

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Perencanaan Geometrik Jalan

Perencanaan geometrik jalan adalah perencanaan *route* dari suatu ruas jalan secara lengkap, meliputi beberapa elemen yang disesuaikan dengan kelengkapan dan data dasar yang ada atau tersedia dari hasil survei lapangan dan telah dianalisis, serta mengacu pada ketentuan yang berlaku (Shirley L.Hendarsin,2000:88).

Perencanaan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan *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 perencanaan geometrik yang berlaku. Standar perencanaan tersebut, dibuat oleh Direktorat Jenderal Bina Marga (Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah-Kimpraswil) yang disesuaikan dengan klasifikasi jalan berdasarkan peruntukan jalan raya, yaitu :

- a. Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya No. 013/ 1990.
- b. Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, 1992.
- c. Peraturan Perencanaan Geometrik untuk Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997.

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 sebelumnya 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,
- Biaya pemeliharaan, dan sebagainya.

Peninjauan masalah dalam hal non-teknis biasanya banyak yang lebih rnengganggu dari pada faktor teknis. Sehingga pemikiran perancangan geometrik jalan jangan hanya dititik-beratkan kepada faktor teknis saja, faktor non-teknis tetap diperhatikan (Ir.Hamirhan Saodang,2010:20).

Dalam perencanaan jalan raya, pola dan bentuk geometrik harus direncanakan sedemikian rupa sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal kepada lalulintas sesuai dengan fungsinya. Dalam tinjauan pembangunan berkelanjutan, perencanaan geometrik adalah merupakan fase lanjutan dari langkah penyiapan suatu prasaran, jalan secara utuh, yang kemudian akan diikuti dengan serangkaian fase selanjutnya yang lebih menekankan pada langkah membangun struktur jalan sesuai dengan kriteria fungsional jalan.

2.1.1 Penentuan Trase

Penentuan lokasi dan perencanaan suatu trase jalan sampai pada batas-batas tertentu sangat dipengaruhi oleh keadaan fisik dan topografi serta peruntukan lahan yang dilaluinya. Keadaan tanah dasar dapat mempengaruhi lokasi dan bentuk trase dari suatu jalan, misalnya keadaan tanah dasar yang kurang baik dapat memaksa perencana untuk memindahkan trase jalan atau melakukan penimbunan yang tinggi, walaupun dalam kondisi tertentu dapat diatasi dengan cara tata alir drainase yang baik (Ir. Hamirhan Saodang,2010:47).

Keadaan iklim juga dapat mempengaruhi penetapan lokasi serta bentuk geometrik, misalnya pada daerah yang banyak hujan memaksa perencana untuk menggunakan lereng melintang perkerasan yang lebih besar daripada keadaan normal, juga dapat memaksa pelaksana membuat alinyemen yang jauh lebih tinggi daripada permukaan tanah asli. Dalam kondisi normal, penentuan trase jalan sekaligus pemetaannya dilapangan, tidak terlalu banyak memerlukan perbaikan tanah (*soil improvement*), sehingga hanya terbatas pada pekerjaan gali-timbun (*cut and fill*) saja.

Permen PU No.19 Tahun 2011 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan, penentuan pemilihan trase dipertimbangkan melalui:

- a. Trase jalan sebaiknya dibuat lurus, pendek, sedikit tikungan, dan kelandaiannya seminim mungkin.
- b. Trase jalan menjauhi Daerah Aliran Sungai (DAS).
- c. Trase jalan mempertimbangkan besarnya volume galian dan timbunan.
- d. Pemilihan lokasi trase pada tanah yang mempunyai nilai CBR yang memenuhi syarat, sehingga keberadaan tanah tersebut bisa dipakai untuk pekerjaan timbunan pada lokasi trase jalan yang akan direncanakan.

2.1.2 Data Peta Topografi

Survei topografi dalam perencanaan teknik jalan raya yaitu pengukuran *route* yang dilakukan dengan tujuan memindahkan kondisi permukaan bumi dari lokasi yang diukur pada kertas berupa peta planimetri. Peta ini akan digunakan sebagai peta dasar untuk plotting perencanaan geometrik jalan raya, dalam hal ini perencanaan alinyemen horizontal (Shirley L.Hendarsin,2000:30).

Kegiatan pengukuran *route* ini juga mencakup pengukuran penampang. Pengukuran *route* yang dilakukan sepanjang trase jalan rencana (*route* hasil survei *reconnaissance*) dengan menganggap sumbu jalan rencana pada trase ini sebagai garis kerangka poligon utama.

2.1.3 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan adalah pengelompokan jalan berdasarkan fungsi jalan, administrasi pemerintahan dan muatan sumbu yang menyangkut dimensi dan berat kendaraan. Pada prinsipnya klasifikasi jalan dalam standar perencanaan didasarkan pada klasifikasi jalan menurut undang-undang dan peraturan pemerintah yang berlaku.

Berikut ini adalah pembagian klasifikasi jalan menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997, antara lain :

a. Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

1) Jalan Arteri

Jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi.

2) Jalan Kolektor

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

3) Jalan Lokal

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

b. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalulintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) 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 (ton)
Arteri	I	> 10
	II	10
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	

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

Berdasarkan peraturan perancangan geometrik jalan yang dikeluarkan oleh Bina Marga, jalan dibagi dalam kelas berdasarkan fungsinya salah satunya dengan mempertimbangkan Lalu Lintas Harian Rata-rata (smp). Kelas jalan menurut volume lalu lintas sesuai dengan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPGJR) No.13/1970. Klasifikasi menurut kelas jalan dalam Lhr untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam tabel 2.2.

Tabel 2.2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan dalam LHR

No.	Fungsi	Kelas	Lalu Lintas Rata - Rata
1	Arteri	I	> 20.000
2	Kolektor	II A	6.000 – 20.000
		II B	1.500 – 8.000
		II C	< 2.000
3	Lokal	III	-

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

c. Klasifikasi Menurut Medan Jalan

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

Tabel 2.3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

No	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan
1	Datar	D	< 3
2	Perbukitan	B	3 – 25
3	Pegunungan	G	> 25

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

d. Klasifikasi Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Menurut Ir. Hamirhan Saodang (2004:7), klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaannya terdiri dari :

1) Jalan Nasional

- (a) Jalan Arteri Primer
- (b) Jalan Kolektor Primer, yang menghubungkan antar ibukota Provinsi.
- (c) Jalan yang selain dari arteri/kolektor primer, yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan Nasional.

2) Jalan Provinsi

- (a) Jalan Kolektor Primer, yang menghubungkan ibukota Provinsi dengan ibukota Kabupaten/Kotamadya.
- (b) Jalan Kolektor Primer, yang menghubungkan antar ibukota Kabupaten/Kotamadya.

- (c) Jalan selain dari yang disebut diatas, yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan Provinsi.
- 3) Jalan Kabupaten
 - (a) Jalan Kolektor Primer, yang tidak termasuk dalam kelompok jalan Nasional dan kelompok Jalan Provinsi.
 - (b) Jalan Lokal Primer
 - (c) Jalan Sekunder lain, selain sebagaimana dimaksud sebagai Jalan Nasional, dan Jalan Provinsi.
 - (d) Jalan selain dari yang disebutkan diatas, yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan Kabupaten,.
- 4) Jalan Kotamadya
Jalan sekunder didalam Kotamadya.
- 5) Jalan Desa.
- 6) Jalan Khusus
Jalan yang dibangun dan dipelihara oleh Instansi/Badan Hukum/Perorangan untuk melayani kepentingan masing-masing.

2.1.4 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

Berdasarkan karakteristik-karakteristik dari unsur-unsur kendaraan, lalu lintas dan pengendara, disamping faktor-faktor lingkungan dimana jalan tersebut berada. Pertimbangannya adalah jalan raya harus dapat menampung berbagai jenis kendaraan yang lewat, memberikan kemudahan pada para pengendara, dan layak dilalui untuk sejumlah kapasitas lalu lintas rencana, agar jalan nyaman, aman, murah dan aksesibilitasnya tinggi (Ir. Hamirhan Saodang,2010:21).

Beberapa parameter perencanaan geometrik dari unsur karakteristik kendaraan antara lain :

a. Kendaraan Rencana

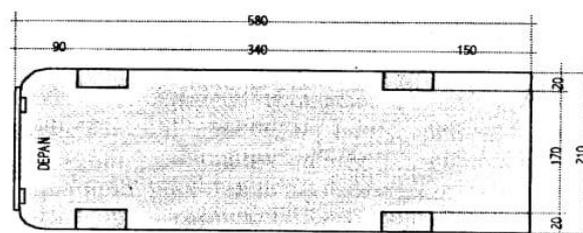
Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Kendaraan rencana dikelompokkan dalam 3 (tiga) kategori, yaitu :

- 1) Kendaraan ringan/kecil, yaitu kendaraan yang mempunyai 2 as dengan empat roda dengan jarak as 2,00 - 3,00 meter meliputi : penumpang, mikrobus, *pick up*, dan truk kecil sesuai sistem klasifikasi Bina Marga.
- 2) Kendaraan Sedang, yaitu kendaraan yang mempunyai dua as gandar, dengan jarak as 3,5 - 5,00 meter meliputi : bus kecil, truk dua as dengan enam roda.
- 3) Kendaraan Berat/Besar, yaitu bus dengan dua/tiga gandar, dengan jarak as 5,00 - 6,00 meter.
- 4) Truk Besar, yaitu truk dengan tiga gandar dan truk kombinasi tiga, dengan jarak gandar (gandar pertama ke gandar kedua) $< 3,50$ meter.
- 5) Sepeda Motor, yaitu kendaraan bermotor dengan dua atau tiga roda meliputi : sepeda motor dan kendaraan roda tiga.

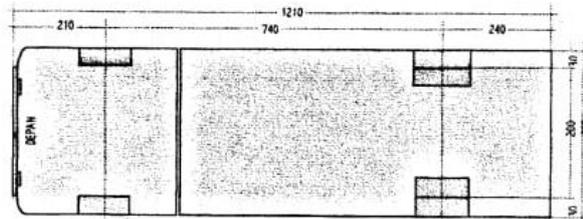
Tabel 2.4 Dimensi Kendaraan Rencana

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

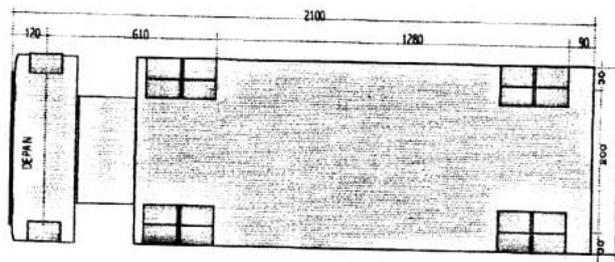
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No. 038/T/BM/1997)



Gambar 2.1 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Berat

b. Satuan Mobil Penumpang

Satuan mobil penumpang (SMP) adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan, dimana mobil penumpang ditetapkan memiliki satu SMP.

Tabel 2.5 Ekvivalen Mobil Penumpang (emp)

No	Jenis Kendaraan	Datar/Perbukitan	Pegunungan
1	Sedan, Jeep, Station Wagon	1,0	1,0
2	Pick Up, Bus Kecil, Truk Kecil	1,2 - 2,4	1,9 - 3,5
3	Bus dan Truk Besar	1,2 - 5,0	2,2 - 6,0

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

c. 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 kenyamanan 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 :

1) 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.

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

(Rekayasa Jalan, 1998)

2) Volume Jam Perencanaan (VJP)

Volume lalu lintas harian rencana (VLHR) adalah prakiraan volume lalulintas harian pada akhir tahun rencana lalulintas dinyatakan SMP/hari. Volume jam rencana (VJR) adalah prakiraan volume lalulintas pada jam sibuk tahun rencana lalulintas dinyatakan dalam SMP/jam yang digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalulintas lainnya yang diperlukan, sehingga dapat dihitung dengan rumus :

$$VJR = VLHR \times K \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

K = adalah faktor volume lalulintas jam sibuk

F = adalah faktor variasi tingkat lalulintas per ¼ jam dalam satu jam.

Tabel 2.6 Penentuan Faktor-K

VLHR (SMP/hari)	Faktor-K (%)
> 50.000	4 - 6
30.000 - 50.000	6 - 8
10.000 - 30.000	6 - 8
5.000 - 10.000	8 - 10
1.000 - 5.000	10 - 12
< 1.000	12 - 16

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

d. Kapasitas (C)

Kapasitas adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu penampang jalan pada jalur jalan selama 1 jam dengan kondisi serta arus lalu lintas tertentu (Silvia Sukirman, 1999:46). Kapasitas jalan akan menunjukkan jumlah arus lalu lintas yang maksimum dapat melewati penampang tersebut dalam waktu 1 jam sesuai kondisi jalan. Persamaan dasar untuk menghitung kapasitas ruas jalan dalam MKJI (1997) jalan luar kota adalah sebagai berikut:

$$C = C_o \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{SF} \text{ (smp/jam)} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

C = Kapasitas (smp/jam)

C_o = Kapasitas dasar (smp/jam)

FC_W = Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas

FC_{SP} = Faktor penyesuaian pemisah arah

FC_{SF} = Faktor penyesuaian hambatan samping

Tabel 2.7 Kapasitas Dasar Ruas Jalan

Tipe Jalan	Tipe Alinyemen	Kapasitas Dasar (smp/jam)			Catatan
		Jalan Perkotaan	Jalan Luar Kota	Jalan Bebas Hambatan	
Enam atau empat lajur terbagi atau jalan satu arah	Datar	1,650	1,900	2,300	Per lajur
	Bukit		1,850	2,250	
	Gunung		1,800	2,150	
Empat lajur tak terbagi	Datar	1,500	1,700		Per lajur
	Bukit		1,650		
	Gunung		1,600		
Dua lajur tak terbagi	Datar	2,900	3,100	3,400	Total dua arah
	Bukit		3,000	3,300	
	Gunung		2,900	3,200	

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia,1997)

Tabel 2.8 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Lebar Jalur Lalu Lintas (FC_w)

Tipe Jalan	Lebar Jalur Lalu Lintas Efektif (C_w) (m)	FC_w		
		Jalan Perkotaan	Jalan Luar Kota	Jalan Bebas Hambatan
Enam atau empat lajur terbagi atau jalan satu arah (6/2D) atau (4/2 D)	Per lajur			
	3,00	0,92	0,91	
	3,25	0,96	0,96	0,96
	3,50	1,00	1,00	1,00
	3,75	1,04	1,03	1,03
	4,00			
Empat lajur tak terbagi (4/2 UD)	Per lajur			
	3,00	0,91	0,91	
	3,25	0,95	0,96	
	3,50	1,00	1,00	
	3,75	1,05	1,03	
	4,00			
Dua lajur tak terbagi (2/2 UD)	Total dua arah			
	5,0	0,56	0,69	
	6,0	0,87	0,91	
	6,5			0,96
	7,0	1,00	1,00	1,00
	7,5			1,04
	8,0	1,14	1,08	
	9,0	1,25	1,15	
	10,0	1,29	1,21	
11,0	1,34	1,27		

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia,1997)

Tabel 2.9 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Pemisah Arah (FC_{SP})

Pemisahan arah SP % - %		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30	
FC_{SP}	Jalan Perkotaan	(2/2)	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
		(4/2)	1,00	0,985	0,97	0,955	0,94
FC_{SP}	Jalan Luar Kota	(2/2)	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
		(4/2)	1,00	0,975	0,95	0,925	0,9
FC_{SP}	Jalan Bebas Hambatan	(2/2)	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

Tabel 2.10 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Hambatan Samping (FC_{SF})

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	Faktor Penyesuaian untuk Hambatan Samping untuk Jalan dengan Bahu (FC_{SF})			
		Lebar Bahu Efektif (W_s)			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
4/2 D	VL	0,99	1,00	1,01	1,03
	L	0,96	0,97	0,99	1,01
	M	0,93	0,95	0,96	0,99
	H	0,90	0,92	0,95	0,97
	VH	0,88	0,90	0,93	0,96
4/2 UD atau 2/2 UD	VL	0,97	0,99	1,00	1,02
	L	0,93	0,95	0,97	1,00
	M	0,88	0,91	0,94	0,98
	H	0,84	0,87	0,91	0,95
	VH	0,80	0,83	0,88	0,93

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

e. Derajat Kejenuhan (DS)

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio arus jalan terhadap kapasitas, yang digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Nilai DS menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak. Persamaan dasar untuk menentukan derajat kejenuhan adalah sebagai berikut :

$$DS = \frac{Q}{C}$$

Dimana :

DS = Derajat Kejenuhan

Q = Arus Lalu Lintas (smp/Jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

Derajat kejenuhan dihitung dengan menggunakan arus dan kapasitas yang dinyatakan dalam smp/jam, untuk perilaku lalu lintas berupa kecepatan.

Tabel 2.11 Tingkat Pelayanan Jalan

Tingkat Pelayanan	Karakteristik	Batas Lingkup (Q/C)
A	Arus Bebas; Volume rendah dan kecepatan tinggi, pengemudi dapat memilih kecepatan yang dikehendaki	0,00-0,20
B	Arus Stabil; Kecepatan sedikit terbatas oleh lalu lintas	0,20-0,44
C	Arus Stabil; Kecepatan dikontrol oleh lalu lintas	0,45-0,74
D	Arus mendekati tidak stabil; Kecepatan menurun akibat hambatan yang timbul dan kebebasan bergerak relative kecil	0,75-0,84
E	Arus tidak stabil; Kecepatan rendah dan berbeda-beda terkadang berhenti, volume mendekati kapasitas	0,85-1,00
F	Arus yang dipaksakan atau macet; Kecepatan rendah, volume dibawah kapasitas, terjadi hambatan besar	>1,00

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

f. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana (V_R) 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 2.12 Kecepatan Rencana (V_R) sesuai klasifikasi fungsi dan medan jalan

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

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

2.2 Penampang Melintang

Penampang melintang jalan merupakan potongan melintang tegak lurus sumbu jalan (Silvia Sukirman, 1994:21). Pada potongan melintang jalan dapat terlihat bagian-bagian jalan, bagian-bagian jalan yang utama dapat dikelompokkan sebagai berikut :

2.2.1 Jalur Lalu Lintas

Jalur lalu lintas (*travelled way = carriage way*) adalah keseluruhan bagian perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk lalu lintas kendaraan. Jalur lalu lintas terdiri dari beberapa lajur (*lane*) kendaraan. Lajur kendaraan, yaitu bagian dari jalur lalu lintas yang khusus diperuntukkan untuk dilewati oleh satu rangkaian kendaraan beroda empat atau lebih dalam satu arah (Silvia Sukirman, 1994:22).

a. 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

b. 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 2.13 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 $n \times 3.5\text{m}$, dimana n = jumlah lajur perjalur

- = Tidak ditentukan

2.2.2 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 2.14.

Tabel 2.14 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

2.2.3 Trotoar atau Jalur Pejalan Kaki (*Side Walk*)

Trotoar adalah jalur yang terletak berdampingan dengan jalur lalu lintas yang khusus dipergunakan untuk pejalan kaki (pedestrian). Untuk keamanan pejalan kaki, maka trotoar ini harus dibuat terpisah dari jalur lalu lintas oleh struktur fisik berupa kereb. Perlu atau tidaknya trotoar yang disediakan sangat tergantung dari volume pedestrian dan volume lalu lintas pemakai jalan tersebut (Silvia Sukirman, 1994).

Lebar trotoar yang dibutuhkan ditentukan oleh volume pejalan kaki, tingkat pelayanan pejalan kaki yang diinginkan, dan fungsi jalan. Untuk itu lebar 1,5 - 3,0 m merupakan nilai yang umum dipergunakan.

2.2.4 Median

Median adalah jalur yang terletak di tengah jalan untuk membagi jalan dalam masing-masing arah. Secara garis besar, median berfungsi sebagai :

- a. Menyediakan daerah netral yang cukup lebar dimana pengemudi masih dapat mengontrol kendaraannya pada saat-saat darurat.

- b. Menyediakan jarak yang cukup untuk membatasi/mengurangi kesilauan terhadap lampu besar dari kendaraan yang berlawanan arah.
- c. Menambah rasa kelegaan, kenyamanan dan kendahan bagi setiap pengemudi.
- d. Mengamankan kebebasan samping dari masing-masing arah lalu lintas.

Untuk memenuhi keperluan-keperluan tersebut di atas, maka median serta batas-batasnya harus nyata oleh setiap mata pengemudi baik pada siang hari maupun pada malam hari serta segala cuaca dan keadaan. Lebar median bervariasi antara 1,0 – 12 meter.

2.3 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah 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 (Silvia Sukirman,1999:67).

Pada perencanaan alinyemen horizontal (Shirley L.Hendarsin,2000:93), umumnya akan ditemui dua jenis bagian jalan yaitu bagian lurus dan bagian lengkung atau tikungan yang terdiri dari tiga jenis tikungan, yaitu :

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

2.3.1 Panjang Bagian Lurus

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu tidak lebih dari 2,5 menit (sesuai V_R).

Tabel 2.15 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maksimum		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

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

2.3.2 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 :

$$R = \frac{V^2}{127(e+f)} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$D = \frac{25}{2\pi R} \times 360^\circ \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana : R = jari – jari lengkung (m)

D = derajat lengkung (°)

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

$$R_{min} = \frac{V_R^2}{127(e_{maks}+f_{maks})} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$D_{maks} = \frac{181913,53(e_{maks}+f_{maks})}{V_R^2} \dots\dots\dots (2.8)$$

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

Dmaks : derajat maksimum

Untuk pertimbangan perencanaan, digunakan emaks = 10 % dan fmaks yang hasilnya dibulatkan. Untuk berbagai variasi kecepatan dapat digunakan tabel

Tabel 2.16 Panjang Jari-jari Minimum (dibulatkan) untuk emaks = 10%

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

(sumber : Shirley Hendarsin, 2000)

2.3.3 Tikungan

Tikungan terdiri atas 3 (tiga) bentuk, antara lain :

- a. *Full Circle* (FC) atau Busur Lingkaran

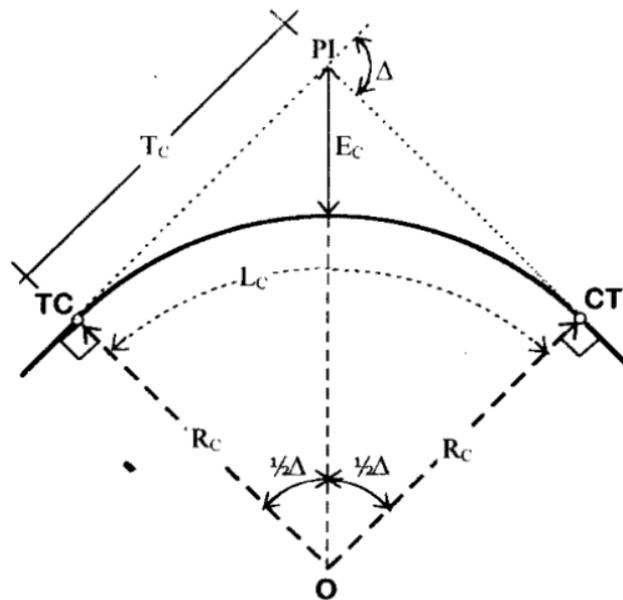
Full Circle (FC) adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan FC hanya digunakan untuk R (jari - jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka diperlukan superelevasi yang besar (Shirley L.Hendarsin,2000:96).

Rumus yang digunakan pada tikungan *full circle*, yaitu :

$$T_c = R_c \cdot \tan \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots (2.9)$$

$$E_c = T_c \cdot \tan \frac{1}{4} \Delta \dots\dots\dots (2.10)$$

$$L_c = \frac{\Delta \cdot 2\pi \cdot R_c}{180^\circ} \dots\dots\dots (2.11)$$

Gambar 2.4 Tikungan *Full Circle* (FC)

Keterangan :

- Δ = Sudut tikungan
- O = Titik pusat lingkaran
- Tc = Panjang tangen jarak dari TC ke PI atau PI ke CT
- Rc = Jari – jari lingkaran
- Lc = Panjang busur lingkaran
- Ec = Jarak luar dari PI ke busur lingkaran

Tabel 2.17 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 L.Hendarsin, 2000)

b. *Spiral - Circle - Spiral* (SCS) atau Lengkung Peralihan

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 berbentuk *full*

circle/busur lingkaran. Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan jenis S-C-S (Shirley L.Hendarsin, 2000:96).

Panjang lengkung peralihan (L_S), menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997, diambil nilai yang terbesar dari tiga persamaan dibawah ini :

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

$$L_S = \frac{V_R}{3,6} \times T \dots\dots\dots (2.12)$$

- 2) Berdasarkanantisipasi gaya sentrifugal digunakan rumus Modifikasi Shortt, sebagai berikut :

$$L_S = 0,022 \frac{V_R^3}{R_C \cdot C} - 2,727 \frac{V_R \cdot e}{C} \dots\dots\dots (2.13)$$

- 3) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian,

$$L_S = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \cdot r_e} \times V_R \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana :

T = waktu tempuh = 3 detik

V_R = kecepatan rencana (km/jam)

R_C = jari-jari busur lingkaran (m)

C = perubahan percepatan, 0,3 - 1,0 disarankan 0,4 m/det³

e = superelevasi

e_m = superelevasi maksimum

e_n = superelevasi minimum

r_e = tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan, sebagai berikut :

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

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

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

$$X_S = L_S \left(1 - \frac{L_S^2}{40 \cdot R_C^2} \right) \dots\dots\dots (2.15)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 \cdot R_c} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R_c} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6 \cdot R_c} - R_c(1 - \cos \theta) \dots\dots\dots (2.18)$$

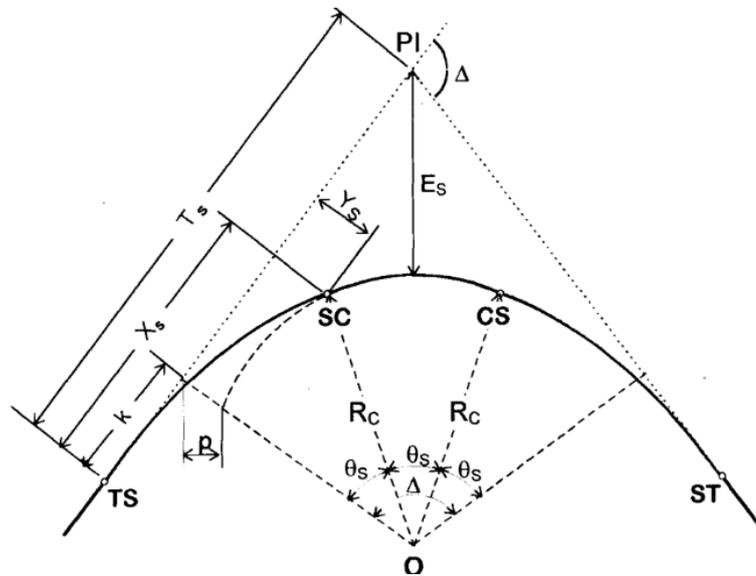
$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 \cdot R_c^2} - R_c \sin \theta_s \dots\dots\dots (2.19)$$

$$T_s = (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots\dots\dots (2.20)$$

$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \Delta + R_c \dots\dots\dots (2.21)$$

$$L_c = \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times R_c \dots\dots\dots (2.22)$$

$$L_{tot} = L_c + 2 L_s \dots\dots\dots (2.23)$$



Gambar 2.5 Tikungan Spiral - Circle - Spiral (SCS)

Keterangan :

X_s = Absis 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

TS	= Titik dari tangen ke spiral
SC	= Titik dari spiral ke lingkaran
Es	= Jarak dari PI ke busur lingkaran
θ_s	= Sudut lengkung spiral
Rc	= Jari – jari lingkaran
p	= Pergeseran tangen terhadap spiral
k	= Absis dari p pada garis tangen spiral

Jika diperoleh $L_c < 25$ m, maka sebaiknya tidak digunakan bentuk SCS tetapi digunakan lengkung SS, yaitu lengkung yang terdiri dari 2 lengkung peralihan (Shirley L.Hendarsin,2000:99).

c. *Spiral - Spiral (SS)*

Tikungan ini merupakan tikungan yang terdiri lengkung horizontal berbentuk *spiral – spiral* tanpa busur lingkaran, sehingga titik SC berimpit dengan titik CS (Silvia Sukirman, 1999:134). Adapun ketentuan dan rumus yang digunakan untuk jenis tikungan *spiral - spiral* adalah sebagai berikut :

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

$$L_s = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{360^\circ} \cdot 2 \theta_s \dots\dots\dots(2.25)$$

$$L_c = 0 \dots\dots\dots(2.26)$$

$$T_s = (R + p) \cdot \tan \frac{\Delta}{2} + k \dots\dots\dots(2.27)$$

$$E_s = (R + p) \cdot \sec \frac{\Delta}{2} - R \dots\dots\dots(2.28)$$

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

$$K = k^* \times L_s \dots\dots\dots(2.30)$$

$$P = p^* \times L_s \dots\dots\dots(2.31)$$

Dimana :

L_s = Panjang lengkung peralihan (jarak TS – SC atau CS – ST), (m)

L_c = Panjang busur lingkaran (jarak SC – CS), (m)

Δ = Sudut tikungan ($^\circ$)

θ_s = Sudut lengkung *spiral* ($^\circ$)

R = Jari-jari tikungan (m)

p = pergeseran tangen terhadap *spiral* (m)

k = Absis p pada garis tangen *spiral* (m)

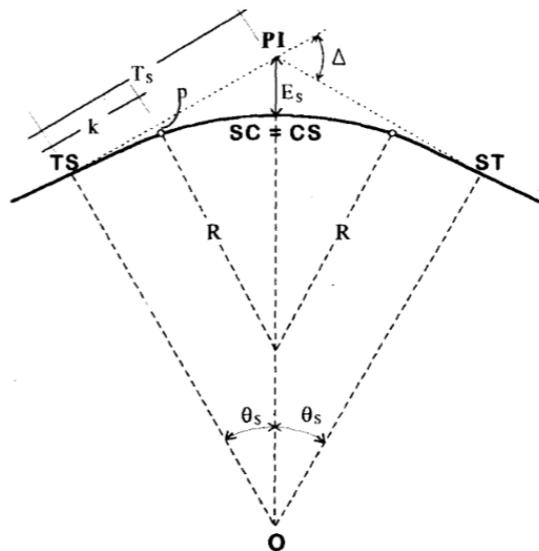
L = Panjang tikungan S-S (m)

Tabel 2.18 p^* dan k^* , untuk $L_s = 1$

qs(*)	p^*	k^*	qs(*)	p^*	k^*	qs(*)	p^*	k^*
0,5	0,0007272	0,4999987	14,0	0,0206655	0,4989901	27,5	0,0422830	0,4959406
1,0	0,0014546	0,4999949	14,5	0,0214263	0,4989155	28,0	0,0431365	0,4957834
1,5	0,0021820	0,4999886	15,0	0,0221896	0,4988381	28,5	0,0439946	0,4956227
2,0	0,0029098	0,4999797	15,5	0,0229553	0,4987580	29,0	0,0448572	0,4954585
2,5	0,0036378	0,4999683	16,0	0,0237236	0,4986750	29,5	0,0457245	0,4952908
3,0	0,0043663	0,4999543	16,5	0,0244945	0,4985892	30,0	0,0465966	0,4951196
3,5	0,0050953	0,4999377	17,0	0,0252681	0,4985005	30,5	0,0474735	0,4949448
4,0	0,0058249	0,4999187	17,5	0,0260445	0,4984090	31,0	0,0483550	0,4947665
4,5	0,0065551	0,4998970	18,0	0,0268238	0,4983146	31,5	0,0492422	0,4945845
5,0	0,0072860	0,4998728	18,5	0,0276060	0,4982172	32,0	0,0501340	0,4943988
5,5	0,0080178	0,4998461	19,0	0,0283913	0,4981170	32,5	0,0510310	0,4942094
6,0	0,0094843	0,4998167	19,5	0,0291797	0,4980137	33,0	0,0519333	0,4940163
6,5	0,0102191	0,4997848	20,0	0,0299713	0,4979075	33,5	0,0528408	0,4938194
7,0	0,0109550	0,4997503	20,5	0,0307662	0,4977983	34,0	0,0537536	0,4936187
7,5	0,0116922	0,4997132	21,0	0,0315644	0,4976861	34,5	0,0546719	0,4943141
8,0	0,0124307	0,4997350	21,5	0,0323661	0,4975708	35,0	0,05559557	0,4932057
8,5	0,0131706	0,4993120	22,0	0,0331713	0,4974525	35,5	0,0562500	0,4929933
9,0	0,0139121	0,4995862	22,5	0,0339801	0,4973311	36,0	0,0574601	0,4927769
9,5	0,0146551	0,4995387	23,0	0,0347926	0,4972065	36,5	0,0584008	0,4925566

10,0	0,0153997	0,4994884	23.5	0.0356088	0.490788	37.0	0.0593473	0.4923322
10,5	0,0161461	0,4994356	24.0	0.0364288	0.496979	37.5	0.0602997	0.4921037
11,0	0,0161461	0,4993800	24.5	0.0372528	0.4968139	38.0	0.0612581	0.4918711
11,5	0,0168943	0,4993218	25.0	0.0380807	0.4966766	38.5	0.0622224	0.4916343
12,0	0,0176444	0,4992609	25.5	0.0389128	0.495360	39.0	0.0631929	0.4913933
12,5	0,0183965	0,4991973	26.0	0.0397489	0.4963922	39.5	0.0641694	0.4911480
13,0	0,0191507	0,4991310	26.5	0.0405893	0.4962450	40.0	0.0651522	0.4908985
13,5	0,0199070	0,4990619	27.0	0.0414340	0.4960945			

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)



Gambar 2.6 Tikungan Spiral - Spiral

2.3.4 Landai Relatif

Kemiringan melintang atau kelandaian pada penampang jalan diantara tepi perkerasan luar dan sumbu jalan sepanjang lengkung peralihan disebut landai relatif. Presentase kelandaian ini disesuaikan dengan kecepatan rencana dan jumlah lajur yang ada (Shirley L.Hendarsin,2000:103). rumus :

$$\frac{1}{m} = \frac{(e+e_n)B}{L_s} \dots\dots\dots(2.32)$$

Dimana :

$\frac{1}{m}$ = landai relatif (%)

e = superelevasi (m/m^1)

e_n = kemiringan melintang normal (m/m^1)

B = lebar jalur (m)

Tabel 2.19 Landai Relatif Maksimum (Untuk 2/2 TB)

V_R (km/jam)	20	30	40	50	60	80
Kemiringan maksimum	1/50	1/75	1/100	1/11	1/125	1/150

(Sumber : Shirley L.Hendarsin, 2000)

2.3.5 Diagram Superelevasi

Menurut Pedoman Tata Cara Perencanaan Geomerik Jalan Antar Kota, 1997, Superelevasi adalah suatu kemiringan melintang di tikungan yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima kendaraan pada saat berjalan melalui tikungan pada kecepatan V_R .

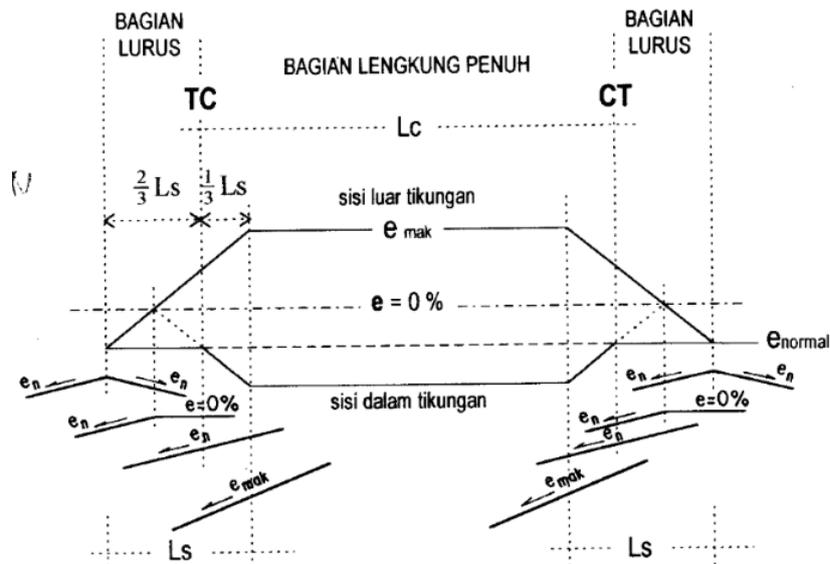
Diagram superelevasi (diagram kemiringan melintang) menggambarkan pencapaian superelevasi dari lereng normal ke superelevasi penuh, sehingga dengan mempergunakan diagram superelevasi dapat ditentukan bentuk penampang melintang pada setiap titik di suatu lengkung horizontal yang direncanakan (Silvia Sukirman, 1999:118).

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). Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu dapat dihitung jari-jari minimum untuk superelevasi maksimum dan koefisien gesekan maksimum (Shirley L.Hendarsin,2000:94).

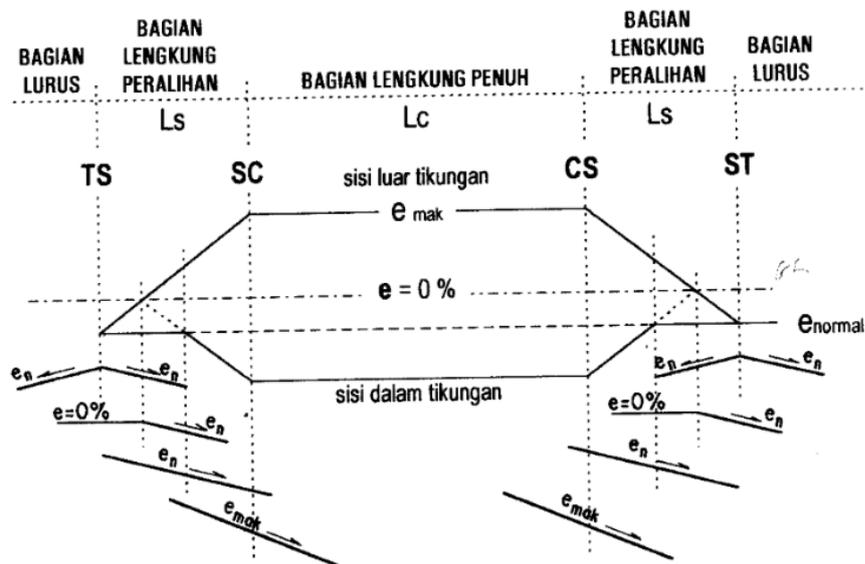
Metoda untuk melakukan superelevasi yaitu merubah lereng potongan melintang, dilakukan dengan bentuk profil dari tepi perkerasan yang dibundarkan,

tetapi disarankan cukup untuk mengambil garis lurus saja (Shirley L.Hendarsin,2000:104).

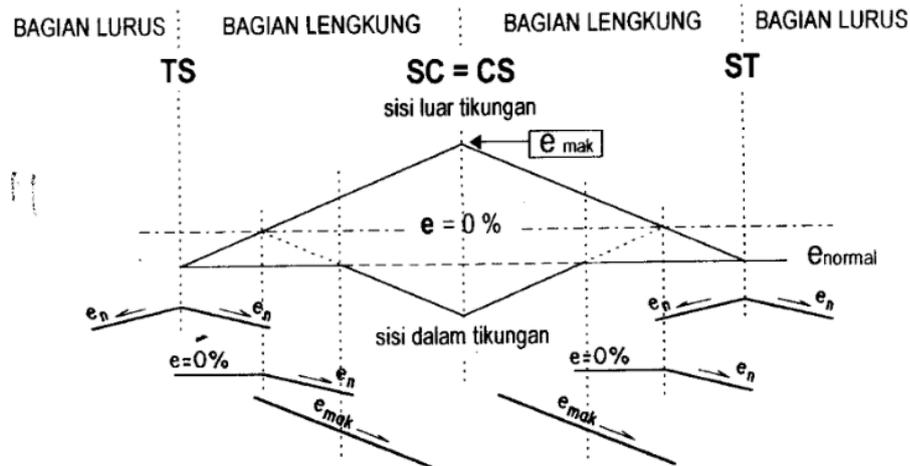
Adapun diagram superelevasi pada tikungan *full circle*, *spiral - circle - spiral*, dan *spiral - spiral* adalah sebagai berikut :



Gambar 2.7 Metoda pencapaian superelevasi pada tikungan tipe FC (contoh untuk tikungan ke kiri)



Gambar 2.8 Metoda pencapaian superelevasi pada tikungan tipe SCS (contoh untuk tikungan ke kanan)



Gambar 2.9 Metoda pencapaian superelevasi pada tikungan tipe SS
(contoh untuk tikungan ke kanan)

2.3.6 Pelebaran Jalur Lalu Lintas di Tikungan

Pelebaran perkerasan atau jalur lalu lintas di tikungan, dilakukan untuk mempertahankan kendaraan tetap pada lintasannya (lajurnya) sebagaimana pada bagian lurus. Penentuan lebar pelebaran jalur lalu lintas di tikungan ditinjau dari elemen-elemen : keluar jalur (*off tracking*) dan kesukaran dalam mengemudi di tikungan (Shirley L.Hendarsin,2000:106).

Menurut Pedoman Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997, pelebaran jalan di tikungan mempertimbangkan :

- Kesulitan pengemudi untuk menempatkan kendaraan tetap pada lajurnya.
- Penambahan lebar lajur yang dipakai saat kendaraan melakukan gerakan melingkar.
- Pelebaran di tikungan ditentukan oleh radius belok kendaraan rencana dan besarnya ditetapkan sesuai tabel 2.11 dan 2.12.
- Untuk jalan 1 jalur 3 lajur, nilai dalam tabel 2.11 dan 2.12 harus dikalikan 1,5.
- Untuk jalan 1 jalur 4 lajur, nilai dalam tabel 2.11 dan 2.12 harus dikalikan 2.

Tabel 2.20 Pelebaran di Tikungan untuk lebar jalur $2 \times 3,50$ m, 2 arah atau 1 arah

R (min)	Kecepatan Rencana, V_R (km/jam)							
	50	60	70	80	90	100	110	120
1500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
1000	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
750	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3
500	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	
400	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5		
300	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5			
250	0,4	0,5	0,5	0,6				
200	0,6	0,7	0,8					
150	0,7	0,8						
140	0,7	0,8						
130	0,7	0,8						
120	0,7	0,8						
110	0,7							
100	0,8							
90	0,8							
80	1,0							
70	1,0							

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

Pelebaran pada tikungan dilakukan untuk mempertahankan konsisten geometrik jalan agar kondisi operasional lalu lintas di tikungan sama dengan di bagian lurus. Pelebaran jalan di tikungan mempertimbangkan :

- 1) Kesulitan pengemudi untuk menempatkan kendaraan tetap pada lajunya.
- 2) Penambahan lebar (ruang) lajur yang dipakai saat kendaraan melakukan gerakan melingkar. Dalam segala hal pelebaran di tikungan harus memenuhi gerak perputaran kendaraan rencana sedemikian sehingga proyeksi kendaraan tetap pada jalurnya.
- 3) Pelebaran yang lebih kecil dari 0.6 meter dapat diabaikan.

Adapun rumus-rumus yang berlaku untuk menghitung pelebaran pada tikungan :

$$R_c = R - \frac{1}{4} Bn + \frac{1}{2} b'$$

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

$$Z = \frac{0,105 \cdot V}{\sqrt{R}}$$

$$B_t = n(B + c) + z$$

Dimana :

B = lebar perkerasan pada tikungan (m).

B_n = lebar total perkerasan pada bagian lurus (m).

B = lebar kendaraan rencana (m).

R_c = radius lengkung untuk lintasan luar rada depan (m).

Z = lebar tambahan akibat kesukaran dalam mengemudi (m).

R = radius lengkung (m).

n = jumlah lajur.

C = kebebasan samping (0,8 m).

2.3.8 Kebebasan Samping pada Tikungan

Daerah bebas samping adalah ruang yang disediakan pada suatu tikungan agar pengemudi mempunyai kebebasan pandangan sesuai jarak pandang yang dipersyaratkan (Ir. Hamirham Saodang, 2010:17).

Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh E (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan J_h (jarak pandang henti) dipenuhi (Shirley L. Hendarsin, 2000:107).

2.3.9 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).

a. Jarak Pandangan Henti (Jh)

Jh 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 Jh. Jh diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan. Jh terdiri atas 2 elemen jarak, yaitu :

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

Jh dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus :

$$Jh = \frac{V_R}{3,6} T + \frac{(V_R/3,6)^2}{2gf} \dots\dots\dots(2.33)$$

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.

Jh minimum yang dihitung berdasarkan persamaan dengan pembulatan – pembulatan untuk berbagai Vr.

Tabel 2.21 Jarak Pandang Henti (Jh) Minimum

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

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

b. Jarak Pandangan Mendahului (Jd)

Jd adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali

ke lajur semula. Jd diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm.

Tabel 2.22 Jarak pandang mendahului (Jd)

V _r (Km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jd (m)	800	670	550	350	250	200	15	100

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, 1997

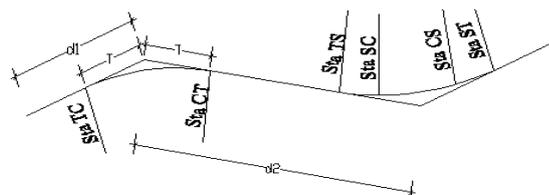
2.3.10 Penentuan *Stationing*

Penomoran *stationing* panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan ini sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Di samping itu dari penomoran jalan tersebut diperoleh informasi tentang panjang jalan secara keseluruhan (Silvia Sukirman,1999:181).

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

- Setiap 100 m pada medan datar
- Setiap 50 m pada medan berbukit
- Setiap 25 m pada medan pegunungan

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 2.10 Sistem Penomoran *Stationing* Jalan

(Silvia Sukirman, 2000)

2.4 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan, yang umumnya biasa disebut dengan profil/penampang memanjang jalan. Perencanaan alinyemen vertikal sangat dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain : Kondisi tanah dasar, keadaan medan, fungsi jalan, muka air banjir, muka air tanah dan kelandaian yang masih memungkinkan (Ir. Hamirham Saodang,2010:108).

Pada perencanaan alinyemen vertikal akan ditemui kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan) sehingga kombinasinya berupa lengkung cembung dan lengkung cekung. Disamping itu akan ditemui pula kelandaian = 0 (datar) (Shirley L. Hendarsin,2000:114).

2.4.1 Kelandaian

Untuk menghitung dan merencanakan lengkung vertikal, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu :

a. Karakteristik kendaraan pada kelandaian

Hampir seluruh kendaraan penumpang dapat berjalan baik dengan kelandaian 7 - 8% tanpa ada perbedaan dibandingkan pada bagian datar. Sedangkan untuk truk, kelandaian akan lebih besar pengaruhnya.

b. Kelandaian maksimum

Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh dan mampu bergerak dengan kecepatan tidak kurang dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.

Tabel 2.23 Kelandaian Maksimum yang Diizinkan

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

(Sumber : Shirley L. Hendarsin,2000)

c. Kelandaian minimum

Pada jalan yang menggunakan kerb di tepi perkerasannya, perlu dibuat kelandaian minimum 0,5 % untuk keperluan kemiringan saluran samping karena kemiringan melintang jalan dengan kerb hanya cukup untuk mengalirkan air ke samping.

d. Panjang kritis suatu kelandaian

Panjang kritis ini diperlukan sebagai batasan panjang kelandaian maksimum agar pengurangan kecepatan kendaraan tidak lebih dari separuh V_R . Lama perjalanan pada panjang kritis tidak lebih dari satu menit.

Tabel 2.24 Panjang Kritis (m)

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

(Sumber : Shirley L. Hendarsin, 2000)

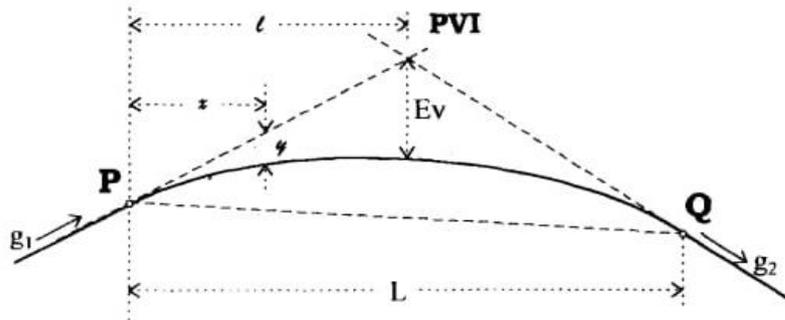
e. Lajur pendakian pada kelandaian khusus

Pada jalur jalan dengan rencana volume lalu lintas yang tinggi terutama untuk tipe 2/2 TB, maka kendaraan berat akan berjalan pada lajur pendakian dengan kecepatan di bawah V_R , sedangkan kendaraan lain masih dapat bergerak dengan V_R , sebaiknya dipertimbangkan untuk dibuat lajur tambahan pada bagian kiri dengan ketentuan untuk jalan baru menurut MKJI didasarkan pada BSH (Biaya Siklus Hidup).

2.4.2 Lengkung Vertikal

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

dan kenyamanan (Shirley L. Hendarsin,2000:117). Tipikal lengkung vertikal seperti pada gambar 2.18.



Gambar 2.11 Tipikal Lengkung Vertikal Bentuk Parabola

Rumus yang digunakan :

$$x = \frac{Lg_1}{g_1 - g_2} = \frac{Lg_1}{A} \dots\dots\dots(2.34)$$

$$y = \frac{Lg_1^2}{2(g_1 - g_2)} = \frac{Lg_1^2}{2A} \dots\dots\dots(2.35)$$

Dimana :

- x = jarak dari titik P ke titik yang ditinjau pada stasiun (STA)
- y = perbedaan elevasi titik P dan titik yang ditinjau pada STA (m)
- L = panjang lengkung vertikal parabola, yang merupakan jarak proyeksi dari titik A dan titik Q (STA)
- g₁ = kelandaian tangen dari titik P (%)
- g₂ = kelandaian tangen dari titik Q (%)

Rumus di atas untuk lengkung simetris, $(g_1 \pm g_2) = A$ = perbedaan aljabar untuk kelandaian (%). Kelandaian menaik (pendakian) diberi tanda (+), sedangkan kelandaian menurun (penurunan) diberi tanda (-). Ketentuan pendakian atau penurunan ditinjau dari kiri.

$$Ev = \frac{A.L}{800} \dots\dots\dots(2.36)$$

Untuk : $x = \frac{1}{2} L$

$$y = Ev$$

a. Lengkung vertikal cembung

Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan. (Silvia Sukirman, 2000).

Ketentuan tinggi menurut Pedoman Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997, untuk lengkung cembung seperti dibawah ini :

Tabel 2.25 Ketentuan Tinggi untuk Jenis Jarak Pandang

Untuk Jarak Pandang	h_1 (m) tinggi mata	h_2 (m) tinggi obyek
Henti (J_h)	1,05	0,15
Mendahului (J_d)	1,05	1,05

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

1) Panjang L, berdasarkan J_h

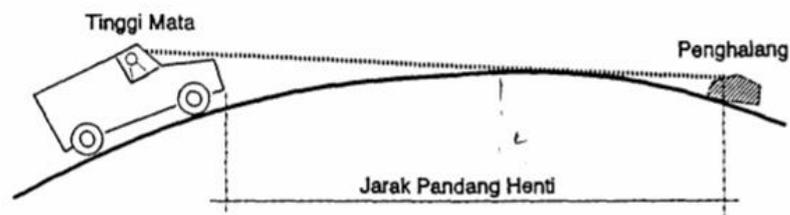
$$J_h < L, \text{ maka : } L = \frac{A \cdot J_h^2}{399} \dots \dots \dots (2.37)$$

$$J_h > L, \text{ maka : } L = 2 J_h - \frac{399}{A} \dots \dots \dots (2.38)$$

2) Panjang L, berdasarkan J_d

$$J_d < L, \text{ maka : } L = \frac{A \cdot J_d^2}{840} \dots \dots \dots (2.39)$$

$$J_d > L, \text{ maka : } L = 2 J_d - \frac{840}{A} \dots \dots \dots (2.40)$$



Gambar 2.12 Lengkung Vertikal Cembung

b. Lengkung vertikal cekung

Lengkung vertikal cekung adalah suatu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan.

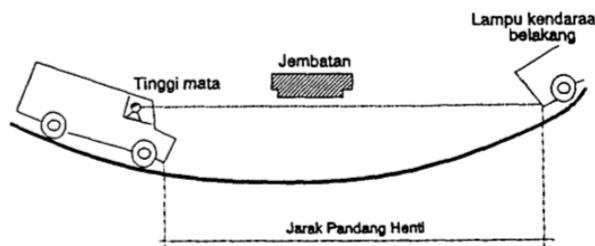
Ada 4 kriteria sebagai pertimbangan yang dapat digunakan untuk menentukan panjang lengkung vertikal (L) Menurut Shirley L. Hendarsin (2000:122), yaitu:

- 1) Jarak sinar lampu besar dari kendaraan
- 2) Kenyamanan pengemudi
- 3) Ketentuan drainase
- 4) Penampilan secara umum

Dengan tinggi lampu besar kendaraan = 0,60 m dan sudut bias = 1° , maka diperoleh rumus sebagai berikut :

$$J_h < L, \text{ maka : } L = \frac{A \cdot J_h^2}{120 + 3,5 J_h} \dots\dots\dots(2.41)$$

$$J_h > L, \text{ maka : } L = 2 J_h - \frac{120 + 3,5 J_h}{A} \dots\dots\dots(2.42)$$



Gambar 2.13 Lengkung Vertikal Cekung

c. Panjang untuk kenyamanan

$$L = \frac{A \cdot V^2}{389} \dots\dots\dots(2.43)$$

2.5 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.

2.5.1 Potongan Memanjang

Potongan memanjang biasanya digambar dengan skala :

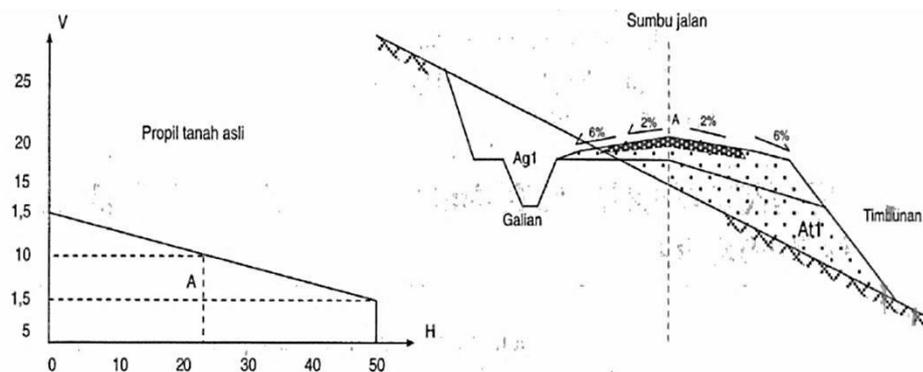
- Horizontal 1:1000 atau 1:2000
- Vertikal 1:100 atau 1:200

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.

2.5.2 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 2.14 Galian dan Timbunan
(Suryadharma, 1999).

2.6 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun di atas lapisan tanah dasar (*subgrade*), yang berfungsi untuk menopang beban lalu lintas. Jenis konstruksi perkerasan jalan pada umumnya ada dua jenis, yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*) (Shirley L. Hendarsin, 2000:208). Pada tugas akhir ini akan membahas mengenai perencanaan tebal perkerasan kaku.

2.6.1 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

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 Konstruksi 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:

- 1) Biaya konstruksi lebih mahal untuk jalan dengan lalu lintas rendah.
- 2) Rentan terhadap retak jika dilaksanakan di atas tanah lunak
- 3) 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 2.26 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).

2.6.2 Persyaratan Teknis Perencanaan Perkerasan Kaku

Menurut Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen 2003, terdapat beberapa persyaratan dalam merencanakan perkerasan kaku, yaitu :

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%.

Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara grafis dan analitis.

1) 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)

2) Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah :

$$\widehat{CBR} = \overline{CBR} - (CBR_{maks} - CBR_{min}) / R \dots\dots\dots(2.44)$$

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

Tabel 2.27 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 Suryadharma, 1999)

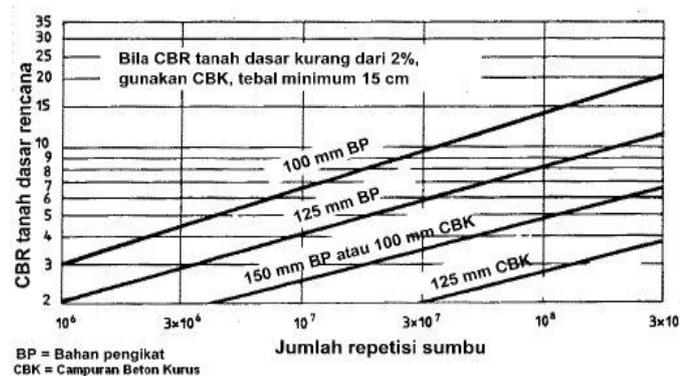
b. Pondasi Bawah

Bahan pondasi bawah dapat berupa :

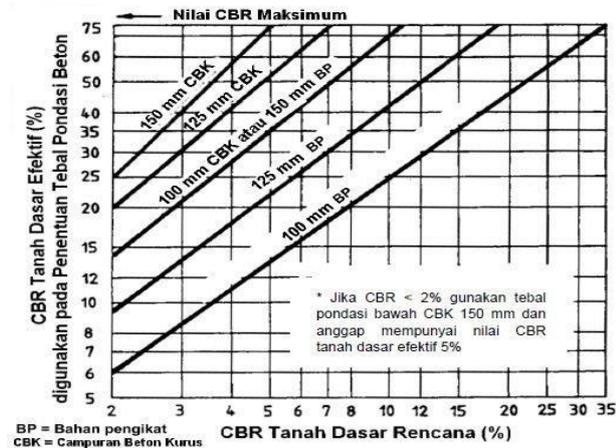
- Bahan berbutir.
- Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (Lean Rolled Concrete)
- Campuran beton kurus (Lean-Mix Concrete).

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 2.15 Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Beton Semen



Gambar 2.16 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah

1) Pondasi bawah material berbutir

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 dengan derajat kepadatan lapis pondasi bawah minimum 100%.

2) Pondasi bawah dengan bahan pengikat (*bound sub-base*)

Pondasi bawah dengan bahan pengikat dapat digunakan salah satu dari :

- a) Stabilisasi material berbutir dengan kadar bahan pengikat sesuai dengan hasil perencanaan untuk menjamin kekuatan campuran dan ketahanan terhadap erosi.
- b) Campuran beraspal bergradasi rapat (*dense-graded asphalt*).
- c) Campuran beton korus giling padat harus mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5 Mpa (55 kg/cm²).

3) Pondasi bawah dengan campuran beton korus (*lean-mix concrete*)

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

4) Lapis pemecah ikatan pondasi bawah dan pelat

Perencanaan ini didasarkan bahwa antara pelat dengan pondasi bawah tidak ada ikatan.

Tabel 2.28 Nilai Koefisien Gesekan (μ)

No	Lapis Pemecah Ikatan	Koefisien Gesekan (μ)
1	Lapis resap ikat aspal di atas permukaan pondasi bawah	1,0
2	Laburan parafin tipis pemecah kilat	1,5
3	Karet kompon	2,0

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

c. Beton semen

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik 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 :

$$F_{cf} = K (f'c)^{0.50} \text{ dalam MPa atau } \dots\dots\dots(2.45)$$

$$F_{cf} = 3,13 K (f'c)^{0.50} \text{ dalam kg/cm}^2 \dots\dots\dots(2.46)$$

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 untuk agregat pecah

d. Lalulintas

Penentuan beban lalulintas rencana untuk perkerasan beton semen, dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (*commercial vehicle*), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana. Lalulintas harus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalulintas dan konfigurasi sumbu menggunakan data terakhir atau data 2 tahun terakhir. Kendaraan yang ditinjau untuk perencanaan perkerasan beton semen adalah yang mempunyai berat total minimum 5 ton.

1) Lajur rencana dan koefisien distribusi

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalulintas 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.

Tabel 2.29 Jumlah Lajur Kendaraan Niaga

Lebar Perkerasan (L_P)	Jumlah Lajur (n)	Koefisien Distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L_P < 5,50$ m	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq L_P < 8,25$ m	2 lajur	0,70	0,50
$8,25 \text{ m} \leq L_P < 11,25$ m	3 lajur	0,50	0,475
$11,23 \text{ m} \leq L_P < 15,00$ m	4 lajur	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq L_P < 18,75$ m	5 lajur	-	0,425
$18,75 \text{ m} \leq L_P < 22,00$ m	6 lajur	-	0,40

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

2) Umur rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalulintas serta nilai ekonomi jalan yang bersangkutan 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.

3) Pertumbuhan lalulintas

Volume lalulintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai tahap di mana kapasitas jalan dicapai dengan faktor pertumbuhan lalulintas yang dapat ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} \dots\dots\dots (2.47)$$

Dimana :

R = faktor pertumbuhan lalu lintas

i = laju pertumbuhan lalu lintas pertahun dalam %

UR = umur rencana (tahun)

Tabel 2.30 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (R)

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

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

4) Lalulintas Rencana

Lalulintas 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 suatu jenis sumbu dikelompokkan dalam interval 10 kN (1 ton) bila diambil dari survei beban. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut :

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \dots\dots\dots (2.48)$$

Dimana :

JSKN = jumlah sumbu kendaran niaga selama umur rencana

JSKNH = jumlah sumbu kendaran niaga harian, saat jalan dibuka.

- R = faktor pertumbuhan lalulintas yang besarnya berdasarkan faktor pertumbuhan lalulintas tahunan (i) dan umur rencana (n).
- C = koefisien distribusi kendaraan.

5) Faktor keamanan beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (F_{KB}).

Tabel 2.31 Faktor Keamanan Beban (F_{KB})

No	Penggunaan	Nilai F_{KB}
1	Jalan bebas hambatan utama (<i>major freeway</i>) dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalulintas dari hasil survey beban (<i>weight-in-motion</i>) dan adanya kemungkinan <i>route</i> alternatif, 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)

e. Bahu Jalan

Bahu terbuat dari bahan lapisan pondasi bawah dengan atau tanpa lapisan penutup beraspal atau lapisan beton semen. Perbedaan kekuatan antara bahu dengan jalur lalulintas akan memberikan pengaruh pada kinerja perkerasan. Hal ini dapat diatasi dengan bahu beton semen, sehingga meningkatkan kinerja perkerasan dan mengurangi tebal pelat. Yang dimaksud dengan bahu beton semen adalah bahu yang dikunci dan diikatkan dengan lajur lalulintas dengan lebar minimum 1,50 m atau bahu yang menyatu dengan lajur lalulintas selebar 0,60 m yang juga dapat mencakup saluran dan kerb.

2.6.3 Perencanaan Penulangan

Tujuan utama penulangan untuk :

- a. Membatasi lebar retakan, agar kekuatan pelat tetap dapat dipertahankan
- b. Memungkinkan penggunaan pelat yang lebih Panjang agar 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).

Jenis perkerasan beton semen terbagi menjadi :

- 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 (*pitsor structures*).

- b. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan :

Luas penampang tulangan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$A_s = \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times F_s} \dots \dots \dots (2.49)$$

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 2.32

Tabel 2.32 Luas Penampang

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 :

$$P_s = \frac{100 \cdot f_{ct} \cdot (1,3 - 0,2\mu)}{f_y - n f_{ct}} \dots \dots \dots (2.50)$$

Dimana:

Ps = Persentase luas tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap luas penampang (%)

Fct = kuat tarik langsung beton = $(0,4-0,5f_c)$ (kg/cm^2)

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

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

μ = koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan di bawahnya

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

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

Tabel 2.33 Hubungan Kuat Tekan Beton dan Angka Ekuivalen 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 :

$$L_{cr} = \frac{F_{cr}^2}{N \times P^2 f_b \times (\epsilon_s E_c - F_{ct})} \dots \dots \dots (2.51)$$

Dimana:

Lcr = jarak teoritis antara retakan (cm)

P = perbandingan luas tulangan memanjang dengan luas Penampang beton

u = perbandingan keliling terhadap luas tulangan = $4/d$

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

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

2) Penulangan Melintang

Luas tulangan melintang (A_s) yang diperlukan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung menggunakan persamaan rumus 2.49.

Tulangan melintang direkomendasikan sebagai berikut:

- a) Diameter batang ulir tidak lebih kecil dari 12 mm.
- b) 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).

2.6.4 Sambungan

Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk :

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

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan yaitu :

1) Sambungan Memanjang dengan Batang Pengikat (*tie bars*)

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 :

$$A_t = 204 \times b \times h \dots\dots\dots (2.52)$$

$$l = (38,3 \times \varphi) + 75 \dots\dots\dots (2.53)$$

Dimana :

A_t = Luas penampang tulangan per (m) panjang sambungan (mm^2).

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

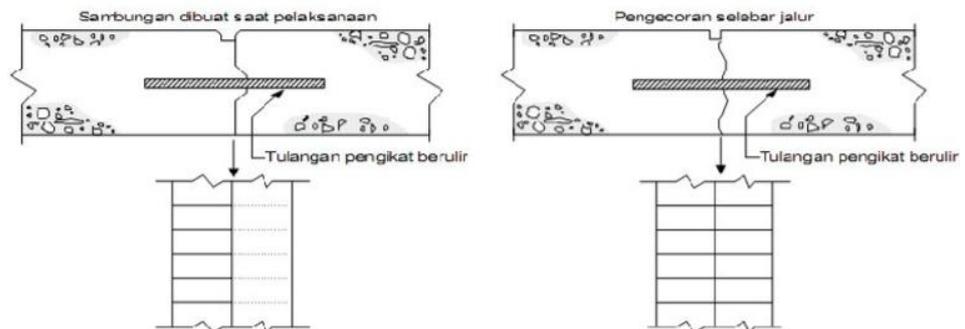
h = Tebal pelat (m).

l = Panjang batang pengikat (mm).

φ = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm).

Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm.

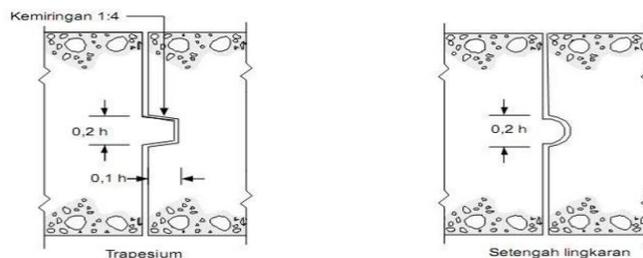
Tipikal sambungan memanjang diperlihatkan pada gambar 2.17



Gambar 2.17 Tipikal Sambungan Memanjang

2) Sambungan Pelaksanaan Memanjang

Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dilakukan dengan cara penguncian. Bentuk dan ukuran penguncian dapat berbentuk trapesium atau setengah lingkaran sebagaimana diperlihatkan pada gambar 2.18.



Gambar 2.18 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

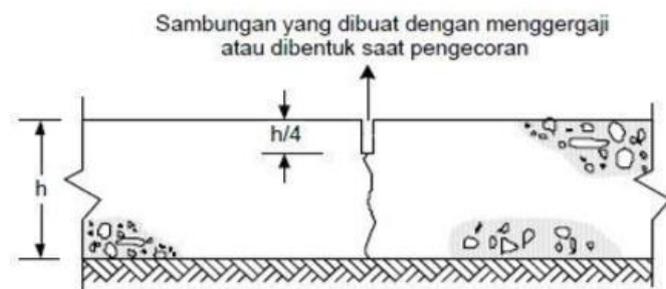
Sambungan susut memanjang dapat dilakukan dengan salah satu dari dua cara ini, yaitu menggergaji atau membentuk pada saat beton masih plastis dengan kedalaman sepertiga dari tebal pelat.

4) Sambungan Susut dan Sambungan Pelaksanaan Melintang

Ujung sambungan harus tegak lurus terhadap sumbu memanjang jalan dan tepi perkerasan. Untuk mengurangi beban dinamis, sambungan melintang 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 sebagaimana diperlihatkan pada gambar 2.19 dan gambar 2.20.



Gambar 2.19 Sambungan Susut Melintang tanpa Ruji



Gambar 2.20 Sambungan Susut Melintang dengan Ruji

Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4 - 5 m, sedangkan untuk perkerasan beton bersambung dengan tulangan 8 - 15 m 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 pada tabel 2.34

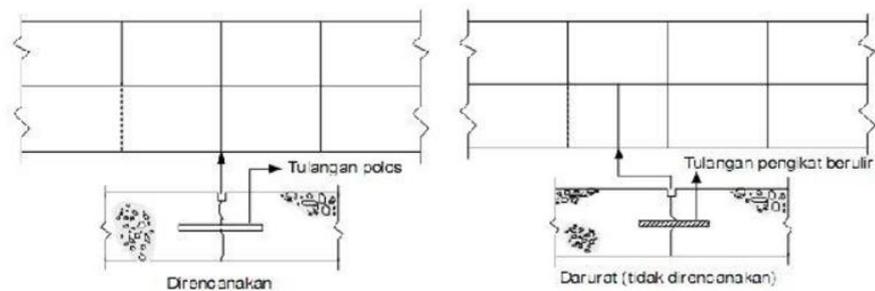
Tabel 2.34 Diameter Ruji

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

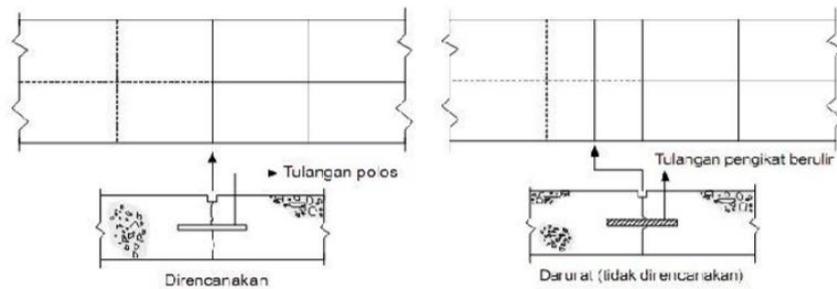
(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen,2003)

6) Sambungan Pelaksanaan Melintang

Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak direncanakan harus menggunakan batang pengikat berulir, sedangkan sambungan yang direncanakan harus menggunakan batang tulangan polos yang diletakkan di tengah tebal pelat.



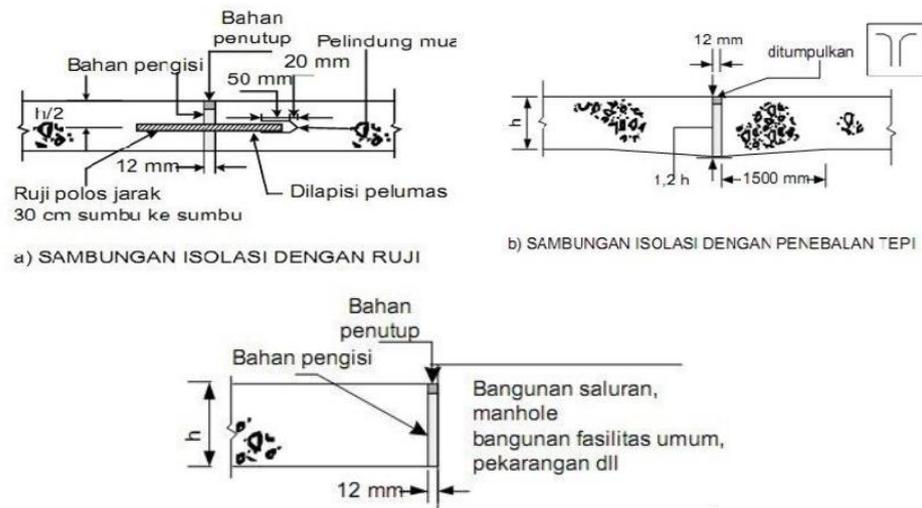
Gambar 2.21 Sambungan Pelaksanaan yang Direncanakan dan yang tidak Direncanakan untuk Pengecoran Per Lajur



Gambar 2.22 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 (*joint sealer*) setebal 5 - 7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (*joint filler*) sebagaimana diperlihatkan pada gambar 2.23.



Gambar 2.23 Sambungan Isolasi

8) Pola Sambungan

Pola sambungan pada perkerasan beton semen harus mengikuti batasan-batasan sebagai berikut :

- (a) Hindari bentuk panel yang tidak teratur.
- (b) Jarak maksimum sambungan memanjang 3 - 4 m.

2.7 Perencanaan Bangunan Pelengkap

Bangunan pelengkap jalan merupakan bagian dari jalan yang dibangun untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas dan menghindari kerusakan yang mungkin terjadi pada permukaan jalan yang nantinya akan berdampak pada kenyamanan pemakai jalan. Menurut Shirley L. Hendarsain (2000: 309) bangunan pelengkap jalan dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- a. Bangunan Drainase Jalan
- b. Bangunan Penguat Tebing
- c. Bangunan Pengaman Lalu Lintas, Rambu dan Marka Jalan.

2.7.1 Drainase Jalan

Pada pembangunan dan pemeliharaan jalan, drainase sangat penting diperhatikan karena kondisi drainase yang buruk juga merupakan penyebab utama kerusakan perkerasan. Drainase jalan yang baik harus mampu menghindari masalah-masalah atau kerusakan jalan yang disebabkan oleh pengaruh cuaca dan beban lalu lintas.

Ada dua jenis drainase yaitu drainase permukaan dan drainase bawah permukaan. Drainase permukaan berfungsi untuk membuang air dari permukaan perkerasan ke saluran pembuang. Saluran drainase permukaan terdiri dari tiga jenis, yaitu saluran (saluran penangkap; saluran samping), gorong-gorong (*culvert*) dan saluran alam (sungai) yang memotong jalan.

Agar saluran air hujan dapat ditampung dan dialirkan ketempat pembuangan (sungai dll) maka kapasitas sarana drainase jalan (kecuali saluran alam) ukuran/dimensinya harus direncanakan terlebih dahulu berdasarkan besarnya kapasitas yang diperlukan (Q_s) yaitu dapat menampung besarnya debit aliran rencana (Q_r).

Untuk menghitung besarnya hujan rencana, dapat digunakan berbagai cara tergantung data hujan (dari hasil pengamatan) yang tersedia, karena tidak semua post pencatat hujan model otomatis dan pengamatan yang dilakukan juga tidak selalu kontinyu (berbagai pertimbangan dari segi SDM, keamanan, kondisi lokasi, teknisi dan suku cadang).

Metode untuk menentukan Q_r akibat hujan yang banyak digunakan dan disarankan oleh JICA, AASHTO maupun SNI yaitu metode rasional yang merupakan rumus empiris dari hubungan antara curah hujan dan besarnya limpasan (debit).

$$Q = \frac{C \cdot I_t \cdot A}{3,6} \dots\dots\dots (2.54)$$

Dimana:

Q = Debit Limpasan (m^3/det)

C = Koefisien Limpasan atau pengaliran

I_t = Intensitas Hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

A = Luas daerah tangkapan hujan (km^2)

2.7.2 Saluran Samping

Tahapan untuk menentukan kapasitas saluran samping jika menggunakan metode rasional.

a. Menentukan Frekuensi Hujan Rencana Pada Masa Ulang (T) Tahun

Di bawah ini diberikan contoh perhitungan sekaligus dengan uraian dan rumus dengan Analisa Distribusi Frekuensi Cara Gumbel. Rumus persamaan yang digunakan sebagai berikut :

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \dots\dots\dots (2.55)$$

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum(x^2) - x \sum x}{n-1}} \dots\dots\dots (2.56)$$

$$R_T = X + S_x \dots\dots\dots (2.57)$$

Dimana:

X = Curah Hujan Harian maksimum pertahun (mm)

N = Jumlah data curah hujan

\bar{X} = Curah Hujan Harian rata-rata (mm)

S_x = Standar Deviasi

R_T = Frekuensi Hujan Pada Periode ulang T

K = Faktor Frekuensi

Tabel 2.35 Nilai K Sesuai Lama Pengamatan

T	Y _T	Lama Pengamatan (Tahun)				
		10	15	20	25	30
2	0,3665	-0,1355	-0,1434	-0,1478	-0,1506	-0,1526
5	1,4999	1,0580	0,9672	0,9186	0,8878	0,8663
10	2,2502	1,8482	1,7023	1,6246	1,5752	1,5408
20	2,9702	2,6064	2,4078	2,3020	2,2348	2,1881
25	3,1985	2,8468	2,6315	2,5168	2,4440	2,3933
50	3,9019	3,5875	3,3207	3,1787	3,1787	3,0256
100	4,6001	4,3228	4,0048	3,8356	3,8356	3,6533

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

b. Menentukan Intensitas Hujan Rencana

Untuk mengolah R (Frekuensi Hujan) menjadi I (Intensitas Hujan) dapat digunakan cara Mononobe sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (2.58)$$

Dimana :

I = Intensitas Hujan (mm/jam)

t = Lamanya curah hujan (menit)

R₂₄ = Curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm)

Biasanya intensitas hujan dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek misalnya 5 menit, 30 menit, 60 menit dan jam.

c. Luas Daerah Pengaliran (A)

Luas daerah tangkapan hujan (*catchment area*) pada perencanaan saluran samping jalan adalah daerah pengaliran yang menerima curah hujan selama waktu tertentu (intensitas hujan) sehingga menimbulkan debit limpasan yang harus dialirkan perhitungan luas daerah pengaliran didasarkan pada panjang segmen jalan yang ditinjau.

d. Koefisien Pengaliran dan Faktor Limpasan

Koefisien pengaliran (C) dan koefisien limpasan (fk) adalah angka reduksi dari intensitas hujan, yang besarnya disesuaikan dengan kondisi permukaan kemiringan atau kelandaian, jenis tanah dan durasi hujan, koefisien ini tidak berdimensi. Berdasarkan Pd. T-02-2006-B tentang Perencanaan Drainase

Jalan nilai C dengan berbagai kondisi permukaan, dapat dihitung atau ditentukan dengan cara sebagai berikut:

$$C_w = \frac{C_1.A_1 + C_2.A_2 + C_3.A_3.f_k}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots} \dots\dots\dots (2.59)$$

Dimana:

$C_1, C_2 \dots$ = Koefisien pengaliran sesuai dengan jenis permukaan

$A_1, A_2 \dots$ = Luas daerah pengaliran (Km^2)

C_w = C rata-rata pada daerah pengaliran yang dihitung

f_k = Faktor limpasan sesuai guna jalan

Tabel 2.36 Harga Koefisien Pengaliran (C) dan Harga Faktor Limpasan (f_k)

No.	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)	Faktor Limpasan (f_k)
BAHAN			
1	Jalan beton & jalan aspal	0,70-0,90	-
2	Jalan kerikil & jalan tanah	0,40-0,70	-
3	Bahu jalan:		
	Tanah berbutir halus	0,40-0,65	-
	Tanah berbutir kasar	0,10-0,20	-
	Batuan masif keras	0,70-0,85	-
	Batu 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	Taman dan kebun	0,20-0,40	0,2
7	Persawitan	0,45-0,60	0,5
8	Perbukitan	0,70-0,80	0,4
9	Pegunungan	0,75-0,95	0,3

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

e. Waktu Konsentrasi (T_c)

Waktu Konsentrasi (T_c) adalah waktu terpanjang yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan aliran air secara simultan (*runoff*) setelah melewati titik-titik tertentu.

Terdiri dari (t_1) waktu untuk mencapai saluran dari titik terjauh dan (t_2) waktu pengaliran. Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan rumus

$$T_c = t_1 + t_2 \dots\dots\dots (2.60)$$

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times I_o \times \frac{nd}{\sqrt{k}} \right)^{0,167} \dots\dots\dots (2.61)$$

$$t_2 = \frac{L}{60 \times v} \dots\dots\dots (2.62)$$

Dimana:

T_c = Waktu konsentrasi (menit)

t_1 = Waktu untuk mencapai awal saluran dari titik terjauh (menit)

t_2 = Waktu aliran dalam saluran sepanjang L dari ujung saluran (menit)

I_o = Jarak dari titik terjauh sampai sarana drainase (m)

L = Panjang saluran (m)

K = Kelandaian permukaan

n_d = Koefisien hambatan (lihat Tabel 2.29)

I_s = Kemiringan saluran memanjang

V = Kecepatan air rata-rata pada saluran drainase

f. Debit Banjir

Untuk menghiung debit aliran (Q) dapat dihitung dengan rumus:

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C_w \times I \times A \dots\dots\dots (2.63)$$

Dimana:

Q = Debit aliran (m^3 /detik)

C_w = Koefisien pengaliran rata-rata

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas daerah layanan (km^2)

Tabel 2.37 Koefisien Hambatan Berdasarkan Kondisi Permukaan

No.	Kondisi Permukaan yang Dilalui Aliran	n_d
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan halus dan kedap air	0,02
3	Permukaan halus dan padat	0,10
4	Lapangan dengan rumput jarang, lading, dan tanah lapang kosong dengan permukaan cukup kasar	0,20
5	Lading dan lapangan rumput	0,40
6	Hutan	0,60
7	Hutan dan rimba	0,80

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

2.7.3 Gorong-Gorong (*Box Culvert*)

Pada drainase jalan, gorong-gorong berfungsi sebagai penerus aliran dari saluran samping ke tempat pembuangan, gorong-gorong ditempatkan melintang jalan di beberapa lokasi sesuai kebutuhan.

Tipe dan bahan gorong-gorong yang permanen dapat dilihat pada Tabel 2.30 dengan desain umur rencana untuk periode ulang untuk perencanaan gorong-gorong disesuaikan dengan fungsi jalan tempat gorong-gorong berlokasi:

- Jalan Tol = 25 tahun
- Jalan Arteri = 10 tahun
- Jalan Kolektor = 7 tahun
- Jalan Lokal = 5 tahun

Perhitungan gorong-gorong mengambil asumsi sebagai saluran terbuka dan dimensi gorong-gorong harus memperkirakan debit yang masuk gorong-gorong tersebut. Dimensi gorong-gorong minimum dengan diameter 80 cm dengan kedalaman minimum 1 m – 1,5 m tergantung tipe.

Tabel 2.38 Tipe Penampang Gorong-gorong

No.	Tipe Gorong-gorong	Bahan yang pakai
1	Pipa tunggal atau lebih	Metal gelombang, beton bertulang atau beton tumbuk, besi cor dan lain-lain
2	Pipa lengkung tunggal atau lebih	Metal gelombang
3	Gorong-gorong persegi (<i>Boxculvert</i>)	Beton bertulang

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

Berdasarkan standar gorong-gorong persegi *single* beton bertulang dari Bina Marga panjang gorong-gorong persegi merupakan lebar jalan ditambah duakali lebar bahu jalan dan dua kali tebal dinding sayap. Konstruksi gorong-gorong persegi beton bertulang ini direncanakan dapat menampung berbagai variasi lebar perkerasan sehingga pada prinsipnya panjang gorong-gorong persegi adalah bebas, tetapi pada perhitungan volume dan berat besi tulangan diambil terbatas dengan lebar perkerasan yang umum, yaitu 3,5; 4,5; 6 dan 7 meter.

Dimensi gorong-gorong persegi beton bertulang direncanakan seperti pada Tabel 2.34 berikut ini:

Tabel 2.39 Ukuran Dimensi Gorong-gorong

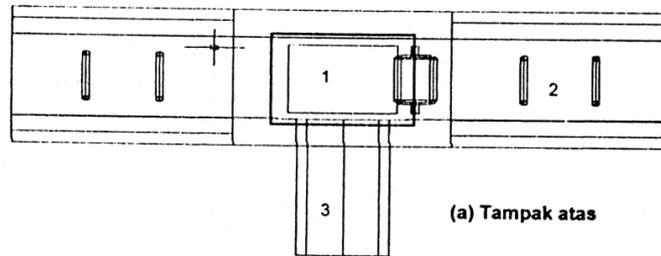
Tipe Single		
I	t	h
100	100	16
100	150	17
100	200	18
200	100	22
200	150	23
200	200	25
200	250	26
200	300	28
300	150	28
300	200	30
300	250	30
300	300	30

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

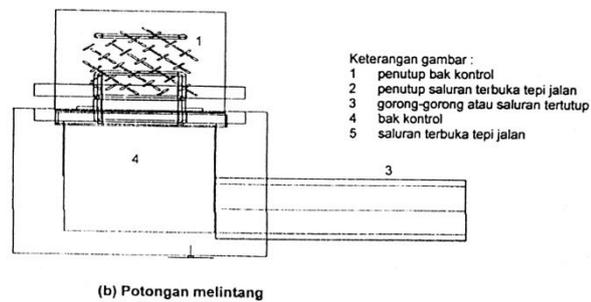
2.7.4 Bak Kontrol

Bak kontrol merupakan tempat masuknya air (*inlet*) dan saluran untuk menampung aliran permukaan yang akan disalurkan ke sistem drainase saluran tertutup dan merupakan ruang akses bagi jaringan pipa serta untuk pemeliharaan. Ukuran bak kontrol disesuaikan dengan kondisi lapangan dan juga mudah, aman dalam melakukan inspeksi dan pemeliharaan rutin (bak kontrol mudah dibuka dan

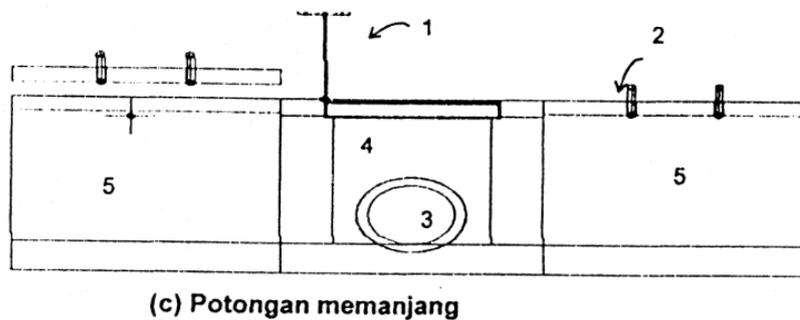
ditutup) serta aman bagi pejalan kaki (untuk saluran tertutup yang berada di bawah trotoar).



Gambar 2.25 Tampak atas Bak Kontrol



Gambar 2.26 Potongan Melintang Bak Kontrol



Gambar 2.27 Potongan Memanjang Bak Kontrol

2.7.5 Kriteria Perencanaan dan Desain 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 seperti pada tabel 2.40

Tabel 2.40 Kecepatan Aliran Air yang Dijinkan Berdasarkan Jenis Material

No	Jenis Bahan	Kecepatan Aliran Air yang Dijinkan (m/detik)
1	Pasir Halus	0,45
2	Lempung Kepasiran	0,50
3	Lanau Aluvial	0,60
4	Kerikil Halus	0,75
5	Lempung Kokoh	0,75
6	Lempung Padat	1,10
7	Kerikil Kasar	1,20
8	Batu-batu Besar	1,50
9	Pasangan Batu	1,50
10	Beton	1,50
11	Beton Bertulang	1,50

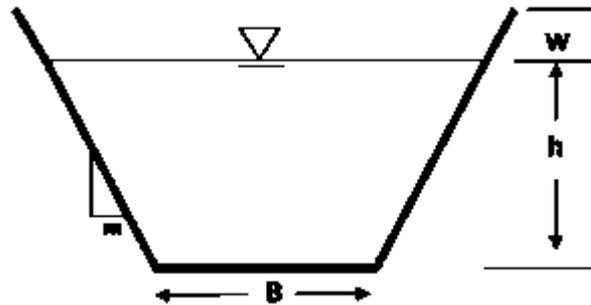
(Sumber : Pedoman Sistem Drainase Jalan,2006)

Kemiringan saluran ditentukan berdasarkan bahan yang digunakan. Hubungan antara bahan yang digunakan dengan kemiringan saluran arah memanjang dapat dilihat pada tabel 2.41.

Tabel 2.41 Kemiringan Saluran Memanjang (i_s) Berdasarkan Jenis Material

No.	Jenis Material	Kemiringan Saluran i_s (%)
1	Tanah asli	0 - 5
2	Kerikil	5 - 7,5
3	Pasangan	7,5

(Sumber : Pedoman Sistem Drainase Jalan,2006)



Gambar 2.28 Penampang Saluran Berbentuk Trapesium

Perhitungan dimensi saluran dilakukan dengan menggunakan rumus

Manning :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2.64)$$

$$Q = V \times A \dots\dots\dots (2.65)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots (2.66)$$

$$w = \sqrt{0,5h} \dots\dots\dots (2.67)$$

Rumus Penampang Ekonomis

$$B + 2mh = 2h\sqrt{m^2+1} \dots\dots\dots (2.68)$$

Dimana:

V = Kecepatan aliran dalam saluran (m/detik)

R = Radius hidrolis (m)

S = Kemiringan saluran

A = Luas penampang basah saluran (m²)

P = Keliling basah saluran (m)

Q = Debit aliran (m³/detik)

n = Koefisien kekasaran Manning (Tabel 2.34)

w = Tinggi jagaan (m)

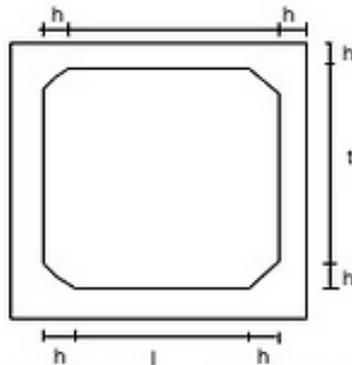
B = Lebar saluran (m)

m = Perbangindan kemiring talud

h = Tinggi muka air (m)

2.7.6 Kriteria Perencanaan dan Desain Gorong-gorong

Ditempatkan melintang jalan yang berfungsi untuk menampung air dari hulu saluran drainase dan mengalirkannya, dengan dimensi yang harus cukup besar untuk melewati debit air secara maksimum dari daerah pengaliran secara efisien dan dibuat dengan tipe permanen.



Gambar 2.29 Dimensi Gorong-gorong Persegi

$$A = \frac{Q}{V} \dots\dots\dots (2.69)$$

$$b = 2h \dots\dots\dots (2.70)$$

$$A = I \times h \dots\dots\dots (2.71)$$

$$w = \sqrt{0,5h} \dots\dots\dots (2.72)$$

Dimana:

V = Kecepatan aliran dalam saluran (m/detik)

Q = Debit aliran (m³/detik)

A = Luas penampang melintang (m²)

w = Tinggi jagaan (m)

b = Tinggi penampang saluran (m)

I = Lebar saluran (m)

h = Tinggi muka air (m)

Tabel 2.42 Koefisien Kekasaran Manning

No	Tipe saluran	Baik sekali	Baik	Sedang	Jelek
SALURAN BUATAN					
1.	Saluran tanah, lurus teratur	0,017	0,020	0,023	0,025
2.	Saluran tanah yang dibuat dengan excavator	0,023	0,028	0,030	0,040
3.	Saluran pada dinding batuan, lurus, teratur	0,020	0,030	0,033	0,035
4.	Saluran pada dinding batuan, tidak lurus, tidak teratur	0,035	0,040	0,045	0,045
5.	Saluran batuan yang diledakkan, ada tumbuh-tumbuhan	0,025	0,030	0,035	0,040
6.	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0,028	0,030	0,033	0,035
7.	Saluran lengkung, dengan kecepatan aliran rendah	0,020	0,025	0,028	0,030
SALURAN ALAM					
8.	Bersih, lurus, tidak berpasir dan tidak berlubang	0,025	0,028	0,030	0,033
9.	Seperti no.8 tapi ada timbunan atau kerikil	0,030	0,033	0,035	0,040
10.	Melengkung, bersih, berlubang dan ber dinding pasir	0,030	0,035	0,040	0,045
11.	Seperti no.10, dangkal, tidak teratur	0,040	0,045	0,050	0,055
12.	Seperti no.10, berbatu dan ada tumbuh-tumbuhan	0,035	0,040	0,045	0,050
13.	Seperti no.11, sebagian berbatu	0,045	0,050	0,055	0,060
14.	Aliran pelan, banyak tumbuh-tumbuhan dan berlubang	0,050	0,060	0,070	0,080
15.	Banyak tumbuh-tumbuhan	0,075	0,100	0,125	0,150
SALURAN BUATAN, BETON, ATAU BATU KALI					
16.	Saluran pasangan batu, tanpa penyelesaian	0,025	0,030	0,033	0,035
17.	Seperti no.16, tapi dengan penyelesaian	0,017	0,020	0,025	0,030
18.	Saluran beton	0,014	0,018	0,019	0,021
19.	Saluran beton halus dan rata	0,010	0,011	0,012	0,013
20.	Saluran beton pracetak dengan acuan baja	0,013	0,014	0,014	0,015
21.	Saluran beton pracetak dengan acuan kayu	0,015	0,016	0,016	0,018

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

2.7.7 Marka Jalan, Rambu Lalu Lintas, Pengaman Jalan dan Trotoar

a. Marka Jalan

Marka jalan dibuat dengan cat warna putih dan kuning atau dengan material lainnya yang ditempatkan atau dibuat pada permukaan perkerasan jalan, kerb atau objek lainnya dengan maksud untuk mengatur lalu lintas atau mengingatkan pengemudi (Shirley L. Hendarsin, 2000:330). Ada 5 kategori marka jalan yang digunakan, yaitu : marka pada perkerasan jalan, pada kerb jalan, tanda pada objek, petunjuk dan perkerasan yang diberi warna.

Jenis marka yang paling umum adalah marka pada perkerasan yang terdiri dari garis memanjang dan melintang dengan tulisan dan lambang. Dengan pemilihan warna, lebar dan jenis marka memanjang, maka perencana dapat memberikan pesan kepada para pengemudi.

Penjelasan secara umum adalah sebagai berikut :

- 1) Garis putus-putus bersifat “boleh”,
Garis penuh bersifat “dilarang”,
Garis penuh ganda bersifat “dilarang keras”.
- 2) Warna untuk garis-garis tersebut menunjukkan sebagai berikut : warna putih memisahkan arus lalu lintas (batas lajur) pada arah yang sama dan warna kuning memisahkan arus lalu lintas pada arah yang berlawanan.
- 3) Tebal garis menunjukkan derajat penekanan

Tabel 2.43 Penggunaan Tipikal Marka pada Perkerasan.

Tipe	Penggunaan Tipikal
Garis Memanjang	
Garis putih putus-putus	Garis batas lajur untuk jalan multi lajur
Garis kuning putus-putus	Dijinkan untuk menyalip / mendahului pada jalan dua lajur dua jalur
Garis putih penuh	Tanda / batas tepi perkerasan
Garis ganda putih penuh	Garis pemisah karena akan ada / ditemui rintangan
Garis kuning penuh	Digunakan bersamaan dengan garis putus-putus warna kuning, yang menunjukkan tidak boleh mendahului di dekat garis penuh
Garis ganda kuning putus-putus	Tepi lajur arus kendaraan berlawanan
Garis titik-titik	Garis tambahan melalui samping sebidang / tidak
Garis Melintang	
Marka pada bahu	Untuk menghalangi penggunaan bahu jalan sebagai lajur lalu lintas
Pasangan garis putih penuh dengan lebar ≥ 15 cm dan panjang + 200 cm	Tempat penyebrangan pejalan kaki (<i>cross walks</i>) / <i>zebra cross</i>
Garis putih penuh dengan lebar 3 - 6 m	Garis henti yang menunjukkan kendaraan diperlukan untuk berhenti

(Sumber : Shirley L. Hendarsin, 2000)

b. Rambu Lalulintas

Dilihat dari fungsinya rambu lalulintas terdiri dari 3 kelas, yaitu :

- 1) Pengatur atau pengarah, digunakan kode R
- 2) Petunjuk, digunakan kode G
- 3) Peringatan, digunakan kode W

Bentuk rambu lalulintas terdiri dari : lingkaran, belah ketupat, persegi panjang atau bujur sangkar, bersilang, berbetnuk anak panah dan segi delapan.

Warna yang digunakan pada umumnya seragam atau standar yang berlaku internasional.

Tabel 2.44 Jenis Rambu Jalan dan Warna yang Digunakan

Kode	Warna
R	- Dasar merah, tulisan putih
	- Dasar putih, bingkai merah, lambang hitam dan putih / tulisan hitam
W	- Dasar kuning, bingkai hitam, dan tulisan / lambang hitam
G	- Dasar biru, bingkai putih, lambang dan tulisan putih
	- Dasar biru, bingkai dan dasar lambang putih, lambang hitam
	- Dasar hijau, tulisan dan lambang putih
	- Dasar biru, tulisan kuning

(Sumber : Shirley L. Hendarsin, 2000)

c. Pengaman Jalan

1) Pagar Pengaman

Pagar pengaman atau rel pengaman dipasang pada tikungan yang cukup tajam dimana pada sisinya merupakan lereng terjal dengan beda tinggi yang cukup besar antara muka jalan dengan muka tanah sisi jalan. Pagar pengaman dipasangkan pada patok beton bertulang dengan jarak 2 meter. Bahan untuk pagar pengaman adalah baja galvanizer, dimensi dan spesifikasinya sesuai dengan standar dari Bina Marga.

2) Patok Pengarah

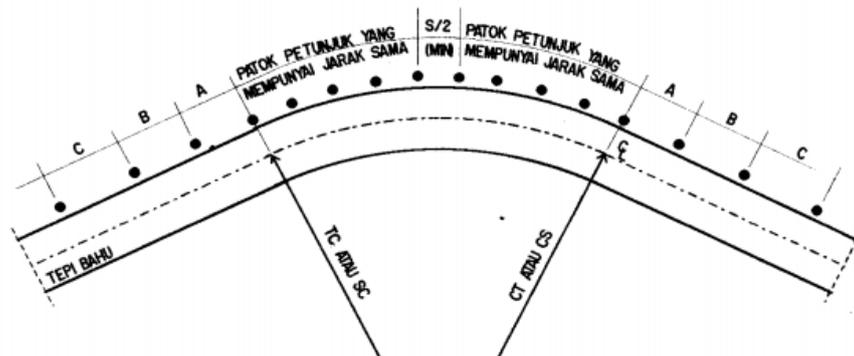
Selain patok kilometer yang dipasang untuk penunjuk arah, patok beton yang berfungsi sebagai pengarah harus dipasang pada tikungan dan jalan masuk jembatan, dimensi patok sesuai dengan ketentuan standar dari Bina Marga.

Jarak atau letak antar patok seperti tabel dibawah ini.

Tabel 2.45 Jarak Patok Pengarah

Radius (m)	Jarak antar patok (m)			
	S	A	B	C
180 - < 200	15	20	25	30
150 - < 180	14	20	25	30
120 - < 150	13	15	20	25
90 - < 120	12	15	20	25
60 - < 90	10	15	20	20
30 - < 60	8	10	20	20
< 30	6	10	15	15

(Sumber : Shirley L. Hendarsin, 2000)



Gambar 2.30 Denah Letak Patok Pengarah

d. Trotoar

Trotoar termasuk dalam sarana pedestrian untuk memberikan pelayanan yang optimal kepada pejalan kaki baik dari segi keamanan maupun kenyamanan. Trotoar dapat ditempatkan khusus, juga dapat digunakan sekaligus sebagai penutup saluran samping.

2.8 Perhitungan Galian dan Timbunan

Dalam perencanaan jalan raya diusahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen vertikal dan horizontal memungkinkan untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan. Menurut Ir. Hamirhan Saodang (2004:177), langkah-langkah dalam pekerjaan galian dan timbunan, antara lain :

- Perhitungan penampang tanah
- Perhitungan volume tanah, dilakukan dengan metoda *Double End Areas* (luas ujung rangkap) yaitu dengan mengambil rata-rata luas kedua ujung penampang dari STA 1 dan STA 2 kemudian dikalikan jarak kedua STA. Ini dilakukan untuk semua titik STA yang berada pada rancangan trase jalan.

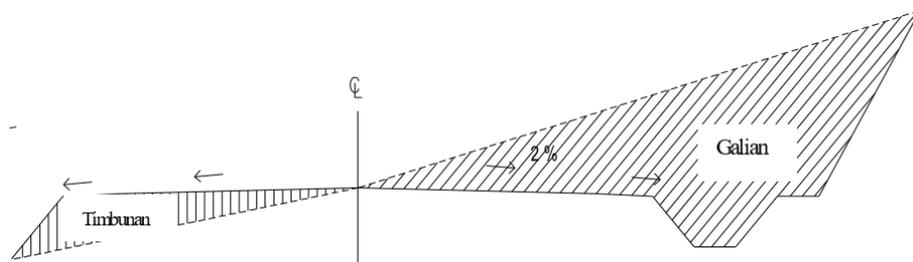
$$\text{Volume} = (A_1 + A_2)/2 \times \text{jarak} \text{ (m}^3\text{)} \dots\dots\dots(2.73)$$

Dimana :

A_1 = luas penampang STA 1

A_2 = luas penampang STA 2

- Diagram massa, adalah kurva yang penggambaran pemindahan tanah pada suatu penampang melintang diatas atau dibawah profil jalan, mulai dari suatu stasiun tertentu sampai stasiun berikutnya.
- Pemindahan tanah, dengan menggunakan diagram massa pekerjaan tanah dimana efisiensi akan tercapai bilamana volume galian hampir sama dengan volume timbunan.



Gambar 2.31 Galian dan timbunan

Tabel 2.46 Perhitungan galian dan timbunan

STA	Luas (m ²)		Jarak (m)	Volume	
	Galian	Timbunan		Galian	Timbunan
0+000	A	A	L	$\frac{A+B}{2} \times L = C$	$\frac{A+B}{2} \times L = C$
0+100	B	B			
Jumlah				$\Sigma C, \dots, N$	$\Sigma C, \dots, N$

(Sumber : Hendra Suryadharma, 1999)

2.9 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

2.9.1 Analisa Harga Satuan Pekerjaan

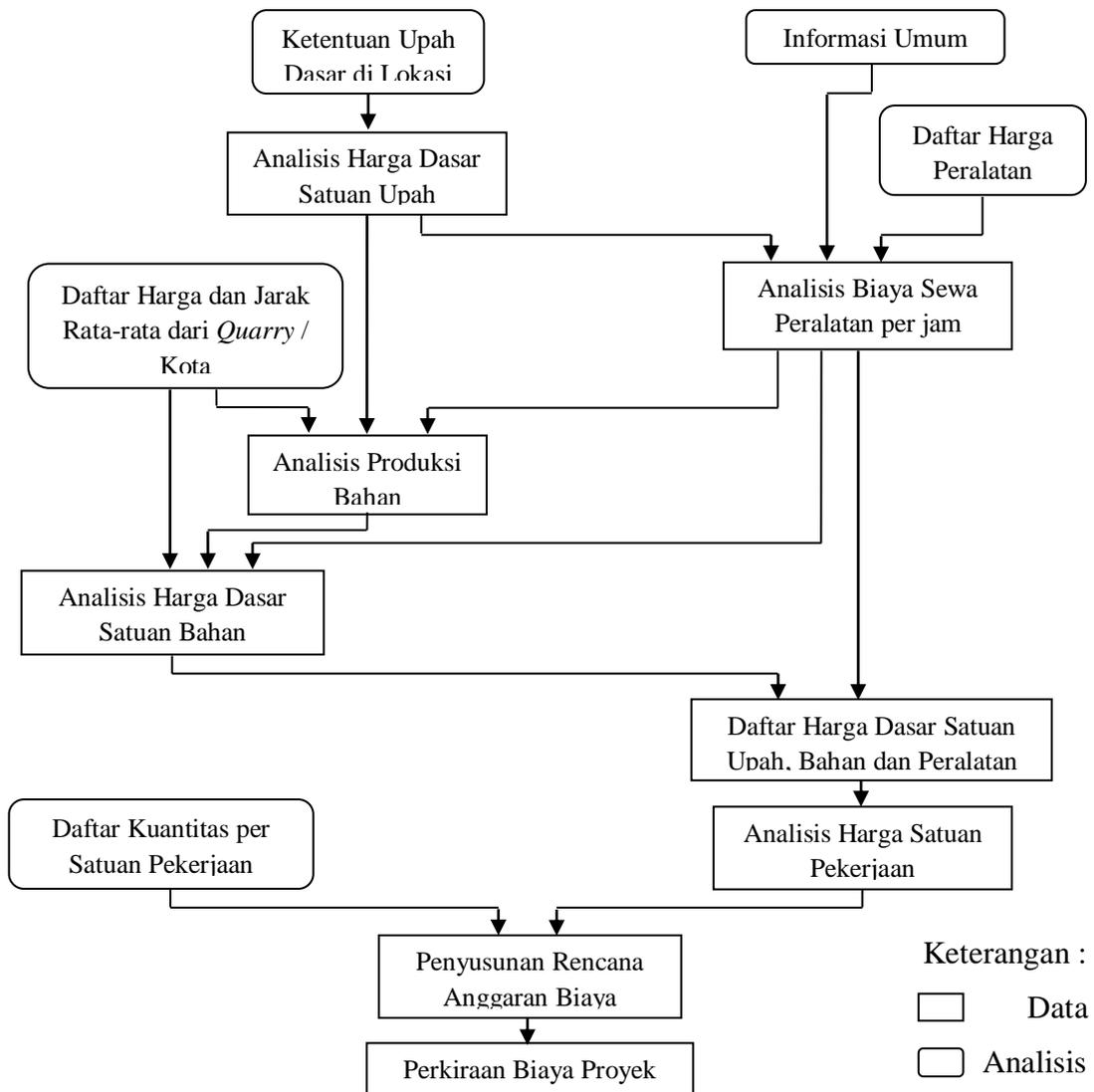
Analisis harga satuan terdiri dari 3 jenis, yaitu : harga satuan upah, harga satuan bahan dan harga satuan peralatan (Shirley L. Hendarsin, 2000:341). Dari analisis yang dilakukan untuk masing-masing jenis, kemudian disusun menjadi “Analisis Harga Satuan Pekerjaan.”

Harga satuan pekerjaan adalah harga yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum di tempat proyek berada karena setiap daerah memiliki standar yang berbeda. Dalam penyusunan dan menghitung anggaran biaya suatu pekerjaan, harus berpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja dipasaran dan lokasi pekerjaan.

2.9.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya adalah jumlah dari masing-masing perkalian volume dan harga satuan pekerjaan yang bersangkutan.

$$RAB = \sum (\text{Volume} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan})$$



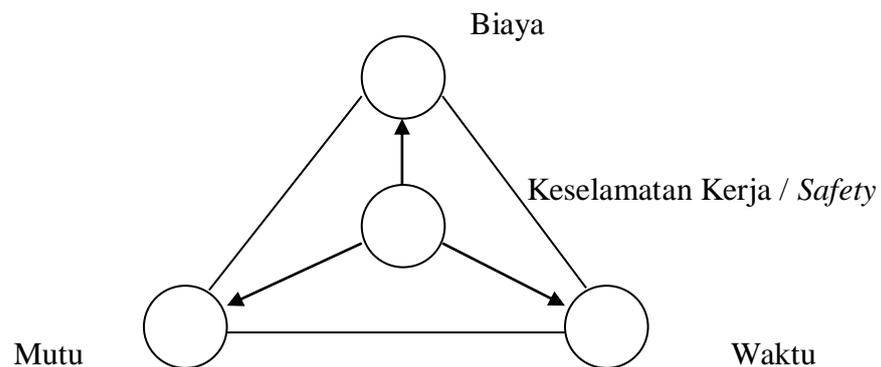
Gambar 2.32 Tahapan untuk Menghitung Perkiraan Biaya Proyek

2.10 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan (Iman Soeharto, 1999:28).

Dengan adanya manajemen proyek, maka akan terlihat batasan mengenai tugas, wewenang dan tanggung jawab dari pihak-pihak yang terlibat dalam proyek baik langsung maupun tidak langsung, sehingga tidak akan terjadi adanya tugas dan tanggung jawab yang dilakukan secara bersamaan (*overlapping*).

Kinerja proyek dapat diukur dari indikator kinerja biaya, mutu, waktu serta keselamatan kerja dengan merencanakan secara cermat, teliti dan terpadu seluruh alokasi sumber daya manusia, peralatan, material serta biaya yang sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan (Ir. Abrar Husen,2010:60). Semua itu diselaraskan dengan sasaran dan tujuan proyek.



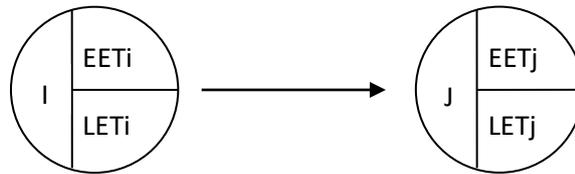
Gambar 2.33 Tolak Ukur / Indikator Kinerja Proyek

2.10.1 *Network Planning (NWP)*

Widiasanti dan Lenggogeni (2013:48), metode jaringan kerja merupakan cara grafis untuk menggambarkan kegiatan-kegiatan dan kejadian yang diperlukan untuk mencapai tujuan proyek. Jaringan kerja ini akan membantu dalam penentuan kegiatan-kegiatan kritis akibat keterlambatan dari suatu kegiatan terhadap waktu penyelesaian keseluruhan proyek.

a. Metode *Activity On Arrow (AOA)*

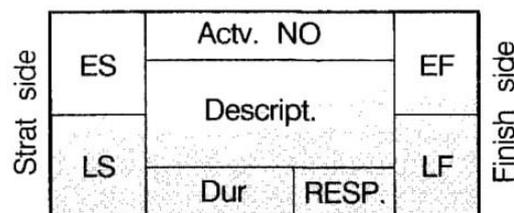
Metode *Activity On Arrow* merupakan salah satu metode penjadwalan dalam rencana jaringan kerja atau *Network Planning* yang menjadi alat bantu dalam membuat suatu proyek menjadi lebih efektif dan efisien. Kegiatan dalam AOA merupakan anak panah, sementara *node-i* dan *node-j* digunakan sebagai awal dan akhir suatu kegiatan.



Gambar 2.34 Diagram AOA

b. *Precedence Diagram Method* (PDM)

Berbeda dengan AOA yang menitikberatkan kegiatan pada anak panah, PDM menitikberatkan kegiatan pada node sehingga disebut *Activity On Node*.

Gambar 2.35 *Precedence Diagram Method* (PDM)

2.10.2 *Barchart*

Widiasanti dan Lenggogeni (2013:78), *barchart* adalah sekumpulan aktivitas yang ditempatkan dalam kolom vertikal, sementara waktu dalam baris horizontal. Panjang dari balok menunjukkan durasi dari aktivitas dan disusun berdasarkan kronologi pekerjaannya. *Barchart* memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

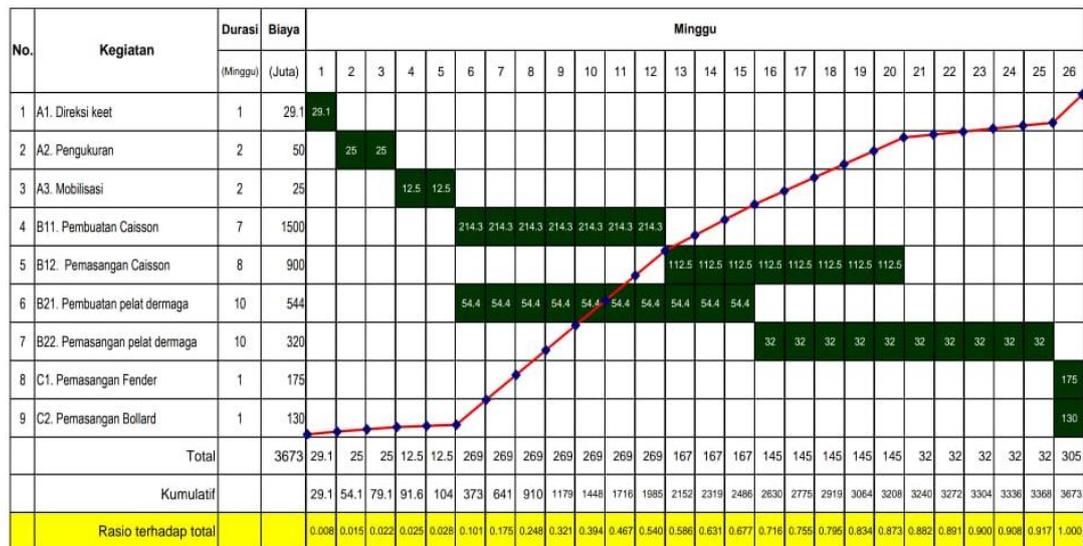
- Mudah dalam pembuatan dan persiapannya.
- Memiliki bentuk yang mudah dimengerti.
- Bila digabungkan dengan Kurva S dapat dipakai sebagai pengendalian biaya.

No.	Uraian Kegiatan	Minggu					
		1	2	3	4	5	6
1	Pekerjaan Persiapan						
2	Pekerjaan Pelaksanaan						
3	Pekerjaan Akhir						

Gambar 2.36 Contoh *Barchart*

2.10.3 Kurva S

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).



Gambar 2.37 Contoh Kurva S