

## **BAB II**

### **TIJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Perencanaan Geometrik Jalan.**

Menurut Hendarsin (2000), perencanaan geometrik jalan adalah perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, meliputi beberapa elemen yang disesuaikan dengan kelengkapan dan data dasar yang ada atau tersedia dari hasil survey lapangan dan telah dianalisis, serta mengacu pada ketentuan yang berlaku.

Definisi lain dari perencanaan geometrik merupakan bagian dari perencanaan yang dititik beratkan pada perencanaan bentuk fisik jalan sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas dan sebagai akses ke rumah-rumah (Sukirman, 1994).

Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infra struktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan/biaya pelaksanaan ruang. Yang menjadi dasar perencanaan geometrik adalah sifat, gerakan, ukuran kendaraan, sifat pengemudi dalam mengendalikan gerakan kendaraannya dan karakteristik arus lalu lintas. Hal-hal tersebut haruslah menjadi bahan pertimbangan perencanaan sehingga dihasilkan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan yang memenuhi tingkat keamanan dan kenyamanan yang diharapkan.

Menurut Sukirman (1994). Perencanaan konstruksi jalan raya membutuhkan data – data perencanaan yang meliputi data lalu lintas, data topografi, data penyelidikan tanah, data penyelidikan material dan data penunjang lainnya. Semua data ini sangat diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya, karena data ini memberikan gambaran yang sebenarnya dari kondisi suatu daerah dimana ruas jalan ini akan dibangun. Dengan adanya data-data ini, kita

dapat menentukan geometrik dan tebal perkerasan yang diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya.

### **2.1.1 Data lalu lintas**

Data lalu lintas merupakan dasar informasi yang dibutuhkan untuk akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan melalui jalan tersebut. Analisis data lalu lintas pada intinya dilakukan untuk menentukan kapasitas jalan, akan tetapi harus dilakukan bersamaan dengan perencanaan geometrik lainnya, karena saling memiliki keterkaitan satu dengan yang lainnya.

Data lalu lintas didapatkan dengan melakukan pendataan kendaraan yang melintasi suatu ruas jalan, sehingga dari hasil pendataan ini kita dapat mengetahui volume lalu lintas yang melintasi jalan tersebut, namun data volume lalu lintas yang diperoleh dalam satuan kendaraan per jam (kend/jam).

Volume lalu lintas dinyatakan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP) yang didapat dengan mengalikan atau mengkonversikan angka faktor ekuivalensi (FE) setiap kendaraan yang melintasi jalan tersebut dengan jumlah kendaraan yang kita peroleh dari hasil pendataan (kend/jam). Volume lalu lintas dalam SMP ini menunjukkan besarnya jumlah lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut. Dari lalu lintas harian rata-rata yang didapatkan kita dapat merencanakan tebal perkerasan.

Untuk perencanaan teknik jalan baru, survey lalu lintas tidak dapat dilakukan karena belum ada jalan. Akan tetapi untuk menentukan dimensi jalan tersebut diperlukan data jumlah kendaraan. Untuk itu hal yang harus dilakukan sebagai berikut :

- Survei perhitungan lalu lintas dilakukan pada jalan yang sudah ada, yang diperkirakan mempunyai bentuk, kondisi dan keadaan komposisi lalu lintas akan serupa dengan jalan yang direncanakan.
- Survei asal dan tujuan yang dilakukan pada lokasi yang dianggap tepat

dengan cara melakukan wawancara kepada pengguna jalan untuk mendapatkan gambaran rencana jumlah dan komposisi kendaraan pada jalan yang direncanakan (hendarsin 2000)

### **2.1.2 Data Peta Topografi**

Peta topografi pada perencanaan ini digunakan untuk menentukan kecepatan sesuai dengan daerahnya. Sama seperti halnya dengan mengukur bangunan teknik sipil lainnya yaitu melakukan pengukuran sudut dan jarak (horizontal) serta beda tinggi (vertikal), pengukuran untuk perencanaan ini juga mempertimbangkan jarak yang panjang, sehingga pengaruh lengkung permukaan bumi juga diperhitungkan

Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan rencana dengan mengadakan tambahan dan pengukuran detail pada tempat yang memerlukan realinyemen dan tempat-tempat persilangan dengan sungai atau jalan lain, sehingga memungkinkan didapatkannya trase jalan yang sesuai dengan standar.

Pekerjaan pengukuran ini terdiri dari beberapa kegiatan berikut.

1. Perkerjaan perintisan untuk pengukuran dimana secara garis besar ditentukan kemungkinan rute alternative dan trase jalan.
2. Kegiatan pengukuran meliputi :
  - a. Penentuan titik kontrol *vertical* dan *horizontal* yang dipasang setiap interval 100 meter pada rencana as jalan.
  - b. Pengukuran situasi selebar kiri dan kanan dari jalan yang dimaksud dan disebutkan serta tata guna tanah disekitar trase jalan.
  - c. Pengukuran penampang melintang (cross section) dan penampang memanjang.
  - d. Perhitungan perencanaan desain jalan dan penggambaran peta topografi berdasarkan titik koordinat control diatas.

### 2.1.3 Data penyelidikan tanah

Data penyelidikan tanah didapat dengan cara melakukan penyelidikan tanah dilapangan, meliputi pekerjaan :

#### 1. Penelitian

Penelitian data tanah yang terdiri dari sifat-sifat indeks, klasifikasi USCS (*Unified soil classification system*) dan AASHTO (*The American Assosiation of Hingway and Transportation Officials*), pemadatan dan nilai CBR (*California Bearing Ratio* ). Pengambilan data CBR dilapangan dilakukan disepanjang ruas jalan rencana, dengan interval 100 meter dengan menggunakan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*). Hasil tes *Dynamic Cone Penetrometer* ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampakkan hasil nilai CBR disetiap titik lokasi. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara analitis dan cara grais.

#### 1. Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah :

$$\text{CBR segmen} = (\text{CBR rata} - \text{CBR min}) / R$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam satu segmen. Tabel nilai R untuk perhitungan CBR segmen adalah :

Tabel 2.1 Nilai R untuk Perhitungan CBR Segmen

Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
2	1.41
3	1.91
4	2.24
5	2.48
6	2.57
7	2.83
8	2.96
9	3.08
>10	3.18

Sumber : Sukirman, 1994

## 2. Cara Grafis.

Prosedur cara grafis sebagai berikut :

- Tentukan nilai CBR terendah.
- Tentukan berapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing – masing nilai CBR kemudian disusun secara tabellaris, mulai dari CBR terkecil hingga terbesar.
- Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain merupakan persentase dari 100%.
- Diberi grafik hubungan antara harga CBR dengan persentase nilai tadi.
- Nilai CBR segmen merupakan nilai pada keadaan 90%.

Hasil pengamatan di sepanjang jalan didapat nilai CBR sebagai berikut :  
3; 4; 3; 6; 6; 5; 11; 10; 6; 6 dan 4.

Tabel 2.2 Contoh Tabulasi Nilai CBR

No	CBR	Jumlah yang sama atau Lebih Besar	Persentase yang Sama atau Lebih Besar (%)
1.	3	11	$(11/11) \times 100\% = 100\%$
2.	4	9	81.8%
3.	5	7	63.6%
4.	6	6	54.5%
5.	7	2	18.2%
6.	8	1	9%

Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1994

### a. Analisa

Menganalisa pada contoh tanah yang terganggu dan tidak terganggu, juga terhadap bahan konstruksi dengan menggunakan ketentuan ASTM (*American Standard Testing and Material*) dan AASHTO (*The American Association of State Highway and Transportation Officials*) maupun standar yang berlaku di Indonesia

## 3. Pengujian Laboratorium

Uji bahan konstruksi untuk mendapatkan :

- a. Sifat – sifat indeks (*Indeks Properties*) yaitu meliputi  $G_s$  (*Specific Gravity*),  $W_n$  (*Natural Water Content*)  $\gamma$  (Berat Isi),  $e$  (*Voidratio* /

Angka Pori),  $n$  (Porositas)  $S_r$  (Derajat Kejenuhan)

b. Klasifikasi USCS dan AASHTO

1. Analisa Ukuran Butir (*Grain Size Analysis*)

- Analisa saringan (Sieve Analysis)
- Hidrometer (hydrometer Analysis)

2. Batas – batas Atteberg (Atteberg Limits)

- Liquid Limit (LL) = batas cair
- Plastic Limit (PL) = batas plastis
- $IP = LL - PL$

3. Peadatan =  $\gamma_d$  maks dan  $w$  optimum

- Pemadatan standar / proctor
- Pemadatan odifikasi
- Dilapangan dicek dengan sandcone  $\pm 100\% \gamma_d$  maks

4. CBR laboratorium (CBR rencana) berdasarkan pemadatan  $\gamma_d$  maka dan  $w$  optimum

CBR lapangan : DCP  $\rightarrow$  CBR lapangan

#### 2.1.4 Data Penyelidikan Material

Data penyelidikan material dilakukan dengan melakukan penyelidikan material meliputi pekerjaan sebagai berikut :

1. Mengadakan penelitian terhadap semua data materil yang ada selanjutnya melakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut yang akan dilakukan berdasarkan survey langsung dilapangan maupun dilakukan di laboratorium.
2. Penyelidikan lokasi sumber daya material yang ada beserta perkiraan jumlah untuk perkerjaan-perkerjaan penimbunana pada jalan dan jembatan serta bangunan pelengkap jalan.
3. Pengidentifikasi material secara visual yang dilakukan oleh teknisi tanah dilapangan hanya berdasarkan gradasi butiran dan karakteristik ke

plastisannya saja yaitu :

a. Tanah berbutir kasar

Tanah yang termasuk dalam kelompok ini adalah kerikil pasir dan dominasi kerikil

b. Tanah berbutir halus

Dilapangan tanah kelompok ini untuk dibedakan secara visual antara lempung dan lanau, kecuali dengan cara perkiraan karakteristik plastinya (Hendarsin, 2000)

### 2.1.5 Data-data penunjang lainnya

Data-data lain yang perlu diperhatikan diantaranya data tentang drainase. Peninjauan drainase meliputi data meteorologi dan geofisika untuk kebutuhan analisis data dari stasiun yang terletak pada daerah tangkapan. Tetapi pada daerah tangkapan tidak memiliki data curah hujan, maka dapat dipakai data dari stasiun di luar daerah tangkapan yang dianggap masih dapat mewakili.

Menurut Hendarsin (2000), Selain itu data penunjang lain yaitupeta topografi, sumbu jalan rencana diplotkan pada peta dasar (peta topografi atau peta rupa bumi), sehingga gambaran topografi daerah yang akan dilalui rute jalan dapat dipelajari. Peta ini juga digunakan untuk memperkirakan luas daerah tangkapan pada sistem sungai maupun *terrain* sepanjang trase jalan rencana.

## 2.2 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan dapat dibagi oleh beberapa kelompok yaitu :

A. Klasifikasi jalan menurut fungsinya :

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.34 tahun 2006 tentang Jalan, klasifikasi jalan menurut fungsinya terbagi menjadi empat jalan, yaitu :

1. Jalan Arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi antara kota yang penting atau antara pusat produksi dan pusat-pusat ekspor, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna. Adapun ciri-cirinya

sebagai berikut:

- Dilalui oleh kendaraan berat  $> 10$  ton, 10 ton adalah beban ganda.
- Dilalui oleh kendaraan dengan kecepatan tinggi  $> 80$  km/jam.

2. Jalan kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi :

Melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan Perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, jumlah jalan masuk dibatas serta melayani daerah-daerah di sekitarnya. Adapun cirinya sebagai berikut:

- Kendaraan yang melaluinya yaitu kendaraan ringan  $< 10$  ton.
- Dilalui oleh kendaraan dengan kecepatan sedang (40 – 80 km/jam).

3. Jalan penghubung atau jalan lokal merupakan jalan keperluan aktivitas daerah yang sempit juga dipakai sebagai jalan penghubung antara jalan-jalan dari golongan yang lama atau yang belainan. Adapun ciri-cirinya sebagai berikut:

- Melayani semua jenis pemakai jalan, kendaraan ringan serta kendaraan berat namun dibatasi dari pusat pemukiman ke pusat industri.
- Kecepatan kendaraan rendah (maksimum 60 km/jam).

4. Jalan lingkungan merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan hanya untuk kendaraan-kendaraan kecil.

B. Klasifikasi jalan menurut karakteristik kendaraan yang dilayani.

Klasifikasi jalan berdasarkan karakteristik kendaraan, terdiri atas :

1. Kelas I

Kelas jalan ini mencakup semua jalan utama dan dimaksudkan untuk dapat melayani lalu lintas cepat dan berat. Dalam komposisi lalu lintasnya tak terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tak bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 mm dan muatan sumbu terberat (MST) yang diizinkan

lebih besar dari 10 ton.

#### 1. Kelas II

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan sekunder. Dalam komposisi lalu lintasnya terdapat lalu lintas lambat dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 mm dan muatan sumbu terberat (MST) yang diizinkan 10 ton. Kelas jalan ini, selanjutnya berdasarkan komposisi dan sifat lalu lintasnya, dibagi dalam tiga kelas, yaitu :

##### a. Kelas II A

Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur atau lebih dengan konstruksi permukaan jalan dari aspal beton dimana didalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat tapi, tanpa kendaraan yang tak bermotor.

##### b. Kelas II B

Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari penetrasi berganda atau yang setaraf di mana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat, tapi tanpa kendaraan yang tak bermotor.

##### c. Kelas II C

Adalah jalan – jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari jenis penetrasi tunggal di mana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dari kendaraan tak bermotor.

#### 2. Kelas III

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan penghubung dan merupakan konstruksi jalan berjalur tunggal atau dua. Konstruksi permukaan jalan yang paling tinggi adalah pelaburan dengan aspal. Klasifikasi jalan berdasarkan lalu lintas harian rata-rata dapat dilihat pada tabel 2.3 sebagai berikut :

Tabel 2.3 Klasifikasi Jalan Berdasarkan LHR

Klasifikasi Fungsi	Kelas	Lalu Lintas Harian Rata-Rata dalam satuan SMP
Utama	I	>20,000
Sekunder	IIA	6000 s/d 20,000
	IIB	1500 s/d 8000
	IIC	<2000
Penghubung	III	

Sumber : Peraturan Perencanaan Geometri Jalan Raya 1970

### C. Klasifikasi Jalan Menurut Status Jalan

Jalan umum menurut statusnya dikelompokkan ke dalam jalan nasional, jalan provinsi, jalan kabupaten, jalan kota dan jalan desa.

1. Jalan nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi dan jalan strategis nasional serta jalan tol.
2. Jalan provinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten atau kota, atau antar ibukota kabupaten atau kota dan jalan strategis provinsi.
3. Jalan kabupaten merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang tidak termasuk dalam jalan nasional dan jalan provinsi, yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan lokal serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten dan jalan strategis kabupaten.
4. Jalan kota adalah jalan umum dalam sistem jaringan sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antara persil serta menghubungkan antar pusat permukiman yang berada di dalam kota.

5. Jalan desa merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan antar permukiman di dalam desa serta jalan lingkungan.

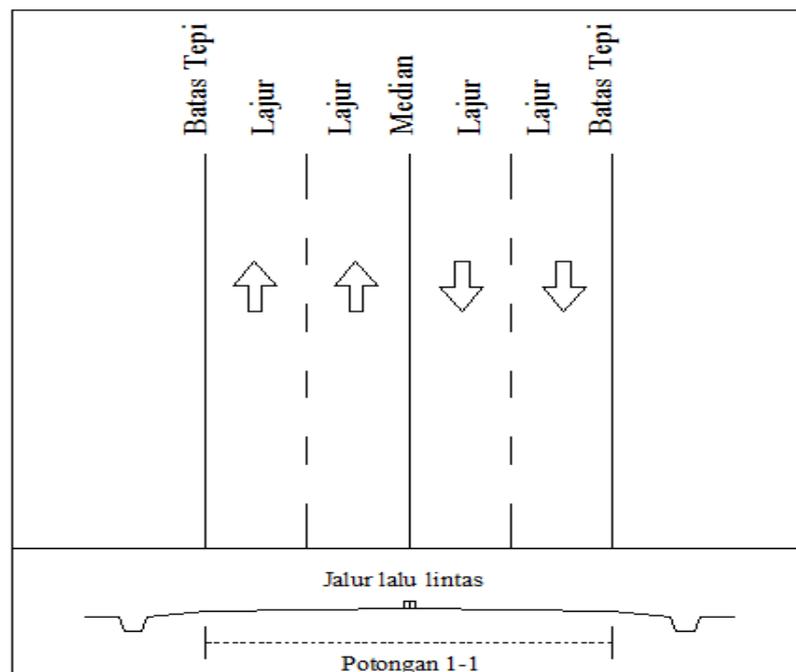
#### D. Klasifikasi Jalan Menurut Medan Topografi

Berdasarkan kondisi sebagian besar kelandaian–kemiringan medan yang diukur tegak lurus terhadap garis kontur, maka untuk perencanaan geometrik medan jalan diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Medan datar, kemiringan medan  $< 3 \%$
2. Medan perbukitan, kemiringan medan  $3 - 25 \%$
3. Medan pegunungan, kemiringan medan  $> 25 \%$

#### E. Klasifikasi menurut tipe jalan terdiri atas:

1. Jalan terbagi (B), yaitu ruas jalan yang pembatas jalurnya berupa bangunan, yang disebut median secara teknis berupa bangunan yang dilengkapi dengan taman atau sekedar pasangan kerb beton, seperti pada gambar 2.2



Gambar 2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Tipe Jalan.

F. Klasifikasi jalan berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan Pengaturan.

Kelas jalan menurut Undang-Undang RI nomor 38 tahun 2004 berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan dikelompokkan menjadi jalan bebas hambatan, jalan raya, jalan sedang dan jalan kecil.

- 1) Jalan bebas hambatan (*freeway*) adalah jalan umum untuk lalu lintas menerus yang memberikan pelayanan menerus atau tidak terputus dengan pengendalian jalan masuk secara penuh dan tanpa adanya persimpangan sebidang, serta dilengkapi dengan pagar ruang milik jalan, paling sedikit dua lajur setiap arah dan dilengkapi dengan median.
- 2) Jalan raya (*highway*) adalah jalan umum untuk lalu lintas menerus dengan pengendalian jalan masuk secara terbatas dan dilengkapi dengan median, paling sedikit 2 lajur setiap arah.
- 3) Jalan sedang (*road*) adalah jalan umum dengan lalu lintas jarak sedang dengan pengendalian jalan masuk tidak dibatasi, paling sedikit 2 lajur 2 arah dengan lebar paling sedikit 7 meter.
- 4) Jalan kecil (*street*) adalah jalan umum untuk melayani lalu lintas setempat paling sedikit 2 lajur 2 arah dengan lebar paling sedikit 5,5 meter.

### **2.3 Kriteria Perencanaan**

Dalam perancangan jalan, bentuk geometrik jalan harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal kepada lalu lintas sesuai fungsinya. Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat tiga tujuan utama yaitu :

1. Memberikan keamanan dan kenyamanan, seperti jarak pandangan, ruang yang cukup bagi manuver kendaraan dan koefisien gesek permukaan jalan yang cukup.
2. Menjamin suatu perancangan ekonomis.
3. Memberikan suatu keseragaman geometrik jalan sehubungan dengan jenis medan (*terrain*).

Berikut ini adalah parameter yang digunakan dalam perencanaan geometrik jalan raya antara lain :

1) Kendaraan rencana merupakan kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik.

Kendaraan rencana dikelompokkan ke dalam 3 kategori :

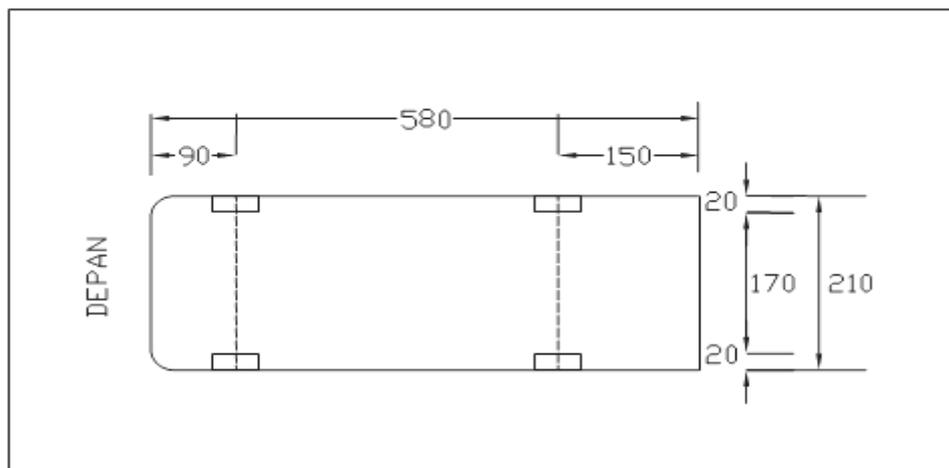
- a. Kendaraan kecil, diwakili oleh mobil penumpang.
- b. Kendaraan sedang, diwakili oleh truk 3 as *tandem* atau bus besar 2 as.
- c. Kendaraan besar, diwakili oleh truk-*semi-trailer*.

Dimensi dasar untuk masing-masing kategori kendaraan rencana ditunjukkan dalam tabel 2.4, dan sketsa dimensi kendaraan rencana dapat dilihat pada gambar 2.2, 2.3 dan 2.4.

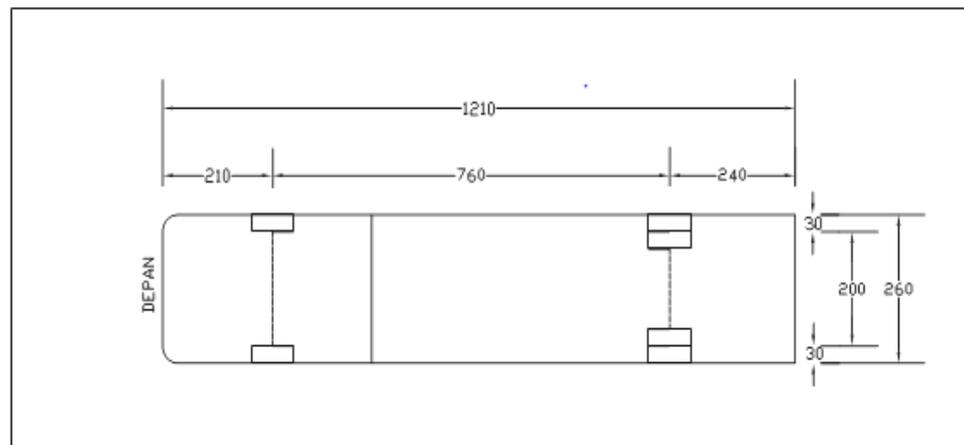
Tabel 2.4 Dimensi Kendaraan Rencana

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	2100	120	90	290	1400	1370
Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

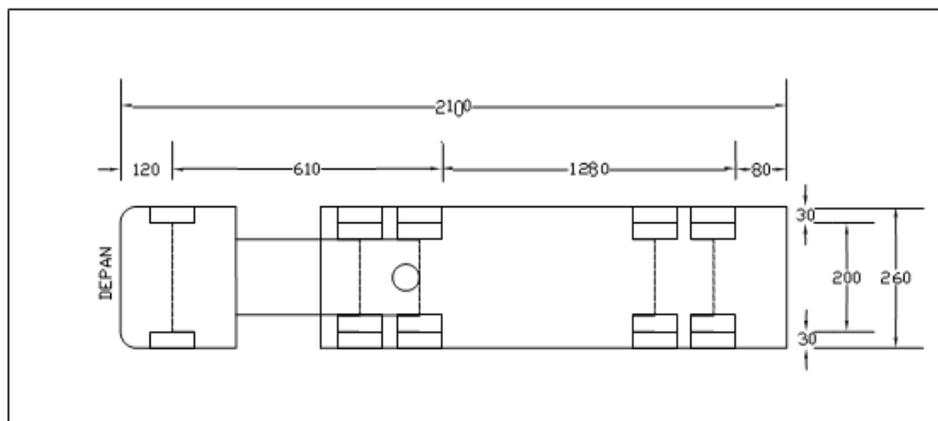
Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997



Gambar 2.2 Diensi Kendaraan Kecil



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Berat

## 2) Kecepatan rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih untuk keperluan perencanaan setiap bagian jalan raya seperti : tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang, kelandaian jalan, dan lain-lain. Kecepatan rencana tersebut merupakan kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya bergantung dari bentuk jalan.

Kecepatan rencana tergantung pada :

- a) Kondisi pengemudi dan kendaraan yang bersangkutan.
- b) Sifat fisik jalan dan keadaan medan disekitarnya.
- c) Cuaca.
- d) Adanya gangguan dari kendaraan lain.
- e) Batasan kecepatan yang diijinkan.

Kecepatan rencana inilah yang dipergunakan untuk dasar perencanaan geometrik (alinyemen). Kecepatan rencana dari masing-masing kendaraan dapat ditetapkan pada tabel 2.5

Tabel 2.5 Kecepatan Rencana ( $V_R$ ) Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Kelas Jalan

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

Sumber : *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997*

## 3) Satuan mobil penumpang (smp)

Satuan mobil penumpang (smp) adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan dimana mobil penumpang ditetapkan memiliki satu smp. Atau satuan arus lalu lintas dimana arus dari berbagai tipe kendaraan telah diubah menjadi kendaraan ringan termasuk mobil penumpang dengan menggunakan smp. (Hendarsin, 2000) Smp untuk jenis- jenis kendaraan dapat dilihat dalam tabel 2.6

Tabel 2.6 Satuan Mobil Penumpang (smp)

Jenis Kendaraan	Nilai smp
Sepeda	0,5
Mobil Penumpang/Sepeda Motor	1,0
Truk Ringan (< 5 ton)	2,0
Truk Sedang (> 5 ton)	2,5
Truk Berat (> 10 ton)	3,0
Bus	3,0
Kendaraan Tak Bermotor	7,0

Sumber : *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997*

#### 4) Volume lalu lintas rencana

Volume Lalu Lintas Harian Rencana (VLHR) adalah prakiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam satuan smp/hari.

### 2.4 Bagian–Bagian Jalan dan Penentuan Trase Jalan

Suatu jalan raya terdiri dari bagian-bagian jalan, dimana bagian-bagian jalan tersebut, dibedakan berdasarkan :

#### 1) Daerah manfaat jalan (Damaja)

Daerah manfaat jalan (Damaja) yaitu daerah yang meliputi seluruh badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengaman. Daerah manfaat jalan (Damaja) dibatasi antara lain oleh :

- a. Lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan di kedua sisi jalan
- b. Tinggi 5 meter di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan
- c. Kedalaman ruang bebas 1,5 meter di bawah muka jalan

#### 2) Daerah milik jalan (Damija)

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

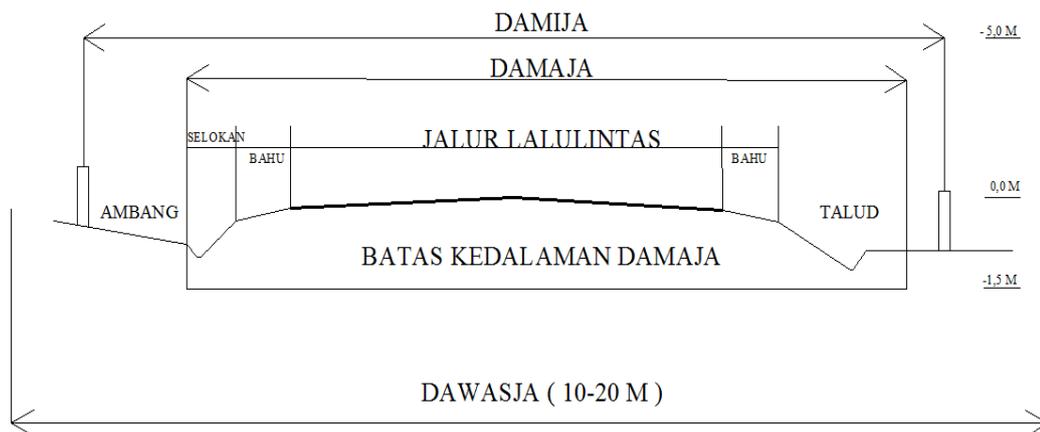
#### 3) Daerah pengawasan jalan (Dawasja)

Daerah pengawasan jalan (Dawasja) adalah ruang sepanjang jalan diluar Damaja yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu, dengan ketentuan

sebagai berikut :

- a. Jalan arteri minimum 20 meter
- b. Jalan kolektor minimum 15 meter
- c. Jalan lokal minimum 10 meter

Untuk keselamatan pengguna jalan Dawasja di daerah tikungan ditentukan oleh jarak pandang bebas. Gambar bagian-bagian jalan seperti yang dijelaskan diatas dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Damaja, Damija, dan Dawasja.

Dalam pembuatan jalan harus ditentukan juga trase jalan yang harus ditetapkan sedemikian rupa, agar dapat memberikan pelayanan yang baik sesuai dengan fungsinya serta keamanan dan kenyamanan pemakainya. Untuk membuat trase jalan yang baik dan ideal maka harus memenuhi syarat-syarat berikut ini :

- a. Syarat ekonomis

Di dalam perencanaan yang menyangkut syarat-syarat ekonomis sebagai berikut :

- Penarikan trase jalan yang tidak terlalu banyak memotong kontur, sehingga tidak memakan biaya yang banyak dalam pelaksanaan pekerjaan galian dan timbunan nantinya.
- Penyediaan material dan tenaga kerja yang diharapkan tidak terlalu jauh dari lokasi proyek, sehingga dapat menekan biaya.

b. Syarat teknis

Tujuan dari syarat teknis ini adalah untuk mendapatkan jalan yang memberikan rasa keamanan dan kenyamanan bagi pemakai jalan tersebut, oleh karena itu, perlu diperhatikan keadaan topografi daerah tersebut, sehingga dapat dicapai perencanaan yang baik sesuai dengan keadaan daerah setempat.

## 2.5 Penampang Melintang

Penampang melintang jalan merupakan bagian-bagian jalan yang terdiri dari

1) Jalur lalu lintas

Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan. Lebar jalur lalu lintas sangat ditentukan oleh jumlah dan lebar lajur peruntukannya, lebar jalur minimum adalah 4,5 meter, dengan lebar tersebut akan memungkinkan dua kendaraan kecil dapat saling berpapasan. Papasan dua kendaraan besar yang terjadi sewaktu-waktu dapat menggunakan bahu jalan. Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa tipe yaitu :

- a. 1 jalur - 2 lajur - 2 arah (2/2 TB)1
- b. jalur - 2 lajur - 1 arah (2/1 TB)
- c. 2 jalur - 4 lajur - 2 arah (4/2 B)
- d. 2 jalur - n lajur - 2 arah (n12 B)

Pada jalur lalu lintas terdiri dari beberapa lajur yang terletak memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan dan memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana. Untuk kelancaran drainase permukaan, lajur lalu lintas pada alinyemen lurus memerlukan kemiringan melintang normal sebagai berikut :

- 2 – 3% untuk perkerasan aspal dan perkerasan beton
- 4 – 5% untuk perkerasan kerikil

Lebar lajur tergantung pada kecepatan dari kendaraan rencana, yang dalam hal

## 2) Median

Median adalah bagian bangunan jalan yang secara fisik memisahkan dua jalur lalu lintas yang berlawanan arah. Secara fisiknya median dapat dibedakan atas median yang direndahkan dan median yang ditinggikan. Lebar minimum median terdiri atas jalur tepian selebar 0.25 – 0.50 meter.

Adapun fungsi dari median tersebut antara lain :

- a. Memisahkan dua aliran lalu lintas yang berlawanan arah
- b. Ruang lapak tunggu penyeberang jalan
- c. Penempatan fasilitas jalan
- d. Tempat prasarana kerja sementara
- e. Penghijauan
- f. Mengurangi silau dari sinar lampu kendaraan dari arah yang berlawanan.

## 3) Bahu jalan

Bahu jalan adalah bagian daerah manfaat jalan yang terletak ditepi jalur lalu lintas dan harus diperkeras yang berdampingan dengan jalur lalu lintas untuk menampung kendaraan yang berhenti, keperluan darurat, dan untuk pendukung samping bagi lapis pondasi bawah, lapis pondasi, dan lapis permukaan dengan kemiringan normal antara 3 – 5%.

## 4) Jalur pejalan kaki

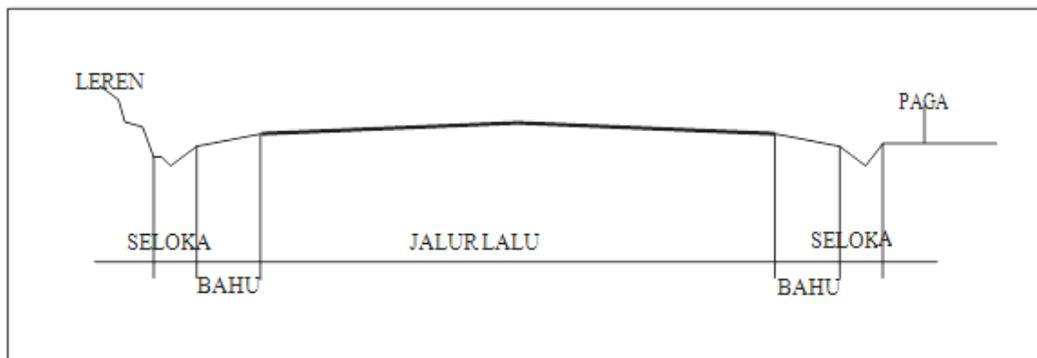
Jalur pejalan kaki merupakan fasilitas yang berfungsi memisahkan pejalan kaki dari jalur lalu lintas kendaraan guna menjamin keselamatan pejalan kaki dan kelancaran lalu lintas.

## 5) Selokan

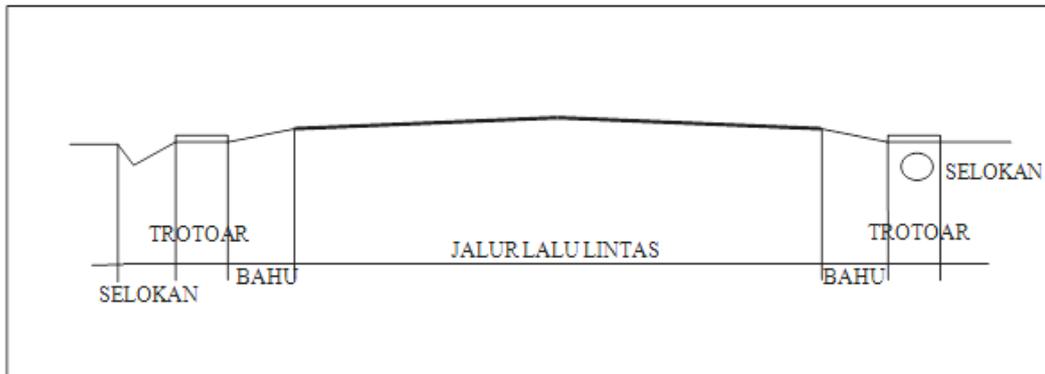
Selokan dibuat untuk mengendalikan air (limpasan) permukaan akibat air hujan dan bertujuan untuk memelihara agar jalan tidak tergenang air hujan dalam waktu yang cukup lama (yang akan mengakibatkan kerusakan konstruksi jalan)

## 6) Lereng

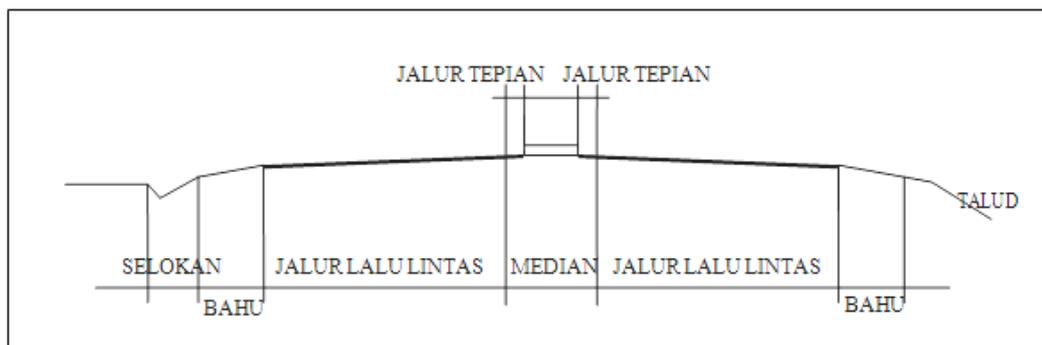
Lereng merupakan bagian dari kondisi alam yang tidak terkena pengaruh dari perencanaan suatu ruas jalan. Lereng alam ini biasanya berupa bukit yang harus diperkuat untuk melindungi lereng timbunan atau galian dan menahan gerusan air. Gambar penampang melintang jalan dengan tipikal – tipikal diatas dapat dilihat pada gambar 2.6, 2.7 dan 2.8



Gambar 2.6 Tipikal Penampang Melintang Jalan



Gambar 2.7 Tipikal Penampang Melintang Jalan yang Dilengkapi Trotoar



Gambar 2.8 Tipikal Penampang Melintang Jalan yang Dilengkapi Medan

## 2.6 Jarak pandang

Jarak pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian rupa sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu (antisipasi) untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. Jarak pandang terdiri dari :

### a. Jarak pandang henti (Jh)

Jarak pandang henti (Jh) adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan didepan. Setiap titik disepanjang jalan harus memenuhi Jh. Jh diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan. Jh terdiri atas 2 elemen jarak, yaitu :

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

Syarat untuk menentukan jarak pandang henti minimum dapat dilihat pada tabel 2.7.

Tabel 2.7 Jarak Pandang Henti (Jh) Minimum

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

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997

### b. Jarak pandang mendahului (Jd)

Jarak pandang mendahului (Jd) adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali kelajur semula. Jd diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi

adalah 105 cm dan tinggi halangan mendahului adalah 105 cm.

Syarat untuk menentukan jarak pandang mendahului minimum dapat dilihat pada tabel 2.8

Tabel 2.8 Panjang Jarak Mendahului

V <sub>r</sub> (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jh Min (m)	800	670	550	350	250	200	150	100

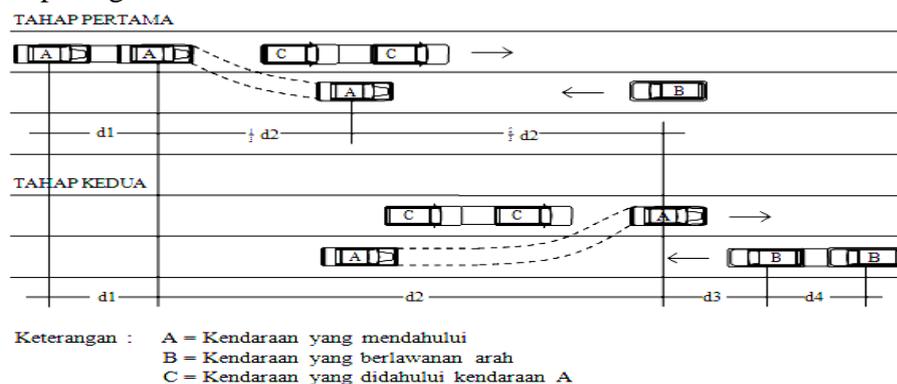
Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997

Daerah yang mendahului harus disebar di sepanjang jalan dengan jumlah panjang minimum 30% dari panjang total ruas jalan tersebut.

Adapun asumsi yang diambil dalam perhitungan adalah :

- Kendaraan yang disalip berjalan dengan kecepatan tetap.
- Sebelum penyiap berada di jalur lawan, ia telah mengurangi kecepatannya selama mengikuti kendaraan yang akan disalip.
- Bila saat penyiapan tiba, penyiap memerlukan waktu berpikir mengenai amannya daerah penyiapan.
- Penyiapan dilakukan dengan “start terlambat” dan bersegera untuk kembali ke jalur semula dengan kecepatan rata-rata 10 mph lebih tinggi dari kendaraan yang disiap.
- Pada waktu kendaraan penyiap telah kembali ke jalur asal, masih ada jarak dengan kendaraan lawan.

Gambar proses pergerakan mendahului untuk jarak pandang mendahului dapat dilihat pada gambar 2.9



Gambar 2.9 Sket Kendaraan Untuk Jarak Pandang Mendahului

Jd, dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut:

$$Jd = d1 + d2 + d3 + d4$$

Dimana :

d1 = Jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m),

d2 = Jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m),

d3 = Jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m),

d4 = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan.

Rumus yang digunakan adalah

$$d1 = 0,278 T1 ((Vr - m + (a \cdot T1)/2)$$

$$d2 = 0,278 Vr T2$$

$$d3 = \text{antara } 30 - 100 \text{ m}$$

$$d4 = 2/3 d2$$

Tabel 2.9 Nilai d3 dilihat dari nilai Vr

Vr Km/jam	50 – 65	65 – 80	80 – 95	95 - 110
d3 (m)	30	55	75	90

Sumber : Perencanaan Teknik Jalan Raya (Hendarsin),hal 92 ;2000

Dimana :

T1 = Waktu dalam detik,  $(2,12 + 0,026 V_r)$

T2 = Waktu kendaraan berada di jalur lawan (detik),  
 $(6,56 + 0,048 V_r)$

a = Percepatan rata-rata km/jam/detik,  $(2,052 + 0,0036 V_r)$

m = Perbedaan kecepatan dari kendaraan yang menyiap dan  
kendaraan yang disiap, (biasanya diambil 10-15 km/jam)

## 2.7 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal/trase jalan merupakan gambaran badan jalan yang tegak lurus bidang. Pada gambar tersebut akan terlihat apakah jalan tersebut akan merupakan jalan lurus, berbelok ke kiri/kekanan. Pada perencanaan alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis bagian jalan, yaitu : bagian lurus, dan bagian lengkung atau umum disebut tikungan.

Adapun bagian-bagian tersebut antara lain :

a. Bagian lurus

Panjang maksimum bagian lurus harus dapat ditempuh dalam waktu tertentu (sesuai  $V_r$ ), dengan pertimbangan keselamatan pengemudi akibat dari kelelahan.

b. Tikungan.

Dalam merencanakan sebuah tikungan, haruslah memenuhi beberapa kriteria, antara lain :

1) Jari-jari lengkung minimum

Kendaraan pada saat melalui tikungan dengan kecepatan ( $V$ ) akan menerima gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Untuk mengimbangi gaya sentrifugal tersebut, perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi ( $e$ ). Pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi, akan terjadi gesekan arah melintang jalan antara ban kendaraan dengan permukaan aspal yang

menimbulkan gaya gesekan melintang. Untuk pertimbangan perencanaan, panjang jari-jari minimum untuk berbagai variasi kecepatan dapat dilihat pada tabel 2.10.

Tabel 2.10 Panjang Jari-jari Minimum (dibulatkan) untuk  $e_{\text{mak}} = 10\%$

Vr km/jam)	120	100	90	80	60	50	40	30	20
Rmin (m)	600	370	280	210	115	80	50	30	5

Sumber : Tata Cara Perencanaan Jalan Geometrik Antar Kota, hal 28; 1997

c. Jenis – jenis tikungan.

Jenis tikungan yang umum digunakan dalam perencanaan jalan antara lain sebagai berikut :

- Bentuk Lingkaran (Full Circle)

Full circle adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lengkaran saja. Tikungan Fulll circle haya digunakan untuk R ( jari-jari tikungan ) yang relatif besar agar tidak terjadi patahan karena dengan R kecil maka diperlukan superelevasi yang besar. Jari-jari tikungan untuk tikungan jenis Full circle ditunjukkan pada tabel 2.11

Tabel 2.11 Jari-jari Tikungan Yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

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

Sumber : Tata Cara Perencanaan Jalan Geometrik Antar Kota, hal 30; 1997

Rumus yang digunakan pada tikungan full circle yaitu :

$$Tc = Rc \tan^{1/2} \Delta \dots\dots\dots (2.1)$$

$$Ec = Tc \tan \frac{1}{4} \Delta \dots\dots\dots (2.2)$$

$$Lc = \frac{\pi}{180} \cdot \Delta \cdot Rc \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana ;

$\Delta$  = sudut tangen

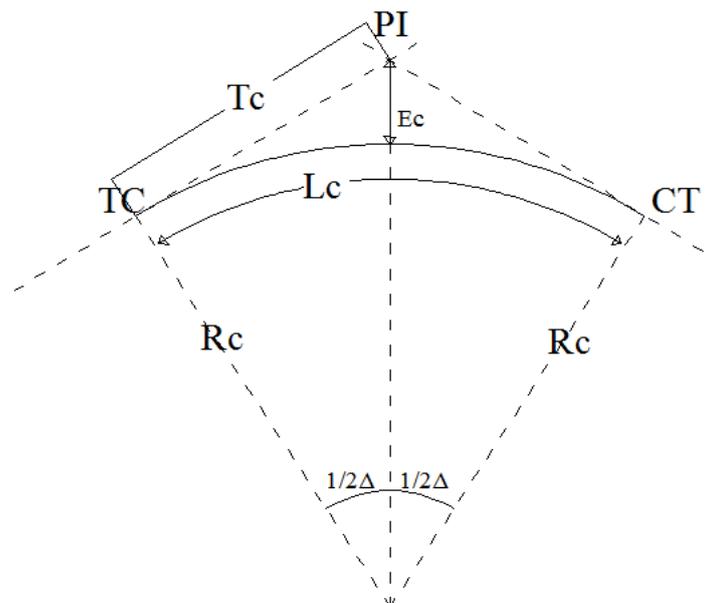
$T_c$  = panjang tangen jarak dari TC ke PI atau PI ke CT

$R_c$  = jari – jari lingkaran

$E_c$  = jarak luar dari PI ke busur lingkaran

$L_c$  = panjang busur lingkaran

Komponen – komponen untuk tikungan full circle dapat dilihat pada gambar 2.10



Gambar 2.10 Komponen Full Circle.

- Lengkung peralihan Spiral – Circle – Spiral (SCS).

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba dari bentuk lingkaran, jadi lengkung peralihan ini diletakan anatar bagian lurus dan bagian linkaran (cirlce) yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran. Lengkung peralihan dengan bentuk spiral (clothoid) banyak digunakan juga oleh pihak Bina Marga. Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan (SCS). Panjang lengkung peralihan ( $L_s$ ), menurut Tata Cara

Perencanaan Geometrik Jalan antar Kota 1997, diambil nilai terbesar dari tiga persamaan dibawah ini :

- Berdasarkan waktu tempuh maksimal (3 detik) untuk melintas lengkung peralihan maka panjang lengkung :

$$L_s = \frac{V_r}{36} \cdot T \dots\dots\dots (2.4)$$

- Berdasarkan antisipasi gaya sentiugal, digunakan rumus modifikasi Shortt, sebagai berikut :

$$L_s = 0,022 \frac{V_r^3}{R_c \cdot C} - 2,727 \frac{V_r \cdot e}{C} \dots\dots\dots (2.5)$$

- Berdasarkan tingkat pencapaian kelandaian :

$$L_s = \frac{e_m - e_n}{3,6 \cdot r_e} \times V_r \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

T = waktu tempuh (33detik)

V<sub>r</sub> = kecepatan rencana (km/jam)

R<sub>c</sub> = jari-jari lingkaran (m)

C = perubahan percepatan (0,3-1,0) disarankan 0,44 m/det<sup>3</sup>

E = superelevasi (%)

e<sub>m</sub> = superelevasi maksimum (%)

e<sub>n</sub> = superelevasi normal (%)

r<sub>e</sub> = tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan, sebagai berikut :

- Untuk V<sub>r</sub> ≤ 70 km /jam r<sub>e</sub> mak = 0,035 m/det

- Untuk V<sub>r</sub> ≥ 80 km/jam r<sub>e</sub> mak = 0025 m/det

Adapun rumus yang digunakan untuk menentukan tikungan spiral-circle-spiral yaitu :

$$X_s = L_s \left\{ 1 - \frac{L_s^2}{40 R_c} \right\} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6R_c} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$\theta_s = \frac{90}{\pi} \cdot \frac{L_s}{R_c} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$P = \frac{L_s^2}{6R_c} - R_c (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots (2.10)$$

$$k = L_s \cdot \left\{ 1 - \frac{L_s^2}{40R_c} \right\} - R_c \sin \theta_s \dots\dots\dots (2.11)$$

$$T_s = (R_c - p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots\dots\dots (2.12)$$

$$E_s = \frac{(R_c + p)}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R_c \dots\dots\dots (2.13)$$

$$L_c = \frac{-(\Delta - 2\theta_s)}{180} \cdot \pi \cdot R_c \dots\dots\dots (2.14)$$

$$L_{tot} = L_c + 2L_s \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana :

$L_s$  = panjang lengkung peralihan

$X_s$  = absis titik SC pada garis tegak lurus garis tangen

$Y_s$  = ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen

$L_c$  = panjang busur lingkaran

$T_s$  = panjang tangen dari titik PI ke titik  $T_s$  atau ke titik  $St$

$E_s$  = jarak dari PI ke busur lingkaran

$\theta_s$  = sudut lengkung spira

$\Delta$  = Sudut lengkung spirall

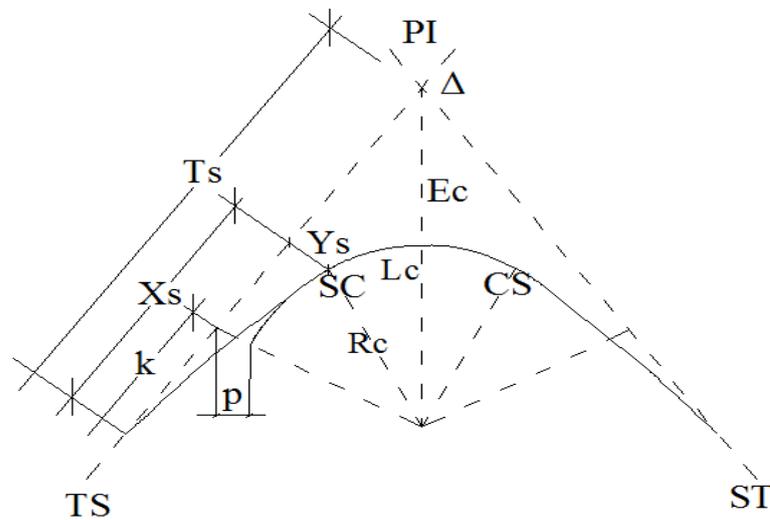
$R_c$  = jari-jari lingkaran

$p$  = pergeseran tangen terhadap spiral

$k$  = absis dari  $p$  pada garis tangen spiral

Jika diperoleh  $L_c < 25$  m, maka sebaiknya tidak digunakan bentuk (SCS), tetapi digunakan lengkung (SS), yaitu lengkung yang terdiri dari dua buah lengkung peralihan.

Komponen – komponen untuk tikungan spiral-circle-spiral dapat dilihat pada gambar 2.11



Gambar 2.11 Komponen Spiral-Circle-Spiral

- Bentuk lengkung peralihan Spiral-Spiral (SS)

Spiral-Spiral (SS) yaitu bentuk tikungan yang digunakan pada keadaan yang sangat tajam. Untuk spiral-spiral ini berlaku rumus sebagai berikut :

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots (2.16)$$

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

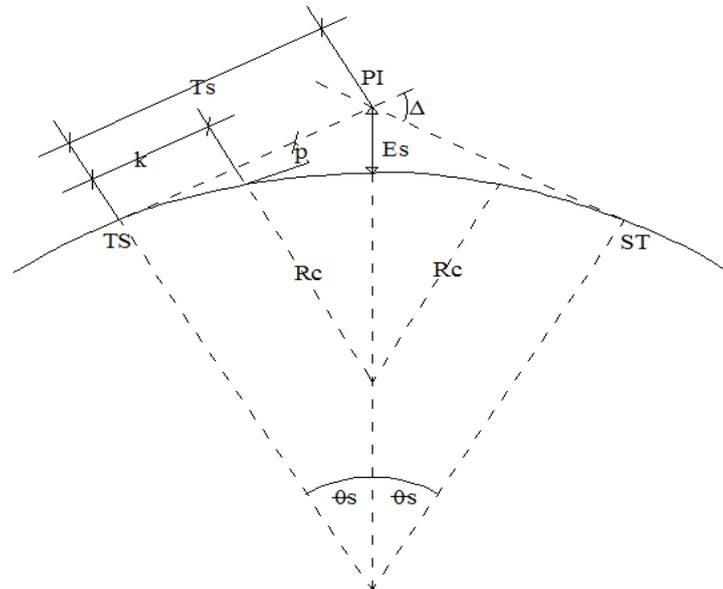
Untuk menentukan  $L_s$ , dapat menggunakan rumus :

$$L_s = \frac{(\theta_s \cdot \pi - R_c)}{90} \dots\dots\dots (2.18)$$

Kontrol :  $L_{tot} < 2 \cdot T_s$

Sedangkan untuk nilai p, K,  $T_s$ , dan  $E_s$  dapat juga menggunakan rumus (2.10) sampai (2.13).

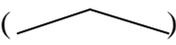
Koponen-koponen untuk tikungan spiral-spiral dapat dilihat pada gambar 2.12



Gambar 2.12 koponen Spiral-Spiral

### 3) Pencapaian superelevasi

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

- a. Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.
- b. Pada tikungan (S-C-S), pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bentuk normal ( ) sampai awal lengkung peralihan (TS) yang berbentuk ( ) pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan (SCS).
- c. Pada tikungan F - C, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bagian lurus  $\frac{2}{3} L_s$  sampai dengan bagian lingkaran sepanjang  $\frac{2}{3} L_s$ .

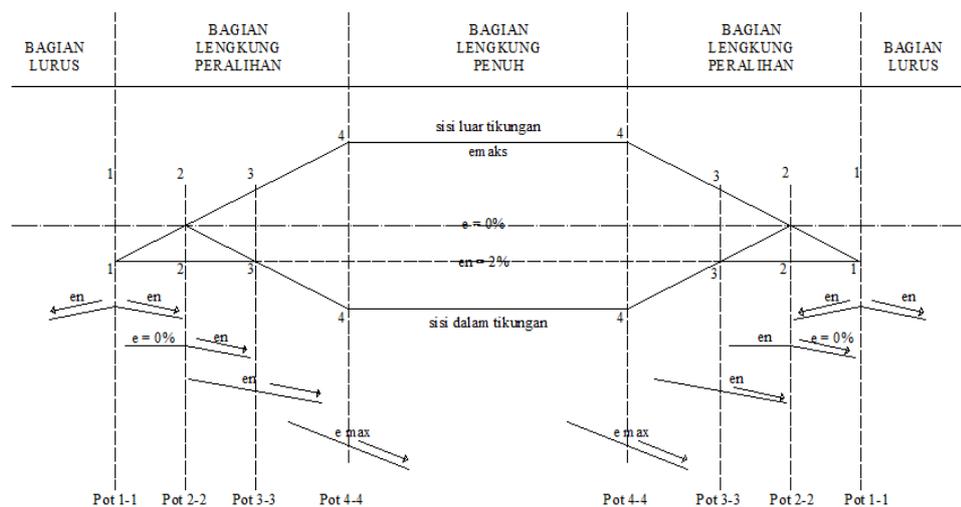
- d. Pada tikungan S - S, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.
- e. Superelevasi tidak diperlukan jika radius (R) cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LP), atau bahkan tetap lereng normal (LN).

#### 4) Diagram superelevasi

Metoda untuk melakukan superelevasi yaitu merubah lereng potongan melintang, dilakukan dengan bentuk profil dari tepi perkerasan yang dibundarkan, tetapi disarankan cukup untuk mengambil garis lurus saja. Adapun tiga cara untuk superelevasi yaitu :

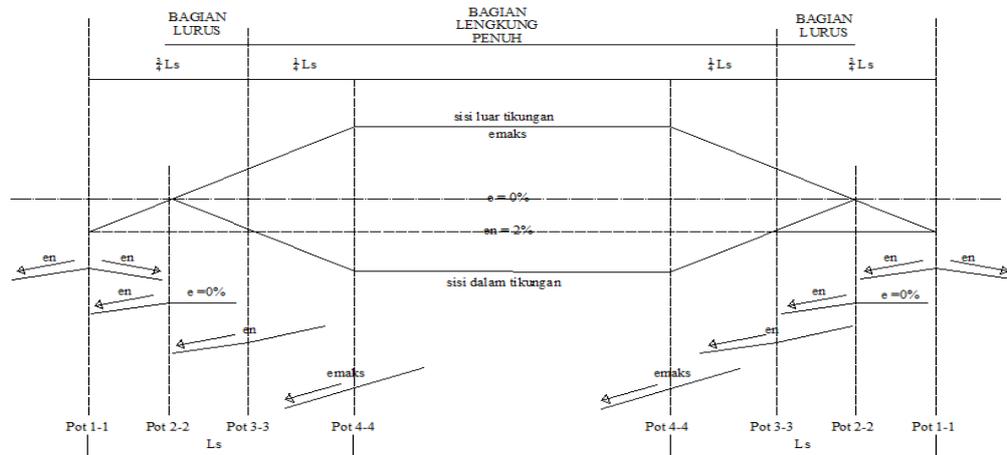
1. Memutar perkerasan jalan terhadap profil sumbu
2. Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah dalam
3. Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah luar.

Adapun diagram pencapaian superelevasi pada tikungan spiral-circle-spiral dapat dilihat pada gambar 2.13



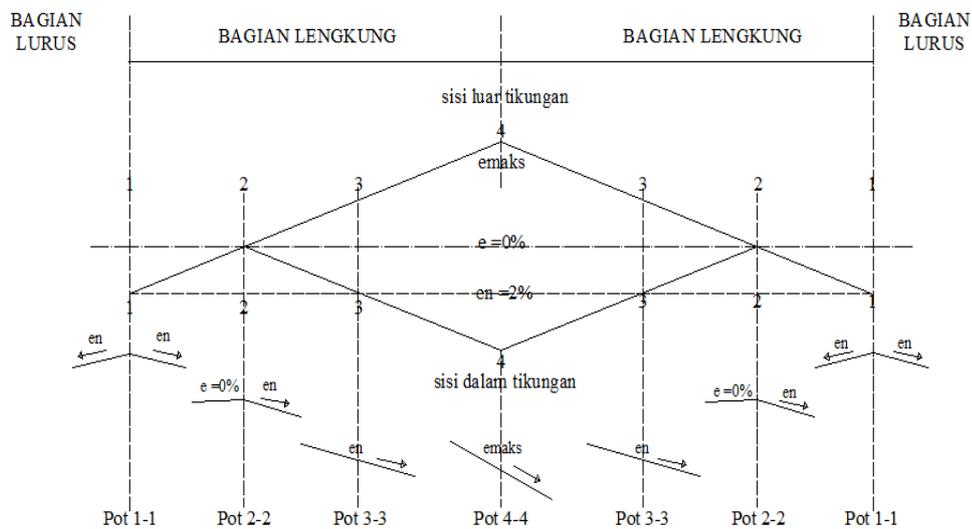
Gambar 2.13 Metoda Pencapaian Superelevasi pada Tikungan Spiral Circle - Spiral (contoh untuk tikungan ke kanan)

Untuk tikungan full circle, diagram pencapaian dapat dilihat pada gambar 2.14



Gambar 2.14 Metoda Pencapaian Superelevasi pada Tikungan Full Circle (contoh untuk tikungan ke kiri).

Untuk tikungan spiral-spiral diagram pencapaian superelevasi dapat dilihat pada gambar 2.15



Gambar 2.15 Metoda Pencapaian Superelevasi pada Tikungan SS (contoh untuk tikungan ke kanan)

## 5) Landai relatif

Kemiringan melintang atau kelandaian pada penampang jalan diantara tepi perkerasan luar dan sumbu jalan sepanjang lengkung peralihan disebut landai relatif. Pencapaian tikungan jenis *full circle* untuk dapat menggambarkan pencapaian kemiringan dari lereng normal ke kemiringan penuh, kita harus hitung dulu lengkung peralihan fiktif ( $Ls'$ ), adapun  $Ls'$  dihitung berdasarkan landai relatif maksimum.  $Ls'$  dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Ls' = (e + e_n) \cdot B^{1/m} \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana :

$1/m$  = landai relati (%)

$E$  = superelevasi (m/m')

$e_n$  = kemiringan elintang normal (m/m')

$B$  = lebar lajur (m)

## 6) Pelebaran perkerasan di tikungan

Pelebaran perkerasan atau jalur lalu lintas di tikungan, dilakukan untuk mempertahankan kendaraan tetap pada lintasannya (lajurnya) sebagaimana pada bagian lurus. Hal ini terjadi karena pada kecepatan tertentu kendaraan pada tikungan cenderung untuk keluar lajur akibat posisi roda depan dan roda belakang yang tidak sama, yang tergantung dari ukuran kendaraan.

Rumus yang digunakan :

$$B = \sqrt{\left\{ \sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25 \right\}^2 + 64} - \sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25 \dots\dots\dots (2.20)$$

$$Rc = \text{radiusus lajur sebelah dalam} - \frac{1}{4} \text{ lebar perkerasan} + \frac{1}{2} b \dots\dots\dots (2.21)$$

$$Z = \frac{0,105 \cdot xv}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots (2.22)$$

$$Bt = n (b + C) + Z \dots\dots\dots (2.23)$$

$$\Delta b = B_t - B_n \dots\dots\dots (2.24)$$

Dimana :

- b = lebar kendaraan (m)
- R<sub>c</sub> = radius lengkung untuk lintasan luar roda depan yang besarnya dipengaruhi oleh sudut  $\alpha$  (m)
- R = radius lajur sebelah dalam / jari-jari tikungan (m)
- V = kecepatan (km/jam)
- Z = lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi di tikungan (m)
- B<sub>t</sub> = lebar total perkerasan di tikungan (m)
- B<sub>n</sub> = lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)
- N = jumlah jalur
- B = lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan di tikungan pada lajur sebelah dalam (m)
- C = kebebasan samping (m) 0,5 untuk lebar lajur 6 m, 1,0 untuk lebar lajur 7 , dan 1,25 untuk lebar lajur 7,5 m
- $\Delta b$  = tabahan lebar perkerasan di tikungan (m)

#### 7) Daerah bebas samping di tikungan

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandangan pengemudi dari halangan benda-benda di sisi jalan (daerah bebas samping). Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh M (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan J<sub>h</sub> dipenuhi.

Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

- a. Berdasarkan jarak pandang henti

$$M = R (1 - \cos \theta ) \dots\dots\dots (2.25)$$

b. Berdasarkan jarak pandang mendahului

$$M = R (1 - \cos \theta) + \frac{1}{2} (S - L) \sin \theta \dots\dots\dots (2.26)$$

Dimana :

M = jarak dari penghalang ke sumbu lajur sebelah dalam (m)

$\theta$  = setengah sudut pusat sepanjang L ( $^{\circ}$ )

R = radius subu lajur sebelah dalam (m)

S = jarak pandang (m)

L = panjang tikungan (m)

## 2.8 Alinyemen vertical

Alinyemen vertikal merupakan garis potong yang dibentuk oleh bidang vertikal melalui sumbu jalan atau tepi dalam masing–masing perkerasan jalan yang bersangkutan. Pada pemilihan alinyemen ini juga berkaitan dengan adanya pekerjaan galian dan timbunan tanah.

Pada perencanaan alinyemen vertikal akan ditemui kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan), sehingga kombinasinya berupa lengkung cembung dan lengkung cekung. Disamping kedua lengkung tersebut ditemui pula kelandaian = 0 (datar).

Adapun faktor- aktor yang harus dipertimbangkan dalam aliyemen vertikal sebagai berikut :

- Topografi
- Kecepatan rencana
- Fungsi jalan
- Tebal perkerasan
- Tanah dasar
- Kedudukan tinggi landai kendaraan

Pada alinyemen vertikal akan ditemui berbagai keadaan antara lain :

a. Kelandaian maksimum

Kelandaian maksimum yang ditentukan untuk berbagai variasi kecepatan rencana, dimaksudkan agar kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang beruatan mampu bergerak dengan kecepatan tidak kurang dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.

Kelandaian maksimum untuk berbagai kecepatan rencana dapat dilihat pada tabel 2.12

Tabel 2.12 Kelandaian Maksimum yang diizinkan

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

Sumber : Tata Cara Perencanaan Jalan Geometrik Antar Kota ; 1997

Panjang maksimum landai yang masih dapat diterima tanpa mengakibatkan gangguan arus lalu lintas yang berarti, atau biasa disebut dengan istilah panjang kritis landai, adalah panjang yang mengakibatkan pengurangan kecepatan maksimum sebesar 25 km/jam. Panjang kritis landai tersebut ditunjukkan pada tabel 2.13

Tabel 2.13 Panjang Kritis Landai

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 : Peraturan Perencanaan Geometri Jalan Raya 1970

b. Kelandaian minimum

Berdasarkan kepentingan arus lalu lintas, landai ideal adalah landai datar (0%). Sebaiknya ditinjau dari kepentingan drainase jalan, jalan

berkelandailah yang ideal. Dalam perencanaan disarankan menggunakan :

- Landai datar untuk jalan-jalan diatas tanah timbunan yang tidak mempunyai kerb
- Landai 0,15% dianjurkan untuk jalan-jalan diatas tanah timbunan dengan medan datar dan mempergunaka kerb.
- Landai minimum sebesar 0,3 – 0,% dianjurkan dipergunakan untuk jalan – jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kerb.

c. 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 jalur pendakian dengan kecepatan dibawah  $V_r$ , sedangkan kendaraan lain masih dapat bergerak dengan  $V_r$ , sebaiknya dipertimbangkan untuk dibuat lajur tambahan pada bagian kiri dengan ketentuan untuk jalan baru menurut MKJI didasarkan pada BSH (Biaya Siklus Hidup). Penempatan lajur pendakian harus dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut :

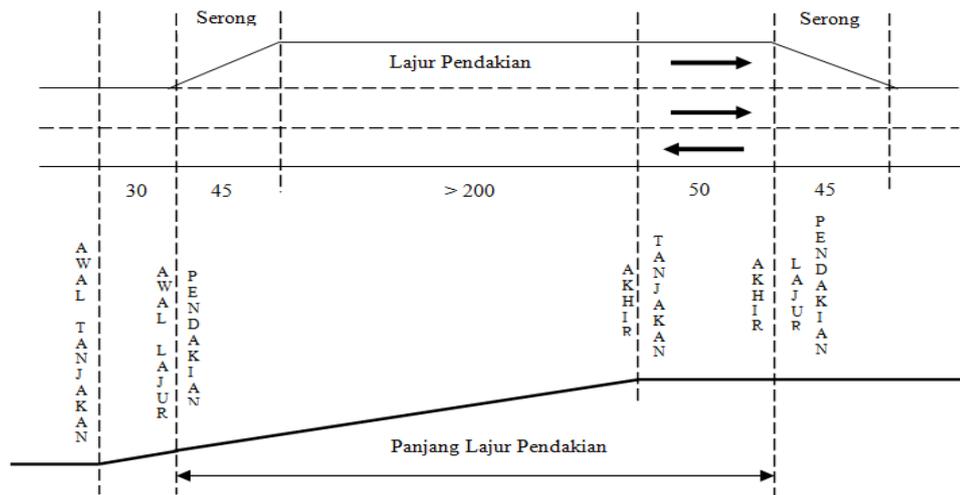
a. Berdasarkan MKJI (1997) :

Penentuan lokasi lajur pendakian harus dapat dibenarkan secara ekonomis yang dibuat berdasarkan BSH, sebagaimana ditampilkan pada tabel 2.14

Tabel 2.14 Lajur pendakian pada kelandaian khusus jalan luar kota

Panjang	Ambang Arus Lalu lintas (kend/jam), tahun 1 jam puncak		
	Kelandaian		
	3%	5%	7%
0,5 Km	500	400	300
$\geq 1$ Km	325	300	300

Sumber : MKJI 1997



Gambar 2.16 Lajur Pendakian Tipikal

Dalam MKJI juga diterangkan bahwa jarak antara dua lajur pendakian minimal 1,5 Km. Hal itu berarti jarak antara pendakian satu dan lainnya tidak boleh dibawah 1,5 Km.

b. Berdasarkan Tatacara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota

(TPGJAK ; 1997) :

- 1) Disediakan pada jalan arteri atau kolektor
- 2) Apabila panjang kritis terlampaui, jalan memiliki VLHR > 15.000 smp/hari dan persentase truk > 15 %
- 3) Lebar jalur pendakian sama dengan lebar lajur rencana
- 4) Lajur pendakian dimulai 30 meter dari awal perubahan kelandaian dengan serongan sepanjang 45 meter dan berakhir 50 meter sesudah puncak kelandaian dengan serongan 45 meter (lihat gambar 2.16)
- 5) Jarak minimum antara 2 lajur pendakian adalah 1,5 km

d. Lengkung vertikal

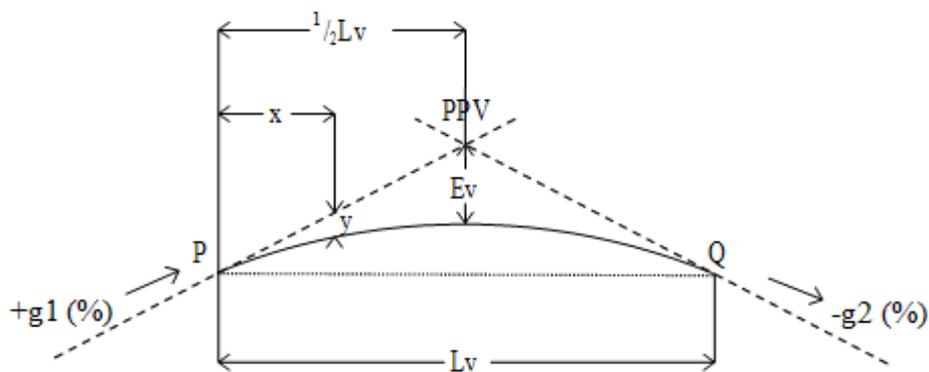
Lengkung vertikal direncanakan untuk mengubah secara bertahap perubahan dari dua macam kelandaian arah memanjang jalan pada setiap lokasi yang diperlukan. Hal ini dimaksudkan untuk mmengurangi

goncangan, akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti yang cukup, untuk keamanan dan kenyamanan.

Lengkung vertikal terdiri dari dua jenis, yaitu :

1. Lengkung vertikal cembung, adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan.
2. Lengkung vertikal cekung, adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan

Tipikal lengkung vertikal dapat dilihat pada gambar 2.17



Gambar 2.17 Tipikal Lengkung Vertikal Bentuk Parabola

Adapun rumus yang digunakan untuk lengkung vertikal adalah sebagai berikut

$$x = \frac{1}{4}Lv \dots\dots\dots (2.27)$$

$$y = \frac{A}{200Lv} x \dots\dots\dots (2.28)$$

$$A = (g1 - g2) \dots\dots\dots (2.29)$$

$$Ev = \frac{A.Lv}{800} \dots\dots\dots (2.30)$$

Dimana :

x = jarak dari titik P ke titik yang ditinjau dari Sta (m)

y = perbedaan elevasi antara titik P dan titik yang ditinjau pada Sta (m)

Lv = panjang lengkung vertikal parabolah, yang merupakan jarak proyeksi dari titik P dan titik Q (m)

$g_1$  = kelandaian tangen dari titik P (%)

$g_2$  = kelandaian tangen dari titik Q (%)

A = perbedaan aljabar untuk kelandaian (%)

$E_v$  = penyimpangan dari titik potong kedua tangen kelengkungan vertical  
(m)

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

### 2.8.1 Koordinasi alinyemen

Koordinasi alinyemen pada perencanaan teknik jalan, diperlukan untuk menjamin suatu perencanaan teknik jalan raya yang baik dan menghasilkan keamanan serta rasa nyaman bagi pengemudi kendaraan (selaku pengguna jalan) yang melalui jalan tersebut.

Maksud koordinasi dalam hal ini yaitu penggabungan beberapa elemen dalam perencanaan geometrik jalan yang terdiri dari perencanaan alinyemen horizontal, alinyemen vertikal dan potongan melintang dalam suatu paduan sehingga menghasilkan produk perencanaan teknik sedemikian yang mematuhi unsur aman, nyaman dan ekonomis.

Beberapa ketentuan atau syarat sebagai panduan yang dapat digunakan untuk proses koordinasi alinyemen, sebagai berikut :

- a. Alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal terletak pada satu fase, dimana alinyemen horizontal sedikit lebih panjang dari alinyemen vertikal.
- b. Tikungan tajam yang terletak di atas lengkung vertikal cembung atau dibawah lengkung vertikal cekung harus dihindarkan, karena hal ini akan menghalangi pandangan mata pengemudi pada saat memasuki tikungan pertama dan juga jelas terletak Pada kelandaian jalan yang lurus dan panjang, sebaiknya tidak dibuat lengkung vertikal cekung, karena pandangan pengemudi akan terhalan oleh

puncak alinyemen vertikal, sehingga sulit untuk memperkirakan alinyemen dibalik puncak tersebut.

- c. Lengkung vertikal dua atau lebih pada satu lengkung horizontal, sebaiknya dihindarkan.
- d. Tikungan tajam yang terletak diantara bagian jalan yang lurus dan panjang harus dihindarkan.

### 2.8.2 Penentuan *stationing*

Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (Sta jalan) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang dibicarakan, selanjutnya menjadi panduan untuk lokasi suatu tempat. Nomor jalan ini sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Disamping itu dari penomoran jalan tersebut diperoleh informasi tentang panjang jalan secara keseluruhan. Setiap Sta jalan dilengkapi dengan gambar potongan melintangnya. Adapun interval untuk masing-masing penomoran jika tidak adanya perubahan arah tangen pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal adalah sebagai berikut :

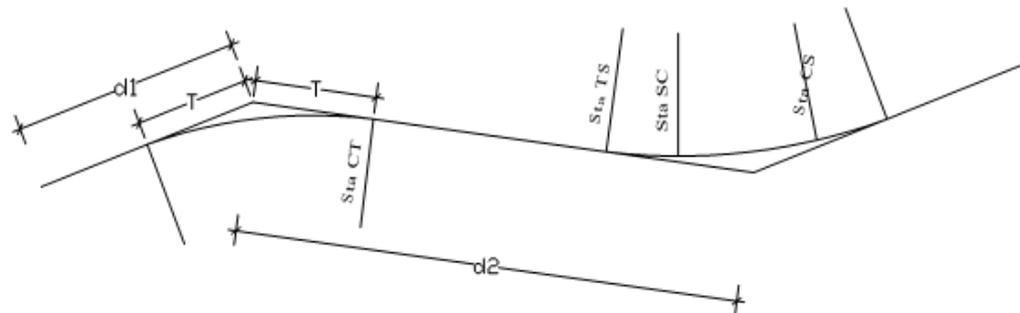
- Setiap 100 m, untuk daerah datar
- Setiap 50 m, untuk daerah bukit
- Setiap 25 m, untuk daerah gunung

Nomor jalan (Sta jalan) ini sama fungsinya dengan patok-patok km disepanjang jalan, namun juga terdapat perbedaannya antara lain :

- a. Patok km merupakan petunjuk jarak yang diukur dari patok km 0, yang umumnya terletak di ibukota provinsi atau kotamadya, sedangkan patok Sta merupakan petunjuk jarak yang diukur dari awal sampai akhir pekerjaan.
- b. Patok km berupa patok permanen yang dipasang dengan ukuran standar

yang berlaku, sedangkan patok Sta merupakan patok sementara selama masa pelaksanaan proyek jalan tersebut.

Sistem penomoran jalan pada tikungan dapat dilihat pada gambar 2.16



Gambar 2.18 Sistem Penomoran jalan

### 2.8.3 Perhitungan galian dan timbunan

Dalam perencanaan jalan raya diusahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen vertikal dan horizontal memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan.

Langkah-langkah dalam perhitungan galian dan timbunan, antara lain :

- a. Penentuan *stationing* (jarak patok) sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase jalan).
- b. Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan beda tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.
- c. Gambar potongan melintang (*cross section*) pada titik *stationing*, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan.
- d. Hitung volume galian dan timbunan dengan mengalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.

## 2.9 Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur

Perkerasan jalan adalah suatu bagian konstruksi jalan yang terletak diatas tanah dasar yang bertujuan untuk melewati lalulintas dengan aman dan nyaman serta menerima dan meneruskan beban lalulintas ketanah dasar.

### 2.9.1 Kriteria perancangan

#### 1. Lalu lintas

##### a. Jumlah lajur dan lebar lajur rencana

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, jumlah lajur ditentukan dari lebar perkerasan sesuai tabel 2.15.

Tabel 2.15 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur
$L < 4,50 \text{ m}$	1
$4,50 \text{ m} \leq L < 8,00 \text{ m}$	2
$8,00 \text{ m} \leq L < 11,25 \text{ m}$	3
$11,25 \text{ m} \leq L < 15,00 \text{ m}$	4
$15,00 \text{ m} \leq L < 18,75 \text{ m}$	5
$18,75 \text{ m} \leq L < 22,50 \text{ m}$	6

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

##### b. Distribusi kendaraan per lajur rencana

Distribusi kendaraan ringan dan berat yang lewat pada lajur rencana adalah sesuai dengan jumlah lajur dan arah. Distribusi kendaraan ringan dan berat pada lajur rencana dipengaruhi oleh volume lalu lintas, sehingga untuk menetapkannya diperlukan survey. Namun koefisien distribusi kendaraan ( $D_L$ ) dapat menggunakan pendekatan sesuai tabel 2.16.

Tabel 2.16 Koefisien Distribusi Kendaraan per Lajur Rencana ( $D_L$ )

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan (Mobil Penumpang)		Kendaraan Berat (Truk dan Bus)	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,600	0,500	0,700	0,500
3	0,400	0,400	0,500	0,475
4	0,300	0,300	0,400	0,450
5	-	0,250	-	0,425
6	-	0,200	-	0,400

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

c. Akumulasi lalu lintas pada lajur rencana ( $W_{18}$ )

Akumulasi lalu lintas pada lajur rencana ( $W_{18}$ ) diberikan dalam komulatif beban sumbu standar. Untuk mendapatkan lalu lintas pada lajur rencana ini, digunakan persamaan berikut:

$$(W_{18}) = 365 \times D_L \times W_1 \dots \dots \dots (2.31)$$

Keterangan:

$(W_{18})$  adalah akumulasi lalu lintas pada lajur rencana per tahun

$D_L$  adalah faktor distribusi lajur pada lajur rencana (Tabel 2.16)

$W_1$  adalah akumulasi beban sumbu standar komulatif perhari, sesuai persamaan dibawah ini:

$$W_{18} = \sum_i^n BS_i LEF_i \dots \dots \dots (2.32)$$

Keterangan :

$BS_i$  adalah beban sumbu setiap kendaraan

$LEF_i$  adalah faktor ekivalen beban setiap sumbu kendaraan

d. Akumulasi beban sumbu standar selama umur rencana ( $W_{18}$ )

Lalu lintas yang digunakan untuk perancangan tebal perkerasan lentur dalam pedoman perancangan tebal perkerasan lentur adalah lalu lintas komulatif selama umur rencana. Besaran ini didapatkan dengan mengalikan bebaan sumbu standar komulatif pada ;ajur rencana selama setahun ( $W_{18}$ ) dengan besaran kanaikan lalu lintas. Secara numerik rumusan lalu intas komulatif ini adalah sebagai berikut:

$$W_t = W_{18} = w_{18} \times \left[ \frac{(1+g)^n - 1}{g} \right] \dots \dots \dots (2.33)$$

Keterangan:

$W_t = W_{18}$  adalah jumlah beban sumbu tunggal standar kumulatif pada lajur rencana

$w_{18}$  adalah beban sumbu standar kumulatif selama 1 tahun pada lajur rencana

$n$  adalah umur rencana (tahun)

$g$  adalah perkembangan lalu lintas (%)

## 2. Tingkat kepercayaan (Reliabilitas)

Penyertaan tingkat kepercayaan pada dasarnya merupakan cara untuk memasukkan faktor ketidakpastian ke dalam proses perancangan, yaitu dalam rangka memastikan bahwa berbagai alternatif perancangan perkerasan akan bertahan selama umur rencana. Faktor tingkat kepercayaan memperhitungkan kemungkinan adanya variasi pada lalu lintas dua arah prediksi ( $w_{18}$ ) serta prediksi kinerja, sehingga dapat memberikan tingkat kepastian ( $R$ ) yang seksi perkerasannya akan bertahan selama umur rencana yang ditetapkan.

Pada umumnya meningkatkan volume lalu lintas dan kesukaran untuk mengalihkan lalu lintas memperlihatkan resiko kinerja yang tidak diharapkan. Hal ini dapat diatasi dengan memilih tingkat reliabilitas yang lebih tinggi. Pada tabel 2.17 diperlihatkan bahwa tingkat reliabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan.

Reliabilitas kinerja perancangan dikontrol dengan faktor reliabilitas ( $F_R$ ) yang dikalikan dengan perkiraan lalu lintas ( $W_{18}$ ) selama umur rencana. Untuk tingkat reliabilitas ( $R$ ) yang diberikan, faktor reliabilitas merupakan fungsi dari deviasi standar keseluruhan (*overall standard deviation*,  $S_o$ ) yang memperhitungkan kemungkinan variasi perkiraan lalu lintas dan perkiraan kinerja untuk  $w_{18}$  yang diberikan. Dalam perancangan perkerasan lentur, tingkat kepercayaan ( $R$ ) diakomodasi dengan parameter deviasi normal standar ( $Z_R$ ). Nilai  $Z_R$  dapat dilihat pada tabel 2.18.

Tabel 2.17 Tingkat reliabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan

Klasifikasi Jalan	Rekomendasi Tingkat Reliabilitas	
	Perkotaan	Antar Kota
Bebas Hambatan	85 – 99,9	80 – 99,9
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 - 95

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

Penerapan konsep reliabilitas harus memperhatikan langkah-langkah berikut ini:

- Definisikan klasifikasi fungsional jalan dan tentukan apakah merupakan jalan perkotaan atau jalan antar kota
- Pilih tingkat reliabilitas dari rentang yang diberikan pada tabel 2.14
- Pilih deviasi standar ( $S_o$ ) yang harus mewakili kondisi setempat. Rentang nilai  $S_o$  adalah 0,35 – 0,45.

Tabel 2.18 Deviasi normal standar ( $Z_R$ ) untuk berbagai tingkat kepercayaan ( $R$ )

Tingkat Kepercayaan, $R$ (%)	Deviasi Normal Standar, $Z_R$	Tingkat Kepercayaan, $R$ (%)	Deviasi Normal Standar, $Z_R$	Tingkat Kepercayaan, $R$ (%)	Deviasi Normal Standar, $Z_R$
50,00	-	90,00	-	96,00	-
60,00	0,000	91,00	1,282	97,00	1,751
70,00	-	92,00	-	98,00	-
75,00	0,253	93,00	1,340	99,00	1,881
80,00	-	94,00	-	99,90	-
85,00	0,524	95,00	1,405	99,99	2,054
-	-	-	-	-	-
-	0,674	-	1,476	-	2,327
-	-	-	-	-	-
-	0,841	-	1,555	-	3,090
-	-	-	-	-	-
-	1,037	-	1,645	-	3,750

Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012

### 3. Drainase

Salah satu tujuan utama dari perancangan perkerasan jalan ialah agar lapisan pondasi, pondasi bawah dan tanah dasar terhindar dari pengaruh air,

namun selama umur layan masuknya air pada perkerasan sulit untuk dihindari. Air yang berlebihan dalam struktur perkerasan akan berpengaruh negatif terhadap kinerja perkerasan jalan. Dalam (AASHTO, 1993) efek merugikan yang disebabkan oleh air pada perkerasan jalan adalah:

- a. Air dipermukaan aspal dapat menyebabkan berubahnya kadar air, berkurangnya nilai modulus dan hilangnya kekuatan tarik. Kejenuhan dapat mengruangi modulus aspal sebesar 30% atau lebih.
- b. Kadar air yang bertambah pada agregat *unbound* di lapisan *base* dan *subbase* harus diantisipasi karena akan menyebabkan hilangnya kekakuan sebesar 50% atau lebih.
- c. Pada lapisan *asphalt treated base* nilai modulus dapat berkurang sampai 30% atau lebih dan meningkatkan kerentanan terhadap erosi pada lapisan *cement treated base* atau *lime treated base*.
- d. Butiran tanah halus yang jenuh pada *roadbed soil* dapat mengalami pengurangan modulus lebih dari 50%.

Kualitas drainase menurut AASHTO 1993 adalah berdasarkan pada metoda *time-to-drain*. *Time-to-drain* adalah waktu yang dibutuhkan oleh sistem perkerasan untuk mengalirkan air dari keadaan jenuh sampai pada derajat kejenuhan 50%. Nilai dari *time-to-drain* ditentukan dengan persamaan:

$$t = T_{50} \times m_d \times 24 \dots\dots\dots(2.34)$$

Keterangan:

t adalah *time-to-drain* (jam)

T<sub>50</sub> adalah time factor

m<sub>d</sub> adalah faktor yang berhubungan dengan porositas efektif, permeabilitas, resultan panjang serta tebal lapisan drainase.

Nilai time factor (T<sub>50</sub>) ditentukan oleh geometri dari lapisan drainase. Geometri lapisan drainase terdiri atas resultan kemiringan (*resultant slope*, S<sub>R</sub>), resultan panjang pengaliran (*resultant length*, L<sub>R</sub>) dan ketebalan dari

lapisan drainase. Faktor-faktor geometri tersebut dipakai untuk menghitung nilai faktor kemiringan ( $S_1$ ) dengan persamaan:

$$S_1 = \frac{L_R \times S_R}{H} \dots\dots\dots(2.35)$$

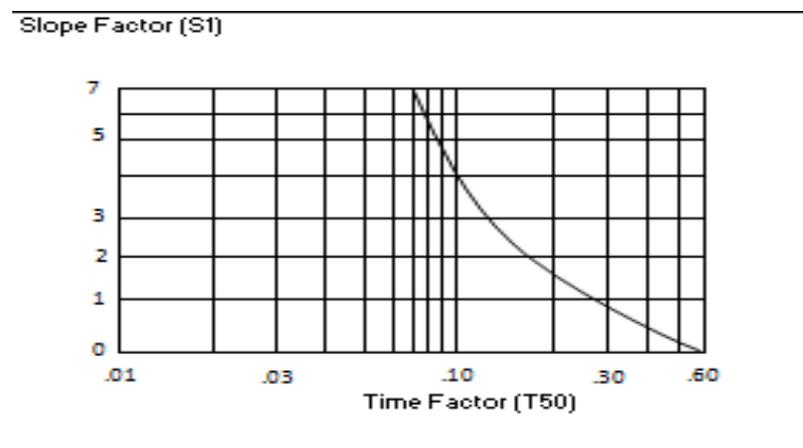
Keterangan:

$$S_R \text{ adalah } (S^2 + S_x^2)^{1/2}$$

$$L_R \text{ adalah } W [1 + (\frac{S}{S_z})^2]^{1/2}$$

H adalah tebal dari lapisan permeable (feet)

Untuk menentukan nilai T digunakan grafik  $T_{50}$  seperti pada gambar 2.19,



(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

Nilai  $m_d$  pada rumus 3.05 dihitung dengan rumus:

$$m_d = \frac{n_e \times L_R^2}{k \times H} \dots\dots\dots(2.36)$$

Keterangan :

$n_e$  : porositas efektif lapisan drainase

$L_R$  : resultan panjang (*feet*)

H : tebal lapisan drainase dalam feet

k : permeabilitas lapisan drainase dalam feet/hari sesuai rumus dibawah ini:

$$k = \frac{6,216 \times 10^5 \times D_{10}^{1,478} \times n^{6,654}}{P_{200}^{0,597}} \dots\dots\dots(2.37)$$

Keterangan:

- K = permeabilitas lapisan drainase dalam *feet*/hari  
P<sub>200</sub> = berat agregat yang lolos saringan no. 200 dalam persen  
D<sub>10</sub> = ukuran efektif atau ukuran butir agregat 10% berat lolos Saringan.  
n = adalah porositas material (tanpa satuan), nilai rasio dari volume relatif dan total volume

Kualitas drainase pada perkerasan lentur diperhitungkan dalam perancangan dengan menggunakan koefisien kekuatan relatif yang dimodifikasi. Faktor untuk memodifikasi koefisien kekutan relatif ini adalah koefisien drainase (m) dan disertakan ke dalam Persamaan Nilai Srtuktural (Structural Number, SN) bersama-sama dengan koefisien kekuatan relatif (a) dan ketebalan (D).

Pada tabel 2.20 Koefisien Drainase (m) yang merupakan fungsi dari kualitas drainase ban persen waktu selama setahun struktur untuk perancangan akan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh:

Tabel 2.20 Koefisien Drainase (m) untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif material *untreated base* dan *subbase*

Kualitas Drainase	Persen Waktu Struktur Perkerasan Dipengaruhi Oleh Kadar Air yang Mendekati Jenuh			
	< 1%	1-5%	5-25%	>25%
Baik sekali	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Baik	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Sedang	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Jelek	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Jelek sekali	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

#### 4. Kinerja perkerasan

Tingkat pelayanan perkerasan dinyatakan dengan “indeks pelayanan (IP) saat ini”, yang diperoleh berdasarkan hasil pengukuran ketidakrataan (*roughness*) dan kerusakan (alur, retak dan tambalan). Nilai PSI berkisar antara 0 – 5, nilai lima menunjukkan bahwa perkerasan mempunyai kondisi yang ideal (paling baik), sedangkan nilai nol menunjukkan bahwa perkerasan tidak dapat dilalui kendaraan. Untuk keperluan perancangan, diperlukan penentuan indeks pelayanan awal dan akhir.

Indeks pelayanan awal (IPo) diperoleh berdasarkan perkiraan pengguna jalan terhadap kondisi perkerasan yang selesai dibangun. Pada *AASHO Road Test*, indeks pelayanan awal yang digunakan untuk perkerasan lentur adalah 4,2. Karena adanya variasi metode pelaksanaan dan standar bahan, indeks pelayanan awal sebaiknya ditetapkan menurut kondisi setempat. Indeks pelayanan akhir (IPt) merupakan tingkat pelayanan terendah yang masih dapat diterima sebelum perkerasan perlu diperkuat atau direkonstruksi. Untuk jalan-jalan utama, indeks pelayanan akhir sebaiknya digunakan minimum 2,5, sedangkan untuk jalan-jalan yang kelasnya lebih rendah dapat digunakan 2,0.

Dalam menentukan indeks pelayanan perkerasan lentur pada akhir umur rencana (IPt), perlu di pertimbangkan faktor – faktor klasifikasi fungsional jalan sebagaimana diperlihatkan pada tabel 2.21.

Sedangkan dalam menentukan indeks pelayanan pada awal umur rencana (IPo), perlu diperhatikan jenis lapis permukaan perkerasan lentur pada awal umur rencana. Pada tabel 2.18 terdapat indeks pelayanan pada awal umur rencana (IPo) untuk nenerapa jenis lapis perkerasan.

Tabel 2.21 Indeks pelayanan perkerasan lentur pada akhir umur rencana (IPt)

Klasifikasi Jalan	Indeks Pelayanan Perkerasan Akhir Umur Rencana (IPt)
Bebas Hambatan	$\geq 2,5$
Arteri	$\geq 2,5$
Kolektor	$\geq 2,0$

Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012

Tabel 2.22 Indeks pelayanan pada awal umur rencana (IPo)

Jenis Lapis Perkerasan	IPo
Lapis Beton Aspal (Laston/AC) dan Lapis Beton Aspal Modifikasi (Laston Modifikasi/AC-Mod)	$\geq 4$
Lapis Tipis Beton Aspal (Lataston/HRS)	$\geq 4$

Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012

#### 5. Daya dukung tanah dasar

Jalan dalam arah memanjang cukup panjang dibandingkan dengan jalan dengan arah melintang. Jalan tersebut bias saja melintasi jenis tanah dan keadaan medan yang berbeda-beda. Kekuatan tanah dasar dapat bervariasi antara nilai yang baik dan yang jelek. Dengan demikian akan tidak ekonomis jika perancangan tebal lapisan perkerasan jalan berdasarkan nilai yang terjelek dan tidak pula memenuhi syarat jika berdasarkan hanya nilai terbesar saja.

Setiap segmen jalan mempunyai satu nilai CBR yang mewakili daya dukung tanah dasar dan digunakan untuk perancangan tebal lapisan perkerasan dari segmen tersebut. CBR segmen yang diperoleh, kemudian dikonversikan ke modulus resilien sesuai rumus 2.1 atau 2.2. Nilai CBR segmen dapat ditentukan dengan menggunakan rumus 2.37.

$$CBR_{\text{segmen}} = CBR_{\text{rata-rata}} - \frac{CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}}}{F} \dots\dots\dots(2.37)$$

**Keterangan:**

- $CBR_{\text{segmen}}$  : nilai CBR yang mewakili pada segmen yang ditinjau.  
 $CBR_{\text{maksimum}}$  : nilai CBR tertinggi padasepanjang segmen yang ditinjau.  
 $CBR_{\text{minimum}}$  : nilai CBR terendah pada sepanjang segmen yang ditinjau  
 $CBR_{\text{rata-rata}}$  : nilai CBR rata-rata pada sepanjang segmen yang ditinjau  
 $F$  : koefisien pengali

Tabel 2.23 Nilai F untuk perhitungan CBR segmen

Jumlah Titik Pengamatan (buah)	Koefisien F
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,67
7	2,83
8	2,96
9	3,08
$\geq 10$	3,18

Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012

## 6. Koefisien kekuatan relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif bahan jalan, baik campuran beraspal sebagai lapis permukaan (lapis aus dan lapis permukaan antara), lapis pondasi serta lapis pondasi bawah disajikan pada tabel 2.24

Tabel 2.24 Koefisien kekuatan relatif bahan jalan (a)

Jenis Bahan	Kekuatan Bahan					Koefisien Kekuatan Relatif			
	Modulus Elastisitas		Stabilitas Marshal (kg)	Kuat Tekan Bebas (kg/cm <sup>2</sup> )	ITS (kPa)	CBR (%)	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>
	(MPa)	(x1000 psi)							
Lapis Permukaan									
LastonModifikasi									
-Lapis Aus	3.200	460	1000				0,414		

Modifikasi									
-Lapis Antara Modifikasi Laston	3.500	508	1000				0,36		
-Lapis Aus	3.000	435	800				0,400		
-Lapis Antara Lataston	3.200	464	800				0,344		
-Lapis Aus	2.300	340	800				0,350		
1. Lapis Pondasi									
Lapis Pondasi Laston Modifikasi	3.700	536	2250					0,305	
Lapis Pondasi Laston	3.300	480	180					0,290	
Lapis Pondasi Lataston	2.400	350	800						
Lapis Pondasi LAPEN								0,190	
CMRFB ( <i>Cold Mix Recycling Foam Bitumen</i> )								0,270	
Beton Padat Giling (BPG/RCC)	5.900	850		70				0,230	
CTB	5.350	776		45				0,210	
CTRB ( <i>Cement Treated Recycling Base</i> )	4.450	645		35				0,170	
CTSB ( <i>Cement Treated Subbase</i> )	4.450	645		30				0,170	
CTRSB ( <i>Cement Treated Recycling Subbase</i> )	4.270	619		35				0,160	
Tanah Semen	4.000	580		24				0,145	
Tanah Kapur	3.900	566		20				0,140	
Agregat Kelas A	200	29				90		0,135	
2. Lapis Pondasi Bawah									
Agregat Kelas B	125	18				60			0,125
Agregat Kelas C	103	15				35			0,112

Konstruksi Telford									
Pemadatan Mekanis						52			0,104
-Pemadatan anual						32			0,074
Material Pilihan (Selected Material)	84	12				10			x0,080

Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012

#### 7. Pemilihan tipe lapisan beraspal

Tipe lapisan beraspal yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan kondisi jalan yang akan dibuat, yaitu sesuai dengan lalu lintas rencana serta kecepatan kendaraan (terutama truk) seperti tabel 2.25.

Tabel 2.25 Pemilihan tipe lapisan beraspal berdasarkan lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan

Lalu Lintas Rencana (Juta)	Tipe Lapisan Beraspal	
	Kecepatan Kendaraan; 20 – 70 km/jam	Kecepatan Kendaraan; $\geq$ 70 km/jam
< 0,3	Perancangan perkerasan lentur untuk lalu lintas rendah	
0,3 – 10	Lapis Tipis Beto Aspal Laston/HRS)	Lapis Tipis Beton Aspal (Laston/HRS)
10 – 30	Lapis Beton Aspal (Laston/AC)	Lapis Beton Aspal (Laston/AC)
$\geq$ 30	Lapis Beton Aspal Modifikasi (Laston Mod/AC-Mod)	Lapis Beton Aspal (Laston /AC)

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

#### 8. Ketebalan minimum lapisan perkerasan

Pada saat menentukan tebal lapis perkerasan, perlu dipertimbangkan keefektifannya dari segi biaya, pelaksanaan konstruksi dan batasan pemeliharaan untuk menghindari kemungkinan dihasilkannya perancangan yang tidak praktis.

Tabel 2.26 Tebal minimum lapisan perkerasan

Jenis Bahan	Tebal Minimum
-------------	---------------

	(inci)	(cm)
1. Lapis Permukaan		
Laston Modifikasi		
-Lapis Aus Modifikasi	1,6	4,0
-Lapis Antara Modifikasi	2,4	6,0
Laston		
-Lapis Aus	1,6	4,0
-Lapis Antara	2,4	6,01
Lataston		
-Lapis Aus	1,2	3,0
2. Lapis Pondasi		
Lapis Pondasi Laston Modifikasi	2,9	7,5
Lapis Pondasi Laston	2,9	7,5
Lapis Pondasi Lataston	1,4	3,5
Lapis Pondasi LAPEN	2,5	6,5
Agregat A	4,0	10,0
CMRFB ( <i>Cold Mix Recycling Foam Bitumen</i> )	6,0	15,00
Beton Padat Giling (BPG/RCC)	6,0	15,00
CTB	6,0	15,00
CTRB ( <i>Cement Treated Recycling Base</i> )	6,0	15,00
CTSB ( <i>Cement Treated Subbase</i> )	6,0	15,00
CTRSB ( <i>Cement Treated Recycling Subbase</i> )	6,0	15,00
Tanah Semen	6,0	15,00
Tanah Kapur	6,0	15,00
3. Lapis Pondasi Bawah		
Agregat Kelas B	6,0	15,00
Agregat Kelas C	6,0	15,00
Konstruksi Telford	6,0	15,00
Material Pilihan ( <i>Selected Material</i> )	6,0	15,00

Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012

## 2.9.2 Penentuan Nilai Struktur Yang Diperlukan

### 1. Persamaan dasar

Untuk suatu kondisi tertentu, penentuan nilai struktur perkerasan lentur (Indeks Tebal Perkerasan, SN) dapat dilakukan dengan menggunakan rumus 2.38.

$$\text{Log (W18)} = Z_r + S_0 + 9,36 \times \text{Log (Sn + 1)} - 0,20 + \frac{\text{Log} \left( \frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f} \right)}{0,40 + \frac{1094}{(sn+1)^{5,19}}} + 2,32 \text{ Log (Mr)} - 8,07 \dots\dots\dots(2.38)$$

Sesuai dengan rumus 2.38, penentuan nilai structural mencakup penentuan besaran-besaran sebagai berikut:

$W_{18}$ ( $W_t$ ) =	komulatif lalu lintas selama umur rencana
$Z_R$ =	deviasi normal standar sebagai fungsi dari tingkat kepercayaan ( $R$ ), yaitu dengan menganggap bahwa semua parameter masukan yang digunakan adalah nilai rata-ratanya.
$S_o$ =	gabungan <i>standard error</i> untuk perkiraan lalu lintas dan kinerja
$\Delta IP$ =	perbedaan antara indeks pelayanan pada awal umur rencana ( $IP_o$ ) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana ( $IP_t$ )
$M_R$ =	modulus resilien tanah dasar efektif (psi)
$IP_f$ =	indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)

## 2. Estimasi lalu lintas

Untuk mengestimasi volume komulatif lalu lintas selama umur rencana ( $W_{18}$ )

## 3. Tingkat kepercayaan dan pengaruh drainase

Untuk menetapkan tingkat kepercayaan atau reliabilitas dalam proses perancangan dan pengaruh drainase.

## 4. Modulus resilien tanah dasar efektif

Untuk menentukan modulus resilien akibat variasi musim, dapat dilakukan dengan pengujian dilaboratorium dan pengujian CBR lapangan, kemudian dikorelasi dengan nilai modulus resilien.

## 5. Pemilihan tebal lapisan

Perhitungan perancangan tebal perkerasan didasarkan pada kekuatan relative setiap lapisan perkerasan, dengan rumus 3.09.

$$SN = a_{1-1} \times D_{1-1} + a_{1-2} \times D_{1-2} + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3 \dots\dots\dots(2.39)$$

Keterangan :

- $a_1, a_2, a_3, =$  koefisien kekuatan lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah sesuai tabel 2.20.
- $D_1, D_2, D_3, =$  tebal lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah (inci) dan tebal minimum untuk setiap lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah sesuai tabel 2.24.
- $m_2, m_3 =$  koefisien drainase lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah sesuai tabel 2.22

6. Analisis perancangan tebal lapisan

Adapun tahapan perhitungan adalah sebagai berikut:

- a. Tetapkan umur rencana perkerasan dan jumlah lajur lalu lintas yang akan dibangun.
- b. Tetapkan indeks pelayanan akhir (IPt) dan susunan struktur perkerasan perkerasan rancangan yang diinginkan.
- c. Hitung CBR tanah dasar yang mewakili segmen, kemudian hitung modulus reaksi tanah dasar efektif ( $M_R$ ) dengan menggunakan rumus...
- d. Hitung lalu lintas rencana selama umur rencana yang telah ditetapkan, yaitu berdasarkan volume, beban sumbu setiap kendaraan, perkembangan lalu lintas. Untuk menganalisis lalu lintas selama umur rencana diperlukan coba-coba nilai SN dengan indeks pelayanan akhir (IPt) yang telah dipilih. Hasil iterasi selesai apabila prediksi lalu lintas rencana relative sama dengan (sedikit dibawah) kemampuan konstruksi perkerasan rencana yang diinterpretasikan dengan lalu lintas, yaitu dengan menggunakan rumus 3.08
- e. Tahap berikutnya adalah menentukan nilai structural seluruh lapis perkerasan diatas tanah dasar. Dengan cara yang sama, selanjutnya menghitung nilai structural bagian perkerasan di atas lapis pondasi bawah dan di atas lapis pondasi atas.

## 2.10 Bangunan Pelengkap

Untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas dan menghindari kerusakan akibat air yang berdampak pada kenyamanan pemakai jalan, diperlukan adanya bangunan pelengkap jalan. Bangunan-bangunan tersebut antara lain :

### a. Drainase

Drainase digunakan sebagai bangunan pelengkap jalan untuk mengalirkan air pada permukaan jalan secepat mungkin agar lalu lintas tetap lancar. Tahap-tahap perencanaan drainase adalah sebagai berikut :

#### 1. Data curah hujan

Pertama yang harus dilakukan adalah mendapatkan data curah hujan pada wilayah atau daerah dimana tempat perencanaan jalan. Data curah hujan yang dipakai adalah data curah hujan harian maksimum.

#### 2. Analisa Frekuensi dengan Metode Gumbel

Hujan Rata-rata ( $\bar{x}$ )

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x \quad \dots\dots\dots(2.40)$$

Dimana :

$\bar{x}$  = Hujan Rata-rata      n = Banyaknya Data

$\sum x$  = Jumlah data curah hujan

#### 3. Standar Deviasi

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(x^2) - \bar{x} \cdot \sum x}{n-1}} \quad \dots\dots\dots(2.41)$$

Dimana :

$S_x$       = Standar Deviasi

n = Banyaknya data

$\bar{x}$  = Hujan Rata-rata

$\sum x$       = Jumlah data curah hujan

$\sum x^2$       = Jumlah data curah hujandikuadratkan

.

## 4. Frekuensi Hujan pada Periode Ulang T

$$R_t = \bar{x} + K \cdot S_x \dots\dots\dots (2.42)$$

Dimana :

$R_t$  = Frekuensi Hujan pada Periode Ulang T (mm)

$\bar{x}$  = Hujan Rata-rata

K = Faktor Frekuensi

$S_x$  = Standar Deviasi.

Tabel 2.27 Nilai (K) sesuai lama pengamatan

T (Tahun)	Lama Pengamatan (tahun)				
	10	15	20	25	30
2	0,1355	0,1434	0,1478	0,1506	0,1526
5	1,0580	0,9672	0,9186	0,8878	0,8663
10	1,8482	1,7023	1,6246	1,5752	1,5408
20	2,6064	2,4078	2,3020	2,2348	2,1881
25	2,8468	2,6315	2,5168	2,4440	2,3933
30	3,5875	3,3207	3,1787	3,0884	3,0256

Sumber : Perencanaan Teknik Jalan Raya, Hendarsin:2000

5. Waktu In-Let ( $T_1$ )

$$T_1 = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times L_t \times \frac{nd}{\sqrt{k}} \right)^{0,167} \dots\dots\dots (2.43)$$

Dimana :

$T_1$  = Waktu In-Let (menit)

$L_t$  = Jarak dari titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

$nd$  = Koefisien Hambatan

$k$  = Kemiringan daerah pengaliran/tanah (%)

Tabel 2.28 Koefisien Hambatan

Kondisi Permukaan yang Dilalui Aliran	Nd
Lapisan Semen dan Aspal Beton	0,013

Permukaan Halus dan Kedap Air	0,02
Permukaan Halus dan Padat	0,10
Lapangan dengan Rumput Jarang, Ladang, dan Tanah Lapang Kosong dengan Permukaan Cukup Kasar	0,20
Ladang dan Lapangan Rumput	0,40
Hutan	0,60
Hutan Rimba	0,80

Sumber : Perencanaan Teknik Jalan Raya, Hendarsin:2000

#### 6. Waktu Aliran dalam Saluran ( $t_2$ )

$$T_2 = \frac{L}{60V} \dots\dots\dots (2.44)$$

Dimana :

$T_2$  = Waktu Aliran dalam Saluran (menit)

$L$  = Panjang Saluran yang Ditinjau (m)

$V$  = Kecepatan rata-rata Aliran dalam Saluran (m/dt)

Tabel 2.29 Kecepatan Aliran Air Berdasarkan Jenis Material

Jenis Bahan	Kecepatan Aliran Air yang Diizinkan (m/detik)
Pasir halus	0,45
Lempung kepasiran	0,50
Lanau aluvial	0,60
Kerikil halus	0,75
Lempung kokoh	0,75
Lempung padat	1,10
Kerikil kasar	1,20
Batu-batu besar	1,50
Pasangan batu	1,50
Beton	1,50
Beton hertulang	1,50

Sumber : Petunjuk Desain Drainase Permukaan Jalan; 1990

#### 7. Waktu Konsentrasi ( $T_c$ )

$$T_c = T_1 + T_2 \dots\dots\dots (2.45)$$

Dimana :

$T_c$  = Waktu konsentrasi (jam)

$T_1$  = Waktu In-Let (menit)

$T_2$  = Waktu Aliran dalam Saluran (menit)

## 8. Intensitas Curah Hujan (I)

$$I = \frac{R_t}{24} \times \left[ \frac{24}{T_c} \right]^{2/3} \dots\dots\dots (2.46)$$

Dimana :

I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam)

R<sub>t</sub> = Frekuensi Hujan (mm)

T<sub>c</sub> = Waktu Konsentrasi (jam)

## 9. Luas Daerah Pengaliran (A)

$$A = (L_1 + L_2 + L_3) \cdot L \dots\dots\dots (2.47)$$

Dimana :

A = Luas Daerah Pengaliran (km<sup>2</sup>)

L<sub>1</sub> = Lebar Badan Jalan (m)

L<sub>2</sub> = Lebar Bahu Jalan (m)

L<sub>3</sub> = Panjang Drainase yang Ditinjau (m)

L = Jarak dari titik terjauh ke drainase (m)

10. Koefisien Pengaliran (C<sub>w</sub>)

$$C_w = \frac{C_1 \cdot L_1 + C_2 \cdot L_2 + C_3 \cdot L_3}{L_1 + L_2 + L_3} \dots\dots\dots (2.48)$$

Dimana :

C<sub>w</sub> = Koefisien Pengaliran

C<sub>1</sub> = Koefisien Pengaliran pada Badan Jalan

C<sub>2</sub> = Koefisien Pengaliran pada Bahu Jalan

C<sub>3</sub> = Koefisien Pengaliran pada Sisi Luar Jalan

L<sub>1</sub> = Lebar Badan Jalan (m)

L<sub>2</sub> = Lebar Bahu Jalan (m)

L<sub>3</sub> = Panjang Drainase yang Ditinjau (m)

## 11. Debit Limpasan (Q)

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots (2.49)$$

Dimana :

Q = Debit Limpasan ( $\text{m}^3/\text{jam}$ )

C = Koefisien Pengaliran

I = Intensitas Curah Hujan ( $\text{mm}/\text{jam}$ )

A = Luas Daerah Pengaliran ( $\text{km}^2$ )

## 12. Penampang Basah Saluran (Ad)

$$A_d = \frac{Q}{v} \dots\dots\dots (2.50)$$

Dimana :

Ad = Penampang Basah Saluran ( $\text{m}^2$ )

Q = Debit Limpasan ( $\text{m}^3/\text{jam}$ )

V = Kecepatan Aliran Air ( $\text{m}/\text{det}$ )

## 13. Cari ukuran Penampang Ekonomis

Rumus penampang ekonomis :

$$b = 2.h$$

$$A_d = b . h$$

$$= 2h . h$$

$$= 2h^2 \dots\dots\dots (2.51)$$

Dimana :

b = Lebar Saluran (m)

h = Tinggi/dalam Saluran (m)

Ad = Penampang Basah Saluran ( $\text{m}^2$ )

## 14. Mencari Tinggi Jagaan (W)

$$W = \sqrt{0.5 x h} \dots\dots\dots (2.52)$$

Dimana:

W = Tinggi Jagaan (m)

H = Tinggi/dalam saluran (m)

#### 15. Kemiringan Saluran (I)

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

Dimana :

V= Kecepatan Aliran Air (m/det)

R= Jari-jari hidrolis (m)

I = Kemiringan Saluran (m)

#### b. *Box Culvert*

Box Culvert adalah gorong-gorong persegi dari beton bertulang yang kaku dengan konstruksi plat dingsing, plat alas dan plat atas menyatu berupa kotak atau *box*. Untuk perhitungan dimensi *box culvert* sama dengan perhitungan drainase berbentuk persegi yang telah diterangkan sebelumnya.

### 2.11 Pengelolaan Proyek

Untuk meyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi yang tepat diperlukan adanya hubungan ketergantungan antar bagian-bagian pekerjaan dengan pekerjaan lainnya. Oleh karena itu dengan adanya pengelolaan proyek maka pekerjaan yang akan dikerjakan akan dapat sesuai dengan sasaran dan tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya

Pengelolaan proyek harus diatur secara baik agar pelaksanaan proyek berjalan sesuai dengan aturan, maka dari itu diperlukan pengaturan manajemen proyek dan perhitungan anggaran biaya proyek. Manajemen proyek adalah semua kegiatan perencanaan, pelaksanaan, pengendalian sumber daya untuk mencapai tujuan proyek yang tepat biaya, tepat mutu, dan waktu.

Estimasi biaya proyek adalah proses perkiraan perhitungan biaya yang dibutuhkan pada proyek konstruksi atau bangunan . Guna perhitungan dari Biaya RAB). Untuk menghitung anggaran biaya dari proyek, maka langkah –langkah yang dilakukan antara lain sebagai berikut( RAB). Untuk menghitung anggaran biaya dari proyek, maka langkah-langkah yang dilakukan antara lain sebagai

berikut :

### **2.11.1 Daftar harga satuan bahan dan upah**

Daftar satuan bahan dan upah adalah harga yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga tempat proyek berada karena tidak setiap daerah memiliki standar yang sama. Penggunaan daftar upah ini juga merupakan pedoman untuk menghitung rancangan anggaran biaya pekerjaan dan upah yang dipakai kontraktor. Adapun harga satuan bahan dan upah adalah harga yang termasuk pajak –pajak.

### **2.11.2 Analisa satuan harga pekerjaan**

Yang dimaksud dengan analisa satuan harga adalah perhitungan-perhitungan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Gunanya agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat di dalam analisa satuan harga ini nantinya akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya. Adapun yang termasuk di dalam analisa satuan harga ini adalah :

a. .Analisa harga satuan perkerjaan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan-perhitungan biaya pada setiap pekerjaan yang ada pada suatu proyek. Dalam menghitung analisa satuan pekerjaan, sangatlah erat hubungannya dengan daftar harga satuan bahan dan upah.

b. .Analisa satuan alat berat.

Perhitungan analisa satuan alat berat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu :

1. Pendekatan *on the job*, yaitu pendekatan yang dimaksudkan untu mendapatkan hasil perhitungan produksi berdasarkan data yang diperoleh dari data hasil lapangan dan data ini biasanya di dapat dari pengaatan / obsertasi di lapangan.
2. Pendekatan *off the job*, yaitu pendekatan yang dipakai untuk memperoleh hasil perhitungan berdasarkan standar yang biasanya ditetapkan oleh

pabrik pebuat

### **2.11.3 Menghitung volume pekerjaan**

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga satuan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada didalam suatu proyek tersebut

### **2.11.4 Menghitung rencana anggaran biaya**

Rencana anggaran biaya adalah merencanakan banyaknya biaya yang akan digunakan serta susunan pelaksanaannya. Dalam perencanaan anggaran biaya perlu dilampirkan analisa harga satuan bahan dari tiap pekerjaan agar jelas jenis-jenis pekerjaan dan bahan yang digunakan.

### **2.11.5 Rekapitulasi biaya**

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya.

### **2.11.6 Rencana kerja (*time schedule*)**

Rencana kerja yaitu suatu pembagian waktu secara rinci yang disediakan untuk masing-masing bagian pekerjaan dari pekerjaan awal sampai pekerjaan akhir. Manfaat dan kegunaan rencana kerja sebagai berikut :

1. Alat koordinasi bagi pemimpin
2. Pedoman kerja para pelaksana
3. Penilaian kemajuan perkerjaan
4. Evaluasi hasil pekerjaan

Cara menyusun rencana kerja :

1. Daftar bagian-bagian pekerjaan

Berisi semua bagian pekerjaan pokok yang ada dan pembangunan yang akan dilaksanakan, termasuk didalamnya perincian jenis-jenis pekerjaan dari masing-masing pekerjaan.

2. Urutan kegiatan

Disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan penentuan / pemilihan dari bagian pekerjaan yang harus dilakukan lebih dahulu dan bagian-bagian pekerjaan yang dapat dilaksanakan kemudian, tidak memungkinkan adanya bagian-bagian pekerjaan yang dapat dilaksanakan secara bersamaan.

3. Waktu pelaksanaan pekerjaan.

Jangka waktu pelaksanaan dari seluruh pekerjaan yang dihitung dari permulaan pekerjaan sampai dengan seluruh pekerjaan selesai, dimana waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan bagian-bagian pekerjaan yang didapat dari penjumlahan dari waktu untuk menyelesaikan jenis-jenis pekerjaan dari bagian-bagian pekerjaan yang bersangkutan.

4. Rencana kerja terdiri dari :

a. Kurva S

Kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dari tahap pertama sampai berakhirnya pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang di dapat dari perbandingan antara harga pekerjaan dengan harga total keseluruhan dari jumlah harga penawaran.

b. *Barchart*

Diagram *barchart* mempunyai hubungan yang erat dengan *network planning*, *barchart* ditunjukkan dengan diagram batang yang dapat menunjukkan lamanya waktu pelaksanaan. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

Barchart mempunyai kelebihan dan kekurangan sebagai berikut :

- Mudah di baca
- Mudah dibuat
- Bersiat sederhana.

Kekurangan Barchart sebagai berikut :

- Sulit digunakan untuk pekerjaan yang besar
- Tidak terperinci.
- Apabila terdapat kesalahn sukar untuk mengadakan perbaikan.
- Tidak menunjukkan secara spesifik adanya hubungan ketergantungan

c. *Network Planning (NWP)*

Yaitu suatu teknik baru dalam bidang perencanaan dan pengawasan suatu proyek dan juga merupakan salah satu model yang digunakan dalam penyelenggaraan proyek. Fungsi dari NWP adalah lebih menekankan kepada pengaturan jadwal kerja proyek, jumlah hari kerja, mengkoordinasikan berbagai pekerjaan serta dapat mengetahui apakah suatu pekerjaan bebas atau tergantung dengan pekerjaan lain.

Suatu diagram jaringan kerja terdiri dari (a) sejumlah nodes atau event (kejadian) masing – masing adalah sasaran sasaran yang harus diselesaikan agar proyek seklesai, dan (b) garis – garis yang menghubungkan satu node dengan node yang lainnya yang merupakan kegiatan. Perkiraan waktu untuk melaksanakan tiap – tiap kegiatan diperlihatkan pada diagram. Kegiatan – kegiatan ini adalah paket – paket pekerjaan. Jadi diagram jaringan kerja memperlihatkan urutan – urutan kronologis dimana *event* harus diselesaikan dalam rangka menyelesaikan keseluruhan proyek. ( *Richard D. Irwin, Inc,1984*).

NWP memiliki beberapa tipe yaitu :

- *Critical Path Method (CPM)*

- *Precedence Path Method (PDM)*
- *Program Evaluation and Review Technique (PERT)*
- *Graf Evaluation and Technique (GERT)*

Langkah-langkah dalam pembuatan NWP :

1. Tentukan jenis-jenis kegiatan yang ada
2. Urutkan jenis-jenis kegiatan tersebut
3. Tentukan kaitan jenis kegiatan yang mempunyai hubungan
4. Tentukan lamanya waktu penyelesaian setiap jenis kegiatan
5. Buat NWP / diagram jaringan kerjanya.

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan NWP :

- Dalam penggambaran NWP harus jelas dan mudah dibaca
- Harus dimulai dari *even* atau kejadian dan diakhiri pada *even* atau suatu kejadian
- Kegiatan disimbolkan dengan anak panah yang lurus dan tidak boleh patah
- Diantara dua kejadian hanya boleh ada satu anak panah.
- Penggunaan dummy digunakan seperlunya saja.

Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP :

- → (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktivitas atau kegiatan. Ini adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan *resources* tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.
- (*Node* atau *event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan-kegiatan.
- *Double arrow*, anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasi kritis (*critical path*)
- *Dummy*, bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya

kegiatan *serum* atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktivitas yang tidak menekan waktu. Aktivitas semu hanya boleh dipakai bila tidak ada cara lain untuk menggambarkan hubungan-hubungan aktivitas yang ada dalam suatu *network*.