

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Perencanaan Geometrik**

Menurut Hendarsin (2000) bahwa 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).

Secara umum perencanaan geometrik menyangkut perencanaan bagian-bagian jalan seperti lebar badan dan bahu jalan, tikungan, drainase, jarak pandang, kelandaian, kebebasan samping, lengkung vertikal, jalur lalu lintas, galian dan timbunan serta kombinasi antara bagian-bagian tersebut. 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) bahwa 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 surtu 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 perencanaan dan desain suatu jalan, karena kapasitas jalan yang 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 ekivalensi (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**

Pengukuran peta topografi digunakan untuk mengumpulkan data topografi yang cukup guna menentukan kecepatan sesuai dengan daerahnya. 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 :

- a. Pekerjaan perintisan untuk pengukuran, dimana secara garis besar ditentukan kemungkinan rute alternative dan trase jalan.
- b. Kegiatan pengukuran meliputi :
  1. Penentuan titik kontrol *vertical* dan *horizontal* yang dipasang setiap interval 100 meter pada rencana as jalan.
  2. Pengukuran situasi selebar kiri dan kanan dari jalan yang dimaksud dan disebutkan serta tata guna tanah disekitar trase jalan.
  3. Pengukuran penampang melintang (*cross section*) dan penampang memanjang.
  4. Perhitungan perencanaan desain jalan dan penggambaran peta topografi berdasarkan titik koordinat kontrol 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 State Highway and Transportation Officials*), pemadatan dan nilai CBR (*California Bearing Ratio*).Pengambilan dsata CBR dilapangan dilakukan

disepanjang ruasjalan 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 grafis.

a. 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

b. 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 persentasedari 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

## 2. Analisa

Membakukan analisa 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*),  $e$  (*Berat Isi*),  $e_v$  (*Voidratio/angkapori*),  $n$  (*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. Pemadatan :  $d$  maks dan  $w_{opt}$ 
    - Pemadatan standar/proctor
    - Pemadatan modifikasi
    - Dilapangan di cek dengan *sandcone*  $\pm 100\%$   $d$  maks
  4. CBR laboratorium ( CBR rencana ), berdasarkan pemadatan  $d$  maks dan  $w_{opt}$ 
    - CBR lapangan : DCP 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 material yang ada selanjutnya melakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut yang akan dilakukan berdasarkan survey langsung dilapangan maupun dengan pemeriksaan di laboratorium.
2. Penyelidikan lokasi sumber daya material yang ada beserta perkiraan jumlahnya untuk pekerjaan – pekerjaan penimbunan pada jalan dan jembatan serta bangunan pelengkap jalan.

Pengidentifikasian material secara visual yang dilakukan oleh teknisi tanah di lapangan hanya berdasarkan gradasi butiran dan karakteristik keplastisannya saja yaitu :

1. Tanah berbutir kasar

Tanah yang termasuk dalam kelompok ini adalah kerikil, pasir, dan dominan kerakal.

2. Tanah berbutir halus

Di lapangan tanah kelompok ini sudah untuk dibedakan secara visual antara lempung dan lanau, kecuali dengan cara perkiraan karakteristik plastisnya. (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 yaitu peta topografi, sumbu jalan rencana diplotkan pada peta dasar (peta topografi atau peta rupa bumi), sehingga gambaran topografi daerah yang akan dilalui route 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 merupakan aspek penting yang pertama kali harus diidentifikasi sebelum melakukan perancangan jalan. Karena kriteria desain suatu rencana jalan yang ditentukan dari standar desain ditentukan oleh klasifikasi jalan rencana. Pada prinsipnya klasifikasi jalan dalam standar desain (baik untuk jalan dalam kota maupun jalan luar kota)

didasarkan kepada klasifikasi jalan menurut undang-undang dan peraturan pemerintah yang berlaku.

1) Klasifikasi menurut fungsi jalan

Klasifikasi menurut fungsi jalan terbagi atas :

- a. Jalan arteri adalah jalan yang melayani angkutan umum dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
- b. Jalan kolektor adalah jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- c. Jalan lokal adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

2) Klasifikasi menurut kelas jalan

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

Tabel 2.3 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

F u n g s i	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	

Sumber :Tata Cara Perencanaan Jalan Geometrik Antar Kota, hal 4; 1997

- 3) Klasifikasi jalan di Indonesia menurut Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPGJR, 1970) dapat dikelompokkan berdasarkan kapasitas lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang dilayani dalam satuan smp. Klasifikasi jalan berdasarkan lalu lintas harian rata-rata dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Klasifikasi Jalan Berdasarkan LHR

Klasifikasi Fungsi	Kelas	Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) dalam Satuan SMP
Utama	I	> 20.000
Sekunder	II A	6000 s/d 20.000
	II B	1500 s/d 8000
	II C	< 2000
Penghubung	III	

Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970

- 4) Klasifikasi menurut medan jalan

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

Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam tabel 2.5.

Tabel 2.5 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

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

Sumber : Tata Cara Perencanaan Jalan Geometrik Antar Kota, hal 5; 1997

5) Klasifikasi jalan berdasarkan wewenang dan pembinaan jalan

Pada klasifikasi jenis ini, suatu ruas jalan dapat dibedakan menjadi beberapa golongan, yaitu :

- a. Jalan negara, yaitu : jalan yang menghubungkan ibu kota provinsi.
- b. Jalan provinsi, yaitu : jalan yang menghubungkan antar tempat/kota didalam suatu provinsi.
- c. Jalan kabupaten/kotamadya, yaitu : jalan yang meliputi lingkungan kabupaten maupun kotamadya.
- d. Jalan desa, yaitu : jalan yang ada pada lingkungan suatu desa.

Selain jalan negara, yang pendanaannya dibiayai oleh Pemerintah Pusat, jalan–jalan tersebut juga dibiayai oleh pemerintah daerah setempat, baik Pemerintah Daerah Tingkat I maupun Pemerintah Daerah Tingkat II.

### 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 :

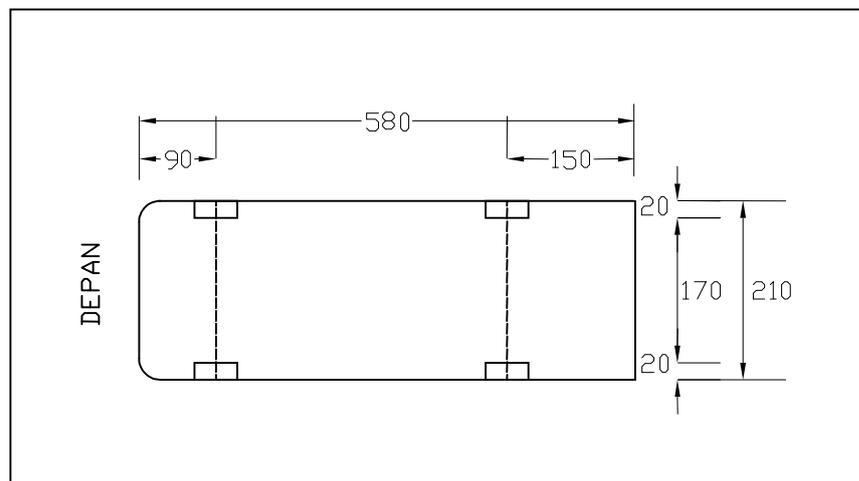
- Kendaraan kecil, diwakili oleh mobil penumpang.
- Kendaraan sedang, diwakili oleh truk 3 as *tandem* atau bus besar 2 as.
- Kendaraan besar, diwakili oleh truk-semi-*trailer*.

Dimensi dasar untuk masing-masing kategori kendaraan rencana ditunjukkan dalam tabel 2.6, dan sketsa dimensi kendaraan rencana dapat dilihat pada gambar 2.1, 2.2 dan 2.3.

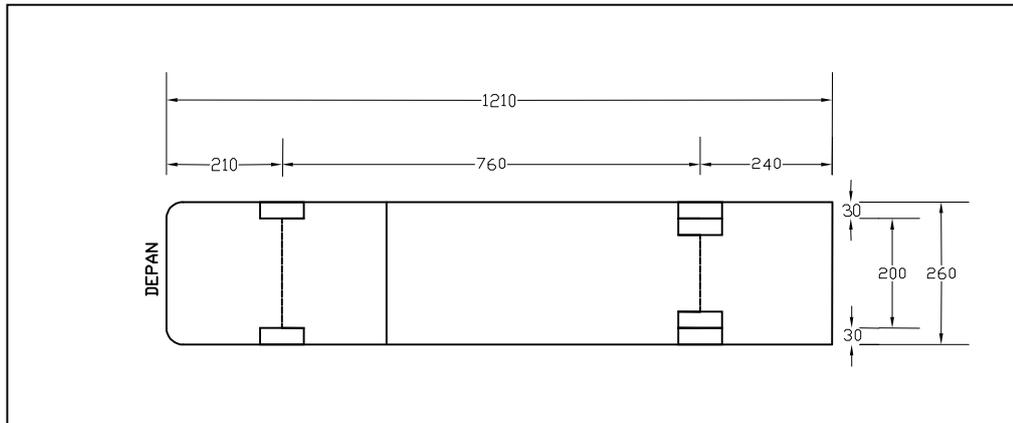
Tabel 2.6 Dimensi Kendaraan Rencana

Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar (cm)		Radius Tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min.	Maks.	
Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

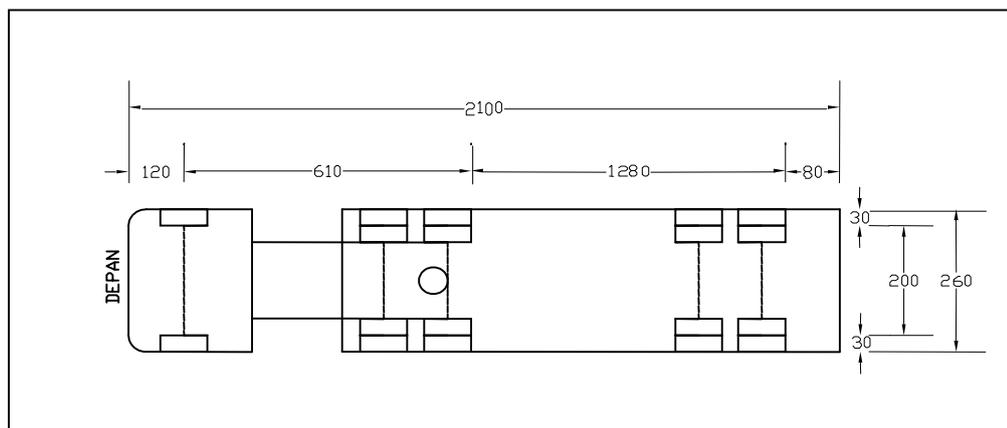
Sumber : Tata Cara Perencanaan Jalan Geometrik Antar Kota, hal 6; 1997



Gambar 2.1 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Besar

## 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 kepada :

- 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 2.7.

Tabel 2.7 Kecepatan Rencana ( $V_R$ ) Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Kelas Jalan

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

Sumber : *Tata Cara Perencanaan Jalan Geometrik Antar Kota*, hal 11; 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 2.8.

Tabel 2.8 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 : *Buku Pedoman Perencanaan Geometrik Jalan Raya*, hal 3, 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 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.

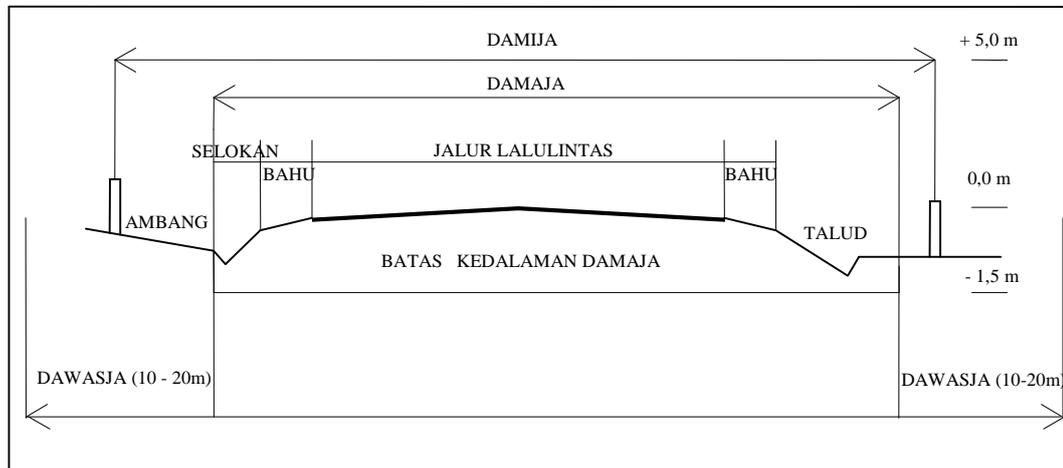
3) Daerah pengawasan jalan (Dawasja)

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 2.4.



**Gambar 2.4 Bagian dari struktur jalan**

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)
- b. 1 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 (n/2 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 :

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

Lebar lajur tergantung pada kecepatan dari kendaraan rencana, yang dalam hal ini dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan seperti ditetapkan dalam tabel 2.9

Tabel 2.9 Lebar Lajur Jalan Ideal

Fungsi	Kelas	Lebar Lajur Ideal (m)
Arteri	I	3,75
	II, III A	3,50
Kolektor	IIIA, III B	3,00
Lokal	III C	3,00

Sumber :Tata Cara Perencanaan Jalan Geometrik Antar Kota, hal 17; 1997

## 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.

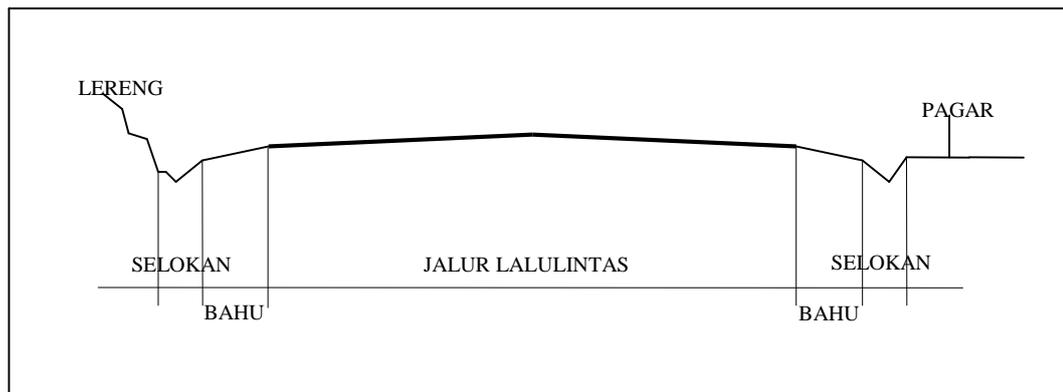
### 5) Selokan

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).

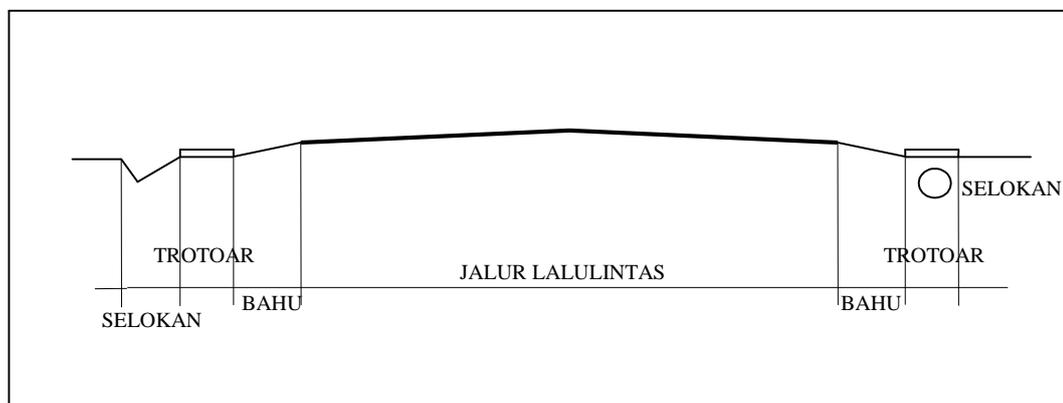
### 6) Lereng

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.

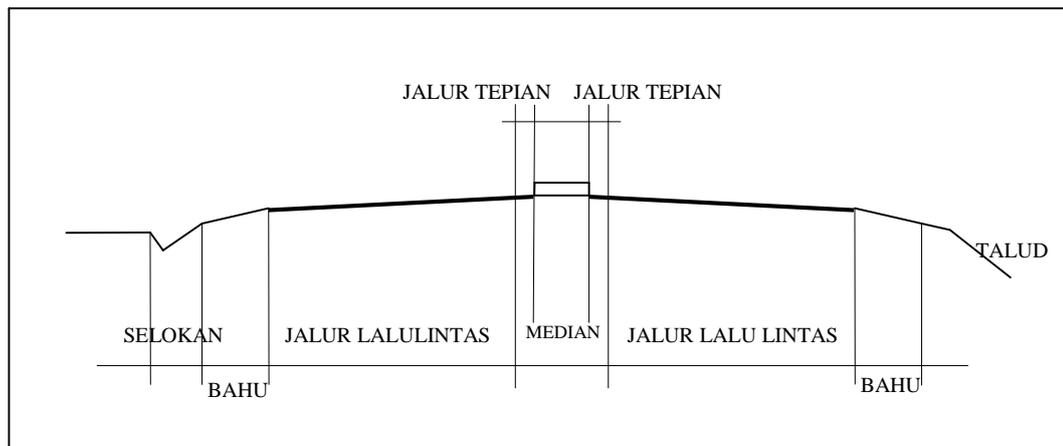
Gambar penampang melintang jalan dengan tipikal-tipikal diatas dapat dilihat pada gambar 2.5, 2.6, dan 2.7



Gambar 2.5 Tipikal Penampang Melintang Jalan



Gambar 2.6 Tipikal Penampang Melintang Jalan yang Dilengkapi Trotoar



Gambar 2.7 Tipikal Penampang Melintang Jalan yang Dilengkapi Median

## 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 2.10

Tabel 2.10 Jarak Pandang Henti (Jh) Minimum

$V_R$ (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 Jalan Geometrik Antar Kota, hal 21; 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 2.11

Tabel 2.11 Panjang Jarak Mendahului

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

Sumber : Tata Cara Perencanaan Jalan Geometrik Antar Kota, hal 22; 1997

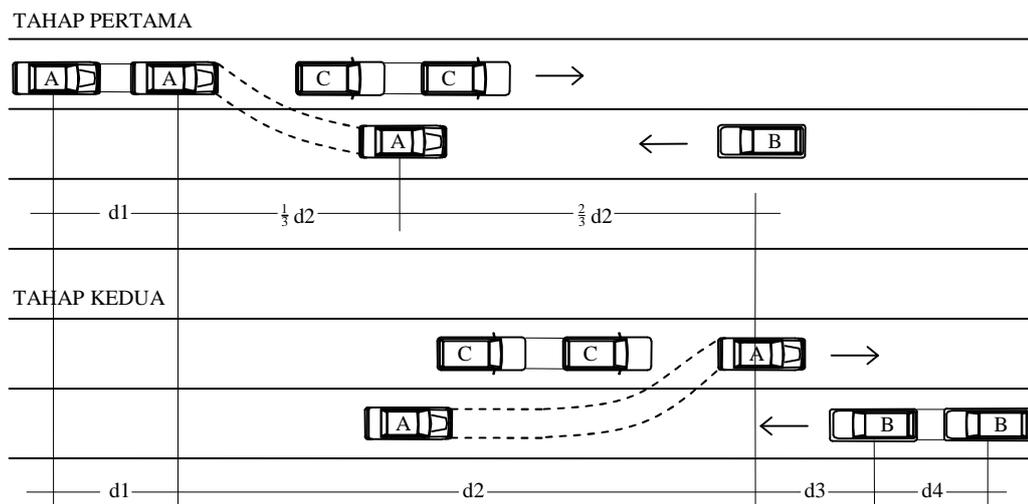
Daerah yang mendahului harus disebar di sepanjang jalan dengan jumlah panjang minimum 30% dari panjang total ruas jalan tersebut.

Adapun asumsi yang diambil dalam perhitungan adalah :

- Kendaraan yang disalip berjalan dengan kecepatan tetap.
- Sebelum penyiap berada dijalur 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 2.8.



Keterangan : A = Kendaraan yang mendahului  
 B = Kendaraan yang berlawanan arah  
 C = Kendaraan yang didahului kendaraan A

**Gambar 2.8 Proses Gerakan Mendahului (2/2 TB)**

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

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

$$d2 = 0,278 Vr T2$$

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

Tabel 2.12 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*

$$d4 = 2/3 d2$$

dimana :

$$T1 = \text{Waktu dalam detik, } (2,12 + 0,026 Vr)$$

$$T2 = \text{Waktu kendaraan berada di jalur lawan (detik), } (6,56 + 0,048 Vr)$$

$$a = \text{Percepatan rata-rata km/jam/detik, } (2,052 + 0,0036 Vr)$$

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

## 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 kekiri/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 2,5 menit (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 2.12.

Tabel 2.12 Panjang Jari-jari Minimum (dibulatkan) untuk  $e_{\text{mak}} = 10\%$

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

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

##### 2) Jenis-jenis tikungan

Jenis tikungan yang umum digunakan dalam perencanaan suatu jalan antara lain:

###### a) Bentuk lingkaran (*Full Circle = FC*)

*Full circle* adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan *full circle* hanya digunakan untuk  $R$  (jari-jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan  $R$  kecil

maka diperlukan superelevasi yang besar. Jari-jari tikungan untuk tikungan jenis *full circle* ditunjukkan pada tabel 2.13.

Tabel 2.13 Jari-jari Tikungan Yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

$V_R$ (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
$R_{min}$ (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 :

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

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

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

Dimana :

= sudut tangen

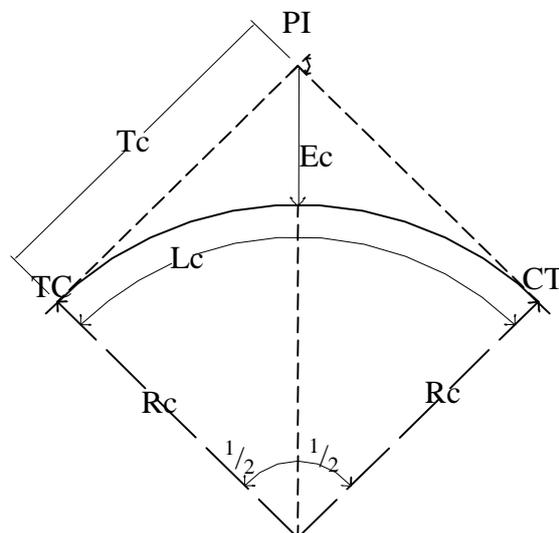
$Tc$  = panjang tangen jarak dari TC ke PI atau PI ke CT

$Rc$  = jari-jari lingkaran

$Ec$  = jarak luar dari PI ke busur lingkaran

$Lc$  = panjang busur lingkaran

Komponen-komponen untuk tikungan *full circle* dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Komponen *Full Circle*b) Lengkung peralihan (*Spiral – Circle – Spiral = S – C – S*)

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran, jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lurus dan bagian lingkaran (*circle*), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran. Lengkung peralihan dengan bentuk spiral (*clothoid*) banyak digunakan juga oleh Bina Marga. Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan S - C - S. 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 maksimum (3 detik) untuk melintasi lengkung peralihan, maka panjang lengkung :

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} T \dots\dots\dots(2.4)$$

- Berdasarkanantisipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus modifikasi Shortt, sebagai berikut :

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

- Berdasarkan tingkat pencapaian kelandaian :

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

Dimana :

T = Waktu tempuh (3 detik)

$V_R$  = Kecepatan rencana (km/jam)

Rc = Jari-jari lingkaran (m)

C = Perubahan percepatan (0,3 – 1,0) disarankan 0,4 m/det<sup>3</sup>

e = Superelevasi (%)

$e_m$  = Superelevasi maksimum (%)

$e_n$  = Superelevasi normal (%)

$r_e$  = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan, sebagai berikut :

- Untuk  $V_R \leq 70$  km/jam nilai  $r_e$  mak = 0,035 m/m/det
- Untuk  $V_R > 80$  km/jam nilai  $r_e$  mak = 0,025 m/m/det

Adapun rumus yang digunakan untuk menentukan tikungan *spiral – circle – spiral* yaitu :

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

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

$$\theta_s = \frac{90}{f} \frac{L_s}{Rc} \dots\dots\dots (2.9)$$

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

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

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

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

$$L_c = \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times f \times Rc \dots\dots\dots (2.14)$$

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

Kontrol :  $L_{tot} < 2.T_s$

Dimana :

$L_s$  = panjang lengkung peralihan

$X_s$  = absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC

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

$L_c$  = panjang busur lingkaran

$T_s$  = panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST

$E_s$  = jarak dari PI ke busur lingkaran

$s$  = sudut lengkung spiral

= sudut tangen

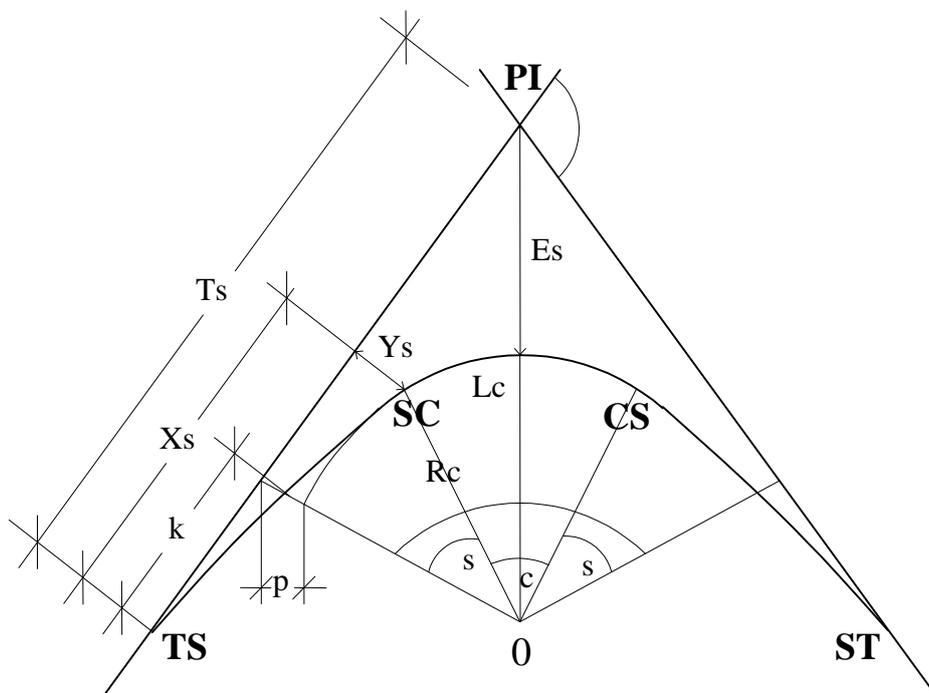
$R_c$  = jari-jari lingkaran

$p$  = pergeseran tangen terhadap spiral

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

Jika diperoleh  $L_c < 25$  m, maka sebaiknya tidak digunakan bentuk S - C - S, tetapi digunakan lengkung S - S, yaitu lengkung yang terdiri dari dua buah lengkung peralihan.

Komponen-komponen untuk tikungan *spiral - circle - spiral* dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Komponen *Spiral - Circle - Spiral*

c) Bentuk lengkung peralihan (*Spiral – Spiral = S – S*)

*Spiral – Spiral (S – S)* yaitu bentuk tikungan yang digunakan pada keadaan yang sangat tajam.

Untuk *spiral – spiral* ini berlaku rumus sebagai berikut :

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

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

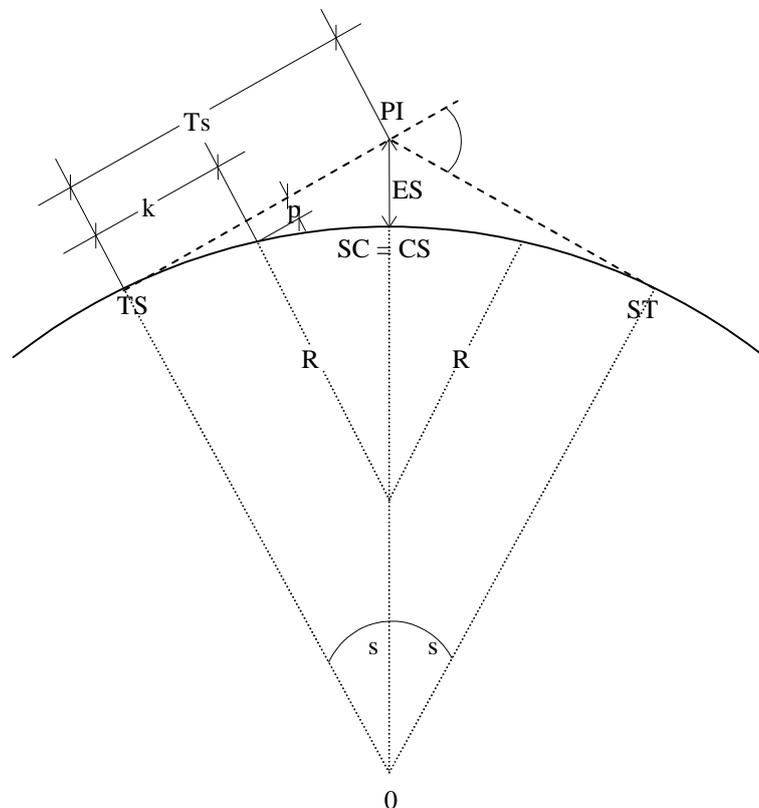
Untuk menentukan  $L_s$ , dapat menggunakan rumus :

$$L_s = \frac{(s_s \cdot f \cdot R_c)}{90} \dots\dots\dots (2.18)$$

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).

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



Gambar 2.11 Komponen *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 ( $\Delta$ ) sampai awal lengkung peralihan (TS) yang berbentuk ( $\Delta$ ) pada bagian lurus jalan, ( $\Delta$ ) lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan (SC).
- c) Pada tikungan F - C, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bagian lurus sepanjang  $\frac{2}{3}L_s$  sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang  $\frac{1}{3}L_s$ .
- 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).

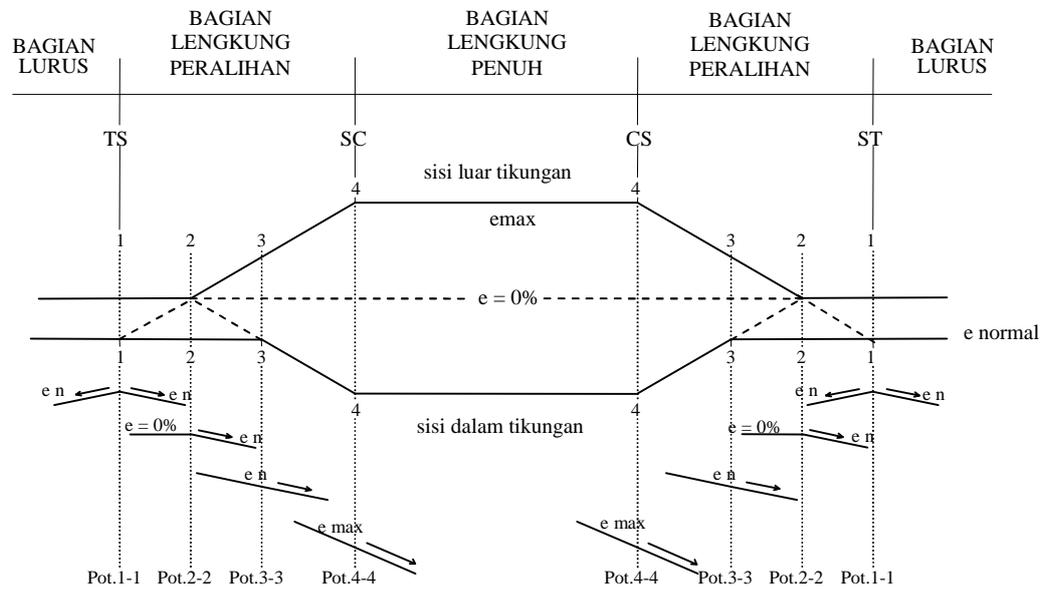
### 4) Diagram superelevasi

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.

Ada tiga cara untuk superelevasi yaitu :

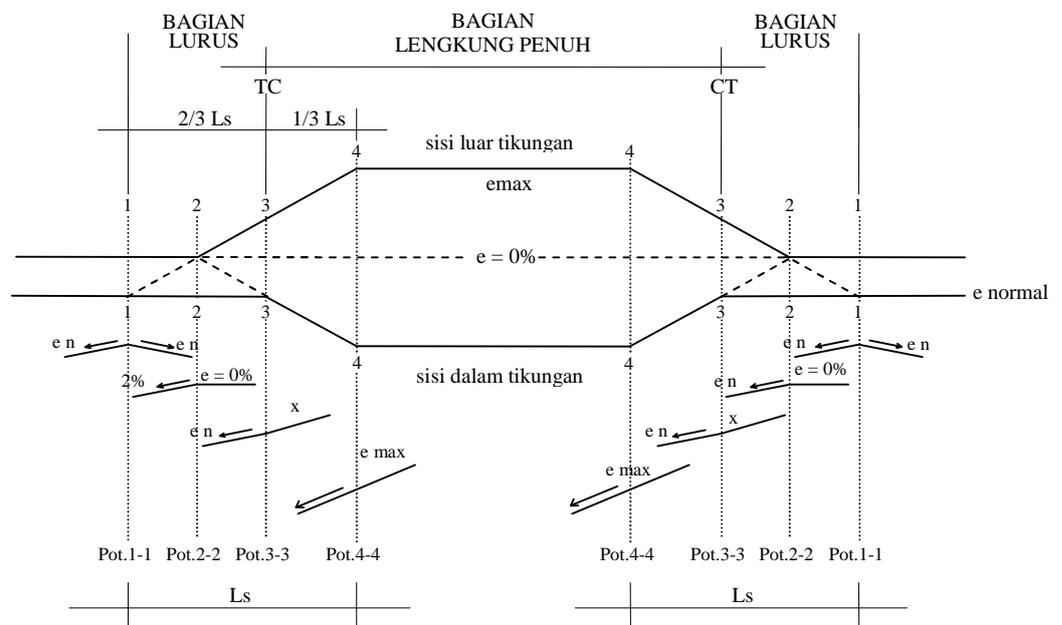
1. Memutar perkerasan jalan terhadap profil sumbu
2. Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah dalam
3. Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah luar

Adapun diagram pencapaian superelevasi pada tikungan *spiral – circle – spiral* dapat dilihat pada gambar 2.12



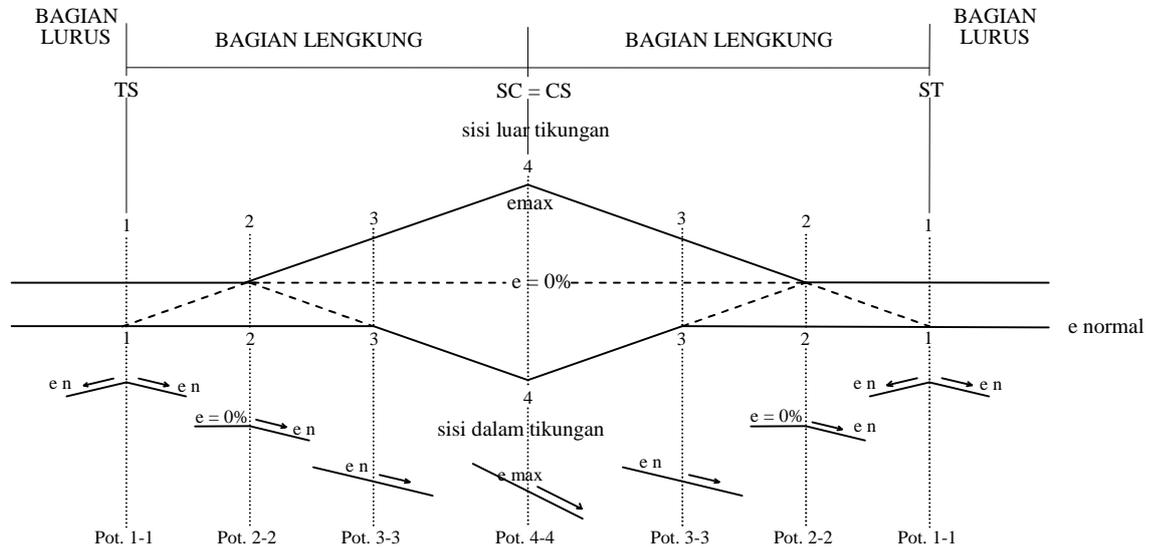
Gambar 2.12 Metoda Pencapaian Superelevasi pada Tikungan *Spiral – Circle – Spiral* (contoh untuk tikungan ke kanan)

Untuk tikungan *full circle*, diagram pencapaian superelevasi dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Metoda Pencapaian Superelevasi pada Tikungan *Full Circle* (contoh untuk tikungan ke kiri)

Untuk tikungan *spiral - spiral*, diagram pencapaian superelevasi dapat dilihat pada gambar 2.14



Gambar 2.14 Metoda Pencapaian Superelevasi pada Tikungan *Spiral - Spiral* (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 ( $L_s'$ ), adapun  $L_s'$  dihitung berdasarkan landai relatif maksimum.  $L_s'$  dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$L_s' = (e + e_n) \cdot B \cdot \frac{1}{m} \dots \dots \dots (2.19)$$

Dimana :

- $\frac{1}{m}$  = landai relatif, (%)
- $e$  = superelevasi, (m/m')
- $e_n$  = kemiringan melintang 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 :

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

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

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

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

$$b = Bt - Bn \dots\dots\dots (2.24)$$

Dimana :

$b$  = lebar kendaraan, (m)

$Rc$  = radius lengkung untuk lintasan luar roda depan yang besarnya dipengaruhi oleh sudut  $\theta$ , (m)

$R$  = radius lajur sebelah dalam / jari-jari tikungan, (m)

$V$  = kecepatan, (km/jam)

$Z$  = lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi di tikungan, (m)

$Bt$  = lebar total perkerasan di tikungan, (m)

$Bn$  = lebar total perkerasan pada bagian lurus, (m)

$n$  = jumlah lajur

$B$  = 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 m, dan 1,25 untuk lebar lajur 7,5 m

$b =$  tambahan 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  $J_h$  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 sumbu lajur sebelah dalam, (m)

$S =$  jarak pandangan, (m)

$L =$  panjang tikungan, (m)

## 2.8 Alinyemen vertikal

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-faktor yang harus dipertimbangkan dalam alinyemen 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

Kelandaian pada alinyemen vertikal jalan dapat dibedakan atas :

1. 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 bermuatan 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 2.14

Tabel 2.14 Kelandaian Maksimum yang diizinkan

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

Sumber : Tata Cara Perencanaan Jalan Geometrik Antar Kota ; 1997

Panjang maksimum landai yang masih dapat diterima tanpa mengakibatkan gangguan jalannya arus 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 ini diperlukan sebagai batasan panjang kelandaian maksimum agar pengurangan kecepatan kendaraan tidak lebih dari separuh  $V_r$ . Panjang kritis landai tersebut ditunjukkan pada tabel 2.15.

Tabel 2.15 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 : *Tata Cara Perencanaan Jalan Geometrik Antar Kota ; 1997*

## 2. Kelandaian minimum

Berdasarkan kepentingan arus lalu lintas, landai ideal adalah landai datar (0%). Sebaliknya ditinjau dari kepentingan drainase jalan, jalan berlandailah 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 mempergunakan kerb.
- Landai minimum sebesar 0,3 – 0,5% dianjurkan dipergunakan untuk jalan-jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kerb.

## 3. 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 :



b. Berdasarkan Tatacara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TPGJAK ; 1997) :

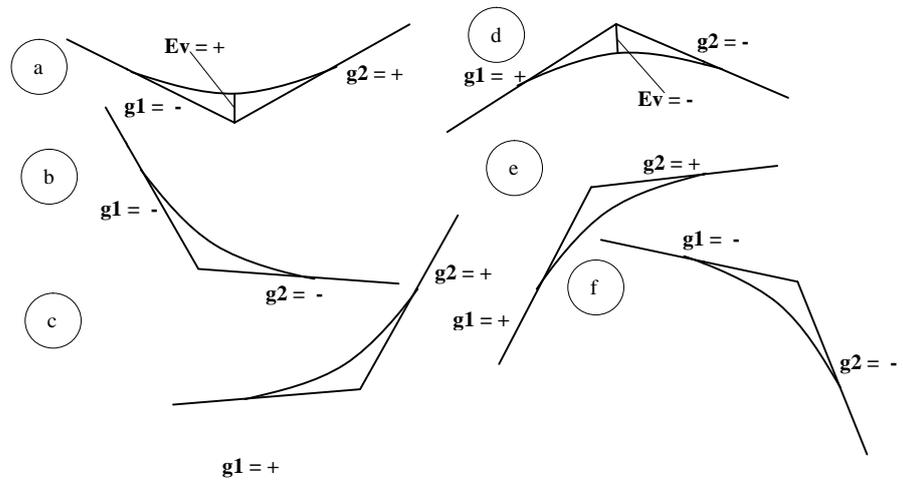
- 1) Disediakan pada jalan arteri atau kolektor
- 2) Apabila panjang kritis terlampaui, jalan memiliki VLHR > 15.000 smp/hari dan persentase truk > 15 %
- 3) Lebar jalur pendakian sama dengan lebar lajur rencana
- 4) Lajur pendakian dimulai 30 meter dari awal perubahan kelandaian dengan serongan sepanjang 45 meter dan berakhir 50 meter sesudah puncak kelandaian dengan serongan 45 meter (lihat gambar 2.15)
- 5) Jarak minimum antara 2 lajur pendakian adalah 1,5 km

b. Lengkung vertikal

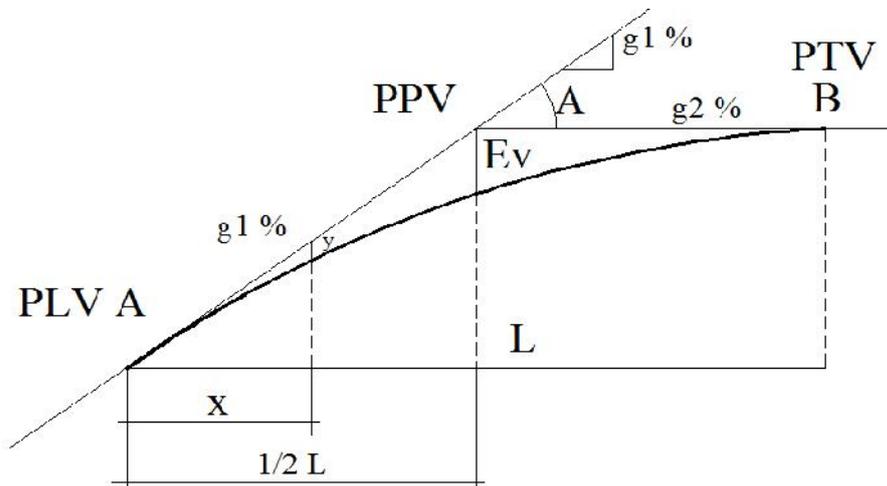
Lengkung vertikal direncanakan untuk mengubah secara bertahap perubahan dari dua macam kelandaian arah memanjang jalan pada setiap lokasi yang diperlukan. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi goncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti yang cukup, untuk keamanan dan kenyamanan.

Lengkung vertikal terdiri dari dua jenis, yaitu :

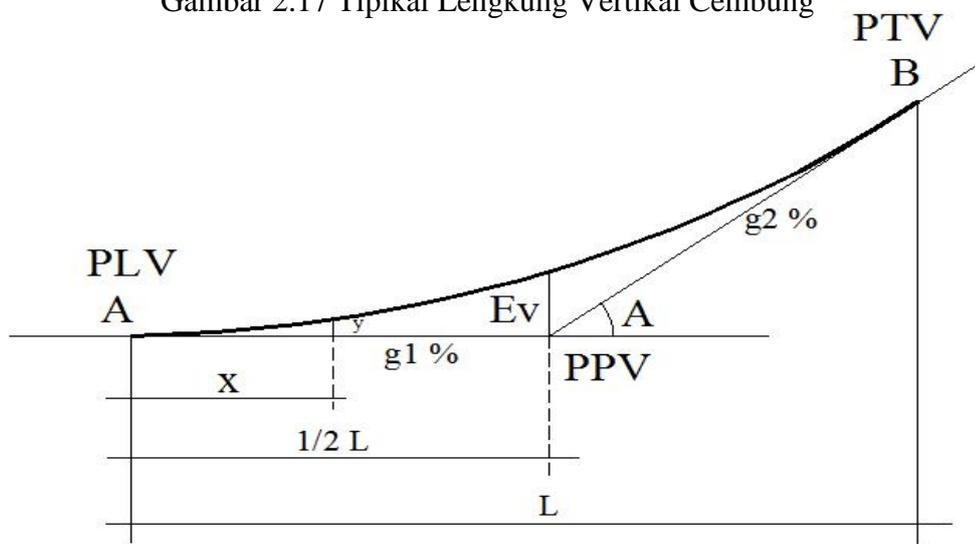
1. Lengkung vertikal cembung, adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan.
2. Lengkung vertikal cekung, adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan.



Gambar 2.16 Berbagai Macam Jenis Lengkung Vertikal



Gambar 2.17 Tipikal Lengkung Vertikal Cembung



Gambar 2.18 Tipikal Lengkung Vertikal Cekung

Adapun rumus yang digunakan untuk lengkung vertikal adalah sebagai berikut:

$$y = \frac{A}{200L_v} x^2 \dots\dots\dots (2.27)$$

$$A = (g1 \pm g2) \dots\dots\dots (2.28)$$

$$EV = \frac{A \cdot L_v}{800} \dots\dots\dots (2.29)$$

Dimana :

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

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

L<sub>v</sub> = panjang lengkung vertikal parabola, yang merupakan jarak proyeksi dari titik A dan titik B, (m)

g<sub>1</sub> = kelandaian tangen dari titik A, (%)

g<sub>2</sub> = kelandaian tangen dari titik B, (%)

A = perbedaan aljabar untuk kelandaian, (%)

Ev = penyimpangan dari titik potong kedua tangen kelengkungan vertikal, (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 jalan terletak.
- c. Pada kelandaian jalan yang lurus dan panjang, sebaiknya tidak dibuat lengkung vertikal cekung, karena pandangan pengemudi akan terhalang oleh puncak alinyemen vertikal, sehingga sulit untuk memperkirakan alinyemen dibalik puncak tersebut.
- d. Lengkung vertikal dua atau lebih pada satu lengkung horizontal, sebaiknya dihindarkan.
- e. Tikungan tajam yang terletak diantara bagian jalan yang lurus dan panjang , harus dihindarkan.

### **2.8.2 Penentuan *stationing***

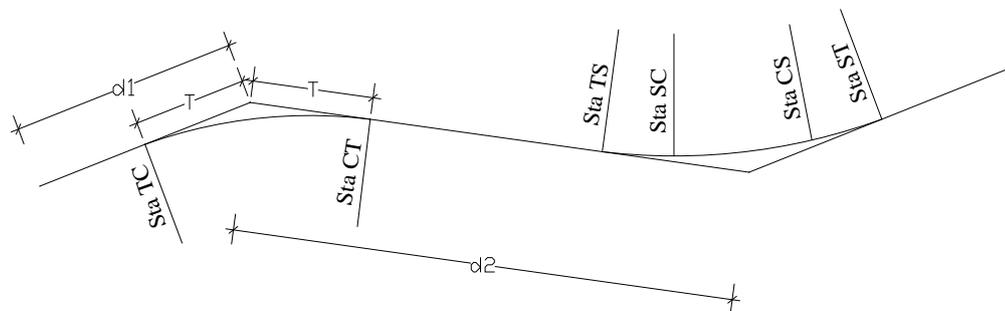
Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (Sta jalan) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang dibicarakan, selanjutnya menjadi panduan untuk lokasi 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 :

- 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.
- 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 2.19



Gambar 2.19 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 :

- Penentuan *stationing* (jarak patok) sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase jalan).
- Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan beda tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.
- 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

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti.

Supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai namun tetap ekonomis, maka perkerasan jalan dibuat berlapis – lapis. Lapisan paling atas disebut juga lapisan permukaan yang merupakan lapisan paling baik mutunya, selanjutnya dibawahnya terdapat lapisan pondasi yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan.

### 2.9.1 Jenis konstruksi perkerasan

Konstruksi perkerasan jalan pada prinsipnya dibedakan menjadi tiga jenis yaitu:

- a. Perkerasan kaku (*rigid pavement*)  
Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran beton bertulang atau bahan-bahan yang bersifat kaku.
- b. Perkerasan lentur (*flexible pavement*)  
Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dan agregat atau bahan-bahan yang bersifat tidak kaku/lentur.
- c. Perkerasan komposit (*composite pavement*)  
Yaitu perkerasan dengan memakai dua bahan, dengan maksud menggabungkan dua bahan yang berbeda yaitu aspal dan beton.

### 2.9.2 Jenis dan fungsi lapisan perkerasan lentur

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari empat lapisan, yaitu :

- a. Lapisan permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan adalah lapisan yang terletak paling atas. Fungsi dari lapisan ini adalah sebagai berikut :

- Lapisan perkerasan penahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi menahan beban roda selama masa pelayanan.
- Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh tidak meresap ke lapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan – lapisan tersebut.
- Lapis aus (*wearing course*), yaitu lapisan yang langsung mengalami gesekan akibat rem kendaraan, sehingga mudah aus.
- Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah.

Untuk memenuhi fungsi diatas, pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama.

b. Lapisan pondasi atas (*BaseCourse*)

*Base Course* merupakan lapisan perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah (*subbase course*) dan lapis permukaan (*surface course*).

Fungsi dari lapisan ini antara lain, sebagai berikut :

- Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan dibawahnya.
- Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah
- Bantalan terhadap lapisan permukaan

Material yang digunakan untuk lapisan pondasi atas harus cukup kuat, material tersebut pada umumnya berasal dari alam, contohnya batu pecah kelas A, B, C, dan stabilitas tanah dengan semen/kapur.

c. Lapisan pondasi bawah (*SubbaseCourse*)

Lapisan perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas (*base course*) dan lapisan tanah dasar (*subgrade*). Lapisan pondasi bawah ini berfungsi sebagai berikut, antara lain :

- Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar.

- Efisiensi penggunaan material. Material pondasi bawah relatif murah dibandingkan dengan lapis perkerasan di atasnya.
- Mengurangi tebal lapisan di atasnya yang harganya cenderung lebih mahal.
- Lapis peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
- Lapisan pertama, agar pekerjaan dapat berjalan lancar, sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca, atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan beban alat berat.
- Lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.

Material yang digunakan untuk lapisan pondasi bawah contohnya Sirtu kelas A, B, C, dan stabilitas tanah dengan semen/kapur.

d. Lapisan tanah dasar (*Subgrade*)

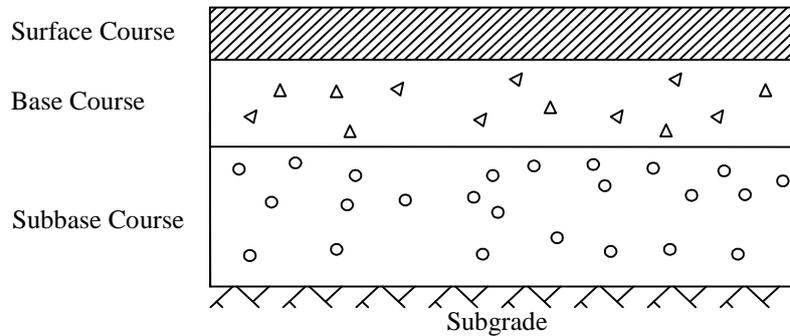
Lapisan tanah dasar adalah lapisan tanah setebal 50 – 100 cm tempat diletakkannya lapisan pondasi bawah, dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya memenuhi syarat, atau tanah yang didatangkan dari tempat lain lalu dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan kapur atau bahan lainnya.

Mutu dan daya tahan konstruksi perkerasan tak lepas dari sifat tanah dasar. Tanah dasar yang baik untuk konstruksi perkerasan jalan adalah tanah dasar yang berasal dari lokasi itu sendiri serta kemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan walaupun terdapat perbedaan kondisi lingkungan dan jenis tanah setempat. Sifat masing-masing tanah tergantung dari tekstur, kadar air dan kondisi lingkungan.

Ditinjau dari muka tanah asli, lapisan tanah dasar dibedakan atas:

- Lapis tanah dasar, tanah galian
- Lapis tanah dasar, tanah timbunan
- Lapis tanah dasar, tanah asli

Susunan untuk masing-masing lapisan pada perkerasan lentur dapat dilihat pada gambar 2.20



Gambar 2.20 Susunan Lapisan Konstruksi Perkerasan Lentur

### 2.9.3 Pertimbangan dalam perencanaan

Yang menjadi pertimbangan dalam perencanaan tebal perkerasan antara lain :

a. Umur rencana

Umur rencana adalah jangka waktu dalam tahun sampai perkerasan harus diperbaiki atau ditingkatkan. Perbaikan terdiri dari pelapisan ulang, penambahan, atau peningkatan.

- Lapisan perkerasan aspal baru, 20 – 25 tahun
- Lapisan perkerasan kaku baru, 20 – 40 tahun
- Lapisan tambahan (aspal, 10 – 15 tahun) dan (batupasir, 10 – 20 tahun)

b. Data penyelidikan tanah

Data penyelidikan tanah di dapat dengan melakukan penyelidikan tanah di lapangan baik dengan cara penelitian, analisa, maupun dengan pengujian laboratorium.

Untuk penelitian, pengambilan data CBR di lapangan dilakukan sepanjang ruas jalan rencana dengan interval 100 m dengan menggunakan *Dynamic Cone Penetrometer (DCP)*. Hasil tes DCP ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampakkan hasil nilai CBR di setiap titik lokasi.

Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu :

### 1. Cara analitis

Adapun rumus yang digunakan yaitu :

$$CBR_{segmen} = CBR_{rata-rata} - \left( \frac{CBR_{maks} - CBR_{min}}{R} \right) \dots\dots\dots (2.31)$$

Nilai R tergantung dari Jumlah data yang terdapat dalam satu segmen.

Nilai R untuk perhitungan  $CBR_{segmen}$  dapat dilihat pada tabel 2.16.

Tabel 2.16 Nilai R untuk Perhitungan CBR

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 : Standar Kontruksi Bangunan Indonesia (SKBI) : 1987

### 2. Cara grafis

Prosedur dalam menetapkan nilai  $CBR_{segmen}$  yaitu :

- Tentukan nilai CBR terendah
- Tentukan berapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR kemudian disusun secara tabelaris, mulai dari CBR terkecil sampai CBR yang terbesar.
- Angka terbanyak diberi 100%, sedangkan angka yang lain merupakan persentase dari 100%.
- Beri grafik hubungan antara harga CBR dengan persentase nilai tadi.
- Nilai  $CBR_{segmen}$  adalah nilai pada keadaan 90%.

c. Lalu lintas rencana

Lalu lintas rencana untuk perkerasan lentur dipengaruhi oleh :

1) Persentase kendaraan pada lajur rencana

Jalur rencana merupakan jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang terdiri dari suatu jalur atau lebih. Jika jalan tidak memiliki batas lajur, maka jumlah lajur ditentukan dari lebar perkerasan.

2) Angka ekivalen (E) beban sumbu kendaraan

Angka ekivalen masing-masing golongan sumbu kendaraan dapat di hitung dengan menggunakan rumus (2.32) dan (2.33).

- Angka ekivalen sumbu tunggal :

$$E = \left( \frac{\text{beban satu sumbu tunggal dalam kg}}{8160} \right)^4 \dots\dots\dots (2.32)$$

- Angka ekivalen sumbu ganda :

$$E = 0,086 \left( \frac{\text{beban satu sumbu tunggal dalam kg}}{8160} \right)^4 \dots\dots\dots (2.33)$$

### 2.9.4 Tahapan dalam mendesain tebal perkerasan

Adapun tahapan-tahapan tersebut antara lain :

1. Menentukan nilai LHR setiap jenis kendaraan pada awal dan akhir umur rencana.

$$LHR_n = LHR(1+i)^n \dots\dots\dots (2.34)$$

Dimana :

n = umur rencana jalan

i = angka pertumbuhan lalu lintas, (%)

2. Menghitung lintas ekivalen permulaan (LEP).

$$LEP = \sum_{mp}^{tr} LHR(1+i)^n \cdot C \cdot E \dots\dots\dots (2.35)$$

Dimana:

C = koefisien distribusi kendaraan

E = angka ekivalen setiap kendaraan

Untuk menentukan koefisien distribusi kendaraan (C) yang lewat pada jalur rencana dapat ditentukan pada tabel 2.17

Tabel 2.17 Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jumlah Jalur	Kendaraan Ringan *)		Kendaraan Berat **)	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 jalur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 jalur	0,60	0,50	0,70	0,50
3 jalur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 jalur	-	0,30	-	0,45
5 jalur	-	0,25	-	0,425
6 jalur	-	0,20	-	0,40

(Sumber : Standar Kontruksi Bangunan Indonesia (SKBI) 1987)

Catatan : \*) Berat total < 5 ton, misalnya : mobil penumpang, pick up, mobil hantaran

\*\*) Berat total ≥ 5 ton, misalnya : bus, truk, traktor, semi trailler, trailler

3. Menghitung lintas ekuivalen akhir (LEA).

$$LEA = \sum_{mp}^{tr} LHR (1 + i)^n \cdot C \cdot E \dots\dots\dots (2.36)$$

Dimana :

C = koefisien ditribusi kendaraan

E = angka ekuivalen setiap kendaraan

4. Menghitung lintas ekuivalen tengah (LET).

$$LET = 1/2 (LEP + LEA) \dots\dots\dots (2.37)$$

5. Menghitung lintas ekuivalen rencana (LER).

$$LER = LET \cdot \frac{UR}{10} \dots\dots\dots (2.38)$$

6. Mencari indeks tebal permukaan (ITP).

Nilai ITP diperoleh dari grafik berdasarkan data CBR, LER, IP, IPo, dan FR.

Dalam penentuan tebal perkerasan, Faktor Regional (FR) hanya dipengaruhi oleh bentuk alinyemen (kelandaian dan tikungan), persentase kendaraan berat

dan yang berhenti, serta iklim (curah hujan). Untuk menentukan nilai FR dapat dilihat pada tabel 2.18.

Tabel 2.18 Faktor Regional (FR)

	Kelandaian I		Kelandaian II		Kelandaian III	
	(< 6 %)		(6 - 10 %)		(> 10 %)	
	% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat	
	30 %	> 30 %	30 %	> 30 %	30 %	> 30 %
Iklm I < 900 mm/th	0,5	1,0 - 1,5	1,0	1,5 - 2,0	1,5	2,0 - 2,5
Iklm II > 900 mm/th	1,5	2,0 - 2,5	2,0	2,5 - 3,0	2,5	3,0 - 3,5

Sumber : Standar Kontruksi Bangunan Indonesia (SKBI) :1987

Catatan : Pada bagian-bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, pemberhentian atau tikungan tajam (jari-jari 30 m) FR ditambah dengan 0,5. Pada daerah rawa-rawa FR ditambah 1,0.

Indeks permukaan ini menyatakan nilai dari pada kerataan/kehalusan serta kekokohan permukaan yang berkaitan dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat. Adapun beberapa nilai IP beserta artinya adalah seperti yang tersebut dibawah ini :

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

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

IP = 2,0 adalah tingkat pelayanan terendah bagi jalan yang masih mantap

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

Dalam menentukan indeks permukaan pada akhir umur rencana (IP) dapat dilihat pada tabel 2.17, sedangkan untuk menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo) dapat dilihat pada tabel 2.19.

Tabel 2.19 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP)

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

Sumber : Standar Kontruksi Bangunan Indonesia (SKBI):1987

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

Tabel 2.20 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)

Jenis Lapis Perkerasan	IPo	Roughness (mm/km)
LASTON	4	1000
	3,9 - 3,5	> 1000
LASBUTAG	3,9 - 3,5	2000
	3,4 - 3,0	> 2000
HRA	3,9 - 3,5	2000
	3,4 - 3,0	> 2000
BURDA	3,9 - 3,5	< 2000
BURTU	3,4 - 3,0	< 2000
LAPEN	3,4 - 3,0	3000
	2,9 - 2,5	> 3000
LATASBUM	2,9 - 2,5	
BURAS	2,9 - 2,5	
LATASIR	2,9 - 2,5	
JALAN TANAH	24	
JALAN KERIKIL	24	

Sumber : Standar Kontruksi Bangunan Indonesia (SKBI) :1987

## 7. Menetapkan tebal perkerasan.

$$ITP = (a_1 \cdot D_1) + (a_2 \cdot D_2) + (a_3 \cdot D_3) \dots \dots \dots (2.39)$$

Dimana:

a = koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan

D = tebal masing-masing perkerasan, (cm)

Untuk menentukan tebal masing-masing lapis perkerasan dapat menggunakan tabel 2.20, sedangkan koefisien kekuatan relatif masing-masing bahan ditunjukkan pada tabel 2.21.

Tabel 2.21 Tebal Minimum Tiap Lapisan (cm)

ITP	Tebal Minimum	Bahan
<b>Lapis Permukaan</b>		
< 3,00	5	Lapis pelindung: (Buras/Burtu/Burda)
3,00 - 6,70	5	Lapen/Aspal macadam, HRA, Lasbutag, Laston
6,71 - 7,49	7,5	Lapen/Aspal macadam, HRA, Lasbutag, Laston
7,50 - 9,99	7,5	Lasbutag, Laston
≥ 10,00	10	Laston
<b>Lapis Pondasi Atas</b>		
< 3,00	15	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
3,00 - 7,49	20 *)	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
	10	Laston Atas
7,50 - 9,99	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam
	15	Laston Atas
10 - 12,14	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi

$\geq 12,25$	25	macadam, Lapen, Laston atas Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas
Lapis Pondasi Bawah		
Untuk setiap nilai ITP, tebal minimum adalah 10 cm		

Sumber : Standar Kontruksi Bangunan Indonesia (SKBI) : 1987

Catatan = \*) Batas 20 cm dapat diturunkan menjadi 15 cm bila untuk lapis pondasi bawah digunakan material berbutir kasar

Tabel 2.22 Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	MS (kg)	K <sub>t</sub> (kg/cm)	CBR (%)	
0,40			744			Laston
0,35			590			
0,32			454			
0,30			340			
0,35			744			Asbuton/Lasbutag
0,31			590			
0,28			454			
0,26			340			
0,30			340			<i>Hot Rolled Asphalt</i>
0,26			340			Aspal Macadam
0,25						Lapen ( mekanis )
0,20						Lapen ( manual )
	0,28		590			Laston Atas
	0,26		454			
	0,24		340			
	0,23					Lapen ( mekanis )
	0,19					Lapen ( manual )
	0,15			22		Stab. tanah dengan semen
	0,13			18		
	0,15			22		Stabilitas tanah dengan kapur
	0,13			18		

	0,14				100	Pondasi macadam ( basah )
	0,12				60	Pondasi macadam ( kering )
	0,14				100	Batu pecah ( kelas A )
	0,13				80	Batu pecah ( kelas B )
	0,12				60	Batu pecah ( kelas C )
		0,13			70	Sirtu/pitrun ( kelas A )
		0,12			50	Sirtu/pitrun ( kelas B )
		0,11			30	Sirtu/pitrun ( kelas C )
		0,10			20	Tanah/Lempung kepasiran

Sumber : Standar Kontruksi Bangunan Indonesia (SKBI) : 1987

Catatan : *Kuat tekan stabilisasi tanah dengan semen diperiksa pada hari ke-7*  
*Kuat tekan stabilisasi tanah dengan kapur diperiksa pada hari ke-21*

### 2.9.5 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 bulanan maksimum.

#### 2. Analisa Frekuensi dengan Metode Gumbel

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

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x$$

Dimana :

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

$\sum x$  = Jumlah data curah hujan

## 3. Standar Deviasi

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

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

$$R_t = \bar{x} + K \cdot S_x$$

Dimana :

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

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

$K$  = Faktor Frekuensi

$S_x$  = Standar Deviasi

Tabel 2.23 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<sub>1</sub>)

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

Dimana :

T<sub>1</sub> = Waktu In-Let (menit)

L<sub>t</sub> = Jarak dari titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

nd = Koefisien Hambatan

k = Kemiringan daerah pengaliran/tanah (%)

Tabel 2.24 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<sub>2</sub>)

$$T_2 = \frac{L}{60V}$$

Dimana :

T<sub>2</sub> = Waktu Aliran dalam Saluran (menit)

L = Panjang Saluran yang Ditinjau (m)

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

Tabel 2.25 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 (Tc)

$$T_c = T_1 + T_2$$

Dimana :

Tc = Waktu konsentrasi (jam)

T1 = Waktu In-Let (menit)

T2 = Waktu Aliran dalam Saluran (menit)

#### 8. Intensitas Curah Hujan (I)

$$I = \frac{R_t}{24} \times \left[ \frac{24}{t_c} \right]^{2/3}$$

Dimana :

I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam)

Rt = Frekuensi Hujan (mm)

Tc = Waktu Konsentrasi (jam)

## 9. Luas Daerah Pengaliran (A)

$$A = (L1+L2+L3). L$$

Dimana :

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

$$L1 = \text{Lebar Badan Jalan (m)}$$

$$L2 = \text{Lebar Bahu Jalan (m)}$$

$$L3 = \text{Panjang Drainase yang Ditinjau (m)}$$

$$L = \text{Jarak dari titik terjauh ke drainase (m)}$$

## 10. Koefisien Pengaliran (Cw)

$$Cw = \frac{C1.L1+C2.L2+C3.L3}{L1+L2+L3}$$

Dimana :

$$Cw = \text{Koefisien Pengaliran}$$

$$C1 = \text{Koefisien Pengaliran pada Badan Jalan}$$

$$C2 = \text{Koefisien Pengaliran pada Bahu Jalan}$$

$$C3 = \text{Koefisien Pengaliran pada Sisi Luar Jalan}$$

$$L1 = \text{Lebar Badan Jalan (m)}$$

$$L2 = \text{Lebar Bahu Jalan (m)}$$

$$L3 = \text{Panjang Drainase yang Ditinjau (m)}$$

## 11. Debit Limpasan (Q)

$$Q = 0,278xCxIxA$$

Dimana :

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

$$C = \text{Koefisien Pengaliran}$$

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

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

12. Penampang Basah Saluran ( $A_d$ )

$$A_d = \frac{Q}{v}$$

Dimana :

$A_d$  = Penampang Basah Saluran ( $m^2$ )

$Q$  = Debit Limpasan ( $m^3/jam$ )

$V$  = Kecepatan Aliran Air ( $m/det$ )

## 13. Cari ukuran Penampang Ekonomis

Rumus penampang ekonomis :

$$b = 2.h$$

$$A_d = b . h$$

$$= 2h . h$$

$$= 2h^2$$

Dimana :

$b$  = Lebar Saluran (m)

$h$  = Tinggi/dalam Saluran (m)

$A_d$  = Penampang Basah Saluran ( $m^2$ )

14. Mencari Tinggi Jagaan ( $W$ )

$$W = \sqrt{0.5 x h}$$

Dimana:

$W$  = Tinggi Jagaan (m)

$H$  = Tinggi/dalam saluran (m)

15. Kemiringan Saluran ( $I$ )

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

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.

## **2.10 Pengelolaan Proyek**

Untuk menyelesaikan 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 estimasi biaya ini adalah sebagai patokan untuk menyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB). Untuk menghitung anggaran biaya dari proyek, maka langkah-langkah yang dilakukan antara lain sebagai berikut :

### **2.10.1 Membuat 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.

### **2.10.2 Menghitung 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 pekerjaan

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 untuk mendapatkan hasil perhitungan produksi berdasarkan data yang diperoleh dari data hasil lapangan dan data ini biasanya di dapat dari pengamatan/observasi lapangan.
2. Pendekatan *off the job*, yaitu pendekatan yang dipakai untuk memperoleh hasil perhitungan berdasarkan standar yang biasanya ditetapkan oleh pabrik pembuat.

### **2.10.3 Menghitung volume pekerjaan**

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

#### **2.10.4 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.

#### **2.10.5. 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.

#### **2.10.6 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 pekerjaan
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 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.

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 didapat 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 :

Kelebihan *barchart* sebagai berikut :

- Mudah di baca
- Mudah dibuat
- Bersifat 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, 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 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 aktifitas 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.
- O (Node atau even), 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 aktifitas yang tidak menekan waktu. Aktifitas semu hanya boleh dipakai bila tidak ada cara lain untuk menggambarkan hubungan-hubungan aktifitas yang ada dalam suatu network.