

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **1.1 Dasar Perancangan Geometrik**

Perencanaan geometrik adalah perencanaan suatu desain baik itu pembangunan jalan, pelebaran jalan, dan peningkatan jalan pada suatu daerah yang permintaan kebutuhan akan aktivitas dan aksesibilitas yang tinggi pada suatu tempat atau pusat kegiatan dalam tujuan memperlancar perpindahan orang, barang dan jasa. Perencanaan geometrik ini juga merupakan bagian dari perencanaan jalan yang di titik beratkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas dan sebagai akses. Yang menjadi dasar geometrik jalan adalah sifat, gerakan, ukuran kendaraan, karakteristik arus lalu lintas dan sifat pengemudi dalam mengendalikan gerakan kendaraannya. Hal – hal tersebut haruslah menjadi bahan pertimbangan perencana sehingga dihasilkan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan yang memenuhi tingkat keamanan dan kenyamanan yang di harapkan (*Sukirman, 1999*).

Perencanaan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar yang didapatkan dari hasil survei lapangan, kemudian dianalisis berdasarkan acuan persyaratan geometrik yang berlaku. Acuan perencanaan yang dimaksud adalah sesuai dengan standar perencanaan geometrik yang di anut di Indonesia (*Saodang, 2010*).

Dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya harus memiliki data perencanaan diantaranya, data lalu lintas, data topografi, data tanah, dan data penunjang lainnya. Semua data tersebut diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya. Data tersebut diperlukan dalam merencanakan konstruksi jalan raya karena data tersebut dapat memberikan gambaran sebenarnya dari kondisi suatu daerah dimana ruas jalan ini akan dibangun. Dengan adanya data tersebut, kita dapat menentukan geometrik dan tebal perkerasan yang diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya.

### 2.1.1 Data Lalu Lintas

Data lalu lintas adalah data utama yang diperlukan dalam perencanaan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan digunakan pada suatu segmen jalan yang akan ditinjau. Besarnya volume atau arus lalu lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar jalan pada satu jalur dalam penentuan karakteristik geometrik, sedangkan jenis kendaraan akan menentukan kelas beban atau muatan sumbu terberat yang akan berpengaruh langsung pada perencanaan konstruksi perkerasan (Saodang, 2004).

Data arus lalu lintas merupakan informasi dasar bagi perencanaan desain suatu jalan. Data ini dapat mencakup suatu jaringan jalan atau hanya suatu daerah tertentu dengan batasan yang telah ditentukan. Data lalu lintas didapatkan dengan melakukan pendataan kendaraan atau survei kendaraan yang melintasi suatu ruas jalan, sehingga dari hasil pendataan ini kita dapat mengetahui volume lalu lintas yang melintasi jalan tersebut. Data volume lalu lintas diperoleh dalam satuan kendaraan per jam (kendaraan/jam).

Untuk volume lalu lintas ini, harus diketahui sebelumnya jumlah lalu lintas per hari per tahun serta arah dan tujuan lalu lintas, sehingga diperlukan juga penyelidikan lapangan terhadap semua jenis kendaraan untuk mendapatkan data LHR. Volume lalu lintas menyatakan jumlah lalu lintas per hari dalam satu tahun untuk kedua jurusan yang disebut juga lalu lintas harian rata – rata (LHR). LHR adalah jumlah lalu lintas dalam satu tahun.

Volume lalu lintas dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (SMP) yang didapat dengan mengalikan atau mengonversikan angka faktor ekuivalensi (FE) setiap kendaraan yang melintasi jalan tersebut dengan jumlah kendaraan yang diperoleh dari hasil pendataan (kend/jam). Dengan kata lain dapat disimpulkan juga bahwa LHR dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (SMP). Satuan mobil penumpang adalah jumlah mobil yang digantikan tempatnya oleh kendaraan lain dalam kondisi jalan, lalu lintas, dan pengawasan yang berlaku. LHR ini memerlukan penyelidikan lapangan selama 24 jam selama satu tahun dan

dilaksanakan tiap tahun dengan mencatat tiap jenis kendaraan. Sifat lalu lintas meliputi lambat dan cepatnya kendaraan bersangkutan, sedangkan komposisi lalu lintas menggambarkan jenis kendaraan yang melaluinya. Dari lalu lintas rata – rata (LHR) yang didapatkan kita dapat merencanakan tebal perkerasan.

Untuk merencanakan teknik jalan baru, survei 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 :

- a. 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.
- b. Survei asal tujuan yang dilakukan pada lokasi yang dianggap tepat dengan cara melakukan wawancara kepada pengguna jalan untuk mendapatkan gambaran rencana jumlah dan komposisi pada jalan yang direncanakan.

### **2.1.2 Data Peta Topografi**

Pengukuran peta topografi digunakan untuk mengumpulkan data topografi yang cukup guna menentukan perancangan geometrik jalan. Data peta topografi yang didapat akan digunakan untuk menentukan kecepatan sepanjang ruas jalan yang direncanakan dengan daerahnya.

Disamping itu data peta topografi juga merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan lokasi jalan dan pada umumnya mempengaruhi alinyemen sebagai standar perancangan geometrik seperti kelandaian jalan, jarak pandang, penampang melintang, saluran tepi, dan lain sebagainya. Untuk memperkecil biaya pembangunan jalan maka standar perancangan geometrik perlu sekali disesuaikan dengan topografi dan keadaan fisik serta penggunaan daerah yang dilaluinya. Misalnya keadaan tanah dasar yang kurang baik dapat memaksa perancang untuk memindahkan trase atau mengadakan timbunan yang tinggi (*elevated highway*) dan hal ini juga dapat terjadi bila terdapat tanah dasar dengan permukaan air tanah yang tinggi. Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan rencana dengan mengadakan tambahan dan pengukuran detail pada tempat – tempat persilangan dengan sungai atau jalan lain, sehingga didapatkannya trase jalan yang

sesuai dengan standar Berdasarkan hal ini jenis medan dibagi menjadi tiga golongan umum berdasarkan besarnya kelereng melintang dalam arah kurang lebih tegak lurus sumbu jalan, dapat dilihat pada tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1 Klasifikasi Medan dan Besarnya Kelereng Melintang

No.	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	< 3
2	Perbukitan	B	3 - 25
3	Pegunungan	G	> 25

(Sumber : *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Dirjen Bina Marga, 1997*)

Pekerjaan pengukuran terdiri dari beberapa kegiatan berikut :

- a. Pekerjaan perintisan berupa merintis atau membuka sebagian daerah yang akan diukur sehingga pengukuran dapat berjalan dengan lancar.
- b. Kegiatan pengukuran meliputi :
  - 1) Penentuan titik – titik kontrol vertikal dan horizontal yang dipasang setiap interval 100 meter pada rencana as jalan.
  - 2) Pengukuran penampang melintang dan penampang memanjang.
  - 3) Pengukuran situasi pada bagian kiri dan kanan dari jalan.
  - 4) Perhitungan perancangan desain jalan dan penggambaran peta topografi berdasarkan titik – titik koordinat kontrol diatas.

### 2.1.3 Data Penyelidikan Tanah

Data penyelidikan tanah di dapat dengan cara melakukan penyelidikan tanah di lapangan, meliputi pekerjaan :

- a. 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*), pemadatan dan nilai CBR (*California Bearing Ratio*). Pengambilan data dilapangan dilakukan sepanjang ruas jalan rencana dengan interval 100 meter dengan menggunakan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*). Hasil tes DCP ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampakan hasil nilai dengan dua cara yaitu dengan cara analitis dan grafis.

## 1) Cara analitis

Adapun rumus yang digunakan pada analitis adalah :

$$\text{CBR segmen} = \frac{(\text{CBRrata} - \text{CBRmin})}{R} \dots\dots\dots (2.1)$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam satu segmen. Nilai R untuk perhitungan segmen diberikan pada tabel 2.2 di bawah ini :

Tabel 2.2 Nilai R Untuk Perhitungan 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	2,97
9	3,08
> 10	3,18

(Sumber : Silvia Sukirman, *Pekerasan Lentur Jalan Raya*, 1999)

## 2) Cara Grafis

Prosedur secara grafis adalah sebagai berikut :

- (a) Tentukan nilai CBR terendah.
- (b) Tentukan berapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing – masing nilai CBR, kemudian disusun tabelaris, mulai dari yang terkecil sampai ke yang terbesar.
- (c) Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain merupakan persentase dari 100%.
- (d) Dibuat grafik hubungan antara harga dengan persentase tadi.
- (e) Nilai segmen adalah nilai pada keadaan 90%.

b. Analisa

Membakukan analisa pada contoh tanah yang terganggu dan tidak terganggu juga dilakukan terhadap bahan konstruksi dengan menggunakan ketentuan ASTM dan AASHTO maupun standar lain yang berlaku di Indonesia.

c. Pengujian Laboratorium

Uji bahan konstruksi dilakukan untuk mendapatkan :

- 1) Sifat – sifat indeks (*Index Properties*) yaitu meliputi  $G_s$  (*Specific Gravity*),  $W_n$  (*Water Natural Content*),  $\gamma$  (Berat Isi),  $e$  (*Void Ratio/Angka Pori*),  $n$  (Porositas),  $S_r$  (Derajat Kejenuhan).
- 2) Klasifikasi USCS dan AASHTO
  - (a) Analisa ukuran butir (*Grain Size Analysis*)
    - (1) Analisa saringan (*Sieve Analysis*)
    - (2) Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)
  - (b) Batas – batas Atterberg (*Atterberg Limits*)
    - (1) *Liquid Limit* (LL) = Batas Cair
    - (2) *Plastic Limit* (PL) = Batas Plastis
    - (3)  $IP = LL - PL$
  - (c) Pemasatan :  $\gamma_d$  maks dan  $w_{opt}$ 
    - (1) Pemasatan standar/*proctor*.
    - (2) Pemasatan Modifikasi.
    - (3) Dilapangan dicek *sandcone*  $\pm 100\%$   $\gamma_d$  maks.
  - (d) CBR laboratorium (CBR rencana), berdasarkan pemasatan  $\gamma_d$  maks dan  $w_{opt}$ .

CBR Lapangan : DCP  $\rightarrow$  Lapangan

#### 2.1.4 Data Penyelidikan Material

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

- a. Mengadakan penelitian terhadap semua data material yang ada selanjutnya melakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut yang akan dilakukan berdasarkan survei langsung dilapangan maupun dengan pemeriksaan di laboratorium.
- b. Penyelidikan lokasi sumber 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 dilapangan hanya berdasarkan gradasi butiran dan karakteristik keplastisannya saja yaitu :

- a. Tanah berbutir kasar

Tanah termasuk dalam kelompok ini adalah pasir dan kerikil.

- b. Tanah berbutir halus

Dilapangan tanah kelompok ini sudah dibedakan secara visual antara lempung dan lanau, kecuali dengan perkiraan karakteristik plastisnya (*Hendarsin, 2000*).

### **2.1.5 Data – Data Penunjang Lainnya**

Data – data lain selain dari data diatas yang perlu diperhatikan adalah 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.

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 rute jalan dapat dipelajari. Peta ini juga digunakan untuk memperkirakan luas daerah tangkapan pada sistem sungai sepanjang trase jalan rencana (*Hendarsin, 2000*).

## **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.

### **2.2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi Jalan**

Klasifikasi berdasarkan Undang – Undang Nomor 38 Tahun 2004 mengenai jalan dapat dilihat dibawah ini :

#### **a. Jalan Arteri**

Jalan arteri primer adalah ruas jalan yang menghubungkan antar kota jenjang kesatu yang berdampingan atau menghubungkan kota jenjang kesatu dengan kota jenjang kedua. Jika ditinjau dari peranan jalan itu sendiri, ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi oleh jalan arteri primer, yaitu :

- 1) Kecepatan rencana  $\geq 60$  km/jam.
- 2) Lebar badan jalan  $\geq 8$  meter
- 3) Kapasitas jalan lebih besar dari besar volume lalu lintas rata – rata.
- 4) Jalan masuk dibatasi secara efisien sehingga kecepatan rencana dan kapasitas jalan dapat tercapai.
- 5) Tidak boleh terganggu oleh kegiatan lokal, lalu lintas lokal.
- 6) Jalan primer tidak terputus walaupun memasuki kota.

Jalan arteri sekunder adalah ruas jalan yang menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu atau menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder lainnya atau kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua. Jalan ini memiliki peranan sebagai pelayanan jasa distribusi untuk masyarakat dalam kota dan di daerah perkotaan jalan ini juga disebut jalan protokol. Jika ditinjau dari peranan jalan, maka persyaratan yang harus dipenuhi oleh jalan arteri sekunder adalah :

- 1) Kecepatan rencana  $\geq 30$  km/jam.
- 2) Lebar jalan  $\geq 8$  meter.
- 3) Kapasitas jalan lebih besar atau sama dari volume lalu lintas rata – rata.
- 4) Tidak boleh diganggu oleh lalu lintas lambat.

### b. Jalan Kolektor

Jalan kolektor primer adalah ruas jalan yang menghubungkan antar kota jenjang kesatu dengan kota jenjang kedua, atau kota jenjang kesatu dengan kota jenjang ketiga. Jika ditinjau dari peranan jalan, maka persyaratan yang harus dipenuhi oleh jalan kolektor primer adalah :

- 1) Kecepatan rencana  $\geq 40$  km/jam.
- 2) Lebar badan jalan  $\geq 7$  meter.
- 3) Kapasitas jalan lebih besar atau sama dengan volume lalu lintas rata – rata.
- 4) Jalan masuk dibatasi secara efisien sehingga kecepatan rencana dan kapasitas jalan tidak terganggu.
- 5) Tidak boleh terganggu oleh kegiatan lokal, lalu lintas lokal.
- 6) Jalan kolektor primer tidak terputus walaupun memasuki daerah kota.

Jalan kolektor sekunder adalah ruas yang menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga. Jika ditinjau dari peranan jalan, maka persyaratan yang harus dipenuhi oleh jalan kolektor sekunder adalah :

- 1) Kecepatan rencana  $\geq 20$  km/jam.
- 2) Lebar jalan  $\geq 7$  meter.

### c. Jalan Lokal

Jalan lokal primer adalah ruas jalan yang menghubungkan kota jenjang kesatu dengan persil, kota jenjang kedua dengan persil, kota jenjang ketiga dengan kota jenjang ketiga lainnya, kota jenjang ketiga dengan kota jenjang dibawahnya. Jika ditinjau dari peranan jalan, maka persyaratan yang harus dipenuhi oleh jalan lokal primer adalah :

- 1) Kecepatan rencana  $\geq 20$  km/jam.
- 2) Lebar jalan  $\geq 6$  meter.
- 3) Jalan lokal primer tidak terputus walaupun memasuki desa.

Jalan lokal sekunder adalah ruas jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, atau kawasan sekunder kedua dengan perumahan, atau

kawasan sekunder ketiga dan seterusnya dengan perumahan. Jika ditinjau dari peranan jalan, maka persyaratan yang harus dipenuhi oleh jalan lokal sekunder adalah :

- 1) Kecepatan rencana  $\geq 10$  km/jam.
- 2) Lebar jalan  $\geq 5$  meter.

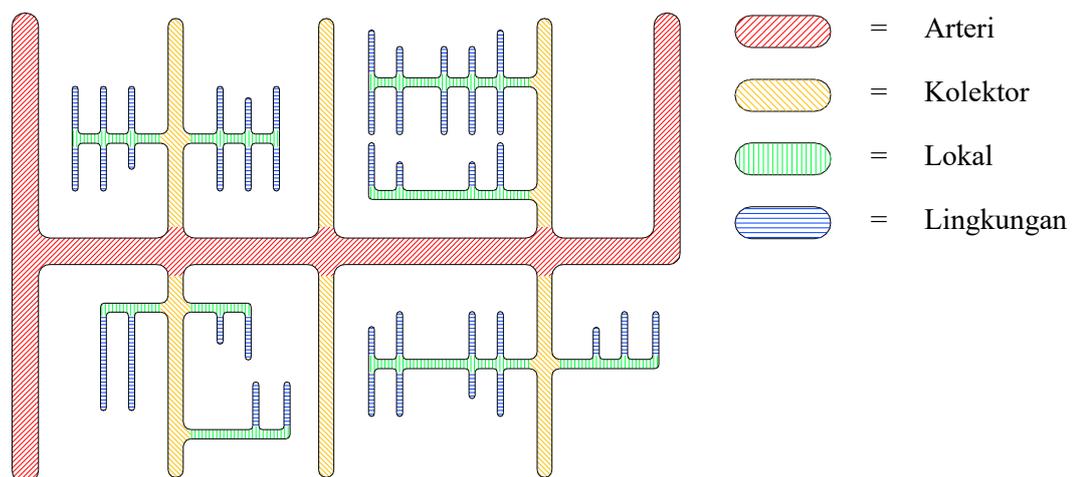
#### d. Jalan Lingkungan

Jalan lingkungan merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dan hanya dilalui oleh kendaraan – kendaraan kecil. Pembangunan jalan, perbaikan, dan pemeliharaan dapat dilakukan oleh warga sekitar lingkungan dan / atau oleh siapa saja. Adapun ciri – ciri jalan lingkungan seperti pada tabel 2.3 sebagai berikut :

Tabel 2.3 Ciri – Ciri Jalan Lingkungan

Jalan	Ciri – Ciri
Lingkungan	1. Perjalanan jarak dekat
	2. Kecepatan rata – rata rendah

(Sumber : Undang – Undang Nomor 38 Tahun 2004)



Gambar 2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi Jalan

#### 2.2.2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Jalan dikelompokkan dalam beberapa kelas berdasarkan muatan sumbu yang ditetapkan berdasarkan fungsi dan intensitas lalu lintas guna kepentingan

pengaturan penggunaan jalan dan daya dukung untuk menerima muatan sumbu terberat. Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton. Muatan sumbu terberat adalah jumlah tekanan maksimum roda terhadap jalan dan ditetapkan untuk mengoptimalkan antara biaya konstruksi dan efisiensi angkutan. Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat pada tabel 2.4 :

Tabel 2.4 Klasifikasi Kelas Jalan dalam MST

No.	Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat (MST) ton
1	Arteri	I	> 10
		II	10
		III A	8
2	Kolektor	III A	8
		III B	8
3	Lokal	III C	-

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Kelas I : Jalan kelas I, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan lebih besar dari 10 ton.

Kelas II : Jalan kelas II, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan adalah 10 ton.

Kelas III A : Jalan kelas III A, yaitu jalan arteri atau kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran tidak melebihi 2500 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan adalah 8 ton.

Kelas III B : Jalan kelas III B, jalan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 12000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan adalah 8 ton.

Kelas III C : Jalan kelas III C, yaitu jalan lokal yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan lebar tidak melebihi 2100 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 9000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan adalah 8 ton.

Dalam penentuan kelas jalan sangat diperlukan adanya data lalu lintas harian rata – rata (LHR), baik itu merupakan data jalan sebelumnya bila jalan yang akan dirancang tersebut merupakan jalan peningkatan, atau merupakan data yang didapat dari jalan sekitar bila jalan yang akan dibuat merupakan jalan baru.

Salah satu penentuannya adalah dengan cara menghitung LHR akhir umur rencana adalah. LHR akhir umur rencana adalah jumlah perkiraan kendaraan dalam satuan mobil penumpang (SMP) yang akan dicapai pada akhir tahun rencana dengan mempertimbangkan perkembangan jumlah kendaraan mulai dan saat merencanakan dan pelaksanaan jalan itu dikerjakan.

Adapun rumus yang akan digunakan dalam menghitung nilai LHR umur rencana yaitu :

$$P_n = P_o + (1 + i)^n \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :  $P_n$  = Jumlah kendaraan pada tahun ke  $n$

$P_o$  = Jumlah kendaraan pada awal tahun

$i$  = Angka pertumbuhan lalu lintas (%)

$n$  = Umur rencana

Setelah didapat nilai LHR yang akan direncanakan dan dikalikan dengan faktor ekuivalensi (FE), maka didapat klasifikasi kelas jalan tersebut. nilai faktor ekuivalensi dapat dilihat pada tabel 2.5 dibawah ini :

Tabel 2.5 Nilai Faktor Ekuivalensi Kendaraan

No.	Jenis Kendaraan	Datar / Perbukitan	Pegunungan
1	Sedan, Jeep, Station Wagon	1,00	1,00
2	Pick-up, Bus Kecil, Truk Kecil	1,20 – 2,40	1,90
3	Bus dan Truk Besar	1,20 – 5,00	2,20 – 6,00

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1997)

Klasifikasi jalan di Indonesia menurut peraturan perencanaan geometrik jalan raya (PPGJR, 1997). Dapat dikelompokkan berdasarkan volume lalu lintas harian rata – rata (VLHR).

Klasifikasi jalan berdasarkan volume lalu lintas harian rata – rata dapat dilihat pada tabel 2.6 :

Tabel 2.6 Klasifikasi Jalan Berdasarkan VLHR

VLHR (SMP/hari)	Faktor – K (%)	Faktor – F (%)
> 50.000	4 – 6	0,90 – 1
30.000 – 50.000	6 – 8	0,80 – 1
10.000 – 30.000	6 – 8	0,80 – 1
5.000 – 10.000	8 – 10	0,60 – 0,80
1.000 – 5.000	10 – 12	0,60 – 0,80
< 1.000	12 - 16	< 0,60

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Kelas jalan sesuai dengan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPGJR 1970) dapat dilihat pada tabel 2.7 :

Tabel 2.7 Klasifikasi Kelas Jalan Berdasarkan LHR dalam Satuan SMP

No.	Klasifikasi Jalan	Kelas	Lalu Lintas Harian (SMP)
1	Jalan Utama	I	> 20.000
2	Jalan Sekunder	II A	6.000 – 20.000
		II B	1.500 – 8.000
		II C	< 2.000
3	Jalan Penghubung	III	-

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

Dalam menghitung besarnya volume lalu lintas untuk keperluan penetapan kelas jalan, kecuali untuk beberapa jenis jalan yang tergolong dalam kelas II C dan III, kendaraan yang tidak bermotor tidak diperhitungkan dan untuk jalan – jalan kelas II A dan I, lalu kendaraan dengan kecepatan rendah (lambat) tidak perlu diperhitungkan.

Khusus untuk perancangan jalan – jalan kelas I sebagai dasar harus digunakan volume lalu lintas pada saat – saat sibuk. Sebagai volume waktu sibuk

yang digunakan untuk dasar suatu perencanaan ditetapkan sebesar 15 % dari volume harian rata – rata.

a. Kelas I

Kelas jalan ini mencakup semua jalan utama dan dimaksudkan untuk dapat melayani lalu lintas cepat dan berat. Dalam komposisi lalu lintasnya tidak terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tidak bermotor. Jalan raya dalam kelas ini merupakan jalan – jalan raya yang berjalur banyak dengan konstruksi perkerasan dari jenis yang terbaik dalam arti tingginya tingkatan pelayanan terhadap lalu lintas.

b. Kelas II

Kelas jalan ini mencakup semua jalan – jalan sekunder. Dalam komposisi lalu lintasnya terdapat lalu lintas lambat. Kelas jalan ini, selanjutnya berdasarkan komposisi dan sifat lalu lintasnya dibagi dalam tiga kelas, yaitu : II A, II B, dan II C.

c. Kelas IIA

Adalah jalan – jalan raya sekunder dua jalur atau lebih dengan konstruksi permukaan jalan dari jenis aspal beton (*hotmix*) atau yang setara, dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat, tetapi tanpa kendaraan yang tidak bermotor.

d. Kelas II B

Adalah jalan – jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan dari penetrasi ganda atau yang setara dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat tetapi tanpa kendaraan tidak bermotor.

e. Kelas II C

Adalah jalan – jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari jenis penetrasi tunggal dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tidak bermotor.

f. Kelas III

Kelas jalan ini mencakup semua jalan – jalan penghubung dan merupakan konstruksi jalan berjalur tunggal atau ganda. konstruksi permukaan jalan yang paling tinggi adalah pelaburan dengan aspal.

### 2.2.3 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Berdasarkan perhitungan rata – rata dari ketinggian muka tanah lokasi rencana, maka dapat diketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan jalan. Klasifikasi jalan berdasarkan medan jalan dapat dilihat pada tabel 2.8 di bawah ini :

Tabel 2.8 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

No.	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	< 3
2	Perbukitan	B	3 - 25
3	Pegunungan	G	> 25

(Sumber : *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Dirjen Bina Marga, 1997*)

### 2.3 Kriteria Perancangan Jalan

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

- a. Memberikan kemanan dan kenyamanan, seperti jarak pandang, ruang yang cukup bagi manuver kendaraan, dan koefisien gesek permukaan jalan yang cukup.
- b. Menjamin suatu perancangan yang ekonomis.
- c. Memberikan suatu keseragaman geometrik jalan sehubungan dengan jenis medan.

Selain dari pada itu, dalam perencanaan geometrik jalan juga terdapat beberapa parameter perancangan yang harus dipahami seperti kendaraan rencana, kecepatan rencana, volume, dan kapasitas jalan, serta tingkat pelayanan yang diberikan oleh jalan tersebut. Parameter – parameter ini merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan. Berikut adalah parameter kendaraan yang direncanakan dalam perancangan geometrik jalan antara lain :

### 2.3.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana merupakan kendaraan yang dipakai dimensi dan radius putarnya sebagai acuan dalam perancangan geometrik. Dimensi kendaraan rencana masing – masing kelompok diambil ukuran terbesar untuk mewakili kelompoknya. Kendaraan rencana yang dipilih adalah sebagai dasar perencanaan fungsi jalan, jenis kendaraan dominan yang memakai jalan tersebut, dan pertimbangan biaya. Kendaraan rencana dikelompokkan dalam tiga kategori :

a. Kendaraan kecil (LV)

Kendaraan bermotor ber as ganda dengan empat roda dengan jarak as 2 – 3 meter (meliputi : mobil penumpang, oplet, mikrobus, *pick up*, dan truk kecil sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga)

b. Kendaraan sedang (MHV)

Kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5 – 5meter (termasuk bus kecil, truk dua as dengan enam roda, sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga)

c. Kendaraan besar (LB – LT)

1) Bus besar (LB)

Bus dengan dua atau tiga gandar dengan jarak 5 – 6 meter.

2) Truk besar (MC)

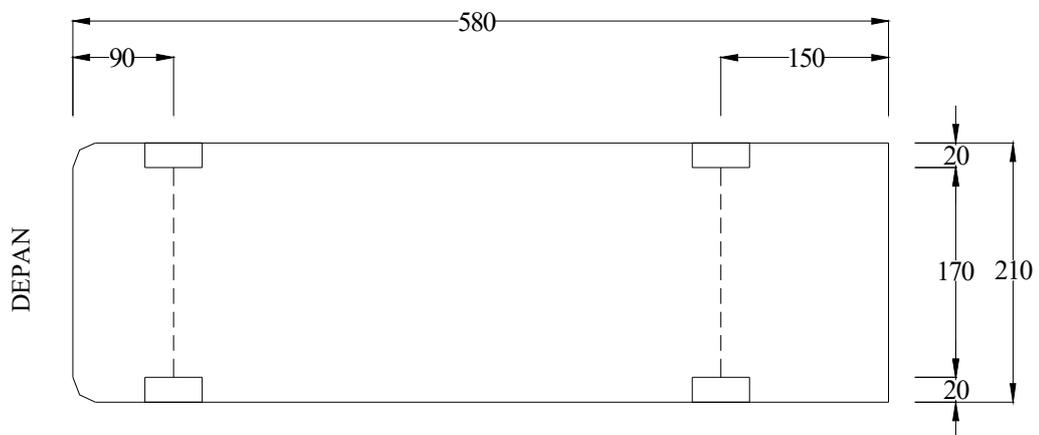
Truk tiga gandar dan truk kombinasi tiga, jarak gandar (gandar pertama dan gandar kedua)  $< 4,5$  (sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga).

Dimensi dasar untuk masing – masing kategori kendaraan rencana ditunjukkan pada tabel 2.9 :

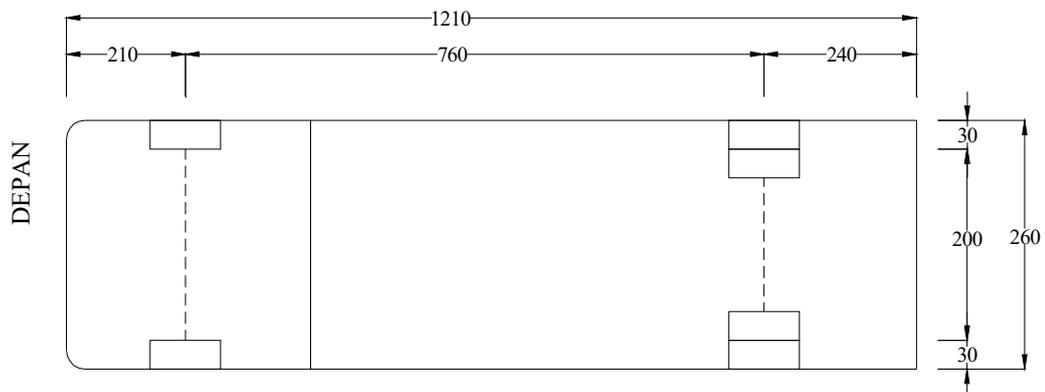
Tabel 2.9 Dimensi Kendaraan Rencana

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

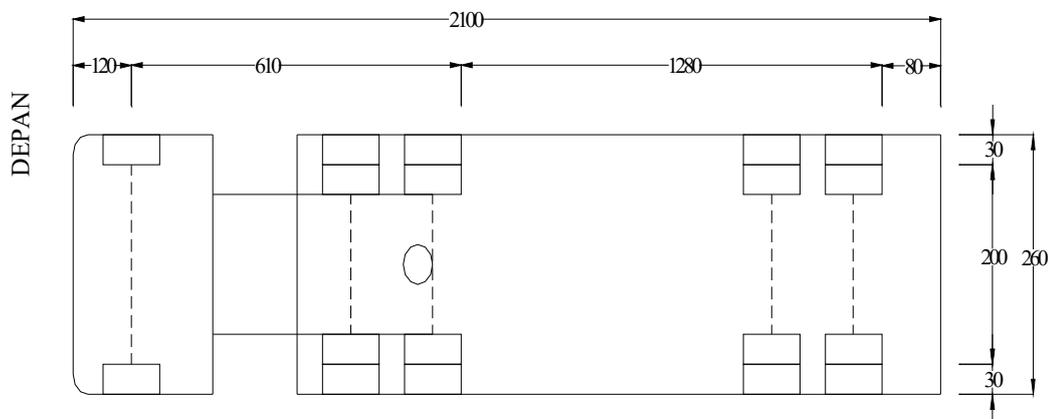
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Dirjen Bina Marga, 1997)



Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Besar

### 2.3.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana ( $v_r$ ) pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perancangan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan – kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti. Selain itu kecepatan juga dipilih untuk keperluan perancangan 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 tergantung dari bentuk jalan. Untuk kondisi medan yang sulit, kecepatan rencana suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam. Faktor – faktor yang mempengaruhi besarnya kecepatan rencana antara lain :

- Kondisi pengemudi dan kendaraan yang bersangkutan.
- Sifat fisik jalan dan keadaan medan sekitarnya.
- Sifat dan tingkat penggunaan daerah.
- Cuaca.
- Adanya gangguan dari kendaraan lain.
- Batasan kecepatan yang di izinkan.

Kecepatan rencana ditetapkan berdasarkan klasifikasi jalan dan medan yang akan dilalui, pada medan jalan yang datar kecepatan rencana akan lebih tinggi dari

pada kecepatan rencana pada daerah perbukitan ataupun di pegunungan. Persyaratan kecepatan rencana biasanya mengambil angka terendah dengan maksud untuk memberikan kebebasan bagi perancang jalan dalam menetapkan kecepatan rencana yang paling tepat yang disesuaikan dengan kondisi lingkungan agar dicapai kapasitas jalan yang paling optimum. Kecepatan rencana dari masing – masing kendaraan dapat dilihat pada tabel 2.10 :

Tabel 2.10 Kecepatan Rencana (vr) Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Medan Jalan

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana (vr)		
	Datar	Bukit	Gunung
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, Dirjen Bina Marga, 1997)

### 2.3.3 Satuan Mobil Penumpang

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 kendaraan dapat dilihat pada tabel 2.11 :

Tabel 2.11 Satuan Mobil Penumpang (SMP)

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

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

### 2.3.4 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas harian rata – rata (VLHR) adalah taksiran atau perkiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam smp/hari.

### 2.3.5 Tingkat Pelayanan Jalan

*Highway Capacity Manual* membagi tingkat pelayanan jalan atas enam kendaraan yaitu :

- a. Tingkat pelayanan A, dengan ciri – ciri :
  - 1) Arus lalu lintas bebas tanpa hambatan.
  - 2) Volume dan kepadatan lalu lintas rendah.
  - 3) Kepadatan kendaraan merupakan pilihan pengemudi.
- b. Tingkat pelayanan B, dengan ciri – ciri :
  - 1) Arus lalu lintas stabil.
  - 2) Kecepatan mulai dipengaruhi oleh kendaraan lalu lintas, tetapi tetap dapat dipilih sesuai kehendak pengemudi.
- c. Tingkat pelayanan C, dengan ciri – ciri :
  - 1) Arus lalu lintas stabil.
  - 2) Kecepatan perjalanan dipengaruhi oleh besarnya volume lalu lintas sehingga pengemudi tidak dapat memilih kecepatannya sendiri.
- d. Tingkat pelayanan D, dengan ciri – ciri :
  - 1) Arus lalu lintas sudah tidak stabil.
  - 2) Volume kira – kira sama dengan kapasitas.
  - 3) Seiring terjadi kemacetan.
- e. Tingkat pelayanan E, dengan ciri – ciri :
  - 1) Arus lalu lintas sudah tidak stabil.
  - 2) Perubahan volume lalu lintas sangat mempengaruhi besarnya kecepatan perjalanan.
- f. Tingkat pelayanan F, dengan ciri – ciri :
  - 1) Arus lalu lintas tertahan pada kecepatan rendah.
  - 2) Sering terjadi kemacetan.
  - 3) Arus lalu lintas rendah.

## 2.4 Penentuan Trase Jalan

Dalam pembuatan jalan harus ditentukan trase jalan yang harus diterapkan sedemikian rupa, agar dapat memberikan pelayanan yang baik sesuai dengan fungsinya, serta mendapatkan keamanan dan kenyamanan bagi pemakainya. Untuk membuat trase jalan yang baik dan ideal, maka harus memperhatikan syarat – syarat sebagai berikut :

### a. Syarat Ekonomis

Didalam perancangan yang menyangkut syarat – syarat ekonomis sebagai berikut ini :

- 1) Penarikan trase jalan yang tidak terlalu banyak memotong kontur, sehingga dapat menghemat biaya dalam pelaksanaan pekerjaan galian dan timbunan nantinya.
- 2) 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 menghasilkan jalan yang dapat memberikan rasa aman dan nyaman bagi pemakai atau pengguna jalan tersebut. Oleh karena itu perlu diperhatikan keadaan topografi pada daerah tersebut, sehingga dapat dicapai perancangan yang baik sesuai dengan kondisi daerah tersebut.

## 2.5 Bagian Jalan

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

### a. Ruang manfaat jalan (Rumaja)

Ruang manfaat jalan (Rumaja) adalah daerah atau ruang yang meliputi seluruh badan jalan, saluran tepi, dan ambang pengaman. Ruang manfaat jalan hanya diperuntukan bagi median, perkerasan jalan, trotoar, lereng, ambang pengaman, galian dan timbunan, gorong – gorong, perlengkapan jalan, dan bangunan pelengkap lainnya. Ruang manfaat jalan (Rumaja) dibatasi antara lain oleh :

- 1) Lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan pada kedua sisi jalan.

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

b. Ruang milik jalan (Rumija)

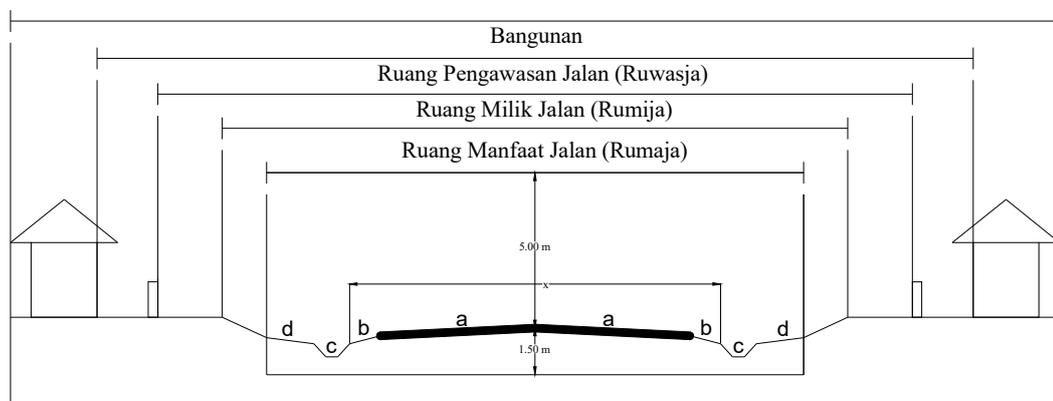
Ruang milik jalan (Rumija) adalah daerah atau ruang yang dibatasi oleh lebar yang sama dengan rumaja di tambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1,5 meter. Rumija diperuntukan bagi rumaja, pelebaran jalan, penambahan jalur lalu lintas di masa mendatang, dan ruangan pengaman jalan.

c. Ruang pengawasan jalan (Ruwasja)

Ruang pengawasan jalan adalah ruang sepanjang jalan diluar rumaja yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu dengan ketentuan sebagai berikut :

- 1) Jalan arterti minimum 20 meter.
- 2) Jalan kolektor minimum 15 meter.
- 3) Jalan lokal minimum 10 meter.

Untuk keselamatan pengguna seperti yang dijelaskan diatas dapat dilihat pada gambar 2.5 dibawah ini :



a = Jalur Lalu Lintas  
b = Bahu Jalan

c = Saluran Tepi  
d = Ambang Pengaman

e = b-a-b Badan Jalan

Gambar 2.5 Bagian – Bagian Jalan

## 2.6 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung (disebut juga tikungan). Ditinjau secara umum penempatan alinyemen horizontal harus dapat

menjamin keselamatan dan kenyamanan bagi pemakai jalan. Untuk itu perlu diperhatikan hal – hal sebagai berikut ini :

- a. Sebisa mungkin hindari *broken back*, artinya tikungan searah yang hanya dipisah oleh tangen yang sangat pendek yang dapat mengurangi keamanan dan kenyamanan pemakai jalan.
- b. Pada bagian yang relatif lurus dan panjang jangan sampai tiba – tiba terdapat tikungan tajam yang dapat membahayakan pemakai jalan.
- c. Apabila tidak terpaksa jangan menggunakan radius minimum, sebab jalan tersebut akan sulit mengikuti perkembangan yang akan terjadi di masa mendatang.
- d. Apabila terpaksa menghadapi tikungan ganda, maka dalam perancangan harus di usahakan agar jari – jari (R) lebih kecil atau sama dengan jari – jari lengkung kedua (R2) x 1,5.
- e. Sebisa mungkin hindarkan lengkung yang berbalik dengan mendadak.
- f. Hindari lengkung yang tajam pada timbunan yang tinggi.

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal dikenal juga dengan nama situasi jalan atau trase jalan. Alinyemen horizontal terdiri dari garis – garis lurus yang dihubungkan dengan garis lengkung. Garis lengkung tersebut terdiri dari busur lingkaran di tambah busur peralihan saja ataupun busur lingkaran saja (*Sukirman, 1999*).

Pada perancangan geometrik jalan terkhusus alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis dari bagian jalan yaitu bagian lurus dan bagian lengkung (tikungan). Dalam perancangan bagian jalan yang lurus perlu mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu  $\leq 2,5$  menit (sesuai vr). Nilai panjang bagian lurus maksimum dapat dilihat pada tabel 2.12. di bawah ini :

Tabel 2.12 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi Jalan	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	3000	2500	2000
Kolektor	2000	1750	1500

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)

Pada umumnya ada tiga jenis tikungan yang digunakan pada alinyemen horizontal, yaitu dapat dilihat di bawah ini :

- a. *Full Circle* (FC)
- b. *Spiral – Circle – Spiral* (SCS)
- c. *Spiral – Spiral* (SS)

### 2.6.1 Penentuan Golongan Medan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Berdasarkan perhitungan rata – rata dari ketinggian muka tanah lokasi rencana yang memiliki keseragaman dengan kondisi medan lokasi, maka dapat diketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan jalan. Klasifikasi golongan medan dapat dilihat pada tabel 2.13 di bawah ini :

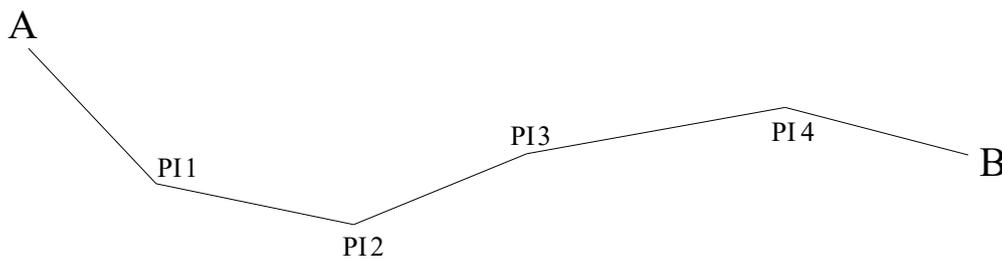
Tabel 2.13 Klasifikasi Golongan Medan

No.	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	< 3
2	Perbukitan	B	3 - 25
3	Pegunungan	G	> 25

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Dirjen Bina Marga, 1997)

### 2.6.2 Menentukan Koordinat dan Jarak

Penentuan titik – titik penting yang diperoleh dari pemilihan rencana alinyemen horizontal. Gambar koodinat dapat dilihat pada gambar 2.6 di bawah ini :



Gambar 2.6 Koordinat dan Jarak

Titik penting yang perlu ditentukan koordinatnya adalah :

- Titik awal proyek dengan simbol A.
- Titik PI 1, PI 2, ....., PI n sebagai titik potong (*Point of Intersection*) dari dua bagian lurus rencana alinyemen horizontal.
- Titik akhir proyek dengan simbol B.

Jarak yang dihitung setelah penentuan koordinat adalah :

d 1 = Jarak titik A ke titik PI 1.

d 2 = Jarak titik PI 1 ke titik PI 2.

d 3 = Jarak titik PI 2 ke titik PI 3.

d 4 = Jarak titik PI 3 ke titik B.

Rumus yang dipakai untuk menghitung jarak adalah :

$$d = \sqrt{(X1 - X2)^2 + (Y1 - Y2)^2} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana : d = Jarak titik A ke titik PI 1

X1 = Koordinat titik A pada sumbu X

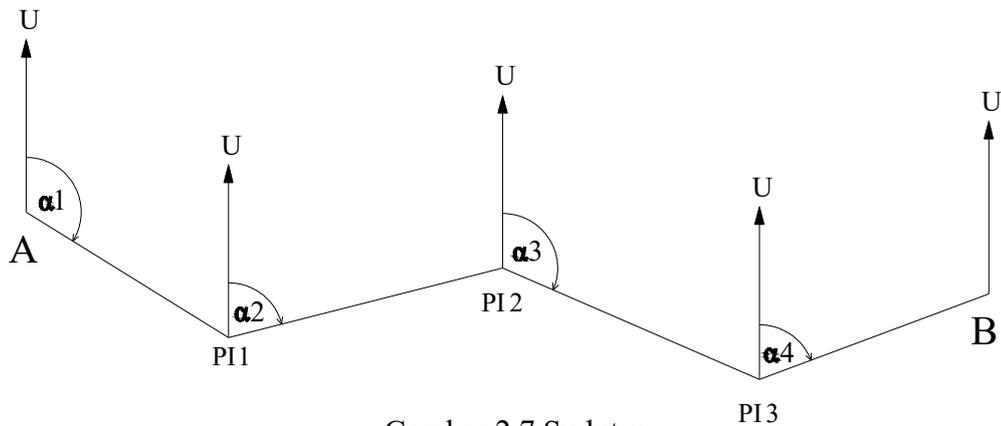
X2 = Koordinat titik PI 1 pada sumbu X

Y1 = Koordinat titik A pada sumbu Y

Y2 = Koordinat titik PI 1 pada sumbu Y

### 2.6.3 Menentukan Sudut Jurusan ( $\alpha$ ) dan Sudut *Bearing* ( $\Delta$ )

Sudut jurusan ( $\alpha$ ) ditentukan berdasarkan arah utara. Sudut jurusan suatu sisi dihitung dari sumbu y+ (arah utara) lalu berputar searah jarum jam menuju sisi yang lain. Gambar sudut jurusan dapat dilihat pada gambar 2.7 di bawah ini



Gambar 2.7 Sudut  $\alpha$

$$\alpha_1 = \alpha (A - PI 1)$$

$$\alpha_2 = \alpha (PI 1 - PI 2)$$

$$\alpha_3 = \alpha (PI 2 - PI 3)$$

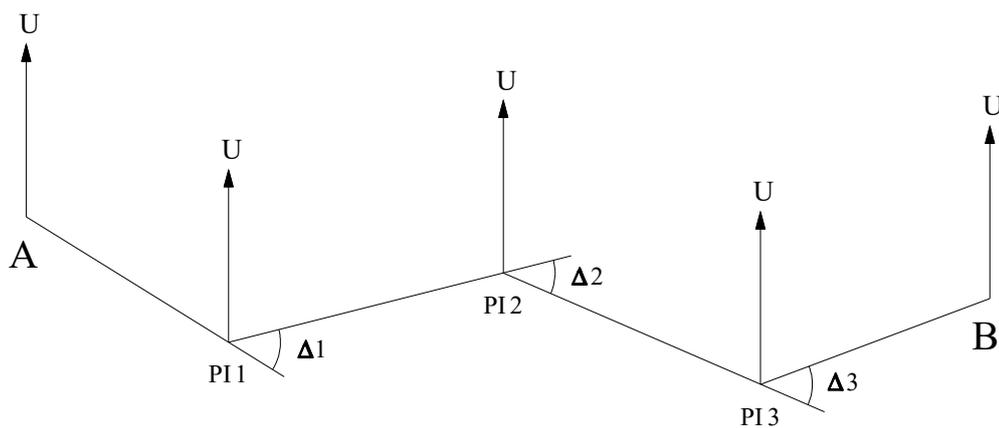
$$\alpha_4 = \alpha (PI 4 - B)$$

Sudut jurusan ( $\alpha$ ) dihitung dengan rumus :

$$\alpha = \text{arc tg} \frac{(X_{PI1} - X_A)}{(Y_{PI1} - Y_A)} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\alpha = 90 - \text{arc tg} \frac{(Y_{PI1} - Y_A)}{(X_{PI1} - X_A)} \dots\dots\dots (2.5)$$

Sudut ( $\Delta$ ) diperlukan dalam menentukan jenis tikungan yang akan digunakan pada suatu trse jalan. Gambar sudut bearing dapat dilihat pada gambar 2.8 dibawah ini :



Gambar 2.8 Sudut  $\Delta$

$$\Delta_1 = (\alpha_1 - \alpha_2)$$

$$\Delta_2 = (\alpha_2 - \alpha_3)$$

$$\Delta_3 = (\alpha_3 - \alpha_4)$$

### 2.6.4 Tikungan

Bagian yang sangat kritis pada alinyemen horizontal adalah bagian tikungan, dimana terdapat gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Gaya sentrifugal ini mendorong kendaraan secara radial keluar jalur. Atas dasar ini maka perancangan tikungan diperlukan agar dapat memberikan keamanan dan kenyamanan perlu mempertimbangkan hal – hal sebagai berikut :

#### a. Jari – jari lengkung minimum

Agar kendaraan stabil saat melalui tikungan, maka perlu dibuat suatu kemiringan yang ada pada sisi melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi ( $e$ ). Pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi tersebut, maka akan terjadi gaya gesekan antara arah melintang jalan antara ban kendaraan dengan permukaan jalan yang menimbulkan gaya gesekan ke arah melintang. Perbandingan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang ( $f$ ). Untuk pertimbangan perencanaan jari – jari minimum untuk berbagai variasi kecepatan dapat dilihat pada tabel 2.14 :

Tabel 2.14 Panjang Jari – Jari Minimum untuk  $e$  maks = 10 %

V (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jari – Jari Minimum (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)

#### b. Jenis – jenis tikungan

Didalam suatu perancangan garis lengkung, maka perlu diketahui hubungan antara kecepatan rencana dengan kemiringan melintang jalan (superelevasi) karena garis lengkung yang direncanakan harus bisa mengurangi gaya sentrifugal (gaya terpentol ke arah luar jalan) secara berangsur – angsur mulai dari nol sampai nol kembali. Bentuk tikungan dalam perancangan tersebut adalah :

##### 1) Tikungan *Full Circle* (FC)

Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan yang mempunyai jari – jari besar dan sudut tangen yang relatif kecil. Atas dasar ini, maka perancangan tikungan dapat memberikan keamanan dan

kenyamanan bagi pengguna jalan raya, dalam merancang tikungan harus memperhatikan hal – hal sebagai berikut :

(a) Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan adalah lengkung yang disisipkan di antara bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan yang memiliki jari – jari tetap ( $R$ ), hal tersebut berfungsi untuk mengantisipasi perubahan alinyemen jalan dari bentuk lurus ( $R$  tidak terhingga) sampai ke bentuk bagian lengkung jalan yang memiliki jari – jari tetap ( $R$ ) sehingga gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan saat berjalan di tikungan berubah secara berangsur – angsur, baik ketika kendaraan mendekati tikungan maupun meninggalkan tikungan. Bentuk lengkung peralihan dapat berupa parabola atau spiral (*clothoid*). Panjang lengkung peralihan ( $L_s'$ ) ditetapkan atas pertimbangan bahwa :

- (1) Lama waktu perjalanan di lengkung peralihan perlu dibatasi untuk menghindari kesan perubahan alinyemen yang mendadak, ditetapkan 3 detik
- (2) Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan dapat diantisipasi berangsur – angsur pada lengkung peralihan dengan aman.
- (3) Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan ( $re$ ) dari bentuk kelandaian normal kelandaian superelevasi penuh tidak boleh melampaui  $re$  maks yang di tetapkan sebagai berikut :
  - Untuk  $v_r \leq 70$  km/jam,  $re$  maks = 0,035 m/s
  - Untuk  $v_r \leq 80$  km/jam,  $re$  maks = 0,025 m/s
- (4)  $L_s'$  ditentukan dari tiga rumus di bawah ini dan di ambil nilai terbesar :
  - Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan :

$$Ls' = (vr / 3,6) \times T \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana : T = Waktu tempuh (3 detik)

vr = Kecepatan rencana (km/jam)

- o Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal :

$$Ls' = 0,22 (vr^3/R.C) - 2,727 (v.e/C) \dots\dots(2.7)$$

- o Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$Ls' = ((em-en)/3,6 \times re) \times vr \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana : vr = Kecepatan rencana (km/jam)

em= superelevasi maksimum

en = super elevasi normal

re = tingkat kemiringan melintang

#### (b) Kemiringan Melintang

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 dan Ls' dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Ls' = (e + en).B.1/ m \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana : 1 / m = Landai relatif (%)

e = Superelevasi (%)

en = Kemiringan melintang normal (%)

B = Lebar jalan (m)

#### (c) Kebebasan Samping

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang atau daerah untuk menjamin kebebasan pandangan pengemudi kendaraan dari halangan benda – benda di sisi jalan (daerah

bebas samping). Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan pada saat pengemudi kendaraan berada di tikungan dengan membebaskan obyek – obyek penghalang sejauh  $M$  (m), diukur dari garis tengah jalur dalam sampai obyek penghalang pandangan, sehingga persyaratan  $J_h$  dipenuhi. Daerah bebas samping tikungan di hitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

- (1) Berdasarkan jarak pandang henti :

$$M = R (1 - \cos \theta) \dots\dots\dots (2.10)$$

- (2) Berdasarkan jarak pandang mendahului :

$$M = R (1 - \cos \theta) + 0,5(S - L)\sin \theta \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

$M$  = Jarak dari penghalang ke sumbu lajur dalam (m)

$\theta$  = Setengah sudut pusat sepanjang  $L$  ( $^\circ$ )

$R$  = Radius sumbu lajur sebelah dalam (m)

$S$  = Jarak pandangan (m)

$L$  = Panjang tikungan (m)

Jenis tikungan *full circle* ini merupakan jenis tikungan yang paling ideal ditinjau dari segi keamanan dan kenyamanan pengendara dan kendaraannya, namun apabila ditinjau dari penggunaan lahan dan biaya pembangunannya yang relatif terbatas, jenis tikungan ini merupakan pilihan yang sangat mahal. Adapun batasan dimana dibolehkan menggunakan *full circle* adalah sebagai berikut sesuai tabel 2.15 :

Tabel 2.15 Jari – Jari Minimum yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

v (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jari – Jari Minimum (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)

Untuk tikungan yang jari – jarinya lebih kecil dari harga di atas, maka alternatif bentuk tikungan yang dipakai adalah *spiral circle spiral*. Rumus – rumus yang digunakan pada tikungan *full circle* yaitu :

$$R_{\min} = \frac{v^2}{127 (e_{\max} + f_m)} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$D_{\max} = \frac{1432.4}{R_{\min}} ; D = \frac{1432.4}{R} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$e = - \frac{e_{\max}}{D^2_{\max}} D^2 + \frac{2 e_{\max}}{D_{\max}} D \dots\dots\dots (2.14)$$

$$Ls' = (e + en) \cdot \frac{1}{2} \cdot B \cdot m \dots\dots\dots (2.15)$$

$$Ls' = 0,022 \cdot \frac{v^3}{R \cdot c} - 2,727 \cdot \frac{v \cdot e}{c} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$Tc = R \tan \frac{1}{2} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$Ec = T \tan \frac{1}{4} (m) \dots\dots\dots (2.18)$$

$$Lc = \frac{\pi}{180} \Delta R (m) \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana :

$\Delta$  = Sudut tikungan atau sudut tangen

R = Jari – jari

Tc = Jarak TC ke PI

Ec = Jarak PI ke busur lingkaran

Lc = Panjang busur lingkaran

Ls' = Lengkung peralihan fiktif

D = Derajat lengkung

v = Kecepatan

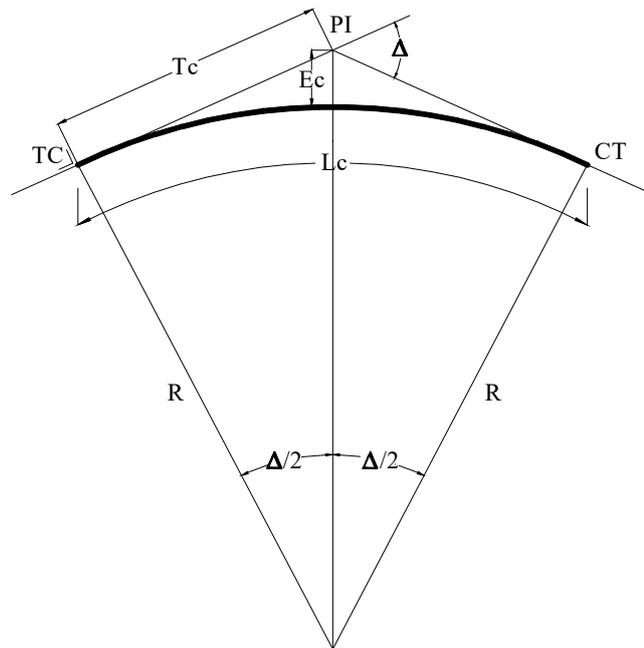
B = Lebar jalan

C = Perubahan Percepatan

$f_m$  = Koefisien gesekan melintang =  $0,19 - 0,000625 V$

$m$  = Landai relatif =  $2 V + 40$

Komponen – komponen tikungan *full circle* dapat dilihat pada gambar 2.9 dibawah ini :



Gambar 2.9 Tikungan *Full Circle*

## 2) Tikungan *Spiral – Circle – Spiral* (SCS)

*Spiral – circle – spiral* adalah salah satu jenis tikungan dari ketiga jenis tikungan yang ada pada alinyemen horizontal. Tikungan ini pada bagian lurus ke *circle* panjangnya diperhitungkan dengan melihat perubahan gaya sentrifugal dari nol sampai ada nilai gaya sentrifugal. Jenis alinyemen horizontal ini sering dipakai dalam perancangan suatu jalan karena tikungan ini memiliki tingkat keamanan dan kenyamanan yang paling tinggi dibandingkan dengan jenis tikungan yang lainnya. Bentuk tikungan ini digunakan pada daerah – daerah perbukitan atau pegunungan karena tikungan jenis ini memiliki lengkung peralihan yang memungkinkan perubahan menikung tidak secara mendadak dan tikungan tersebut menjadi aman. Adapun jari – jari yang di ambil untuk tikungan *spiral – circle – spiral* ini haruslah sesuai dengan kecepatan dan tidak

mengakibatkan adanya kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang di tentukan, yaitu :

- (a) Kemiringan maksimum antar jalan kota = 0,10
- (b) Kemiringan maksimum jalan dalam kota = 0,08

Jari – jari lengkung maksimum untuk setiap kecepatan rencana ditentukan berdasarkan :

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

Panjang lengkung peralihan ( $L_s$ ) menurut TPGJAK 1997 diambil nilai yang terbesar dari tiga persamaan dibawah ini :

- (a) Berdasarkan waktu tempuh maksimum (3 detik) untuk melintasi lengkung peralihan, maka panjang lengkung :

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} T \text{ (m)} \dots\dots\dots (2.20)$$

- (b) Berdasarkanantisipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus *modifikasi shortt*, sebagai berikut :

$$L_s = 0,022 \frac{V^3}{R_c.C} T - 2,727 \frac{V_R - e}{C} \dots\dots\dots (2.21)$$

- (c) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian :

$$L_s = \frac{(em - en)}{3,6 re} v_r \text{ (m)} \dots\dots\dots (2.22)$$

Dimana : T = Waktu tempuh (3 detik)

$R_c$  = Jari – jari busur lingkaran (m)

C = Perubahan kecepatan 0,3 – 1,0 m/s

re = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan

Untuk  $V \leq 70$  km/jam, re = 0,035 m/s

Untuk  $V_R \geq 80$  km/jam, re = 0,025 m/s

Rumus – rumus yang berlaku dalam perancangan tikungan *spiral – circle – spiral* ini adalah :

$$R_{\min} = \frac{v^2}{127 (e + fm)} \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana : R = Jari – jari lengkung minimum (m)

$e$  = Kemiringan tikungan (%)

$f_m$  = Koefisien gesek melintang maksimum

$V$  = Kecepatan rencana (km/jam)

Adapun harga  $f_m$  tiap kecepatan seperti tercantum pada tabel 2.16 dibawah ini :

Tabel 2.16 Harga  $f_m$

V	30	40	60	80	100	120
$f$	0,1712	0,165	0,152	0,140	0,127	0,11
m	5	0	5	0	5	5

( Sumber : Geometrik Jalan, Hamirhan Saodang, 2004)

$$D_{max} = \frac{1432.4}{R_{min}} ; D = \frac{1432.4}{R} \dots\dots\dots (2.24)$$

$$e = - \frac{e maks}{D^2 maks} D^2 + \frac{2 e maks}{D maks} D \dots\dots\dots (2.25)$$

$$T_s = (R + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots\dots\dots (2.26)$$

$$E_s = \frac{R+P}{\cos^1/2\Delta} - R \dots\dots\dots (2.27)$$

$$L_{tot} = L_c + 2 L_s \text{ (m)} \dots\dots\dots (2.28)$$

$$L_c = \frac{\Delta}{360} 2 \pi R \dots\dots\dots (2.29)$$

$$2\theta_s = \frac{L_s}{2\pi R} 360 \text{ (}^\circ\text{)} \dots\dots\dots (2.30)$$

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_s \text{ (}^\circ\text{)} \dots\dots\dots (2.31)$$

$$p = Y_s - R (1 - \cos \theta_s) \text{ (m)} \dots\dots\dots (2.32)$$

$$k = X_s - R \sin \theta_s \text{ (m)} \dots\dots\dots (2.33)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 R} \text{ (m)} \dots\dots\dots (2.34)$$

$$X_s = L_s \left( 1 - \frac{L_s^2}{40R^2} \right) \text{ (m)} \dots\dots\dots (2.35)$$

Keterangan :

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

$Y_s$  = Ordinat titik SC pada titik tegak lurus garis tan

$L_s$  = Panjang lengkung peralihan

$L_c$  = Panjang busur lingkaran (SC – CS)

$T_s$  = Jarak dari PI ke spiral

$E_s$  = Jarak dari PI ke lingkaran

$R_c$  = Jari – jari lingkaran

$p$  = Pergeseran tangen terhadap spiral

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

$\Delta$  = Sudut tikungan atau sudut tangen

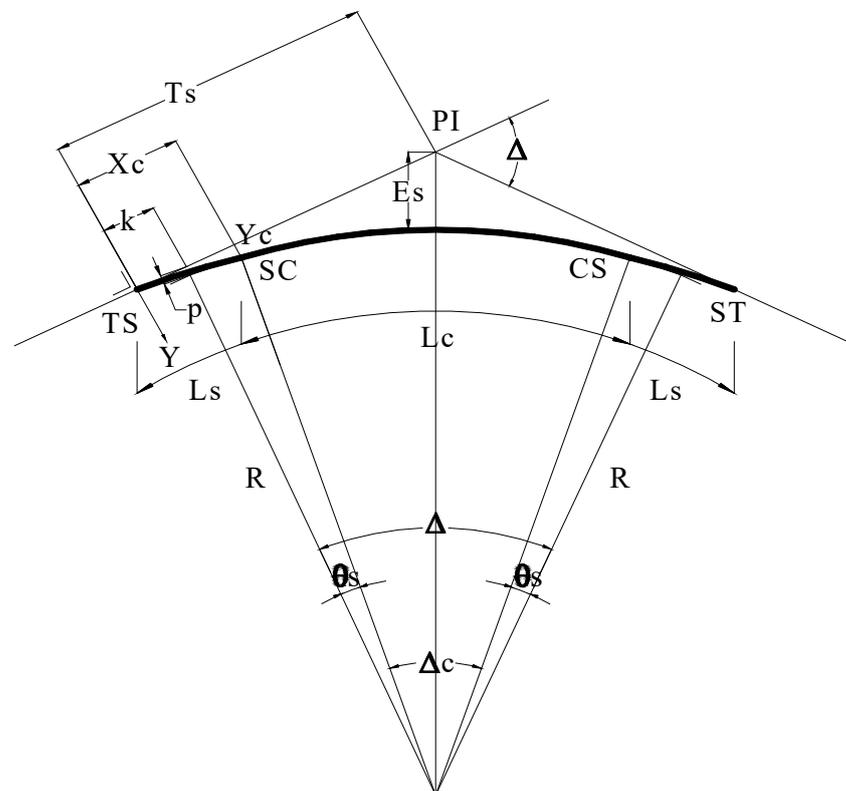
$\theta_s$  = Sudut lengkung spiral

Kontrol :

Jika diperoleh  $L_c < 20$  meter, maka sebaiknya tidak digunakan untuk tikungan jenis *spiral – circle – spiral*, tetapi gunakan lengkung dari tikungan jenis spiral – spiral, yaitu lengkung yang terdiri dari dua buah lengkung peralihan. Jika  $p$  yang di hitung dengan rumus :

$$p = \frac{L_s^2}{24 R_c} < 0,25, \text{ maka digunakan tikungan jenis FC}$$

Bentuk tikungan spiral – circle – spiral dapat dilihat pada gambar 2.10 di bawah ini :



Gambar 2.10 Tikungan *Spiral Circle Spiral*

### 3) Tikungan *Spiral – Spiral* (SS)

Bentuk tikungan ini digunakan pada keadaan yang sangat tajam. Lengkung horizontal berbentuk *spiral – spiral* adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga SC berhimpit dengan titik CS. Adapun semua rumus dan aturannya adalah sebagai berikut :

$$L_s = \frac{\theta S}{28.648} R_c \text{ (m)} \dots\dots\dots (2.36)$$

$$T_s = (R + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \text{ (m)} \dots\dots\dots (2.37)$$

$$E_s = \frac{R+P}{\cos^1/2\Delta} - R \dots\dots\dots (2.38)$$

$$L = 2 L_s \text{ (m)} \dots\dots\dots (2.39)$$

$$k = k^* L_s \dots\dots\dots (2.40)$$

$$p = p^* L_s \dots\dots\dots (2.41)$$

Keterangan :

$E_s$  = Jarak dari PI ke busur lingkaran

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

$R_c$  = Jari – jari lingkaran

$k$  = Absis dari p pada garis tangen spiral

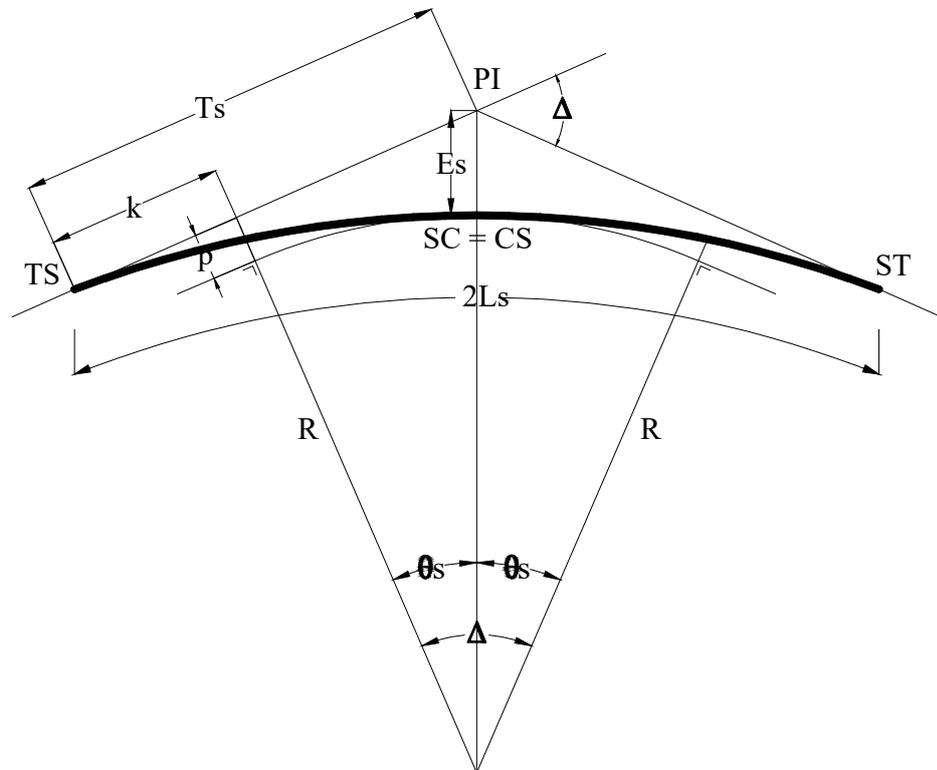
$p$  = Pergeseran tangen terhadap spiral

Tabel untuk menentukan nilai p dan k dapat dilihat pada tabel 2.17 di bawah ini :

Tabel 2.17 Nilai p dan k

qs (°)	p*	k*	qs (°)	p*	k*	qs (°)	p*	k*
0,5	0,0007272	0,4999987	14,0	0,0206655	0,4989901	27,5	0,0422830	0,4959406
1,0	0,0014546	0,4999949	14,5	0,0214263	0,4989155	28,0	0,0431365	0,4957934
1,5	0,0021820	0,4999886	15,0	0,0221896	0,4988381	28,5	0,0439946	0,4956227
2,0	0,0029098	0,4999797	15,5	0,0229553	0,4987580	29,0	0,0448572	0,4954585
2,5	0,0036378	0,4999683	16,0	0,0237236	0,4986750	29,5	0,0457245	0,4952908
3,0	0,0043663	0,4999543	16,5	0,0244945	0,4985892	30,0	0,0465966	0,4951196
3,5	0,0050953	0,4999377	17,0	0,0252681	0,4985005	30,5	0,0474735	0,4949448
4,0	0,0058249	0,4999187	17,5	0,0260445	0,4984090	31,0	0,0483550	0,4947665
4,5	0,0065551	0,4999970	18,0	0,0268238	0,4983146	31,5	0,0492422	0,4945845
5,0	0,0072860	0,4999728	18,5	0,0276060	0,4982172	32,0	0,0501340	0,4943988
5,5	0,0080178	0,4998461	19,0	0,0283913	0,4981170	32,5	0,0510310	0,4942094
6,0	0,0094843	0,4998167	19,5	0,0291797	0,4980137	33,0	0,0519333	0,4940163
6,5	0,0102191	0,4997848	20,0	0,0299713	0,4979075	33,5	0,0528408	0,4938194
7,0	0,0102191	0,4997503	205	0,0307662	0,4977983	34,0	0,0537536	0,4936187
7,5	0,0109550	0,4997132	21,0	0,0315644	0,4976861	34,5	0,0546719	0,4934141
8,0	0,0116922	0,4997350	21,5	0,0323661	0,4975708	35,0	0,0555957	0,4932057
8,5	0,0124307	0,4993120	22,0	0,0331713	0,4974525	35,5	0,0562500	0,4929933
9,0	0,0131706	0,4995892	22,5	0,0339801	0,4973311	36,0	0,0574601	0,4927769
9,5	0,0139121	0,4998387	23,0	0,0347926	0,4972065	36,5	0,0584008	0,4925566
10,0	0,0146551	0,4994884	23,5	0,0356088	0,4970788	37,0	0,0593473	0,4923322
10,5	0,0153997	0,4994356	24,0	0,0364288	0,4969479	37,5	0,0602997	0,4921037
11,0	0,0161461	0,4993800	24,5	0,0372528	0,4968139	38,0	0,0612581	0,4918711
11,5	0,0168943	0,4993218	25,0	0,0380807	0,4966766	38,5	0,0622224	0,4916343
12,0	0,0176444	0,4992609	25,5	0,0389128	0,4965360	39,0	0,0631929	0,4913933
12,5	0,0183965	0,4991973	26,0	0,0397489	0,4963922	39,5	0,0641694	0,4911480
13,0	0,0191507	0,4991310	26,5	0,0405893	0,4962450	40,0	0,0651522	0,4908985
13,,5	0,0199070	0,4990619	27,0	0,0414340	0,4960945			

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1997)



Gambar 2.11 Tikungan *Spiral – Spiral*

### 2.6.5 Kemiringan Melintang

Pada jalan lurus kendaraan banyak bergerak tanpa membutuhkan kemiringan melintang jalan. Namun demikian agar air hujan jatuh menimpa permukaan perkerasan jalan cepat mengalir kesamping dan masuk kedalam saluran samping, maka dibuatkan jalan dengan kemiringan melintang yang disebut dengan kemiringan normal. Besarnya kemiringan melintang normal jalan sangat tergantung kepada jenis lapis permukaan jalan yang digunakan. Semakin kedap air permukaan jalan tersebut, maka kemiringan melintang jalan akan dibuat semakin landai, sebaiknya jenis lapis permukaan jalan yang mudah dirembesi oleh air, harus mempunyai kemiringan melintang jalan yang cukup besar, sehingga kerusakan konstruksi perkerasan jalan dapat dihindari. Besar kemiringan jalan ( $e_n$ ) berkisar antara ( 2 - 4 )%. Bentuk kemiringan normal jalan pada jalan dengan 2 jalur 2 arah, umumnya berbentuk *crown*, dan pada jalan mempunyai median, kemiringan melintang dibuat untuk masing-masing jalur.

### 2.6.6 Menentukan *Stationing*

Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perancangan adalah dengan memberi nomor pada interval – interval tertentu dari awal sampai akhir proyek. Nomor jalan (STA) dibutuhkan sebagai informasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang ditinjau dan sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perancangan. Adapun interval untuk masing – masing penomoran adalah sebagai berikut :

- a. Setiap 100 m, untuk daerah datar.
- b. Setiap 50 m, untuk daerah bukit.
- c. Setiap 25 m, untuk daerah gunung.

### 2.6.7 Superelevasi

Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan-kemiringan jalan pada bagian tertentu, yang berfungsi untuk mempermudah dalam pekerjaan atau pelaksanaannya dilapangan. Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan normal ( $e_n$ ) pada jalan yang lurus sampai kemiringan penuh ( $e_{maks}$ ) pada bagian lengkung.

Pada tikungan *Full Circle* (FC) karena lengkungnya hanya berbentuk busur lingkaran saja, maka pencapaian superelevasinya dilakukan sebagian pada jalan lurus sebagian lagi pada bagian lengkung. Karena bagian lengkung peralihan itu sendiri tidak ada, maka panjang daerah pencapaian kemiringan disebut sebagai panjang peralihan fiktif ( $L_s'$ ). Pada tikungan SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier mulai dari bentuk normal pada bagian lurus sampai bentuk superelevasi penuh pada bagian akhir lengkung peralihan SC. Pada tikungan SS, pencapaian superelvasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.

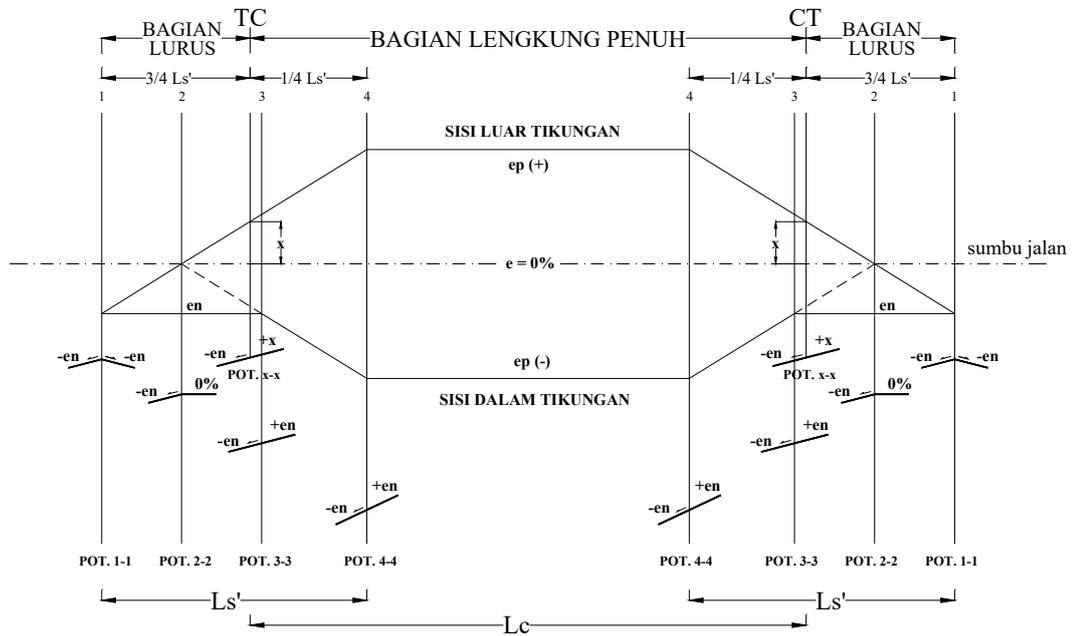
Superelevasi tidak diperlukan jika jari-jari ( $R$ ) cukup besar untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal ( $LP$ ) atau bahkan tetap dipertahankan sebesar lereng normal ( $LN$ ). Untuk nilai panjang legkung peralihan minimum dan superelevasi dapat dilihat ditabel dibawah ini :

Tabel 2.18 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi yang dibutuhkan (emaks = 10%, Metode Bina Marga)

D (°)	R (m)	V = 50 km/jam		V = 60 km/jam		V = 70 km/jam		V = 80 km/jam		V = 90 km/jam	
		e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls
0,250	5730	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0
0,500	2865	LN	0	LN	0	LP	60	LP	70	LP	75
0,750	1910	LN	0	LP	50	LP	60	0,020	70	0,025	75
1,000	1432	LP	45	LP	50	0,021	60	0,027	70	0,033	75
1,250	1146	LP	45	LP	50	0,025	60	0,033	70	0,040	75
1,500	955	LP	45	0,023	50	0,030	60	0,038	70	0,047	75
1,750	819	LP	45	0,026	50	0,035	60	0,044	70	0,054	75
2,000	716	LP	45	0,029	50	0,039	60	0,049	70	0,060	75
2,500	573	0,026	45	0,036	50	0,047	60	0,059	70	0,072	75
3,000	477	0,030	45	0,042	50	0,055	60	0,068	70	0,081	75
3,500	409	0,035	45	0,048	50	0,062	60	0,076	70	0,089	75
4,000	358	0,039	45	0,054	50	0,068	60	0,082	70	0,095	75
4,500	318	0,043	45	0,059	50	0,074	60	0,088	70	0,099	75
5,000	286	0,048	45	0,064	50	0,079	60	0,093	70	0,100	75
6,000	239	0,055	45	0,073	50	0,088	60	0,098	70	D <sub>maks</sub> =5,12	
7,000	205	0,062	45	0,080	50	0,094	60	D <sub>maks</sub> =6,82			
8,000	179	0,068	45	0,086	50	0,098	60				
9,000	159	0,074	45	0,091	50	0,099	60				
10,000	143	0,079	45	0,095	60	D <sub>maks</sub> =9,12					
11,000	130	0,083	45	0,098	60						
12,000	119	0,087	45	0,100	60						
13,000	110	0,091	50	D <sub>maks</sub> =12,79							
14,000	102	0,093	50								
15,000	95	0,096	50								
16,000	90	0,097	50								
17,000	84	0,099	60								
18,000	80	0,099	60								
19,000	75	D <sub>maks</sub> =18,85									

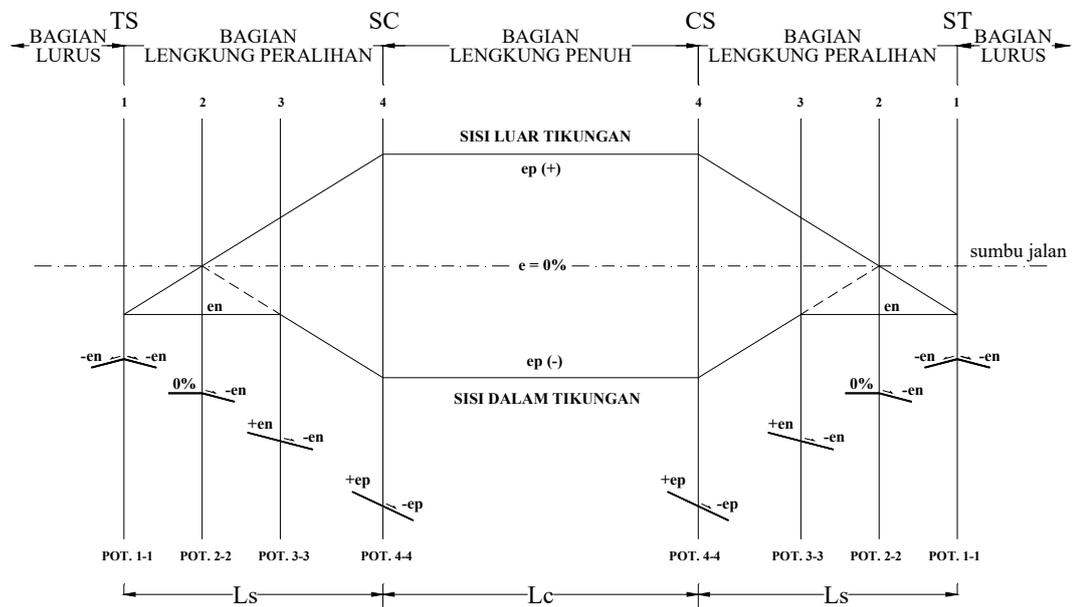
(Sumber : Dasar – Dasar Perencanaan Geometrik , Nova)

Tikungan *Full Circle* dapat dilihat pada gambar 2.12 dibawah ini :



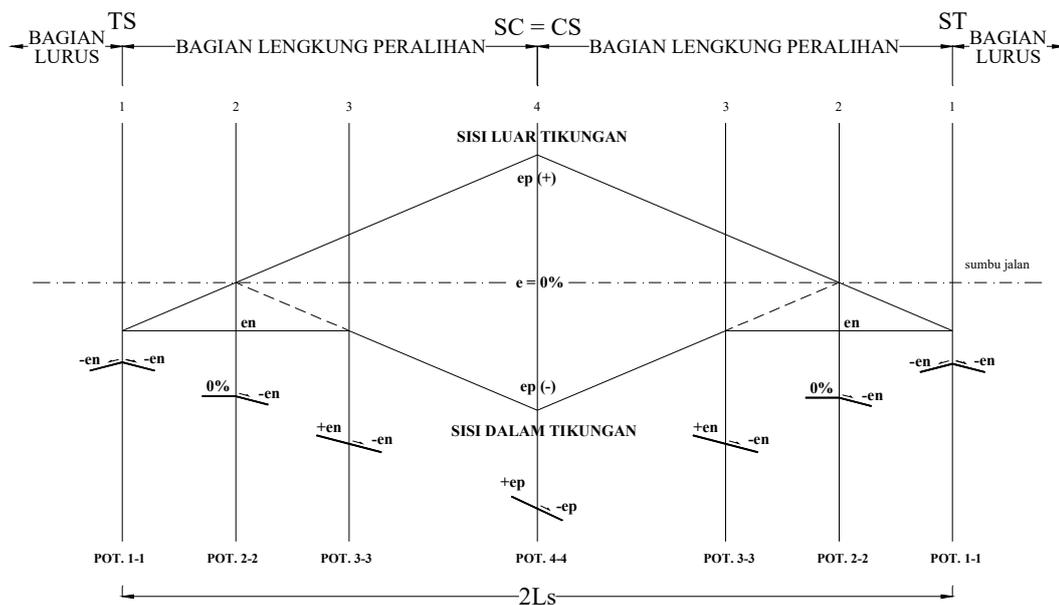
Gambar 2.12 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Full Circle*

Tikungan *Spiral Circle Spiral* dapat dilihat pada gambar 2.13 dibawah ini :



Gambar 2.13 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral – Circle – Spiral*

Tikungan *Spiral – Spiral* dapat dilihat pada gambar 2.14 dibawah ini :



Gambar 2.14 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral – Spiral*

Keterangan :

Potongan I, Kemiringan permukaan perkerasan jalan tersebut bersifat normal, yaitu sebagian miring kearah kiri dan sebagian lagi miring kearah kanan.

Potongan II, Pada kondisi ini, bagian sisi luar sudah bergerak keatas dari posisi awal seperti pada potongan I menjadi rata (datar) dengan kemiringan sebesar 0%. Dengan demikian bentuk permukaan jalan menjadi rata sebelah.

Potongan III, Bagian dari sisi luar tikungan terus bergerak keatas sehingga akhirnya segaris (satu kemiringan) dengan sisi dalam. Besarnya kemiringan tersebut menjadi sebesar kemiringan normal.

Potongan IV, Baik sisi luar maupun sisi dalam tikungan sama-sama bergerak naik sehingga mencapai kemiringan sebesar kemiringan maksimum yang ditetapkan pada tikungan tersebut. Setelah melewati titik CS, maka bentuk potongan berangsur – angsur kembali kebentuk potongan III selanjutnya ke potongan II dan akhirnya kembali lagi kebentuk potongan I, yakni bentuk normal.

### 2.6.8 Pelebaran Perkerasan Jalan pada 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 akan keluar jalur akibat posisi roda depan dan roda belakang yang tidak sama, yang tergantung pada ukuran kendaraan.

Adapun rumus – rumus yang digunakan untuk perhitungan pelebaran jalan pada tikungan menurut buku dasar – dasar perencanaan geometrik jalan (Silvia Sukirman) sebagai berikut :

$$B = \sqrt{\{\sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25\}^2 + 64} - \sqrt{(Rc^2 - 64) + 1,25} \text{ (m)} \dots\dots\dots(2.42)$$

Dimana : B = Lebar perkerasan yang diempati satu kendaraan di tikungan pada lajur sebelah dalam ( m )

Rc = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan

Dimana nilai radius lengkung untuk lintasa luar roda depan (Rc) dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$Rc = R - \frac{1}{4} Bn + \frac{1}{2} b \text{ (m)} \dots\dots\dots(2.43)$$

Dimana : R = Jari-jari busur lingkaran pada tikungan ( m )

Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar kendaraan rencana (m)

$$Bt = n ( B + C ) + Z \text{ (m)} \dots\dots\dots(2.44)$$

Dimana : n = Jumlah jalur lalu lintas

B = Lebar perkerasan yang ditempati oleh satu kendaraan di tikungan pada lajur sebelah dalam (m)

C = Lebar kebebasan samping kiri dan kanan kendaraan = 1,0 m

Z = Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi ditikungan (m)

$\Delta b = Bt - Bn$

$\Delta b$  = Tambahan lebar perkerasan di tikungan (m)

Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

Dimana nilai lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi di tikungan (Z) dapat dicari dengan menggunakan rumusdibawah ini:

$$Z = 0,105 \frac{v}{\sqrt{R}} \text{ (m)} \dots\dots\dots(2.45)$$

Dimana : v = Kecepatan rencana (km/jam)

R = Jari-jari tikungan

Pelebaran perkerasan pada tikungan ini dimaksudkan untuk mengurangi kemungkinan kendaraan akan keluar dari jalurnya karena dipicu dengan kecepatan yang terlalu tinggi. Pelebaran ini dilakukan sepanjang pencapaian superelevasi (dalam diagram superelevasi).

### **2.6.9 Jarak pandang**

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

Keamanan dan kenyamanan pengemudi kendaraan untuk dapat melihat dengan jelas dan menyadari situasi pada saat mengemudi, sangat tergantung pada jarak yang dapat dilihat dari tempat kedudukannya.

Panjang jalan didepan yang masih dapat dilihat dengan jelas diukur dari titik kedudukan pengemudi, disebut dengan jarak pandangan. Jarak pandangan berguna untuk :

- a. Menghindarkan terjadinya tabrakan dapat menyebabkan kendaraan dan manusia akibat adanya benda yang berukuran cukup besar, kendaraan yang sedang berhenti, pejalan kaki, atau hewan-hewan yang berada pada jalur jalan.
- b. Memberi kemungkinan untuk mendahului kendaraan lain yang bergerak dengan kecepatan lebih rendah dengan mempergunakan lajur sebelahnya.
- c. Menambah efisiensi jalan tersebut, sehingga volume pelayanan dapat dicapai semaksimal mungkin.
- d. Sebagai pedoman bagi pengatur lalu – lintas dalam menempatkan rambu-rambu lalu – lintas yang diperlukan pada setiap segmen jalan.

Syarat suatu jarak pandang yang diperlukan dalam perancangan jalan raya ditunjukkan untuk mendapatkan keamanan yang setinggi – tingginya bagi komponen – komponen yang ada pada lalu-lintas. Adapun jarak – jarak pandang tersebut adalah :

- a. Jarak pandang henti (Jh)

Jarak pandang henti adalah jarak pandang minimum yang harus dipenuhi dan diperlukan oleh pengemudi untuk menghentikan kendaraan yang sedang berjalan dengan kecepatan tertentu setelah melihat adanya suatu rintangan pada jalur yang dilewati atau dilaluinya. Jarak pandang henti diformulasikan dengan berdasarkan asumsi tinggi mata pengemudi yaitu 105 cm dan tinggi halangan 15cm diatas permukaan jalan. Jarak pandang henti (Jh) dalam satuan meter untuk jalan datar dapat dihitung dengan rumus :

$$Jh = 0,694 v_R + 0,004 \frac{v_R^2}{f_p} \dots\dots\dots(2.46)$$

Dimana :  $v_R$  = kecepatan rencana (km/jam)  
 $f_p$  = koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35 – 0,55

Untuk jalan dengan kelandaian tertentu :

$$Jh = 0,694 v_R + 0,004 \frac{v_R^2}{f_p \pm L} \dots\dots\dots(2.47)$$

Dimana : Jh = Jarak pandang henti (m).  
 $v_R$  = Kecepatan rencana (km/jam).  
 $f_p$  = Koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35 – 0,55.  
 L = Landai jalan dalam (%) dibagi 100.

Nilai jarak pandang henti (Jh) minimum dapat dilihat berdasarkan nilai  $v_R$  pada tabel 2.19 dibawah ini :

Tabel 2.19 Jarak Pandang Henti Minimum

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

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/BM/1997)

b. Jarak Pandang Mendahului (Jd)

Jarak pandang mendahului (Jd) adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului atau melalui kendaraan lain yang berada didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke jalurnya semula. Jarak pandang mendahului

diukur berdasarkan asumsi tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 15 cm. Jarak kendaraan mendahului dengan kendaraan datang dan jarak pandang mendahului sesuai dengan  $v_r$  dapat dilihat pada tabel 2.20 dan 2.21 dibawah ini :

Tabel 2.20 Jarak Kendaraan Mendahului dengan Kendaraan Datang

$v$ (km/jam)	50-65	65-80	80-95	95-110
Jd minimum (m)	30	55	75	90

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/BM/1997)

Tabel 2.21 Panjang Jarak Pandang Mendahului Berdasarkan  $v_r$

$v$ (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jd minimum (m)	800	675	550	350	250	200	150	100

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/BM/1997)

Daerah yang mendahului haruslah disebar disepanjang jalan dengan jumlah panjang minimum adalah 30% dari panjang total ruas jalan tersebut.

Adapun beberapa asumsi yang diambil dalam perhitungan adalah :

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

Jarak pandang mendahului (Jd), dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut :

$$J_d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots\dots\dots (2.48)$$

$$d_1 = 0,278.t_1.(V_m + \frac{a_{l_1}}{2}) \dots\dots\dots (2.49)$$

$$d_2 = 0,278.V.t_2 \dots\dots\dots (2.50)$$

$$d_3 = \text{diambil } 30 - 100 \text{ meter} \dots\dots\dots (2.51)$$

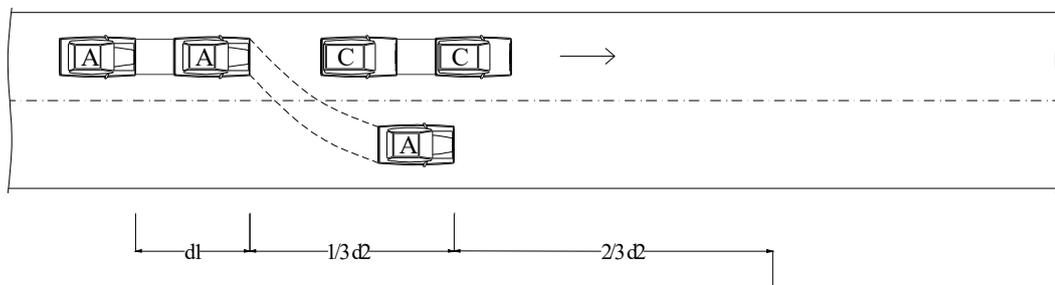
(Sukirman,1999)

$$d_4 = \frac{2}{3} d_2 \dots\dots\dots (2.52)$$

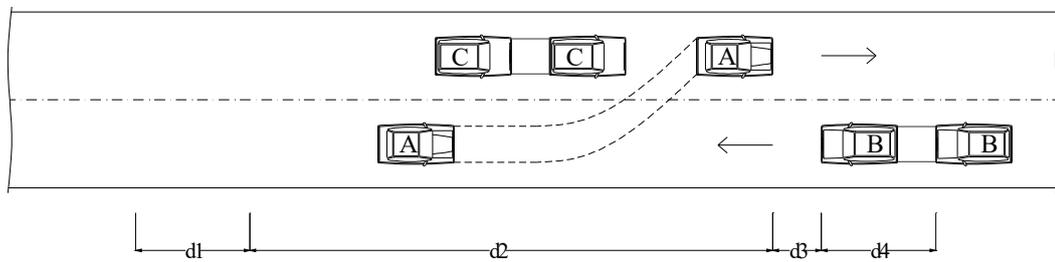
Dimana :

- d1 = Jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m).
- d2 = Jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali kelajur 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, yang besarnya diambil sama dengan 2/3 d2 (m).

TAHAP PERTAMA



TAHAP KEDUA



Gambar 2.15 Proses Gerakan Mendahului (2/2 TB)

Keterangan :

A = Kendaraan yang mendahului

B = Kendaraan yang berlawanan arah

C = Kendaraan yang didahului kendaraan A

Ketentuan untuk mengukur jarak pandangan, jarak diukur dari mata pengemudi ke puncak penghalang. Untuk jarak pandang henti, ketinggian mata pengemudi 125 cm dan ketinggian penghalang 15 cm, sedangkan untuk jarak pandang menyiap ketinggian penghalang 125 cm.

#### 2.6.10 Kebebasan Samping pada Tikungan

Sesuai dengan panjang jarak pandangan yang dibutuhkan baik jarak pandangan henti maupun jarak pandangan menyiap, maka pada tikungan perlu diadakan jarak kebebasan samping. Jarak kebebasan samping ini merupakan jarak yang diukur dari suatu as jalan ke suatu penghalang pandangan, misalnya bangunan, kaki bukit, pohon dan hutan.

Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan objek-objek penghalang sejauh E (m), yang diukur dari garis tengah lajur dalam sampai ke objek penghalang pandangan sehingga memenuhi persyaratan Jh. Daerah bebas samping ditikungan dihitung berdasarkan jarak pandang henti menggunakan rumus sebagai berikut :

a. Jika  $J_h < L_t$

$$E = R' \left( 1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R'} \right) \dots \dots \dots (2.53)$$

Dimana :

E = Jarak bebas samping ( m )

R = Jari-jari tikungan ( m )

R' = Jari-jari sumbu jalur dalam ( m )

Jh = Jarak Pandang henti ( m )

Lt = Panjang tikungan ( m )

Tabel penentuan nilai E dapat dilihat pada tabel 2.22 dibawah ini :

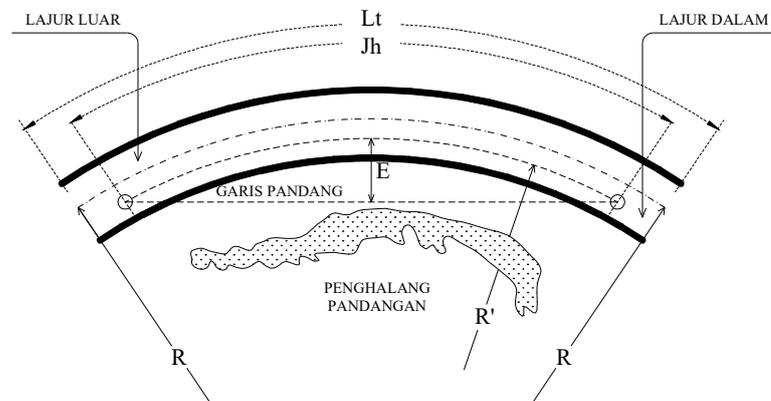
Tabel 2.22 Nilai E untuk  $J_h < L_t$

R(m )	V=20	30	40	50	60	80	100	120
	J <sub>h</sub> =16	27	40	55	75	120	175	250
5000								1,6
3000								2,6
2000							1,9	3,9
1500							2,6	5,2
1200						1,5	3,2	6,5
1000						1,8	3,8	7,8
800						2,2	4,8	9,7
600						3,0	6,4	13,0
500						3,6	7,6	15,5
400					1,8	4,5	9,5	R <sub>min</sub> =50 0
300					2,3	6,0	R <sub>min</sub> =35 0	
250				1,5	2,8	7,2		
200				1,9	3,5	R <sub>min</sub> =21 0		
175				2,2	4,0			
150				2,5	4,7			
130			1,5	2,9	5,4			
120			1,7	3,1	5,8			
110			1,8	3,4	R <sub>min</sub> =11 5			
R(m )	V=20	30	40	50	60	80	100	120
	J <sub>h</sub> =16	27	40	55	75	120	175	250
100			2,0	3,8				
90			2,2	4,2				
80			2,5	4,7				
70		1,5	2,8	R <sub>min</sub> =8 0				
60		1,8	3,3					

50		2,3	3,9				
40		3,0	$R_{\min}=5$ 0				
30		$R_{\min}=3$ 0					
20	1,6						
15	2,1						
	$R_{\min}=1$ 5						

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 38/T/BM/1997)

Berikut adalah gambar kebebasan samping jika  $J_h < L_t$



Gambar 2.16 Daerah Bebas Samping di Tikungan untuk  $J_h < L_t$

b. Jika  $J_h > L_t$

$$E = R' \left( 1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R'} \right) + \left( \frac{J_h - L_t}{2} \sin \frac{28,65 J_h}{R'} \right) \dots \dots \dots (2.54)$$

Dimana :

- E = Jarak bebas samping ( m )
- R = Jari-jari tikungan ( m )
- R' = Jari-jari sumbu jalur dalam ( m )
- Jh = Jarak Pandang henti ( m )
- Lt = Panjang tikungan ( m )

Nilai E ( m ) dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

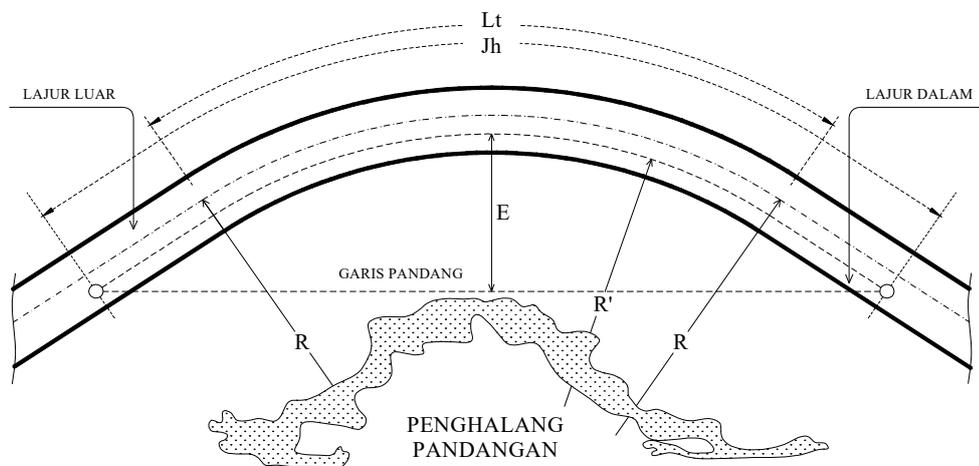
Tabel 2.23 Nilai E untuk  $J_h > L_t$ 

R(m )	v=20	30	40	50	60	80	100	120
	$J_h=16$	27	40	55	75	120	175	250
6000								1,6
5000								1,9
3000							1,6	3,1
2000							2,5	4,7
1500						1,5	3,3	6,2
1200						2,1	4,1	7,8
1000						2,5	4,9	9,4
800					1,5	3,2	6,1	11,7
600					2,0	4,2	8,2	15,6
500					2,3	5,1	9,8	18,6
400				1,8	2,9	6,4	12,2	$R_{\min}=50$ 0
300			1,5	2,4	3,9	8,5	$R_{\min}=35$ 0	
250			1,8	2,9	4,7	10,1		
200			2,2	3,6	5,8	$R_{\min}=21$ 0		
175			2,6	4,1	6,7			
150			3,0	4,8	7,8			
130			3,5	5,5	8,9			
120			3,7	6,0	9,7			
110			4,1	6,5	$R_{\min}=11$ 5			
100			4,5	7,2				
90	1,5		5,0	7,9				
80	1,6		5,6	8,9				
70	1,9		6,4	$R_{\min}=8$ 0				
60	2,2		7,4					
50	2,6	5,1	8,8					
40	3,3	6,4	$R_{\min}=5$ 0					

30	4,4	8,4						
20	6,4	$R_{\min}=3$ 0						
15	8,4							
	$R_{\min}=1$ 5							

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 38/T/BM/1997)

Berikut adalah gambar kebebasan samping jika  $J_h > L_t$  :



Gambar 2.17 Daerah Bebas Samping di Tikungan untuk  $J_h > L_t$

Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan jarak pandang mendahului menggunakan rumus-rumus sebagai berikut :

$$M = R (1 - \cos \theta) + \frac{1}{2} (S - L) \sin \theta \dots \dots \dots (2.55)$$

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 )

## 2.7 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan untuk jalan 2 lajur 2 arah atau melalui tepi dalam masing-masing perkerasan untuk jalan dengan median.

Alinyemen vertikal terdiri atas bagian landai vertikal dan bagian lengkung vertikal. Bagian lengkung vertikal memiliki dua jenis lengkung, dapat berupa lengkung cembung atau lengkung cekung.

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

Kalau alinyemen horizontal bagian yang kritis adalah pada tikungan, maka pada alinyemen vertikal bagian kritis justru terdapat pada bagian lurus. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan alinyemen vertikal adalah :

- a. Bila memungkinkan diusahakan agar pada bagian lengkung horizontal (tikungan) tidak terjadi adanya lengkung vertikal (tanjakan dan turunan).
- b. *Grade* (kemiringan memanjang) min = 0,5%
- c. *Grade* (kemiringan memanjang) maksimum dibatasi oleh panjang kritisnya dengan ketentuan sebagai berikut :

Tabel 2.24 Panjang Kritis

<i>Grade</i> (%)	3	4	5	6	7	8	10	12
Panjang kritis (m)	480	330	250	200	170	150	135	120

(Sumber : TPGJAK No.38/T/BM/1997)

- d. Penentuan elevasi jalan rencana harus memperhatikan kemungkinan terjadinya galian dan timbunan serta volume galian dan timbunan diusahakan sama sejauh kriteria perencanaan terpenuhi.

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

### 2.7.1 Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum yang ditentukan untuk berbagai variasi kecepatan rencana, dimaksudkan agar kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang begitu berarti. Kelandaian maksimum hanya digunakan bila pertimbangan biaya pembangunan sangat memaksa dan hanya untuk jarak pendek. Untuk nilai kelandaian maksimum dapat dilihat pada tabel 2.25 dibawah ini :

Tabel 2.25 Landai Maksimum

Landai Maks. (%)	3	3	4	5	8	9	10	10
$v_r$ (km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

Panjang kritis adalah panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatan sedemikian rupa, sehingga penurunan kecepatan yang terjadi tidak lebih dari separuh kecepatan rencana ( $v_r$ ). Lama perjalanan tersebut tidak lebih dari satu menit (Saodang, 2004). Tabel Panjang kritis dapat dilihat pada tabel 2.26 dibawah ini :

Tabel 2.26 Panjang Kritis

Kecepatan pada awal tanjakan (km/jam)	Kelandaian maksimum (%)						
	4	5	6	7	8	9	10
80	630	460	360	270	230	230	200
60	320	210	160	120	110	90	80

(Sumber : Geometrik Jalan, Hamirhan Saodang, 2004)

### 2.7.2 Lengkung Vertikal

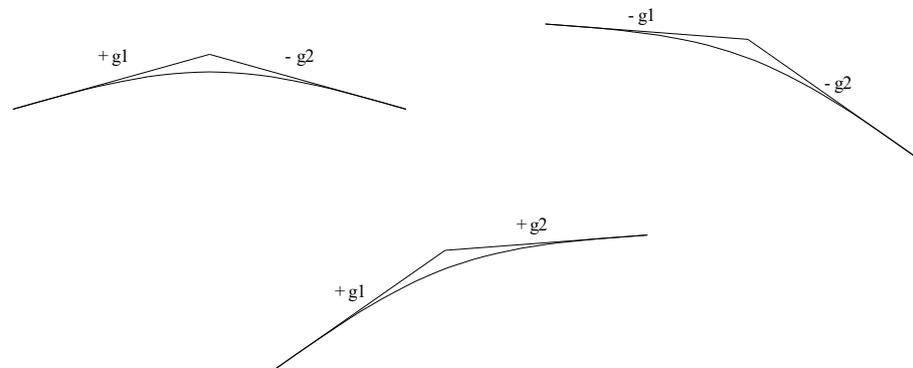
Lengkung vertikal harus disediakan pada setiap lokasi yang mengalami perubahan kelandaian dengan tujuan :

- a. Mengurangi guncangan akibat perubahan kelandaian
- b. Menyediakan jarak pandang henti

Panjang lengkung vertikal bisa ditentukan langsung sesuai tabel 2.27 yang didasarkan pada penampilan kenyamanan, dan jarak pandang seperti yang ada dibawah ini :

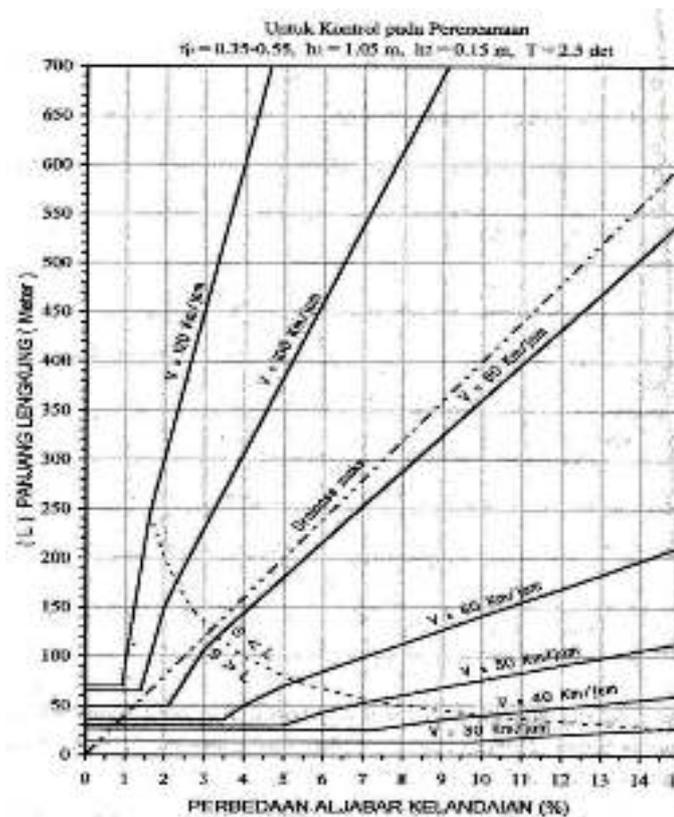


Titik perpotongan antara kedua tangen berada diatas permukaan jalan.

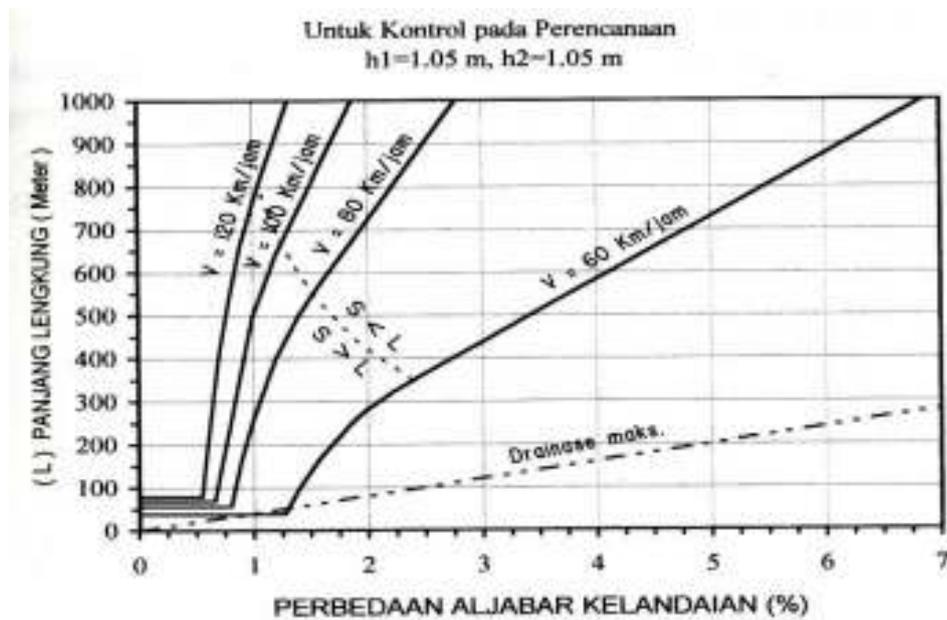


Gambar 2.19 Alinyemen Vertikal Cembung

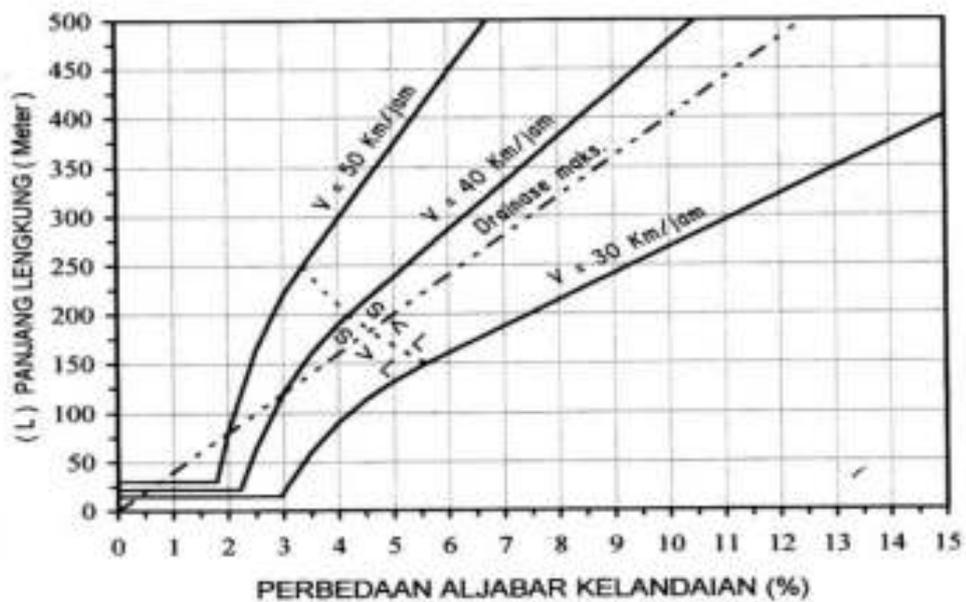
Untuk menentukan panjang lengkung vertikal cembung ( $L_v$ ) dapat juga ditentukan berdasarkan grafik pada gambar 2.20 (untuk jarak pandang henti) dan grafik pada gambar 2.21 (untuk jarak pandang menyiap) dibawah ini :



Gambar 2.20 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Henti ( $J_h$ )



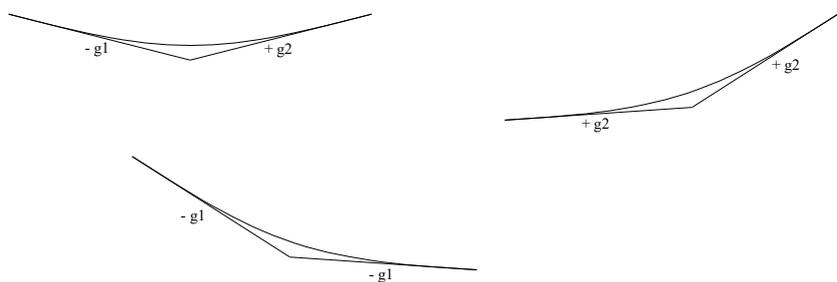
Gambar 2.21 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Pandang Mendahului ( $J_d$ )



Gambar 2.22 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan Jarak Pandang Mendahului ( $J_d$ )

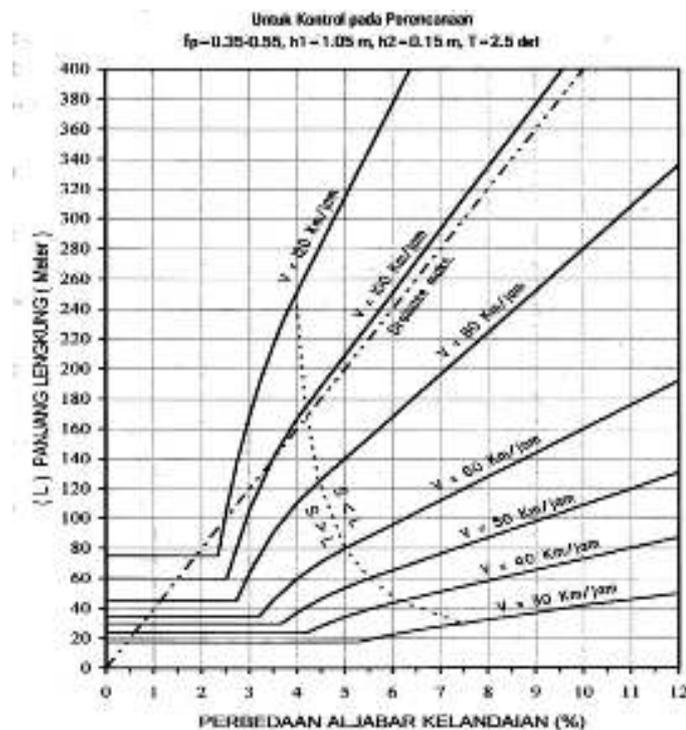
b. Lengkung Vertikal Cekung

Titik perpotongan antara kedua tangen berada dibawah permukaan jalan. Gambar Alinyemen Vertikal Cekung dapat dilihat pada gambar 2.23 dibawah ini :



Gambar 2.23 Alinyemen Vertikal Cekung

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandangan pada waktu malam hari dan syarat drainase sebagaimana yang tercantum dalam grafik pada gambar 2.24 dibawah ini :



Gambar 2.24 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

## 2.8 Perencanaan 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 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 Perkerasan Jalan

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

Tanah saja biasanya tidak cukup kuat dan tahan tanpa adanya deformasi yang berarti terhadap beban berulang roda kendaraan. Untuk itu perlu lapis tambahan yang terletak antara tanah dan roda, atau lapisan paling atas dari badan jalan. Lapisan tambahan ini dibuat dari bahan khusus yang terpilih, selanjutnya disebut lapis keras/perkerasan.

Lapisan perkerasan jalan adalah suatu struktur konstruksi yang terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas yang berada diatasnya menyebar kelapisan dibawahnya. Beban lalu lintas yang bekerja di atas konstruksi perkerasan meliputi :

- a. Beban/gaya vertikal (berat kendaraan dan beratmuatannya).
- b. Beban/gaya horisontal (gaya remkendaraan).
- c. Getaran-getaran roda kendaraan.

## 2.10 Jenis Konstruksi Perkerasan

Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi :

- a. Perkerasan lentur (*flexible pavement*)

Yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

b. Perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Yaitu perkerasan yang menggunakan semen (PC) sebagai bahan pengikat. Plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.

c. Perkerasan komposit (*composite pavement*)

Yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dimana dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur (*Silvia Sukirman, 1999*). Untuk itu, maka perlu ada persyaratan ketebalan perkerasan aspal agar mempunyai kekauan yang cukup serta dapat mencegah retak refleksi dari perkerasan beton di bawahnya. Konstruksi ini umumnya mempunyai tingkat kenyamanan yang lebih baik bagi pengemudi dibandingkan dengan konstruksi beton semen sebagai lapis permukaan tanpa aspal.

Tabel 2.28 Perbandingan Antar Perkerasan Kaku Dan Perkerasan Lentur

Perbedaan	Perkerasan Kaku (Beton Semen)	Perkerasan Lentur (Aspal)
Indeks Pelayanan	Sangat baik selama umur rencana	Berkurang tergantung beban lalu lintas, waktu dan frekuensinya
Ketahanan	Rusak dapat meluas dalam waktu yang singkat	Kerusakan tidak bersifat merambat, kecuali terkikis oleh air
Umur Rencana	15 sampai 40 tahun	5 sampai 10 tahun
Biaya Konstruksi	Lebih mahal	Lebih murah
Biaya Pemeliharaan	Biaya pemeliharaan kecil, lebih terhadap sambungan	Biaya pemeliharaan yang dikeluarkan lebih mahal

(Sumber : Manu, A. I, 1995)

## 2.11 Kriteria Konstruksi Perkerasan Jalan

Konstruksi perkerasan jalan harus dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pengguna jalan, oleh karena itu harus dipenuhi syarat sebagai berikut :

a. Syarat untuk lalu lintas

Adapun syarat untuk lalu lintas pada perkerasan jalan, antara lain :

1. Permukaan harus rata, tidak bergelombang, tidak melendut dan tidak berlubang.
2. Permukaan cukup kaku, tidak mudah mengalami deformasi akibat beban yang bekerja.
3. Permukaan cukup memiliki kekesatan sehingga mampu memberikan tahanan gesek yang baik antara ban kendaraan permukaan jalan.
4. Permukaan jalan tidak mengkilap (tidak menyilaukan jika terkena sinar matahari).

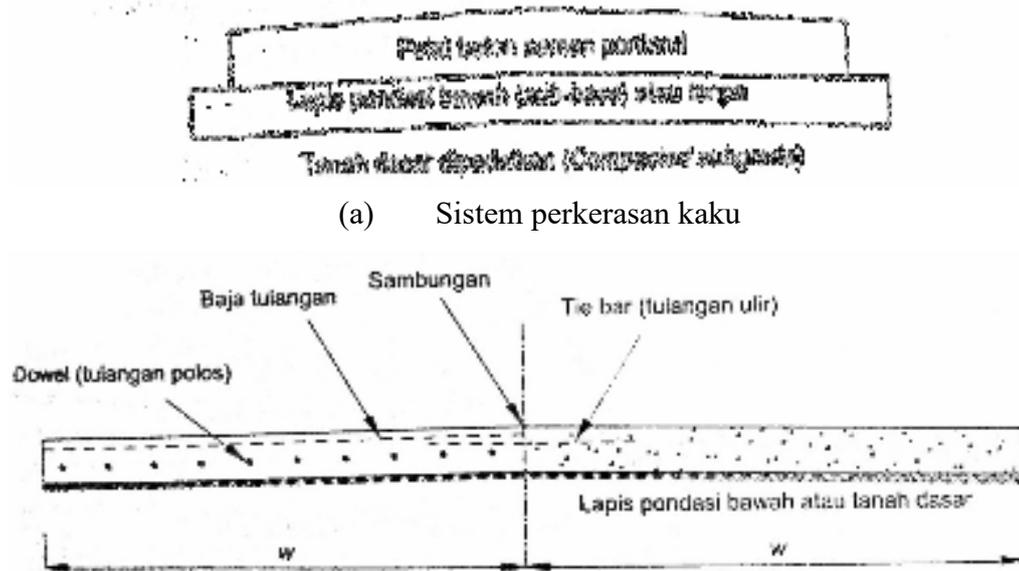
b. Syarat kekuatan struktural

Adapun syarat untuk lalu lintas pada perkerasan jalan, antara lain :

1. Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
2. Kedap terhadap air sehingga air tidak mudah meresap ke lapisan di bawahnya.
3. Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang ada di permukaan jalan dapat cepat dialirkan
4. Kekakuan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi permanen .

## 2.12 Perkerasan Kaku

Menurut Hardiyatmo (2015) perkerasan kaku terdiri dari pelat beton semen Portland yang terletak langsung di atas tanah dasar, atau di atas lapisan granuler (*subbase*). Perkerasan kaku memiliki modulus elastisitas yang cukup tinggi. Pelat beton dapat mendistribusikan beban dari atas menuju ke bidang tanah dasar dengan area yang cukup luas dibandingkan dengan perkerasan lentur. Kemampuan tersebut menunjukkan bahwa bagian terbesar dari kekuatan struktur perkerasan kaku diperoleh dari pelat beton sendiri. Pada gambar 2.25 menunjukkan contoh tipikal komponen perkerasan kaku dan peletakan tulangnya.



Gambar 2.25 Sistem Perkerasan Kaku

(Sumber : Hardiyatmo, 2015)

Dalam perancangan perkerasan kaku, terdapat hal-hal yang penting yang perlu dipelajari (Hary Christady Hardiyatmo, 2015) :

- Tegangan akibat beban, modulus tanah dasar, keruntuhan akibat kelelahan (*fatigue*), beban lalu lintas berulang dan hitungan tebal perkerasan.
- Pengaruh tanah dasar, pemompaan (*pumping*) butiran halus dan perancangan drainase.
- Gerakan pelat yang tertahan/lengkungan (*warping/curling*), perancangan sambungan dan tulangan (untuk perkerasan JRCP dan CRCP).

### 2.12.1 Tipe-Tipe Perkerasan Kaku

Perkerasan kaku dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu perkerasan beton dengan sambungan dan tanpa sambungan. Adapun yang disebut perkerasan beton konvensional antara lain :

- Perkerasan beton bertulang tak bersambungan (*jointed plain concrete Pavement, JPCP*)
- Perkerasan beton bertulang bersambungan (*jointed reinforced concrete pavement, JRCP*)
- Perkerasan beton bertulang kontinyu (*continuous reinforced concrete pavement, CRCP*)

Selain tipe konvensional, terdapat pula tipe perkerasan beton prategang, beton pracetak dan *roller compacted concrete* (RCC).

#### A. Perkerasan Beton Tak Bertulang

Perkerasan beton tak bertulang biasanya dibuat bersambungan, sehingga disebut perkerasan beton tak bertulang bersambungan (*Jointed Plain Concrete Pavement*, JPCP). JPCP terdiri dari blok-blok beton dengan ukuran tertentu dengan tebal sekitar 15 - 30 cm yang diletakkan di atas lapis pondasi bawah. Pelat beton tak bertulang membutuhkan jarak sambungan melintang dan memanjang yang pendek untuk mengendalikan retak termal supaya masih dalam batas toleransi. Sambungan arah memanjang dicocokkan dengan lebar lajur (sekitar 3,6 m) dan sambungan melintang berkisar antara 4,5 – 9 m atau 15 – 30 ft (FHWA, 2006).

Pada perkerasan beton tak bertulang bersambungan (JPCP) Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah (Pd. T-14-2003) menyarankan jarak maksimum sambungan arah memanjang 3 - 4 m dan sambungan arah melintang maksimum 25 kali tebal pelat, atau maksimum 5 m. Kinerja perkerasan beton bertulang tergantung pada :

1. Kerataan permukaan perkerasan awal yang dipengaruhi oleh cara pelaksanaan.
2. Tebal perkerasan yang sesuai untuk mencegah timbulnya retak beton di bagian tengah.
3. Batasan jarak sambungan, juga untuk mencegah timbulnya retak beton di bagian tengah.
4. Perencanaan dan pelaksanaan sambungan serta teknik pelaksanaan yang baik.

#### B. Perkerasan beton bertulang

Perkerasan beton bertulang terdiri dari pelat beton semen Portland dengan tebal tertentu yang diperkuat dengan tulangan. Tulangan bisa berupa batang baja terpisah atau anyaman baja di las (*welded steel mats*). Tulangan berfungsi untuk mengendalikan retak, bukan untuk mendukung beban. Retak pada perkerasan beton bertulang bersambungan disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut :

1. Retak awal yang terjadi setelah pengecoran, akibat terlalu banyak air yang menguap.

2. Perubahan temperatur yang menimbulkan gerakan kembang-susut pelat yang tertahan oleh gesekan antara pelat dan tanah dasar.
3. Tekukan atau lengkungan (*warping*) pada pelat akibat perbedaan temperatur dan kelembaban antara bagian atas dan bawah pelat beton.
4. Beban lalu lintas yang menimbulkan tegangan-tegangan dalam pelat.

Terdapat dua tipe perkerasan beton dengan tulangan, antara lain :

- a. Perkerasan beton bertulang bersambungan (*jointed reinforced concrete pavement, JRCP*). Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah (Pd. T-14-2003) mengacu pada Austroad (1992) menyarankan panjang pelat antara 8 – 15 m, sedangkan FHWA (2006) menyarankan jarak sambungan melintang antara 9 – 30 m atau 30 – 100 ft. JRCP mengijinkan terjadinya retak pada pelat di antara sambungan-sambungan dan membutuhkan tulangan temperatur sehingga dibutuhkan pemasangan *dowel*, karena jarak sambungan yang agak jauh. Secara tipikal luas penampang tulangan JRCP yang dibutuhkan jarang melebihi 0,75% dari luas penampang pelat betonnya. Tulangan dalam JRCP tidak berfungsi untuk menahan beban lalu lintas pada pelat beton, namun berfungsi untuk mengendalikan retak agar tidak berlebihan.
- b. Perkerasan beton bertulang kontinyu (*continuous reinforced concrete pavement, CRCP*). CRCP merupakan perkerasan beton yang tulangan dan panjang pelatnya dibuat menerus tanpa sambungan. Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah (Pd. T-14-2003) menyarankan panjang pelat dari CRCP lebih besar dari 75 m. Tulangan menerus berguna untuk menahan retak termal melintang agar retak tetap menutup dengan rapat dan sekaligus sebagai tambahan jaminan pada penguncian antar agregat di lokasi sambungan. Umumnya, perkerasan beton bertulang kontinyu mempunyai tulangan lebih banyak dan sambungan hanya dibutuhkan untuk keperluan pelaksanaan. Jarak tulangan dibuat lebih rapat, karena tulangan berfungsi untuk mendistribusikan retak agar seragam di sepanjang perkerasan dan untuk mencegah timbulnya retak yang terlalu lebar. Secara tipikal luas penampang tulangan yang dibutuhkan antara 0,40 – 1% dari luas penampang beton. Menurut Dellate (2008) retak pada CRCP biasanya terjadi pada jarak 0,6 – 2,0 m. CRCP

membutuhkan angker pada ujung awal dan ujung akhir perkerasan yang berfungsi untuk menjaga pengerutan pelat akibat penyusutan.

### C. Perkerasan beton ditutup aspal

Salah satu tipe perkerasan kaku yang lain adalah perkerasan beton semen Portland yang permukaannya ditutup dengan lapis aspal. Tebal lapis aspal secara tipikal 5 mm. Fungsi lapisan beton aspal ini adalah menjaga kerataan, keawetan permukaan beton sekaligus menjadi penutup masuknya air ke dalam lapis perkerasan, jika perkerasan beton mengalami retak-retak. Lapis permukaan aspal ini, dalam perancangan dianggap tidak berpengaruh pada kinerja struktur perkerasan.

### 2.12.2 Persyaratan Teknis

#### a. Tanah dasar

Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR insitu sesuai dengan SNI 03- 1731-1989 atau CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03-1744-1989, masing-masing untuk perencanaan tebal perkerasan lama dan perkerasan jalan baru. Apabila tanah dasar mempunyai nilai CBR lebih kecil dari 2%, maka harus dipasang pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean-Mix Concrete*) setebal 15 cm yang dianggap mempunyai nilai CBR tanah dasar efektif 5%.

Untuk menentukan modulus reaksi tanah dasar ( $k$ ) secara yang mewakili suatu seksi jalan, dipergunakan rumus sebagai berikut :

$$k^{\circ} = k - 2.S \text{ (untuk jalan tol) .....(2.58)}$$

$$k^{\circ} = k - 1,64.S \text{ (untuk jalan arteri) .....(2.59)}$$

$$k^{\circ} = k - 1,28.S \text{ (untuk jalan kolektor/lokal) .....(2.60)}$$

#### b. Pondasi bawah

Tujuan digunakannya lapis pondasi bawah pada perkerasan kaku adalah untuk menambah daya dukung tanah dasar, menyediakan lantai kerja yang stabil dan mendapatkan permukaan dengan daya dukung yang seragam. Lapis pondasi bawah juga dapat mengurangi lendutan pada sambungan - sambungan sehingga menjamin penyaluran beban melalui sambungan muai dalam waktu lama, menjaga

perubahan volume lapisan tanah dasar akibat pemuaian atau penyusutan serta mencegah keluarnya air atau pumpling pada sambungan atau tepi-tepi pelat beton.

Adapun bahan-bahan pondasi bawah dapat berupa :

1. Bahan berbutir.

Material berbutir tanpa pengikat harus memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI-03-6388- 2000. Persyaratan dan gradasi pondasi bawah harus sesuai dengan kelas B. Sebelum pekerjaan dimulai, bahan pondasi bawah harus diuji gradasinya dan harus memenuhi spesifikasi bahan untuk pondasi bawah, dengan penyimpangan ijin 3% - 5%.

Ketebalan minimum lapis pondasi bawah untuk tanah dasar dengan CBR minimum 5% adalah 15 cm. Derajat kepadatan lapis pondasi bawah minimum 100 %, sesuai dengan SNI 03-1743-1989.

2. Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (*Lean Rolled Concrete*), dapat berupa :

- Stabilisasi material berbutir dengan kadar bahan pengikat yang sesuai dengan hasil perencanaan, untuk menjamin kekuatan campuran dan ketahanan terhadap erosi. Jenis bahan pengikat dapat meliputi semen, kapur, serta abu terbang dan/atau slag yang dihaluskan.
- Campuran beraspal bergradasi rapat (*dense-graded asphalt*).
- Campuran beton kurus giling padat yang harus mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5 MPa (55 kg/cm<sup>2</sup>).

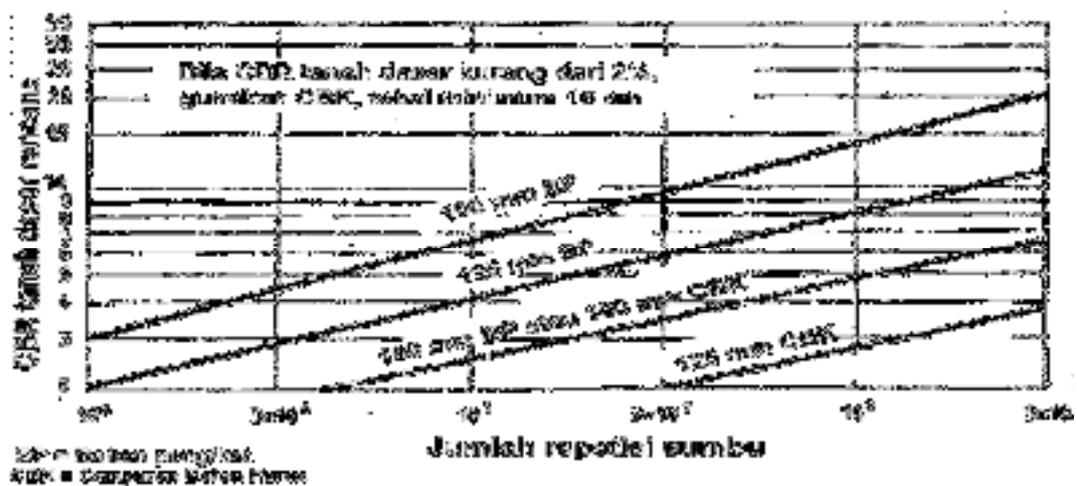
3. Campuran beton kurus (*lean - mix concrete*).

Campuran Beton Kurus (CBK) harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum 5 MPa (50 kg/cm<sup>2</sup>) tanpa menggunakan abu terbang, atau 7 MPa (70 kg/cm<sup>2</sup>) bila menggunakan abu terbang, dengan tebal minimum 10 cm.

Lapis pondasi bawah perlu diperlebar sampai 60 cm diluar tepi perkerasan beton semen. Untuk tanah ekspansif perlu pertimbangan khusus perihal jenis dan penentuan lebar lapisan pondasi dengan memperhitungkan tegangan

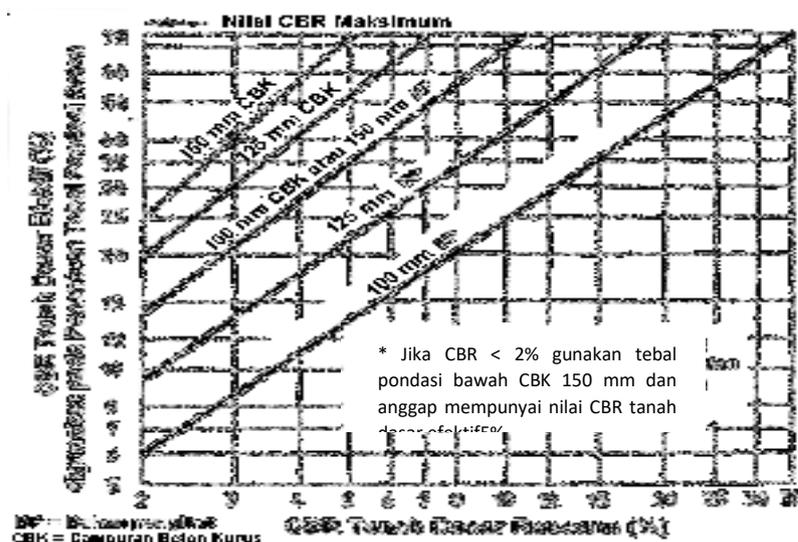
pengembangan yang mungkin timbul. Pemasangan lapis pondasi dengan lebar sampai ke tepi luar lebar jalan merupakan salah satu cara untuk mereduksi perilaku tanah ekspansif.

Tebal lapisan pondasi minimum 10 cm yang paling sedikit mempunyai mutu sesuai dengan SNI No. 03-6388-2000 dan AASHTO M-155 serta SNI 03-1743-1989. Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus menggunakan campuran beton krus (CBK). Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dapat dilihat pada Gambar 2.25 dan CBR tanah dasar efektif didapat dari Gambar 2.26.



Gambar 2.26 Tebal Pondasi Bawah Minimum Untuk Beton Semen

(Sumber : PD T-14-2003 : 8)



Gambar 2.27 CBR Tanah Dasar Efektif Dan Tebal Pondasi Bawah

(Sumber : PD T-14-2003 : 8)

c. Beton semen

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal sekitar 3–5 MPa (30-50 kg/cm<sup>2</sup>).

Kuat tarik lentur beton yang diperkuat dengan bahan serat penguat seperti serat baja, aramit atau serat karbon, harus mencapai kuat tarik lentur 5–5,5 MPa (50-55 kg/cm<sup>2</sup>). Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 MPa (2,5 kg/cm<sup>2</sup>) terdekat.

Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik-lentur beton dapat didekati dengan rumus berikut :

$$f_c = K (f_c')^{0,50} \text{ dalam Mpa atau } \dots\dots\dots(2.61)$$

$$f_{cf} = 3,13K (f_c')^{0,50} \text{ dalam kg/cm}^2 \dots\dots\dots(2.62)$$

Keterangan :

$f_c'$  = kuat tekan beton karakteristik 28hari (kg/cm<sup>2</sup>)

$f_{cf}$  = kuat tarik lentur beton 28 hari(kg/cm<sup>2</sup>)

K = konstanta, 0,7 untuk agregat tidak dipecah dan 0,75 untuk agregat pecah.

Kuat tarik lentur dapat juga ditentukan dari hasil uji kuat tarik belah beton yang dilakukan menurut SNI 03-2491-1991 sebagai berikut :

$$f_{cf} = 1,37.f_{cs}, \text{ dalam Mpa atau } \dots\dots\dots(2.63)$$

$$f_{cf} = 13,44.f_{cs}, \text{ dalam kg/cm}^2 \dots\dots\dots(2.64)$$

Keterangan :

$f_{cs}$  = Kuat tarik belah beton 28hari

d. Lalu lintas

Penentuan beban lalu lintas rencana untuk perkerasan beton semen, dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (*commercial vehicle*), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana. Lalu-lintas harus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalu-lintas dan konfigurasi sumbu, menggunakan data terakhir atau data 2 tahun terakhir.

Kendaraan yang ditinjau untuk perencanaan perkerasan beton semen adalah yang mempunyai berat total minimum 5 ton. Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri atas 4 jenis kelompok sumbu sebagai berikut :

- a. Sumbu Tunggal Roda Tunggal (STRT).
- b. Sumbu Tunggal Roda Ganda (STRG).
- c. Sumbu Tandem Roda Ganda (STDRG).
- d. Sumbu Tridem Roda Ganda (STRRG).
- e. Lajur rencana koefisien distribusi

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalu-lintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai Tabel 2.31.

Tabel 2.31 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan Dan Koefisien Distribusi (C) Kendaraan Niaga Pada Lajur Rencana

Lebar Perkerasan ( $L_o$ )	Jumlah Lajur ( $n_l$ )	Koefisien Distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L_o < 5,50$ m	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq L_o < 8,25$ m	2 lajur	0,70	0,50
$8,25 \text{ m} \leq L_o < 11,25$ m	3 lajur	0,50	0,475
$11,23 \text{ m} \leq L_o < 15,00$ m	4 lajur	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq L_o < 18,27$ m	5 lajur	-	0,425
$18,27 \text{ m} \leq L_o < 22,00$ m	6 lajur	-	0,40

(Sumber : PD T-14-2003 ; 10)

- f. Umur rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu-lintas serta nilai ekonomi jalan yang bersangkutan, yang dapat ditentukan antara lain dengan metode *Benefit Cost Ratio*, *Internal Rate of Return*, kombinasi dari metode tersebut atau cara lain yang tidak terlepas dari pola pengembangan wilayah. Umumnya perkerasan beton semen dapat direncanakan dengan umur rencana (UR) 20 tahun sampai 40 tahun.

## g. Pertumbuhan lalu lintas

Volume lalu lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai tahap dimana kapasitas jalan dicapai dengan faktor pertumbuhan lalu lintas yang dapat ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$R = \frac{(1+i)^n - 1}{\log(1+i)} \dots\dots\dots(2.65)$$

Keterangan :

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas

i = Laju pertumbuhan lalu lintas pertahun dalam %.

UR = Umur rencana (tahun).

Tabel 2.32 Faktor Lajur Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%)

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

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

Faktor pertumbuhan lalu lintas ( R ) dapat juga ditentukan berdasarkan Tabel 2.

33

Tabel 2.33 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (R)

Umur Rencana (Tahun )	Laju Pertumbuhan (i) per tahun (%)					
	0	2	4	6	8	10
5	5	5,2	5,4	5,6	5,9	6,1
10	10	10,9	12	13,2	14,5	15,9
15	15	17,3	20	23,3	27,2	31,8
20	20	24,3	29,8	36,8	45,8	57,3
25	25	32	41,6	54,9	73,1	98,3
30	30	40,6	56,1	79,1	113,3	164,5
35	35	50	73,7	111,1	172,3	271
40	40	60,4	95	154,8	259,1	442,6

(Sumber : (PD T-14-2003 ; 11)

## h. Lalu lintas rencana

Lalu lintas rencana adalah jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan. Beban pada suatu jenis sumbu secara tipikal dikelompokkan dalam interval 10kN (1ton) bila diambil

dari survei beban. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut :

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \dots\dots\dots(2.66)$$

Keterangan :

JSKN : Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana.

JSKNH : Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari pada saat jalan dibuka

R : Faktor pertumbuhan kumulatif dari Rumus 2.20 atau Tabel 2.21, yang besarnya tergantung dari pertumbuhan lalu lintas tahunan dan umur rencana.

C : Koefisien distribusikendaraan.

i. Faktor keamanan beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban ( $F_{KB}$ ). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya berbagai tingkat realibilitas perencanaan seperti terlihat pada Tabel 2.34.

Tabel 2.34 Faktor Keamanan Beban ( $F_{KB}$ )

No.	Penggunaan	Nilai $F_{KB}$
1	Jalan bebas hambatan utama ( <i>major freeway</i> ) dan jalan berlajur banyak yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu lintas dari hasil survei beban ( <i>weight in motion</i> ) dan adanya kemungkinan <i>route</i> alternatif, maka nilai faktor keaman beban dapat dikurangi menjadi 1,5.	1,2
2	Jalan bebas hambatan ( <i>freeway</i> ) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah.	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah.	1,0

(Sumber : (PD T-14-2003 ; 12)

### 2.12.3 Sambungan

Terdapat beberapa tipe sambungan pada perkerasan kaku. Kriteria perencanaan sambungan pada perkerasan kaku tak bersambungan maupun bersambungan sama. Secara umum, tipe-tipe sambungan perkerasan beton dpat dibagi menjadi 4 tipe, antara lain :

a. Sambungan pelaksanaan (*construction joint*).

- b. Sambungan muai (*expansion joint*).
- c. Sambungan susut (*contraction joint*).
- d. Sambungan lengkung (*warping joint*) atau sendi (*hinge*)

Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk :

1. Membatasi tegangan dan pengendalian retak yang disebabkan oleh penyusutan, pengaruh lenting serta beban lalu lintas.
2. Memudahkan pelaksanaan.
3. Mengakomodasi gerakan pelat.

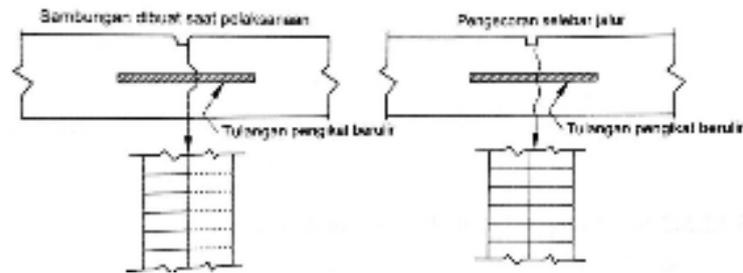
A. Sambungan pelaksanaan (*construction joint*)

Sambungan pelaksanaan atau disebut pula sambungan kontak adalah sambungan yang terbentuk oleh :

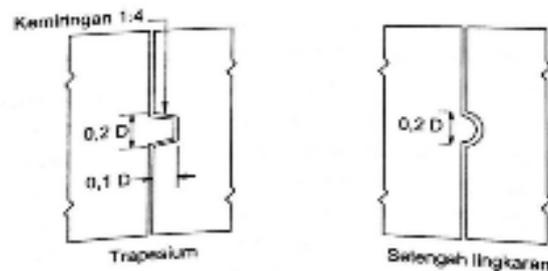
1. Pengecoran dalam waktu yang berbeda
2. Pengecoran terhenti oleh waktu operasi yang terbatas setiap harinya
3. Pengecoran terhenti lebih dari 30 menit, akibat kerusakan alat atau keterlambatan pengiriman adukan beton ke lokasi.

Sambungan pelaksanaan merupakan sambungan yang memisahkan bagian-bagian pelat beton yang dicor pada waktu yang berbeda. Jadi, sambungan ini merupakan pertemuan antara beton yang dicor lebih awal dan sesudahnya. Sambungan pelaksanaan dapat diletakkan pada arah melintang maupun memanjang yang letaknya sudah direncanakan sebelumnya. Tulangan pengikat (*tie bar*), umumnya dipasang di tengah sambungan kontak untuk menghubungkan pelat-pelat yang berdampingan.

Sambungan memanjang berguna untuk mengendalikan retak dalam arah memanjang akibat lengkungan (*warping*), tegangan ekspansi dan tegangan susut yang disebabkan oleh perubahan temperatur ketika beton dihamparkan pada area yang luas. Sambungan memanjang, umumnya mempunyai batas lajur yang berjarak 3,6 m. Bila tidak ada batas lajur, sambungan memanjang dipasang setiap jarak 3,3 m dan tidak lebih dari 4,2 m. Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dilengkapi dengan pengunci dibagian tengahnya setinggi 0,2 D (D = tebal pelat beton), seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2.28.



(a) Tipikal Sambungan Memanjang

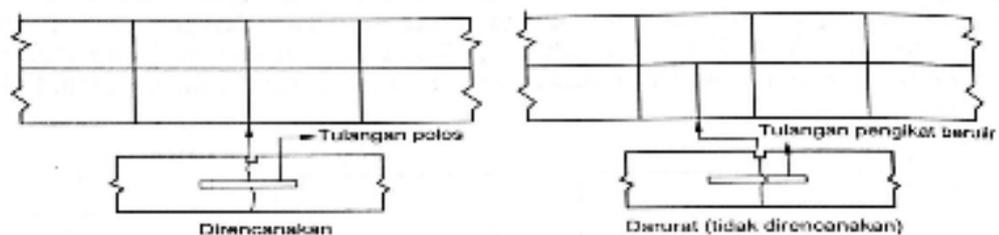


(b) Ukuran standar penguncian sambungan memanjang

Gambar 2.28 Sambungan Arah Memanjang

(Sumber : Hardiyatmo, 2015)

Sambungan pelaksanaan arah melintang yang tidak direncanakan atau darurat, harus dilengkapi dengan *tie bar* dari tulangan baja ulir, sedangkan pada sambungan yang direncanakan harus menggunakan batang tulangan polos yang diletakkan ditengah pelat beton (Gambar 2.28). *Tie bar* berdiameter 16 mm, panjang 69 cm dan jarak 60 cm untuk tebal  $D < 17$  cm, sedangkan untuk tebal  $D > 17$  cm, *tie bar* harus berdiameter 20 mm, panjang 84 cm dan jarak 60 cm (Hardiyatmo, 2015).



Gambar 2.29 Sambungan Pelaksanaan Direncanakan Dan Tidak Direncanakan

(Sumber : Hardiyatmo, 2015)

### B. Sambungan muai (*expansion joint*)

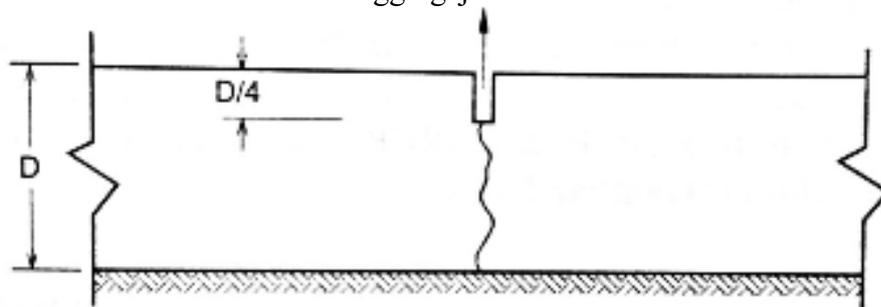
Sambungan muai atau sambungan ekspansi berfungsi untuk memberikan ruang pemuaian pelat beton yang cukup di antara pelat-pelat perkerasan guna mencegah adanya tegangan tekan berlebihan yang dapat mengakibatkan perkerasan beton tertekuk. Lebar celah sambungan 19 mm (3/4 in), walaupun dalam hal khusus lebar celah bisa mencapai 25 mm (1 in). Karena sambungan muai tidak menyediakan penguncian antar agregat, maka diperlukan alat penyalur beban yaitu *dowel*. Sambungan muai, biasanya merupakan celah tempat terjadinya *pumping*, bila sambungan tidak ditutup dengan baik. Sambungan muai tidak diperlukan pada perkerasan beton tak bertulangan (JPCP).

### C. Sambungan kontraksi (*contraction joint*)

Sambungan kontraksi/sambungan susut berguna untuk mengendalikan retak susut beton. Susut terjadi akibat pengaruh perubahan suhu dan kelembaban. Sambungan susut hanya dimaksudkan untuk membebaskan tegangan tarik akibat susut dan melengkungnya beton.

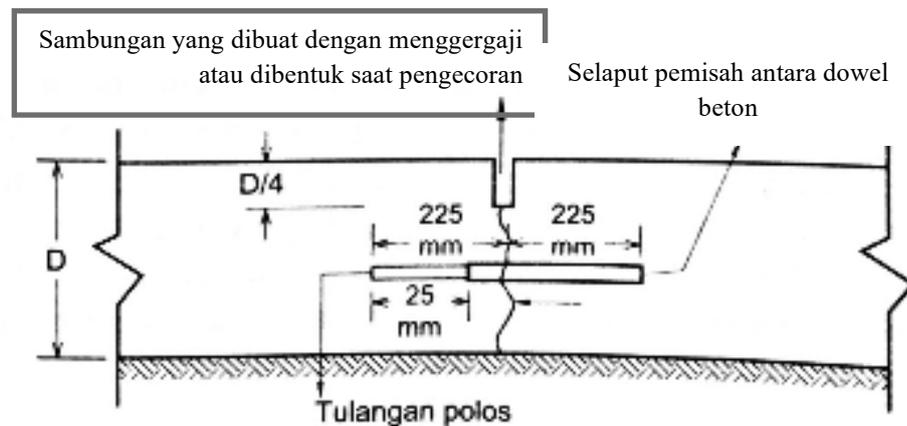
*Dummy groove contraction joint* yaitu sambungan yang dibuat dengan mengeruk permukaan beton. Jika pelat beton mengalami retak akibat susut, maka retakan diharapkan terjadi pada bagian ini dan tidak menyebar secara tak beraturan.

Sambungan yang dibuat dengan  
menggergaji atau dibentuk saat



Gambar 2.30 Sambungan Susut Melintang Tanpa *Dowel*

(Sumber : Hardiyatmo, 2015)



Gambar 2.31 Sambungan Susut Melintang Dengan *Dowel*

(Sumber : Hardiyatmo, 2015)

Kerukan dibuat dengan cara menggergaji pelat, atau dengan meletakkan batang /pelat *fiber* pada saat pengecoran dan kemudian mengambilnya ketika beton agak mengeras. Kedalaman sambungan kontraksi yang disarankan AASHTO (1993), yaitu :

- Sambungan arah melintang jalan  $\frac{1}{4}$  tebal pelat ( $\frac{1}{4} D$ ).
- Sambungan arah memanjang  $\frac{1}{3}$  tebal pelat ( $\frac{1}{3} D$ ).

Rasio kedalaman terhadap lebar penutup (*sealant*) harus dalam, dengan kisaran 1-1,5 m dengan kedalaman minimum  $\frac{3}{8}$  in untuk sambungan arah memanjang dan  $\frac{1}{2}$  in untuk sambungan arah melintang.

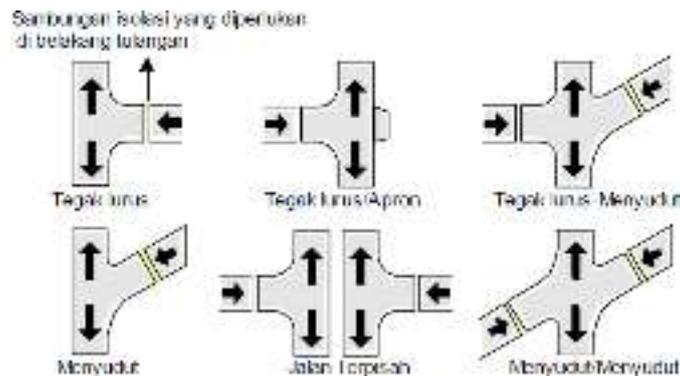
#### D. Sambungan lengkung (*waping joint*) atau sendi (*hinge*)

Akibat perbedaan temperatur dan perubahan kelembaban, perkerasan beton di bagian tengah akan melengkung. Sambungan lengkung atau sendi digunakan dalam perkerasan beton untuk mengendalikan retak disepanjang sumbu dari perkerasan. Jenis sambungan yang digunakan tergantung pada pengecoran pelat beton. Jika lajur jalan yang baru di cor segera digunakan, maka sambungan tersebut perlu dilengkapi dengan kunci dan diberi *tie bar*. Sambungan lengkung ini, dalam praktek sama dengan sambungan pelaksanaan.

#### E. Sambungan isolasi (*isolation joint*)

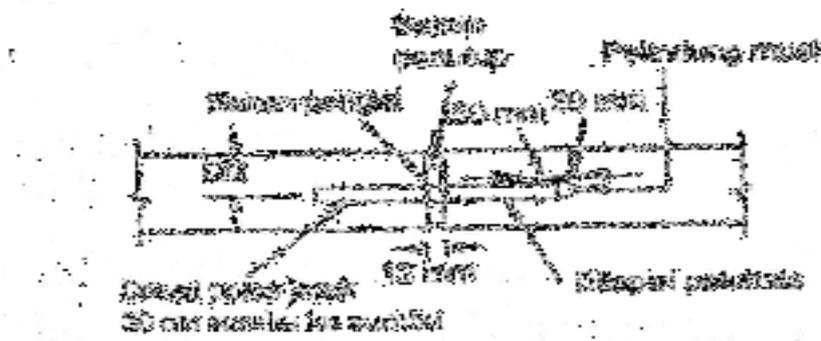
Sambungan isolasi adalah sambungan yang digunakan untuk memisahkan perkerasan dengan bangunan lain, seperti : jalan pendekat jembatan, *inlet drainase*, *manhole* dan lainnya (Gambar 2.32).

Sambungan isolasi berguna untuk mengurangi tegangan tekan yang dapat menyebabkan retak berlebihan pada pelat beton. Sambungan isolasi ini harus ditutup dengan penutup sambungan (*joint sealer*) setebal 5-7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (*joint filler*). Pengisi berguna untuk mencegah infiltrasi air atau masuknya kotoran ke dalam celah sambungan.



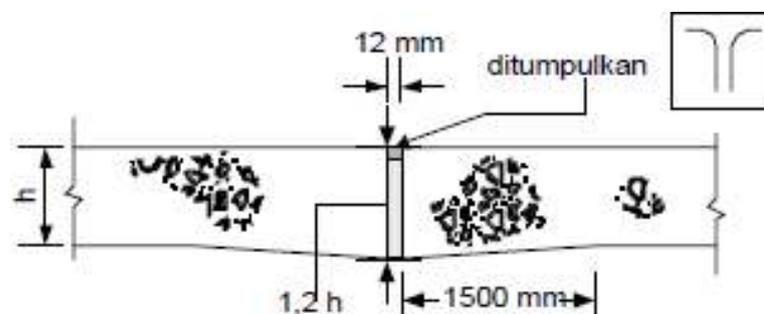
Gambar 2.32 Contoh Persimpangan Yang Membutuhkan Sambungan Isolasi

(Sumber : PD T-14-2003 ; 16)



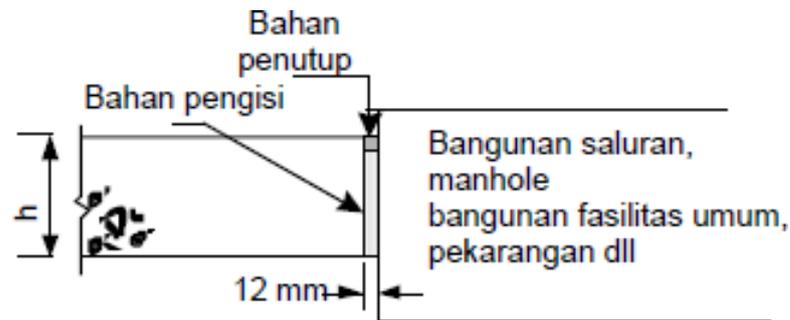
Gambar 2.33 Sambungan Isolasi Dengan Dowel

(Sumber : PD T-14-2003 ; 16)



Gambar 2.34 Sambungan Isolasi Dengan Penebalan Tepi

(Sumber : PD T-14-2003 ; 16)



Gambar 2.35 Sambungan Isolasi Tanpa Dowel

(Sumber : PD T-14-2003 ; 17)

#### F. Dowel

*Dowel* adalah batang baja yang berfungsi sebagai penyalur beban antara dua pelat yang berdampingan. Alat penyalur beban untuk sambungan melintang harus mempunyai beberapa sifat, sebagai berikut (*Hardiyatmo, 2015*) :

1. Sederhana dalam perancangan dan mudah dipasang.
2. Memberikan tahanan yang kecil, ketika terjadi gerakan ke arah memanjang dari sambungan pada sembarangwaktu.
3. Harus tahan korosi.
4. Harus stabil secara mekanis oleh akibat beban lalu lintas.

Batang ruji atau *dowel* dipasang pada jarak, diameter dan panjang tertentu. *Dowel* terbuat dari tulangan baja polos lurus, tak ada benjolan. Terdapat perbedaan mendasar antara batang *dowel* dan *tie bar*. *Dowel* merupakan alat penyalur beban sehingga dimensinya harus cukup besar dan dipasang pada interval yang relatif pendek, untuk menyediakan tahanan terhadap lentur, geser dan dukungan pada pelat beton sedangkan *tie bar* atau batang pengikat adalah batang tulangan baja ulir yang digunakan untuk menjaga agar ujung-ujung pelat beton yang berdampingan tetap dalam kontak yang baik antara satu dengan yang lainnya.

*Dowel* dipasang di tengah-tengah tebal pelat beton, dengan adanya *dowel*, maka pelat beton yang berdampingan dapat bekerja sama dengan tanpa terjadi beda penurunan signifikan bila dibebani dengan beban lalu lintas. Selain itu, *dowel* yang dipasang memotong tegak lurus sambungan melintang memberikan hubungan mekanikal antara pelat - pelat yang berdampingan

dengan tanpa menghambat kebebasan pelat ke arah horizontal. Dalam hal khusus, *dowel* juga dipasang tegak lurus sambungan memanjang. AASHTO (1993) dan PCA (1991) merekomendasikan batang *dowel* berdiameter  $1/8$  dari tebal pelat beton atau diameter *dowel* =  $D/8$ , panjang 46 cm (18 in) dan jarak 30 cm (12in).

*Dowel* pada sambungan melintang harus dipasang lurus dan sejajar dengan sumbu jalan. Pada setengah panjang *dowel*, permukaannya harus dicat dengan bahan pencegah karat dan diolesi dengan bahan anti lengket guna menjamin tidak adanya ikatan dengan beton di sekelilingnya. Pada ujung *dowel* harus dipasang topi pelindung muai agar batang *dowel* dapat bergerak bebas. Topi pelindung muai harus cukup kaku dan menutup *dowel* sepanjang 50-70 mm.

Tabel 2.35 Jarak, Panjang Dan Diameter *Dowel*

Tebal perkerasan beton (D) (mm)	Diameter <i>dowel</i> (mm)
150-170	20
180-190	25
200-270	30
>280	40
Jarak <i>dowel</i> 300 mm	
Panjang <i>dowel</i> 450 mm	

(Sumber : Hardiyatmo, 2015 ; 336)

Tabel 2.36 Diameter *Dowel*

Tebal pelat beton (D) (mm)	Diameter <i>dowel</i> (mm)
$125 < D \leq 140$	20
$140 < D \leq 160$	24
$160 < D \leq 190$	28
$190 < D \leq 220$	33
$220 < D \leq 250$	36
Jarak <i>dowel</i> 300 mm	
Panjang <i>dowel</i> 450 mm	
Mutu baja grade 250 R	

(Sumber : Hardiyatmo, 2015 ; 336)

Tabel 2.37 Diameter Dan Jarak *Dowel*

Tebal pelat beton (D)		Diameter <i>dowel</i>	
In	mm	In	mm
6	150	$\frac{1}{4}$	19
7	175	1	25
8	200	1	25
9	225	$1 \frac{1}{4}$	32
10	250	$1 \frac{1}{4}$	32
11	275	$1 \frac{1}{4}$	32
12	300	$1 \frac{1}{2}$	38
13	325	$1 \frac{1}{2}$	38
14	350	$1 \frac{1}{2}$	38
Jarak <i>dowel</i> 300 mm			
Panjang <i>dowel</i> 450 mm			

(Sumber : Hardiyatmo, 2015 ; 337)

#### 2.12.4 Pola Sambungan

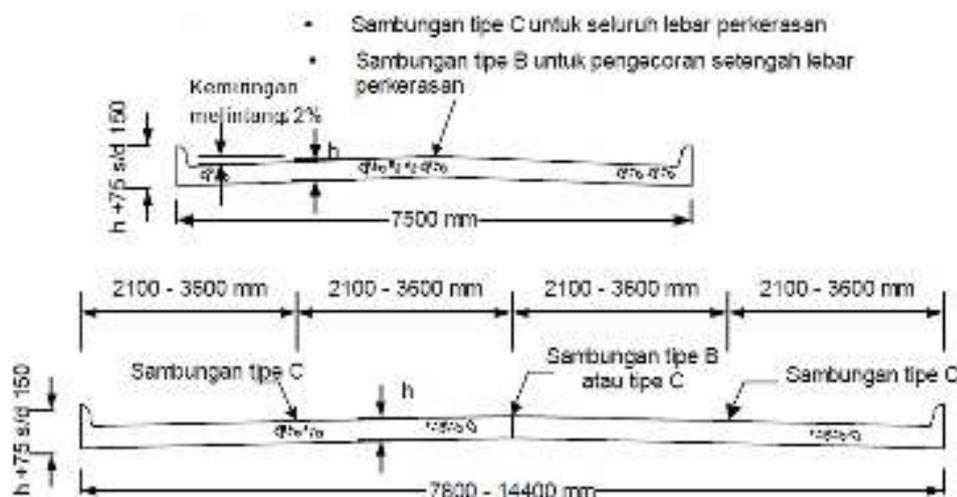
Pola sambungan pada perkerasan beton semen harus mengikuti batasan

- batasan sebagai berikut :

- Hindari bentuk panel yang tidak teratur. Usahakan bentuk panel persegi mungkin. Perbandingan maksimum panjang panel terhadap lebar adalah 1,25.
- Jarak maksimum sambungan memanjang 3 - 4 meter.
- Jarak maksimum sambungan melintang 25 kali tebal pelat, maksimum 5,0 meter.
- Semua sambungan susut harus menerus sampai kerb dan mempunyai kedalaman seperempat dan sepertiga dari tebal perkerasan masing-masing untuk lapis pondasi berbutir dan lapis stabilisasi semen.
- Antar sambungan harus bertemu pada satu titik untuk menghindari terjadinya retak refleksi pada lajur yang bersebelahan.
- Sudut antar sambungan yang lebih kecil dari 60 derajat harus dihindari dengan mengatur 0,5 m panjang terakhir dibuat tegak lurus terhadap tepi

perkerasan.

- Apabila sambungan berada dalam area 1,5 meter dengan *manhole* atau bangunan yang lain, jarak sambungan harus diatur sedemikian rupa sehingga antara sambungan dengan *manhole* atau bangunan yang lain tersebut membentuk sudut tegak lurus. Hal tersebut berlaku untuk bangunan yang berbentuk bundar. Untuk bangunan berbentuk segi empat, sambungan harus berada pada sudutnya atau di antara dua sudut.
- Semua bangunan lain seperti *manhole* harus dipisahkan dari perkerasan dengan sambungan muai selebar 12 mm yang meliputi keseluruhan tebal pelat.
- Perkerasan yang berdekatan dengan bangunan lain atau *manhole* harus ditebalkan 20% dari ketebalan normal dan berangsur-angsur berkurang sampai ketebalan normal sepanjang 1,5 meter seperti diperlihatkan pada Gambar 2.32
- Panel yang tidak persegi empat dan yang mengelilingi *manhole* harus diberi tulangan berbentuk anyaman sebesar 0,15 % terhadap penampang beton semen dan dipasang 5 cm dibawah permukaan atas. Tulangan harus dihentikan 7,5 cm dari sambungan.

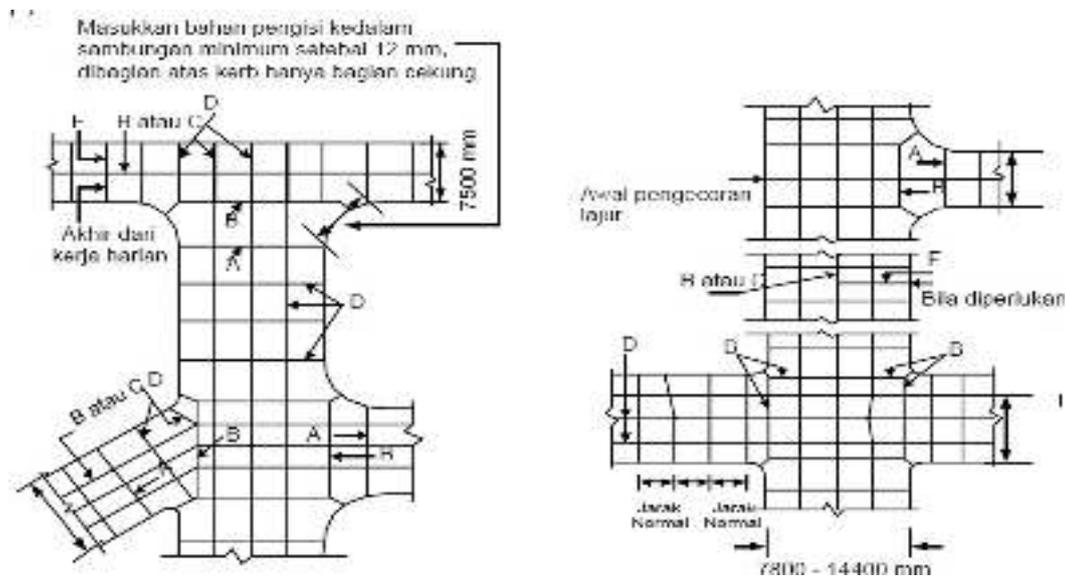


Gambar 2.36 Potongan Melintang Dan Lokasi Sambungan

### 2.12.5 Penutup Sambungan

Penutup sambungan dimaksudkan untuk mencegah masuknya air dan

atau benda lain ke dalam sambungan perkerasan. Benda-benda lain yang masuk ke dalam sambungan dapat menyebabkan kerusakan berupa gompal dan atau pelat beton yang saling menekan keatas (*blow up*).



Gambar 2.37 Detail Potongan Melintang Sambungan Perkerasan

(Sumber : PD T-14-2003 ;)

Keterangan Gambar 2.37 :

- A = Sambungan isolasi
- B = Sambungan pelaksanaan memanjang
- C = Sambungan susut memanjang
- D = Sambungan susut melintang
- E = Sambungan susut melintang yang direncanakan
- F = Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak direncanakan

### 2.12.6 Prosedur Perencanaan

Prosedur perencanaan perkerasan beton semen didasarkan atas dua model kerusakan yaitu :

- a. Retak fatik (lelah) tarik lentur pada pelat.
- b. Erosi pada pondasi bawah atau tanah dasar yang diakibatkan oleh lendutan berulang pada sambungan dan tempat retak yang direncanakan.

Prosedur ini mempertimbangkan ada tidaknya ruji pada sambungan atau bahu beton. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan dianggap sebagai perkerasan bersambung yang dipasang ruji.

Data lalu lintas yang diperlukan adalah jenis sumbu dan distribusi beban serta jumlah repetisi masing - masing jenis sumbu/kombinasi beban yang diperkirakan selama umur rencana.

#### A. Perencanaan Tebal Plat

Tebal pelat taksiran dipilih dan total fatik serta kerusakan erosi dihitung berdasarkan komposisi lalu-lintas selama umur rencana. Jika kerusakan fatik atau erosi lebih dari 100%, tebal taksiran dinaikan dan proses perencanaan diulangi.

Tebal rencana adalah tebal taksiran yang paling kecil yang mempunyai total fatik dan atau total kerusakan erosi lebih kecil atau sama dengan 100%.

#### B. Perencanaan Tulangan

Tujuan utama penulangan untuk :

- Membatasi lebar retakan, agar kekuatan pelat tetap dapat dipertahankan
- Memungkinkan penggunaan pelat yang lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan
- Mengurangi biaya pemeliharaan

Jumlah tulangan yang diperlukan dipengaruhi oleh jarak sambungan susut, sedangkan dalam hal beton bertulang menerus, diperlukan jumlah tulangan yang cukup untuk mengurangi sambungan susut.

##### 1. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan

Pada perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan, ada kemungkinan penulangan perlu dipasang guna mengendalikan retak. Bagian-bagian pelat yang diperkirakan akan mengalami retak akibat konsentrasi tegangan yang tidak dapat dihindari dengan pengaturan pola sambungan, maka pelat harus diberi tulangan. Penerapan tulangan umumnya dilaksanakan pada:

- a. Pelat dengan bentuk tak lazim (*odd - shaped slabs*),

Pelat disebut tidak lazim bila perbandingan antara panjang dengan lebar lebih besar dari 1,25 atau bila pola sambungan pada pelat tidak benar-benar berbentuk bujur sangkar atau empat persegi panjang.

- b. Pelat dengan sambungan tidak sejalur (*mismatched joints*).
- c. Pelat berlubang (*pits or structures*).

2. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan

Luas penampang tulangan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$A_s = \frac{\mu.L.M.g.h}{2.F_s} \dots\dots\dots(2.67)$$

Dengan pengertian:

$A_s$  : Luas penampang tulangan baja ( $\text{mm}^2/\text{m}$  lebar pelat)..

$F_s$  : Kuat-tarik ijin tulangan(MPa). Biasanya 0,6 kali tegangan leleh.

$g$  : Gravitasi ( $\text{m}/\text{detik}^2$ ).

$h$  : Tebal pelat beton (m).

$L$  : Jarak antara sambungan yang tidak diikat dan/atau tepi bebas pelat (m).

$M$  : Berat per satuan volume pelat ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$\mu$  : Koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah sebagaimana pada Tabel 2.38

Tabel 2.38 Nilai Koefisien Gesekan ( $\mu$ )

No.	Lapis pemecah ikatan	Koefisien gesekan (m)
1	Lapis resap ikat aspal di atas permukaan pondasi bawah	1,0
2	Laburan parafin tipis pemecah ikat	1,5
3	Karet kompon ( <i>A chlorinated rubber curing compound</i> )	2,0

(Sumber : PD T-14-2003,2003)

3. Perkerasan beton menerus dengan tulangan
  - a. Penulangan memanjang

Tulangan memanjang yang dibutuhkan pada perkerasan beton semen bertulang menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan berikut :

$$P_s = \frac{100 \cdot f_{ct} \cdot (1,3 - 0,2\mu)}{f_v - n f_{ct}} \dots\dots\dots (2.68)$$

Keterangan :

$P_s$  : Persentase luas tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap luas penampang beton (%)

$f_{ct}$  : Kuat tarik langsung beton =  $(0,4 - 0,5f_{ct})$  (kg/cm<sup>2</sup>)

$f_y$  : Tegangan leleh rencana baja(kg/cm<sup>2</sup>)

$n$  : Angka ekuivalensi antara baja dan beton ( $E_s/E_c$ ), dapat dilihat pada Tabel 2.41 atau dihitung dengan rumus

$\mu$  : Koefisien gesek antara pelat beton dengan lapisan dibawahnya

$E_s$  : Modulus elastisitas baja =  $2,1 \times 10^6$ (kg/cm<sup>2</sup>)

$E_c$  : Modulus elastisitas beton =  $1485 \sqrt{f'_c}$ (kg/cm<sup>2</sup>)

Tabel 2.39 Nilai Koefisien Gesek ( $\mu$ )

Type material dibawah slab	Koefisien gesek ( $\mu$ )
Burtu,Lapen & konstruksi sejenis	2,2
Aspal beton, laston	1,8
Stabilitas kapur	1,8
Stabilitas aspal	1,8
Stabilitas semen	1,8
Koral sungai	1,8
Batu pecah	1,5
Type material dibawah slab	Koefisien gesek ( $\mu$ )
Sirtu	1,2
Tanah	0,9

(Sumber : Perencanaan Jalan Raya 2, 2003)

Tabel 2.40 Hubungan Kuat Tekan Beton Dan Angka Ekvivalen Baja Dan Beton (n)

$f'_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	N
175 – 225	10
235 – 285	8
290 - ke atas	6

(Sumber : PD T-14-2003, 2003 ; 30)

Persentase minimum dari tulangan memanjang pada perkerasan beton menerus adalah 0,6% luas penampang beton. Jumlah optimum tulangan memanjang, perlu dipasang agar jarak dan lebar retakan dapat dikendalikan. Secara teoritis jarak antara retakan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan berikut :

$$L_{cr} = \frac{f_{ct}^2}{n \cdot p^2 \cdot u \cdot f_b (\epsilon_s \cdot E_c - f_{ct})} \dots\dots\dots (2.69)$$

Keterangan :

- $L_{cr}$  : Jarak teoritis antara retakan (cm).
- $p$  : Perbandingan luas tulangan memanjang dengan luas penampang beton
- $u$  : Perbandingan keliling terhadap luas tulangan =  $4/d$ .
- $f_b$  : Tegangan lekat antara tulangan dengan beton  
( $1,97\sqrt{f'_c}/d$ )(kg/cm<sup>2</sup>)
- $\epsilon_s$  : Koefisien susut beton =  $(400 \cdot 10^{-6})$ .
- $f_{ct}$  : Kuat tarik langsung beton =  $(0,4 - 0,5f_{ct})$  (kg/cm<sup>2</sup>)
- $n$  : Angka ekivalensi antara baja dan beton =  $(E_s/E_c)$ .
- $E_c$  : Modulus Elastisitas beton =  $14850\sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>)
- $E_s$  : Modulus Elastisitas baja =  $2,1 \times 10^6$ (kg/cm<sup>2</sup>)

Untuk menjamin agar didapat retakan-retakan yang halus dan jarak antara retakan yang optimum, maka :

- Persentase tulangan dan perbandingan antara keliling dan luas tulangan harus besar

- Perlu menggunakan tulangan ulir (*deformed bars*) untuk memperoleh tegangan lekat yang lebih tinggi.

Jarak retakan teoritis yang dihitung dengan persamaan di atas harus memberikan hasil antara 150 dan 250 cm. Jarak antar tulangan 100 mm - 225 mm. Diameter batang tulangan memanjang berkisar antara 12 mm dan 20 mm.

#### 5. Penulangan melintang

Luas tulangan melintang ( $A_s$ ) yang diperlukan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan. Tulangan melintang direkomendasikan sebagai berikut (Perencanaan Perkerasan Beton Semen Dep PU, 2003) :

- a. Diameter batang ulir tidak lebih kecil dari 12mm.
- b. Jarak maksimum tulangan dari sumbu-ke-sumbu 75cm.

### 2.13 Bangunan Pelengkap

Menurut PERMEN PU No.19 Tahun 2011 bangunan jalan berfungsi sebagai :

- a. Jalur lalu lintas
- b. Pendukung konstruksi jalan
- c. Fasilitas lalu lintas dan fasilitas pendukung pengguna jalan

Maka dari itu untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas dan menghindari kerusakan akibat air yang berdampak pada kenyamanan pemakai jalan, diperlukan adanya bangunan pelengkap jalan.

#### 2.13.1 Drainase

Drainase adalah prasarana yang berfungsi mengalirkan air permukaan ke badan air atau ke bangunan resapan buatan sedangkan drainase jalan adalah prasarana yang dapat bersifat alami ataupun buatan yang berfungsi untuk memutuskan dan menyalurkan air permukaan maupun bawah tanah, biasanya menggunakan bantuan gaya gravitasi, yang terdiri atas saluran samping dan gorong-gorong ke badan air penerima atau tempat peresapan buatan, seperti: sumur resapan air hujan atau kolam darainase tampungan sementara. Ada dua jenis drainase, antara lain (Pd.T-02-2006-B) :

1. Drainase permukaan

Drainase permukaan berfungsi mengalirkan air hujan yang ada dipermukaan agar tidak menghambat arus lalu lintas di jalan tersebut dan juga mencegah air agar tidak merusak lapisan perkerasan jalan.

2. Drainase bawah permukaan

Drainase bawah permukaan berfungsi untuk mengalirkan air yang berada di bawah permukaan dari suatu tempat ke tempat lain dengan tujuan melindungi bangunan yang berda di atasnya.

### 2.13.2 Desain Saluran Samping

Langkah perencanaannya adalah sebagai berikut :

a. Menentukan frekuensi hujan rencana pada masa ulang T (tahun).

Untuk menentukan frekuensi curah hujan digunakan cara atau metode Gumbel. Cara ini digunakan apabila data curah hujan tersedia dengan lengkap, sehingga diperoleh perhitungan hujan rata-rata sesuai dengan jumlah tahun pengamatan. Untuk perhitungan cara Gumbel digunakan rumus sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{n} \dots\dots\dots(2.70)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.71)$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots(2.72)$$

$$R_t = R + (K \cdot S_x) \dots\dots\dots(2.73)$$

Keterangan :

$\bar{R}$  : Curah hujan harian rata-rata

$S_x$  : Standar Deviasi

$R_t$  : Hujan rencana untuk periode ulang T tahun

$Y_t$  : Faktor reduksi (tabel 2.40)

$Y_n$  : Angka reduksi rata-rata (tabel 2.41)

$S_n$  : Angka reduksi standar deviasi (tabel 2.42)

$K$  : Faktor frekuensi (nilai K dapat dilihat pada tabel 2.40)

Tabel 2.41 Faktor Frekuensi (K)

T	Yt	Lama Pengamatan (tahun)				
		10	15	20	25	30
2	0,3665	-0,1355	-0,1434	-0,1478	-0,1506	-0,1526
5	1,1499	1,0580	0,9672	0,9186	0,8878	0,8663
10	2,2502	1,8482	1,7023	1,6246	1,5752	1,5408
20	2,9702	2,6064	2,4078	2,3020	2,2348	2,1881
25	3,1985	2,8468	2,6315	2,5168	2,4440	2,3933
50	3,9019	3,5875	3,3207	3,1787	3,0884	3,0256
100	4,6001	4,3228	4,0048	3,8356	3,7281	3,6533

(Sumber : Hendarsin, 2000)

Tabel 2.42 Angka Reduksi Rata-Rata (Yn)

n	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	0,4952	0,5236	0,5362	0,5436	0,5485	0,5521	0,5548	0,5569	0,5586	0,56
1	0,4996	0,5252	0,5371	0,5442	0,5489	0,5524	0,555	0,557	0,5587	
2	0,5035	0,5268	0,538	0,5448	0,5493	0,5527	0,5552	0,5572	0,5589	
3	0,507	0,5283	0,5388	0,5453	0,5497	0,553	0,5555	0,5574	0,5591	
4	0,51	0,5296	0,5396	0,5458	0,5501	0,5533	0,5557	0,5576	0,5592	
5	0,5128	0,5309	0,5402	0,5463	0,5504	0,5535	0,5559	0,5578	0,5593	
6	0,5157	0,532	0,541	0,5468	0,5508	0,5538	0,5561	0,558	0,5595	
7	0,5181	0,5332	0,5418	0,5473	0,5511	0,5540	0,5563	0,5581	0,5596	
8	0,5202	0,5343	0,5424	0,5477	0,5515	0,5543	0,5565	0,5583	0,5598	
9	0,5220	0,5353	0,5430	0,5481	0,5518	0,5545	0,5567	0,5585	0,5599	

(Sumber : Hendarsin, 2000)

Tabel 2.43 Angka Reduksi Standar Deviasi (Sn)

n	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	0,9496	1,0628	1,1124	1,1413	1,1607	1,1747	1,1854	1,1938	1,2007	1,2065
1	0,9676	1,0696	1,1159	1,1436	1,1623	1,1759	1,1863	1,1945	1,2013	
2	0,9833	1,0754	1,1193	1,1458	1,1638	1,177	1,1873	1,1953	1,2020	
3	0,9971	1,0811	1,1226	1,1480	1,1658	1,1782	1,1881	1,1959	1,2026	
4	1,0095	1,0864	1,1255	1,1499	1,1667	1,1793	1,1890	1,1967	1,2032	
5	1,0206	1,0915	1,1285	1,1519	1,1681	1,1803	1,1898	1,1973	1,2038	
6	1,0316	1,0961	1,1313	1,1538	1,1696	1,1814	1,1906	1,1980	1,2044	
7	1,0411	1,1004	1,1339	1,1557	1,1708	1,1824	1,1915	1,1987	1,2049	
8	1,0493	1,1047	1,1363	1,1574	1,1721	1,1834	1,1923	1,1994	1,2055	
9	1,0565	1,1086	1,1388	1,1590	1,1734	1,1844	1,1930	1,2001	1,2060	

(Sumber : Hendarsin, 2000)

b. Waktu konsentrasi ( $T_c$ )

Waktu Konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh pada titik terjauh dalam suatu *catchment area* untuk menuju ke titik *outlet*. Waktu konsentrasi terbagi atas dua, yaitu ( $t_0$  atau  $t_1$ ) adalah waktu untuk mencapai awal saluran (*inlet*) dan ( $t_d$  atau  $t_2$ ) waktu pengaliran dalam saluran. Rumus yang digunakan yaitu :

$$t_0 \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times L_0 \times \frac{nd}{\sqrt{S}} \right)^{0,167} \dots\dots\dots(2.74)$$

$$t_d = \frac{L}{60.V} \dots\dots\dots(2.75)$$

$$T_c = t_0 + t_d \dots\dots\dots(2.76)$$

Keterangan :

$L_0$  : Jarak dari titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

$L$  : Panjang saluran (m)

$nd$  : Koefisien hambatan

$S$  : Kemiringan daerah pengaliran/kemiringan tanah

$V$  : Kecepatan rata-rata aliran dalam saluran (m/dt)

Catatan : Nilai kemiringan saluran (S) disesuaikan dengan kelandaian jalan dengan nilai minimal = 0,5% . Untuk nilai nd diambil dari tabel 2.44 dan nilai V diambil dari tabel 2.45

Tabel 2.44 Nilai Koefisien Hambatan (nd)

Kondisi Permukaan	nd
Lapisan semen dan aspal beton	0,013
Permukaan licin dan kedap air	0,020
Permukaan licin dan kokoh	0,1
Tanah dengan rumput tipis & gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,2
Padang rumput	0,4
Hutan gundul	0,6
Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai padat	0,8

(Sumber : Hendarsin, 2000)

Tabel 2.45 Kecepatan Aliran Izin (V)

Jenis Material	V <sub>izin</sub> (m/dt)
Pasir	0,45
Lempung Kepasiran	0,50
Lanau Alluvial	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 Bertulang	1,50

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase Jalan Dep PU, 2006)

c. Intensitas hujan selama waktu konsentrasi

Curah hujan dalam jangka waktu pendek dinyatakan dalam intensitas, yaitu tinggi air per satuan waktu (mm/jam, mm/menit).

$$It = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{T_c}\right)^{2/3} \dots\dots\dots(2.77)$$

Keterangan :

It : Intensitas hujan (mm/jam)

$R_{24}$  : Curah hujan harian maksimum (mm)

$T_c$  : Waktu konsentrasi (jam)

d. Luas daerah pengaliran

Luas daerah tangkapan hujan (*catchmen area*) pada perencanaan saluran samping jalan dan *culvert* adalah daerah pengaliran (*drainage area*) yang menerima curah hujan selama waktu tertentu (intensitas hujan), sehingga menimbulkan debit limpasan yang harus ditampung oleh saluran samping untuk dialirkan ke *culvert* atau ke sungai.

e. Koefisien pengaliran

Koefisien pengaliran atau koefisien limpasan ( $C$ ), adalah angka reduksi dari intensitas hujan, yang besarnya disesuaikan dengan kondisi permukaan, kemiringan atau kelandaian, jenis tanah dan durasi hujan. Apabila koefisien pengaliran terdiri lebih dari satu jenis kondisi permukaan pengaliran, maka rumusnya adalah sebagai berikut :

$$C_w = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots}{A_1 + A_2 + \dots} \dots \dots \dots (2.78)$$

Keterangan :

$C_1, C_2$  : Koefisien pengaliran sesuai jenis permukaan

$A_1, A_2$  : Luas daerah pengaliran ( $\text{Km}^2$ )

$C_w$  :  $C$  rata-rata pada daerah pengaliran

f. Debit limpasan

Debit limpasan adalah jumlah pengaliran limpasan yang masuk kedalam saluran samping.

$$Q_r = \frac{C \cdot I_t \cdot A}{3,6} \dots \dots \dots (2.79)$$

Keterangan :

$Q$  : Debit limpasan ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )

$C$  : Koefisien pengaliran (tabel 2.53)

$I_t$  : Intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

$A$  : Luas daerah pengaliran/tangkapan ( $\text{Km}^2$ )

Tabel 2.46 Koefisien Pengaliran

Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
<b>BAHAN</b>	
Jalan beton dan aspal	0,70 - 0,95
Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40 - 0,70
Bahu jalan :	
a. Tanah berbutir halus	0,40 - 0,65
b. Tanah berbutir kasar	0,10 - 0,20
c. Bantuan masif keras	0,70 - 0,85
d. Batuan masif lunak	0,60 - 0,75
<b>TATA GUNA LAHAN</b>	
Daerah perkotaan	0,70 - 0,95
Daerah pinggir kota	0,60 - 0,70
Daerah industri	0,60 - 0,90
Pemukiman padat	0,60 - 0,80
Pemukiman tidak padat	0,40 - 0,60
Taman dan kebun	0,20 - 0,40
Persawahan	0,45 - 0,60
Perbukitan	0,70 - 0,80
Pegunungan	0,75 - 0,90

(Sumber : Perencanaan sistem drainase jalan Dep PU, 2006)

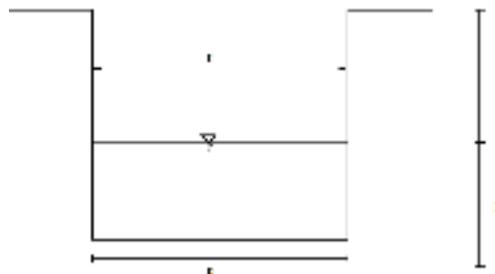
e. Perencanaan dimensi saluran samping

Bentuk penampang saluran samping yang akan didesain adalah bentuk trapesium dengan kemiringan talud.

Tabel 2.47 Kemiringan Talud Berdasarkan Debit

Debit Air ( $m^3/dtk$ )	Kemiringan (1:z)
0,00 - 0,75	1:1
0,75 - 15	1:1,5
15 - 80	1:2

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase Dep PU, 2006)



### Gambar 2.37 Penampang Saluran Persegi

Langkah perhitungannya, sebagai berikut :

1. Menentukan penampang basah

$$Q = V \times A \dots\dots\dots(2.80)$$

$$Ad = Q / A \dots\dots\dots(2.81)$$

Keterangan :

$$Q = \text{Debit limpasan (m}^3/\text{dtk)}$$

$$V = \text{Kecepatan aliran (m/detik)}$$

$$Ad = \text{Luas penampang desain}$$

2. Penampang ekonomis

- Untuk penampang ekonomis saluran persegi

$$Ae = 2h^2 \dots\dots\dots(2.82)$$

- Dari persamaan diatas, apabila nilai Ae telah ditentukan maka dapat digunakan untuk menentukan kedalaman saluran drainase (h)

$$h = \sqrt{Ae/2} \dots\dots\dots(2.83)$$

Persamaan 2.74 nantinya digunakan untuk menentukan lebar dasar saluran drainase (b).

$$b = 2 h \dots\dots\dots(2.84)$$

3. Tinggi jagaan (W)

$$W = \sqrt{0,5 x y} \dots\dots\dots(2.85)$$

4. Keliling basah (p)

$$P = b + 2y\sqrt{z^2 + 1} \dots\dots\dots(2.86)$$

5. Radius hidrolis (R)

$$R = A / P \dots\dots\dots(2.87)$$

6. Kemiringan dasar saluran (I)

$$I = \left[ \frac{V}{\frac{1}{n} x R^{2/3}} \right] \dots\dots\dots(2.88)$$

“n” adalah angka kekerasan Manning, nilainya terdapat pada tabel 2.47

Tabel 2.47 Koefisien Kekerasan *Meaning* (n)

Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
<b>SALURAN BUATAN</b>				
Saluran tanah harus teratur	0,017	0,020	0,023	0,025
Saluran tanah yang dibuat dengan excavator	0,023	0,028	0,030	0,040
Saluran pada dinding batu, lurus, teratur	0,020	0,030	0,033	0,035
Saluran pada dinding batuan, tidak lurus, tidak teratur	0,035	0,040	0,45	0,045
Saluran buatan yang diledakkan, ada tumbuhan	0,025	0,030	0,035	0,040
Dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0,028	0,030	0,035	0,035
Saluran lengkung, dengan kecepatan aliran rendah	0,020	0,025	0,028	0,030
<b>SALURAN ALAM</b>				
Bersih, lurus, tidak berpasir dan tidak berlubang	0,025	0,028	0,030	0,033
Seperti no.8 namun ada timbunan atau kerikil	0,030	0,033	0,035	0,040
Melengkung, bersih, berlubang dan berdinding pasir	0,033	0,035	0,040	0,045
Seperti no.10, dangkal, tidak teratur	0,040	0,045	0,050	0,055
Seperti no.10, berbatu dan ada tumbuh-tumbuhan	0,035	0,040	0,045	0,050
Seperti no.11, sebagian berbatu	0,045	0,050	0,055	0,060
Aliran pelan, banyak tumbuhan dan berlubang	0,050	0,060	0,070	0,080
Banyak tumbuh-tumbuhan	0,075	0,100	0,125	0,150
<b>SALURAN BUATAN, BETON / BATU KALI</b>				
Saluran pasangan batu tanpa penyelesaian	0,025	0,030	0,033	0,035
Seperti no.16 tapi dengan penyelesaian	0,017	0,020	0,025	0,030
Saluran buatan	0,014	0,016	0,019	0,021
Saluran beton halus dan rata	0,010	0,011	0,012	0,013
Saluran beton pra cetak dengan acuan baja	0,013	0,014	0,014	0,015
Saluran beton pra cetak dengan acuan kayu	0,015	0,016	0,016	0,018

(Sumber : Perencanaan sistem drainase jalan Dep PU, 2006 ; 20)

### 2.13.3 Gorong – Gorong

Fungsi gorong - gorong adalah mengalirkan air dari sisi jalan ke sisi lainnya. Untuk itu desainnya harus juga mempertimbangkan faktor hidrolis dan struktur supaya gorong - gorong dapat berfungsi mengalirkan air dan mempunyai daya dukung terhadap beban lalu lintas dan timbunan tanah.

Mengingat fungsinya maka gorong - gorong disarankan dibuat dengan tipe konstruksi yang permanen (pipa/kotak beton, pasangan batu,) dan desain umur rencana 10 tahun. Bagian utama gorong - gorong terdiri dari :

- a. Pipa : kanal air utama
- b. Tembok kepala
  - Tembok yang menopang ujung dan lerengjalan.

- Tembok penahan yang dipasang bersudut dengan tembok kepala, untuk menahan bahu dan kemiringan jalan.

c. Apron (dasar)

Lantai dasar dibuat pada tempat masuk untuk mencegah terjadinya erosi dan dapat berfungsi sebagai dinding penyekat lumpur. Bentuk gorong-gorong umumnya tergantung pada tempat yang ada dan tingginya timbunan.

Dalam perencanaan jalan, penempatan dan penentuan jumlah gorong-gorong harus diperhatikan terhadap fungsi dan medan setempat. Agar dapat berfungsi dengan baik, maka gorong-gorong ditempatkan pada :

1. Lokasi jalan yang memotong aliran air.
2. Daerah cekung, tempat air menggenang.
3. Tempat kemiringan jalan yang tajam tempat air yang dapat merusak lereng dan badan jalan.
4. Kedalaman gorong-gorong yang aman terhadap permukaan jalan minimum 60 cm.

## **2.14 Manajemen Proyek**

Manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu.

### **2.14.1 Daftar Harga Satuan Alat dan Bahan**

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

### **2.14.2 Analisa Harga Satuan Pekerjaan**

Harga satuan pekerjaan ialah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat dipasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja

didapat dilokasi, dikumpulkan, dicatat dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah.

Analisa bahan suatu pekerjaan ialah menghitung banyaknya volume masing-masing bahan serta besarnya biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan tersebut.

### **2.14.3 Perhitungan 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.

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 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. Gambarkan potongan melintang (*cross station*) 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.

### **2.14.4 Perhitungan 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 setiap pekerjaan agar jelas jenis-jenis pekerjaan dan bahan yang digunakan.

### **2.14.5 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 dan waktu pelaksanaannya. Disamping

itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal - hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

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

Rencana kerja (*time schedule*) adalah pengaturan waktu rencana kerja secara terperinci terhadap suatu item pekerjaan yang berpengaruh terhadap suatu item pekerjaan yang berpengaruh terhadap selesainya secara keseluruhan suatu proyek konstruksi.

Adapun jenis - jenis *time schedule* atau rencana kerja :

a. Bagan Balok (*Barchart*)

Barchart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal dan kolom arah horizontal yang menunjukkan skala waktu.

b. Kurva S

Kurva S adalah kurva yang menggambarkan komulatif progress pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Bertambah atau tidaknya persentase pembangunan konstruksi dapat dilihat pada kurva s dan dapat dibandingkan dengan keadaan dilapangan.

c. Jaringan Kerja/*Network Planning* (NWP)

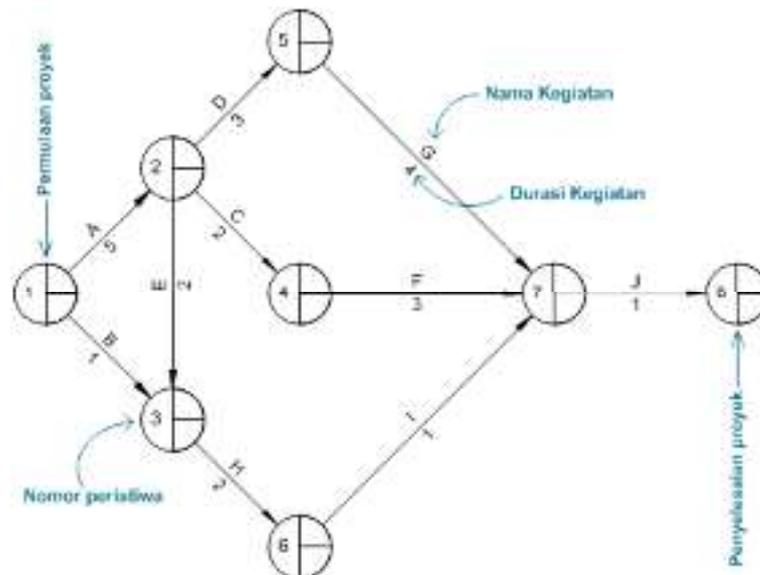
NWP adalah salah satu cara baru dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram *network*, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan dan pekerjaan mana yang dapat menunggu.

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

- 1) Merencanakan, *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.
- 2) Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek.
- 3) Mendokumentasikan dan mengkomunikasikan secara *scheduling* (waktu) dan alternatif-alternatif lain penyelesaiannya proyek dengan tambahan waktu.

- 4) Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur-jalur kritis (*critical path*) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.

Gambar *Network Planning* dapat dilihat pada gambar nomor gambar dibawah ini :



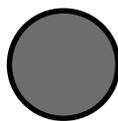
Gambar 2. 38 Contoh *Network Planning*

Keterangan :



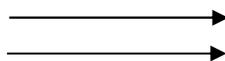
(*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan *resources* tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.

2)



(*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya sat, peristiwa, atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan.

3)

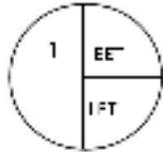


(*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasi kritis (*critical path*).

4) ----->

(*Dummy*), bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.

5)



1 = Nomor kejadian

EET (*Earliest Event Time*) = waktu yang paling LET cepat yaitu menjumlahkan durasi dari kejadian yang dimulai dari kejadian awal dilanjutkan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka yang terbesar.

LET (*Leatest Event Time*) = waktu yang paling lambat yaitu mengurangi durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir dilanjutkan kegiatan sebelumnya dengan mengambil angka terkecil.

6) A,B,C,DE,F,G,H merupakan kegiatan, sedangkan La, Lb ,Lc ,Ld, Le, Lf, Lg dan Lh merupakan durasi dari kegiatan tersebut.