

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

Perencanaan jalan memerlukan suatu acuan dan standar agar jalan yang direncanakan menjadi jalan yang aman, nyaman untuk dilewati. Acuan dasar menjadi pedoman dalam perencanaan ini ialah Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TPGJAK) No. 38/T/BM/1997 dan dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan oleh Silvia Sukirman serta Perencanaan Perkerasan Lentur Departemen PU Bina Marga.

#### **2.1 Klasifikasi Jalan**

Jalan raya pada umumnya dapat di golongan menjadi 4 golongan klasifikasi, yaitu :

1. Klasifikasi menurut fungsi jalan
2. Klasifikasi menurut kelas jalan
3. Klasifikasi menurut medan jalan, dan
4. Klasifikasi menurut wewenang pembinaan jalan (Bina Marga 1997).

##### **2.1.1 Klasifikasi menurut fungsi jalan**

Klasifikasi menurut fungsi jalan sesuai dengan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TPGJAK) No. 38/TBM/1997 terdiri atas :

1. Jalan Arteri : Yaitu 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 : Yaitu jalan yang melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

3. Jalan Lokal : Yaitu jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
4. Jalan Lingkungan : Yaitu jalan yang melayani lingkungan setempat dengan ciri-ciri yang mirip dengan jalan lokal.

### 2.1.2 Klasifikasi menurut kelas jalan

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

- a. Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam Tabel 2.1. (Pasal 11, PP. No. 43/1993).

Tabel 2.1 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat (MST) ton
Arteri	I	> 10
	II	10
	III A	8
Kolektor	II A	8
	III B	8

Sumber : (TPGJAK).

- b. Klasifikasi jalan berdasarkan volume serta sifat lalu-lintas dinyatakan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP) yang besarnya menunjukkan jumlah lalu-lintas harian rata-rata (LHR) dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kelas jalan berdasarkan volume lalu-lintas

Kelas Jalan	Lalu-Lintas Harian Rata-rata (LHR) smp
I	> 50.000
II	30.000 - 50.000
III	10.000 - 30.000
IV	1.000 - 10.000
V	0 - 1.000

Sumber : (TPGJAK).

### 2.1.3 Klasifikasi menurut medan jalan

Klasifikasi menurut medan jalan sesuai dengan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TPGJAK) No. 38/TBM/1997 :

1. Medan jalan di klasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur.
2. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

No	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	0 - 9,90 %
2	Perbukitan	B	10 - 24,90 %
3	Pegunungan	G	> 25,00 %

Sumber : (TPGJAK).

3. Keceragaman kondisi medan yang di proyeksikan harus mempertimbangkan keseragaman kondisi medan menurut rencana trase jalan dengan mengabaikan perubahan- perubahan pada bagian kecil dari segmen rencana jalan tersebut.

#### 2.1.4 Klasifikasi menurut wewenang pembinaan jalan

Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaan jalan (Bina Marga 1977) Sesuai PP. No. 26/1985 adalah jalan Nasional, Jalan Provinsi, jalan Kabupaten atau Kotamadya, jalan Desa, jalan Khusus.

### 2.2 Kriteria Perencanaan

Perencanaan jalan raya yang baik dan benar harus memenuhi beberapa persyaratan, diantaranya kendaraan rencana, volume lalu-lintas, kecepatan rencana, tingkat pelayanan dan jarak pandang.

#### 2.2.1 Kendaraan rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipake sebagai acuan perencanaan geomtrik jalan raya. Kendaraan rencana dikelompokkan kedalam 3 kategori dapat dilihat pada Tabel 2.4.

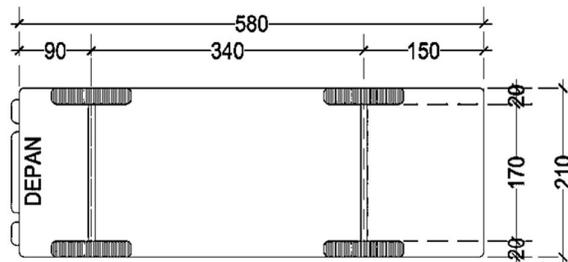
Tabel 2.4 Dimensi Kendaraan Rencana

Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar		Radius Tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min	Max	
Kend. Kecil	130	210	580	90	150	420	73	780
Kend. Sedang	410	26	1210	210	240	740	1280	1410
Kend. Besar	410	26	2100	120	90	290	1400	1370

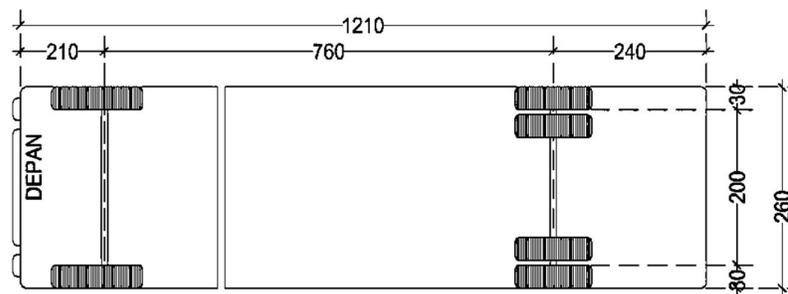
Sumber : (TPGJAK)

1. Kendaraan kecil, diwakili oleh mobil penumpang
2. Kendaraan sedang, diwakili oleh truk as 3 tandem atau oleh bus besar
3. Kendaraan berat, diwakili oleh truk semi-trailer

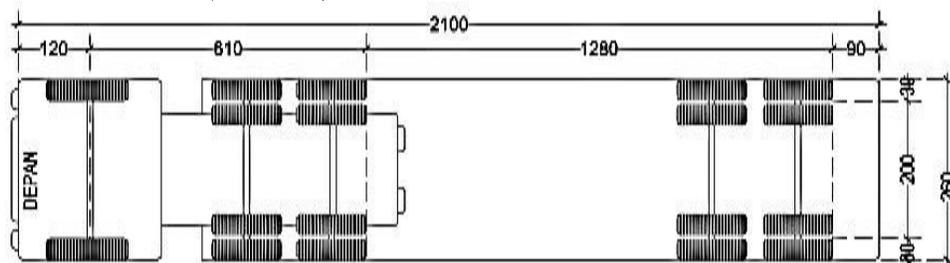
Dimensi dasar untuk masing-masing kategori kendaraan rencana ditunjukkan pada Tabel 2.5 Gambar 2.1 sampai dengan Gambar 2.3 yang menampilkan sketsa dimensi kendaraan rencana tersebut.



Gambar 2.1 Dimensi kendaraan kecil  
*Sumber : (TPGJAK)*



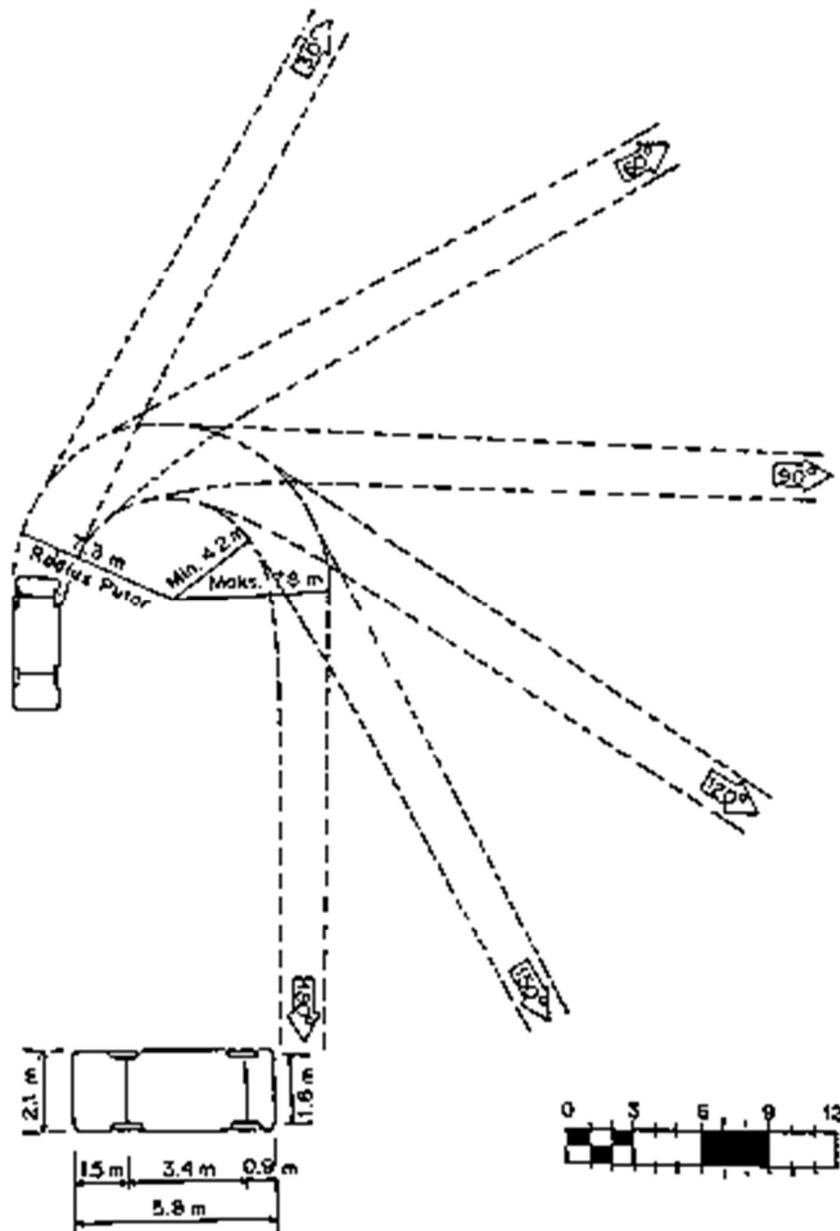
Gambar 2.2 Dimensi kendaraan sedang  
*Sumber : (TPGJAK)*



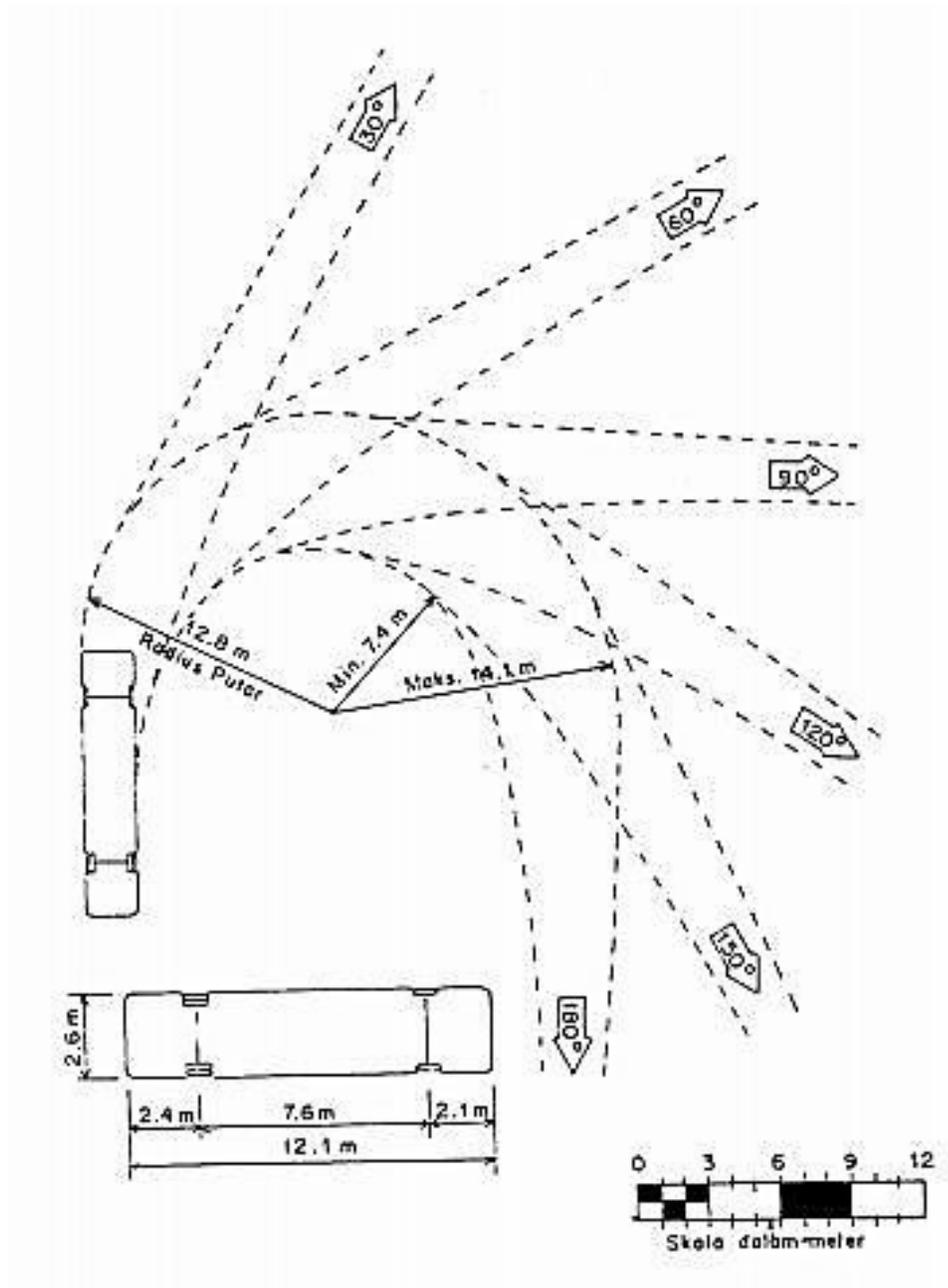
Gambar 2.3 Dimensi kendaraan besar  
*Sumber : (TPGJAK)*

Gambar 2.4 sampai dengan Gambar 2.6 menunjukkan radius putar dengan batas maksimal dan minimal jarak putar dari berbagai sudut untuk setiap ukuran kendaraan. Untuk perencanaan geometrik jalan, ukuran dan lebar rencana

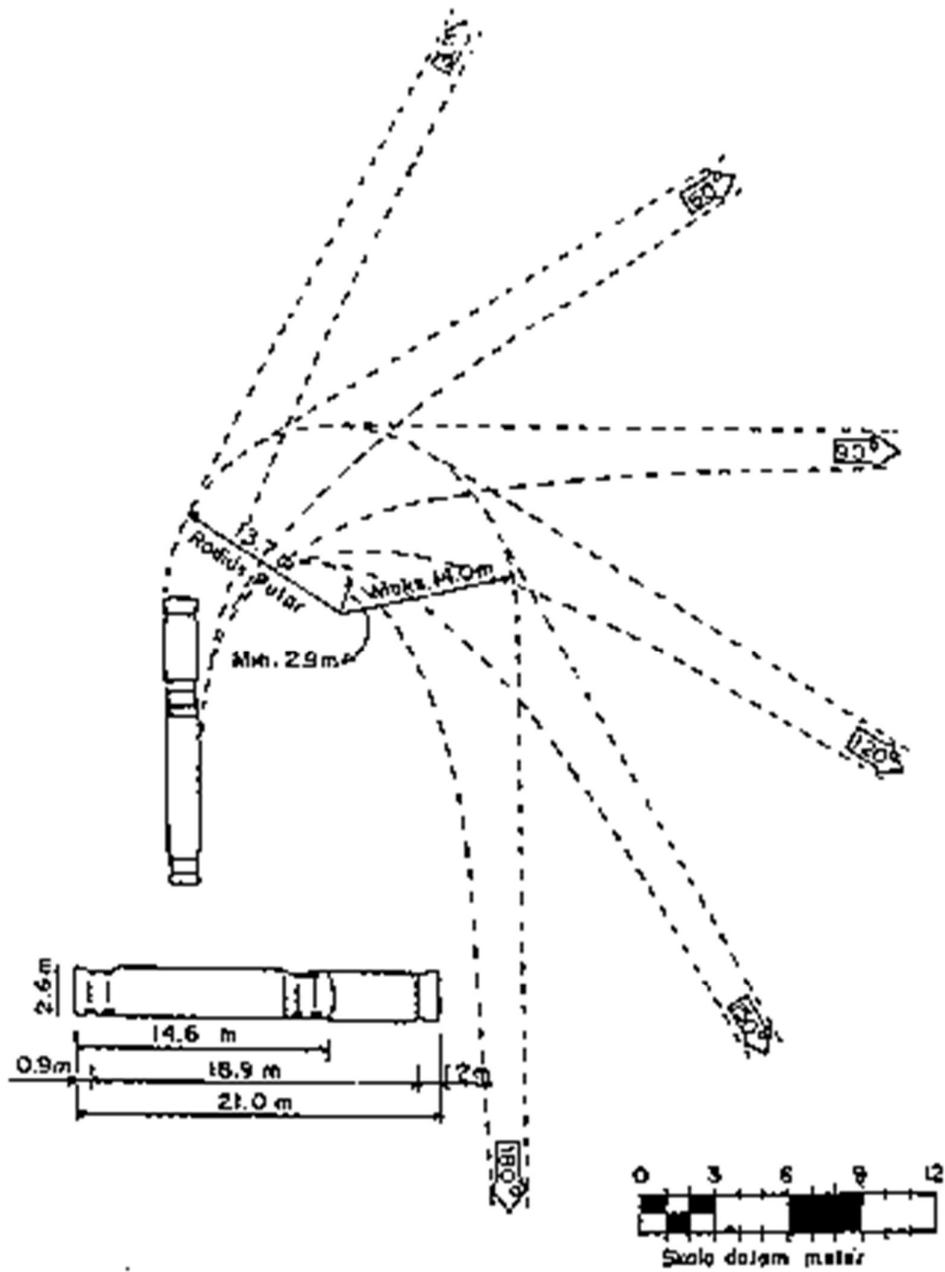
kendaraan akan mempengaruhi lebar jalur yang dibutuhkan, sifat membelok kendaraan akan mempengaruhi dalam merencanakan tikungan dan lebar median, dimana kendaraan diperkenankan untuk memutar atau *U Turn* (Sukirman,1999).



Gambar 2.4 Jari-jari manuver kendaraan kecil  
Sumber : (TPGJAK)



Gambar 2.5 Jari-jari manuver kendaraan sedang  
 Sumber : (TPGJAK)



Gambar 2.6 Jari-jari manuver kendaraan besar  
 Sumber : (TPGJAK)

### 2.2.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana ( $V_r$ ) adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar dalam perencanaan geometrik jalan raya, yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu-lintas yang lenggang, dan pengaruh samping jalan yang tidak terlalu berarti.

Kecepatan rencana untuk masing-masing fungsi jalan dapat di lihat pada Tabel 2.5. dan untuk kondisi medan yang sulit, kecepatan rencana ( $V_r$ ) suatu segmen jalan bisa diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak melebihi dari 20 km/jam.

Tabel 2.5 Kecepatan Rencana Sesuai Dengan Fungsi dan Medan Jalan

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

Sumber : (TPGJAK)

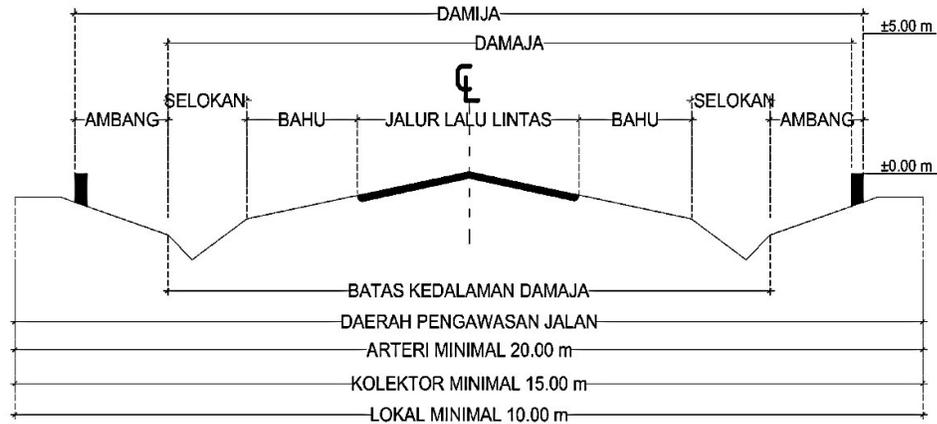
### 2.3 Bagian Bagian Jalan

Bagian bagian jalan menurut Undang Undang Jalan No 38 Tahun 2004, antara lain :

#### 2.3.1 Daerah Manfaat Jalan (DAMAJA)

Daerah Manfaat jalan (DAMAJA) dibatasi oleh (Gambar 2.7.) :

- Lebar diantara batas ambang pengaman konstruksi jalan di kedua sisi jalan,
- Tinggi 5 meter diatas permukaan perkerasan pada sumbu jalan,
- Kedalaman ruang bebas 1,5 meter dibawah permukaan jalan.



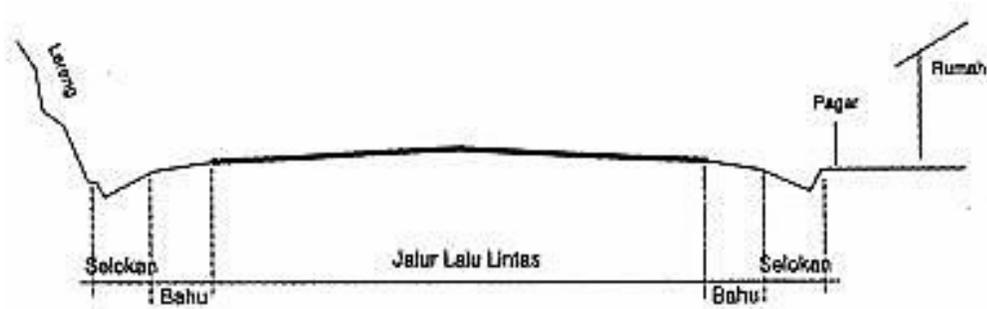
Gambar 2.7 Damaja, Damija, Dawasja Dilingkungan jalan antar kota  
 Sumber : (TPGJAK)

### 2.3.2 Daerah Milik Jalan (DAMIJA)

Daerah milik jalan (DAMIJA) dibatasi oleh lebar yang sama dengan Damaja ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1,5 meter (Gambar 2.7.).

### 2.3.3 Daerah Pengawasan Jalan (DAWASJA)

1. Daerah Pengawasan Jalan (DAWASJA) adalah sepanjang jalan di luar damaja yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu, diukur dari sumbu jalan sebagai berikut (Gambar 2.7.) :
  - a. Jalan arteri minimum 20 meter
  - b. Jalan Kolektor minimum 15 meter
  - c. Jalan Lokal minimum 10 meter
2. Untuk keselamatan pengguna jalan, Daerah Pengawasan Jalan (DAWASJA) di daerah tikungan ditentukan oleh jarak pandang bebas.



Gambar 2.8 Penampang Melintang Jalan Tanpa Median  
 Sumber : (TPGJAK)



Gambar 2.9 Penampang Melintang Jalan Dengan Trotoar  
 Sumber : (TPGJAK)

#### 2.4 Perencanaan Geometrik Jalan

Dalam perencanaan geometrik jalan pada penulisan ini mengacu pada Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TPGJAK) tahun 1997 dan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. Berikut merupakan alur secara umum dari perencanaan geometrik jalan raya :

## 2.4.1 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal.

Alinyemen horizontal di kenal sebagai trase jalan atau situasi jalan.

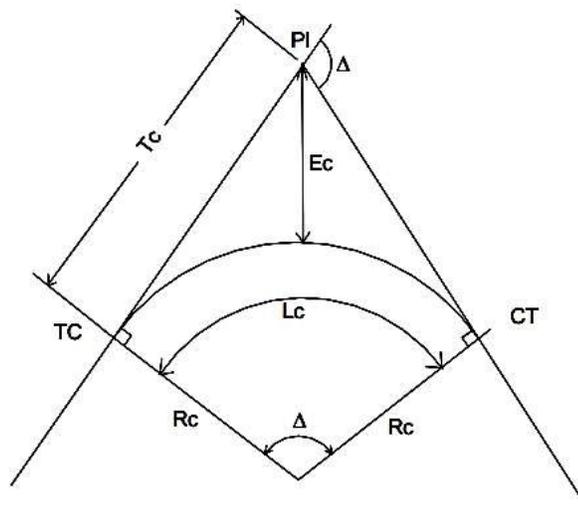
Desain alinyemen horizontal dipengaruhi oleh kecepatan rencana yang sesuai berdasarkan kelas jalan dan jenis tikungan, umumnya tikungan terdiri dari 3 jenis tikungan, antara lain :

### 2.4.1.1 Full Circle(FC)

*Full Circle* adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan *Full Circle* hanya digunakan untuk R (jari-jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena apabila R kecil maka akan dibutuhkan superelevasi yang besar. R (jari-jari tikungan) untuk tikungan *Full Circle* di tunjukan dalam Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Jari-jari tikungan yang tidak memerlukan lengkung peralihan

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



Gambar 2.10 Tikungan Full Circle  
Sumber : (TPGJAK)

Rumus yang digunakan pada tikungan *Full Circle* yaitu :

$$T_c = R_c \tan \frac{1}{2}\Delta \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

$$E_c = T_c \tan \frac{1}{4}\Delta \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

$$L_c = 0,01745 \cdot \Delta \cdot R \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

$\Delta$  = Sudut Tangen ( °).

$T_c$  = Panjang tangen jarak dari TC ke PI ke CT (m)

$R_c$  = Jari-jari lingkaran (m)

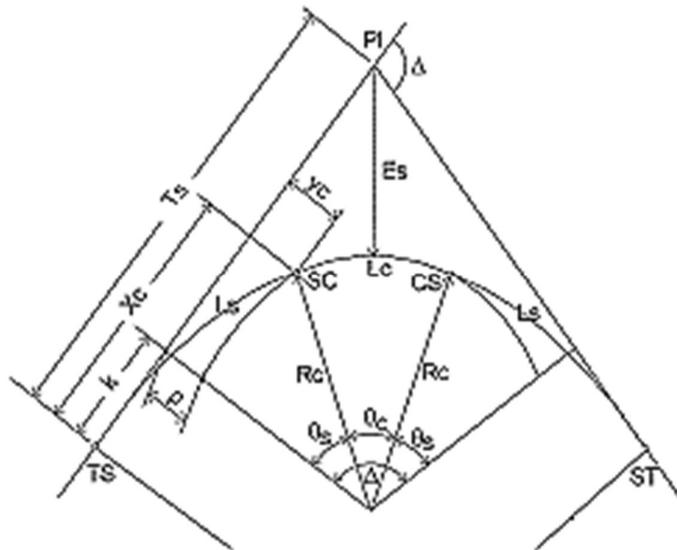
$L_c$  = Panjang Busur Lingkaran (m)

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

#### **2.4.1.2 Spiral-Circle-Spiral (S-C-S)**

*Spiral-Circle-Spiral (S-C-S)* digunakan pada daerah perbukitan atau pegunungan, karena jenis tikungan ini memiliki lengkung peralihan yang memungkinkan perubahan menikung tidak secara mendadak dan tikungan tersebut aman.

Jari-jari (R) yang diambil dalam tikungan *Spiral-Circle-Spiral* haruslah sesuai dengan kecepatan rencana dan tidak melebihi kemiringan maksimum yang telah di tentukan.



Gambar 2.11 Tikungan Spiral-Circle-Spiral  
 Sumber : (TPGJAK)

Jari-jari lengkung minimum untuk setiap kecepatan rencana ditentukan berdasarkan :

- a. Kemiringan tikungan maksimum
- b. Koefisien gesekan melintang maksimum

Ketentuan dan rumus yang digunakan dalam tikungan *Spiral-Circle-Spiral* adalah sebagai berikut :

$$T_s = (R+P) \tan \frac{1}{2}\Delta + K \dots\dots\dots(2.4)$$

$$E_s = \frac{(R+P)}{\cos \frac{1}{2}\Delta} - R \dots\dots\dots(2.5)$$

$$L_c = \frac{\Delta}{360} 2 \pi r \dots\dots\dots(2.6)$$

$$L = L_c + 2 L_s \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

X<sub>s</sub> = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC (m)

Y<sub>s</sub> = Kordinat titik SC pada garis tegak lurus pada garis tangen (m)

$L_s$  = Panjang lengkung peralihan (m)

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

$T_s$  = Panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST (m)

TS = Titik dari tangen ke *spiral* (m)

SC = Titik dari spiral ke lingkaran (m)

$E_s$  = Jarak dari PI ke lingkaran (m)

$R$  = Jari-jari lingkaran (m)

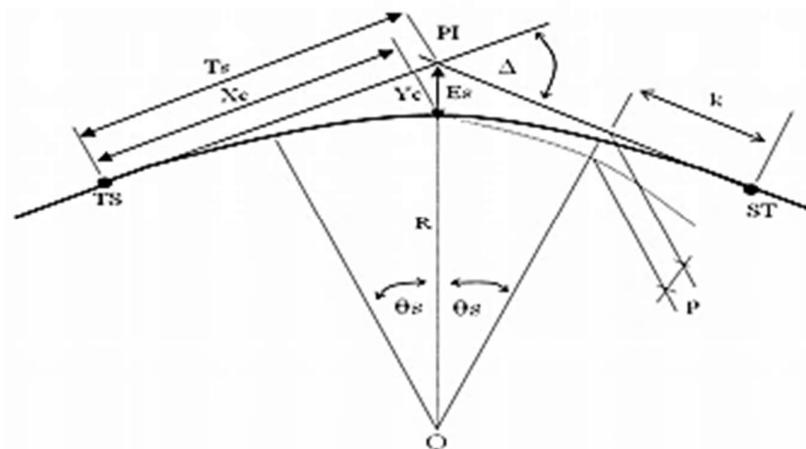
$P$  = Pergeseran tangen terhadap *spiral* (m)

$K$  = Absis dari  $P$  pada garis tangen *spiral* (m)

$S$  = Sudut lengkung *spiral* ( $^\circ$ ).

### 2.4.1.3 Spiral-Spiral (S-S)

Tikungan *Spiral-Spiral* digunakan pada keadaan yang sangat tajam. Lengkung horizontal berbentuk *Spiral-Spiral* adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga SC berimpit dengan CS.



Gambar 2.12 Tikungan Spiral-Spiral  
Sumber : (TPGJAK)

Adapun semua rumus dan aturannya sama dengan *Spiral-Circle-Spiral*, yaitu :

$$L_s = \frac{\theta_s}{28,648} \times R \dots\dots\dots(2.8)$$

$$P = p^* \times L_s \dots\dots\dots(2.9)$$

$$K = k^* \times L_s \dots\dots\dots(2.10)$$

$$TS = (R+P) \operatorname{tg} \frac{1}{2} \Delta + K \dots\dots\dots(2.11)$$

$$E_s = \frac{R+P}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - 50 \dots\dots\dots(2.12)$$

$$L = 2 \times L_s \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

$E_s$  = Jarak dari PI ke busur lingkaran

$T_s$  = Panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST (m)

TS = Titik dari tangen ke spiral (m)

SC = Titik dari spiral ke lingkaran (m)

$R_c$  = Jari-jari lingkaran (m)

#### 2.4.1.4 Jari-jari tikungan

Jari-jari tikungan minimum ( $R_{min}$ ) ditetapkan sebagai berikut :

$$R_{min} = \frac{Vr^2}{127(E_{max} + f)} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

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

$V_R$  = Kecepatan rencana (km/jam)

$E_{max}$  = Superelevasi maksimum (%)

$F$  = Koefesien gesek, untuk perkerasan aspal  $f = 0,14-0,24$

Tabel 2.7 Panjang jari-jari minimum

VR (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jari-jari minimum Rmin (m)	560	370	210	110	80	50	30	15

Sumber : (TPGJAK)

#### 2.4.1.5 Lengkung peralihan

Lengkung peralihan adalah lengkung yang di sisipkan di antara bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan berjari-jari tetap (R), yaitu berfungsi untuk mengantisipasi perubahan alinyemen jalan dari bentuk lurus (R tak terhingga) samapai ke bagian lengkung jalan berjari-jari (R) sehingga gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan saat berjalan di tikungan berubah secara berangsur-angsur, baik pada saat kendaraan mendekati tikungan maupun meninggalkan tikungan. Bentuk lengkung peralihan dapat berupa parabola atau spiral. Dalam tata cara ini digunakan bentuk spiral.

Panjang lengkung peralihan (L) atas pertimbangan bahwa :

1. Lama waktu perjalanan di lengkung peralihan perlu di batasi untuk menghindari perubahan alinyemen secara mendadak, ditetapkan 3 detik (pada kecepatan VR).
2. Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan dapat diantisipasi secara berangsur-angsur pada lengkung peralihan dengan aman.
3. Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan (re) dari bentuk normal ke bentuk kelandaian superelevasi penuh dan tidak boleh melampaui nilai re-maks yang di tetapkan sebagai berikut :

Untuk  $VR \leq 70$  km/jam, re-maks = 0,035 m/m/detik,

Untuk  $VR \geq 80$  km/jam, re-maks = 0,025 m/m/detik.

4. LS ditentukan dari 3 rumus, diambil nilai yang paling besar dari rumus-rumus dibawah ini :
  - a. Berdasarkan waktu tempuh maksimum pada lengkung peralihan,

$$L_s = \frac{Vr}{3.6} \times T \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana :

T = waktu tempuh pada lengkung peralihan, ditetapkan 3 detik,

VR = kecepatan rencana (km/jam).

b. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal,

$$L_s = 0,022 \times \frac{VR^3}{R \cdot C} - 2,727 \times \frac{V_R e}{C} \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana :

Ls = Panjang lengkung peralihan (m)

R = jari-jari busur lingkaran (m)

V = kecepatan rencana (km/jam)

e = Kemiringan melintang maksimum (m)

C = Perubahan percepatan (m/dt<sup>3</sup>), yang bernilai antara 0,3 lm/dt.

c. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian,

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)V_R}{3,6 r_e} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana :

VR = Kecepatan rencana (km/jam)

em = Superelevasi maksimum (m)

en = Superelevasi normal

re = Tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan  
(m/m/detik)

5. Panjang lengkung minimum menurut Bina Marga,

Tabel 2.8 Lengkung Peralihan

Kecepatan rencana (km/jam)	80	60	50	40	30	20
Panjang (m)	70	50	45	35	25	20

Sumber : (TPGJAK)

Selain menggunakan persamaan (2.15) sampai dengan persamaan (2.17), untuk tujuan praktis LS dapat di tetapkan dengan menggunakan Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Panjang lengkung peralihan (L), dan panjang pencapaian superelevasi (Le), untuk jalan 1 jalur-2 lajur-2 arah

Vr (Km/Jam)	Superelevasi (%)									
	2		4		6		8		10	
	Ls	Le	Ls	Le	Ls	Le	Ls	Le	Ls	Le
20										
30										
40	10	20	15	25	15	25	25	30	35	40
50	15	25	20	30	20	30	30	40	40	50
60	15	30	20	35	25	40	35	50	50	60
70	20	35	25	40	30	45	40	55	60	70
80	30	55	40	60	45	70	65	90	90	120
90	30	60	40	70	50	80	70	100	10	130
100	35	65	45	80	55	90	80	110	0	145
110	40	75	50	85	60	100	90	120	11	-
120	40	80	55	90	70	110	95	135	0	-

Sumber : (TPGJAK)

#### 2.4.1.6 Superelevasi

Superelevasi adalah kemiringan melintang permukaan pada lengkung horizontal, tujuan superelevasi yaitu memperoleh komponen berat kendaraan untuk mengimbangi gaya sentrifugal. Semakin besar superelevasi maka akan semakin besar juga komponen kendaraan yang diperoleh.

Superelevasi maksimum yang dapat digunakan pada suatu jalan raya dibatasi oleh beberapa keadaan, antara lain :

1. Keadaan cuaca
2. Jalan yang berada pada daerah yang curah hujannya tinggi.

3. Keadaan medan daerah datar yang nilai superelevasi lebih tinggi daripada daerah perbukitan.
4. Keadaan lingkungan, perkotaan atau luar kota. Superelevasi maksimum sebaiknya lebih kecil di perkotaan daripada luar kota.
5. Komposisi jenis kendaraan dan arus lalu-lintas.

Nilai-nilai e maksimum :

1. Untuk daerah licin atau berkabut, e maksimum = 8 %
2. Daerah perkotaan e maksimum nya = 4-6 %
3. Dipersimpangan, e maksimum yang digunakan sebaiknya rendah, bahkan tanpa superelvasi.
4. AASTHO menganjurkan, jalan luar kota untuk V rencana = 30 km/jam, e maksimum yang digunakan adalah 8 %, V rencana > 30 km/jam, e maksimum = 10 %.
5. Sedangkan Bina Marga menganjurkan, e maksimum untuk jalan perkotaan = 6 %.

Tabel 2.10 Panjang lengkung peralihan minimum dan Superelevasi yang dibutuhkan (e maksimum = 10% metoda bina margas)

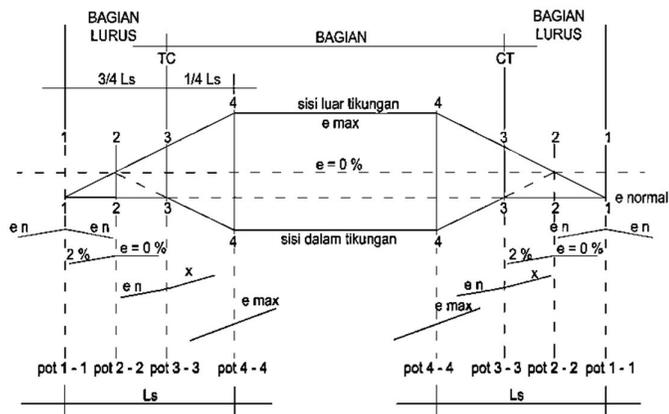
D (°)	R (m)	V = 50 km/jam		V = 60 km/jam		V = 70 km/jam		V = 80 km/jam		V = 90 km/jam	
		e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls
		0,25	5730	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0
0,50	2865	LN	0	LN	0	LP	60	LP	70	LP	75
0,75	1910	LN	0	LP	50	LP	60	0,02	70	0,025	75
1,00	1432	LP	45	LP	50	0,021	60	0,027	70	0,033	75
1,25	1146	LP	45	LP	50	0,025	60	0,033	70	0,040	75
1,50	955	LP	45	0,023	50	0,030	60	0,038	70	0,047	75
1,75	819	LP	45	0,026	50	0,035	60	0,044	70	0,054	75
2,00	716	LP	45	0,029	50	0,039	60	0,049	70	0,060	75
2,50	573	0,026	45	0,036	50	0,047	60	0,059	70	0,072	75
3,00	477	0,030	45	0,042	50	0,055	60	0,068	70	0,081	75
3,50	409	0,035	45	0,048	50	0,062	60	0,076	70	0,089	75
4,00	358	0,039	45	0,054	50	0,068	60	0,082	70	0,095	75
4,50	218	0,043	45	0,059	50	0,074	60	0,088	70	0,099	75
5,00	286	0,048	45	0,064	50	0,079	60	0,093	70	0,100	75
6,00	239	0,055	45	0,073	50	0,088	60	0,098	70	Dm = 5,12	
7,00	205	0,062	45	0,080	50	0,094	60	Dm = 6,82			
8,00	179	0,068	45	0,086	50	0,098	60				
9,00	159	0,074	45	0,091	50	0,099	60				
10,00	143	0,079	45	0,095	60	Dm = 9,12					
11,00	130	0,083	45	0,098	60						
12,00	119	0,087	45	0,100	60						
13,00	110	0,091	50	Dm = 12,79							
14,00	102	0,093	50								
15,00	95	0,096	50								
16,00	90	0,097	50								
17,00	84	0,098	60								
18,00	80	0,099	60								
19,00	75	Dm = 18,89									

Sumber : (TPGJAK)

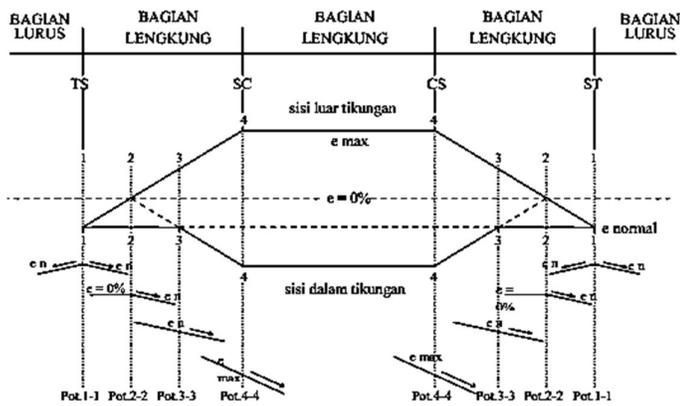
Keterangan :

LN = Lereng jalan normal diasumsikan 2%

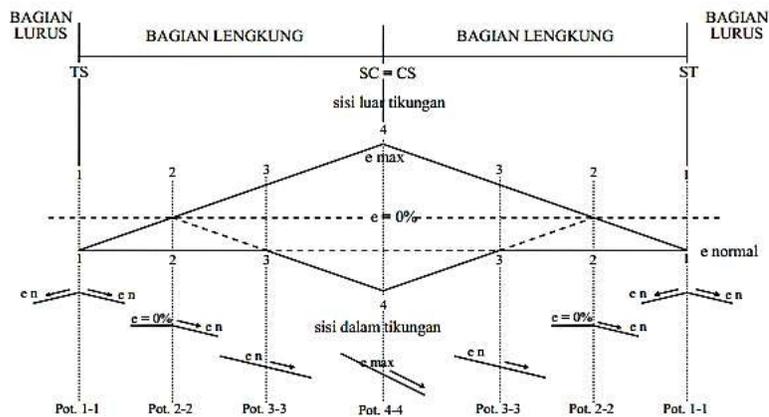
LP = Lereng luar diputar sehingga perkerasan mendapat superelevasi seperti jalan normal



Gambar 2.13 Diagram superelevasi Full Circle  
 Sumber : (TPGJAK)



Gambar 2.14 Diagram superelevasi Spiral-Circle-Spiral  
 Sumber : (TPGJAK)



Gambar 2.15 Diagram superelevasi Spiral-Spiral  
 Sumber : (TPGJAK)

Adapun ketentuan-ketentuan dalam pencapaian superelevasi untuk semua jenis tikungan tersebut antara lain :

1. Superelevasi di dapat secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.
2. Pada tikungan S-C-S, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bentuk normal (  ) sampai lengkung peralihan TS yang berbentuk (  ) a bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai pada keadaan superlevasi penuh (  ) bagian lengkung peralihan.
3. Pada tikungan F-C, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bagian lurus sepanjang  $3/4$  LS sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang  $1/4$  LS.
4. Pada bagian tikungan S-S, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiralnya.
5. Superelevasi tidak di butuhkan jika radius (R) cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LP), atau bahkan tetap lereng normal (LN).

#### **2.4.1.7 Pelebaran perkerasan pada tikungan**

Menurut (Shirley, 2000) : Pelebaran perkerasan pada jalur lalu-lintas di tikungan, dilakukan agar kendaraan yang melintasi tikungan tetap pada lintasannya (lajurnya). Hal ini terjadi karena pada kecepatan tertentu kendaraan pada tikungan cenderung untuk keluar lintasan karena posisi roda belakang dan roda depan tidak sejajar. Hal ini disebabkan karena :

1. Pada saat membelok yang pertama kali diberi belokan adalah roda depan, sehingga roda belakang agak sedikit keluar lajur (*Off Tracking*).
2. Jejak lintasan kendaraan tidak lagi berimpit, karena bumper depan dan belakang kendaraan mempunyai lintasan yang berbeda dengan lintasan roda depan dan belakang kendaraan.
3. Pengemudi kendaraan akan mengalami kesusahan dalam mempertahankan lintasan kedaraannya terutama pada jalur-jalur tikungan yang tajam dan dengan kecepatan tinggi.

Untuk menghindari hal tersebut maka diperlukan pelebaran pada tikungan, pelebaran pada tikungan ini merupakan faktor dari jari-jari lengkung, kecepatan kendaraan, jenis dan ukuran kendaraan rencana yang digunakan sebagai dasar dalam perencanaan. Pelebaran ini dilakukan sepanjang pencapaian superelevasi dalam diagram superelevasi pada gambar 2.14. sampai dengan 2.16.

Pelebaran jalan pada tikungan tergantung pada :

R = Jari-jari tikungan

$\Delta$  = Sudut tangent

V = Kecepatan rencana

Adapun rumus-rumus yang berlaku untuk menghitung pelebaran perkerasan pada tikungan yaitu sebagai berikut :

$$R_c = R - \frac{1}{4} Bn + \frac{1}{2} b \dots\dots\dots(2.18)$$

$$B = \sqrt{\{\sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25^2\}} + 64 - \sqrt{\{Rc^2 - 64\} - 1,25} \dots\dots\dots(2.19)$$

$$Z = \frac{0,105 \times V}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots(2.20)$$

$$B_t = n(B + C) + Z \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana :

B = Lebar perkerasan pada tikungan (m)

B<sub>n</sub> = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar kendaraan rencana (m)

RC = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan (m)

Z = Lebar tambahan akibat kesukaran dalam mengemudi (m)

R = Radius lengkung (m)

n = Jumlah lajur

C = Kebebasan samping (1,0 m)

#### 2.4.1.8 Kebebasan samping

Daerah bebas samping pada tikungan adalah ruang dimana pengemudi atau pengguna jalan tidak mendapatkan halangan dari benda-benda di pinggir jalan. Daerah bebas samping pada tikungan di maksudkan untuk memudahkan pandangan ditikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh E (m), dikur dari dalam garis tengah lajur sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan J<sub>h</sub> terpenuhi. Pada tikungan ini tidak serta merta harus dilengkapi dengan kebebasan samping. Hal ini tergantung pada :

1. Jari-jari tikungan (m)
2. Kecepatan rencana (V<sub>r</sub>) yang berhubungan langsung dengan jarak pandang (S)
3. Keadaan medan lapangan

Seandainya dalam perhitungan diperlukan adanya kebebasan samping akan tetapi keadaan tidak memungkinkan, maka diatasi dengan memberikan atau memasang rambu peringatan sehubungan dengan kecepatan yang di iijinkan.

Daerah bebas samping pada tikungan dihitung berdasarkan rumus-rumus di bawah ini :

1. Berdasarkan jarak pandang henti ( $J_h < L_t$ )

$$E = R' \left\{ 1 - \cos \left( \frac{90^\circ J_h}{\pi R} \right) \right\} \dots \dots \dots (2.22)$$

2. Berdasarkan jarak pandang mendahului

$$E = R' \left\{ 1 - \cos \left( \frac{90^\circ J_d}{\pi R} \right) \right\} + \frac{1}{2} (J_d - L_t) \sin \left( \frac{90^\circ J_d}{\pi R} \right) \dots \dots \dots (2.23)$$

Dimana :

$E$  = Jarak dari penghalang ke sumbu lajur sebelah dalam

$R$  = Radius sumbu sebelah dalam (m)

$J_h$  = Jarak pandang henti (m)

$J_d$  = Jarak pandang menyiap (m)

$L_t$  = Panjang tikungan (m)

**2.4.1.9 Jarak pandang pada lengkung horizontal**

Jarak pandang pengemudi kendaraan akan terhalang oleh gedung-gedung, hutan, tebing dan lain-lain. Demi keamanan pemakai jalan, diseoanjang jarak pandang enti minimum harus terpenuhi pada setiap tikungannya, dengan demikian terdapat batasan minimum jarak antar sumbu jalur sebelah dalam penghalang. Penentuan batas minimum jarak antara sumbu lajur sebelah dalam ke penghalang ditentukan berdasarkan kondisi jarak pandang berada di sebelah dalam lengkung atau < lengkung horizontal ( $S < L$ ).

Adapun rumus-rumus yang dipakai dalam perhitungan ini adalah sebagai berikut :

$$m = R ( 1 - \cos \theta ) \dots\dots\dots(2.24)$$

$$\Delta = \frac{24,648 \times S}{R} \dots\dots\dots(2.25)$$

**2.4.1.10 Penentuan stationing**

Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interva-interva tertentu dari awal pekerjaan sampai dengan akhir pekerjaan. Nomor jalan atau *stationing* digunakan untuk memudahkan dalam pembahasan lokasi yang akan dikerjakan dan menjadi panduan untuk lokasi suatu tempat. Nomor jalan ini sangat bermanfaat dalam pelaksanaan maupun dalam tahap perencanaan. Disamping itu dari penomoran jalan tersebut di dapat informasi-informasi secara menyeluruh, setiap *stationing* jalan di lengkapi dengan gambar potongan melintangnya.

Adapun interval untuk masing-masing penomoran jalannya jika tidak ada perubahan tangen pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal adalah sebagai berikut :

- Setiap 100 m, untuk daerah datar
- Setiap 50 m, untuk daerah bukit
- Setiap 25 m, untuk daerah pegunungan

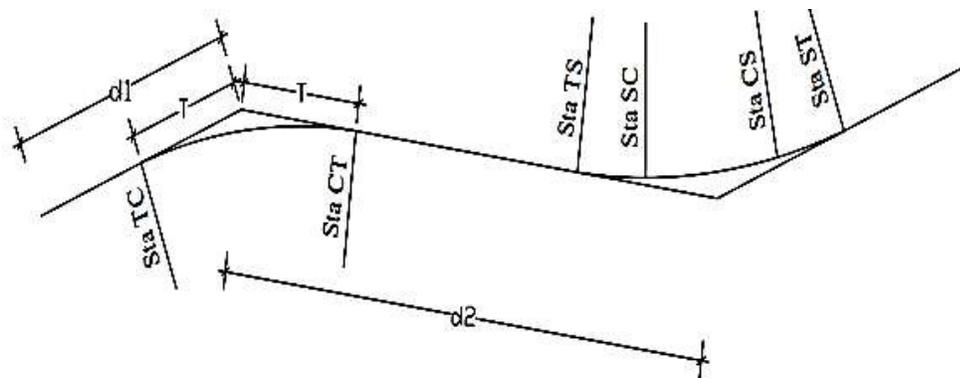
Nomor jalan atau *stationing* ini sama fungsinya dengan patok-patok km di sepanjang jalan, namun juga terdapat beberapa perbedaan, antara lain:

1. Patok km merupakan petunjuk jarak yang diukur dari patok 0 km, pada umumnya patok km terletak di kawasan ibukota provinsi atau

kotamadya, sedangkan patok *stationing* merupakan petunjuk jarak yang diukur dari awal hingga akhir pekerjaan.

2. Patok km merupakan patok permanen yang di pasang dengan ukuran standar SNI yang berlaku, sedangkan patok *stationing* merupakan patok sementara selama masa pelaksanaan pekerjaan proyek jalan tersebut (Sukirman, 1999).

Sistem penomoran jalan pada tikungan dapat dilihat pada gambar 2.17.



Gambar 2.16 Sistem penomoran jalan

#### 2.4.2 Alinyemen Vertikal

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

Alinyemen vertikal terdiri atas bagian landai vertikal dan bagian lengkung vertikal. Ditinjau dari titik awal perencanaan, bagian landai vertikal dapat berupa landai positif (tanjakan), atau landai negatif (turunan), atau landai nol (datar). Bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cembung atau lengkung cekung. (Sumber : TPGJAK)

Dalam perencanaan lengkung vertikal, ada beberapa hal yang harus di perhatikan, yaitu sebagai berikut :

#### 2.4.2.1 Kelandaian

Kelandaian suatu jalan memberikn efek yang sangat berarti terhadap gerak kendaraan, maka landai jalan yang di beri tanda positif untuk pendakian dan tanda negatif untuk turunan.

##### 1. Kelandaian minimum

Dalam perencanaan disarankan menggunakan :

- a. Landai datar untuk jalan-jalan diatas timbunan dan tidak mempunyai kereb. Lereng melintang jalan dianggap cukup untuk mengalirkan air diatas permukaan jalan dan kemudian ke lereng jalan.
- b. Landai 0,15% dianjurkan untuk jalan-jalan diatas timbunan dengan mmpergunakan kereb. Kelandaian ini sangat membantu untuk dapat mengalirkan air hujan menuju saluran pembuangan.
- c. Landai minimum 0,3% - 0,5% dianjurkan untuk jalan-jalan yang berada pada daerah galian atau jalan yang mempergunakan kereb. Lereng melintang hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh diatas permukaan jalan dibutuhkan untuk membuat kemiringan dasar saluran (Silvia Sukirman)

##### 2. Kelandaian maksimum

Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa harus kehilangan kecepatan yang berarti.

Tabel 2.11 Kelandaian maksimum yang diijinkan

VR (km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40
Kelandaian Maksimum	3	3	4	5	8	9	10	1

Sumber : (TPGJAK)

Panjang kritis landai adalah panjang yang masih diterima tanpa harus mengganggu aktifitas lalu-lintas. Panjang kritis untuk kelandaian maksimum dapat dilihat pada Tabel 2.12.

Tabel 2.12 Panjang kritis yang diijinkan

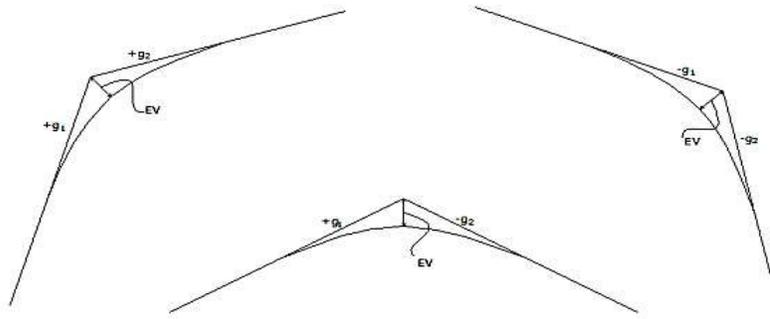
Landai maksimum (%)	3	4	5	6	7	8	10	12
Panjang kritis (m)	480	330	250	200	170	150	135	120

Sumber : (TPGJAK)

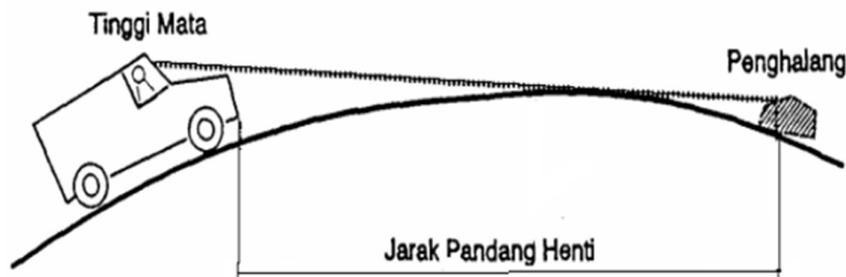
### 2.4.2.2 Lengkung vertikal

Pada setiap penggantian landai harus disertai dengan pembuatan landai vertikal yang memenuhi keamanan, kenyamanan, dan sistem drainase yang baik. Adapun lengkung vertikal yang digunakan adalah lengkung parabola sederhana (Silvia Sukirman, 1999)

#### 1. Lengkung vertikal cembung



Gambar 2.17 Lengkung vertikal cembung dilihat darititik perpotongan tangen  
Sumber : Silvia Sukirman



Gambar 2.18 Contoh lengkung vertikal cembung dilapangan  
Sumber : (TPGJAK)

Pada lengkung vertikal cembung, pembatasan jarak pandang dapat dibedakan menjadi dua keadaan :

- a. Jarak pandang berada seluruh dalam daerah lengkung ( $S < L$ )

Rumus :

$$L = \frac{AS^2}{405} \dots\dots\dots(2.26)$$

Dimana :

$L$  = Panjang lengkung vertikal (m)

$A$  = Selisih kelandaian ( $g_2 - g_1$ ) (m)

$h_1$  = Tinggi mata pengemudi (m)

$h_2$  = Tinggi penghalang (m)

$S$  = Jarak pandang henti (m)

- b. Jarak pandang berada di luar dan didalam daerah lengkung ( $S > L$ )

Rumus :

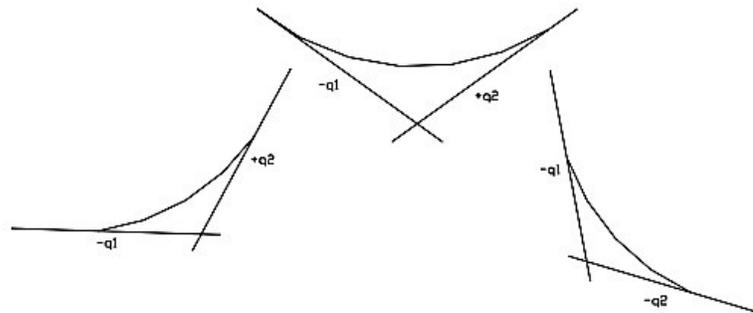
$$L = 2S - \frac{405}{A} \dots\dots\dots(2.27)$$

Dimana :

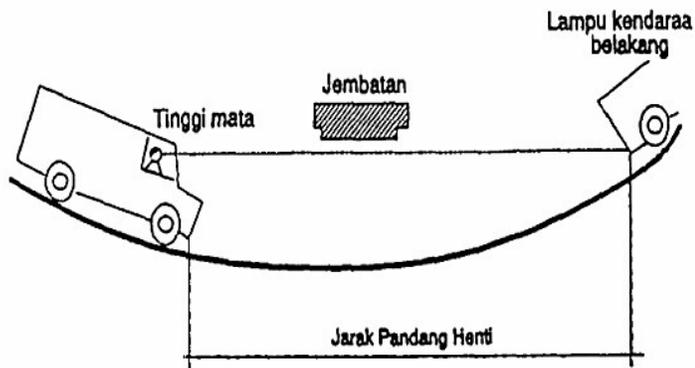
$L$  = Panjang lengkung vertikal (m)

$A$  = Selisih kelandaian ( $g_2 - g_1$ ) (m)

$S$  = Jarak pandang henti (m)



Gambar 2.19 Lengkung vertikal cekung dilihat dari perpotongan tangen  
 Sumber : Silvia Sukirman

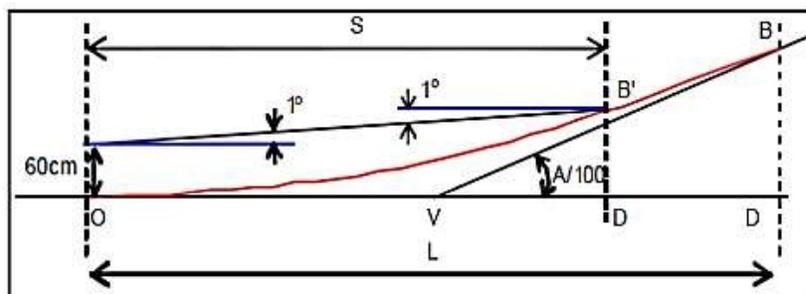


Gambar 2.20 Contoh lengkung vertikal cekung dilapangan  
 Sumber : (TPGJAK)

Lengkung vertikal direncanakan untuk merubah secara bertahap dari dua jenis kelandaian arah memanjang jalan pada setiap lokasi yang diperlukan. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi tingkat guncangan pada kendaraan akibat perubahan kelandaian serta menyediakan jarak pandang henti yang cukup untuk keamanan dan kenyamanan pengguna jalan.

Jangkauan lampu kendaraan pada lengkung vertikal cekung merupakan batas jarak pandang yang dapat dilihat oleh pengemudi ketika berkendara pada waktu malam hari. Didalam perencanaan umumnya tinggi lampu depan diambil setinggi 60 cm, dengan sudut  $1^\circ$ . Letak penyinaran lampu dengan kendaraan dapat dibedakan menjadi 2 keadaan, yaitu :

- a. Jarak pandang akibat penyinaran lampu depan ( $S$ ) <  $L$

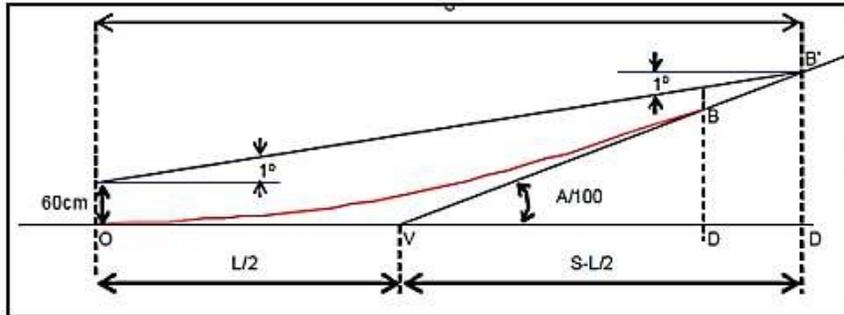


Gambar 2.21 Lengkung vertikal cembung dengan jarak penyinaran lampu <  $L$   
 Sumber : Silvia Sukirman

Rumus :

$$L_v = 2 \times S - \frac{A \times S^2}{(120 + 3,5 \times S)} \dots\dots\dots(2.28)$$

b. Jarak pandang akibat penyinaran lampu depan (S)>L



Gambar 2.22 Lengkung vertikal cembung dengan jarak penyinaran lampu > L  
 Sumber : Silvia Sukirman

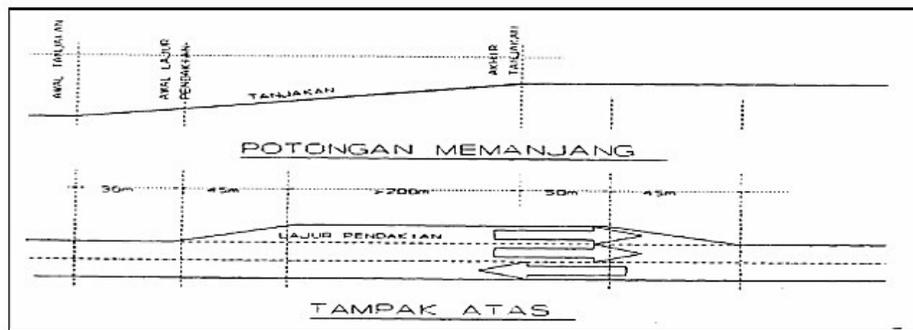
Rumus :

$$L_v = 2 \times S - \frac{(120+3,5 \times S)}{A} \dots\dots\dots(2.29)$$

**2.4.2.3 Lajur pendakian**

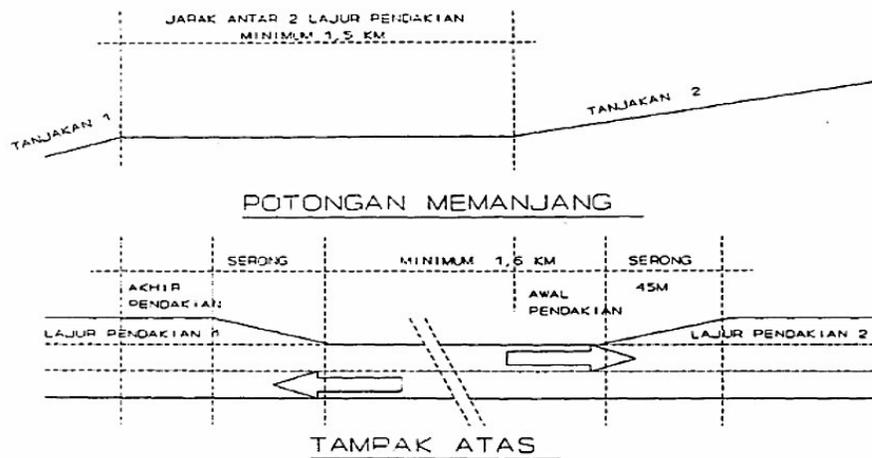
- a. Lajur pendakian dimaksudkan untuk menampung truk-truk yang mempunyai muatan berat dan kendaraan lain yang lajunya lebih lambat dari kendaraan-kendaraan lain pada umumnya, agar kendaraan lain dapat mendahului kendaraan lambat tersebut tanpa harus berpindah lajur atau menggunakan lajur yang berlawanan arah.
- b. Lajur pendakian harus disediakan pada jalan yang memiliki nilai kelandaian besar, menerus, dan volume lalu-lintas yang relatif padat.
- c. Penempatan lajur pendakian harus dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut :
  - 1. Disediakan pada ruas jalan arteri ataupun kolektor

2. Apabila panjang kritis terlampaui, jalan memiliki  $VLHR > 15.000$  SMP/hari, Dan presentase truk  $> 15\%$ .
  - d. Lebar lajur pendakian sama dengan lebar lajur rencana.
  - e. Lajur pendakian dimulai 30 meter dari awal perubahan kelandaian dengan serongan sepanjang 45 meter dan berakhir 50 meter sesudah puncak kelandaian dengan serongan sepanjang 45 meter. (Lihat gambar 2.21)
  - f. Jarak minimum diantara dua lajur pendakian adalah 1,5 km (Lihat gambar 2.24)



Gambar 2.23 Lajur pendakian tipikal

Sumber : (TPGJAK)

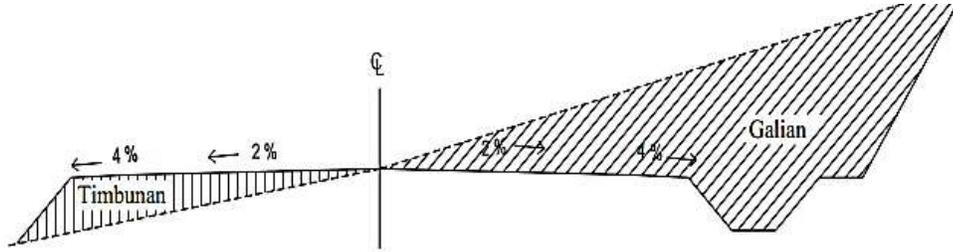


Gambar 2.24 Jarak antar dua lajur pendakian

Sumber : (TPGJAK)

### 2.4.3 Perencanaan galian dan timbunan

Dalam perencanaan galian dan timbunan, diusahakan volume galian sama besar dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan kedua alinyemen yaitu alinyemen horizontal serta alinyemen vertikal memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan yang akan di rencanakan.



Gambar 2.25 Galian dan timbunan

Sumber : (TPGJAK)

Adapun langkah-langkah dalam perhitungan galian dan timbunan antara lain Penentuan *stationing* (jarak patok) sehingga diperoleh panjang horizontal dari alinyemen horizontal (trase jalan).

- a. Gambarkan potongan memanjang (alinyemen vertikal) yang menggambarkan atau memperhatikan perbedaan beda tinggi permukaan tanah asli dengan muka tanah rencana.
- b. Gambar potongan melintang (*cross section*) pada setiap *stationing*, sehingga didapatkan volume galian timbunan yang akan di rencanakan.
- c. Hitung volume galian dan timbunan dengancara mengalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.

Tabel 2.13 Perhitungan galian dan timbunan

Sta	Luas (m <sup>2</sup> )		Jarak (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	
	Galian	Timbunan		Galian	Timbunan
0+000	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	L	$\frac{A_1 + B_1}{2} \times L = C$	$\frac{A_2 + B_2}{2} \times L = C$
0+100	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>			
JUMLAH					

Sumber : (TPGJAK)

## 2.5 Perencanaan perkerasan jalan

Perkerasan jalan merupakan lapis perkerasan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan. Lapis perkerasan jalan adalah struktur konstruksi jalan yang terdiri dari lapisan perkerasan yang tempatkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut memiliki fungsi yaitu menerima beban lalu-lintas yang berada diatasnya dan kemudian di salurkan ke bagian bawahnya.

Beban yang bekerja diatas konstruksi perkerasan antara lain:

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

### 2.5.1 Jenis konstruksi perkerasan

Menurut (Sivia Sukirman) : perkerasan jalan dibedakan menjadi 3 bagian, yaitu :

1. Perkerasan lentur (*Flexibel pavement*)

Yaitu perkerasan jalan yang menggunakan campuran aspal sebagai bahan pengikatnya.

2. Perkerasan kaku (*Rigid pavement*)

Yaitu perkerasan jalan yang menggunakan bahan dari semen *portland*.

3. Perkerasan komposit (*Composit pavement*)

Yaitu perkerasan lentur yang dikombinasikan dengan perkerasan kaku, pada perkerasan komposit ini dapat perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau sebaliknya.

**2.5.1.1 Perkerasan lentur (*Flexible pavement*)**

Konstruksi perkerasan lentur yaitu perkerasan yang menggunakan campuran aspal sebagai bahan pengikat lapisan-lapisan perkerasannya yang bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu-lintas kedalam tanah. Susunan lapisan-lapisan tersebut dapat dilihat pada gambar 2.27.



Gambar 2.26 Perkerasan Lentur Pada Permukaan Tanah Asli  
Sumber : *Manual Desain Perkerasan Jalan 2017*

Perkerasan lentur haruslah memenuhi syarat SNI yang berlaku guna memberikan kenyamanan dan keamanan kepada para pengguna lalu-lintas, seperti permukaan perkerasan yang rata, tidak bergelombang, tidak berlubang dan

permukaan yang cukup kaku sehingga perkerasan tidak berubah bentuk akibat beban yang berada di atasnya.

Menurut (Silvia Sukirman), Struktur lapisan perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang semakin kebawah semakin kecil daya dukung yang di timbulkannya. Lapisan-lapisan tersebut adalah :

1. Lapis permukaan (*Surface course*)

Fungsi utama dari lapis permukaan sebagai lapis perkerasan jalan yang terletak paling atas yaitu :

- a. Sebagai lapis penahan beban vertikal kendaraan, oleh karena itu lapis perkerasan harus mempunyai stabilitas tinggi selama pelayanan.
- b. Lapis aus (*Wearing course*) karena menerima gesekan dan getaran roda kendaraan ketika mengerem.
- c. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh diatas permukaan perkerasan tidak meresap ke lapisan yang berada di bawahnya.
- d. Lapisan yang menyebarkan beban ke lapis pondasi.

Lapis perkerasan lentur yang menggunakan campuran aspal sebagai bahan pengikatnya menghasilkan lapisan yang kedap air, berstabilitas tinggi dan memiliki daya tahan selama masa pelayanan. Namun akibat berkontak langsung dengan roda kendaraan, hujan, panas dan dingin, lapisan permukaan paling atas menjadi cepat aus dan rusak, sehingga disebut sebagai lapis aus.

Dengan demikian lapis permukaan jalan dapat dibedakan menjadi

- a. Lapis aus (*Wearing course*), merupakan lapisan yang berkontak langsung dengan roda kendaraan dan perubahan cuaca.
- b. Lapis permukaan antara (*Binder course*), merupakan lapisan permukaan yang terletak diatas lapisan pondasi dan berada di bawah lapisan aus.

Berbagai jenis lapis permukaan yang sering digunakan di indonesia antara lain :

- a. Laburan aspal
- b. Lapis tipis aspal pasir (Latasir)
- c. Lapis tipis beton aspal (Lataston)
- d. Lapis beton aspal (Laston)
- e. Lapis penetrasi maccadam (Lapen)
- f. Lapis asbuton agregat (Lasbutag)

#### **2.5.1.2 Lapis pondasi atas (*Base course*)**

Lapis pondasi atas (*Base course*) merupakan lapis perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Lapis pondasi atas memiliki fungsi sebagai berikut :

1. Bagian struktur perkerasan yang dapat menahan gaya vertial yang diakibatkan oleh beban kendaraaan.
2. Lapis peresap untuk lapis pondasi bawah.
3. Bantalan atau perletakan lapis permukaan.

Material yang digunakan utuk lapis pondasi atas (*Base course*) adalah material yang cukup kuat sesuai dengan spesifikasi teknik dan syarat yang tertera

pada SNI. Lapis pondasi dapat dipilih berdasarkan lapis berbutir tanpa pengikat atau lapis dengan aspal sebagai campuran pengikatnya. Jenis lapis pondasi yang sering di gunakan di Indonesia adalah :

1. Laston lapis pondasi (*asphalt concrete base = AC-Base*).
2. Lasbutag lapis pondasi.
3. Lapis penetrasi *maccadam* (Lapen).
4. Lapis pondasi agregat.
5. Lapis pondasi tanah semen.
6. Lapis pondasi agregat semen (LFAS).

### **2.5.1.3 Lapis pondasi bawah (*Subbase course*)**

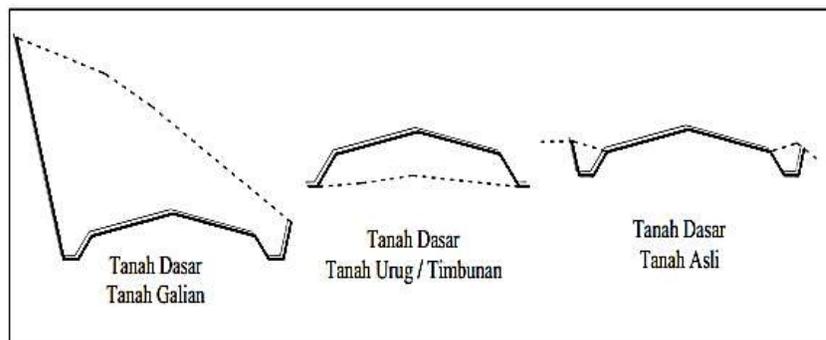
Lapis pondasi bawah (*Subbase course*) merupakan lapis perkerasan yang terletak diatas tanah dasar. Lapis pondasi bawah (*Subbase course*) memiliki fungsi yaitu sebagai berikut :

1. Bagian dari struktur perkerasan yang mendukung untuk menyebarkan beban dari atas kedalam lapis tanah dasar.
2. Efisiensi penggunaan material yang relatif terjangkau, agar lapis perkerasan yang ada diatasnya bisa dikurangi dari ketebalannya.
3. Lapis peresap, agar air tanah darilapis tanah dasar tidak berkumpul pada lapis pondasi bawah.
4. Sebagai lapis pertaman, agar pelaksanaan pekerjaan dapat berjalan lancar sesuai dengan yang telah direncanakan, sehubungan dengan kondisi lapangan yang memkasa untuk segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca. Atau lemahnya daya dukung tanah dasar untuk menahan roda dari alat berat.

5. Lapis penyaring untuk mencegah partikel-partikel dari tanah dasar naik ke lapis pondasi.

#### 2.5.1.4 Lapis tanah dasar (*Subgrade course*)

Lapis tanah dasar atau tanah asli adalah lapis permukaan tanah semula atau lapisan tanah sebelum dilakukan pekerjaan galian dan timbunan. Adapun jenis-jenis dari tanah dasar dapat dilihat pada Gambar 2.27.



Gambar 2.27 Jenis tanah dasar dilihat dari elevasi tanah asli

Sumber : Silvia Sukirman

#### 2.5.2 Desain Tanah Dasar

Ruas jalan yang di desain harus di kelompokkan berdasarkan kesamaan segmen (tanpa perbedaan yang signifikan). Pengelompokan awal dapat dilakukan berdasarkan hasil kajian meja dan penyidikan lapangan atas dasar kesamaan geologi, pedologi, kondisi drainase dan topografi, serta karakteristik geoteknik (seperti gradasi dan plastisitas).

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

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

Dua metode perhitungan CBR karakteristik diuraikan sebagai berikut :

a. Metode distribusi normal standar

Jika tersedia cukup data yang valid (minimum 10 titik data uji persegmen yang seragam) rumus berikut ini dapat digunakan adalah sebagai berikut :

$$\text{CBR karakteristik} = \text{CBR rata-rata} - f \times \text{deviasi standar} \dots \dots \dots (2.30)$$

- $f = 1,645$  (probabilitas 95%), untuk jalan tol atau jalan bebas hambatan.
- $f = 1,282$  (probabilitas 90%), untuk jalan kolektor dan arteri.
- $f = 0,842$  (probabilitas 80 %), maksimum dari data CBR untuk segala segmen tidak lebih.
- Koefisien Variasi (CV) maksimum dari data CBR untuk suatu segmen tidak lebih besar dari 25%. Koefisien variasi sampai dengan 30% masih boleh digunakan.

Apabila jumlah data per segmen kurang dari 10 maka nilai CBR terkecil dapat mewakili sebagai CBR segmen.

b. Metode persentil

Metode persentil menggunakan distribusi data nilai CBR pada segmen seragam yang dianggap terdistribusi secara normal. Nilai

presentil ke “x” dari suatu kumpulan data membagi kumpulan data tersebut dalam dua bagian, yaitu bagian yang mengandung “x” persen data dan bagian yang mengandung  $(100 - x)$  persen data.

Nilai CBR yang dipilih adalah nilai persentil ke 10 ( $10^{\text{th}}$  *percentile*) yang berarti 10% data segmen yang bersangkutan lebih kecil atau sama dengan nilai CBR pada presentil tersebut atau 90% dari data CBR pada segmen seragam tersebut lebih besar atau sama dengan nilai CBR pada persentil tersebut.

Prosedur perhitungan untuk persentil ke – 10 adalah sebagai berikut :

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

(b) Dari kumpulan data yang sudah diurutkan (langkah 1), hitung mulai dari data terkecil hingga mencapai data diurutkan yang diperoleh dari langkah 3. Nilai CBR persentil ke 10 adalah nilai rata – rata dari dua nilai CBR yaitu CBR pada urutan tersebut dan urutan berikutnya.

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

### 2.5.3 Desain perkerasan

#### 2.5.3.1 Umur Rencana

Tabel 2.14 Umur rencana perkerasan jalan baru (UR)

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun) <sup>(1)</sup>
Perkerasan Lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir <sup>(2)</sup>	20
	Fondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang ( <i>overlay</i> ), seperti : jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, dan terowongan.	
	<i>Cement Treated Base (CTB)</i>	
Perkerasan Kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan lapis fondasi jalan.	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

Sumber : Bina Marga, 2017

#### 2.5.3.2 Analisis Volume Lalu Lintas

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

Volume tahun pertama adalah volume lalu lintas sepanjang tahun pertama setelah perkerasan diperkirakan selesai dibangun atau direhabilitasi.

Elemen utama beban lalu lintas dalam desain adalah :

1. Beban gandar kendaraan komersial.
2. Volume lalu lintas yang dinyatakan dalam beban sumbu standar.

Dalam analisis lalu lintas, penentuan volume lalu lintas pada jam sibuk dan lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Penentuan nilai LHRT didasarkan pada data survei volume lalu lintas dengan mempertimbangkan faktor.

Perkiraan volume lalu lintas harus dilaksanakan secara realistis. Rekayasa data lalu lintas untuk meningkatkan justifikasi ekonomi tidak boleh dilakukan untuk kepentingan apapun. Jika terdapat keraguan terhadap data lalu lintas maka perencana harus membuat survei cepat secara independen untuk memverifikasi data tersebut.

### **2.5.3.3 Data Lalu Lintas**

Akurasi data lalu lintas penting untuk menghasilkan desain perkerasan yang efektif. Data harus meliputi semua jenis kendaraan komersial. Apabila diketahui atau diduga terdapat kesalahan data, harus dilakukan perhitungan lalu lintas khusus sebelum perencanaan akhir dilakukan.

### **2.5.3.4 Jenis Kendaraan**

Sistem klasifikasi kendaraan dinyatakan dalam Pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas (Pd T-19-2004-B). Beban gandar kendaraan penumpang dan kendaraan ringan sampai sedang cukup kecil sehingga tak berpotensi

menimbulkan kerusakan struktural pada perkerasan. Hanya kendaraan niaga dengan jumlah roda enam atau lebih yang perlu diperhitungkan dalam analisis.

### 2.5.3.5 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data-data pertumbuhan series (*historical growth data*) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku.

Tabel 2.15 Faktor laju pertumbuhan lalu lintas (i) (%)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor Rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan Desa	1,00	1,00	1,00	1,00

Sumber : Bina Marga, 2017

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

$$R = \frac{(1+0,01 i)^{UR}}{0,01 i} \dots\dots\dots(2.30)$$

Dengan :

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas komulatif

i = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = Umur rencana (tahun)

Apabila diperkirakan akan terjadi perbedaan laju pertumbuhan tahunan sepanjang total umur rencana (UR), dengan  $i_1$  % selama periode awal (UR 1 tahun) dan  $i_2$  % selama sisa periode berikutnya (UR-UR1), faktor pengali pertumbuhan lalu lintas komulatif dapat dihitung dari rumus berikut :

$$R = \frac{(1+0,01 i_1)^{UR}-1}{0,01 i_1} + (1+0,01 i_1)^{(UR1-1)} (1+0,01) \left\{ \frac{(1+0,01 i_2)^{(UR-UR1)}}{0,01 i_2} \right\} \dots\dots\dots(2.31)$$

Dengan :

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

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

$i_2$  = Laju pertumbuhan lalu lintas periode 2 (%)

UR = Total umur rencana (tahun)

UR1 = Umur rencana periode 1 (tahun)

Apabila kapasitas lalu lintas diperkirakan tercapai pada tahun ke (Q) dari umur rencana (UR), faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif dihitung sebagai berikut :

$$R = \frac{(1+0,01 i)^{Q-1}}{0,01 i} + (UR-Q)(1+0,01 i)^{(Q-1)} \dots\dots\dots(2.32)$$

#### **2.5.3.6 Lalu Lintas Pada Jalur Rencana**

Lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL). Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu.

Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Pada jalan yang demikian, walaupun sebagian besar kendaraan niaga akan menggunakan lajur luar, sebagian lainnya akan menggunakan laju-lajur dalam. Beban gandar lajur tidak boleh melampaui kapasitas lajur selama umur rencana. Kapasitas lajur mengacu Permen PU No. 19/PRT/M/2011 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria

Perencanaan Teknis Jalan berkaitan rasio antara volume dan kapasitas jalan yang harus dipenuhi.

Tabel 2.16 Faktor distribusi lajur (DL)

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

Sumber : Bina Marga, 2017

### 2.5.3.7 Faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

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

Tabel 2.17 Pengumpulan data beban gandar

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

Sumber : Bina Marga, 2017

\*Data beban gandar dapat diperoleh dari :

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

Tabel 2.18 Nilai VDF masing-masing jenis kendaraan niaga

Jenis Kendaraan	Sumatera				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Bali, Nusa Tenggara, Maluku, dan Papua				
	Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal		
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	
5B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6A	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55
6B	4,5	7,4	3,4	4,6	5,3	9,2	4,0	5,1	4,8	8,5	3,4	4,7	4,9	9,0	2,9	4,0	3,0	4,0	2,5	3,0	3,0
7A1	10,1	18,4	5,4	7,4	8,2	14,4	4,7	6,4	9,9	18,3	4,1	5,3	7,2	11,4	4,9	6,7	-	-	-	-	-
7A2	10,5	20,0	4,3	5,6	10,2	19,0	4,3	5,6	9,6	17,7	4,2	5,4	9,4	19,1	3,8	4,8	4,9	9,7	3,9	6,0	6,0
7B1	-	-	-	-	11,6	18,2	9,4	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7C1	15,9	29,5	7,0	9,6	11,0	19,8	7,4	9,7	11,7	20,4	7,0	10,2	13,2	25,5	6,5	8,8	14,0	11,9	10,2	8,0	8,0
7C2A	19,8	39,0	6,1	8,1	17,7	33,0	7,6	10,2	8,2	14,7	4,0	5,2	20,2	42,0	6,6	8,5	-	-	-	-	-
7C2B	20,7	42,8	6,1	8,0	13,4	24,2	6,5	8,5	-	-	-	-	17,0	26,8	9,3	13,5	-	-	-	-	-
7C3	24,5	51,7	6,4	8,0	18,1	34,4	6,1	7,7	13,5	22,9	9,8	15,0	28,7	59,6	6,9	8,8	-	-	-	-	-

Sumber : Bina Marga, 2017

Tabel 2.19 Nilai VDF masing-masing jenis kendaraan niaga

	Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi Sumbu	Muatan <sup>2</sup> yang diangkut	Kelompok sumbu	Distribusi Tipikal (%)		Faktor ekuivalen Beban (VDF) (ESA /Kendaraan)	
	Klasifikasi Lama	Alternatif					Semua kendaraan bermotor	semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor	VDF 4 Pangkat 4	VDF 5 Pangkat 5
Kendaraan Niaga	1	1	Sepeda Motor	1.1		2	30,4			
	2,3,4	2,3,4	Sedan / Angkot / Pickup / Station Wagon	1.1		2	51,7	74,3		
	5a	5a	Bus Kecil	1.2		2	3,5	5,0	0,3	0,2
	5b	5b	Bus Besar	1.2		2	0,1	0,20	1,0	1,0
	6a.1	6.1	Truk 2 Sumbu - cargo ringan	1.1	muatan umum	2	4,6	6,60	0,3	0,2
	6a.2	6.2	Truk 2 Sumbu - ringan	1.2	tanah,pasir,besi,semen	2			0,8	0,8
	6b1.1	7.1	Truk 2 Sumbu - cargo sedang	1.2	muatan umum	2	-	-	0,7	0,7
	6b1.2	7.2	Truk 2 Sumbu - sedang	1.2	tanah,pasir,besi,semen	2			1,6	1,7
	6b2.1	8.1	Truk 2 Sumbu - berat	1.2	muatan umum	2	3,8	5,50	0,9	0,8
	6b2.2	8.2	Truk 2 Sumbu - berat	1.2	tanah,pasir,besi,semen	2			7,3	11,2
	7a1	9.1	Truk 3 Sumbu - ringan	1.22	muatan umum	3	3,9	5,60	7,6	11,2
	7a2	9.2	Truk 3 Sumbu - sedang	1.22	tanah,pasir,besi,semen	3			28,1	64,4
	7a3	9.3	Truk 3 Sumbu - berat	1.1.2		3	0,1	0,10	28,9	62,2
	7b	10	Truk 2 Sumbu dan Trailer penarik 2 sumbu	1.2-2.2		4	0,5	0,70	46,9	90,4
	7c1	11	Truk 4 Sumbu - Trailer	1.2-22		4	0,3	0,50	13,6	24,0
	7c2.1	12	Truk 5 Sumbu - Trailer	1.2-22		5	0,7	1,00	19,0	33,2
	7c2.2	13	Truk 5 Sumbu - Trailer	1.2-222		5			30,3	69,7
7c3	14	Truk 6 Sumbu - Trailer	1.22-222		6	0,3	0,50	41,6	93,7	

Sumber : Bina Marga, 2017

### 2.5.3.8 Beban Sumbu Standar Kumulatif

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

Menggunakan VDF masing-masing kendaraan niaga

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \dots \dots \dots (2.33)$$

Keterangan :

- $ESA_{TH-1}$  = Kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen (*equivalent standard axle*)
- $LHR_{JK}$  = Lintas harian rata-rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan perhari)
- $VDF_{JK}$  = Faktor ekivalen beban (*Vehicle Damage Factor*) tiap jenis kendaraan niaga Tabel 2.25 dan 2.26
- $DD$  = Faktor distribusi arah
- $DL$  = Faktor distribusi lajur 2.23
- $CESAL$  = Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana
- $R$  = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

### 2.5.3.9 Metode desain lapis beraspal

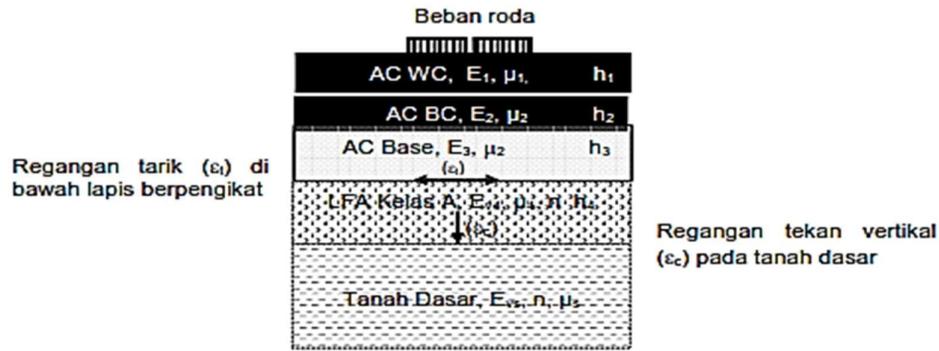
Basis dari prosedur desain perkerasan lentur dengan campuran beraspal yang digunakan pada manual desain perkerasan jalan 2017 ini adalah karakteristik mekanik material dan analisis struktur perkerasan secara mekanistik. Metode ini menghubungkan masukan berupa beban roda, struktur perkerasan dan sifat mekanik material, dengan keluaran berupa respons perkerasan terhadap beban rodaseperti tegangan, regangan atau lendutan. Respons structural tersebut

digunakan untuk memprediksi kinerja struktur perkerasan dalam hal deformasi permanen dan retak lelah.

Keunggulan utama metode desain mekanistik adalah dimungkinkannya analisis pengaruh perubahan masukan desain, seperti perubahan material dan beban lalu lintas, secara cepat dan rasional. Sejumlah kelebihan metode ini dibandingkan dengan metode empiris murni antara lain adalah:

1. Dapat digunakan secara analitis untuk mengevaluasi perubahan atau variasi beban kendaraan terhadap kinerja perkerasan.
2. Kinerja perkerasan dengan bahan-bahan baru dapat dievaluasi berdasarkan sifat-sifat mekanik bahan bersangkutan.
3. Dapat digunakan untuk menganalisis pengaruh perubahan sifat material akibat lingkungan dan iklim terhadap kinerja perkerasan.
4. Mengevaluasi respons perkerasan terkait dengan moda kerusakan perkerasan secara spesifik (retak lelah dan deformasi permanen).

Secara umum, model struktur perkerasan yang digunakan dalam manual ini adalah struktur multi lapisan yang bersifat elastik linier, isotropik (untuk material berpegang, bounded material) dan anisotropik untuk material tanpa pengikat (unbounded material), lapis CTB dianggap telah mengalami retak (kondisi post cracking).



Gambar 2.28 Tipikal sistem perkerasan

Parameter elastic yang digunakan dalam metode desain mekanistik adalah :

- a. Untuk material isotropic :

$E_i$  = modulus elastik lapisan i

$\mu_i$  = rasio Poisson lapis i

- b. Untuk material anisotropic :

$E_{vi}$  = modulus elastik arah vertikal lapis i

$E_{hi}$  = modulus elastik arah horizontal lapis i

$N$  = derajat anisotropik ( $E_{vi} / E_{hi}$ )

$\mu_i$  = rasio Poisson (dalam semua arah)

$f_i$  = modulus geser lapis i =  $\frac{E_{vi}}{1 + \mu_i}$

## 2.6 Perencanaan drainase jalan

Perencanaan drainase jalan raya merupakan satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan dengan perencanaan jalan raya. Karena dengan adanya perencanaan drainase jalan ini setidaknya dapat mengurangi limpasan air hujan agar tidak merusak kepada struktur jalan dan mempengaruhi dari ur rencana jalan tersebut.

Data yang ideal adalah data yang sesuai dengan kebutuhan. Dalam kenyataannya sering sekali dijumpai data-data yang kurang lengkap, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya :

1. *Human error*

2. Kerusakan pada alat
3. Penggantian alat
4. Akibat dari bencana alam

Dalam memperkirakan data-data yang hilang akibat dari beberapa faktor tersebut, harus memperhatikan juga pola penyebaran hujan pada stasiun yang berada di sekitar lokasi tersebut. Adapun rumus yang digunakan untuk mencari data yang hilang tersebut yaitu :

$$P_x = \frac{1}{n} ( P_A + P_B + P_C ) \dots\dots\dots(2.34)$$

Dimana :

$P_x$  = curah hujan yang hilang,

$P_A, P_B, P_C$  = curah hujan pada stasiun A,B,C,

$N$  = jumlah stasiun.

### 2.6.1 Menentukan curah hujan kawasan

Cara perhitungan data curah hujan maksimum rata – rata dilakukan setelah data curah hujan yang kosong dilengkapi. Curah hujan kawasan itu dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$P = \frac{P_1A_1 + P_2A_2 + P_3A_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3} = \dots\dots\dots(2.35)$$

Dimana :

$P$  = curah hujan kawasan (mm),

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

$A$  = Luasan stasiun

**2.6.2 Menentukan hujan rencana**

Dalam perencanaan drainase jalan raya hal utama yang harus diperhatikan adalah debit aliran air. Debit dapat dicari dengan rumus-rumus sebagai berikut :

**2.6.2.1 Menentukan standar deviasi**

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \dots\dots\dots(2.36)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots(2.37)$$

$$\frac{1}{a} = \frac{S}{S_n} \dots\dots\dots(2.38)$$

$$b = \bar{X} - \frac{Y_n \cdot S}{S_n} \dots\dots\dots(2.39)$$

**2.6.2.2 Menentukan intensitas curah hujan (I)**

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2.40)$$

Dimana :

I = Intensitas hujan (mm/jam),

t = lamanya hujan (jam),

R<sub>24</sub> = tinggi hujan Maksimum dalam 24 jam (mm).

Tabel 2.20 Variasi YT

Periode Ulang	Variasi yang berkurang
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001

Sumber : Perencanaan Sistem Drainase Jalan

### 2.6.2.3 Menentukan waktu konsentrasi (Tc)

$$T_c = t_1 + t_2 \dots\dots\dots(2.41)$$

$$t_1 = (2/3 \cdot 3,28 \cdot L_o \frac{nd}{\sqrt{S}})^{0,167} \dots\dots\dots(2.42)$$

$$t_2 = \frac{L}{60 \cdot V} \dots\dots\dots(2.43)$$

Dimana :

Tc = Waktu konsentrasi (menit)

t<sub>1</sub> = Waktu inlet (menit)

t<sub>2</sub> = Waktu aliran (menit)

L<sub>o</sub> = Jarak dari titik terjauh kefasilitas drainase (m)

S = Kemiringan daerah pengaliran

L = Panjang saluran

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

Nd = Koefisien hambatan

Tabel 2.21 Kecepatan aliran air berdasarkan jenis material yang digunakan

No	Jenis bahan	Kecepatan aliran yang diizinkan (m/dt)
1	Pasir halus	0,45
2	Lempung kepasiran	0,5
3	Lanau alivial	0,6
4	Kerikil halus	0,75
5	Lempung kokoh	0,75
6	Lempung padat	1,1
7	Kerikil kasar	1,2
8	Batu-batu besar	1,5
9	Pasangan batu	1,5
10	Beton	1,5
11	Beton betulang	1,5

#### 2.6.2.4 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 :

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \dots\dots\dots(2.44)$$

Dimana :

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

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

Tabel 2.22 Hubungan Kondisi permukaan tanah dan koefisien pengaliran (C)

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

### 2.6.2.5 Menentukan debit aliran

$$Q = \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots(2.45)$$

dengan :

Q = Debit aliran (m<sup>3</sup>/dt)

C = Koefisien pengaliran

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran (km<sup>2</sup>)

### 2.6.2.6 Analisis hidrologi

Metode Analisis berdasarkan SNI 2415:2016 Tata cara perhitungan debit banjir rencana :

- a. Metode aljabar

Cara ini adalah perhitungan rata – rata secara aljabar curah hujan didalam dan disekitar daerah bersangkutan.

$$R = \frac{1}{n} ( R1 + R2 + \dots + Rn ) \dots\dots\dots(2.46)$$

Dimana :

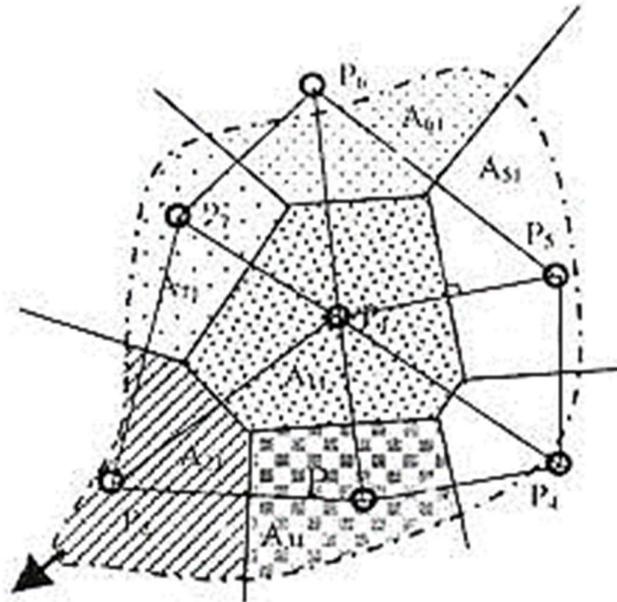
R = Curah hujan daerah

n = jumlah titik atau pos pengamatan

R1,R2,...,Rn = Curah hujan ditiap titik pengamatan

- b. Metode thiessen

Jika titik – titik di daerah pengamatan didalam daerah itu tidak tersebar merata, maka cara perhitungan curah hujan dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan.



Gambar 2.29 Polygon Thiessen

Adapun rumus analisis hidrologi dengan metode thiessen

adalah sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 + \dots + A_n.R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.47)$$

Dimana :

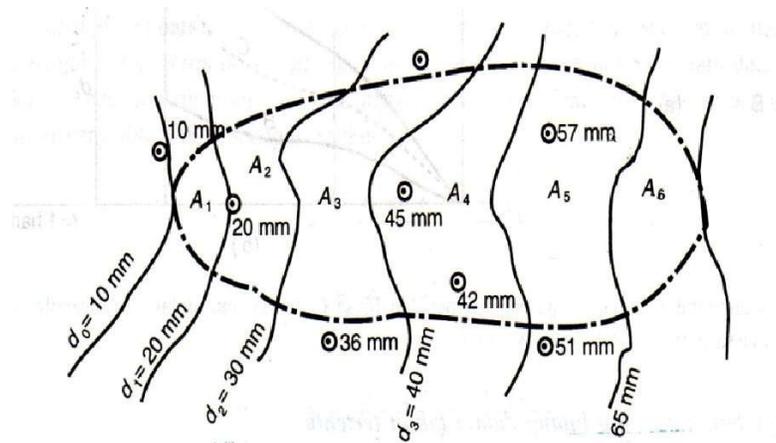
$\bar{R}$  = Hujan rata- rata suatu DAS

R = Hujan di tiap-tiap stasiun

A = Luas area dibatasi polygon

c. Metode isohyet

Cara rasional yang terbaik jika garis-garis isohyet dapat digambar dengan teliti yaitu sebagai berikut ini :



Gambar 2.30 Polygon Isohyet

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \frac{I_i + I_{i+2}}{2}}{\sum_{i=1}^n A_i} \text{ atau } \bar{R} = \frac{A_1 \frac{I_1 + I_2}{2} + A_2 \frac{I_2 + I_3}{2}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.48)$$

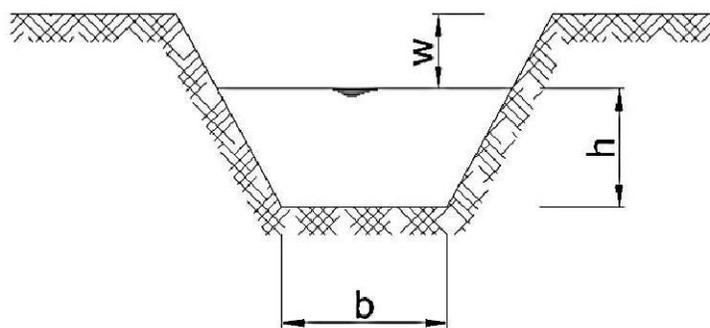
Dimana :

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

I = Garis isohyet ke i

A = Luas area dibatasi poligon

**2.6.2.7 Menentukan dimensi saluran**



Gambar 2.31 Potongan melintang penampang saluran

Rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan dimensi saluran yaitu sebagai berikut :

$$A = (b+z)h \dots\dots\dots(2.49)$$

$$P = b+2h\sqrt{(1 + z^2)}\dots\dots\dots(2.50)$$

$$H = h + w \dots\dots\dots(2.51)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.52)$$

$$V = \frac{1}{n} . R^{2/3} . I^{1/2} \dots\dots\dots(2.53)$$

$$W = \sqrt{0,5.h} \dots\dots\dots(2.54)$$

Dimana :

Q = Debit aliran (m<sup>3</sup>/dt)

F = Luas penampang basah (m<sup>2</sup>)

P = Keliling basah (m)

R = Jari-jari hidrolis (m)

V = Kecepatan aliran (m/dt)

n = Koefisien kekasaran manning

I = Kemiringan saluran yang diijinkan

W = Tinggi jagaan

Tabel 2.23 Hubungan Kemiringan Selokan Samping (i) , Jarak Pematah Arus (L)

i (%)	6%	7%	8%	9%	10%
L (m)	16 m	10 m	8 m	7 m	6 m