

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Perancangan Geometrik Jalan

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

Perancangan geometrik jalan merupakan suatu perancangan *route* dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar, yang didapatkan dari hasil *survey* lapangan, kemudian dianalisis berdasarkan acuan persyaratan perancangan geometrik yang berlaku. Acuan perancangan yang dimaksud adalah sesuai dengan standar perancangan geometrik yang dianut di Indonesia. Standar perancangan tersebut, dibuat oleh Direktorat Jenderal Bina Marga yang disesuaikan dengan klasifikasi jalan.

Dalam penentuan *route* suatu ruas jalan, sebelum sampai pada suatu keputusan akhir perancangan, banyak faktor internal yang perlu ditinjau, seperti tata ruang dimana jalan akan dibangun, data perancangan sebelum pada lokasi atau sekitar lokasi, tingkat kecelakaan yang pernah terjadi akibat permasalahan geometrik, tingkat perkembangan lalu lintas, alternatif *route* selanjutnya dalam rangka pengembangan jaringan jalan, faktor lingkungan yang mendukung dan mengganggu, faktor ketersediaan bahan tenaga dan peralatan, faktor pengembangan ekonomi dan Biaya pemeliharaan.

Peninjauan masalah dalam hal non-teknis biasanya banyak yang lebih mengganggu dari pada faktor teknis. Sehingga pemikiran perancangan geometri jalan jangan hanya dititik beratkan kepada faktor teknis saja, faktor non-teknis tetap diperhatikan. (Saodang, Hamirhan, 2004). Acuan perencanaan yang dimaksud adalah sesuai dengan standar perencanaan geometrik yang dianut di Indonesia. Standar perencanaan tersebut, dibuat

oleh Direktorat Jenderal Bina Marga yang disesuaikan dengan klasifikasi jalan berdasarkan peruntukan jalan raya, yaitu:

1. Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997.
2. Peraturan Perencanaan Geometrik untuk Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997.
3. Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd-T-14 2003
4. Manual Desain Perkerasan (revisi juni 2017) no 04/SE/Db/2017.
5. Perencanaan Sistem Drainase 2006

Dalam penentuan suatu ruas jalan, sebelum sampai pada suatu keputusan akhir perancangan, banyak data – data yang perlu ditinjau, seperti:

2.1.1 Data Peta Topografi

Maksud survei topografi dalam perencanaan teknik jalan raya yaitu untuk pengukuran rute yang dilakukan dengan tujuan memindahkan kondisi permukaan bumi dari lokasi yg diukur pada kertas yang berupa peta planimetri. Peta ini akan digunakan sebagai peta dasar untuk plotting perencanaan geometrik jalan raya, dalam hal ini perencanaan alinyemen horizontal. Kegiatan pengukuran route ini juga mencakup pengukuran penampang. Pengukuran rute yang dilakukan sepanjang trase jalan rencana (*route* hasil survey *reconnaissance*) dengan menganggap sumbu jalan rencana pada trase ini sebagai garis kerangka polygon utama. (Shirley Hendarsin, 2000).

2.1.2 Data Lalu Lintas

Data lalu lintas sangat diperlukan dalam perencanaan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan menggunakan jalan pada suatu segmen jalan yang ditinjau. Besarnya volume lalu lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar lajur pada suatu jalur jalan dalam penentuan karakteristik geometrik, sedangkan jenis kendaraan akan menentukan kelas beban atau

MST (Muatan Sumbu Terberat) yang berpengaruh ada perencanaan konstruksi perkerasan. (Dasar Perencanaan Jalan, Survei dan Data, 2001).

2.1.3 Data Investigasi Tanah

Tujuan dari survey geologi dan investigasi tanah yaitu untuk memetakan penyebaran tanah atau batuan dasar yang meliputi kisaran tebal tanah pelapukan pada daerah sepanjang trase jalan rencana, sehingga dapat memberikan informasi mengenai stabilitas lereng, prediksi penurunan lapisan tanah dasar dan daya dukungnya, setelah dipadukan dengan hasil pengujian laboratorium. Sedangkan survey material dilakukam untuk mengetahui lokasi dan kuantitas (besarnya deposit) pada *quarry* (sumber material) dan sekaligus menentukan karakteristik material yang dikandung dengan melalui proses pengujian laboratorium. (Shirley Hendarsin, 2000).

2.1.4 Data Penunjang Lainnya

Data pada tahap ini adalah data penunjang dan data dasar yang tersedia, yang diperlukan sebagai referensi pada saat pelaksanaan survei. Kegiatan yang dilakukan dalam survei ini, yaitu :

- a. Mengumpulkan data penunjang dan melakukan studi terhadap data – data tersebut (dilakukan di kantor sebelum mobilisasi).
- b. Kegiatan survei di lapangan

Data curah hujan dapat diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG), catatan atau buku yang memuat rekaman curah hujan dari stasiun – stasiun (*rain gauge*) yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Data data yang diambil untuk kebutuhan analisis adalah data dari stasiun yang terletak pada daerah tangkapan. Apabila daerah tangkapan tidak memiliki data curah hujan, maka dapat dipakai data dari stasiun di luar daerah tangkapan yang dianggap masih dapat mewakili.

Sumbu jalan rencana (hasil reconnaissance survey) 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 system sungai maupun terrain sepanjang trase jalan rencana. (Shirley Hendarsin, 2000).

2.2 Klasifikasi Jalan

2.2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsinya

Klasifikasi menurut fungsi jalan dibagi atas :

a. Jalan Arteri

Jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri – ciri perjalanan jauh, kecepatan rata – rata tinggi dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.

b. Jalan Kolektor

Jalan yang melayani angkutan pengumpu atau pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

c. Jalan Lokal

Jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

(Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, 1997)



Gambar 2.1 Klasifikasi menurut fungsi jalan

2.2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton. Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

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

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, 1997)

2.2.3 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan jalan yang diukur tegak lurus garis kontur. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam tabel 2.2.

Tabel 2.2 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
Datar	D	< 3
Perbukitan	B	3 – 25
Pegunungan	G	>25

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, 1997)

2.2.4 Klasifikasi Jalan Menurut Wewenang dan Pembinaan Jalan

Jaringan jalan dikelompokkan menurut wewenang pembinaan, terdiri dari :

a. Jalan Nasional

- 1) Jalan Arteri Primer
- 2) Jalan Kolektor Primer, yang menghubungkan antar ibukota Provinsi.
- 3) Jalan selain dari yang termasuk arteri/kolektor primer, yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan Nasional, yakni jalan, yang tidak dominan terhadap pengembangan ekonomi, tapi mempunyai peranan menjamin kesatuan dan keutuhan nasional, melayani daerah – daerah yang rawan dan lain – lain.

b. Jalan Provinsi

- 1) Jalan Kolektor Primer, yang menghubungkan ibukota Provinsi dengan ibukota Kabupaten atau Kotamadya.
- 2) Jalan Kolektor Primer, yang menghubungkan antar ibukota Kabupaten atau Kotamadya.
- 3) Jalan selain dari yang disebut diatas, yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan Provinsi, yakni jalan yang biarpun tidak dominan terhadap perkembangan ekonomis, tapi mempunyai peranan tertentu dalam menjamin terselenggaranya pemerintahan yang baik dalam pemerintahan daerah tingkat I dan terpenuhinya kebutuhan – kebutuhan sosial lainnya.
- 4) Jalan dalam Daerah Khusus Ibukota Jakarta, kecuali jalan yang termasuk jalan nasional.

c. Jalan Kabupaten

- 1) Jalan Kolektor Primer, yang tidak termasuk dalam kelompok jalan Nasional dan kelompok Jalan Provinsi.
- 2) Jalan Lokal Primer
- 3) Jalan Sekunder lain, selain bagaimana dimaksud sebagai jalan Nasional, dan Jalan Provinsi.

4) Jalan selain dari yang disebutkan diatas, yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan Kabupaten, yakni jalan yang walaupun tidak dominan terhadap pengembangan ekonomi, tapi mempunyai peranan tertentu dalam menjamin terselenggaranya pemerintahan dalam Pemerintah Daerah.

d. Jalan Kotamadya

Jalan sekunder di dalam Kotamadya

e. Jalan desa

f. Jalan Khusus

Jalan yang dibangun dan dipelihara oleh Instansi atau Badan Hukum atau Perorangan untuk melayani kepentingan masing – masing.

(Hamirhan Saodang, 2004).

2.3 Kriteria Perencanaan

2.3.1 Kendaraan Rencana

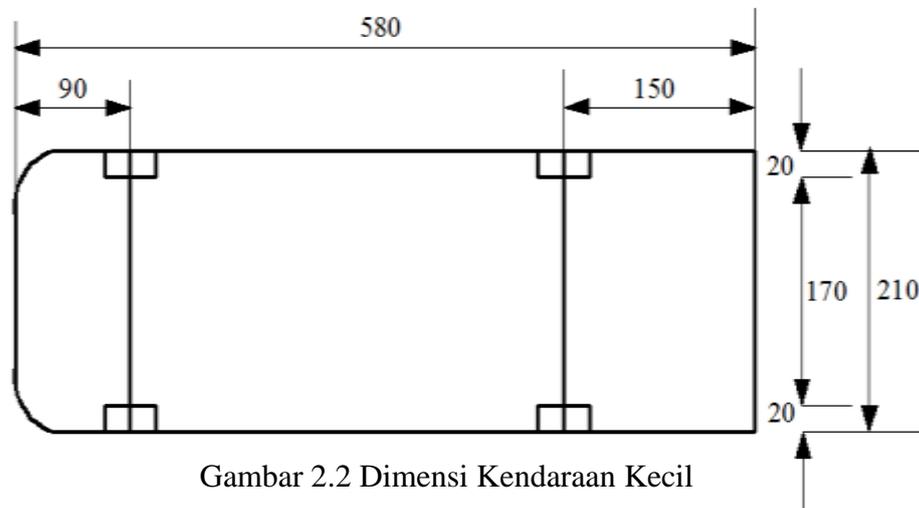
Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Kendaraan rencana dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu:

- a. Kendaraan ringan/kecil, adalah kendaraan yang mempunyai 2 as dengan empat roda dengan jarak as 2,0 – 3,0 meter. Meliputi : mobil penumpang, mikrobus, pick up dan truk kecil sesuai sistem klasifikasi Bina Marga.
- b. Kendaraan sedang, adalah kendaraan yang mempunyai dua as gandar, dengan jarak as 3,5 – 5,0 meter. Meliputi : Bus Kecil, truk dua as dengan enam roda.
- c. Kendaraan berat/besar, Bus besar yaitu dengan dua atau tiga gandar, dengan jarak as 5,0 – 6,0 meter.
- d. Truk Besar, yaitu truk dengan tiga gandar dan truk kombinasi tiga, dengan jarak gandar (gandar pertama ke gandar kedua) $< 3,5$ meter.
- e. Sepeda motor, yaitu kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda, meliputi : sepeda motor dan kendaraan roda 3. (Hamirhan Saodang, 2004).

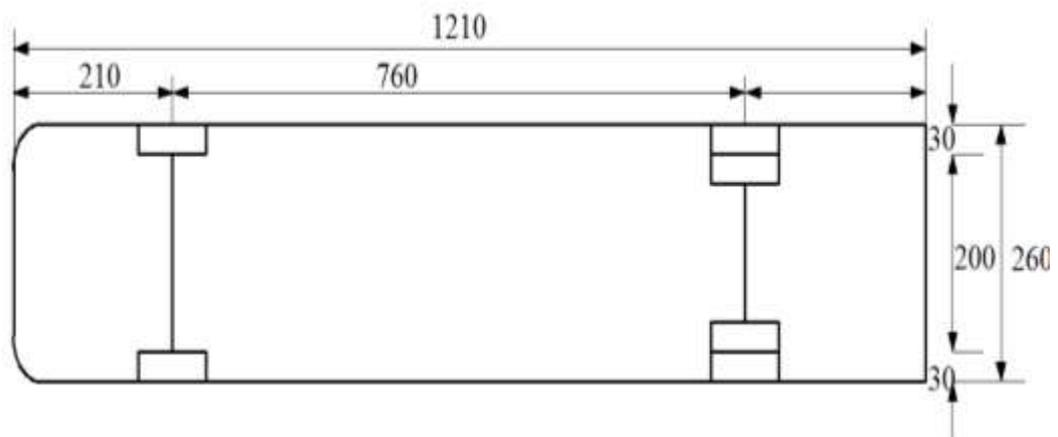
Tabel 2.3 Dimensi Kendaraan Rencana

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

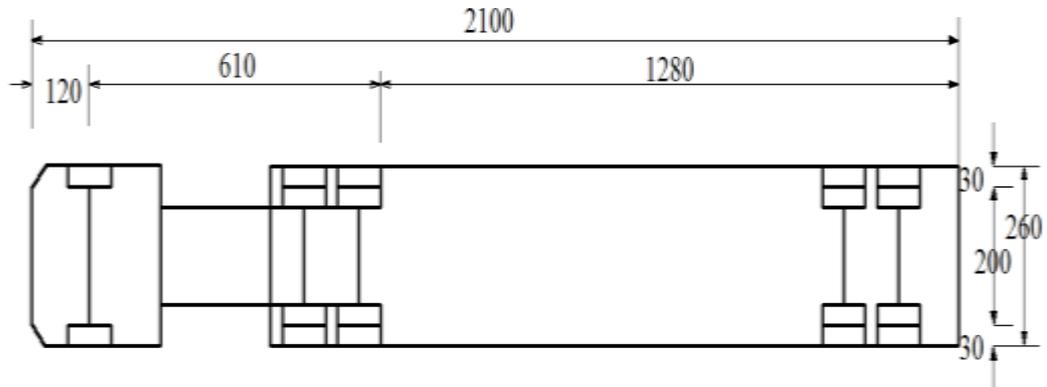
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, 1997)



Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Besar

2.3.2 Volume Lalu lintas Rencana

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu – satuan waktu (hari, jam atau menit). Volume lalu lintas yang ini membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebih besar, sehingga tercipta nyaman dan keamanan. Sebaliknya jalan yang terlalu lebar untuk volume lalu lintas yang rendah cenderung membahayakan, karena pengemudi cenderung mengemudikan kendaraannya pada kecepatan tinggi. Satuan volume lalu lintas yang umum digunakan sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar jalur adalah :

a. Lalu Lintas Harian Rata – Rata

Lalu lintas harian rata – rata adalah volume lalu lintas rata – rata dalam satu hari. Dari cara memperoleh data tersebut dikenal dua jenis yaitu lalu lintas harian rata – rata tahunan (LHRT) dan lalu lintas harian rata – rata (LHR). LHRT adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata – rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari rata – rata selama 1 tahun penuh. (Rekayasa Jalan Raya, 1998).

$$LHRT = \frac{\text{Jumlah lalu lintas dalam 1 tahun}}{365 \text{ hari}} \dots\dots\dots (2.1)$$

LHRT dinyatakan dalam SMP/hari/2 arah

LHR adalah jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dibandingkan atau dibagi dengan lamanya pengamatan.

$$LHRT = \frac{\text{Jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{Lamanya Pengamatan}} \dots\dots\dots (2.2)$$

(Rekayasa Jalan, 1998)

b. Volume Jam Perencanaan (VJP)

Volume Jam Rencana (VJR) adalah prakiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam SMP/jam, dihitung dengan rumus :

$$VJR = VLHR \times K/F$$

Dimana :

K : faktor volume lalu lintas jam sibuk

F : faktor variasi tingkat lalu lintas perseperempat jam dalam satu jam

Tabel 2.4 Nilai k dan D

VLHR	Faktor K (%)	Faktor F (%)
>50000	4 – 6	0,9 – 1
30000 – 50000	6 – 8	0,8 – 1
10000 – 30000	6 – 8	0,8 – 1
5000 – 10000	8 – 10	0,6 – 0,8
1000 – 5000	10 – 12	0,6 – 0,8
<1000	12 – 16	<0,6

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, 1997)

c. Satuan Mobil Penumpang (smp)

Satuan Mobil Penumpang adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan, di mana mobil penumpang ditetapkan memiliki satu SMP. SMP untuk jenis jenis kendaraan dan kondisi medan lainnya.

Dapat dilihat dalam tabel 2.5 Detail nilai SMP dapat dilihat pada buku Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) No.036/TBM/1997.

Tabel 2.5 Ekuivalen Mobil Penumpang (emp)

Jenis Kendaraan	Perbukitan	Pegunungan
Sepeda, Jeep, Station Wagon	1,00	1,00
Pick – Up, Bus Kecil, Truk Kecil	1,20 – 2,40	1,90 – 3,50
Bus dan Truck Besar	1,20 – 5,00	2,20 – 6,00

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, 1997)

2.3.3 Kapasitas (C)

Kapasitas adalah volume lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu (misalnya : rencana geometric, lingkungan, komposisi lalu lintas dan sebagainya). Kapasitas lalulintas merupakan jumlah lalulintas atau kendaraan yang dapat melewati suatu penampang jalan dalam waktu, kondisi dan lalulintas tertentu.

Faktor utama yang mempengaruhi kapasitas lalu lintas adalah :

- a. Faktor lalu lintas yang meliputi sifat – sifat lalu lintas antara lain
 - 1) Presentase kendaraan bus dan truk
 - 2) Pembagian jalur lalu lintas
 - 3) Variasi dalam arus lalu lintas
- b. Faktor fisik jalan, meliputi antara lain
 - 1) Lebar perkerasan jalan
 - 2) Lebar bahu jalan
 - 3) Kebebasan samping
 - 4) Tikungan dan kelandaian jalan
 - 5) Kondisi permukaan perkerasan jalan.

Kemampuan suatu jalan dalam menampung arus lalu lintas dalam suatu satuan waktu tertentu terutama ditentukan oleh dua faktor yaitu faktor lalu lintas dan faktor fisik, sehingga kemampuan tersebut dapat diartikan sebagai kapasitas suatu jalan merupakan bagian yang penting dalam perancangan suatu jalan. Hal ini yang tidak dapat dipisahkan dari kapasitas jalan adalah tingkat pelayanan jalan yang menggambarkan tingkat kualitas kenyamanan perjalanan.

Beberapa jenis kapasitas jalan sesuai dengan penggunaannya, adalah

a. Kapasitas dasar atau kapasitas ideal

Jumlah kendaraan maksimum yang melewati suatu penampang pada suatu jalur atau jalan selama 1 jam dalam keadaan jalan dan lalu lintas yang ideal yang dapat dicapai.

b. Kapasitas yang mungkin (*possible Capacity*)

Jumlah kendaraan maksimum yang melewati suatu penampang pada suatu jalan selama 1 jam dalam keadaan jalan dan lalu lintas yang mungkin dapat dicapai.

c. Kapasitas praktis atau kapasitas rencana atau volume pelayanan

Jumlah kendaraan maksimum yang melewati suatu jalur atau jalan selama 1 jam, pada kondisi lalu lintas yang dipertahankan sesuai tingkat pelayanan tertentu. Artinya kepadatan lalu lintas yang bersangkutan, dapat mengakibatkan kelambatan, bahaya dan gangguan pada kelancaran lalu lintas dengan ketentuan masih dalam batas – batas toleransi yang ditetapkan. (Hamirhan Saodang, 2004).

2.3.4 Tingkat Pelayanan (*Level of Service*)

Tingkat pelayanan adalah tolak ukur yang digunakan untuk menyatakan kualitas pelayanan suatu jalan. Tingkat pelayanan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kecepatan perjalanan dan perbandingan antara volume dengan kapasitas (V/C). Kecepatan perjalanan merupakan indikator dari pelayanan jalan, makin cepat berarti pelayanan baik atau sebaliknya.

Faktor ini dipengaruhi oleh keadaan umum fisik jalan. *Highway Capacity Manual*, membagi tingkat pelayanan jalan atas 6 (enam) keadaan, yaitu :

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

Batasan – batasan nilai dari setiap tingkat pelayanan jalan dipengaruhi oleh fungsi jalan dan dimana jalan tersebut berada. (Hamirhan Saodang, 2004).

2.3.5 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana (V_r) pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan 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. Untuk kondisi medan yang sulit, V_r suatu segmen jalan dapat diturunkan, dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam.

Tabel 2.6 Kecepatan Rencana (V_R) Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Medan Jalan

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana (V_R) (km/jam)		
	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 Antar Kota, 1997)

2.4 Bagian – Bagian Jalan dan Penentuan Trase Jalan

a. Daerah Manfaat Jalan (DAMAJA)

Daerah manfaat jalan (DAMAJA) dibatasi oleh :

- 1) Lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan di kedua sisi jalan
- 2) Tinggi 5 meter di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan
- 3) Kedalaman ruang bebas 1,5 meter di bawah muka jalan

b. Daerah Milik Jalan (DAMIJA)

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

c. Daerah Pengawasan Jalan (DAWASJA)

Daerah pengawasan jalan (DAWASJA) adalah ruang sepanjang jalan diluar daerah manfaat jalan yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu, diukur dari sumbu jalan sebagai berikut :

- 1) Jalan arteri minimum 20 meter
- 2) Jalan kolektor minimum 15 meter
- 3) Jalan local minimum 10 meter

Untuk keselamatan pemakai jalan, Dawasja di daerah tikungan ditentukan oleh jarak pandang bebas. (Tata Cara Perencanaan Jalan Antar Kota, 1997).



Gambar 2.5 Damaja, Damija, dan Dawasja di lingkungan jalan antar kota

2.5 Penampang Melintang

Penampang melintang jalan terdiri atas bagian – bagian sebagai berikut terdiri dari :

- a. Jalur Lalu Lintas
- b. Median
- c. Bahu Jalan
- d. Jalur Pejalan Kaki
- e. Selokan
- f. Lereng

(Tata Cara Perencanaan Jalan Antar Kota, 1997)

2.5.1 Jalur Lalu Lintas

a. Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasaan jalan. Batas Jalur lalu lintas dapat berupa :

- 1) Median
- 2) Bahu
- 3) Trotoar
- 4) Pulau jalan, dan
- 5) Separator

b. Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa lajur.

c. Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa tipe

- 1) 1 jalur – 2 lajur – 2 arah (2/2 TB)
- 2) 1 jalur – 2 lajur – 1 arah (2/1 TB)
- 3) 2 jalur – 4 lajur – 2 arah (4/2 B)
- 4) 2 jalur – n lajur – 2 arah (n/2 B), di mana n = jumlah lajur

Keterangan : TB = tidak terbagi

B = terbagi

d. Lebar Jalur

- 1) Lebar jalur sangat ditentukan oleh jumlah dan lebar lajur permukaannya. Menunjukkan lebar jalur dan bahu jalan sesuai VLHR-nya.
- 2) Lebar jalur minimum adalah 4,5 meter, memungkinkan 2 kendaraan kecil saling berpapasan. Papasan dua kendaraan besar yang terjadi sewaktu – waktu dapat menggunakan bahu jalan.

(Tata Cara Perencanaan Jalan Antar Kota, 1997)

Tabel 2.7 Penentuan Lebar Jalur

VLHR (smp/hari)	Arteri		Kolektor		Lokal	
	Ideal	Minimum	Ideal	Minimum	Ideal	Minimum
	Lebar Jalur (m)					
<3.000	6	4.5	6	4.5	6	4.5
3.000-10000	7	6	7	6	7	6
10000-25000	7	7	7	**)	-	-
>25000	2n x 3.5*	2 x 7*	2n x 3.5*	**)	-	-

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997

Keterangan : **) = Mengacu pada persyaratan ideal

*) = 2 Jalur terbagi, masing – masing n x 3.5m, dimana n = jumlah lajur perjalur

- = Tidak ditentukan

2.5.2 Lajur dan Kemiringan Melintang Jalan

Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan, memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana. Lebar lajur tergantung pada kecepatan dan kendaraan rencana, yang dalam hal ini dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan seperti ditetapkan dalam tabel 2.8.

Jumlah lajur ditetapkan dengan mengacu kepada MKJI berdasarkan tingkat kinerja yang direncanakan, dimana untuk suatu ruas jalan dinyatakan oleh nilai rasio antara volume terhadap kapasitas yang nilainya tidak lebih dari 0.80. Untuk kelancaran drainase permukaan, lajur lalu lintas pada alinemen lurus memerlukan kemiringan melintang normal sebagai berikut :

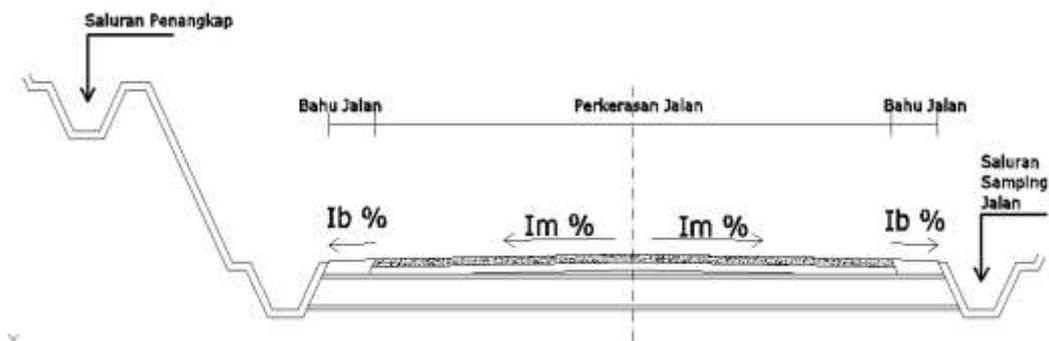
- 2 – 3% untuk perkerasan aspal dan perkerasan beton;
- 4 – 5% untuk perkerasan krikil

(Tata Cara Perencanaan Jalan Antar Kota, 1997).

Tabel 2.8 Lebar Jalur Jalan Ideal

Fungsi	Kelas	Lebar Lajur Ideal (m)
Arteri	I	3,75
	II, IIIA	3,50
Kolektor	IIIA, IIIB	3.00
Lokal	IIIC	3.00

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997



Gambar 2.6 Kemiringan Melintang Jalan Normal

2.5.3 Bahu Jalan

Bahu jalan adalah bagian jalan yang terletak di tepi jalur lalu lintas dan harus diperkeras. Fungsi bahu jalan adalah sebagai berikut :

- Lajur lalu lintas darurat, tempat berhenti sementara, dan atau tempat parkir darurat
- Ruang bebas samping bagi lalu lintas, dan
- Penyangga sampai untuk kestabilan perkerasan jalur lalu lintas
- Lebar bahu jalan dapat dilihat dalam tabel 2.9.

Tabel 2.9 Penentuan Lebar Bahu Jalan

VLHR (smp/hari)	Arteri		Kolektor		Lokal	
	Ideal	Minimum	Ideal	Minimum	Ideal	Minimum
	Lebar Bahu (m)					
<3.000	1.5	1	1.5	1	1	1
3.000- 10000	2	1.5	1.5	1.5	1.5	1
10000- 25000	2	2	2	**)	-	-
>25000	2.5	2	2	**)	-	-

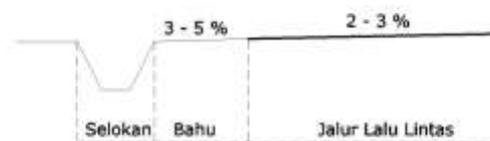
Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997

Keterangan : **) = Mengacu pada persyaratan ideal

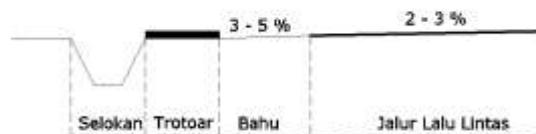
*) = 2 Jalur terbagi, masing – masing $n \times 3.5\text{m}$, dimana n =
jumlah lajur perjalur

- = Tidak ditentukan

a) Bahu Jalan



b) Bahu Jalan dengan Trotoar



Gambar 2.7 Bahu Jalan

2.5.4 Median Jalan

Median adalah bagian bangunan jalan yang secara fisik memisahkan dua jalur lalu lintas yang berlawanan arah. Fungsi median adalah untuk:

- Ruang lapak tunggu penyebrang jalan,
- penempatan fasilitas jalan,

- c. tempat prasarana kerja sementara,
- d. penghijauan,
- e. tempat berhenti darurat (jika cukup luas) dan
- f. Cadangan lajur (jika cukup luas);
- g. mengurangi silau dari sinar lampu kendaraan dari arah yang berlawanan.

Jalan 2 arah dengan 4 lajur atau lebih perlu dilengkapi median.

Median dapat dibedakan atas :

- a. Median direndahkan, terdiri atas jalur tepian dan bangunan pemisah jalur yang direndahkan
- b. Median ditinggikan, terdiri atas jalur tepian dan bangunan pemisah jalur yang ditinggikan

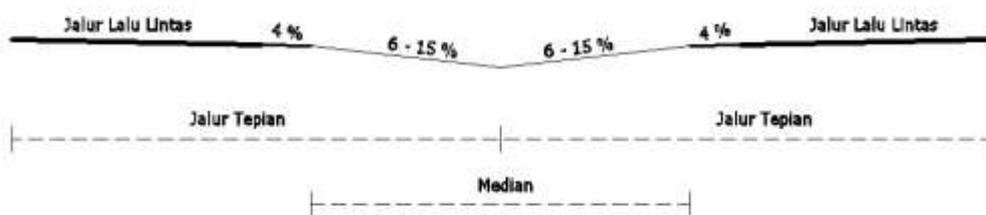
Lebar minimum median terdiri atas jalur tepian selebar 0,25 – 0,50 meter dan bangunan pemisah jalur, ditetapkan dapat dilihat dalam tabel 2.10. Perencanaan median yang lebih rinci mengacu Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, Direktorat Jendral Bina Marga, Maret 1992.

Tabel 2.10 Lebar Minimum Median

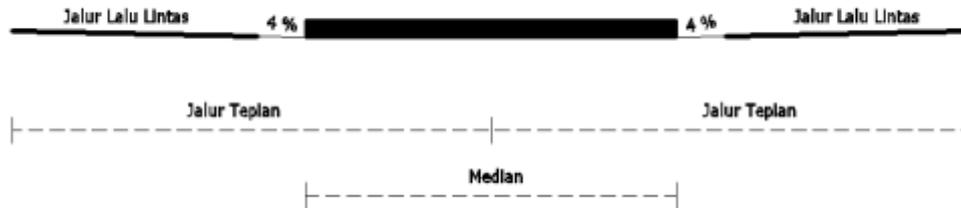
Bentuk Median	Lebar Minimum (m)
Median ditinggikan	2,0
Median direndahkan	7,0

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

- a) Median Jalan yang direndahkan



b) Median jalan yang ditinggikan



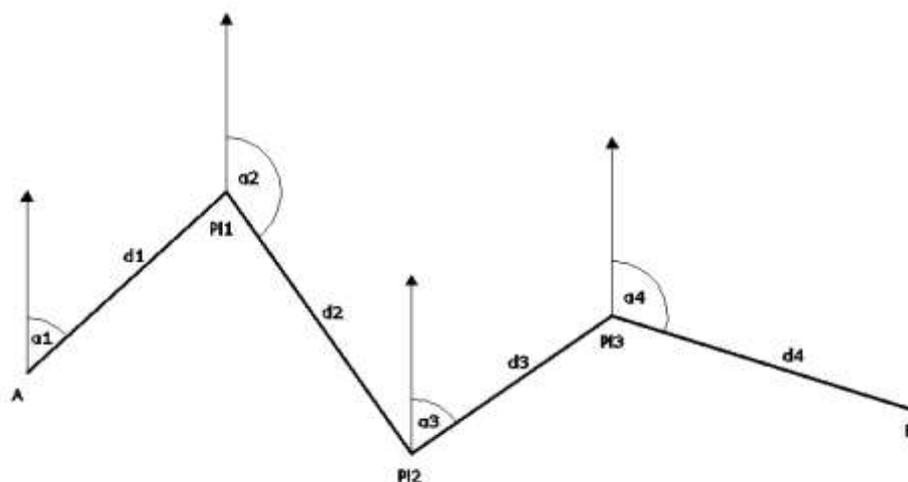
Gambar 2.8 Median direndahkan dan ditinggikan

2.6 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah garis proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen Horizontal terdiri dari garis – garis lurus yang dihubungkan dengan garis – garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah busur peralihan, busur peralihan saja ataupun busur lingkaran saja. (Sukirman, 1999)

2.6.1 Menentukan Sudut Jurusan (α) dan Sudut Bearing (Δ)

Sudut jurusan (α) ditentukan berdasarkan arah utara



Gambar 2.9 Sudut Jurusan (α)

$$\alpha_1 = \alpha (A - PI1)$$

$$\alpha_2 = \alpha (PI1 - PI2)$$

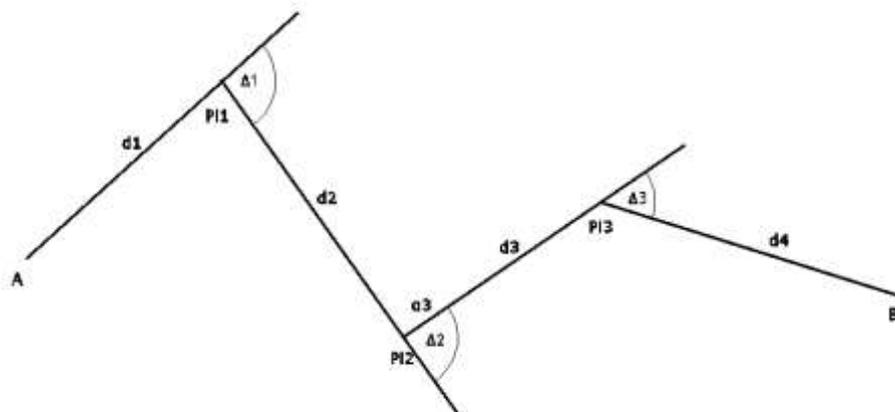
$$\alpha_3 = \alpha (PI2 - PI3)$$

$$\alpha_4 = \alpha (PI3 - B)$$

Sudut Jurusan (α) dihitung dengan rumus :

$$\alpha = 90 - \text{arctg} \frac{Y_b - Y_a}{X_b - X_a} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\alpha = \text{arctg} \frac{Y_b - Y_a}{X_b - X_a} \dots\dots\dots (2.4)$$



Gambar 2.10 Sudut Tangen (Δ)

Sudut Δ adalah sudut tangen

$$\Delta_1 = (\alpha_2 - \alpha_1) \dots\dots\dots (2.5)$$

$$\Delta_2 = (\alpha_3 - \alpha_2) \dots\dots\dots (2.6)$$

$$\Delta_3 = (\alpha_4 - \alpha_3) \dots\dots\dots (2.7)$$

2.6.2 Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan adalah lengkung yang disisipkan di antara bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan berjari jari tetap R berfungsi mengantisipasi perubahan alinyemen jalan dari bentuk lurus (R tak terhingga) sampai bagian lengkung jalan berjari 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). Dalam tata cara ini digunakan bentuk spiral. Panjang lengkung peralihan (L) ditetapkan atas pertimbangan bahwa:

- Lama waktu perjalanan di lengkung peralihan perlu dibatasi untuk menghindari kesan perubahan alinemen yang mendadak, ditetapkan 3 detik (pada kecepatan V_R);
- Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan dapat diantisipasi berangsur-angsur pada lengkung peralihan dengan aman; dan
- Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan (e) dari bentuk kelandaian normal ke kelandaian superelevasi penuh tidak boleh melampaui e_{max} yang ditetapkan sebagai berikut:
 untuk $V_R \leq 70$ km/jam, $e_{max} = 0.035$ m/m/detik
 untuk $V_R \geq 80$ km/jam, $e_{max} = 0.025$ m/m/detik

L_S ditentukan dari 3 rumus di bawah ini dan diambil nilai yang terbesar:

- Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan

$$L_S = \frac{V_R}{3.6} \times T \dots\dots\dots (2.8)$$

di mana:

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

V_R = kecepatan rencana (km/jam)

- Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_S = 0,022 \times \frac{V_R^3}{R \times C} - 2,727 \times \frac{V_R \times e}{C} \dots\dots\dots (2.9)$$

- Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_S = \frac{(e_m - e_n) \times V_R}{3,6 \times R_e} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana V_R = Kecepatan Rencana (km/jam)

e_m = superelevasi maximum

- e_n = superelevasi normal
 R_e = tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan (m//m/detik)

(Tata Cara Perencanaan Jalan Antar Kota, 1997).

2.6.3 Jari – Jari Minimum

Kendaraan pada saat melalui tikungan dengan kecepatan (V) akan menerima gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Untuk mengurangi gaya sentrifugal tersebut perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi (e).

Pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi, akan terjadi gesekan arah melintang jalan antara ban kendaraan dengan permukaan aspal yang menimbulkan gaya gesekan melintang. Perbandingan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang (f).

Rumus umum untuk lengkung horizontal adalah :

$$R = \frac{V^2}{127(e + f)}$$

$$D = \frac{25}{2\pi R} \times 360^\circ$$

Dimana : R = jari – jari lengkung (m)

D = derajat lengkung ($^\circ$)

Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu dapat dihitung jari – jari minimum untuk superelevasi maksimum dan koefisien gesekan maksimum,

$$R_{min} = \frac{V_R^2}{127(e_{maks} + f_{maks})}$$

$$D_{maks} = \frac{181913,53(e_{maks} + f_{maks})}{V_R^2}$$

Dimana : R_{min} : jari – jari tikungan minimum (m)

V_R : kecepatan kendaraan rencana (km/jam)

e_{maks} : superelevasi maksimum (%)

f_{maks} : koefisien gesekan melintang maksimum

D : derajat lengkung

D_{maks} : derajat maksimum

Untuk pertimbangan perencanaan, digunakan $e_{maks} = 10\%$ dan f_{maks} yang hasilnya dibulatkan. Untuk berbagai variasi kecepatan dapat digunakan tabel

Tabel 2.11 Panjang Jari – jari Minimum (dibulatkan) untuk $e_{maks} = 10\%$

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

(sumber : Shirley Hendarsin, 2000)

2.6.4 Tikungan

Dalam perencanaan terdapat tiga bentuk tikungan, antara lain:

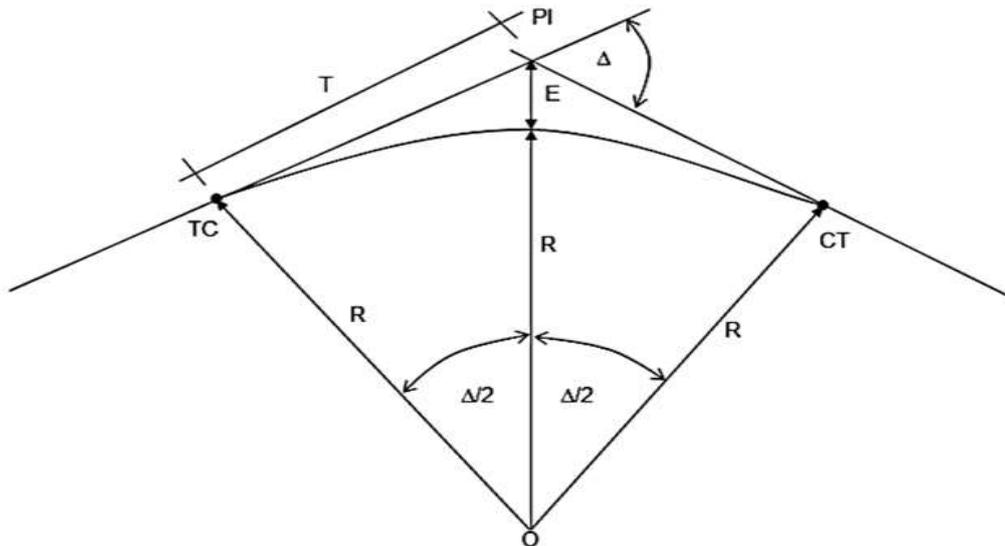
a. Bentuk Tikungan *Full Circle*

Full Circle adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan FC hanya digunakan untuk R (jari – jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka diperlukan superelevasi yang besar. (Shirley L. Hendarsin, 2000).

Tabel 2.12 Jari – jari tikungan yang tidak memerlukan lengkung peralihan

V_R (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R_{min} (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60

(sumber : Shirley Hendarsin, 2000)



Gambar 2.11 Tikungan *Full Circle (FC)*

Keterangan Gambar:

PI = Point of intersection

Rc = Jari-jari circle (m)

Δ = Sudut tangen

TC = Tangent circle, titik perubahan dari Tangent ke Circle

CT = Circle tangent, titik perubahan dari Circle ke Tangent

T = Jarak antara TC dan PI atau sebaliknya PI dan CT (m)

Lc = Panjang bagian lengkung circle (m)

E = Jarak PI ke lengkung circle (m)

Dalam perhitungan tikungan full circle, rumus yang digunakan yaitu:

$$Tc = R \times tg \frac{1}{2} \times \Delta \dots \dots \dots (2.11)$$

$$Ec = Tc \times \tan \frac{\Delta}{4} \dots \dots \dots (2.12)$$

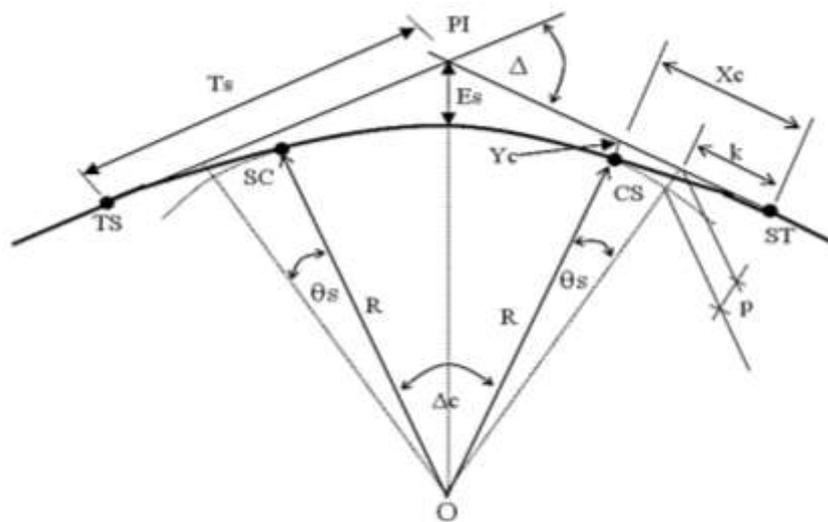
$$Lc = \frac{\Delta}{360} \times 2\pi R \dots \dots \dots (2.13)$$

Apabila nilai p kurang dari 0,25 meter, maka lengkung peralihan tidak diperlukan sehingga tipe tikungan menjadi FC.

b. Bentuk tikungan *Spiral – Circle – Spiral* (SCS)

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba – tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran ($R = \infty \rightarrow R = R_c$), jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lurus dan bagian lingkaran (*circle*), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan terbentuk busur lingkaran. Lengkung peralihan dengan bentuk spiral banyak digunakan juga oleh Bina Marga.

Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan jenis S – C – S .(Shirley L. Hendarsin, 2000).



Gambar 2.12 Tikungan *Spiral – Circle – Spiral* (SCS)

Keterangan :

X_s = Abis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC (jarak lurus lengkung peralihan).

Y_s = ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung.

L_s = Panjang lengkung peralihan (panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST).

L_c = panjang busur lingkaran (panjang dari titik SC ke CS).

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

T_S = *Tangent Spiral*, titik awal spiral (dari Tangent ke Spiral)

- SC = Spiral Circle, titik perubahan dari Spiral ke Circle
 Es = Panjang eksternal total dari PI ke tengah lengkung Lingkaran
 θ_s = Sudut lengkung spiral
 Rc = Jari-jari lingkaran (m)
 P = pergeseran tangen terhadap spiral
 K = absis dari p pada garis tangen spiral

Dalam perhitungan tikungan *spiral-circle-spiral*, rumus yang digunakan yaitu:

$$\theta_s = \frac{24,648}{Rc} \times Ls \dots\dots\dots(2.14)$$

$$\Delta = \Delta - 2\theta_s \dots\dots\dots(2.15)$$

$$Xs = Ls \left(1 - \frac{Ls^2}{40 R^2}\right) \dots\dots\dots(2.16)$$

$$Ys = \frac{Ls^2}{6R} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$P = Ys - Rc (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots(2.18)$$

$$K = Ls - \frac{Ls^3}{40 Rc^2} - Rc \sin \theta_s \dots\dots\dots(2.19)$$

$$Lc = 0,01745 \cdot \Delta' \cdot R \dots\dots\dots(2.20)$$

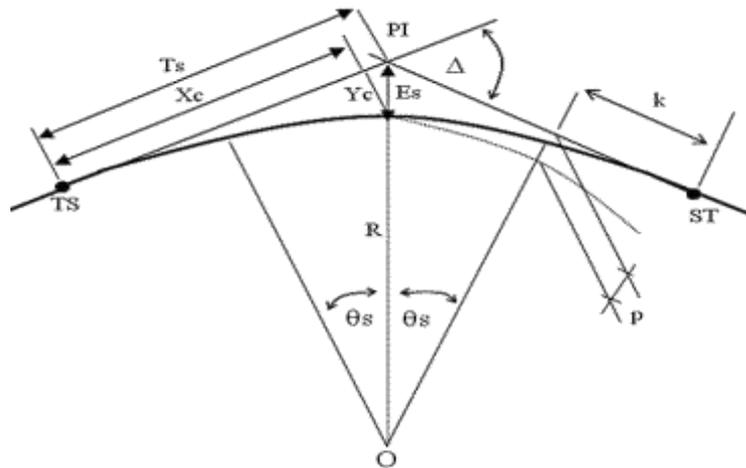
$$L = 2Ls + Lc \dots\dots\dots(2.21)$$

$$Ts = (R + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + K \dots\dots\dots(2.22)$$

$$Es = \frac{(R+P)}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \dots\dots\dots(2.23)$$

Jika diperoleh $Lc < 25$ m, maka sebaiknya tidak digunakan bentuk S – C – S, tetapi digunakan lengkung S – S, yaitu lengkung yang terdiri dari 2 lengkung peralihan.

c. Bentuk Tikungan *Spiral – Spiral* (SS)



Gambar 2.13 Tikungan *Spiral – Spiral* (SS)

Keterangan:

- PI = Point of Intersection, titik perpotongan garis tangent utama
- Ts = Jarak antara PI dan TS
- Ls = Panjang bagian lengkung spiral
- E = Jarak PI ke lengkung spiral
- Δ = Sudut pertemuan antara tangent utama
- θs = Sudut spiral
- TS = Tangent Spiral, titik awal spiral (dari Tangent ke Spiral)
- ST = Spiral tangent, titik perubahan dari spiral ke tangent
- Rc = Jari-jari circle (m)

Dalam menentukan Nilai θ_s dan Kontrol Panjang L_s ($L_s^* > L_s$), gunakan rumus seperti gambar di bawah ini:

$$\theta_s = \frac{1}{2} \cdot \Delta \dots\dots\dots(2.24)$$

$$L_s^* = \frac{R \cdot \theta_s}{28,648} \dots\dots\dots(2.25)$$

$$L_s^* > L_s = \rightarrow oke \dots\dots\dots(2.26)$$

$$P = \frac{L_s^{*2}}{6R} - Rc (1 - \text{Cos } \theta_s) \dots\dots\dots(2.27)$$

$$K = L_s^* - \frac{L_s^{*3}}{40 Rc^2} - Rc \sin \theta_s \dots\dots\dots(2.28)$$

$$L = 2 \times L_s \dots\dots\dots(2.29)$$

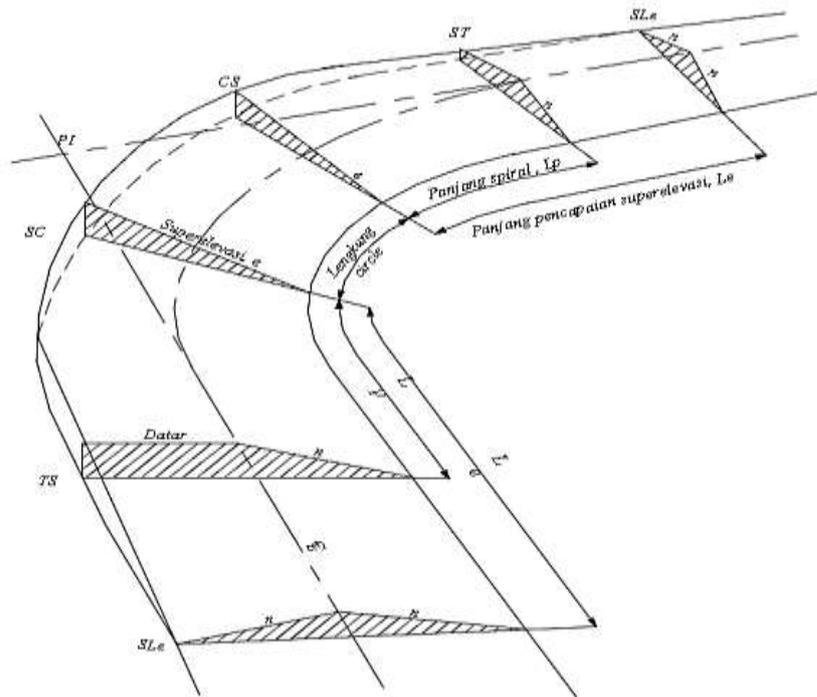
$$Ts = (R + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + K \dots \dots \dots (2.30)$$

$$Es = \frac{(R+P)}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \dots \dots \dots (2.31)$$

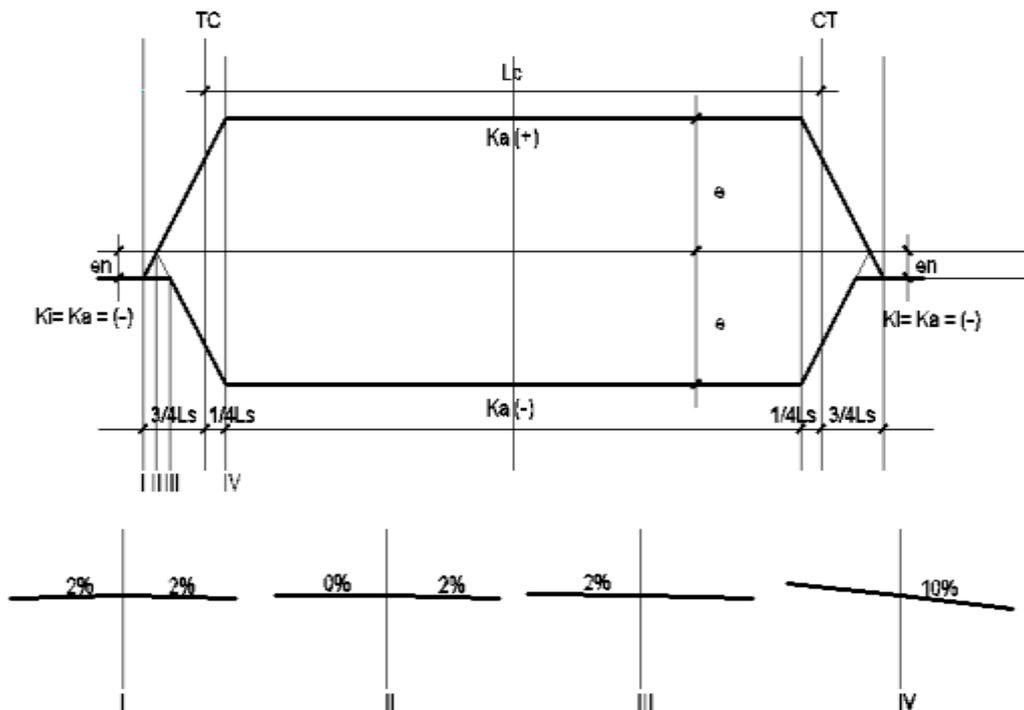
d. Superelevasi

Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.

- 1) Pada tikungan SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bentuk normal sampai awal lengkung peralihan (TS) yang berbentuk pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan (SC).
- 2) Pada tikungan FC, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bagian lurus sepanjang $\frac{2}{3} L_s$ sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang $\frac{1}{3} L_s$.
- 3) Pada tikungan S – S, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.
- 4) Superelevasi tidak diperlukan jika radius (R) cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LP), atau bahkan tetap lereng normal (LN). (Shirley L. Hendarsin, 2000).

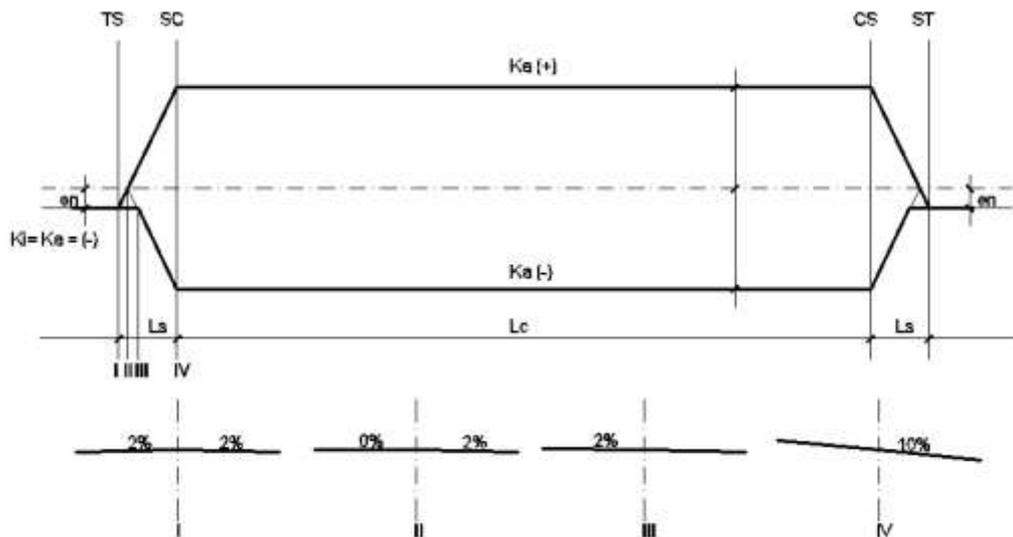


Gambar 2.14 Perubahan Superelevasi

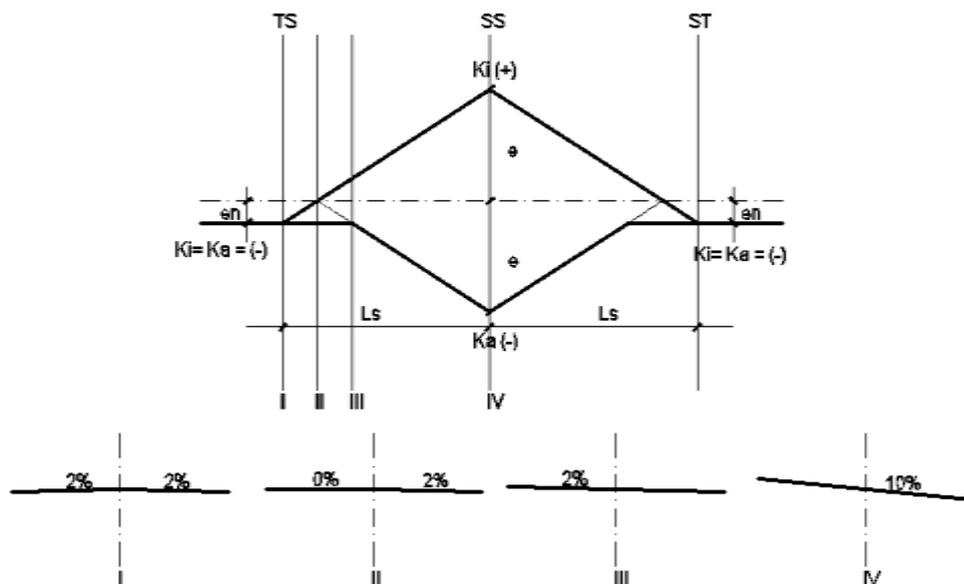


Gambar 2.15 Diagram Superelevasi *Full Circle*

(Sumber : Shirley L. Hendarsin, dalam Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)



Gambar 2.16 Diagram Superelevasi *Spiral – Circle - Spiral*
(Sumber : Shirley L. Hendarsin, dalam Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)



Gambar 2.17 Diagram Superelevasi *Spiral - Spiral*
(Sumber : Shirley L. Hendarsin, dalam Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)

e. Pelebaran Perkerasan Jalan Pada Tikungan

Kendaraan yang bergerak dari jalan lurus menuju tikungan, seringkali tidak dapat mempertahankan lintasannya pada lajur yang telah disediakan, disebabkan :

- 1) Pada waktu membelok yang dibeikan sudut belokan, hanya roda depan, sehingga lintasan roda belakang menjalani lintasan lebih kedalam dari roda depan (*off tracking*).
- 2) Jejak lintasan kendaraan tidak lagi berimpit, karena bumper depan dan belakang kendaraan mempunyai lintasan yang berbeda antara roda depan dan roda belakang.
- 3) Pengemudi akan mengalami kesukaran dalam mempertahankan lintasannya untuk tetap pada lajur jalannya, terutama pada tikungan – tikungan yang tajam atau pada kecepatan yang tinggi. Untuk menghindari hal tersebut, maka pada tikungan yang tajam perlu diadakan pelebaran perkerasan jalan.

Secara praktis, perkerasan harus diperlebar, bila radius lengkungan lebih kecil dari 120 m, untuk menjaga agar, pandangan bebas ke arah samping terhadap kendaraan – kendaraan lain sedangkan pelebaran tidak diperlukan lagi bilamana kecepatan rencana kurang dari 30 km/jam. (Hamirhan Saodang, 2004).

$$R_c = R - \frac{1}{4}Bn + \frac{1}{2}b \dots\dots\dots(2.32)$$

$$B = \sqrt{\{\sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25\}^2 + 64} - \sqrt{(Rc^2 - 64) + 1,25} \dots\dots\dots(2.33)$$

$$Z = \frac{0,105 \times V}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots(2.34)$$

$$B_t = n(B + C) + Z \dots\dots\dots(2.35)$$

Dimana :

B = Lebar perkerasan pada tikungan (m)

Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar kendaraan rencana (m)

- R_c = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan (m)
 Z = Lebar tambahan akibat kesukaran dalam mengemudi (m)
 R = Radius lengkung (m)
 n = Jumlah lajur
 C = Kebebasan samping (1,0 m)
 (Hamirhan Saodang, 2004).

f. Jarak Pandang

Jarak Pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. Dibedakan dua Jarak Pandang, yaitu Jarak Pandang Henti (J_h) dan Jarak Pandang Mendahului (J_d).

1) Jarak Pandangan Henti (J_h)

J_h adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik di sepanjang jalan harus memenuhi J_h . J_h diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan. J_h terdiri atas 2 elemen jarak, yaitu :

- a) Jarak tanggap (J_{ht}) adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.
- b) Jarak pengereman (J_{hr}) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi rem menginjak sampai kendaraan berhenti.

J_h dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus :

$$J_h = \frac{V_R}{3,6} T + \frac{(V_R/3,6)^2}{2gf} \dots\dots\dots(2.36)$$

Dimana :

V = kecepatan rencana (km/jam)

t = waktu reaksi atau waktu tanggap = 2,5 detik

g = percepatan gravitasi, ditetapkan 9,8 m/det²

f = koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35 – 0,55.

J_h minimum yang dihitung berdasarkan persamaan dengan pembulatan – pembulatan untuk berbagai V_r .

Tabel 2.13 Jarak Pandang Henti (J_h) Minimum

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

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, 1997)

2) Jarak Pandangan Mendahului (J_d)

J_d adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula. J_d diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm.

Tabel 2.14 Besaran d_3

V_R (km/jam)	50 – 65	65 – 80	80 – 95	95 – 110
D_3 (m)	30	55	75	90

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, 1997

Jarak Pandang Mendahului (J_d), dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut :

$$d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots \dots \dots (2.37)$$

dimana

d_1 = Jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m).

d_2 = Jarak ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m).

d_3 = Jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m).

d_4 = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah yang berlawanan, yang besarnya diambil sama dengan $\frac{2}{3} d_2$ (m).

Tabel 2.15 Panjang Minimum Jarak Mendahului

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

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, 1997)

Jarak pandangan menyiap dalam satuan meter ditentukan menggunakan persamaan – persamaan sebagai berikut:

$$d_1 = 0.278 \times t_1 \left(v - m + \frac{a \times t_1}{2} \right) \dots \dots \dots (2.38)$$

$$d_2 = 0.278 \times v \times t_2 \dots \dots \dots (2.39)$$

$$d_3 = \text{diambil } 30 - 100 \text{ cm} \dots \dots \dots (2.40)$$

$$d_4 = \frac{2}{3} \times d_2 \dots \dots \dots (2.41)$$

Dimana :

t_1 = Waktu reaksi ($t_1 = 2.12 + 0.126.v$)

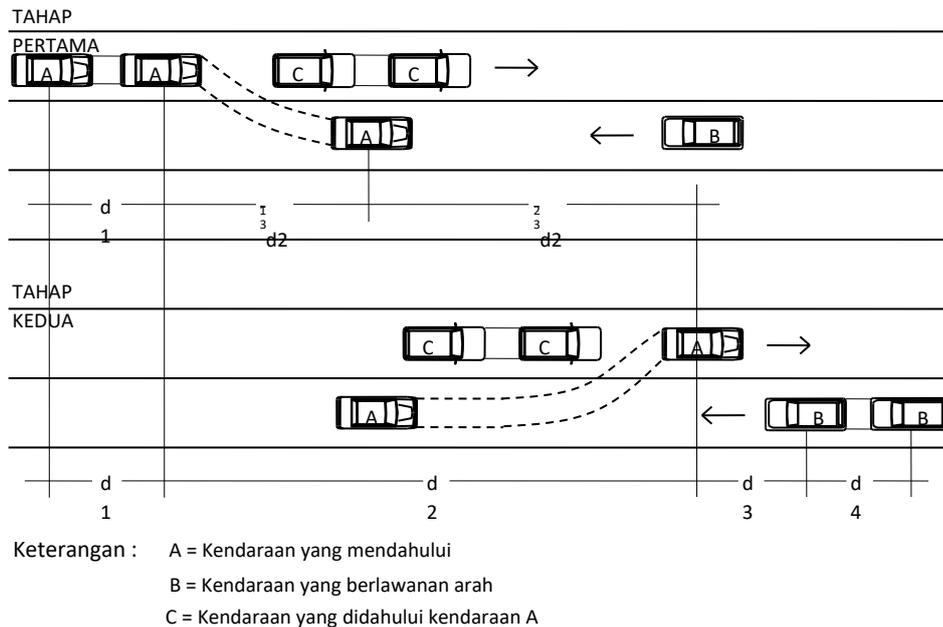
m = Perbedaan kecepatan kendaraan yang menyiap dan disiap = 15 km/jam

v = Kecepatan rata-rata dianggap sama dengan kecepatan rencana

a = Percepatan rata-rata ($a = 2.052 + 0.0036 v$)

t_2 = Waktu kendaraan pada lajur kanan ($t_2 = 6.56 + 0.04 . v$)

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



Gambar 2.18 Proses Gerakan Mendahului (2/2 TB)
(Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, 1997).

g. Penentuan *Stationing*

Penomoran (*Stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval – interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (STA Jalan) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenal lokasi suatu tempat. Nomor jalan ini sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Di samping itu dari penomoran jalan tersebut diperoleh informasi tentang panjang jalan secara keseluruhan. Setiap STA jalan dilengkapi dengan gambar potongan melintangnya. (Silvia Sukirman, 2000).

Nomor jalan atau STA Jalan ini sama fungsinya dengan patok km di sepanjang jalan. Perbedaannya adalah :

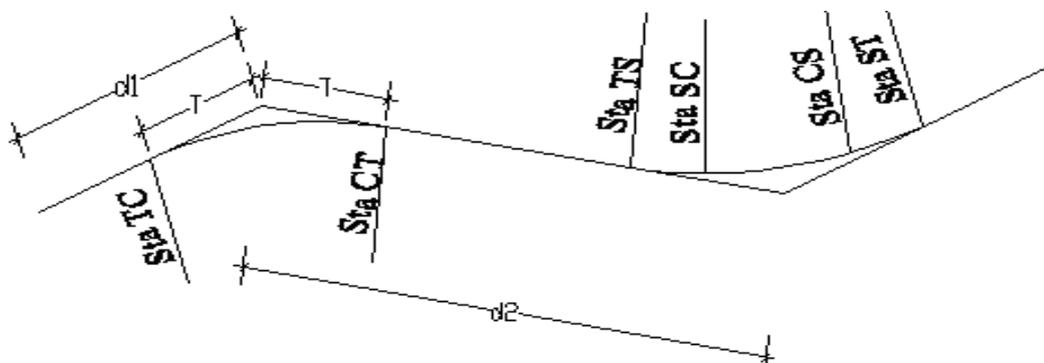
- 1) Patok km merupakan petunjuk jarak yang diukur dari patok km 0, yang umumnya terletak di ibukota provinsi atau kotamadya, sedangkan patok STA merupakan petunjuk jarak yang diukur dari awal sampai akhir pekerjaan.

- 2) Patok km berupa patok permanen yang dipasang dengan ukuran standar yang berlaku, sedangkan patok STA merupakan patok sementara selama masa pelaksanaan proyek jalan tersebut.

STA Jalan dimulai dari 0+000 m yang berarti 0 km dan 0 m dari awal pekerjaan. STA 10+250 berarti lokasi jalan terletak pada jarak 10 km dan 250 m dari awal pekerjaan. Jika tidak terjadi perubahan arah tangen pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal, maka penomoran selanjutnya dilakukan :

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

Pada tikungan penomoran dilakukan pada setiap titik penting, jadi terdapat STA titik TC, dan STA titik CT pada tikungan jenis lingkaran sederhana. STA titik TS, STA titik SC, STA titik CS, dan STA titik ST pada tikungan jenis spiral – busur lingkaran, dan spiral..



Gambar 2.19 Sistem Penomoran *Stationing* Jalan
(Silvia Sukirman, 2000)

2.7 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan yang umumnya biasa disebut profil/penampang memanjang jalan. Perencanaan alinyemen vertikal sangat dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain :

- a. Kondisi tanah dasar
- b. Keadaan Medan
- c. Fungsi Jalan
- d. Muka air banjir
- e. Muka air tanah
- f. Kelandaian yang masih memungkinkan

Selain hal tersebut diatas dalam perencanaan alinyemen vetikal, akan ditemui kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan), sehingga terdapat suatu kombinasi yang berupa lengkung cembung dan lengkung cekung serta akan ditemui pula kelandaian = 0 yang berarti datar.

Gamabar rencana suatu profil memanjang jalan dibaca dari kiri ke kanan, sehingga landau jalan diberi tanda positif untuk pendakian dari kiri ke kanan, dan landau negatif untuk penurunan dari kiri ke kanan.

2.7.1 Kelandaian Alinyemen Vertikal

- a. Landai minimum

Untuk tanah timbunan yang tidak menggunakan kerb, maka lereng melintang jalan dianggap sudah cukup untuk dapat mengalirkan air diatas badan jalan yang selanjutnya dibuang ke lereng jalan. Untuk jalan-jalan yang berada diatas tanah timbunan dengan medan datar dan menggunakan kerb, kelandaian yang dianjurkan adalah sebesar 0,15 % yang dapat membantu mengalirkan air dari atas jalan dan membuangnya ke saluran tepi atau saluran pembuangan. Sedangkan untuk jalan-jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kerb, kelandaian jalan minimum yang dianjurkan untuk dirancang adalah 0,30 - 0,50 %. Lereng melintang jalan hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh diatas badan jalan, sedangkan landau jalan dibutuhkan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping, untuk membuang air permukaan sepanjang jalan. (Hamirhan Saodang, 2004).

b. Landai maksimum

Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk kendaraan yang bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa menggunakan gigi rendah. Kelandaian maksimum untuk V rencana ditetapkan dapat dilihat dalam tabel 2.16.

Tabel 2.16 Kelandaian Maksimum Yang Diijinkan

Kecepatan Rencana	120	110	100	80	60	50	40	<40
Landai Maksimum (%)	3	3	4	5	8	9	10	10

(Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Jalan antar Kota, 1997)

c. Panjang Kritis Landai

Panjang kritis yaitu panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat memepertahankan kecepatannya sedemikian sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh VR. Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak lebih dari 1 menit. Panjang kritis dapat ditetapkan dari tabel 2.17.

Tabel 2.17 Panjang Kritis (m)

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

(Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Jalan antar Kota, 1997)

2.7.2 Lajur pendakian

Lajur pendakian dimaksudkan untuk menampung truk-truk yang bermuatan berat atau kendaraan lain yang berjalan lebih lambat dari kendaraan kendaraan lain pada umumnya, agar kendaraan kendaraan lain

dapat mendahului kendaraan lambat tersebut tanpa harus berpindah lajur atau menggunakan lajur arah berlawanan. Lajur pendakian harus disediakan pada ruas jalan yang mempunyai kelandaian yang besar, menerus, dan volume lalu lintasnya relatif padat. Penempatan lajur pendakian harus dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. disediakan pada jalan arteri atau kolektor,
- b. apabila panjang kritis terlampaui, jalan memiliki VLHR > 15.000 SMP/hari, dan persentase truk $> 15\%$.

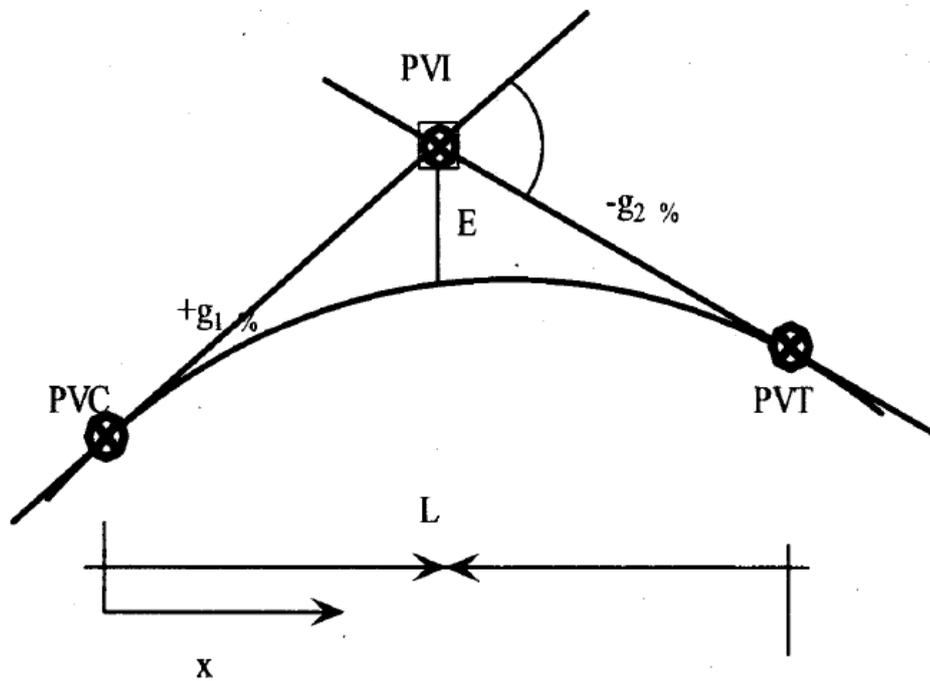
Lebar lajur pendakian sama dengan lebar lajur rencana. Lajur pendakian dimulai 30 meter dari awal perubahan kelandaian dengan serongan sepanjang 45 meter dan berakhir 50 meter sesudah puncak kelandaian dengan serongan sepanjang 45 meter. Jarak minimum antara 2 lajur pendakian adalah 1,5 km.

(Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan antar Kota, 1997)

2.8 Lengkung Vertikal

Pergantian dari satu kelandaian ke kelandaian berikutnya, dilakukan dengan mempergunakan lengkung vertikal. Lengkung vertikal direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat memenuhi keamanan, kenyamanan, dan drainase (Silvia Sukirman, 2000). Jenis lengkung vertikal dilihat dari titik perpotongan kedua bagian yang lurus tangens adalah :

- a. Lengkung vertikal cekung adalah suatu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan.
- b. Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan.



Gambar 2.20 Tipikal Lengkung Vertikal Bentuk Parabola

Rumus yang diperlukan :

$$X = \frac{L \times g_1}{g_1 - g_2} = \frac{L \times g_1}{A} \dots \dots \dots (2.42)$$

$$Y = \frac{L \times g_1^2}{2(g_1 - g_2)} = \frac{L \times g_1^2}{2A} \dots \dots \dots (2.43)$$

Dimana :

X = Jarak dari titik P ke titik yang ditinjau pada stasiun (STA).

Y = Perbedaan elevasi antara titik P dan titik yang ditinjau pada Stasiun (m).

L = panjang lengkung vertikal parabola, yang merupakan jarak proyeksi dari titik A dan titik Q (STA)

g_1 = kelandaian tangen dari titik P (%)

g_2 = kelandaian tangen dari titik Q (%)

Rumus tersebut diatas, digunakan untuk lengkung simetris. ($g_1 \pm g_2$)
 $= A =$ perbedaan aljabar untuk kelandaian (%). Kelandaian mendaki (pendakian), diberi tanda (+), sedangkan kelandaian menurun (penurunan)
 diberi tanda (-). Ketentuan pendakian (naik) atau penurunan (turun)
 ditinjau dari sebelah kiri ke kanan.

$$Ev = \frac{A \times L}{800} \dots\dots\dots(2.44)$$

Untuk : $x = \frac{1}{2} L$; $y = Ev$.

2.8.1 Lengkung vertikal cekung

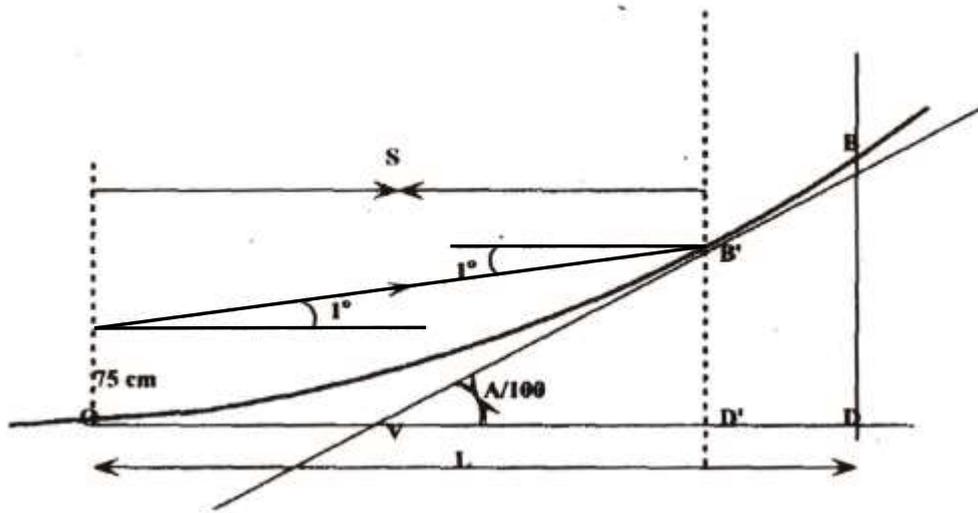
. Dalam menentukan panjang lengkung vertikal cekung, harus memperhatikan, antara lain :

- a. Jarak penyinaran lampu kendaraan,
- b. Jarak pandang bebas di bawah bangunan,
- c. Persyaratan Drainase
- d. Kenyamanan Pengemudi
- e. Keluwesan Bentuk

Jarak Penyinaran Lampu Kendaraan

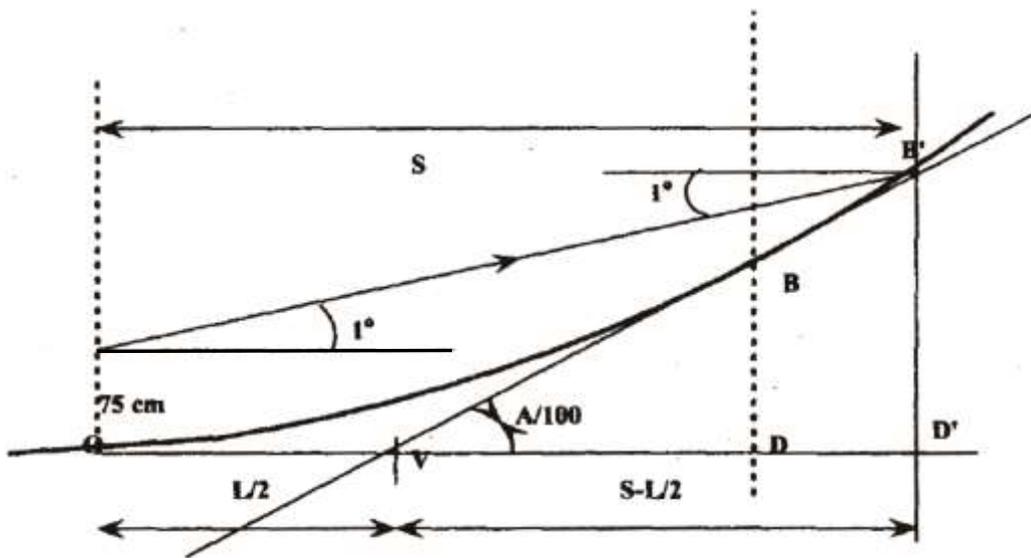
Jangkauan lampu depan kendaraan pada lengkung vertikal cekung, merupakan batas jarak pandangan yang dapat dilihat oleh pengemudi pada malam hari. Di dalam perencanaan umumnya tinggi lampu depan diambil setinggi 60 cm, dengan sudut penyebaran sebesar 1° . Letak penyinaran lampu dengan kendaraan dapat dibedakan dalam 2 keadaan yaitu :

- a. Jarak pandangan akibat penyinaran lampu depan $< L$
- b. Jarak Pandangan akibat penyinaran lampu depan $> L$



Gambar 2.21 Lengkung Vertikal cekung dengan Jarak Pandangan penyinaran Lampu depan $< L$

$$L = \frac{A \times S^2}{150 + 3,50 S} \dots\dots\dots(2.45)$$



Gambar 2.22 Lengkung Vertikal cekung dengan jarak pandangan penyinaran Lampu depan $> L$

Lengkung Vertikal cekung dengan jarak penyinaran lampu depan $> L$.

$$L = 2S - \frac{150 + 3,50S}{A} \dots\dots\dots (2.46)$$

Gambaran dari penentuan jarak pandangan menyiap diberikan pada Gambar 2.23



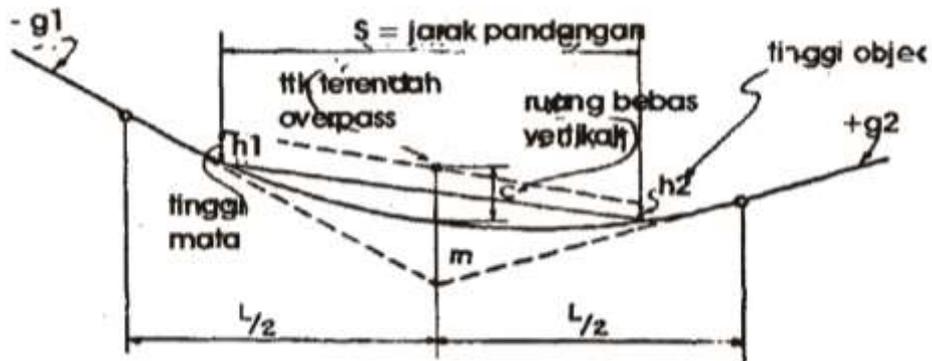
Gambar 2.23 Gambaran Jarak pandang menyiap pada lengkung Vertikal

Jarak Pandangan Bebas dibawah Bangunan pada Lengkung Vertikal Cekung

Jarak Pandangan bebas pengemudi pada jalan raya yang melintasi bangunan – bangunan lainnya seperti jalan raya lainnya, jembatan penyebrangan, viaduct, aquaduct, seringkali terhalang oleh bagian bawah dari bangunan tersebut. Panjang lengkung vertikal cekung minimum diperhitungkan berdasarkan jarak pandangan henti minimum dengan mengambil tinggi mata pengemudi kendaraan truk, yaitu 1,80 meter dan tinggi objek 0,50 meter (tinggi lampu kendaraan belakang). Ruang bebas vertikal minimum 5 m. Dalam perencanaan disarankan untuk mengambil ruang bebas $\pm 5,50$ meter. Untuk memberi kemungkinan adanya lapis tambahan (overlay) di kemudian hari.

Jarak Pandang $S < L$

Diasumsikan titik PPV berada dibawah bangunan.



Gambar 2.24 Jarak Pandangan Bebas dibawah bangunan pada lengkung Vertikal Cekung, dengan $S < L$.

$$L = \frac{S^2 \times A}{800 \times m} \dots\dots\dots(2.47)$$

Jika jarak bebas dari bagian bawah bangunan terhadap jalan, adalah C, maka :

$$L = \frac{S^2 \times A}{800 C - 400 (h1 + h2)} \dots\dots\dots(2.48)$$

Jika : $h1 = 1,80 \text{ m}$, $h2 = 0,50 \text{ m}$, dan $C = 5,50 \text{ m}$, maka persamaan menjadi

$$L = \frac{A \times S^2}{3480} \dots\dots\dots(2.49)$$



Gambar 2.25 Jarak pandangan bebas di bawah bangunan pada lengkung Vertikal Cekung dengan $S > L$

Jarak Pandangan $S > L$

Diasumsikan titik PPV berada Bawah Bangunan

$$L = 2S - \frac{800 C - 400(h_1 + h_2)}{A} \dots\dots\dots(2.50)$$

Jika $h_1 = 1,80$ m; $h_2 = 0,50$ m; dan $C = 5,50$ m, maka persamaan menjadi :

$$L = 2S - \frac{3480}{A} \dots\dots\dots(2.51)$$

Kenyamanan mengemudi pada lengkung vertikal cekung.

Adanya gaya sentrifugal dan gravitasi pada lengkung vertikal cekung, menimbulkan rasa tidak nyaman kepada pengemudi, yang akan menyebabkan percepatan sentripetal. Percepatan sentripetal yang bersangkutan adalah :

$$a = \frac{A \times V^2}{1300 L} \dots\dots\dots(2.52)$$

Dimana :

- a = percepatan sentripetal (m/det)
- V = kecepatan rencana, km/jam
- A = perbedaan aljabar landai
- L = panjang lengkung vertikal cekung

Panjang lengkung vertikal cekung minimum adalah ditentukan oleh percepatan sentripetal, yang dibatasi tidak melebihi $0,30$ m/det², dengan demikian rumus menjadi :

$$L = \frac{A \times V^2}{390} \dots\dots\dots(2.53)$$

2.8.2 Lengkung Vertikal Cembung

Tabel 2.18 Ketentuan Tinggi untuk Jenis Jarak Pandang

Untuk Jarak Pandang	H1 (m) Tinggi Mata	H2 (m) Tinggi Objek
Jarak Pandang Henti	1,05	0,15
Jarak Pandang Mendahului	1,05	1,05

(sumber :Konstruksi Jalan Raya, Saodang, 2004)

1) Panjang L, berdasarkan Jh

$$Jh < L, \text{ maka : } L = \frac{A \times Jh^2}{399} \dots\dots\dots (2.53)$$

$$Jh > L, \text{ maka : } L = 2Jh - \frac{399}{A} \dots\dots\dots (2.54)$$

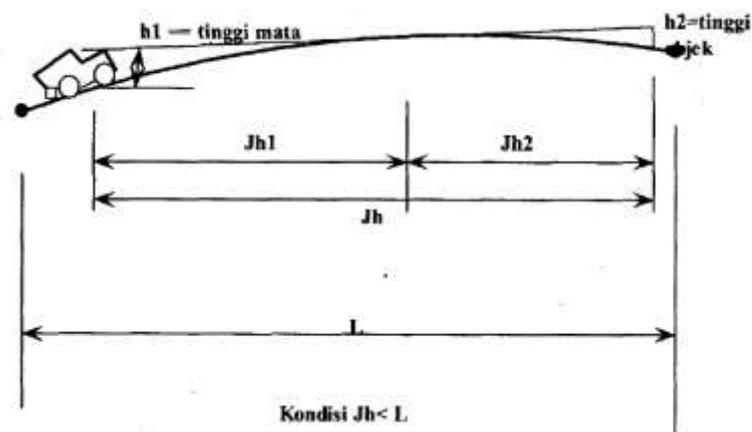
2) Panjang L, berdasarkan Jd.

$$Jd < L, \text{ maka : } L = \frac{A \times Jd^2}{840} \dots\dots\dots (2.55)$$

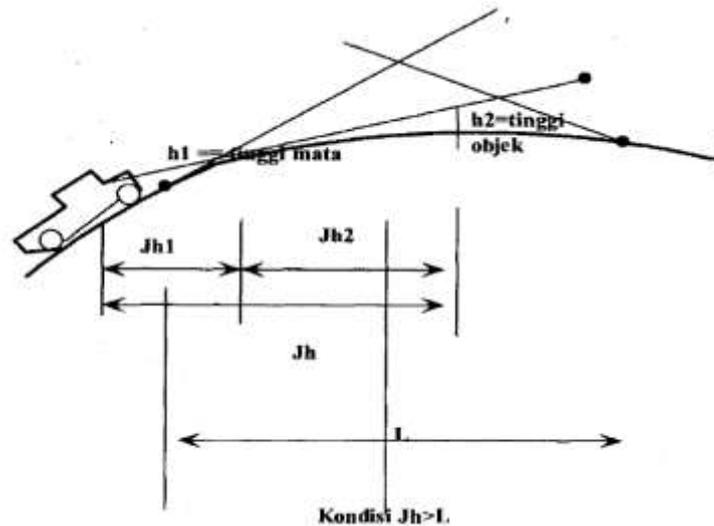
$$Jd > L, \text{ maka : } L = 2Jd - \frac{840}{A} \dots\dots\dots (2.56)$$

Minimum panjang horisontal dari lengkung vertikal cembung, berdasarkan iarak pandangan henti mengikuti rumus 4.28, bila, digunakan untuk kecepatan rendah $v = 20\text{-}30$ km/jam, menjadi:

$$L = \frac{v^2 \times A}{360} \dots\dots\dots (2.57)$$



Gambar 2.26 Untuk $Jh < L$



Gambar 2.27 Untuk $J_h > L$

Batas bawah panjang minimum, didasarkan pada kecepatan rencana dan jarak perjalanan selama 3 detik, demikian juga untuk lengkung vertikal cekung.

Untuk perhitungan lengkung vertikal, maka lengkung dianggap berbentuk parabola, dan panjang horisontal diatas, adalah panjang teoritis antara titik – titik potong dari garis lurus dan lengkung parabola, sebelum dan sesudah lengkungan.

Jarak pandangan menyiap/mendahului untuk lengkung vertikal, dengan perbedaan kelandaian A bervariasi antara 2% - 16%, dapat dilihat pada gambar 2.27, dengan anggapan – anggapan :

- 1) Kendaraan yang disalip berjalan pada kecepatan 20 km/jam lebih kecil dari kecepatan rencana.
- 2) Waktu Persiapan diambil 3 detik
- 3) Menyiap hanya akan berlangsung pada bagian lajur jalan yang lurus, dimana penglihatan pengemudi tidak terhalang.

Panjang minimum lengkung parabolis, untuk menyesuaikan dengan jarak pandangan, hasil hitungan yang diperlukan untuk menyiap (berdasarkan standar AASHTO), yang bergerak diantara 2% - 16% ini akan terlalu mahal bila diikuti secara penuh, pada jalan di medan pegunungan. (Hamirhan Saodang, 2004)

2.8.3 Koordinasi Alinyemen

Alinemen vertikal, alinemen horizontal, dan potongan melintang jalan adalah elemen elemen jalan sebagai keluaran perencanaan hares dikoordinasikan sedemikian sehingga menghasilkan suatu bentuk jalan yang baik dalam arti memudahkan pengemudi mengemudikan kendaraannya dengan aman dan nyaman. Bentuk kesatuan ketiga elemen jalan tersebut diharapkan dapat memberikan kesan atau petunjuk kepada pengemudi akan bentuk jalan yang akan dilalui di depannya sehingga pengemudi dapat melakukan antisipasi lebih awal.

Koordinasi alinemen vertikal dan alinemen horizontal harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- a. Alinemen horizontal sebaiknya berimpit dengan alinemen vertikal, dan secara ideal alinemen horizontal lebih panjang sedikit melingkupi alinemen vertikal;
- b. Tikungan yang tajam pada bagian bawah lengkung vertikal cekung atau pada bagian atas lengkung vertikal cembung harus dihindarkan;
- c. Lengkung vertikal cekung pada kelandaian jalan yang lurus dan panjang harus dihindarkan;
- d. Dua atau lebih lengkung vertikal dalam satu lengkung horizontal harus dihindarkan; dan
- e. Tikungan yang tajam di antara 2 bagian jalan yang lurus dan panjang harus dihindarkan.

(Dirjen Bina Marga, 1997)

2.9 Potongan Memanjang dan Melintang

Perencanaan potongan memanjang dan melintang pada suatu perencanaan jalan berkaitan erat dengan kondisi tanah yang ada sebagaimana di gambarkan pada potongan memanjang dan melintang hasil pengukuran sipat datar (*waterpassing*). Secara garis besar perancangan potongan memanjang dan melintang.

2.9.1 Potongan Memanjang

Potongan memanjang biasanya digambar dengan skala :

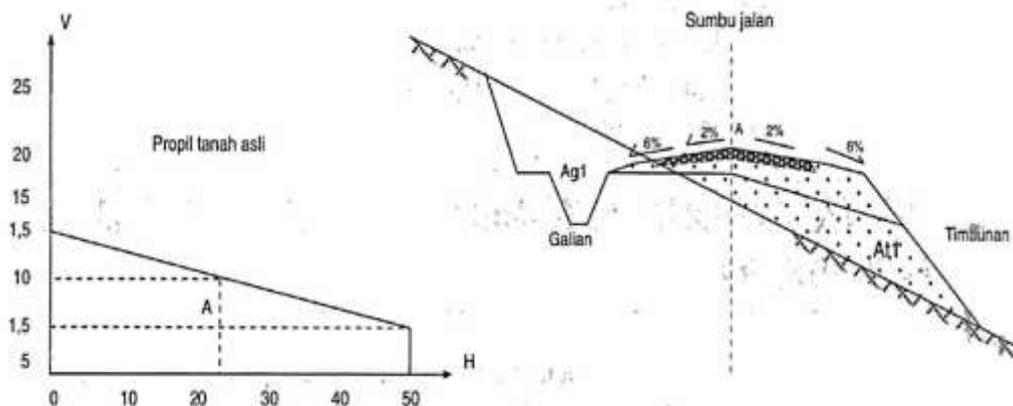
- Horizontal 1:1000 atau 1:2000
- Vertikal 1:100

Potongan memanjang perencanaan digambarkan langsung pada gambar potongan memanjang pada hasil pengukuran, sehingga akan diketahui bagian – bagian yang harus digali maupun bagian – bagian yang harus ditimbun dalam arah memanjang trase.

2.9.2 Potongan Melintang

Sebagai contoh dalam hal ini kita ambil titik STA. A s/d TC yang akan kita gambarkan profil melintangnya sebagai jalan raya sekunder kelas II B dengan data – data :

- Lebar Perkerasan : 2 X 3,5m
- Lebar Bahu : 3 m
- Lebar Saluran : 1 m
- Lereng Melintang perkerasan : 2 %
- Lereng Melintang bahu : 6 %



Gambar 2.28 Galian dan Timbunan
(Suryadharma, 1999).

2.9.3 Perhitungan Galian Timbunan

Cara menghitung volume galian timbunan maupun timbunan didasarkan dari gambar potongan melintang. Dari gambar – gambar tersebut dapat dihitung luas galian dan timbunan profil, sedangkan masing – masing jarak antara profil dapat dilihat dari potongan memanjang. Selanjutnya perhitungan dibuat dalam daftar seperti contoh berikut :

Tabel 2.19 Perhitungan Volume Galian Timbunan

No. STA	Luas Penampang Melintang (m ²)				Jarak (m)	Volume (m ³)	
	G	T	Rata – Rata			Galian	Timbunan
			G	T			
1	AG1	AT1			100	A×Jarak	B×Jarak
			$A = \frac{Ag1+Ag2}{2}$	$B = \frac{At1+At2}{2}$			
2	AG2	AT2			100	A1×Jarak	B1×Jarak
			$A1 = \frac{Ag2+Ag3}{2}$	$B2 = \frac{Ag2+Ag3}{2}$			
3	AG3	AT3					

(Suryadharna, 1999).

2.10 Perancangan Tebal Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Solusi penggunaan perkerasan kaku umumnya lebih tepat biaya pada volume lalu lintas lebih dari 30 juta ESA. Kehati – hatian sangat dibutuhkan untuk desain perkerasan kaku di atas tanah lunak atau daerah lainnya dengan potensi pergerakan tidak seragam. Untuk daerah tersebut, perkerasan lentur akan lebih murah karena perkerasan kaku membutuhkan fondasi jalan yang lebih tebal dan biaya penulangan. Perkerasan kaku umumnya lebih rendah untuk jalan dengan beban lalu lintas lebih dari 30 juta ESA. Beberapa keuntungan dari perkerasan kaku antara lain adalah:

- a. Struktur perkerasan lebih tipis kecuali untuk area tanah lunak yang membutuhkan struktur pondasi jalan lebih besar dari pada perkerasan kaku.
- b. Pekerjaan Kostruksi dan pengendalian mutu yang lebih mudah untuk daerah perkotaan yang tertutup termasuk jalan dengan lalu lintas rendah.
- c. Biaya pemeliharaan lebih rendah jika dilaksanakan dengan baik : keuntungan signifikan untuk area perkotaan dengan Lintas Harian Rata – Rata Tahunan (LHRT) tinggi.
- d. Pembuatan campuran lebih mudah (contoh : tidak perlu pencucian pasir). Kerugiannya antara lain:
 - a. Biaya konstruksi lebih mahal untuk jalan dengan lalu lintas rendah.
 - b. Rentan terhadap retak jika dilaksanakan di atas tanah lunak
 - c. Umumnya memiliki kenyamanan berkendara yang lebih rendah (Kementrian PU Dirjen Bina Marga, 2013).

Prosedur perkerasan kaku mengikuti ketentuan Pd T-14-2003 Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Beton Semen. Dengan catatan bahwa spektrum beban lalu lintas hendaklah mengikuti ketentuan seperti dinyatakan pada Lampiran D yang ditetapkan berdasarkan beban aktual. Beban sumbu berdasarkan spektrum beban menurut Pd T-14 - 2003 adalah untuk kondisi beban terkendali.

Tabel 2.20 Perkerasan Kaku untuk Jalan dengan Beban Lalu lintas Berat

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat (<i>overloaded</i>) (10E6)	< 4.3	< 8.6	< 25.8	< 43	< 86
Dowel dan bahu beton	Ya				
STRUKTUR PERKERASAN (mm)					
Tebal pelat beton	265	275	285	295	305
Lapis Fondasi LMC	100				
Lapis Drainase (dapat mengalir dengan baik)	150				

(Sumber : Manual Perkerasan Jalan Tahun 2017)

Perencana harus menerapkan kelompok sumbu kendaraan niaga dengan beban yang aktual. Bagan beban di dalam Pd T-14-2003 tidak boleh digunakan untuk desain perkerasan karena didasarkan pada ketentuan berat kelompok kendaraan yang tidak realistis dengan kondisi Indonesia. Lampiran D memberikan pembebanan kelompok sumbu yang mewakili kondisi Indonesia. (Sumber : Manual Perkerasan Jalan Tahun 2017).

2.10.1 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-lintasharus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalu lintas dan konfigurasi sumbu, menggunakan data terakhir atau data 2 tahun terakhir. Kendaraan yang ditinjau untuk perancangan perkerasan beton semen adalah yang mempunyai berat total minimum 5 ton. Konfigurasi sumbu untuk perancangan 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 (SGRG)
- d. Sumbu Tripel roda ganda (STrRG)

(Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003).

2.10.2 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 %. (Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003).

Setiap segmen mempunyai nilai CBR yang mewakili daya dukung tanah dasar dan digunakan untuk perencanaan tebal lapisan perkerasan segmen tersebut. Nilai CBR segmen dapat ditentukan dengan mempergunakan cara analitis atau Grafis.

1) Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah:

$$\text{CBR Segmen} = \left(\frac{\text{CBR}_{\text{rata-rata}} - \text{CBR}_{\text{min}}}{R} \right) \dots \dots \dots (2.58)$$

Dalam hal ini :

Nilai R tergantung jumlah data yang terdapat dalam satu segmen.

Tabel. 2.21 Nilai R untuk perhitungan CBR segmen

Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,57
7	2,83
8	2,96
9	3,08
>10	3,18

(Sumber:Hendra Suryadharna, 2009)

2) Cara Grafis

Langkah – langkah pengerjaannya sebagai berikut :

- a) Tentukan nilai CBR terendah
- b) Tentukan beberapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar

dari masing – masing nilai CBR dan kemudian disusun secara tabel garis mulai dari nilai CBR terkecil sampai terbesar

- c) Angka terbanyak diberi nilai 100% angka yang lain merupakan presentase dari 100%
- d) Buat kurva hubungan antara harga CBR dan presentase jumlah tadi
- e) Nilai CBR segmen adalah nilai pada keadaan 90%

(Hendra Suryadharma, 2009)

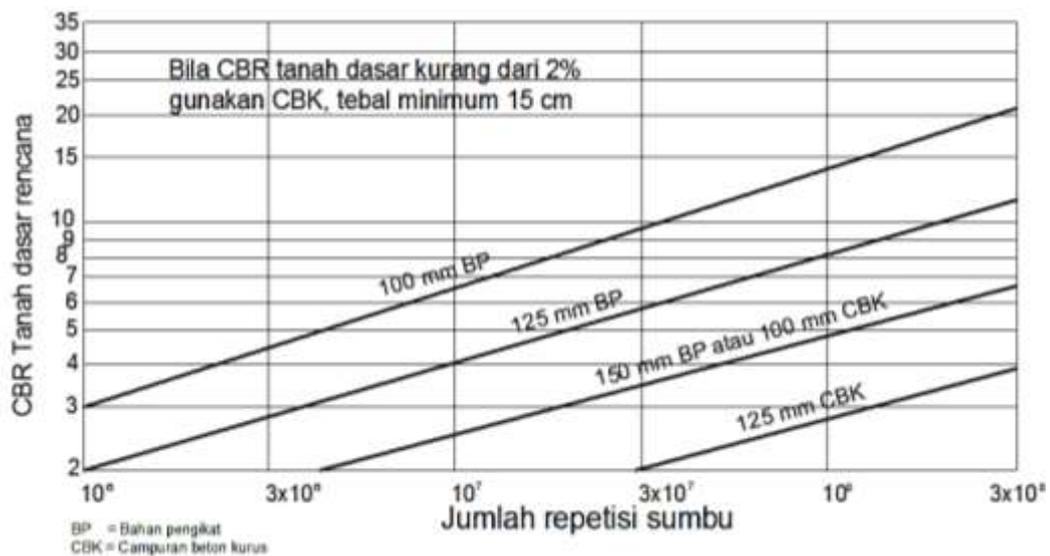
b. Pondasi Bawah

Bahan pondasi bawah dapat berupa :

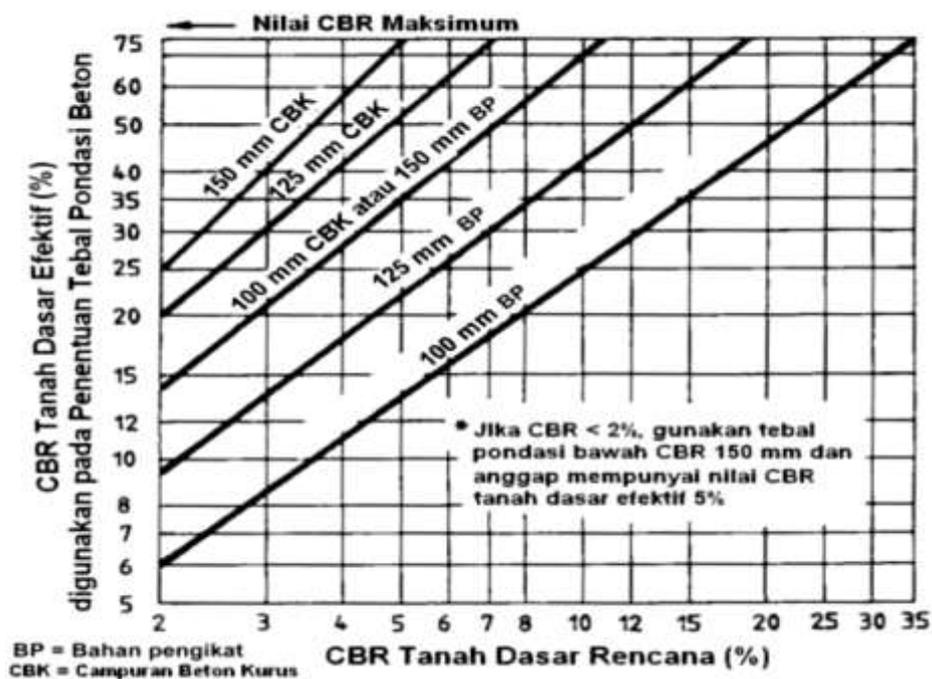
- Bahan berbutir.
- Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (Lean Rolled Concrete)
- Campuran beton kurus (Lean-Mix Concrete).

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 kurus(CBK). Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dapat dilihat pada gambar 2.29 dan CBR tanah dasar efektif didapat dari gambar 2.30. (Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003).



Gambar 2.29 Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Beton Semen



Gambar 2.30 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah

1) Pondasi Bawah Material 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.

2) Pondasi Bawah dengan Bahan Pengikat (*Bound Sub-base*)

Pondasi Bawah dengan bahan pengikat (BP) dapat digunakan salah satu dari :

- a) 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 *slag* yang dihaluskan.
- b) Campuran beraspal bergradasi rapat (*dense-graded asphalt*).
- c) Campuran beton kurus giling padat yang harus mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5 Mpa (55 kg/cm²).

3) Campuran beton kurus (*Lean Mix Concrete*)

Campuran Beton Kurus (CBK) harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum 5 MPa (50kg/cm²) tanpa menggunakan abu terbang, atau 7 Mpa (70 kg/cm²) bila menggunakan abu terbang, dengan tebal minimum 10 cm. (Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003).

c. Perkerasan 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/cm²). 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/cm²). Kekuatan

rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 MPa (2,5 kg/cm²) terdekat. Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik-lentur beton dapat didekati dengan rumus berikut :

$$F_{cf} = K (f c')^{0.50} \text{ dalam Mpa atau } \dots\dots\dots(2.59)$$

$$F_{cf} = 3,13 K (f c')^{0.50} \text{ dalam kg/cm}^2 \dots\dots\dots(2.60)$$

Dimana:

$f c'$ = kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm²)

f_{cf} = kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm²)

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

(Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003).

d. Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalulintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan lihat pada tabel 2.22.

Tabel 2.22 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi

Lebar perkerasan(Lp)	Jumlahlaju (nl)	Koefisien distribusi	
		1Arah	2Arah
Lp<5,50m	1 lajur	1	1
5,50m≤Lp<8,25m	2 lajur	0,7	0,50
8,25m≤Lp<11,25m	3 lajur	0	0,475
11,23m≤Lp<15,00m	4 lajur	0,5	0,45
15,00m≤Lp<18,75m	5 lajur	0	0,425
18,75m≤Lp<22,00m	6 lajur	-	0,40

(Sumber: Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

e. Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu-lintas serta nilai ekonomis jalan 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. (Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003).

f. 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 10 kN (1ton) bila diambil dari survei beban. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut:

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \dots\dots\dots(2.61)$$

Dimana :

JSKN = Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana

JSKNH = Jumlah sumbu kendaraan niaga harian, saat jalan dibuka

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas yang besarnya berdasarkan faktor pertumbuhan lalu lintas tahunan (i) dan umur rencana (n).

C = Koefisien distribusi kendaraan.

(Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003).

g. Faktor Keamanan Beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (FKB). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan dengan adanya berbagai tingkat realibilitas terlihat pada Tabel 2.23.

Tabel 2.23 Faktor Keamanan Beban (Fkb)

No.	Penggunaan	Nilai FKB
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 survey beban (<i>weight- in-motion</i>) dan adanya kemungkinan route alternative, maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15	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: Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

2.10.3 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:

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} \dots\dots\dots (2.62)$$

Dimana:

R = faktor pertumbuhan lalulintas

I = laju pertumbuhan lalulintas pertahun dalam %

UR = umur rencana (tahun)

Tabel 2.24 Faktor Laju 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	111,4	172,3	271
40	40	60,4	95	154,8	259,1	442,6

(Sumber: Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

Apabila setelah waktu tertentu (UR_m tahun) pertumbuhan lalu – lintas tidak terjadi lagi, maka R dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$R = \frac{(1+i)^{UR}}{i} + (UR - UR_m)\{(1+i)^{UR_m} - 1\} \dots\dots\dots(2.63)$$

Dimana:

R = faktor pertumbuhan lalulintas

I = laju pertumbuhan lalulintas pertahun dalam %

UR_m = waktu tertentu dalam tahun, sebelum UR selesai

(Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003).

2.10.4 Perencanaan Penulangan

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

c. Mengurangi biaya pemeliharaan

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

(Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003).

a. 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 diberitulangan. Penerapan tulangan umumnya dilaksanakan pada:

- 1) Pelat dengan bentuk tak lazim (*odd-shaped slabs*), pelat disebut besar dari 1,25 atau bila pola sambungan pada pelat tidak benar-benar berbentuk bujur sangkar atau empat persegi panjang. Tidak lazim bila perbandingan antara panjang dengan lebar lebih.
- 2) Pelat dengan sambungan tidak sejalur (*miss matched joints*).
- 3) Pelat berlubang (*pits or structures*).

b. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan :

Luas penampang tulangan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$A_s = \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times F_s} \dots\dots\dots (2.64)$$

Dimana:

A_s = luas penampang tulangan baja (mm^2/m lebar pelat)

F_s = kuat-tarik ijin tulangan (MPa), biasanya 0,6 kali tegangan leleh

g = gravitasi (m/detik)

h = tebal pelat beton (m)

L = jarak antara sambungan tidak diikat atau tepi bebas pelat(m)

M = berat persatuan volume pelat (kg/m^3)

μ = koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah

Luas penampang tulangan berbentuk anyaman empat persegi panjang dan bujur sangkar ditunjukkan pada tabel 2.25.

Tulangan Memanjang		Tulangan Melintang		Luas Penampang Tulangan		Berat Per Satuan Luas (kg/m^2)
Diameter (mm)	Jarak (mm)	Diameter (mm)	Jarak (mm)	Memanjang (mm^2/m)	Melintang (mm^2/m)	
Empat Persegi Panjang						
12,5	100	8	200	1227	251	11,606
11,2	100	8	200	986	251	9,707
10	100	8	200	785	251	8,138
9	100	8	200	636	251	6,967
8	100	8	200	503	251	5,919
7,1	100	8	200	396	251	5,091
9	200	8	250	318	201	4,076
8	200	8	250	251	201	3,552
Bujur Sangkar						
8	100	8	100	503	503	7,892
10	200	10	200	393	393	6,165
9	200	9	200	318	318	4,994
8	200	8	200	251	251	3,946
7,1	200	7,1	200	198	198	3,108
6,3	200	6,3	200	156	156	2,447
5	200	5	200	98	98	1,542
4	200	4	200	63	63	0,987

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

c. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan

1) Penulangan memanjang

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

$$P_s = \frac{100 \cdot f_{ct} \cdot (1,3 - 0,2\mu)}{f_y - n f_{ct}} \dots \dots \dots (2.65)$$

Dimana:

P_s = Persentase luas tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap

luas penampang (%)

F_{ct} = kuat tarik langsung beton = $(0,4-0,5f_c)$ (kg/cm^2)

f_y = tegangan leleh rencana baja (kg/cm^2)

n = angka ekivalensi antara baja dan beton (E_s/E_c), dapat dilihat pada table 2.23

μ = koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan di bawahnya

E_s = modulus elastisitas baja = $2,1 \times 10^6$ (kg/cm^2)

E_c = modulus elastisitas beton = $1485\sqrt{f_c}$ (kg/cm^2)

Tabel 2.26 Hubungan Kuat Tekan Beton dan Angka Ekivalen Baja/Beton (n)

f_c (kg/cm^2)	N
175–225	10
235-285	8
290-keatas	6

(Sumber: Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

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

$$L_{cr} = \frac{F_{cr}^2}{N \times P^2 f_b \times (E_s E_c - F_{ct})} \dots \dots \dots (2.66)$$

Dimana:

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 ulangan dengan beton = $(1,97\sqrt{f_c})/d$. (kg/cm^2)

$$\begin{aligned}
 \epsilon_s &= \text{koefisien susut beton} = (400 \cdot 10^{-6}) \\
 f_{ct} &= \text{kuat tarik langsung beton} = (0,4 - 0,5 f_{cf}) (\text{kg/cm}^2) \\
 n &= \text{angka ekivalensi antara baja dan beton} = (E_s/E_c) \\
 E_c &= \text{modulus Elastisitas beton} = 14850 \sqrt{f'_c} (\text{kg/cm}^2) \\
 E_s &= \text{modulus Elastisitas baja} = 2,1 \times 10^6 (\text{kg/cm}^2)
 \end{aligned}$$

2) Penulangan melintang

Luas tulangan melintang (A_s) yang diperlukan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung menggunakan persamaan rumus 2.33. Tulangan melintang direkomendasikan sebagai berikut:

- 1) Diameter batang ulir tidak lebih kecil dari 12 mm.
- 2) Jarak maksimum tulangan dari sumbu-ke-sumbu 75 cm.

3) Penempatan tulangan

Penulangan melintang pada perkerasan beton semen harus ditempatkan pada kedalaman lebih besar dari 65 mm dari permukaan untuk tebal pelat ≤ 20 cm dan maksimum sampai sepertiga tebal pelat untuk tebal pelat > 20 cm. Tulangan arah memanjang dipasang diatas tulangan arah melintang.

(Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003).

2.10.5 Sambungan

Sambungan ada pada perkerasan beton semen yang ditujukan untuk:

- a. Membatasi tegangan dan pengendalian retak yang terjadi disebabkan oleh penyusutan, pengaruh lenting serta beban lalu-lintas.
- b. Memudahkan pelaksanaan.
- c. Mengakomodasi gerakan pelat.

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan antara lain :

- a. Sambungan memanjang
- b. Sambungan melintang
- c. Sambungan isolasi

Semua sambungan harus ditutup dengan bahan penutup (*joint sealer*), kecuali pada sambungan isolasi terlebih dahulu harus diberi bahan pengisi (*joint filler*).

1) Sambungan Memanjang dengan Batang Pengikat (*tiebars*)

Pemasangan sambungan memanjang ditujukan untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang. Jarak antar sambungan memanjang sekitar 3 – 4 m. Sambungan memanjang harus dilengkapi dengan batang ulir dengan mutu minimum BJTU- 24 dan berdiameter 16 mm. Ukuran batang pengikat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$At = 204 \times b \times h \dots\dots\dots(2.67)$$

$$l = (38,3 \times \emptyset) + 75 \dots\dots\dots(2.68)$$

Dimana:

At = Luas penampang tulangan per meter panjang sambungan (mm^2).

b = Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m).

h = Tebal pelat (m).

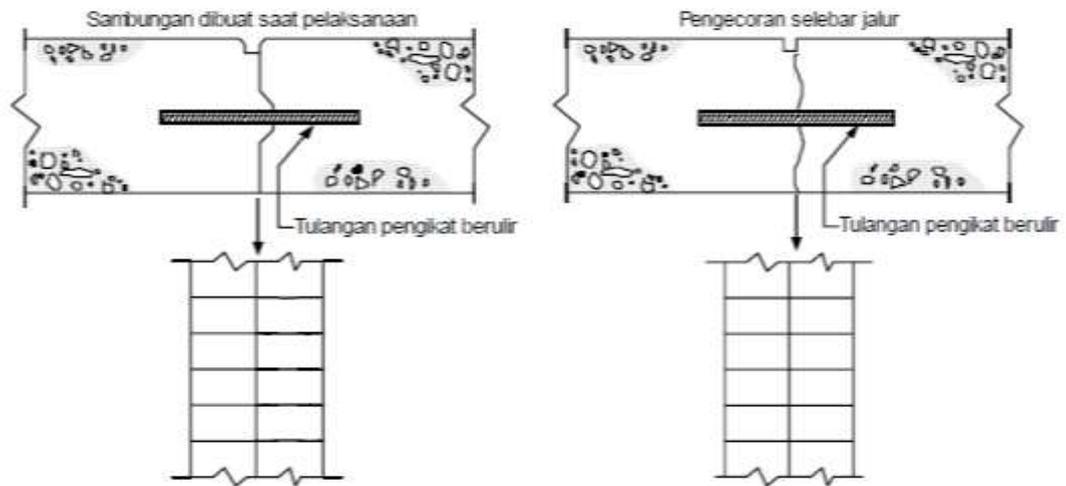
l = Panjang batang pengikat (mm).

\emptyset = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm).

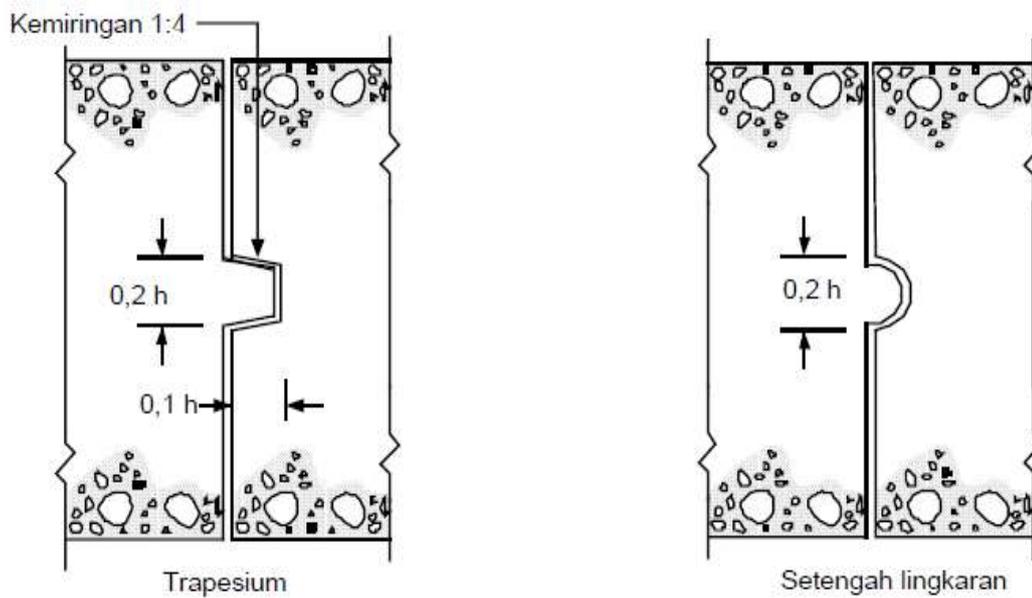
Jarak Batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm. Tipikal sambungan memanjang diperlihatkan pada gambar 2.31

2) Sambungan Pelaksanaan Memanjang

Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dilakukan dengancara penguncian. Bentuk dan ukuran penguncian dapat berbentuk trapesium atau setengah lingkaran sebagaimana diperlihatkan pada gambar 2.32.



Gambar 2.31 Tipikal Sambungan Memanjang



Gambar 2.32 Ukuran Standar Penguncian Sambungan Memanjang

Sebelum penghamparan pelat beton di sebelahnya, permukaan sambungan pelaksanaan harus dicat dengan aspal atau kapur tembok untuk mencegah terjadinya ikatan beton lama dengan yang baru.

3) Sambungan Susut Memanjang

Sambungan susut memanjang dapat dilakukan dengan salah satu dari dua cara ini, yaitu menggergaji atau membentuk pada saat beton masih plastis dengan kedalaman sepertiga dari tebal pelat.

4) Sambungan Susut dan Sambungan Pelaksanaan Melintang

Ujung sambungan ini harus tegak lurus terhadap sumbu memanjang jalan dan tepi perkerasan. Untuk mengurangi beban dinamis, sambungan melintang harus dipasang dengan kemiringan 1 : 10 searah jarum jam.

5) Sambungan susut melintang

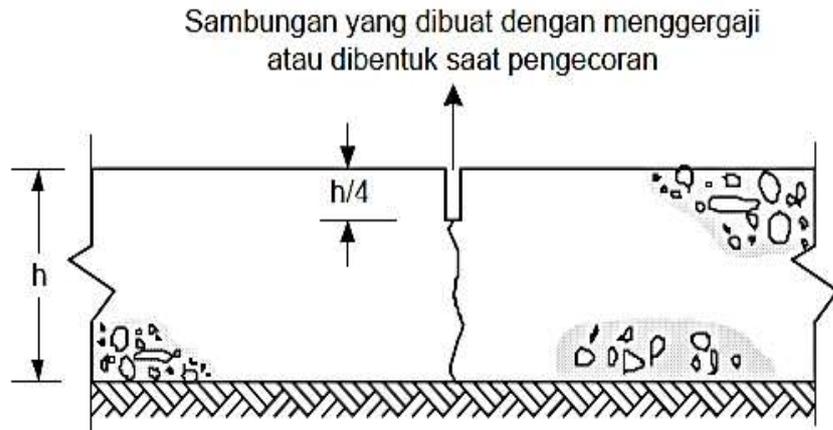
Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagai mana diperlihatkan pada gambar 2.33 dan gambar 2.34.

Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4-5 m, sedangkan perkerasan beton bersambung dengan tulangan 8-15m dan untuk sambungan perkerasan beton menerus dengan tulangan sesuai dengan kemampuan pelaksanaan. Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas saat pelat beton menyusut. Diameter ruji tergantung pada tebal pelat beton sebagaimana terlihat pada tabel 2.27.

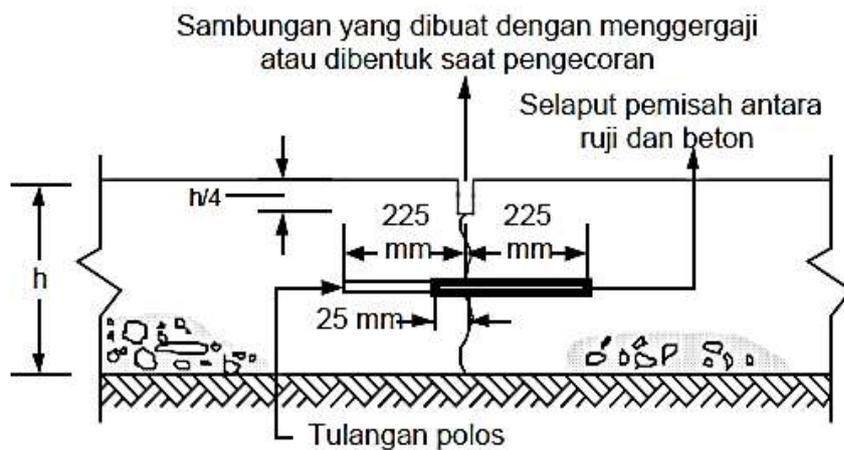
Tabel 2.27 Diameter Ruji

No.	Tebal Pelat Beton,h(mm)	Diameter Ruji(mm)
1	$125 < h \leq 140$	20
2	$140 < h \leq 160$	24
3	$160 < h \leq 190$	28
4	$190 < h \leq 220$	33
5	$220 < h \leq 250$	36

(Sumber:Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)



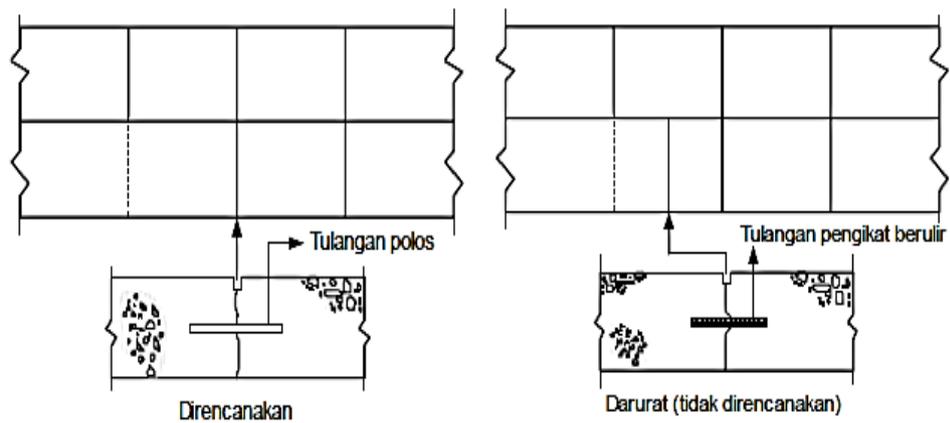
Gambar 2.33 Sambungan Susut Melintang Tanpa Ruji



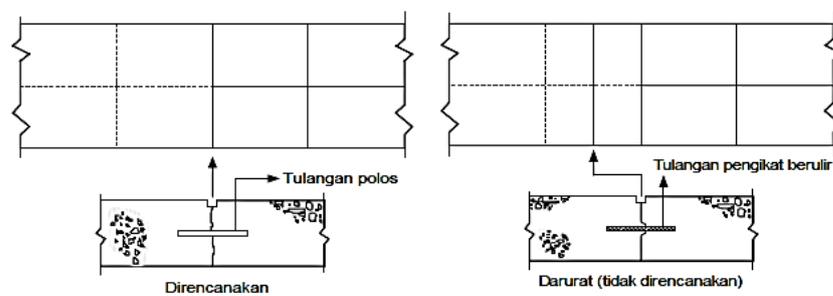
Gambar 2.34 Sambungan Susut Melintang dengan Ruji

6) Sambungan pelaksanaan melintang

Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak direncanakan (darurat) harus menggunakan batang pengikat berulir, sedangkan pada sambungan yang direncanakan harus menggunakan batang tulangan polos yang diletakkan ditengah tebal pelat. Sambungan pelaksanaan tersebut diatas harus dilengkapi dengan batang pengikat berdiameter 16mm, panjang 69cm dan jarak 60cm, untuk ketebalan pelat sampai 17cm. Untuk ketebalan lebih dari 17cm, ukuran batang pengikat berdiameter 20mm, panjang 84 cm dan jarak 60 cm.



Gambar 2.35 Sambungan Pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran peraljur

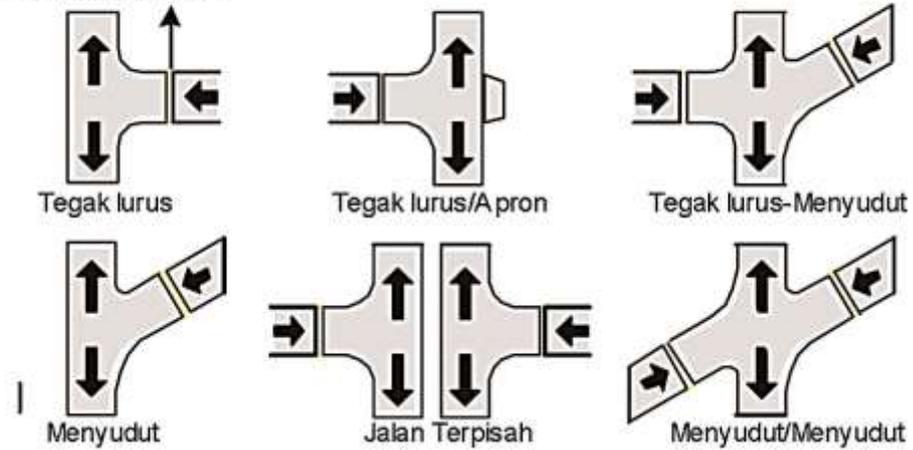


Gambar 2.36 Sambungan Pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan

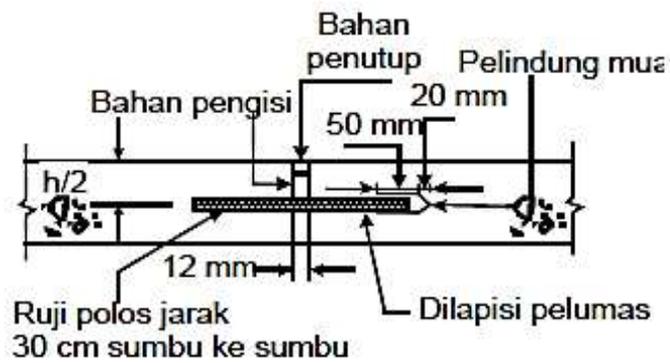
7) Sambungan isolasi

Sambungan isolasi memisahkan perkerasan dengan bangunan yang lain, misalnya *manhole*, jembatan, tiang listrik, jalan lama, persimpangan dan lain sebagainya. Sambungan isolasi harus dilengkapi dengan bahan penutup (*jointsealer*) setebal 5–7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (*jointfiller*) sebagaimana diperlihatkan pada gambar 2.38, 2.39, dan 2.40.

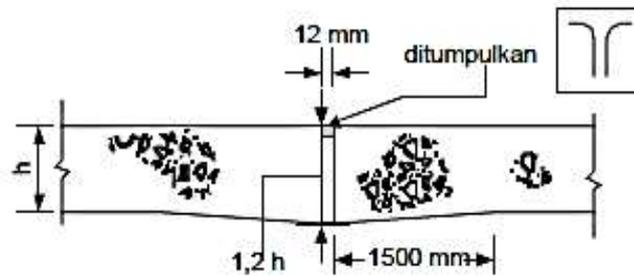
Sambungan isolasi yang diperlukan di belakang tulangan



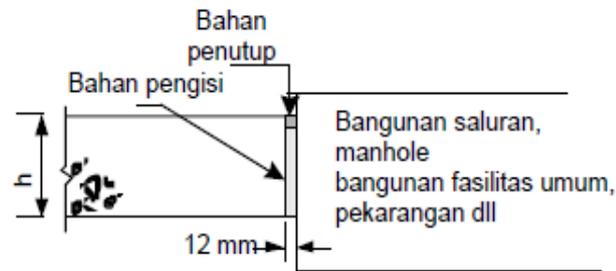
Gambar 2.37 Contoh Persimpangan yang Membutuhkan Sambungan Isolasi



Gambar 2.38 Sambungan isolasi dengan ruji



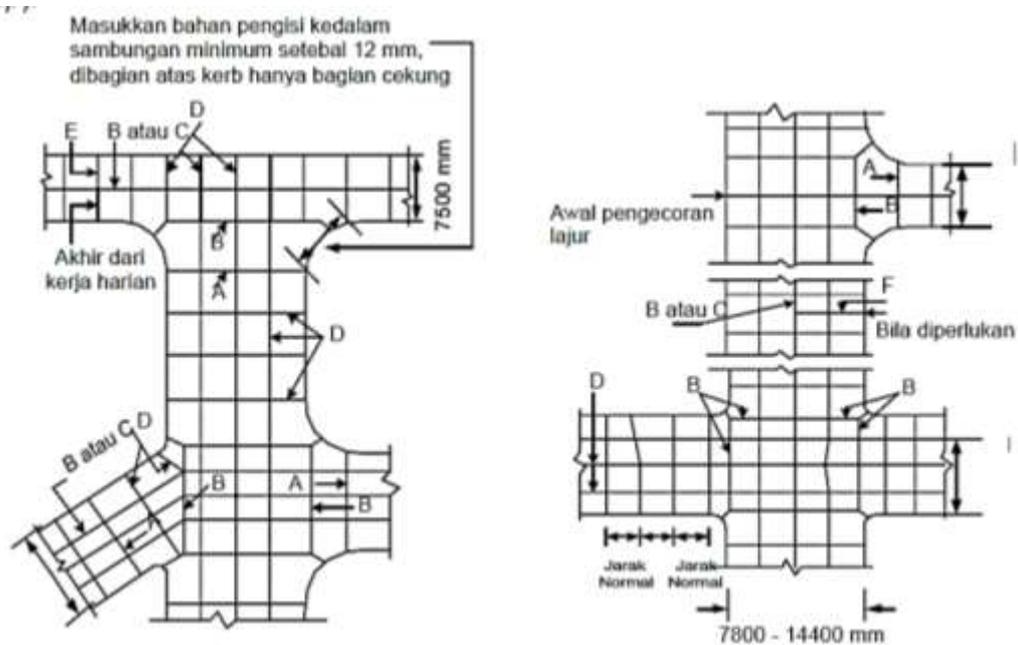
Gambar 2.39 Sambungan isolasi dengan penebalan tepi



Gambar 2.40 Sambungan Isolasi tanpa ruji
(Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

8) Penutup sambungan

Penutup sambungan dimaksudkan untuk mencegah masuknya air dan atau benda lain kedalam sambungan perkerasan. Benda-bendalain yang masuk kedalam sambungan dapat menyebabkan kerusakan berupa gompal dan atau pelat beton yang saling menekan keatas (*blowup*).



Gambar 2.41 Detail Potongan Melintang Sambungan Perkerasan

Keterangan :

A =SambunganIsolasi

B =SambunganPelaksanaanMemanjang

C =SambunganSusutMemanjang

D =SambunganSusutMelintang

E =SambunganSusutMelintangyangdirencanakan

F =SambunganPelaksanaanMelintangyangtidakdirencanakan

(Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

2.11 Drainase Jalan

Secara umum drainase didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan dalam suatu konteks pemanfaatan tertentu. Sedangkan drainase perkotaan adalah ilmu drainase yang mengkhususkan pengkajian pada kawasan perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi lingkungan fisik dan lingkungan social budaya yang ada di kawasan kota tersebut. (Drainase Perkotaan, 2006)

2.11.1 Ketentuan Umum

Perencanaan system drainase jalan didasarkan kepada keberadaan air permukaan dan bawah permukaan, sehingga perencanaan drainase jalan dibagi menjadi dua yaitu :

- a. Sistem drainase permukaan jalan
- b. Sistem drainase bawah permukaan jalan

Namun perencanaan kedua jenis drainase di atas harus memiliki keterpaduan tujuan agar perencanaan drainase tercapai. (Perencanaan Sistem Drainase Jalan Departemen Pekerjaan Umum, 2006).

Langkah umum perencanaan system drainase jalan (lihat gambar 2.42):

- a. Perencanaan dimulai dengan memplot rute jalan yang akan ditinjau di peta topografi yang akan menentukan batas – batas daerah layanan maupun data – data lain untuk mengenal/mengetahui daerah layanan,

sehingga dapat diperkirakan kebutuhan penempatan bangunan drainase penunjang, menentukan penempatan awal bangunan seperti saluran samping jalan, fasilitas penahan air hujan dan bangunan pelengkap. (lihat gambar 2.42)

- b. Perencanaan system drainase jalan harus memperhatikan pengaliran air yang ada di permukaan (drainase permukaan) maupun yang ada di bawah permukaan.

Perencanaan – perencanaan tersebut harus mengikuti ketentuan teknis yang ada tanpa mengganggu stabilitas konstruksi jalan.



Gambar 2.42 Skema Perencanaan Sistem Drainase Jalan

(Perencanaan Sistem Drainase Jalan Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

2.11.2 Sistem Drainase Permukaan Jalan

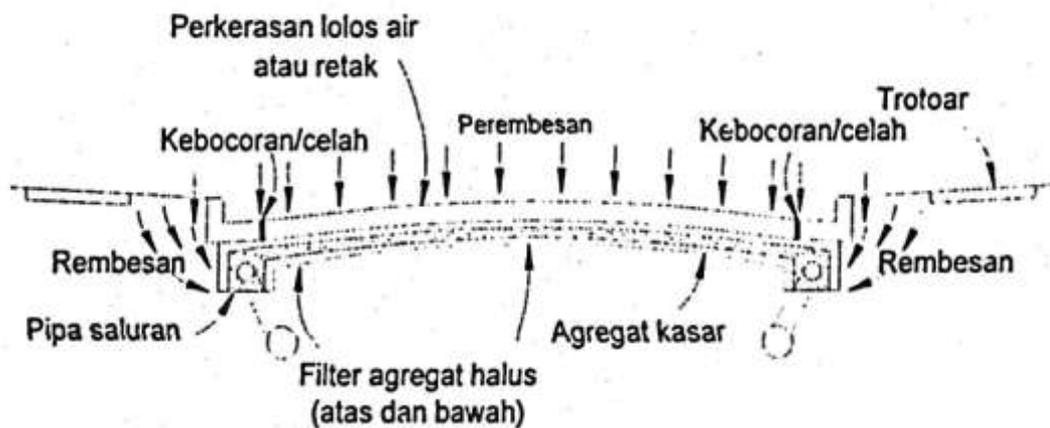
Sistem drainase permukaan berfungsi untuk mengendalikan limpasan air hujan di permukaan jalan dan dari daerah sekitarnya agar tidak merusak konstruksi jalan, seperti kerusakan karena air banjir yang melimpas di atas perkerasan jalan atau kerusakan pada badan jalan akibat erosi. Sistem drainase jalan harus memperhitungkan debit pengaliran dari saluran samping jalan yang memanfaatkan saluran samping jalan tersebut

untuk menuju badan air atau resapan buatan.



Gambar 2.43 Tipikal Sistem Drainase Jalan

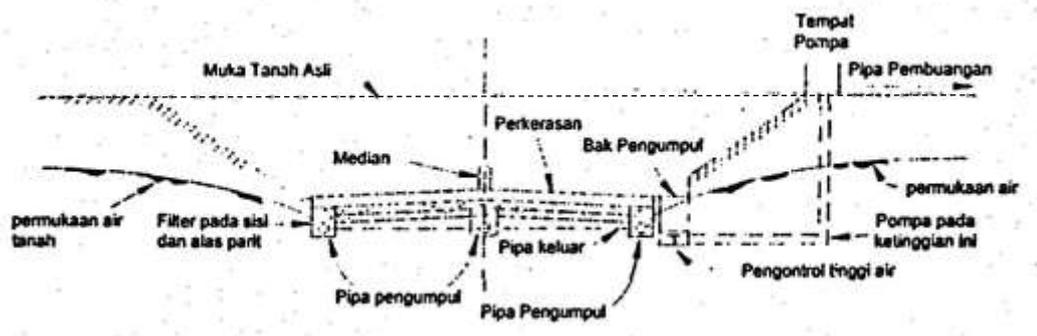
Suatu system drainase jalan pada daerah yang memiliki perkerasan yang bersifat lolos air ataupun retak yang memungkinkan air untuk terserap ke dalam badan jalan, maka system drainase yang digunakan seperti pada gambar 2.44.



Gambar 2.44 Sistem Drainase yang diberlakukan pada kondisi infiltrasi tinggi (Perencanaan Sistem Drainase Jalan Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

2.11.3 Sistem Drainase Bawah Permukaan

Drainase bawah permukaan bertujuan untuk menurunkan muka air tanah dan mencegah serta membuang air infiltrasi dari daerah sekitar jalan dan permukaan jalan atau air yang naik dari *subgrade* jalan.



Gambar 2.45 Tipikal Drainase untuk Muka Air Rendah

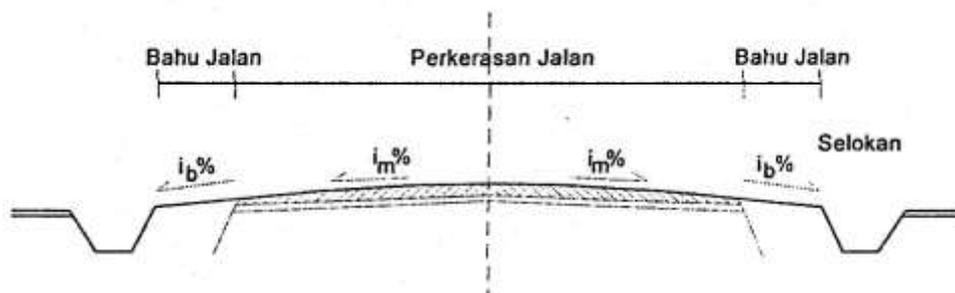
(Perencanaan Sistem Drainase Jalan Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

2.11.4 Kemiringan Melintang Perkerasan dan Bahu Jalan

Kemiringan melintang harus memenuhi ketentuan yang diuraikan berikut ini :

- a. Pada daerah yang datar dan lurus

Kemiringan perkerasan dan bahu jalan mulai dari tengah perkerasan (as jalan) menurun atau melandai ke arah saluran drainase jalan. (lihat Gambar 2.46)



Keterangan :
 i_m kemiringan melintang perkerasan jalan
 i_b kemiringan bahu ($i_m+2\%$)

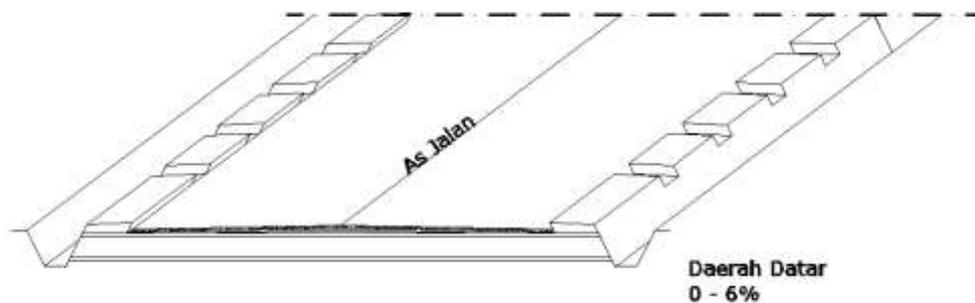
Gambar 2.46 Kemiringan Melintang Normal Pada Daerah Datar dan Lurus

Besarnya kemiringan bahu jalan biasanya diambil 2% lebih besar dari pada kemiringan permukaan jalan. Kemiringan melintang normal pada perkerasan jalan dapat dilihat pada Tabel 2.28.

Tabel 2.28 Kemiringan Melintang Perkerasan dan Bahu Jalan

No.	Jenis Lapisan Perkerasan Jalan	Kemiringan Melintang Im (%)
1.	Aspal, Beton	2 – 3
2.	Japat (Jalan yang dipadatkan)	2 – 4
3.	Kerikil	3 – 6
4.	Tanah	4 – 6

Pada bahu jalan yang terbuat dari tanah lempung atau lanau dan tidak diperkeras, untuk mempercepat pengaliran air hujan agar tidak meresap ke dalam bahu jalan, dibuat saluran – saluran kecil yang melintang bahu jalan. (Gambar 2.47)

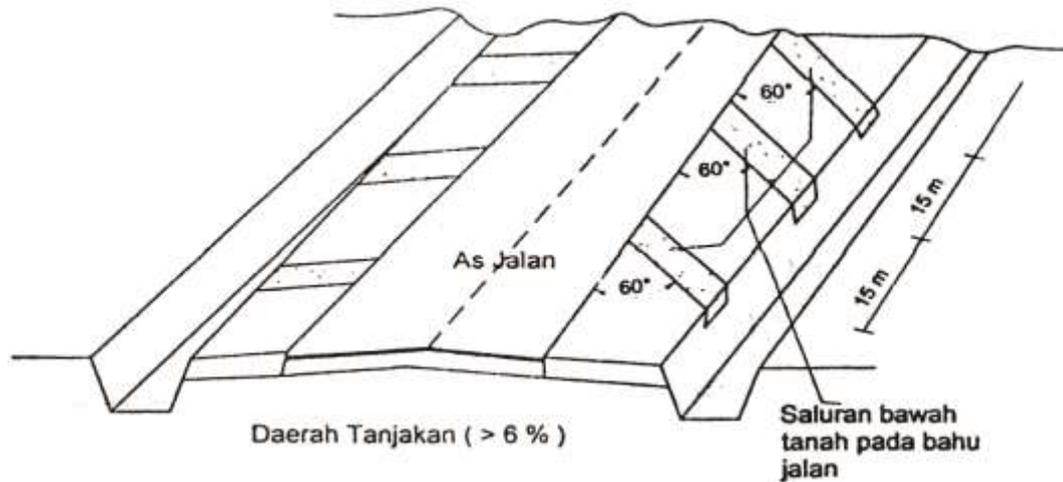


Gambar 2.47 Drainase Melintang pada Bahu Jalan

(Perencanaan Sistem Drainase Jalan Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

b. Daerah jalan yang lurus pada tanjakan atau turunan

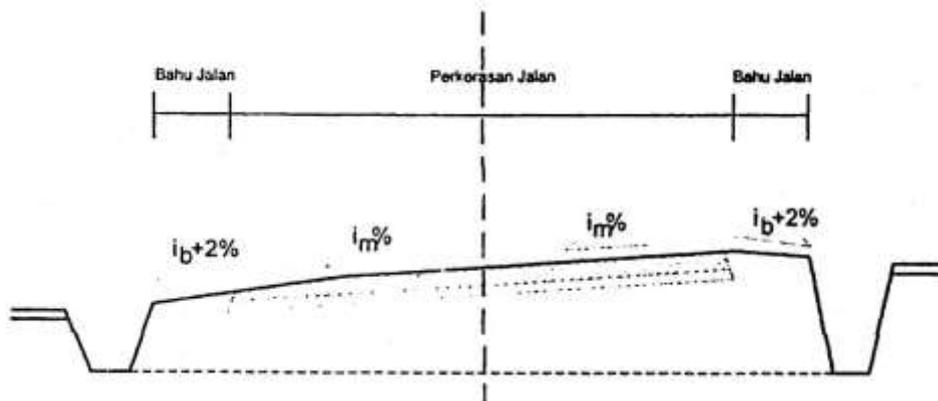
Perlu dibuat suatu saluran *inlet* dengan sudut kemiringan $\pm 60^\circ - 70^\circ$ agar aliran air dapat mengalir ke drainase walaupun tidak seluruhnya. Untuk menghindari perkerasan jalan tidak rusak oleh aliran air hujan, maka pada badan jalan, pada jarak tertentu dibuat saluran kecil melintang bahu jalan.



Gambar 2.48 Drainase Bahu Jalan di daerah tanjakan/turunan
(Perencanaan Sistem Drainase Jalan Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

c. Pada daerah tikungan

Harus mempertimbangkan kebutuhan kemiringan jalan menurut persyaratan alinyemen horizontal jalan (menurut ketentuan yang berlaku). Kemiringan perkerasan jalan harus dimulai dari sisi luar tikungan menurun atau melandai kesisi dalam tikungan. Besarnya kemiringan pada daerah ini ditentukan oleh nilai maksimum dari kebutuhan kemiringan alinyemen horizontal atau kebutuhan kemiringan menurut keperluan drainase. Kedalaman saluran ditepi luar jalan pada tikungan harus memperhatikan kesesuaian rencana pengaliran system drainase saluran tersebut.



Gambar 2.49 Kemiringan Melintang pada daerah tikungan

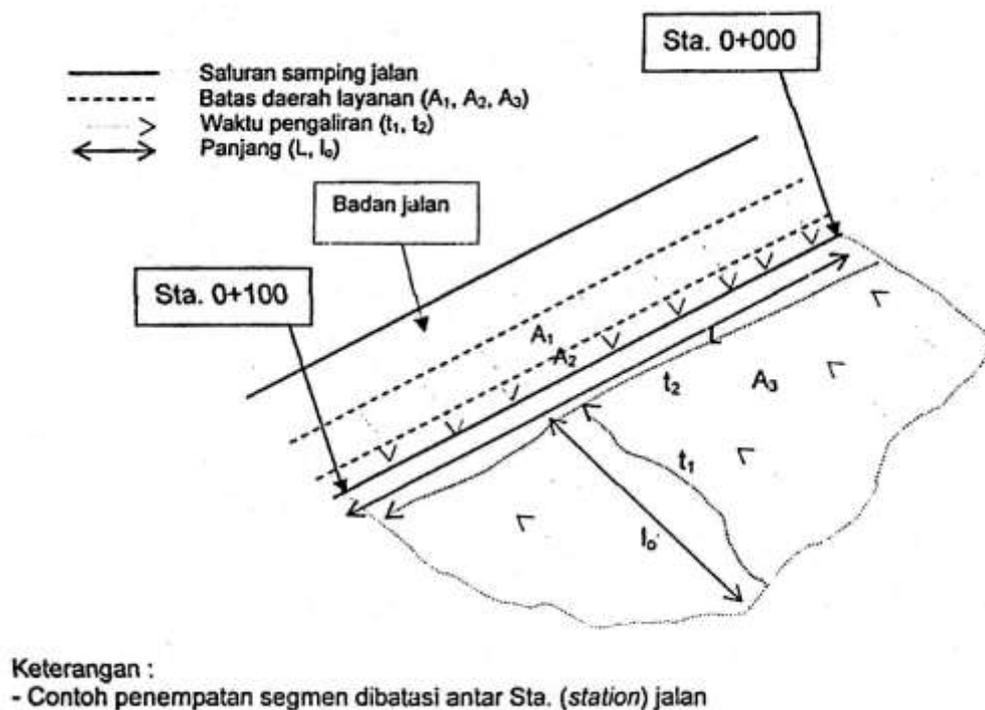
2.11.5 Ketentuan Teknis Drainase Permukaan

Hal – hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan drainase permukaan diuraikan dibawah ini:

- a. Plot rute jalan di peta topografi (L)
 - 1) Plot rute jalan rencana pada topografi diperlukan untuk mengetahui gambaran topografi atau daerah kondisi sepanjang trase jalan yang akan dilalui dapat dipelajari.
 - 2) Kondisi terrain diperlukan untuk menentukan bentuk dan kemiringan yang akan mempengaruhi pola aliran.
- b. Inventarisasi data bangunan drainase (gorong-gorong, jembatan, dll.)
Eksisting meliputi lokasi, dimensi, arah aliran pembuangan dan kondisi data ini digunakan agar perancangan sistem drainase jalan tidak mengganggu sistem drainase yang telah ada.
- c. Segmen panjang segmen saluran(L)
Penentuan panjang segmen saluran (L) didasarkan pada:
 - 1) Kemiringan jalan disarankan saluran mendekati kemiringan jalan.
 - 2) Adanya tempat buangan air seperti badan air (misalnya sungai dan waduk
 - 3) Langkah coba-coba sehingga dimensi saluran paling ekonomis
- d. Luas Daerah Layanan(A)
 - 1) Perhitungan luas daerah layanan didasarkan pada panjang segmen jalan yang ditinjau.
 - 2) Luas daerah layanan (A) untuk saluran samping jalan perlu diketahui agar dapat diperkirakan daya tampungnya terhadap curah hujan atau untuk memperkirakan volume limpasan permukaan yang akan ditampung saluran samping jalan.
 - 3) Luas daerah layanan terdiri atas luas setengah badan jalan (A_1), luas bahu jalan (A_2) dan luas daerah disekitar (A_3).
 - 4) Batasan luas daerah layanan tergantung dari daerah sekitar dan topografi dan daerah sekelilingnya. Panjang daerah pengaliran yang diperhitungkan terdiri atas setengah lebar badan jalan (l_1) lebar bahu

jalan(l_2) dan daerah sekitar (l_3) yang terbagi atas daerah perkotaan yaitu ± 10 m dan untuk daerah luar kota yang didasarkan pada topografi daerah tersebut.

- 5) Jika diperlukan, pada daerah perbukitan, direncanakan beberapa saluran untuk menampung limpasan dari daerah bukit dengan batas daerah layanan adalah puncakbukit tersebut tanpa merusak stabilisasi lereng. Sehingga saluran tersebut hanya menenampung air dari luas daerah layanan daerah sekitar(A_3).



Gambar 2.50 Daerah Pengaliran Saluran Samping Jalan
(Perencanaan Sistem Drainase Jalan Departemen Pekerjaan Umum, 2006).

e. Koefisien pengaliran (C)

Koefisien pengaliran (C) dipengaruhi kondisi permukaan tanah (tata guna lahan) pada daerah layanan dan kemungkinan perubahan tata guna lahan. Angka ini akan mempengaruhi debit yang mengalir, sehingga dapat diperkirakan daya tampung saluran. Untuk itu diperlukan peta topografi dan melakukan survei lapangan agar corak

topografi di daerah proyek dapat lebih diperjelas.

Diperlukan pula jenis sifat erosi dan tanah pada daerah sepanjang trase jalan rencana, antara lain tanah dengan *permeabilitas* tinggi (sifat lulus air) atau tanah dengan tingkat erosi permukaan. Secara visual akan nampak pada daerah yang menunjukkan alur-alur pada permukaan. (Perencanaan Sistem Drainase Jalan Departemen Pekerjaan Umum, 2006).

2.11.6 Analisa Hidrologi

a. Data curah hujan

- 1) Merupakan data curah hujan harian maksimum dalam setahun dinyatakan dalam mm/hari. Data curah hujan ini diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) yaitu stasiun curah hujan yang terletak pada daerah layanan saluran samping jalan.
- 2) Jika daerah layanan tidak memiliki data curah hujan, maka dapat digunakan data dari stasiun diluar daerah layanan yang dianggap masih dapat mewakili. Jumlah data curah hujan yang diperlukan minimal 10 tahun terakhir.

b. Periode ulang

Karakteristik hujan menunjukkan bahwa hujan yang besar tertentu mempunyai periode ulang tertentu. Periode ulang untuk pembangunan saluran drainase ditentukan 5 tahun, disesuaikan dengan peruntukannya. (Perencanaan Sistem Drainase Jalan Departemen Pekerjaan Umum, 2006).

c. Distribusi Probabilitas

Dalam analisis frekuensi data hujan atau data debit guna memperoleh nilai hujan rencana atau debit rencana, dikenal beberapa distribusi probabilitas kontinu yang sering digunakan, yaitu : Gumbel dan Log Person Type III. Penentuan jenis distribusi probabilitas yang sesuai dengan data dilakukan dengan mencocokkan parameter data tersebut dengan syarat masing – masing jenis distribusi seperti pada tabel 2.29

Tabel 2.29 Persyaratan Parameter Statistik suatu Distribusi

No.	Distribusi	Persyaratan
1	Gumbel	Cs = 1,14 Ck = 5,4
2	Normal	Cs = 0 Ck = 3
3	Log Normal	Cs = Cv ³ + 3Cv Ck = Cv ⁸ + 6Cv ⁶ + 15Cv ⁴ + 16Cv ² + 3
4	Log Person III	Selain dari Nilai di atas

(Sumber: Bambang T,2008)

a) Metode Gumbel

- Nilai Rata-rata (*mean*) Metode Gumbel

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n xi \dots\dots\dots(2.69)$$

- Standar Deviasi Metode Gumel

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^2} \dots\dots\dots(2.70)$$

- Curah Hujan Rancangan

$$x_T = \bar{x} + \frac{yt-yn}{\sigma n} Sd \dots\dots\dots(2.71)$$

Keterangan :

\bar{x} = Nilai rata-rata aritmatik hujan komulatif (mm)

Sd = Standar deviasi

Yt = *Reduced variate*

Yn = *Reduced mean* yang tergantung jumlah sample / data n

Sn = *Reduced standar deviation* yang tergantung pada jumlah sample / data n

n = Jumlah data

b) Metode Log Pearson

- 1) Nilai Rata-rata (mean) Metode Log Pearson

$$\bar{x} = \frac{\Sigma \log x}{n} \dots\dots\dots(2.72)$$

2) Standar Deviasi Log Pearson

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (\log xi - \overline{\log x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.73)$$

3) Koefisien Kemencengan Metode Log Pearson

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)s^3} \sum_{i=1}^n (\log xi - \overline{\log x})^2 \dots\dots\dots(2.74)$$

4) Curah Hujan Rancangan

$$\log x = \overline{\log X} + (G \times Sd) \dots\dots\dots(2.75)$$

$$X = \text{ArcLog} . (\text{Log X}) \dots\dots\dots(2.76)$$

Keterangan :

\bar{x} = Nilai rata-rata aritmatik hujan komulatif (mm)

Log X = Logaritma dari variable dengan jangka waktu ulang N tahun

G = Faktor kurva asimetris

Sd = Standar Deviasi

Cs = Koefisien kemencengan

X = Curah hujan rancangan

n = Jumlah data

d. Intensitas Curah Hujan

Adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Intensitas curah hujan (I) mempunyai satuan mm/jam, berarti tinggi air persatuan waktu, misalnya mm dalam kurun waktu menit, jam, atau hari. (Perencanaan Sistem Drainase Jalan Departemen Pekerjaan Umum, 2006).

e. Debit aliran air

Untuk menghitung debit aliran air (Q) menggunakan Rumus:

$$Q = 0,27 C.I.A \dots\dots\dots(2.77)$$

Keterangan :

Q = debit aliran air ($m^3/detik$)

C = koefisien pengaliran rata-rata dari C_1, C_2, C_3

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

A = luas daerah layanan (km) terdiri atas A_1, A_2, A_3

(Perencanaan Sistem Drainase Jalan Departemen Pekerjaan Umum, 2006).

f. Waktu Konsentrasi (T_c)

Waktu terpanjang menyalurkan aliran yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan air secara simultan (*runoff*) setelah melewati titik-titik tertentu. Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan rumus di bawah ini.

$$T_c = t_1 + t_2 \text{ atau } T_c = t_o + t_d \dots\dots\dots(2.78)$$

$$t_1 = (2/3 \times 3,28 \times l_o \times \frac{nd}{V_s})^{0,167} \dots\dots\dots(2.79)$$

$$t_2 = \frac{L}{60 v} \dots\dots\dots(2.80)$$

Dengan Pengertian :

T_c = waktu konsentrasi (menit)

t_1/t_o = waktu untuk mencapai awal saluran dari titik terjauh (menit)

t_2/t_d = waktu aliran saluran sepanjang L dari ujung saluran (menit)

l_o = jarak titik terjauh kefasilitas drainase (m)

L = panjang saluran (m)

N_d = koefisien hambatan

I_s = kemiringan saluran memanjang

V = kecepatan air rata-rata pada saluran drainase ($m/detik$)

Koefisien hambatan (Drag Coefficient) adalah besaran dimensi yang digunakan untuk mengukur drag atau hambatan dari obyek dalam lingkungan fluida seperti udara atau air.

Tabel 2.30 Koefisien Hambatan (nd) Berdasarkan Kondisi Permukaan

No	Kondisi lapis permukaan	Nd
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan licin dan kedap air	0,020
3	Permukaan licin dan kokoh	0,100
4	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,200
5	Padang rumput dan rerumputan	0,400
6	Hutan gundul	0,600
7	Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hampan	0,800

(Sumber: *Perencanaan Sistem Drainase Jalan Departemen Pekerjaan Umum, 2006*).

g. Faktor Limpasan (fk)

Merupakan faktor atau angka yang dikalikan dengan koefisien runoff biasa dengan tujuan agar kinerja saturan tidak melebihi kapasitasnya akibat daerah pengatiran yang terlalu luas. Harga faktor limpasan (fk) disesuaikan dengan kondisi permukaan tanah, seperti pada tabel 2.31.

Tabel 2.31 Koefisien Pengaliran (C) dan Faktor Limpasan(fk)

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran(C)	Fakor Limpasan(fk)
	Bahan		
1	Jalan beton dan jalana spal	0,70–0,95	
2	Jalan krikil dan jalan tanah	0,40–0,70	
3	Bahu jalan:		
	Dari tanah berbutir halus	0,40–0,65	
	Dari tanah berbutir kasar	0,10–0,20	
	Dari batuan masif keras	0,70–0,85	
	Dari batuan masif lunak	0,60–0,75	
	Tata Guna Lahan		
1	Daerah perkotaan	0,70–0,95	2,0

2	Daerah pinggiran kota	0,60–0,70	1,5
3	Daerah industry	0,60–0,90	1,2
4	Pemukiman padat	0,40–0,60	2,0
5	Pemukiman tidak padat	0,40–0,60	1,5
6	Tamandan kebun	0,45–0,60	0,2
7	Persawahan	0,70–0,80	0,5
8	Perbukitan	0,70–0,80	0,4
9	Pegunungan	0,75–0,90	0,3

(Sumber: Perencanaan Sistem Drainase Jalan Departemen Pekerjaan Umum, 2006).

Keterangan:

- Harga koefisien pengaliran(C) untuk daerah datar diambil nilai C yang terkecil dan untuk daerah lereng diambil nilai C yang besar.
- Harga faktor limpasan (Fk) hanya digunakan untuk guna lahan sekitar saluran selain bagian jalan

Bila daerah pengaliran atau daerah layanan terdiri dari beberapa tipe kondisi permukaan yang mempunyai nilai C yang berbeda, harga C rata-rata ditentukan dengan persamaan berikut.

$$C = \frac{C1.A1+C2.A2+C3.A3}{A1+A2+A3} \dots\dots\dots(2.81)$$

Keterangan :

C1,C2,C3 = koefisien pengaliranyang sesuai dengan tipe kondisi permukaan

A1,A2,A3 = luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan Kondisi permukaan

fk = faktor limpasan sesuai guna lahan

2.11.7 Kriteria Perencanaan Saluran Terbuka

- Perencanaan saluran terbuka secara hidrolika, jenis aliran yang terjadi adalah aliran terbuka (*open channel*), yaitu pengaliran air dengan permukaan bebas. Perencanaan ini digunakan untuk perencanaan saluran samping jalan maupun gorong – gorong.
- Bahan bangunan saluran ditentukan oleh besarnya kecepatan rencana

aliran air yang mengalir di saluran samping jalan tersebut. (lihat tabel 2.32).

Tabel 2.32 Kecepatan Aliran Air yang Dizinkan

No	Jenis Material	V izin(m/dt)
1	Pasir halus	0,45
2	Lempung kepasiran	0,50
3	Lanau alluvial	0,60
4	Krikilh alus	0,75
5	Lempung kokoh	0,75
6	Lempung padat	1,10
7	Krikil kasar	1,20
8	Batu-batu besar	1,50
9	Pasangan batu	1,50
10	Beton	1,50
11	Beton bertulang	1,50

(Sumber: Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

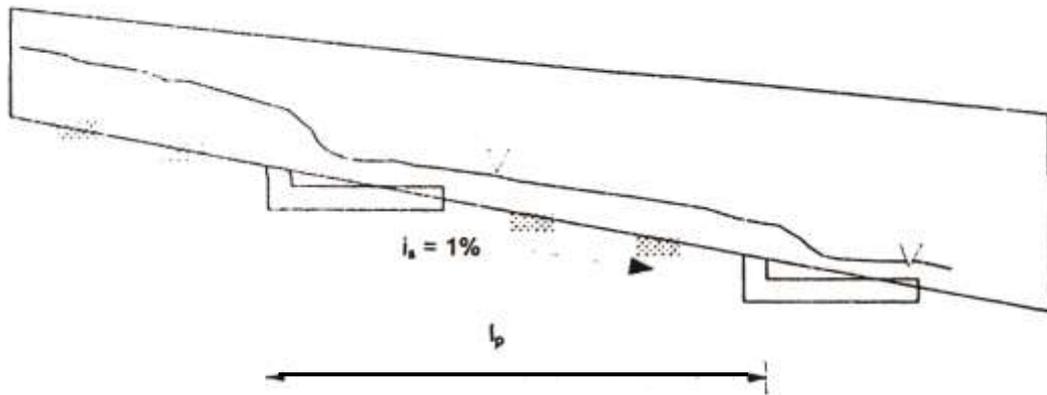
- c. Kemiringan Saluran ditentukan berdasarkan bahan yang digunakan. Hubungan antara bahan yang digunakan dengan kemiringan saluran arah memanjang dapat dilihat pada tabel 2.33.

Tabel 2.33 Kemiringan Saluran

No	Jenis Material	Kemiringan saluran (Is %)
1	Tanah Asli	0 – 5
2	Kerikil	5 – 7,5
3	Pasangan	7,5

(Sumber: Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

- d. Pematah Arus untuk mengurangi kecepatan aliran diperlukan untuk saluran yang panjang dan mempunyai kemiringan cukup besar (lihat gambar 2.51). Pemasangan jarak pematah arus (I_p) harus sesuai tabel 2.34



Gambar 2.51 Pematah Arus

Tabel 2.34 Hubungan Kemiringan Saluran (i_s) dan Jarak Pematah Arus (l_p)

i_s %	6	7	8	9	10
l_p %	16	10	8	7	6

(Sumber: Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

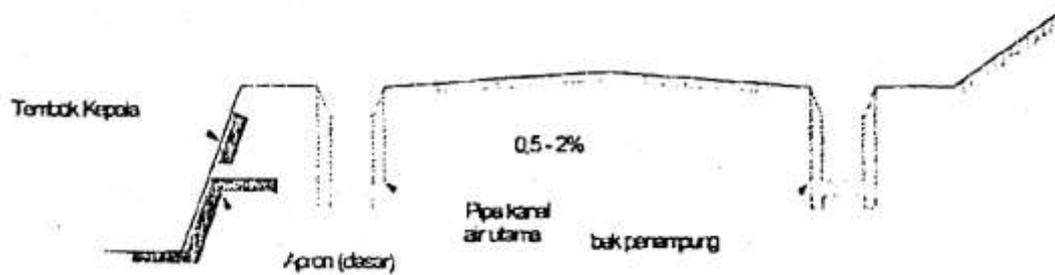
- e. Penampang Minimum Saluran 0,50 m²
(Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

2.11.8 Gorong – Gorong

Ditempatkan melintang jalan yang berfungsi untuk menampung air darihulu saluran drainase dan mengalirkannya, dengan dimensi yang harus cukup besar untuk melewatkan debit air secara maksimum dari daerah pengaliran secara efisien. Harus dibuat dengan tipe permanen. dalam perencanaan dan pelaksanaan gorong-gorong terdiri dari tiga konstruksi utama, yaitu :

- 1) Pipa kanal air utama yang berfungsi untuk mengalirkan air dari bagian hulu ke bagian hilir secara langsung
- 2) Apron (dasar) dibuat pada tempat masuk untuk mencegah terjadinya erosi dan dapat berfungsi sebagai dinding penyekat lumpur.
- 3) Bak penampung diperlukan pada kondisi :
 - a) pertemuan antara gorong – gorong dan saluran tepi

b) pertemuan lebih dari dua arah aliran.



Gambar 2.52 Bagian Konstruksi Gorong – gorong

- 4) Jarak gorong – gorong pada daerah datar maksimum 100 meter. Untuk daerah pegunungan besarnya dua kali lebih besar
- 5) Kemiringan gorong – gorong antara 0,5% - 2% dengan pertimbangan faktor – faktor lain yang dapat mengakibatkan terjadinya pengendapan erosi ditempat air masuk dan pada bagian pengeluaran.
- 6) Tipe dan bahan gorong gorong yang permanen dengan desain umur rencana untuk periode ulang atau kala ulang hujan untuk perencanaan gorong – gorong disesuaikan dengan fungsi jalan tempat gorong – gorong berlokasi :
 - a) Jalan tol : 25 tahun
 - b) Jalan Arteri : 10 tahun
 - c) Jalan Kolektor : 7 tahun
 - d) Jalan Lokal : 5 tahun
- 7) Untuk daerah – daerah yang berpasir, bak control dibuat/direncanakan sesuai dengan kondisi setempat.
- 8) Perhitungan dimensi gorong – gorong mengambil asumsi sebagai saluran terbuka. Perhitungan dimensi gorong – gorong harus memperkirakan debit – debit yang masuk gorong – gorong tersebut.
- 9) Dimensi Gorong – gorong minimum diameter 80 cm
- 10) Kecepatan Minimum dalam gorong – gorong 0,7 m/detik agar tidak terjadi sedimentasi.
- 11) Kecepatan maksimum yang keluar dari gorong – gorong, untuk

berbagai macam kondisi material saluran di hilir gorong – gorong agar tidak terjadi erosi pada saluran ditunjukkan pada tabel 2.35

Tabel 2.35 Kecepatan Maksimum Gorong – Gorong yang diijinkan

Kondisi material Dasar Saluran	V Maksimum, Vg (m/detik)
Lumpur	< 0,3
Pasir Halus	< 0,3
Pasir Kasar	0,4 – 0,6
Gravel	
U > 6 mm	0,6 – 0,9
U > 25 mm	1,3 – 1,5
U > 100 mm	2,0 – 3,0
Lempung	
Lunak	0,3 – 0,6
Kenyal	1,0 – 1,2
Keras	1,5 – 2,0
Batu – Batuan	
0 > 150 mm	2,5 – 3,0
0 > 300 mm	4,0 – 5,0

(Sumber: Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

- 12) Kecepatan keluaran rata – rata yang melebihi kecepatan maksimum yang diijinkan seperti pada tabel 2.35 Diatas ini maka harus diberikan beberapa jenis perlindungan keluaran atau dengan bangunan peredam energy ataupun pencegah erosi pada daerah hilir gorong – gorong.

- 13) Faktor utama yang mempengaruhi kecepatan keluaran adalah kemiringan dan kekasaran gorong – gorong.
- 14) Hidrolik Gorong – gorong, ukuran dan jenis gorong – gorong dipilih sesudah ditentukan :
 - a) Debit yang direncanakan
 - b) Lokasi gorong – gorong
- 15) Jarak antara gorong – gorong bulat berganda, penggunaan gorong – gorong bulat berganda, jarak antara gorong – gorong dibuat agar adukan pasangan atau beton dapat dengan mudah dikerjakan.
- 16) Penentuan tebal bantalan dan urugan, tebal bantalan untuk pemasangan gorong – gorong tergantung pada kondisi tanah dasar dan berat gorong – gorong dan beban yang dikerjakan di atasnya. Bantalan dapat dibuat dari :
 - a) Beton non struktural
 - b) Pasir UrugUrugan minimum di atas gorong – gorong yang diijinkan tergantung dari kekuatan ijin bahan konstruksi gorong – gorong dan beban yang bekerja di atasnya.
- 17) Tembok Kepala (*head wall*) dan tembok sayap (*wing wall*), pemasangan tembok sayap dan kepala pada gorong – gorong dimaksudkan untuk melindungi gorong – gorong dari bahaya longsoran tanah yang terjadi di atas dan samping gorong – gorong akibat adanya erosi air atau beban lalu lintas yang berada di atas gorong – gorong.

2.11.9 Komponen Perhitungan Penampang Saluran

Komponen penampang saluran yang diperhitungkan ditunjukkan pada tabel 2.36

Tabel. 2.36 Komponen Penampang Saluran

Komponen	Jenis Penampang	
	Trapesium	Segi Empat
Dimensi		
Lebar atas (b)	$b + 2 \times Z$ (7)	B
Tinggi Muka Air (h)	H	H
Faktor Kemiringan (Z)	1:1 $\rightarrow z = h$ 1:1,5 $\rightarrow z = 1,5h$ 1:2 $\rightarrow z = 2h$	-
Penampang Basah		
Luas (F)	$(b + z) \times h$ (8)	$b \times h$ (9)
Keliling (P)	$b + 2 \times h\sqrt{(1 + z^2)}$ (10)	$b + 2 \times h$ (11)
Jari – Jari Hidrolis (R)	$\frac{(b+z) \times h}{b+2h\sqrt{(1+z^2)}}$ (12)	$\frac{b \times h}{b+2h}$ (13)
Kecepatan (V)	$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2}$ (14)	Rumus no. (14)
Debit (Qs)	$F \times V$ (15)	Rumus no. (15)

(Sumber: Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

Keterangan :

A=Luas penampang melintang (m^2)

b=lebar saluran (m)

p=keliling basah (m)

T=lebar puncak (m)

Y=kedalaman saluran yang tergenang air (m)

D=kedalaman hidrolis (m)

V=kecepatan rata-rata aliran (m/dt)

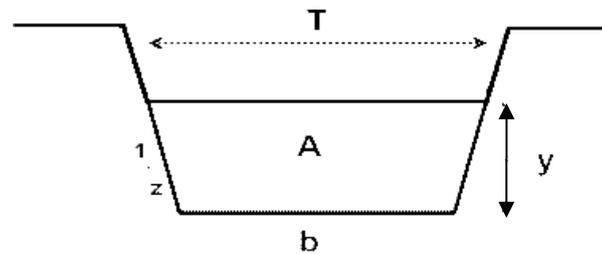
I=kemiringan dasar saluran

Q =debit aliran air ($m^3/detik$)

Z =perbandingan kemiringan talud

W =tinggi jagaan (m)

h = tinggi muka air (m)



Gambar 2.53 Saluran dengan Bentuk Trapesium

2.12 Manajemen Proyek

Tujuan manajemen rekayasa pada umumnya dipandang sebagai pencapaian suatu sasaran tunggal dan dengan jelas terdefiniskan. Dalam rekayasa sipil, pencapaian sasaran itu saja tidak cukup karena banyak sasaran penting lainnya yang juga harus dapat dicapai. Sasaran ini dikenal sebagai sasaran sekunder dan bersifat kendala (*constraint*).

Pelaksanaan proyek konstruksi berorientasi pada penyelesaian proyek sedemikian rupa sehingga jumlah sumber daya yang digunakan dalam pelaksanaan proyek berada pada posisi minimum. Aspek penting ini dapat dicapai melalui penggunaan teknik manajemen yang baik, yang mencakup :

- a. Pembentukan situasi dimana keputusan yang mantap dapat diambil pada tingkat manajemen yang paling rendah dan mendelegasikan kepada mereka yang mampu.
- b. Memotivasi orang – orang untuk memberikan yang terbaik dalam batas kemampuannya dengan menerapkan hubungan manusiawi.
- c. Pembentukan semangat kerja sama kelompok dalam organisasi sehingga fungsi organisasi dapat berjalan secara utuh.
- d. Penyediaan fasilitas yang memungkinkan orang – orang yang terlibat dalam proyek meningkatkan kemampuan dan cakupannya.

(Wulfram I Ervianto, 2002).

2.12.1 Harga Satuan Pekerjaan

Yang dimaksud dengan Harga Satuan Pekerjaan ialah, jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat di pasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja didapatkan di lokasi dikumpulkan dan dicatat dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah.

Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di setiap daerah berbeda – beda. Jadi dalam menghitung dan menyusun Anggaran Biaya suatu bangunan/proyek, harus berpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di pasaran dan lokasi pekerjaan. (H. Bachtiar Ibrahim, 1993).

a. Analisa Bahan

Yang dimaksud dengan analisa bahan suatu pekerjaan ialah menghitung banyaknya/volume masing – masing bahan, serta besarnya biaya yang dibutuhkan. (H. Bachtiar Ibrahim, 1993).

b. Analisa Upah

Yang dimaksud dengan analisa upah suatu pekerjaan ialah, menghitung banyaknya tenaga yang diperlukan, serta besarnya biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan tersebut.

(H. Bachtiar Ibrahim, 1993).

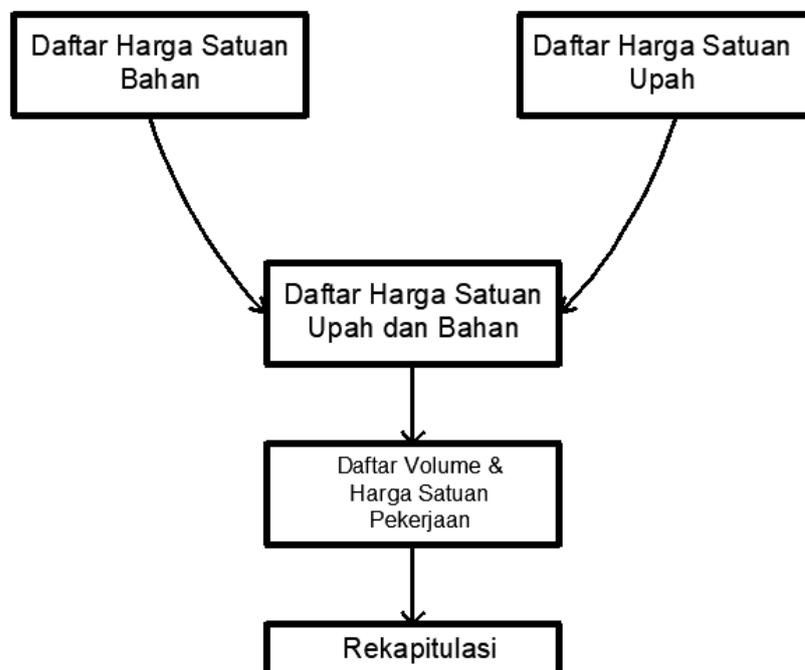
2.12.2 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Kegiatan estimasi dalam proyek konstruksi dilakukan dengan tujuan tertentu tergantung dari siapa/pihak yang membuatnya. Pihak *owner* membuat estimasi dengan tujuan untuk mendapatkan informasi sejelas – jelasnya tentang biaya yang harus disediakan untuk merealisasikan proyeknya, hasil estimasi ini disebut OE (*Owner Estimate*) atau EE (*Engineer Estimate*). Pihak kontraktor membuat estimasi dengan tujuan untuk kegiatan penawaran terhadap proyek konstruksi.

Kontraktor akan memenangkan lelang jika penawaran yang diajukan mendekati OE (*Owner Estimate*) atau EE (*Engineer Estimate*), kisaran yang masih dapat diterima oleh *owner* akan dibahas dalam bab tersendiri tentang

lelang. Dalam menentukan harga penawaran, kontraktor harus memasukkan aspek – aspek lain yang sekiranya berpengaruh terhadap biaya proyek nantinya. Tahap – tahap yang sebaiknya dilakukan untuk menyusun anggaran biaya adalah berikut :

- a. Melakukan pengumpulan data tentang jenis, harga serta kemampuan pasar menyediakan bahan/material konstruksi secara kontinu.
- b. Melakukan pengumpulan data tentang upah bekerja yang berlaku di daerah lokasi proyek dan atau upah pada umumnya jika pekerja didatangkan dari luar daerah lokasi proyek.
- c. Melakukan perhitungan analisa bahan dan upah dengan menggunakan analisa yang diyakini baik oleh si pembuat anggaran. Dalam tulisan ini, digunakan perhitungan berdasarkan analisa BOW (*Burgerijke Openbare Werken*).
- d. Melakukan perhitungan harga satuan pekerjaan dengan memanfaatkan hasil analisa satuan pekerjaan dan daftar kuantitas pekerjaan.
- e. Membuat rekapitulasi.



Gambar 2.54 Tahap Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB)
(Wulfram I Ervianto, 2002).

2.12.3 Rencana Kerja

Sebelum pelaksanaan kegiatan proyek konstruksi dimulai, biasanya didahului dengan penyusunan rencana kerja waktu kegiatan yang disesuaikan dengan metoda konstruksi yang akan digunakan. Pihak pengelola proyek melakukan kegiatan pendataan lokasi proyek guna mendapatkan informasi detail untuk keperluan penyusunan rencana kerja. Dalam penyusunan rencana kerja, perlu dipertimbangkan beberapa hal sebagai berikut :

- a. Keadaan lapangan lokasi proyek, hal ini dilakukan untuk memperkirakan hambatan yang mungkin timbul selama pelaksanaan pekerjaan.
- b. Kemampuan tenaga kerja, informasi detail tentang jenis dan macam kegiatan yang berguna untuk memperkirakan jumlah dan jenis tenaga kerja yang harus disediakan.
- c. Pengadaan material konstruksi, harus diketahui dengan pasti macam, jenis dan jumlah material yang diperlukan untuk pelaksanaan pembangunan. Pemilahan jenis material yang akan digunakan harus dilakukan di awal proyek, kemudian dipisahkan berdasarkan jenis material yang memerlukan waktu untuk pengadaan, misalnya material pabrikasi biasanya tidak dapat dibeli setiap saat, tetapi memerlukan sejumlah waktu untuk kegiatan proses produksi. Hal ini penting untuk membuat jadwal rencana pengadaan material konstruksi.
- d. Pengadaan alat pembangunan, untuk kegiatan yang memerlukan peralatan pendukung pembangunan harus dapat dideteksi secara jelas. Hal ini berkaitan dengan pengadaan peralatan. Jenis, kapasitas, kemampuan dan kondisi peralatan harus disesuaikan dengan kegiatannya.
- e. Gambar kerja, selain gambar rencana, pelaksanaan proyek konstruksi memerlukan gambar kerja untuk bagian – bagian tertentu/khusus. Untuk itu perlu dilakukan pendataan bagian –

bagian yang memerlukan gambar kerja.

- f. Kontinuitas pelaksanaan pekerjaan, dalam penyusunan rencana kerja, faktor penting yang harus dijamin oleh pengelola proyek adalah kelangsungan dari susunan rencana kegiatan setiap item pekerjaan.

(Wulfram I Ervianto, 2002).

2.12.4 Jenis – Jenis Rencana Kerja

a. Barchart

Bar charts adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal. Kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat terlihat dengan jelas, sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang. Proses penyusunan diagram batang dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

- 3) Daftar item kegiatan : yang berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.
- 4) Urutan Pekerjaan : dari daftar item kegiatan tersebut di atas, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan lebih dahulu dan item kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian, dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan secara bersamaan.
- 5) Waktu pelaksanaan Pekerjaan : jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan berakhir. Waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari penjumlahan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap item kegiatan.

(Wulfram I Ervianto, 2002).

b. Kurva S

Kurva S adalah hasil plot dari *Barchart*, bertujuan untuk mempermudah melihat kegiatan – kegiatan yang masuk dalam suatu jangka waktu pengamatan progress pelaksanaan proyek (Callahan, 1992). Definisi lain, kurva S adalah grafis yang dibuat dengan sumbu vertikal sebagai nilai kumulatif biaya atau penyelesaian (*progress*) kegiatan dan sumbu Horizontal sebagai waktu (Soeharto,1997). Kurva S dapat menunjukkan kemampuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai presentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Visualisasi kurva S memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkan terhadap jadwal rencana. (Husen, 2011).

Dari beberapa definisi diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa kegunaan dari kurva S adalah sebagai berikut :

- 1) Untuk menganalisa kemajuan/progress suatu proyek secara keseluruhan
- 2) Untuk mengetahui pengeluaran dan kebutuhan biaya pelaksanaan proyek
- 3) Untuk mengontrol penyimpangan yang terjadi pada proyek dengan membandingkan kurva S rencana dengan kurva S actual (Imam Soeharto,1998).

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

Network Planning digunakan untuk menyelesaikan suatu proyek yang hanya dilakukan sekali saja. Jadi harus dibuat NWP baru untuk setiap proyek yang akan diselesaikan, misalnya : pendirian rumah baru, perencanaan perjalanan, rescheduling urutan proses produksi dan sebagainya. Jadi digunakan dalam Tatalaksana Proyek. Haruslah dibedakan antara Tatalaksana Produksi :

- 1) Tatalaksana Proyek menyelesaikan hal khusus, hanya dilakukan sekali. Tatalaksana produksi menyelesaikan hal umum yang berulang

- ulang rutin.
- 2) Fasilitas – fasilitas yang digunakan untuk Tatalaksana Proyek, sekali dipakai sudah selesai. Fasilitas – fasilitas Tatalaksana Produksi, dapat digunakan untuk macam – macam tugas.
- 3) Bandingkan : membuat pakaian khusus dengan membuat pakaian kodian.

Keuntungan penggunaan NWP dalam Tatalaksana Proyek :

- 1) Merencanakan, scheduling dan mengawasi proyek secara logis.
 - 2) Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga mendetail dari proyek.
 - 3) Mendokumen dan mengkomunikasikan rencana scheduling (waktu), dan alternative – alternative lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya.
 - 4) Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur – jalur kritis (*critical path*) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.
- (Sofwan Badri, 1983).

Beberapa Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran Net Work Planning (NWP) :

- 1)  (Arrow) bentuknya merupakan anak panah yang artinya aktivitas/kegiatan : adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan “duration” (jangka waktu tertentu) dan “resources” (tenaga,equipment, material dan biaya) tertentu.
- 2)  (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan-kegiatan
- 3)  (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*).
- 4)  (*Dummy*), bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu adalah

bukan kegiatan/aktivitas tetapi dianggap kegiatan/aktivitas, hanya saja tidak membutuhkan duration atau resources tertentu.

(Sofwan Badri, 1983).