 50 km/jam		V = 60 km/jam		V = 70 km/jam		V = 80 km/jam		V = 90 km/jam	
		e	$L_s$	e	$L_s$	e	$L_s$	e	$L_s$	e	$L_s$
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

Tabel 4.9 (Lanjutan)

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	206	0,062	45	0,080	50	0,094	60	Dmaks = 6,82			
8,000	179	0,068	45	0,086	50	0,098	60				
9,000	159	0,074	45	0,091	50	0,099	60				
10,000	143	0,079	45	0,095	60	Dmaks = 9,12					
11,000	130	0,083	45	0,098	60						
12,000	119	0,087	45	0,100	60						
13,000	110	0,091	50	Dmaks = 12,79							
14,000	102	0,093	50								
15,000	95	0,096	50								
16,000	90	0,097	50								
17,000	84	0,099	60								
18,000	80	0,099	60								
19,000	75	Dmaks = 18,85									

(Sumber : Saodang. 2004. Hal : 239)

Keterangan :

LN = lereng jalannormal diasumsikan = 2%

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

I = diperhitungkan dengan mempertimbangkan rumus modifikasi Short, landai relatif maksimum (Gambar 4.16), jarak tempuh 2 detik, dan lebar perkerasan 2 x 3,75 m.

Panjang lengkung peralihan (Ls) minimum & Superelevasi (e) untuk jalan antar kota (Bina Marga) dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Panjang lengkung peralihan (Ls) minimum & Superelevasi (e) untuk jalan antar kota (AASHTO)

D	R	V = 50 km/jam		V = 60 km/jam		V = 70 km/jam		V = 80 km/jam		V = 90 km/jam		V = 100 km/jam		V = 120 km/jam	
		e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls
0,250	5730	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0	LP	60	LP	70
0,500	2865	LN	0	LN	0	LP	40	LP	50	LP	50	0,021	60	0,03	70
0,750	1910	LN	0	LP	40	LP	40	0,020	50	0,025	50	0,031	60	0,044	70
1,000	1432	LP	30	LP	40	0,021	40	0,027	50	0,033	50	0,040	60	0,057	70
1,250	1146	LP	30	LP	40	0,025	40	0,033	50	0,040	50	0,049	60	0,069	80
1,500	955	LP	30	0,023	40	0,030	40	0,038	50	0,047	50	0,057	60	0,080	90
1,750	819	LP	30	0,026	40	0,035	40	0,044	50	0,054	50	0,065	60	0,090	100
2,000	716	LP	30	0,029	40	0,039	40	0,049	50	0,060	50	0,072	70	0,096	110
2,500	573	0,026	30	0,036	40	0,047	40	0,059	50	0,072	60	0,085	80	Dmaks = 2,40	
3,000	477	0,030	30	0,042	40	0,055	40	0,068	60	0,081	70	0,094	90		
3,500	409	0,035	30	0,048	40	0,062	50	0,076	60	0,089	80	0,099	90		
4,000	358	0,039	30	0,054	40	0,068	50	0,082	70	0,095	80	Dmaks = 3,91			
4,500	318	0,043	30	0,059	40	0,074	50	0,088	70	0,099	80				
5,000	286	0,048	30	0,064	40	0,079	60	0,093	70	0,100	90				
6,000	239	0,055	40	0,073	50	0,088	60	0,098	80	Dmaks = 5,12					
7,000	206	0,062	40	0,080	50	0,094	70	Dmaks = 6,82							
8,000	179	0,068	40	0,086	60	0,098	70								
9,000	159	0,074	50	0,091	60	0,099	70								
10,000	143	0,079	50	0,095	60	Dmaks = 9,12									

Tabel 4.10 (Lanjutan)

11,000	130	0,083	50	0,098	60														
12,000	119	0,087	50	0,100	60														
13,000	110	0,091	60	Dmaks = 12,79															
14,000	102	0,093	60																
15,000	95	0,096	60																
16,000	90	0,097	60																
17,000	84	0,099	60																
18,000	80	0,099	60																
19,000	75	Dmaks = 18,85																	

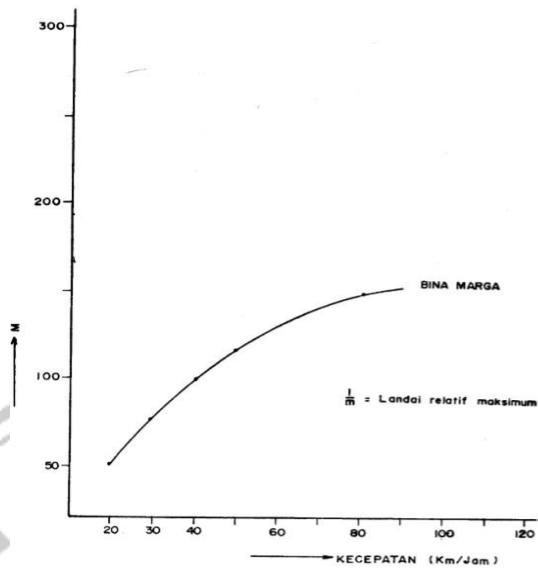
(Sumber : Saodang, 2004. Hal : 238)

Keterangan:

LN = lereng jalannormal diasumsikan = 2%

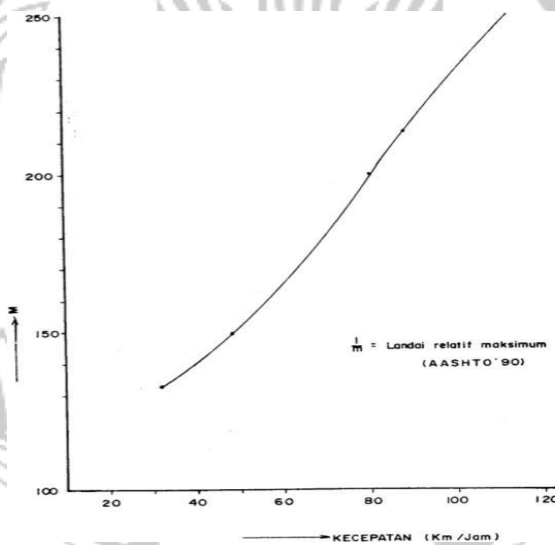
LP = lereng luar diputar sehingga perkerasan mendapat superelevasi sebesar lereng jalan normal = 2%

I = diperhitungkan dengan mempertimbangkan rumus modifikasi Short, landai relatif maksimum (Gambar 4.16), jarak tempuh 2 detik, dan lebar perkerasan 2 x 3,75 m.



Gambar 4.12a. Landai relatif maksimum berdasarkan Bina Marga.

Gambar 4. 16 Landai relatif maksimum (Bina Marga)



Gambar 4. 17 Landai relatif maksimum (Bina Marga)

#### 4.1.4.5 Pelebaran Pada Tikungan

Menurut (Saodang, 2004:95) Kendaraan yang bergerak dari jalan lurus menuju tikungan, sering kali tidak dapat mempertahankan lintasannya pada lajur yang disediakan. Hal ini disebabkan karena:

1. Pada waktu berbelok pertama kali hanya roda depan, sehingga lintasan roda belakang agak keluar lajur (*off tracking*).

2. Jarak lintasan kendaraan tidak lagi berimpit, karena bemper depan dan belakang kendaraan akan mempunyai lintasan yang berbeda dengan lintasan roda depan dan roda belakang kendaraan.
3. Pengemudi akan mengalami kesulitan dalam pertahankan lintasannya tetap pada lajur jalannya terutama pada tikungan-tikungan yang tajam atau pada kecepatan-kecepatan tinggi.

Untuk menghindari hal-hal tersebut, maka pada tikungan yang tajam diperlukan pelebaran perkerasan jalan. Pelebaran ini bergantung pada faktor dari jari-jari lengkung, kecepatan kendaraan, jenis dan ukuran kendaraan rencana yang akan digunakan dalam perencanaan jalan. Secara umum, truk tunggal digunakan sebagai dasar untuk menentukan tambahan lebar perkerasan yang dibutuhkan. Namun, di jalan-jalan yang sering dilalui kendaraan berat, jenis kendaraan semi trailer merupakan kendaraan yang cocok dipilih untuk kendaraan rencana. Tentu saja pemilihan jenis kendaraan rencana ini sangat mempengaruhi kebutuhan akan pelebaran perkerasan dan biaya pelaksanaan jalan tersebut. Pelebaran perkerasan pada tikungan, sudut tikungan dan kecepatan rencana. Dalam peraturan perencanaan geometrik jalan raya, mengenai hal ini dirumuskan:

$$B = n(b' + c) + (n - 1) \cdot T_d + Z \dots \dots \dots (4.21)$$

(Sumber: (Alamsyah, 2001:49))

Dimana:

- B = Lebar perkerasan pada tikungan
- n = Jumlah jalur lalu lintas
- b' = Lebar lintasan truk pada tikungan
- T<sub>d</sub> = Lebar melintang akibat tonjolan depan
- c = Kebebasan samping

#### **4.1.4.6 Penentuan Stationing**

Menurut (Alamsyah, 2001:68) Didalam perencanaan suatu rusa jalan, untuk memudahkan didalam perencanaan dan pelaksanaan dibuat station-station atau disingkat sta. Penempatan station pada gambar perencanaan maupun pelaksanaannya dilapangan tergantung pada kondisi topografinya.

Penomoran sta, dimulai dari awal perencanaan jalan bergerak maju hingga ke ujung rencana jalan. Cara penempatan nomor sta, dilakukan dengan pembuatan pato-patok bernomor dengan jarak sebagai berikut:

1. Setiap 100 m, untuk daerah datar
2. Setiap 50 m, untuk daerah bukit
3. Setiap 25 m, untuk daerah gunung

Nomor jalan (sta jalan) ini sama fungsinya dengan patok-patok km di sepanjang jalan, namun juga terdapat perbedaannya antara lain:

1. Patok km merupakan petunjuk jarak yang di ukur dari patok km 0, yang umumnya terletak di ibukota provinsi atau kota madya, sedangkan patok sta merupakan petunjuk jarak yang di ukur dari awal sampai akhir pekerjaan.
2. Patok km berupa patok permanen yang dipasang dengan ukuran standar yang berlaku, sedangkan patok sta merupakan patok sementara selama masa pelaksanaan proyek jalan tersebut.

#### **4.1.5 Alinyemen Vertikal**

Menurut (Alamsyah, 2001:53) alinyemen vertikal adalah garis potong yang dibentuk oleh bidang vertikal terhadap sumbu jalan atau bidang tegak melalui sumbu jalan atau disebut juga gambar proyeksi tegak lurus bidang gambar. Profil ini menggambarkan perencanaan terhadap adanya jalan naik dan turun untuk memberikan pertimbangan akan kemampuan kendaraan bermuatan penuh melalui jalan tersebut.

Alinyemen vertikal memiliki kaitan yang sangat erat dengan besarnya biaya pembangunan, biaya penggunaan kendaraan, jumlah kendaraan, serta tingkat kecelakaan lalu lintas. Alinyemen harus direncanakan dengan sebaik-baiknya,

sebisa mungkin menyesuaikan dengan kondisi medan, sehingga dapat menciptakan jalan yang indah dan harmonis dengan lingkungan sekitarnya.

Dalam menetapkan landai jalan, perlu di ingat bahwa setelah jalan digunakan, akan sulit untuk mengurangi kelandaian tanpa melakukan perubahan yang memerlukan biaya tinggi. Oleh karena itu, penggunaan 45embal maksimum sebaiknya dihindari sebisa mungkin.

#### 4.1.5.1 Jarak Pandang Henti

Menurut (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota Departemen Pekerjaan Umum, 1997:20) jarak pandang henti minimum harus selalu diberikan pada setiap bagian jalan. Jarak pandang henti minimum dinyatakan pada Tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Jarak Pandang henti

Kecepatan Rencana (km/jam)	Standar Jarak Pandang Henti Minimum Vertikal (m)
120	250
100	175
80	120
60	75
50	55
40	40
30	27
20	16

(Sumber: TPGJAK No.038 / T / BM / 1997:21)

#### 4.1.5.2 Jarak Pandang Mendahului

Menurut (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota Departemen Pekerjaan Umum, 1997:21) kekentuan jarak pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula. jarak pandang mendahului standar dan minimum dinyatakan dalam Tabel 4.12.

Tabel 4. 12 Jarak Pandang Mendahului

Kecepatan Rencana (km/jam)	Standar Jarak Pandang Henti Minimum Vertikal (m)
120	800
100	670
80	550
60	350
50	250
40	200
30	150
20	100

(Sumber: TPGJAK No.038 / T / BM / 1997:22)

#### 4.1.5.3 Kelandaian

Menurut (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota Departemen Pekerjaan Umum, 1997:36) untuk menghitung dan merencanakan lengkung vertikal, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

##### 1. Karakteristik kendaraan pada kelandaian

Hampir seluruh kendaraan penumpang dapat berjalan dengan baik dengan kelandaian 7-8 % tanpa adanya perbedaan dibandingkan dengan bagian datar. Pengamatan menunjukkan bahwa mobil penumpang pada kelandaian 3% hanya sedikit sekali pengaruhnya dibandingkan dengan jalan datar. Sedangkan untuk truk, kelandaian akan lebih besar pengaruhnya.

##### 2. Karakteristik Maksimum

Kelandaian maksimum berdasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh mampu bergerak dengan kecepatan tidak kurang dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah. Kelandaian maksimum dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4. 13 Kelandaian Maksimum Yang Diizinkan

$V_R$ km/jam	120	110	100	80	60	50	40	< 40
Kelandaian Maksimum (%)	3	3	4	5	8	9	10	10

(Sumber: TPGJAK No.038 / T / BM / 1997:36)

### 3. Kelandaian Minimum

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

### 4. Panjang Kritis Suatu Kelandaian

Panjang kritis ini diperlukan sebagai batasan panjang kelandaian maksimum agar pengurangan kecepatan kendaraan tidak lebih banyak dari separuh VR, lama perjalanan pada panjang kritis tidak lebih dari satu menit. Panjang kritis dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4. 14 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 / 1997:36)

### 5. Lajur Pendakian Pada Kelandaian Khusus

Pada jalur jalan dengan rencana volume lalu lintas yang tinggi, terutama untuk tipe 2/2 TB, maka kendaraan berat akan berjalan pada lajur pendakian dengan kecepatan VR, sedangkan kendaraan lain masih dapat bergerak dengan kecepatan VR, sebaliknya dipertimbangkan untuk dibuat lajur tambahan pada bagian kiri dengan ketentuan untuk jalan baru menurut MKJI didasarkan pada BHS (Biaya Siklus Hidup).

#### 4.1.5.4 Lengkung Vertikal

Menurut (Alamsyah, 2001:56), lengkung vertikal dirancang untuk secara bertahap mengubah perbedaan dua jenis kelandaian pada arah memanjang di setiap lokasi yang diperlukan. Tujuannya adalah untuk mengurangi guncangan akibat perubahan kelandaian serta menyediakan jarak pandang henti yang memadai untuk memastikan keamanan dan kenyamanan.

Rumus yang digunakan:

$$A = g_2 - g_1 \dots \dots \dots (4.22)$$

$$E_v = \frac{A.L}{800} \dots \dots \dots (4.23)$$

$$y = \frac{A}{200.L} X^2 \dots \dots \dots (4.24)$$

(Sumber: (Alamsyah, 2001:57))

Dimana:

$x$  = Jarak dari titik PLV ke titik yang ditinjau STA

$y$  = Perbedaan elevasi antara titik PLV dan titik yang ditinjau pada STA, (m)

$L$  = Panjang lengkung vertical parabola, yang merupakan jarak proyeksi dari titik PLV dan titik PTV, (STA)

$g_1$  = Kelandaian tangen dari titik PLV, (%)

$g_2$  = Kelandaian tangen dari titik PTV, (%)

$A$  = Perbedaan aljabar kelandaian

Kelandaian menarik (pendakian) diberi tanda (+), sedangkan kelandaian menurun (Penurunan) diberi tanda (-). Ketentuan pendakian atau penurunan ditinjau dari sebelah kiri.

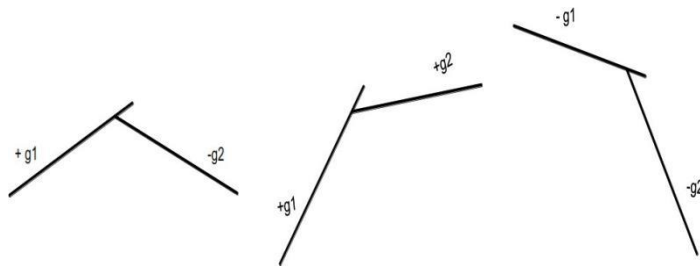
1. Lengkung Vertikal Cembung

Ketentuan tinggi menurut Bina Marga (1997) untuk lengkung cembung seperti pada Tabel 4.15.

Tabel 4. 15 Ketentuan tinggi jenis jarak pandang

Untuk jarak Pandang	$H_1$ (m) Tinggi Mata	$h_2$ Tinggi Objek
Henti ( $J_h$ )	1,05	0,15
Mendahului ( $J_d$ )	1,05	1,05

(Sumber: (Saodang, 2004:116))



Gambar 4. 18 Alinyemen Vertikal Cembung

a. Panjang L, berdasarkan Jh

$$Jh < L, \text{ maka: } L = \frac{A \cdot Jh^2}{399} \dots\dots\dots(4.25)$$

$$Jh > L, \text{ maka: } L = \frac{2Jh - 399}{A} \dots\dots\dots(4.26)$$

(Sumber: (Saodang, 2004:116))

b. Panjang L, berdasarkan Jd

$$Jd < L, \text{ maka: } L = \frac{A \cdot Jd^2}{399} \dots\dots\dots(4.27)$$

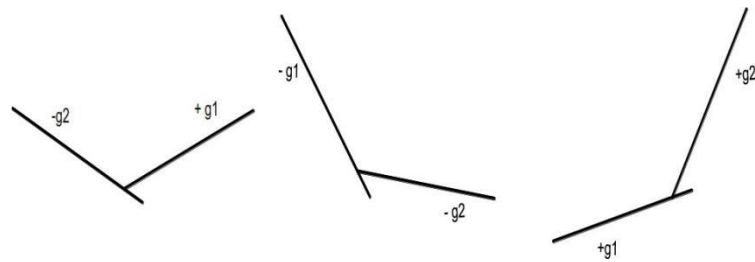
$$Jd > L, \text{ maka: } L = \frac{2Jd - 840}{A} \dots\dots\dots(4.28)$$

(Sumber: (Saodang, 2004:116))

2. Lengkung Vertikal Cekung

Tidak ada dasar pasti yang dapat digunakan untuk menentukan panjang lengkung vertikal (L), namun terdapat empat kriteria sebagai pertimbangan yang dapat dipakai, yaitu:

- a. Jarak sinar lampu besar dari kendaraan
- b. Kenyamanan pengemudi
- c. Ketentuan drainase
- d. Penampilan secara umum



Gambar 4. 19 Alinyemen Vertikal Cekung

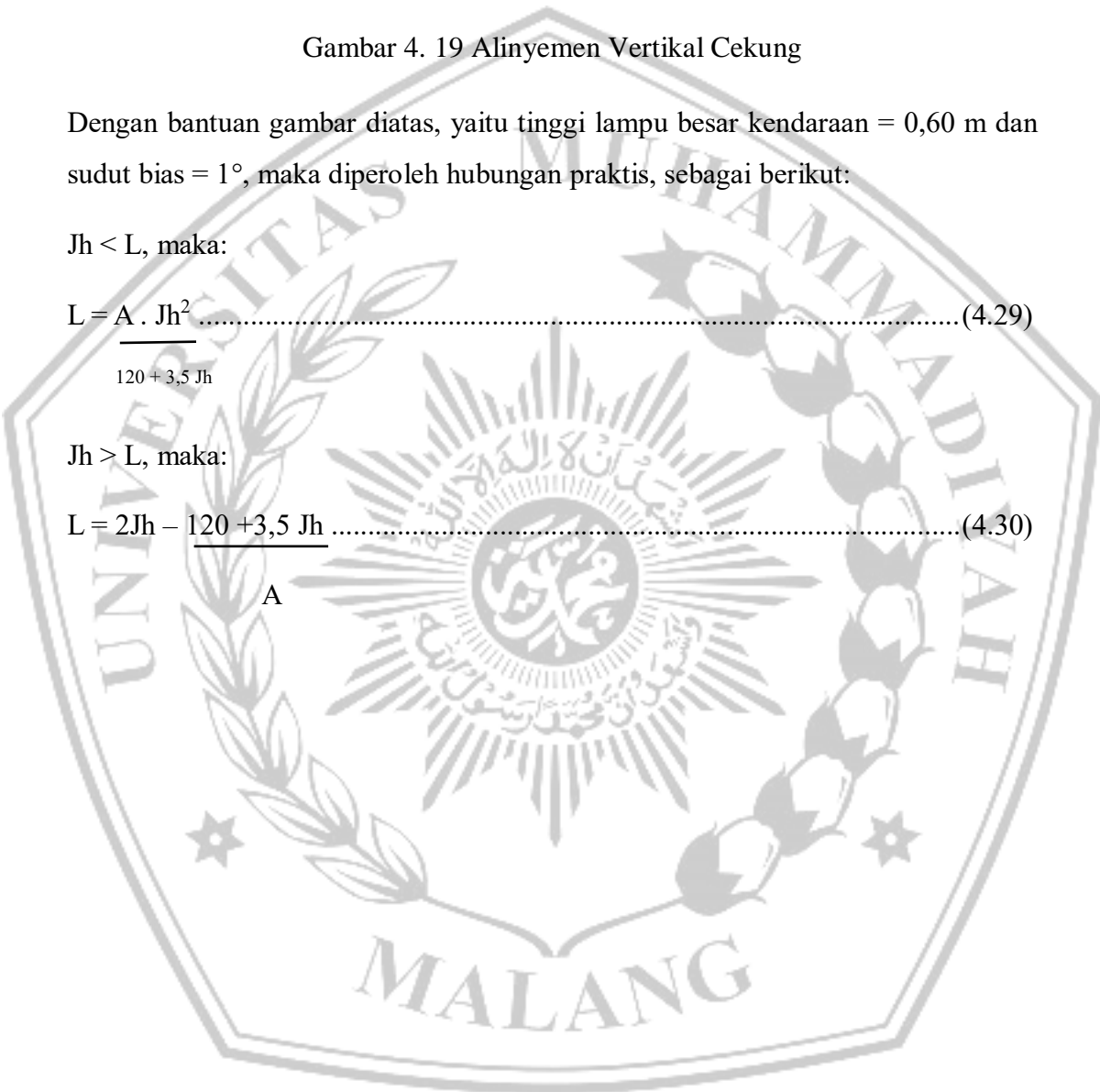
Dengan bantuan gambar diatas, yaitu tinggi lampu besar kendaraan = 0,60 m dan sudut bias = 1°, maka diperoleh hubungan praktis, sebagai berikut:

$J_h < L$ , maka:

$$L = \frac{A \cdot J_h^2}{120 + 3,5 J_h} \dots\dots\dots(4.29)$$

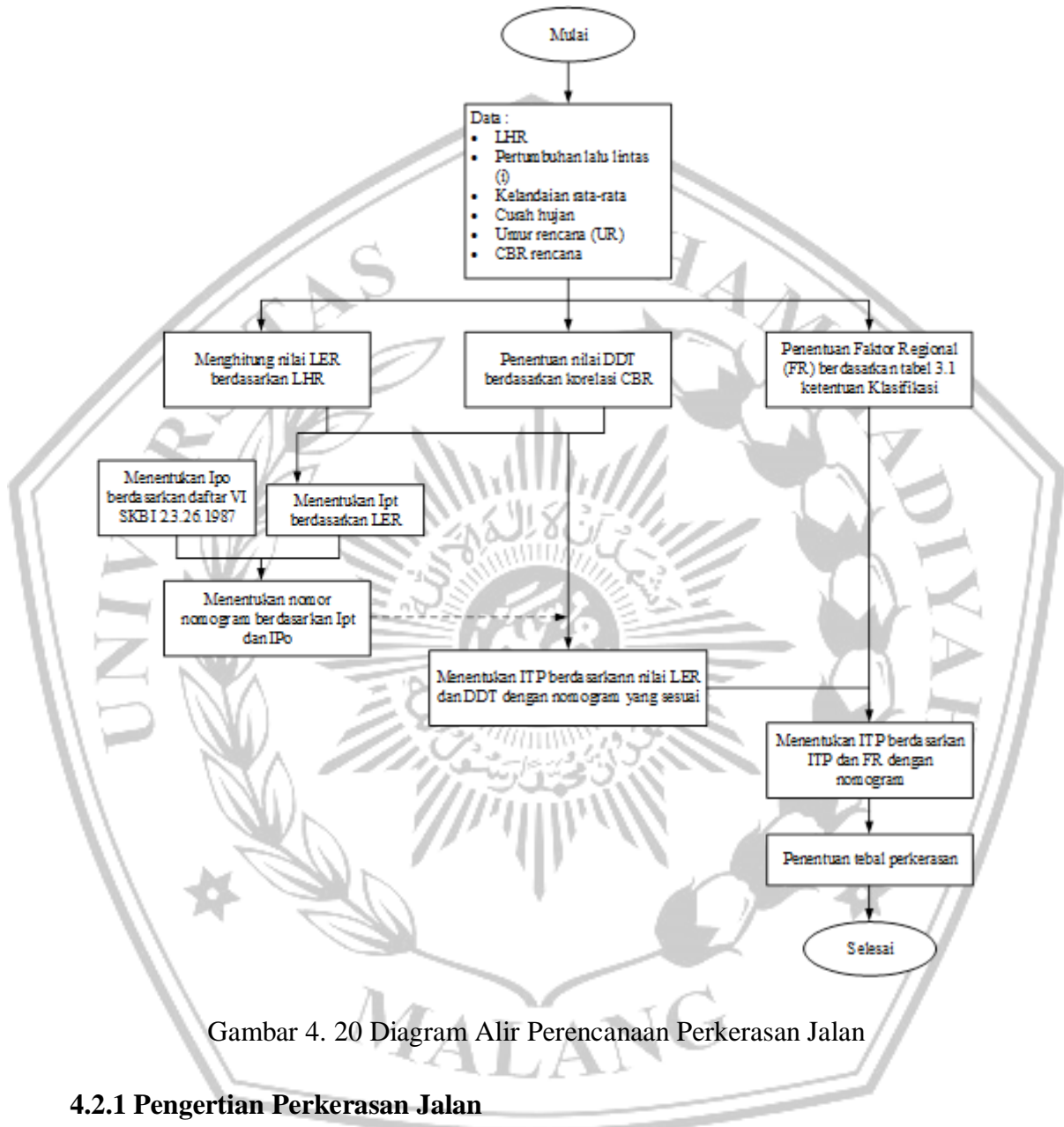
$J_h > L$ , maka:

$$L = \frac{2J_h - 120 + 3,5 J_h}{A} \dots\dots\dots(4.30)$$



## 4.2 Perencanaan Perkerasan Lentur

Untuk lebih jelasnya, pekerjaan perkerasan jalan dapat dilihat pada bagan alir dalam Gambar 4.20.



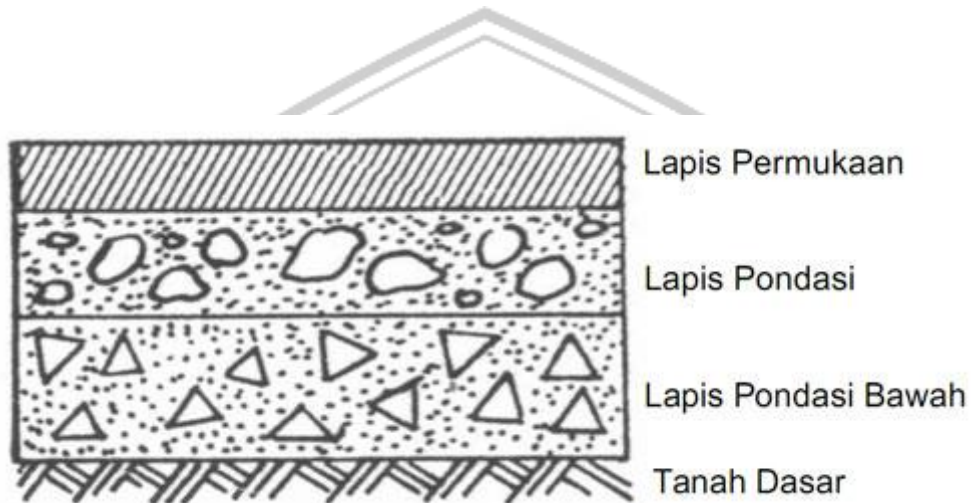
Gambar 4. 20 Diagram Alir Perencanaan Perkerasan Jalan

### 4.2.1 Pengertian Perkerasan Jalan

Menurut (Sukirman, 2010:11) perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat, oleh karenanya perkerasan ini mempunyai sifat lentur yang relatif tinggi dan mempunyai struktur yang berlapis – lapis maka konsep yang digunakan adalah *Multilayer Elastic System* dimana kualitas material yang lebih baik ditempatkan pada atau dekat lapisan.

#### 4.2.2 Bagian Perkerasan Jalan

Menurut (Departemen Pekerjaan Umum Bina Marga, 1987:4) konstruksi perkerasan terdiri dari lapisan – lapisan yang diletakkan di atas permukaan tanah dasar yang telah dipadatkan. Gambar lapisan perkerasan lentur dapat dilihat pada Gambar 4.21.



Gambar 4. 21 Lapisan perkerasan lentur

##### 1. Tanah Dasar

Kekuatan konstruksi perkerasan jalan sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Beberapa persoalan yang berkaitan dengan tanah dasar adalah sebagai berikut:

- a. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.
- b. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
- c. 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.
- d. Lendutan dan lendutan balik selama dan sesudah pembebanan lalu lintas dari tanah tertentu.

- e. Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas dan penurunan yang diakibatkannya, yaitu pada tanah berbutir kasar (granular soil) yang tidak dipadatkannya secara baik pada saat pelaksanaan.

2. Lapis pondasi bawah

Fungsi lapis pondasi bawah:

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

3. Lapis pondasi

Fungsi lapis pondasi antara lain:

- a. Sebagai bagian perkerasan yang menahan beban roda
- b. Sebagai perletakan terhadap lapis permukaan

4. Lapis permukaan

Fungsi lapis permukaan:

- a. Sebagai bahan perkerasan untuk menahan beban roda
- b. Sebagai lapisan rapat air untuk melindungi badan jalan kerusakan akibat cuaca.
- c. Sebagai lapisan aus (*wearing course*).

**4.2.3 Lalu Lintas**

1. Lalu lintas harian rata-rata (LHR)

Rumus untuk menghitung LHR sebagai berikut:

$$LHR_p = LHR_s \times (1 + i_1)^n \dots\dots\dots(4.31)$$

(Sumber: Sukirman, 2010:143)

Dimana:

LHR<sub>s</sub> = LHR hasil pengumpulan data

i<sub>1</sub> = faktor pertumbuhan lalu lintas dari saat pengumpulan data sampai awal umur rencana, persen/tahun.

n = lama waktu dari saat pengumpulan data sampai awal umur rencana

2. Lalu lintas harian rata – rata akhir (LHR<sub>A</sub>)

Rumus untuk menghitung LHR<sub>A</sub> sebagai berikut:

$$LHR_A = LHR_p \times (1 + i_2)^n \dots\dots\dots(4.32)$$

(Sumber: Bina Marga, 2021:47)

Dimana:

LHR<sub>A</sub> = volume lalu lintas harian rata-rata tahunan desain

LHR<sub>p</sub> = volume lalu lintas harian rata-rata pada tahun berjalan

i<sub>2</sub> = faktor pertumbuhan lalu lintas

n = umur desain

3. Lintas ekivalen permukaan (LEP)

Rumus untuk menghitung LEP sebagai berikut:

$$LEP = \sum_j^n = mp LHR_{pj} \times c \times E \dots\dots\dots(4.33)$$

(Sumber: Bina Marga, 1987:8)

Dimana:

j = jenis kendaraan

E = angka ekivalen untuk jenis kendaraan

C = koefisien distribusi jenis kendaraan

LHR<sub>pj</sub> = LHR jenis kendaraan di awal umur rencana

4. Lintas ekivalen akhir (LEA)

Rumus untuk menghitung LEA sebagai berikut:

$$LEA = \sum_j^n = mp LHR_{aj} \times c \times E \dots\dots\dots(4.34)$$

(Sumber: Bina Marga, 1987:8)

Dimana:

j = jenis kendaraan

C = koefisien distribusi jenis kendaraan

E = angka ekivalen untuk jenis kendaraan

5. Lintas ekivalen tengah (LET)

$$LET = \frac{LEP + LEA}{2} \dots\dots\dots(4.35)$$

(Sumber: Bina Marga, 1987:8)

Dimana:

LEP = lintas ekivalen di awal umur rencana

LEA = lintas ekivalen di akhir umur rencana

6. Lintas ekivalen rencana (LER)

$$\text{LER} = \text{LET} \times \text{Fp} \dots \dots \dots (4.36)$$

$$\text{Fp} = \frac{n^2}{10} \dots \dots \dots (4.37)$$

(Sumber: Bina Marga, 1987:8)

Dimana:

Fp = faktor penyesuaian untuk umur rencana UR/10

#### 4.2.4 Penentuan Nilai DDT

##### 4.2.4.1 Koefisien Distribusi Kendaraan

Koefisien distribusi kendaraan terdapat dalam Tabel 4.16.

Tabel 4. 16 Koefisien distribusi kendaraan

Jumlah Lajur	Kendaraan ringan		kendaraan berat	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 Lajur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 Lajur	0,60	0,50	0,7	0,50
3 Lajur	0,40	0,40	0,5	0,475
4 Lajur	-	0,30	-	0,45
5 Lajur	-	0,25	-	0,425
6 Lajur	-	0,20	-	0,40

(Sumber: Bina Marga, 1987:7)

#### 4.2.4.2 Angka Ekuivalen ( E ) Beban Sumbu Kendaraan

$$E. \text{ Sumbu Tunggal} = \left( \frac{\text{beban satu sumbu tunggal dalam kg}}{5400} \right)^4 \dots\dots\dots(4.38)$$

$$E. \text{ Sumbu Ganda} = \left( \frac{\text{beban satu sumbu tunggal dalam kg}}{8160} \right)^4 \dots\dots\dots(4.39)$$

(Sumber: Sukirman, 2010:212)

Angka Ekuivalen (E) beban sumbu kendaraan, disajikan dalam Tabel 4.17.

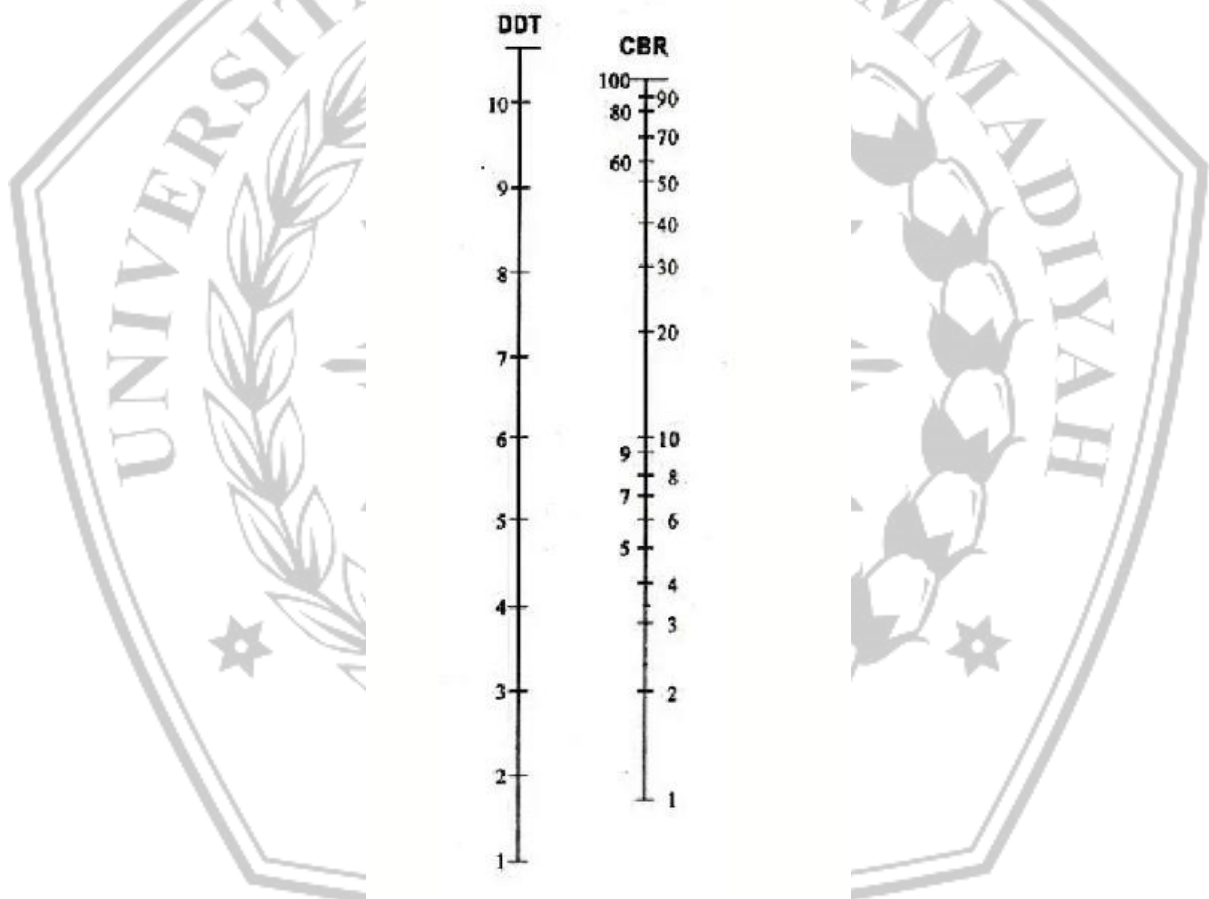
Tabel 4. 17 Angka ekuivalen (E) sumbu kendaraan

Beban Sumbu		Angka Ekuivalen	
Kg	Lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
1000	2205	0,0002	-
2000	4409	0,0036	0,0003
3000	6614	0,0183	0,0016
4000	8818	0,0577	0,0050
5000	11023	0,1410	0,0121
6000	13228	0,2923	0,0251
7000	15432	0,5415	0,0466
8000	17367	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: Bina Marga, 1987:8)

#### 4.2.4.3 Daya Dukung Tanah Dasar (DDT dan CBR)

Daya dukung tanah dasar (DDT) ditentukan berdasarkan grafik korelasi yang terdapat pada Gambar 4.22. Yang dimaksud dengan nilai CBR adalah nilai CBR yang diperoleh baik dari uji lapangan maupun uji laboratorium. Jika menggunakan CBR lapangan, pengambilan sampel tanah dasar dilakukan dengan metode tabung (undisturb), kemudian direndam dan diuji untuk mengetahui nilai CBR-nya. Pengukuran CBR juga dapat dilakukan langsung di lapangan (pada musim hujan atau setelah direndam). Nilai CBR lapangan umumnya digunakan untuk perencanaan lapisan tambahan (overlay).



Gambar 4. 22 Korelasi DDT dan CBR

#### 4.2.4.4 Faktor Regional (FR)

Untuk kondisi tanah pada daerah rawa – rawa ataupun daerah terendam, nilai FR yang diperoleh dari Tabel 4.18.

Tabel 4. 18 Presentase kendaraan berat dan yang berhenti seta iklim

	Kelandaian I (<6%)		Kelandaian II (6-10%)		Kelandaian III (>10%)	
	% kendaraan berat		% kendaraan berat		% kendaraan berat	
	≤ 30%	>30%	≤ 30%	>30%	≤ 30%	>30%
Iklim I > 900 mm/th	0,5	1,0-1,5	1,0	1,5-2,0	1,5	2,0-2,5
Iklim I < 900 mm/th	1,5	2,0-2,5	2,0	2,5-3,0	2,5	3,0-3,5

(Sumber: Bina Marga, 1987:10)

#### 4.2.4.5 Indeks Permukaan (IP)

Adapun beberapa nilai IP beserta artinya adalah sebagai berikut:

IP = 1,0 : adalah menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat

Sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan.

IP = 1,5 : adalah tingkat pelayanan rendah yang masih mungkin

Jalan tidak terputus).

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

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

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 1987:10)

Dalam menentukan indeks permukaan (IP) pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor – faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah lalu lintas ekivalen rencana (LER), seperti pada Tabel 4.19.

Tabel 4. 19 Indeks permukaan pada akhir umur rencana (IPt)

LER = Lintas Ekivalen Rencana	Klasifikasi Jalan			
	lokal	kolektor	arteri	tol
<10	1,0-1,5	1,5	1,5 - 2,0	-
10-100	1,5	1,5 - 2,0	2	-
100-1000	1,5-2,0	2	2,0 - 2,5	-
>1000	-	2,0 - 2,5	2,5	2,5

(Sumber: Bina Marga, 1987:10)

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

Dalam menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan / kehalusan serta kekokohan pada awal umur rencana, seperti pada Tabel 4.20.

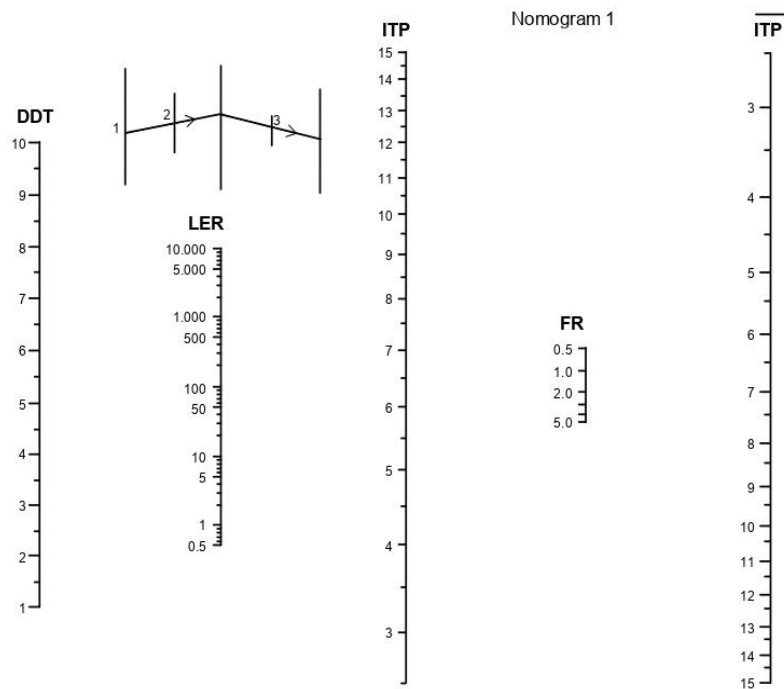
Tabel 4. 20 Indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo)

Jenis Lapis Perkerasan	Ipo	Roungnes mm/km
LASTON	$\geq 4$	$\leq 1000$
	3,9-3,5	$> 1000$
LASBUTAG	3,9-3,5	$\leq 2000$
	3,4-3,0	$> 2000$
HRA	3,9-3,5	$\leq 2000$
	3,4-3,0	$< 2000$
BURDA	3,9-3,5	$< 2000$
BURTU	3,4-3,0	$< 2000$
LAPEN	3,4-3,0	$\leq 2000$
	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	$\leq 2,4$	

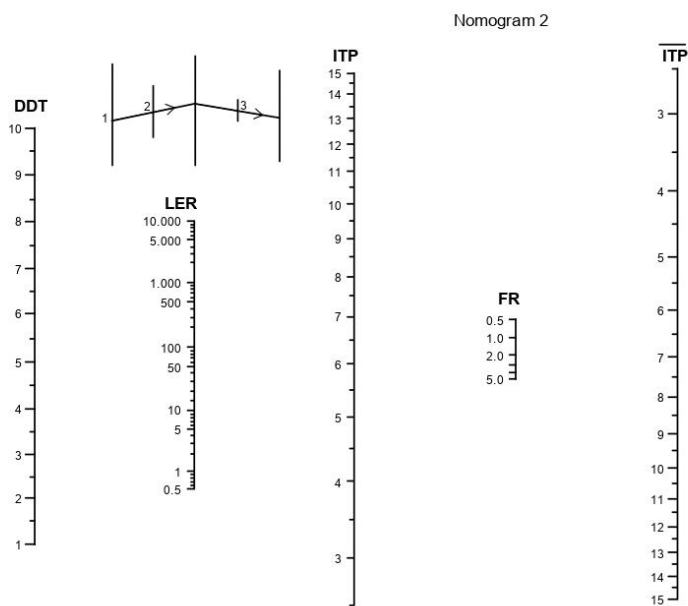
(Sumber: Bina Marga, 1987: 11)

#### 4.2.4.6 Menentukan Nilai ITP

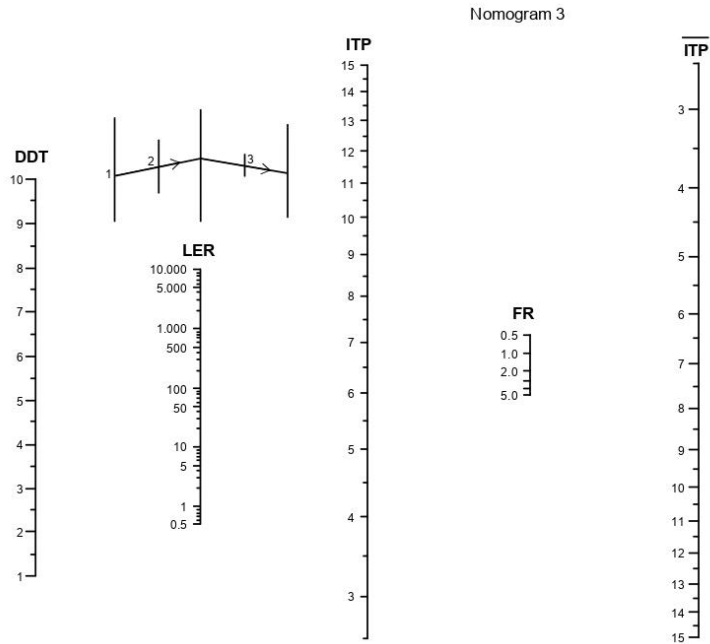
Nilai indeks tebal perkerasan diperoleh dari nomogram dengan mempergunakan nilai-nilai yang telah diketahui sebelumnya, yaitu LHR selama umur rencana, nilai DDT, dan FR yang diperoleh. Gambar grafik nomogram untuk masing-masing nilai IPT dan IPo dapat dilihat pada Gambar 4.23 untuk nilai IPT = 2,5 dan IPo  $\geq 4$ ; Gambar 4.24 untuk nilai IPT = 2,5 dan IPo = 3,9-3,5; Gambar 4.25 untuk nilai IPT = 1,5 dan IPo = 3,9-3,5; Gambar 4.26 untuk nilai IPT = 1,5 dan IPo = 3,4 – 3,0; Gambar 4.27 untuk nilai IPT = 1,5 dan IPo = 2,9 – 2,5; Gambar 4.28 untuk nilai IPT = 1 dan IPo = 2,9 – 2,5; Gambar 4.29 untuk nilai IPT = 1 dan IPo =  $\leq 2,4$ .



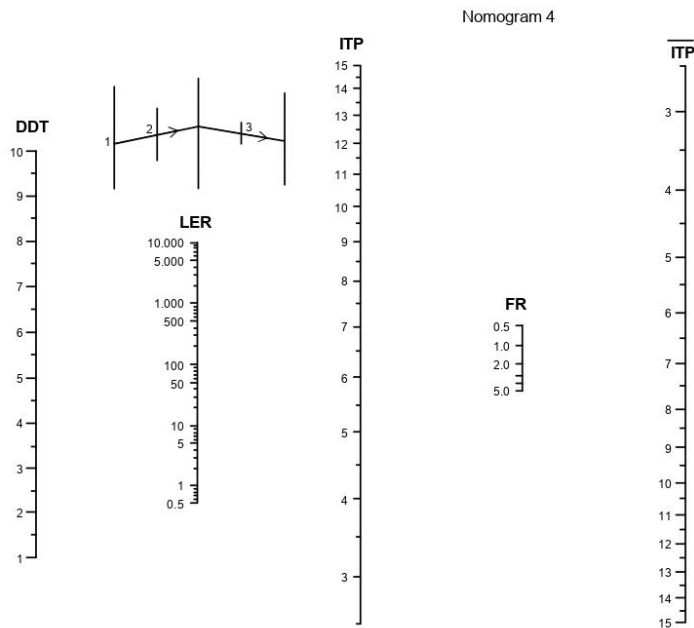
Gambar 4. 23 Nomogram untuk  $IPt = 2,5$  dan  $IPo \geq 4$



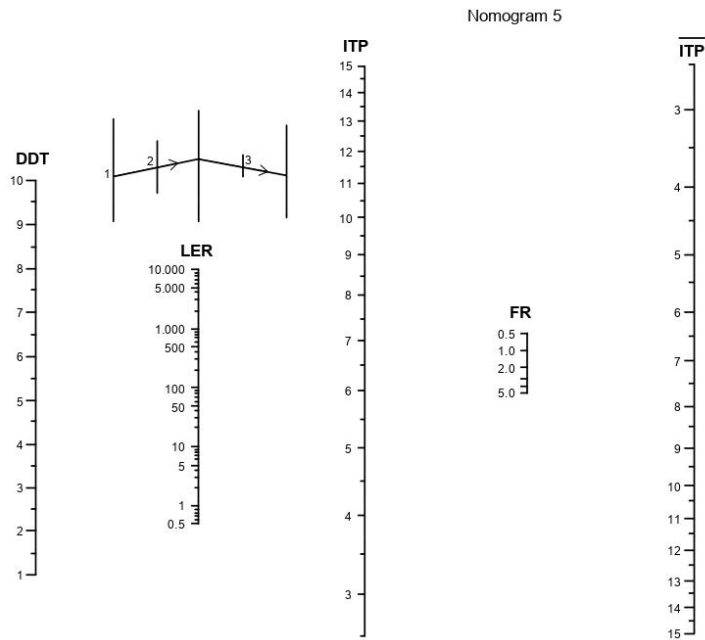
Gambar 4. 24 Nomogram untuk  $IPt = 2,5$  dan  $IPo = 3,9 - 3,5$



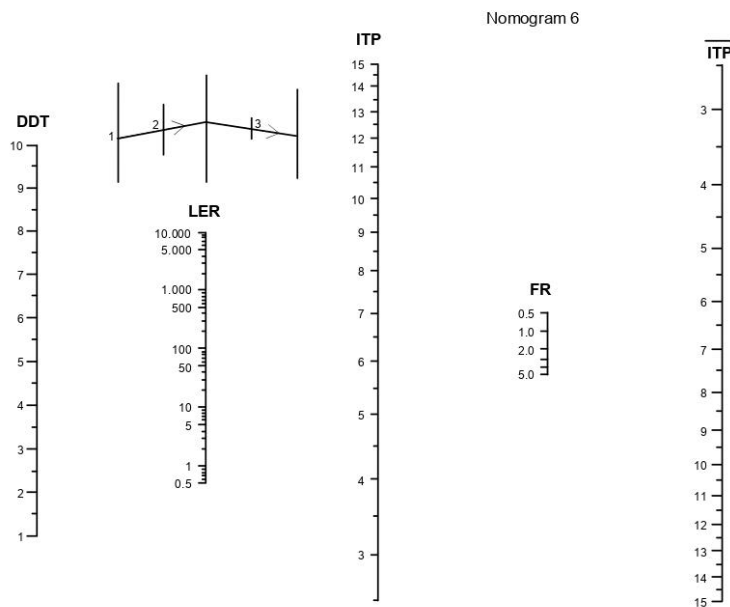
Gambar 4. 25 Nomogram untuk  $IPt = 2$  dan  $IPO \geq 4$



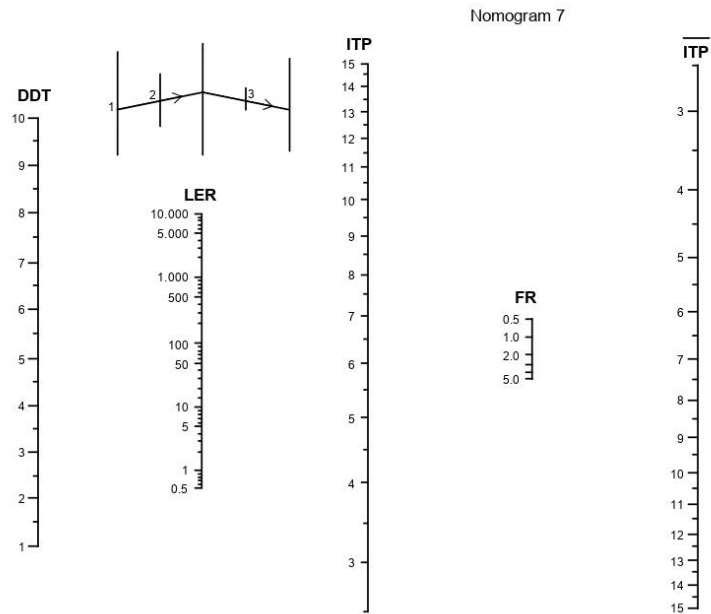
Gambar 4. 26 Nomogram untuk  $IPt = 2$  dan  $IPO = 3,9-3,5$



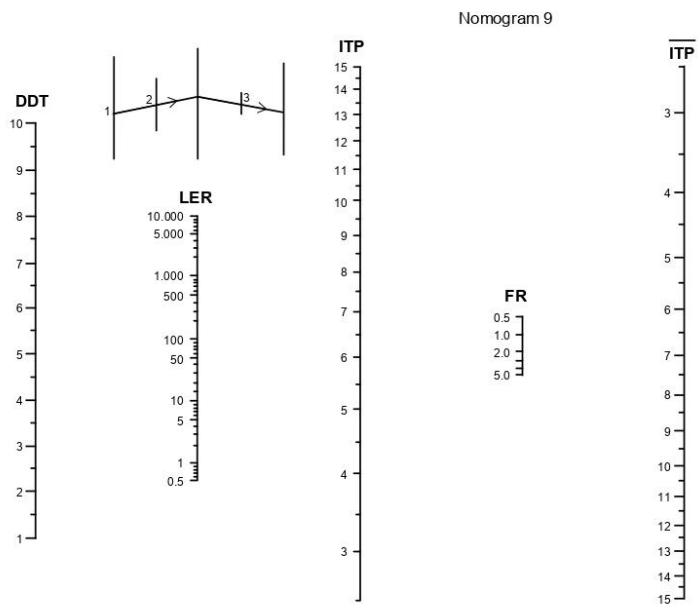
Gambar 4. 27 Nomogram untuk  $IP_t = 1,5$  dan  $IP_o = 3,9-3,5$



Gambar 4. 28 Nomogram untuk  $IP_t = 1,5$  dan  $IP_o = 3,4 - 3,0$



Gambar 4. 29 Nomogram untuk  $IPt = 1,5$  dan  $IPO = 2,9 - 2,5$



Gambar 4. 30 Nomogram untuk  $IPt = 1$  dan  $IPO = \leq 2,4$

## 4.2.5 Penentuan Tebal Perkerasan

### 4.2.5.1 Koefisien Kekuatan Relative (a)

Koefisien kekuatan relatif (a) dihitung berdasarkan korelasi dengan hasil uji Marshall untuk material beraspal, kuat tekan untuk material yang distabilisasi dengan semen atau kapur, atau nilai CBR untuk material lapis pondasi dan pondasi bawah. Nilai koefisien kekuatan relatif untuk material yang digunakan pada lapis permukaan, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah disajikan dalam Tabel 4.21.

Tabel 4. 21 Koefisien kekuatan relative

Koefisien kekuatan relatif			Kekuatan Bahan			JENIS BAHAN
a1	a2	a3	Ms (kg)	Kt (kg/cm <sup>2</sup> )	CBR5%	
0,40	-	-	744	-	-	LASTON
0,35	-	-	590	-	-	
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	LASBUTAG
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)
-	0,15	-	-	22	-	Stab. Tanah dengan semen
-	0,13	-	-	18	-	Stab. Tanah dengan kapur
-	0,15	-	-	22	-	
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	
-	0,12	-	-	-	60	Pondasi Macadam
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah (A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah (B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu pecah (C)
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu/pitrun A
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu/pitrun B
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu/pitrun C
-	-	0,1	-	-	20	Tanah / lempung kepasiran

(Sumber: Bina Marga, 1987:12)

#### 4.2.5.2 Batas – Batas Minimum Tebal Perkerasan

##### 1. Lapisan Permukaan:

Tebal minimum lapis perkerasan ditentukan dengan tabel batas minimum lapis permukaan pada Tabel 4.22.

Tabel 4. 22 Tebal minimum lapis 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 – 9,99	7,5	Lasbutag, Laston
≥ 10,00	10	Laston

(Sumber: Bina Marga, 1987:13)

##### 2. Lapis pondasi bawah:

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

##### 3. Lapis pondasi atas:

Tebal minimum lapis perkerasan ditentukan pada tabel batas minimum lapis permukaan pada Tabel 4.23.

Tabel 4. 23 Lapis 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	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur.
	15	Laston atas
7,50 – 9,99	10	Laston atas
	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, satbilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam.
	15	Laston atas
10 – 12,14	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas
	25	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas

(Sumber: Bina Marga, 1987:13)

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

### 4.2.5.3 Analisa Komponen Perkerasan

Penentuan tebal perkerasan dinyatakan oleh Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Rumus:

$$ITP = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3 \dots \dots \dots (4.40)$$

(Sumber: Bina Marga, 1987:15)

Dimana:

$a_1, a_2, a_3$  = koefisien kekuatan relative bahan perkerasan

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

### 5.2.2.1.1 4.2.5.4 Penentuan Campuran Nominal

Campuran nominal direncanakan sedemikian rupa sehingga merupakan nilai tengah dari batas – batas komposisi yang diberikan pada spesifikasi. Batas komposisi rencana diberikan pada Tabel 4.24.

Tabel 4. 24 Pedoman proporsi campuran nominal

Komponen Campuran	Persen berat total campuran aspal				
	LATASIR A	LATASIR B	LATASTON	LASTON	ATB
Fraksi agregat kasar (CA) > saringan #8	0-10	May- 23	35	45	50
Fraksi agregat kasar (FA) > saringan #8-200	88-CA-b	92-CA-b	65-FF-b	55-FF-b	50-FF-b
Fraksi Filler (FF) < saringan #200	12	8	>7	>4,5	>4,6
Total kadar aspal dalam campuran	B	B	B	b	b
TOTAL	100	100	100	100	100

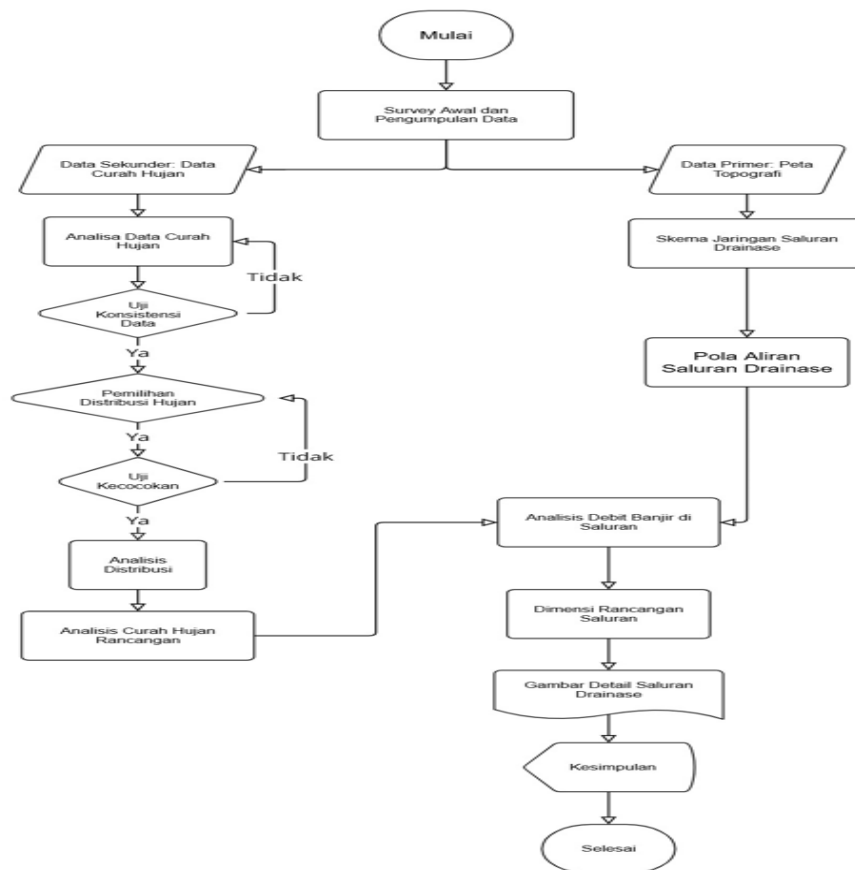
(Sumber: Sukirman, 2010:22)

Catatan:

1. Total kadar aspal = kadar aspal efektif + absorbs aspal oleh agregat.
2. Perkiraan absorbs aspal ± 50% absorbs air oleh campuran agregat.

### 4.3 Perencanaan Drainase

Untuk lebih jelasnya, pekerjaan perencanaan drainase jalan dapat dilihat pada bagan alir dalam Gambar 4.31.



Gambar 4. 31 Diagram Alir Perencanaan Drainase

### 4.3.1 Pengertian Drainase

Drainase adalah sistem yang berfungsi untuk menyalurkan air hujan, berperan penting dalam menciptakan lingkungan sehat, terutama di daerah padat penduduk seperti perkotaan. Selain itu, drainase juga berfungsi untuk mengendalikan kualitas air tanah terkait dengan salinitas. Secara umum, drainase adalah metode untuk membuang kelebihan air yang tidak diinginkan di suatu area, serta menanggulangi dampak yang ditimbulkan oleh kelebihan air tersebut.

### 4.3.2 Jenis – Jenis Drainase

Jenis drainase dapat dikelompokkan sebagai berikut (H. Hasmar, 2012:3):  
 Drainase Menurut Sejarah Terbentuknya

#### 1) Drainase Alamiah (Natural Drainage)

Drainase yang terbentuk secara alami dan tidak terdapat bangunan-bangunan penunjang, saluran ini terbentuk oleh gerusan air yang bergerak karena gravitasi yang lambat laun membentuk jalan air yang permanen seperti sungai. Daerah-daerah dengan drainase alamiah yang

relatif bagus akan membutuhkan perlindungan yang lebih sedikit daripada daerah-daerah rendah yang bertindak sebagai kolam penampung bagi aliran dari daerah anak-anak sungai yang luas.

## 2) Drainase Buatan

Drainase yang dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu sehingga memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan pasangan batu, gorong-gorong, dan pipa-pipa.

### A. Drainase Menurut Letak Bangunannya

#### 1) Drainase Permukaan Tanah (Surface Drainage)

Saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi untuk mengalirkan air limpasan permukaan. Analisis alirannya merupakan analisis open channel flow (aliran saluran terbuka).

#### 2) Drainase Bawah Permukaan Tanah (Subsurface Drainage)

Saluran drainase yang bertujuan untuk mengalirkan air limpasan permukaan melalui media di bawah permukaan tanah (pipa-pipa) dikarenakan alasan-alasan tertentu. Ini karena alasan tuntutan artistik, tuntutan fungsi permukaan tanah yang tidak membolehkan adanya saluran dipermukaan tanah seperti lapangan sepak bola, lapangan terbang, dan taman.

### B. Drainase Menurut Konstruksinya

#### 1) Saluran Terbuka

Saluran yang lebih cocok untuk drainase air hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang cukup, ataupun untuk drainase air non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan atau mengganggu lingkungan.

#### 2) Saluran Tertutup

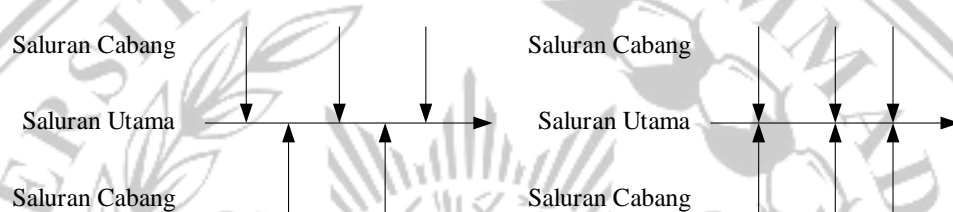
Saluran yang pada umumnya sering di pakai untuk aliran air kotor (air yang mengganggu kesehatan atau lingkungan) atau untuk saluran yang terletak di tengah kota.

### 4.3.3 Pola Jaringan Drainase

Dalam perencanaan sistem drainase suatu kawasan, harus memperhatikan pola jaringan drainase. dalam pembuatan pola jaringan drainase perlu diperhatikan dengan mempertimbangkan topografi dan tataguna lahan kawasan tersebut. (H. Hasmar, 2012:4)memberikan tipe dan pola jaringan drainase sebagai berikut:

#### 4.3.3.1 Jaringan Drainase Siku

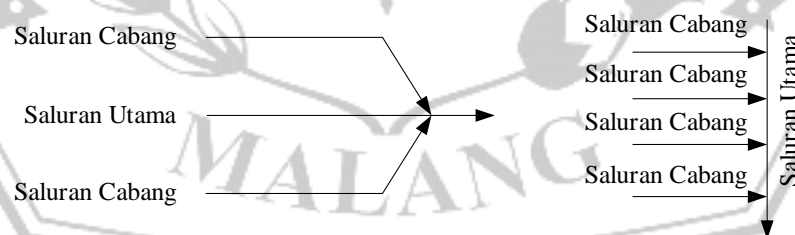
Jaringan yang dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai. Sungai sebagai pembuang akhir berada ditengah kota. Gambar 4.32 Merupakan sketsa pola jaringan drainase siku.



Gambar 4. 32 Pola Jaringan Drainase Siku

#### 4.3.3.2 Jaringan Drainase Paralel

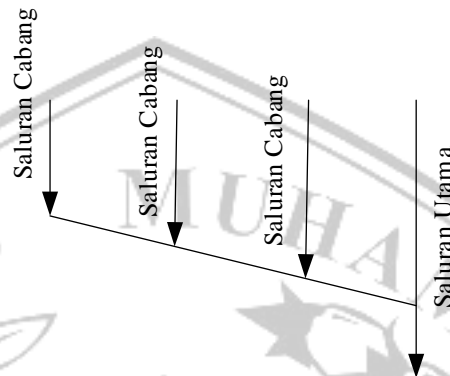
Saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak dan pendek-pendek, apabila terjadi perkembangan kota, saluran-saluran akan menyesuaikan. Gambar 4.33 merupakan sketsa pola jaringan drainase paralel.



Gambar 4. 33 Pola Jaringan Drainase Paralel

#### 4.3.3.3 Jaringan Drainase Grid Iron

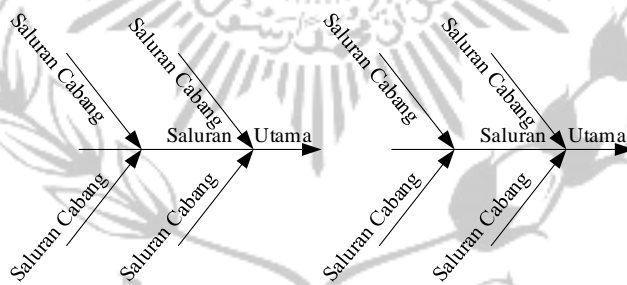
Untuk daerah dimana sungai terletak di pinggir kota, sehingga saluran saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul. Gambar 4.34 merupakan sketsa pola jaringan drainase grid ion.



Gambar 4. 34 Pola Jaringan Drainase Grid Iron

#### 4.3.3.4 Jaringan Drainase Alamiah

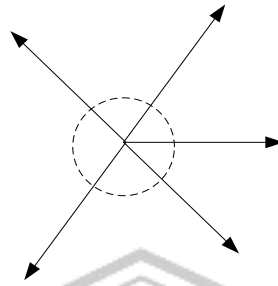
Pola Drainase Alamiah, pola ini terbentuk alami yang memiliki kemiripan dengan pola drainase siku. sungai merupakan salah satu contoh pola drainase alamiah yang sering kita jumpai seperti pada Gambar 4.35.



Gambar 4. 35 Pola Jaringan Drainase Alamiah

#### 4.3.3.5 Jaringan Drainase Radial

Secara umum banyak ditemukan pada jalan di daerah perbukitan, sehingga pola aliran air tidak terpusat. Aliran air dalam drainase akan mengalir dan menyebar ke seluruh arah menyesuaikan permukaan perbukitan. Salah satu contoh pola drainase radial pada gambar 4.36.\



Gambar 4. 36 Pola Jaringan Drainase Radial

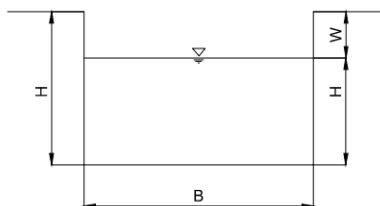
#### 4.3.4 Bentuk Saluran Drainase

Menurut (H. Hasmar, 2012:17) Penampang saluran terbuka, pada drainase muka tanah, umumnya berbentuk tampang berupa persegi panjang, segitiga, trapesium dan setengah lingkaran. bentuk saluran harus disesuaikan dengan jenis salurannya.

Bentuk-bentuk saluran untuk drainase tidak jauh berbeda dengan saluran irigasi pada umumnya. Dalam perancangan dimensi saluran harus diusahakan dapat membentuk dimensi yang ekonomis, sebaliknya dimensi yang terlalu kecil akan menimbulkan permasalahan karena daya tampung yang tidak memadai. Adapun bentuk-bentuk saluran antara lain:

##### 4.3.4.1 Persegi Panjang

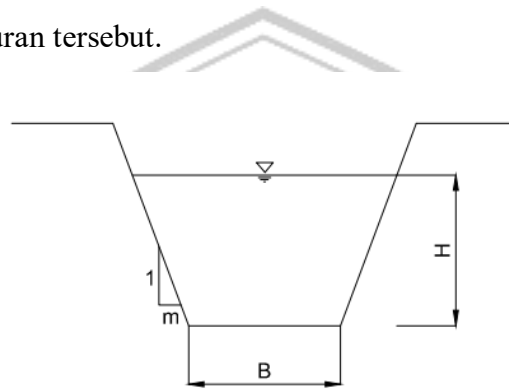
Saluran Drainase berbentuk empat persegi panjang tidak banyak membutuhkan ruang. Sebagai konsekuensi dari saluran bentuk ini saluran harus terbentuk dari pasangan batu ataupun beton. Menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar menjadi fungsi utama dari saluran air bentuk persegi ini. Gambar 4.37 merupakan sketsa penampang dari saluran tersebut.



Gambar 4. 37 Saluran Bentuk Persegi Panjang

#### 4.3.4.2 Trapesium

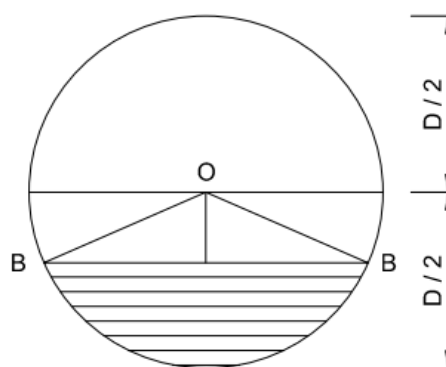
Sama seperti bentuk saluran Persegi panjang, saluran trapesium juga berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan yang memiliki debit yang besar. umumnya saluran bentuk ini terbuat dari tanah. Namun, ada beberapa yang dibuat dari pasangan batu dan beton. Gambar 4.38 merupakan sketsa penampang dari saluran tersebut.



Gambar 4. 38 Saluran Bentuk Trapesium

#### 4.3.4.3 Setengah Lingkaran

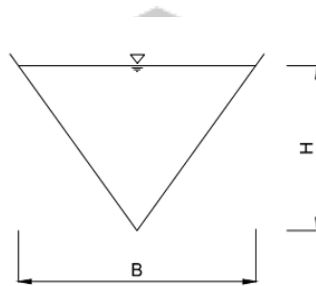
Saluran air berbentuk setengah lingkaran sangat cocok untuk digunakan pada sistem drainase lokal. Dimana drainase lokal hanya digunakan untuk saluran air penduduk atau pada sisi jalan perumahan padat penduduk. Karena bentuk saluran ini hanya berfungsi untuk menyalurkan limbah air hujan yang memiliki debit yang kecil. Gambar 4.39 merupakan sketsa penampang dari saluran tersebut.



Gambar 4. 39 Saluran Bentuk Setengah Lingkaran

#### 4.3.4.4 Segitiga

Saluran air berbentuk segitiga termasuk jarang digunakan, saluran bentuk segitiga hanya digunakan pada kondisi tertentu dan berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang kecil. Gambar 4.40 merupakan sketsa penampang dari saluran tersebut.



Gambar 4. 40 Saluran Bentuk Segitiga

#### 4.3.5 Konsep Drainase Jalan Raya

(Suripin, 2003:266) Tujuan utama saluran drainase sisi jalan adalah untuk melindungi jalan dari air permukaan dan air tanah. Kriteria untuk perencanaan saluran drainase harus mendukung perkembangan perencanaan yang memadai untuk menyalurkan laju limpasan puncak dengan kemungkinan terjadinya dalam setiap periode satu tahun diimbangi dengan persyaratan layanan lalu lintas dan risiko yang mungkin ada.

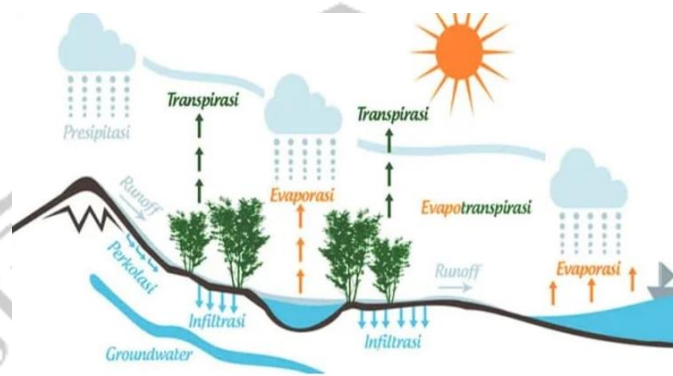
#### 4.3.6 Analisa Hidrologi

Dalam buku hidrologi teknik (C.D. Soemarto, 1987:15) Hidrologi adalah suatu ilmu tentang kehadiran dan gerakan air di alam kita ini. Yang dimana dalam buku menjelaskan bahwa berbagai bentuk benda cair di bumi ini baik diatas maupun bawah tanah akan mengalami perubahan-perubahan bentuk dalam keadaan padat, cair dan gas.

Analisis hidrologi adalah proses untuk mendapatkan karakteristik hidrologi dan meteorologi pada Daerah Aliran Sungai (DAS). Analisis ini merupakan bagian awal yang penting dalam perencanaan bangunan Air, seperti halnya drainase.

#### 4.3.6.1 Daur Hidrologi

(C.D. Soemarto, 1987:17) menjelaskan daur hidrologi adalah gerakan air laut ke udara, yang kemudian jatuh ke permukaan tanah lagi sebagai hujan atau bentuk presipitasi lain, dan akhirnya mengalir ke laut. Susunan secara siklis peristiwa tersebut sebenarnya tidak lah mudah. Dapat dilihat pada Gambar 4.41.



Gambar 4. 41 Proses Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi terus berjalan setiap waktu dan setiap saat dan terus berulang ulang, pada Gambar 4.41 air laut menguap menghasilkan gas yang kemudian naik keatas (*Evaporasi*) selain itu air dari dataran rendah yang ada didanau dan pohon juga mengalami evaporasi kemudian penyusun menjadi awan yang kemudian terbawa oleh angin ke dataran rendah maupun tinggi, karena panas matahari membuat awan menurunkan hujan ke permukaan tanah (*Presipitasi*). Setelah jatuh ke permukaan tanah, akan menimbulkan limpasan (*Run off*) mengalir dari dataran tinggi menuju ke dataran rendah untuk mengalir ke laut.

Air yang masuk ke dalam tanah (*infiltration*) memberi hidup kepada tumbuhan namun ada diantaranya naik ke atas lewat akuifer diserap akar dan batangnya, sehingga terjadi transpirasi, yaitu evaporasi.

#### 4.3.6.2 Karakteristik Hujan

Dalam buku Drainase Terapan (H. Hasmar, 2012:10) menyebutkan karakteristik hujan diantaranya adalah

1. Durasi Hujan (t)

Lama hujan (jam, menit, detik) yang diperoleh dari hasil pencatatan alat ukur hujan otomatis. Durasi hujan selalu dihubungkan dengan waktu konsentrasi (tc), khususnya pada drainase perkotaan.

2. Intensitas Hujan (I)

Dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Nilai intensitas hujan tergantung lama curah hujan dan frekuensi hujan dan waktu konsentrasi.

3. Lengkung Hujan

Lengkung hujan adalah grafik hubungan antar intensitas hujan dengan durasi hujan.

4. Waktu Konsentrasi (tc)

Waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titikkontrol yang ditentukan di bagian hilir suatu aliran.

**4.3.6.3 Analisa Frekuensi Curah Hujan**

(Suripin, 2003:32) Frekuensi curah hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Dalam analisis ini, sifat statistik hujan yang akan datang diasumsikan yang terdahulu.

Data curah hujan yang dipakai untuk perhitungan debit rancangan adalah hujan yang terjadi pada daerah aliran air pada waktu yang sama. Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata diseluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan paday suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan area dan dinyatakan dalam mm.

Berikut ini adala metode yang dapat digunakan dalam analisis frekuensi curah hujan yang disajikan pada Tabel 4.25.

Tabel 4. 25 Syarat Pemilihan Distribusi

Metode Distribusi Frekuensi	Ck	Cs
Normal	3,00	0,00
Gumbel	5,4002	1,139
Log Person Type III	Bebas	Bebas

(Sumber: Novie Handajani, 2005:5)

Parameter statistik yang digunakan diantaranya:

1. Rata-rata hitung ( $\bar{x}$ )

$$(\bar{x}) = \frac{1}{n} (n_1 + n_2 + \dots + x_n) \dots \dots \dots (4.41)$$

Dimana:

$\bar{x}$  = rata rata hitung

n = jumlah data

x = data hujan tahun ke n

2. Deviasi Standar (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots \dots \dots (4.42)$$

Dimana:

S = standar deviasi

Xi = nilai variat

$\bar{x}$  = rata rata hitung

n = jumlah data

3. Koefisien variasi (CV)

Adalah angka yang membandingkan deviasi standar distribusi dengan rata-rata yang dihitung (Sumber : Soewarno, 1995:80).

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \dots \dots \dots (4.43)$$

Dimana:

S = standar deviasi

$\bar{x}$  = rata rata hitung

4. Koefisien kemencengan (Cs)

Ukuran tingkat asimetri suatu bentuk distribusi (Soewarno, 1995:81).

Untuk Populasi  $CS = \frac{\alpha}{\sigma}$

Untuk sampel  $CS = \frac{\alpha}{s^3}$

$$\alpha = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^3 \dots \dots \dots (4.44)$$

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \dots \dots \dots (4.45)$$

Dimana:

$\sigma$  = deviasi standar dari populasi

S = deviasi standar dari sampel

$\mu$  = rata rata hitung dari populasi

$X_i$  = nilai variat

n = jumlah data

a,  $\alpha$  = parameter kemencengan

#### 5. Pengukuran Kortuis (Ck)

Ketajaman kurva distribusi dipastikan dengan menggunakan koefisien kurtosis. (Soewarno, 1995:89)

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum (x_i - \mu)^3}{s^4} \dots\dots\dots (4.46)$$

Dimana:

$X_i$  = nilai variat

S = deviasi standar

n = jumlah data

$\bar{x}$  = rata rata hitung

#### 4.3.6.4 Distribusi Log Person Type III

Analisis hidrologi sering kali menggunakan distribusi log person Tipe III, khususnya ketika memeriksa nilai ekstrim untuk data maksimum (banjir) dan debit minimum. (Soewarno, 1995:142).

Berikut ini merupakan langkah-langkah dari distribusi::

1. Penentuan nilai rata-rata.
2. Penghitungan nilai rata-rata.

$$\log xi = \frac{\log \sum x}{n} \dots\dots\dots (4.47)$$

n = jumlah data

3. Penghitungan standar deviasi dari log x

$$S \log x = \sqrt{\frac{\sum (\log - \log x)^2}{n-1}} \dots\dots\dots (4.48)$$

4. Penghitungan koefisien kemencengan.

$$cs = \frac{n \sum (\log - \log x)^3}{(n-1)(n-2)(s \log x)^3} \dots\dots\dots (4.49)$$

5. Penentuan nilai K.

6. menghitung nilai X dari kala ulang yang diharapkan terjadi dapat dengan:

$$\log X_t = \log x + k (S \log x) \dots \dots \dots (4.50)$$

Dimana:

$X_T$  = curah hujan dengan kala ulang T tahun

$\log x$  = harga rata-rata

$S \log x$  = standar deviasi

$K$  = koefisien harga tergantung nilai kepengcengan (C) dan periode T

7. Penghitungan nilai dari anti log X.

Nilai K dapat dilihat pada Tabel 4.26.

Tabel 4. 26 Nilai K Distribusi Log Person Type III

Koefisien Kemenangan (Cs)	Periode Ulang Tahun							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	0,017	0,846	1,270	1,716	2,000	2,252	2,482	3,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810

(Sumber: CD. Soemarto, 1999:106)

#### 4.3.6.5 Uji Kesesuaian Distribusi

(Soewarno, 1995:193) Untuk menentukan Kecocokan distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter.

Pengujian parameter yang akan disajikan dalam sub bab ini adalah Uji Smirnov-Kolmogorov dan Uji Chi-Kuadrat.

#### 4.3.6.6 Smirnov Kolmogorov

Menurut (Soewarno, 1995:198) Uji kesesuaian Smirnov-Kolmogorov, sering di sebut juga uji kecocokan non paramertik, jadi fungsi distribusi tidak digunakan dalam pengujian. Penyimpangan atau kesenjangan tertinggi antara kemungkinan aktual (empiris) dengan peluang teoritis diuji dengan menggunakan metode ini.

1. Urutkan data curah hujan harian maksimum dari nilai terkecil hingga tertinggi.
2. Menghitung peluang empiris  

$$Pe = \frac{m}{n+1} \times 100\% \dots\dots\dots (4.51)$$
3. Plot pada grafik Log Pearson tipe III
4. Peluang teoritis didapat dari grafik
5. Cari simpangan probabilitas |Pe-Pt|
6. Menentukan nilai Do berdasarkan Tabel 4.27
7. Menentukan nilai  $\Delta_{cr}$  dan  $\Delta_{max}$  dengan ketentuan apabila:  
 $\Delta_{cr} > \Delta_{max}$  maka distribusi tidak diterima  
 $\Delta_{cr} < \Delta_{max}$  maka distribusi diterima

Tabel 4. 27 Nilai Do

N	$\alpha$			
	0,20	0,10	0,50	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23

(Sumber: Soewarno, 1995:199)

#### 4.3.6.7 Uji Chi – Kuadrat

(Soewarno, 1995:194) Tes ini menyelidiki sejauh mana perbedaan antara frekuensi yang diamati dan yang diprediksi dan digunakan untuk menilai deviasi vertikal, yang dihitung dengan persamaan:

$$Xh^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (4.52)$$

Dimana:

$Xh^2$  = parameter chi kuadrat

G = jumlah sub kelas

$O_i$  = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i

$E_i$  = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i

menampilkan peluang diperolehnya nilai  $Xh^2$  yang sama atau lebih besar dari nilai Chi-Square sebenarnya. Chi-Square diuji menggunakan metode distribusi goodness-of-fit yang dijelaskan di bawah ini:

1. Buatlah subkelompok dengan mengurutkan data dari yang terkecil hingga terbesar.

$$G = 1 + 3,322 \text{ Log } n \dots\dots\dots (4.53)$$

G = Jumlah grup

2. Menjumlahkan data pengamatan  $\Delta x$  pada tiap grup.

$$\Delta x = \frac{x \text{ terbesar} - x \text{ terkecil}}{g - 1} \dots\dots\dots (4.54)$$

$$X \text{ awal} = (\text{Log } x \text{ terkecil} - \frac{1}{2} \Delta x) \dots\dots\dots (4.55)$$

3. Menentukan nilai  $E_i$

$$E_i = \frac{n}{k} = \frac{10}{5} = 2 \dots\dots\dots (4.56)$$

Menentukan derajat kebebasan ( $dk$ ) =  $G - (R - 1)$ , (nilai  $r=2$  untuk distribusi normal dan binormal, dan nilai  $R = 1$  untuk distribusi poisson) Menurut (Soewarno, 1995:195) interpretasi hasilnya adalah:

1. Penggunaan persamaan distribusi teoritis dapat diterima jika probabilitasnya lebih dari 5%.16
2. Persamaan distribusi yang digunakan tidak valid jika probabilitasnya kurang dari 1%.

3. Sulit untuk memutuskan, misalnya perlu menyumbangkan data, jika peluangnya antara 1% dan 5%.

#### 4.3.6.8 Intensitas Hujan

(Suripin, 2003:66) intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus mononobe,

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{T}{t_c}\right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (4.57)$$

Keterangan:

I = Intensitas hujan rerata dalam T jam (mm/jam)

R<sub>24</sub> = Curah hujan efektif dalam 1 hari (mm)

T<sub>c</sub> = Waktu konsentrasi hujan (jam)

T = waktu mulai hujan

waktu konsentrasi (t<sub>c</sub>) adalah waktu yang diperlukan tetesan air untuk mengalir dari titik terjauh daerah pengaliran menuju titik pembuangan. Mencari teknik memperkirakan waktu konsentrasi, Anda dapat menggunakan rumus: (Suripin, 2003:82)

$$t_c = t_o + t_d \dots\dots\dots (4.58)$$

Pertama adalah menghitung Inlet time (t<sub>o</sub>) untuk untuk menghitung diperlukan panjang lintasan aliran diatas permukaan lahan (L), Kemiringan lahan (S) dan kekerasan manning (n) yang dilihat dari kondisi lapisan permukaan daerah tersebut.

$$t_o = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{S}}\right] \dots\dots\dots (4.59)$$

Setelah itu untuk mencari t<sub>d</sub> (Conduit time) untuk mengontrol hasilnya, yaitu dengan rumus sebagai berikut:

$$T_d = \frac{Ls}{60V} \dots\dots\dots (4.60)$$

Keterangan:

$T_c$  = Waktu Konsentrasi (jam)

$T_o$  = Waktu yang diperlukan air untuk mengalir melalui permukaan tanah ke saluran terdekat (menit)

$T_d$  = Waktu yang diperlukan air untuk mengalir didalam saluran ke tempat saluran terdekat

$N$  = Angka kekasaran Manning

$L$  = Panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m)

$L_s$  = Panjang lintasan aliran di dalam saluran ( $m^3/detik$ )

$S$  = Kemiringan lahan

$V$  = Kecepatan aliran di dalam saluran (m/detik)

#### 4.3.6.9 Debit Banjir Rancangan Daerah

Hitung kapasitas drainase yang dibutuhkan dengan memperkirakan jumlah air kotor dan air murni yang dialirkan dari rumah melalui saluran rumah. Debit rencana dihasilkan dari debit air hujan + debit air kotor, sehingga debit banjir rencana sama dengan 10% sedimen yang terdeteksi pada saat air hujan jatuh ke permukaan. Debit banjir rencana ini akan digunakan dalam memperkirakan kapasitas saluran drainase.

$$Q_{ranc} = 1,1 \times Q_{banjir} \dots\dots\dots (4.61)$$

$$Q_{ranc} = 1,1 \times (Q_{hujan} + Q_{ak}) \dots\dots\dots (4.62)$$

$$Q_{ranc} = Q_{hujan} + Q_{ak} \dots\dots\dots (4.63)$$

Keterangan:

$Q_{ranc}$  = Debit rancangan ( $m^3/detik$ )

$Q_{hujan}$  = Debit Air Hujan ( $m^3/detik$ )

$Q_{ak}$  = Debit Air Kotor ( $m^3/detik$ )

#### 4.3.6.10 Analisa Debit Air Hujan

Metode Rasional merupakan salah satu metode untuk menghitung debit air hujan dengan menganalisa dimensi saluran drainase.

$$Q_{hujan} = 0,278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots (4.64)$$

Keterangan:

$Q_{hujan}$  = Debit air hujan maksimum ( $m^3/detik$ )

- C = Koefisien pengaliran  
 I = Intesitas hujan rerata selama waktu tiba banjir (mm/jam)  
 A = Luas daerah pengaliran (km<sup>3</sup>)  
 0,278 = Faktor Konversi

#### 4.3.6.11 Koefisien Tampungan

Untuk menghitung penyimpanan menggunakan pendekatan rasional yang dimodifikasi, persamaan rasional saat ini dikalikan dengan koefisien penyimpanan (Cs).

Untuk menghitung Cs gunakan rumus berikut:

$$Cs = \frac{2tc}{2tc+t} \dots \dots \dots (4.65)$$

Keterangan:

- Cs = Koefisien penampungan  
 Ttame = Waktu konsentrasi (jam)  
 Td = Waktu pengaliran dalam saluran/Drain flow time (menit)

#### 4.3.6.12 Koefisien Pengaliran ( C )

Koefisien C diartikan perbandingan antara laju puncak aliran permukaan dengan intensitas curah hujan. Elemen kunci yang menentukan nilai C adalah laju infiltrasi tanah, tanaman penutup tanah dan intensitas hujan. Nilai koefisien aliran dapat dilihat pada Tabel 4.28

Tabel 4. 28 Nilai Koefisien Aliran (C)

No	Deskripsi lahan/karakter permukaan	Koefisien aliran, C
1.	Bisnis	
	• Perkotaan	0,70 – 0,95
2.	• Pinggiran	0,50 – 0,70
	Perumahan	
	• Rumah tinggal	0,30 – 0,50
	• Multiunit, terpisah	0,40 – 0,60
	• Multiunit, tergabung	0,60 – 0,75
	• Perkampungan	0,75 – 0,40
3.	• Apartemen	0,50 – 0,70
	Industri	
	• Ringan	0,50 – 0,80
4.	• Berat	0,60 – 0,90
	Perkerasan	
	• Aspal dan beton	0,70 – 0,95
5.	• Batu bata, paving	0,50 – 0,70
	Atap	0,75 – 0,95

Tabel 4. 28 (Lanjutan)

6.	Halaman, Tanah berpasir	
	• Datar, 2%	0,05 – 0,10
	• Rata-rata, 2-7%	0,10 – 0,15
	• Curam, 7%	0,15 – 0,20
8.	Halaman, tanah berat	
	Datar, 2%	0,13 – 0,17
	Rata-rata, 2-7%	0,18 – 0,22
	Curam, 7%	0,25 – 0,35
9.	Halaman kereta api	0,10 – 0,35
10.	Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
11.	Taman, pekuburan	0,10 – 0,25
12.	Hutan	
	Datar, 0-5%	0,10 – 0,40
	Rata-rata, 5-10%	0,25 – 0,50
	Curam, 10-30%	0,30 – 0,60

(Sumber : Suripin, 2003. Hal : 68)

#### 4.3.6.13 Kapasitas Saluran

Genangan air dapat dicegah dengan segera menyalurkan kapasitas saluran atau aliran air hujan ke suatu reservoir (sungai). Kekasaran, kemiringan, dan karakteristik saluran drainase lainnya semuanya mempengaruhi kapasitas saluran drainase. Rumus berikut untuk menghitung kapasitas saluran dengan menggunakan penampang yang berbeda:

1. Luas penampang persegi

$$A = b \times h \dots\dots\dots (4.66)$$

2. Kecepatan aliran

$$k. \left(\frac{B \times h}{B+2h}\right)^{2/3} \times SO^{1/2} \dots\dots\dots (4.67)$$

3. Debit kapasitas

$$A \times V \dots\dots\dots (4.68)$$

4. Luas penampang trapesium

$$A = (b + m \times h) \times h \dots\dots\dots (4.69)$$

5. Keliling trapezium

$$P = b + 2 \times h (m^2 + 1)^{0,5} \dots\dots\dots (4.70)$$

6. Luas penampang persegi Panjang

$$A = b \times h \dots\dots\dots (4.71)$$

7. Keliling persegi Panjang

$$P = b + 2h \dots\dots\dots (4.72)$$

8. Luas penampang segitiga  
 $A = m \times h^2 \dots\dots\dots (4.73)$
9. Keliling segitiga  
 $P = 2h\sqrt{1 + m^2} \dots\dots\dots (4.74)$
10. Luas penampang lingkaran  
 $A = 1/8 (\theta - \sin \theta) d^2 \dots\dots\dots (4.75)$
11. Keliling lingkaran  
 $P = \frac{1}{2} \times \theta \times d \dots\dots\dots (4.76)$
12. Jari-jari hidrolis  
 $R = A/P \dots\dots\dots (4.77)$
13. Kecepatan aliran  
 $V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \dots\dots\dots (4.78)$
14. Kontinuitas  
 $Q = A \times V (2.39) \dots\dots\dots (4.79)$

Keterangan:

- V = Kecepatan aliran dalam satuan (m/s)
- A = Luas penampang basah (m)
- R = Jari-jari (m)
- n = Koefisien kekasaran manning
- m = Kemiringan dinding saluran
- h = Tinggi saluran (m)
- w = Tinggi jagaan (m)
- I = Kemiringan dasar saluran
- P = Keliling basah saluran (m)

kekasaran sisi saluran berbeda-beda. Misalnya dinding saluran terbuat dari beton dan tanah, maka wajar saja nilai nnya berfluktuasi. Dapat dikatakan sebagai saluran berpenampang majemu untuk nilai n (koef kekasaran manning) dapat di lihat pada Tabel 4.29. Dalam pendimensian saluran drainase ditentukan besarnya curah hujan dan debit air kotor yang akan mengalir melalui saluran drainase.

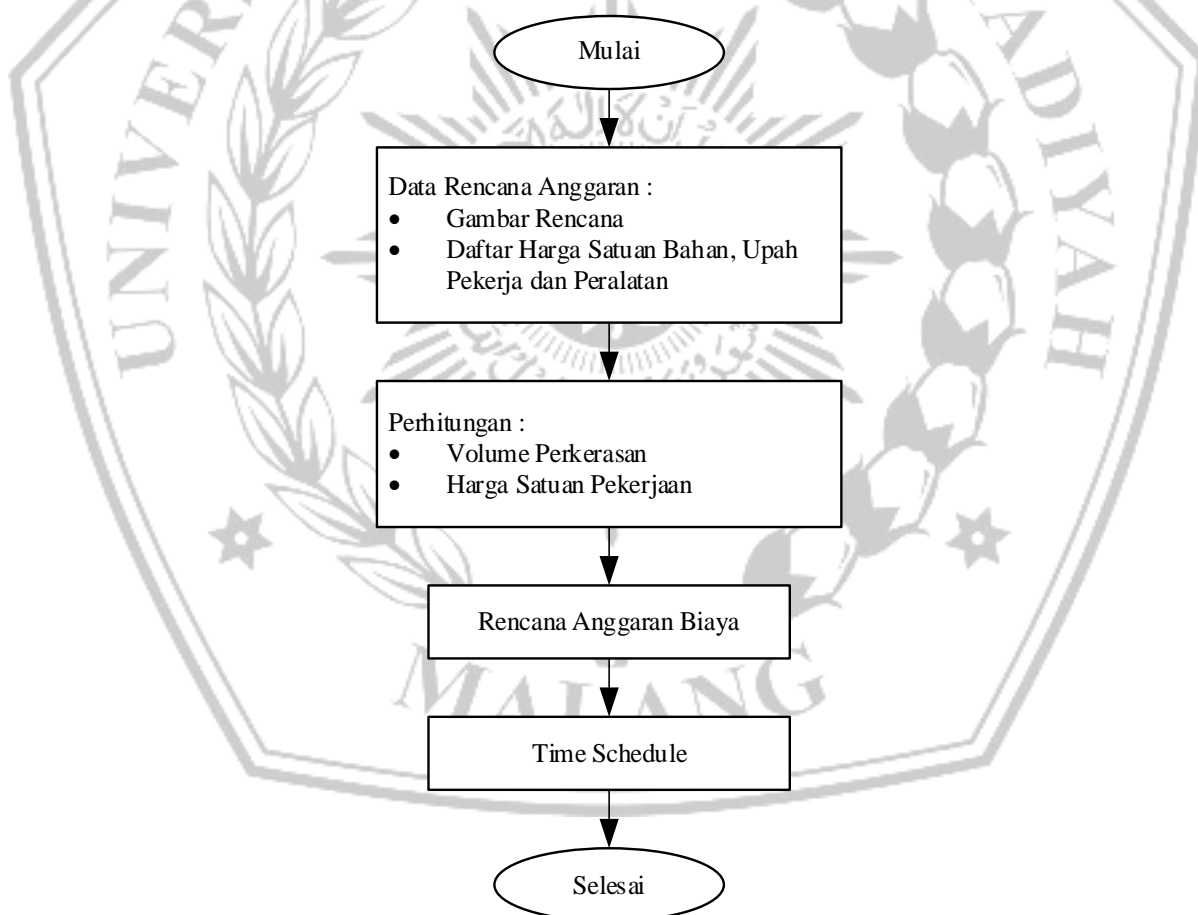
Tabel 4. 29 Nilai Koefisien Kekasaran Manning (n)

Saluran	Keterangan	n Maning
Tanah	Lurus, Baru, Seragam, Landai dan bersih	0,016 – 0,033
	Berkelok, landai dan berumput	0,023 – 0,040
	Tidak terawat dan kotor	0,050 – 0,0140
	Tanah berbau, kasar, dan tidak teratur	0,035 – 0,045
Pasangan	Batu kosong	0,023 – 0,030
	Pasangan batu belah	0,017 – 0,030
	Halus, sambungan bail dan rata	0,014 – 0,018
Beton	Kurang halus dan sambungan kurang rata	0,018 – 0,030

(Sumber: Ven Te Chow. 1997:112)

#### 4.4 Rencana Kerja dan Syarat – Syarat (RKS)

Untuk lebih jelasnya, diagram alir rencana kerja dan syarat – syarat (RKS) dapat dilihat pada Gambar 4.42.



Gambar 4. 42 Diagram alir rencana kerja dan syarat- syarat (RKS)

#### **4.4.1 Rencana Anggaran Biaya Anggaran (RAB)**

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan total biaya yang diperlukan untuk bahan, upah, serta biaya-biaya lainnya yang terkait dengan pelaksanaan suatu proyek tertentu (Syawaldi dan Siswanto, 2014:3). Tujuan utama dari pembuatan RAB adalah untuk mengetahui harga masing-masing item pekerjaan, yang akan menjadi pedoman dalam pengeluaran biaya selama masa pelaksanaan proyek secara efektif dan efisien. Untuk menghitung anggaran biaya bangunan, perlu dilakukan analisis atau perhitungan terperinci mengenai jumlah bahan yang digunakan serta upah tenaga kerja. Agar perhitungan lebih mudah, setiap jenis pekerjaan harus dihitung volumenya. Secara umum, perhitungan RAB dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{RAB} = \sum (\text{Volume Pekerjaan} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan})$$

Analisis rencana anggaran biaya (RAB) dalam tugas akhir ini dimulai dengan menganalisis perhitungan volume pekerjaan, kemudian dilanjutkan dengan perhitungan rencana anggaran biaya. Pedoman yang digunakan dalam analisis ini adalah data teknis proyek serta Daftar Harga Satuan Bahan dan Upah yang diterbitkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Kutai Timur tahun 2024.

#### **4.4.2 Tahapan Penyusunan Rencana Anggaran Biaya**

Tahap-tahap yang dilakukan untuk menyusun Rencana Anggaran Biaya, Sebagai berikut:

1. Mempelajari gambar kerja dan rencana kerja.

Gambar kerja merupakan dasar untuk menentukan pekerjaan apa saja ada dalam komponen bangunan yang akan dikerjakan. Dari gambar yang ada akan di dapatkan ukuran dan spesifikasi pekerja serta metode pelaksana yang akan nantinya dilakukan dilapangan.

2. Menyusun item pekerjaan dan menghitung volume pekerjaan.

Sebelum menyusun item pekerjaan serta melakukan perhitungan volume pekerjaan maka terlebih dahulu harus mencermati gambar kerja yang akan dihitung. Perhitungan volume ini merupakan langkah awal dalam menyusun rencana anggaran biaya.

3. Melakukan pengumpulan data tentang upah pekerja yang berlaku di

daerah lokasi proyek dan atau upah pada umumnya jika pekerja didatangkan dari luar daerah lokasi proyek.

4. Melakukan perhitungan analisa bahan, upah, dan alat dengan menggunakan analisa yang diyakini baik oleh pembuat anggaran.
  - a. Analisa Bahan Analisa bahan suatu pekerjaan adalah menghitung banyaknya volume masing-masing bahan untuk setiap aktifitas, serta biaya yang dibutuhkan.
  - b. Analisa Upah Menghitung banyaknya tenaga yang diperlukan untuk setiap kegiatan serta besar biaya yang diperlukan untuk pekerjaan tersebut.
  - c. Analisa Peralatan Analisa terhadap peralatan yang dibutuhkan dalam setiap pekerjaan dalam suatu proyek dimana digunakan alat-alat yang membutuhkan biaya.
  - d. Melakukan perhitungan harga satuan pekerjaan yang memanfaatkan hasil analisa satuan pekerjaan dan daftar kuantitas pekerjaan. Analisa Harga Satuan Pekerjaan adalah analisa terhadap harga satuan pekerjaan yang didapat dari hasil penjumlahan harga satuan bahan dengan harga satuan upah.
  - e. Membuat rekapitulasi.  
Rekapitulasi adalah jumlah masing-masing sub item pekerjaan dan kemudian ditotal sehingga didapatkan jumlah total biaya pekerjaan.

#### **4.4.3 Analisa Harga Satuan Pekerja (AHSP)**

Analisis harga satuan pekerjaan adalah suatu metode perhitungan harga satuan pekerjaan konstruksi yang dilakukan dengan cara mengalikan kebutuhan bahan bangunan, upah kerja, dan peralatan dengan harga bahan bangunan, standar upah pekerja, serta harga sewa atau beli peralatan yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap satuan pekerjaan konstruksi. Analisis harga satuan pekerjaan ini dipengaruhi oleh koefisien yang menunjukkan nilai satuan bahan/material, alat, dan upah tenaga kerja, yang dapat dijadikan acuan dalam merencanakan atau mengendalikan biaya suatu pekerjaan.

Analisis harga satuan pekerjaan tiap daerah bisa berbeda-beda karena dipengaruhi oleh perbedaan harga bahan, alat, dan pengupahan di wilayah tersebut. Umumnya, analisis harga bahan dapat diperoleh dari dinas terkait di daerah tempat pekerjaan dilakukan. Jika terdapat pekerjaan yang tidak tercantum dalam analisis harga satuan pekerjaan yang dikeluarkan oleh dinas, penyedia jasa berhak untuk merumuskan analisis harga satuan pekerjaan sendiri, dengan memperhatikan harga upah dan bahan yang berlaku di pasaran, dan kemudian disepakati oleh pemberi pekerjaan.

Penentuan harga satuan ini dapat diambil dari standart harga yang berlaku dipasar atau daerah tempat proyek yang dikerjakan sesuai dengan spesifikasi dari Dinas Bina Marga Kutai Timur Tahun Anggaran 2023.

#### **4.4.4 Time Schedule (Rencana Kerja)**

Kurva S adalah grafik yang menunjukkan hubungan antara kemajuan pelaksanaan proyek dengan waktu penyelesaian, yang berfungsi sebagai alat kontrol untuk memantau kemajuan atau keterlambatan pelaksanaan pekerjaan (Rani, 2016:35). Kurva S dapat digunakan sebagai petunjuk kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu, dan bobot pekerjaan yang dipresentasikan dalam bentuk persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Dengan membandingkan realisasi kemajuan proyek dengan jadwal rencana, kita dapat mengetahui apakah proyek mengalami keterlambatan atau percepatan. Indikasi ini dapat digunakan sebagai acuan untuk mengambil tindakan koreksi dalam proses pengendalian jadwal.