

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Tinjauan pustaka merupakan peninjauan kembali pustaka-pustaka yang terkait (*review of related literature*). Sesuai dengan arti tersebut, suatu tinjauan pustaka berfungsi sebagai peninjauan kembali tentang masalah-masalah yang berkaitan. Pada bab ini penyusunan tinjauan pustaka dimaksudkan sebagai peninjauan kembali pustaka-pustaka yang terkait dalam perencanaan suatu jalan, khususnya dalam hal ini adalah "Perencanaan Geometrik dan Tebal Perkerasan Jalan Tol Pematang Panggang – Kayu Agung Kabupaten OKI Provinsi Sumatera Selatan Sta 177+600 - Sta 185+600". Dasar tinjauan itu sendiri diambil dari referensi buku-buku terkait dan peraturan-peraturan standar yang berlaku di Indonesia.

Adapun aspek-aspek yang perlu ditinjau dalam Perencanaan Geometrik dan Tebal Perkerasan, antara lain:

- 1) Sistem jaringan dan klasifikasi jalan.
- 2) Aspek lalu lintas.
- 3) Aspek geometrik.
- 4) Perencanaan Galian dan Timbunan.
- 5) Perencanaan perkerasan jalan.
- 6) Aspek drainase, bangunan pelengkap dan fasilitas jalan.
- 7) Manajemen Proyek.

2.2 Sistem Jaringan dan Klasifikasi Jalan

2.2.1 Sistem Jaringan Jalan

Sistem jaringan jalan merupakan satu kesatuan jaringan jalan yang terdiri dari sistem jaringan jalan primer dan sistem jaringan jalan sekunder yang terdapat dalam hubungan hirarki. Sistem jaringan jalan disusun dengan mengacu pada rencana tata ruang wilayah dan dengan memperhatikan keterhubungan antarkawasan

dan/atau dalam kawasan perkotaan, dan kawasan pedesaan. (*Peraturan Pemerintah RI No.34 Tahun 2006 Tentang Jalan*)

1) Sistem jaringan jalan primer

Sistem jaringan jalan primer adalah sistem jaringan jalan yang disusun berdasarkan rencana tata ruang dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan sebagai berikut:

- a) Menghubungkan secara menerus pusat kegiatan nasional, pusat kegiatan wilayah, pusat kegiatan lokal sampai ke pusat kegiatan lingkungan;
- b) Menghubungkan antar pusat kegiatan nasional.

Sistem jaringan jalan primer terbagi menjadi :

(i) Jalan arteri primer

Jalan arteri primer adalah jalan yang secara efisien menghubungkan antara pusat kegiatan nasional atau antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah. (*Peraturan Pemerintah RI No.34 Tahun 2006 Tentang Jalan*). Persyaratan minimum untuk desain:

- a) Kecepatan rencana (V_r) paling rendah 60 km/jam.
- b) Lebar badan jalan paling rendah 11 meter.
- c) Kapasitas lebih besar dari pada volume lalu lintas rata-rata.
- d) Lalu lintas jarak jauh tidak terganggu oleh lalu lintas ulang-alik, lalu lintas lokal dan kegiatan lokal.
- e) Jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien (jarak antar jalan masuk/akses langsung minimum 500 meter), agar kecepatan dan kapasitas dapat terpenuhi.
- f) Persimpangan dengan jalan lain dilakukan pengaturan tertentu, sehingga tidak mengurangi kecepatan rencana dan kapasitas jalan.
- g) Tidak terputus walaupun memasuki kawasan perkotaan dan/atau kawasan pengembangan perkotaan.

(ii) Jalan kolektor primer

Jalan kolektor primer adalah jalan yang secara efisien menghubungkan antara pusat kegiatan wilayah atau menghubungkan antara pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lokal. (*Peraturan Pemerintah RI No.34 Tahun 2006 Tentang Jalan*). Persyaratan minimum untuk desain:

- a) Kecepatan rencana (V_r) paling rendah 40 km/jam.
- b) Lebar badan jalan paling rendah 9 meter.
- c) Kapasitas lebih besar dari pada volume lalu lintas rata-rata.
- d) Jumlah jalan masuk dibatasi dan direncanakan sehingga tidak mengurangi kecepatan rencana dan kapasitas jalan (jarak antar jalan masuk/akses langsung minimum 400 meter).
- e) Persimpangan dengan jalan lain dilakukan pengaturan tertentu sehingga tidak mengurangi kecepatan rencana dan kapasitas jalan.
- f) Tidak terputus walaupun memasuki kawasan perkotaan atau kawasan pengembangan perkotaan.
- g) Persyaratan teknis jalan masuk dan persimpangan ditetapkan oleh Menteri.

(iii) Jalan lokal primer

Jalan lokal primer adalah jalan menghubungkan pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lingkungan, pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lingkungan, antarpusat kegiatan lokal, atau pusat kegiatan lokal dengan pusat kegiatan lingkungan, serta antar pusat kegiatan lingkungan. (*Peraturan Pemerintah RI No.34 Tahun 2006 Tentang Jalan*) Persyaratan minimum untuk desain :

- a) Kecepatan rencana (V_r) paling rendah 20 km/jam.
- b) Lebar badan jalan paling rendah 7,5 meter.
- c) Tidak terputus walaupun memasuki desa.

(iii) Jalan Lingkungan Primer

Jalan lokal primer adalah jalan yang menghubungkan antarpusat kegiatan di dalam kawasan perdesaan dan jalan di dalam lingkungan kawasan perdesaan. (*Peraturan Pemerintah RI No.34 Tahun 2006 Tentang Jalan*).

Persyaratan minimum untuk desain :

- a) Kecepatan rencana (V_r) paling rendah 15 km/jam.
- b) Lebar badan jalan paling rendah 6,5 meter.
- c) Bila tidak diperuntukkan bagi kendaraan bermotor beroda 3 (tiga) atau lebih, lebar badan jalan paling rendah 3,5 meter.

2) Sistem Jaringan Jalan Sekunder

Sistem jaringan jalan sekunder disusun berdasarkan rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan yang menghubungkan secara menerus kawasan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder kesatu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga, dan seterusnya sampai ke persil. (*Peraturan Pemerintah RI No.34 Tahun 2006 Tentang Jalan*).

Sistem jaringan jalan sekunder terdiri atas jalan arteri sekunder, jalan kolektor sekunder, dan jalan lokal sekunder.

(i) Jalan arteri sekunder

Jalan arteri sekunder adalah jalan yang menghubungkan antara kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu atau menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kesatu atau menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua. (*Peraturan Pemerintah RI No.34 Tahun 2006 Tentang Jalan*).

Persyaratan minimum untuk desain :

- a) Kecepatan rencana (V_r) paling rendah 30 km/jam dengan lebar badan jalan minimal 11 meter.
- b) Kapasitas lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata.
- c) Lalu lintas cepat tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat.

(ii) Jalan Kolektor Sekunder

Jalan kolektor sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder kedua atau menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga. (Peraturan Pemerintah RI No.34 Tahun 2006 Tentang Jalan).

Persyaratan minimum untuk desain :

- a) Kecepatan rencana (V_r) paling rendah 20 km/jam dengan lebar badan jalan minimal 9 meter.
- b) Kapasitas lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata.
- c) Lalu lintas cepat tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat.

(iii) Jalan Lokal Sekunder

Jalan lokal sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, kawasan sekunder kedua dengan perumahan, kawasan sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan. Persyaratan minimum untuk desain yaitu kecepatan rencana (V_r) paling rendah 10 km/jam dengan lebar badan jalan minimal 7.5 meter.

(iv) Jalan Lingkungan Sekunder

Jalan lingkungan sekunder adalah jalan menghubungkan antarpersil dalam kawasan perkotaan. Persyaratan minimum untuk desain yaitu kecepatan rencana (V_r) paling rendah 10 km/jam dengan lebar badan jalan minimal 6.5 meter. (*Peraturan Pemerintah RI No.34 Tahun 2006 Tentang Jalan*)

2.2.2 Klasifikasi Jalan

1. Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi/Peranan

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

a. Jalan Arteri

Jalan Arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanannya jarak jauh, dengan kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk ke jalan ini sangat dibatasi secara berdaya guna.

b. Jalan Kolektor

Jalan Kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

c. Jalan Lokal

Jalan Lokal merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak pendek, kecepatan rata-rata rendah dan jalan masuk tidak dibatasi.

d. Jalan Lingkungan

Jalan Lingkungan merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak pendek, kecepatan rata-rata rendah dan jalan masuk dibatasi.

2. Klasifikasi Jalan Menurut Status Jalan

Jaringan jalan menurut status jalan dikelompokkan menjadi jalan nasional, jalan provinsi, jalan kabupaten, jalan kota dan jalan desa. (*Peraturan Pemerintah RI No.34 Tahun 2006 Tentang Jalan*)

a. Jalan Nasional

Jalan Nasional terdiri atas jalan arteri primer, jalan kolektor primer yang menghubungkan antara ibukota provinsi, jalan tol dan jalan strategis nasional

b. Jalan Provinsi

Jalan provinsi terdiri atas jalan kolektor primer yang menghubungkan provinsi dengan ibukota kabupaten atau kota, jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota kabupaten dengan kota, dan jalan strategis provinsi.

c. Jalan Kabupaten

Jalan kabupaten terdiri atas: Jalan kolektor primer yang tidak termasuk jalan nasional dan jalan provinsi. Jalan lokal primer yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat desa, antar ibukota kecamatan, ibukota kecamatan dengan desa dan antardesa.

d. Jalan Kota

Jalan kota adalah jalan umum pada jaringan jalan sekunder di dalam kota.

e. Jalan Desa

Jalan desa adalah jalan lingkungan primer dan jalan lokal primer yang tidak termasuk jalan kabupaten, dan merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antarpemukiman di dalam desa.

3. Klasifikasi Kelas Jalan Berdasarkan Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan

Klasifikasi kelas jalan dikelompokkan berdasarkan penggunaan jalan dan kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan, serta spesifikasi penyediaa prasarana jalan. Kelas jalan berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan dikelompokkan atas jalan bebas hambatan, jalan raya, jalan sedang, dan jalan kecil. (*Peraturan Pemerintah RI No.34 Tahun 2006 Tentang Jalan*)

a. Jalan Bebas Hambatan (Freeway)

Spesifikasi untuk jalan bebas hambatan (freeway) sebagaimana dimaksud dalam PP RI No.34 Tahun 2006 Tentang Jalan adalah sebagai berikut:

- Merupakan jalan untuk lalu lintas umum.
- Pengendalian jalan masuk secara penuh.
- Tidak ada persimpangan sebidang.
- Dilengkapi pagar ruang milik jalan dan median.

- Paling sedikit mempunyai 2(dua) lajur setiap arah.
 - Lebar paling sedikit 3,5 meter.
- b. Jalan Raya (Highway)
- Spesifikasi untuk jalan raya (highway) sebagaimana dimaksud dalam PP RI No.34 Tahun 2006 Tentang Jalan adalah sebagai berikut:
- Merupakan jalan untuk lalu lintas umum untuk lalu lintas secara menerus Pengendalian jalan masuk secara terbatas.
 - Dilengkapi dengan median.
 - Paling sedikit 2(dua) lajur setiap arah.
 - Lebar lajur paling sedikit 3,5 meter
- c. Jalan Sedang (Road)
- Spesifikasi untuk jalan sedang (road) sebagaimana dimaksud dalam PP RI No.34 Tahun 2006 Tentang Jalan adalah sebagai berikut:
- Merupakan jalan untuk lalu lintas umum.
 - Untuk lalu lintas jarak sedang dengan pengendalian jalan masuk tidak dibatasi.paling sedikit 2 (dua) lajur untuk 2 (dua) arah
 - Lebar jalur paling sedikit 7 meter.
- d. Jalan Kecil (Street)
- Spesifikasi untuk jalan kecil (street) sebagaimana dimaksud dalam PP RI No.34 Tahun 2006 Tentang Jalan adalah sebagai berikut:
- Merupakan jalan untuk lalu lintas umum untuk lalu lintas setempat.
 - Paling sedikit 2(dua) lajur untuk 2(dua) arah.
 - Lebar jalur paling sedikit 5,5 meter.

4. Klasifikasi Jalan Menurut Beban Lalu Lintas yang Dipikul

Jalan dibagi dalam kelas-kelas yang penetapannya didasarkan pada kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas yang dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton. Dalam buku Standar Geometrik Jalan Bebas Hambatan untuk Jalan Tol Tahun 2009, pembagian kelas jalan adalah seperti pada Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Muatan Sumbu Terberat

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan maksimum yang diizinkan			Muatan Sumbu Terberat yang diizinkan (Ton)
		Lebar (mm)	Panjang (mm)	Tinggi (mm)	
I	Arteri dan Kolektor	2500	18000	4200	10
Khusus	Arteri	>2500	>18000	4200	<10

(Sumber : Standar Geometrik Jalan Bebas Hambatan untuk Jalan Tol, 2009)

Tabel 2.2 Klasifikasi Jalan dalam LHR

No.	Klasifikasi Jalan	Kelas	Lalu Lintas Harian (smp)
1	Jalan Utama	I	>20000
2	Jalan Sekunder	II A	6000 - 20000
		II B	1500 - 8000
		II C	<2000
3	Jalan Penghubung	III	-

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 2009)

5. Klasifikasi Jalan 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 berikut:

Tabel 2.3 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

Medan Jalan	Notasi	Kemiringan Medan
Datar	D	<10,0 %
Perbukitan	B	10,0% - 25,0%
Pegunungan	G	>25%

(Sumber : Standar Geometrik Jalan Bebas Hambatan untuk Jalan Tol, 2009)

2.3 Aspek Lalu Lintas

2.3.1 Ekivalensi Mobil Penumpang

Faktor konversi berbagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalu lintas (emp mobil penumpang = 1,0).

2.3.2 Lalu Lintas Harian Rata-Rata

Satuan volume lalulintas yang umum digunakan sehubungan dengan jumlah dan lebar jalur adalah

a. Lalulintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT)

Lalulintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT) adalah jumlah lalulintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data satu tahun penuh.

$$\text{LHRT} = \frac{\text{Jumlah lalulintas dalam 1 tahun}}{365}$$

b. Lalulintas Harian Rata-rata (LHR)

Lalulintas Harian Rata-rata (LHR) adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan.

$$\text{LHR} = \frac{\text{Jumlah lalulintas selama pengamatan}}{\text{Lamanya pengamatan}}$$

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

2.4 Aspek Geometrik

Dalam perencanaan jalan, bentuk geometrik jalan harus ditentukan sedemikian rupa sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal pada lalu lintas sesuai dengan fungsinya. Untuk itu perlu diperhatikan batasan-batasan yang telah ditetapkan oleh Bina Marga.

2.4.1 Bagian-Bagian Jalan

a. Ruang Milik Jalan (RUMAJA)

Rumaja (Ruang Manfaat Jalan) ruang yang dimanfaatkan untuk konstruksi jalan, yang meliputi badan jalan, bahu jalan, jalur lalu lintas, saluran tepi jalan, dan ambang pengaman jalan (PP No. 34 tahun 2006, Bab III, pasal 34.1).

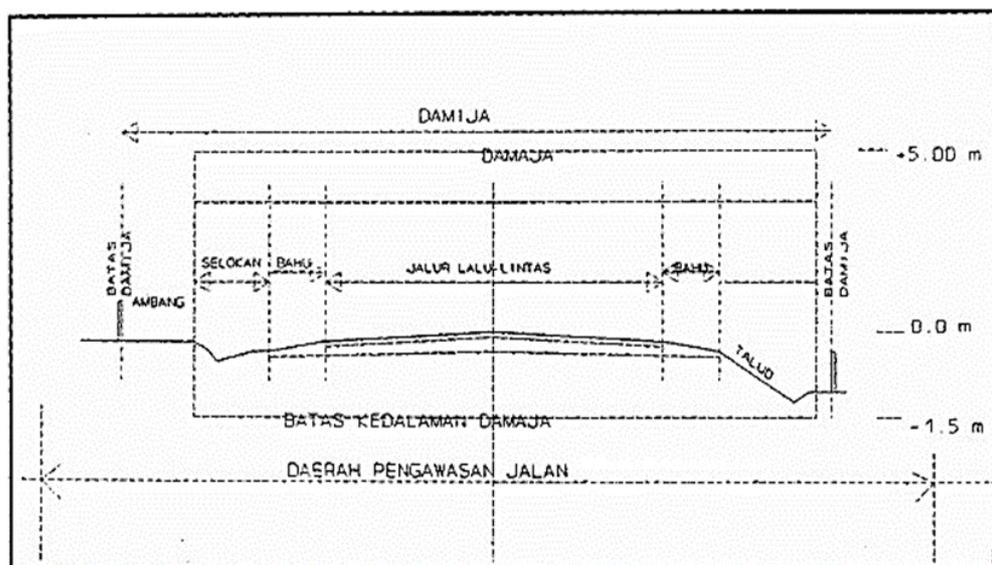
b. Ruang Milik Jalan (RUMUJA)

Ruas Milik Jalan (Damija) dibatasi oleh lebar yang sama dengan Damaja ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi smeter dan kedalaman 1.5 meter

c. Ruang Pengawasan Jalan (RUWASJA)

Ruang Daerah Pengawasan Jalan (Dawasja) adalah ruang sepanjang jalan di luar Damaja yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu, diukur dari sumbu jalan sebagai berikut:

- a) Jalan Arteri minimum 15 meter,
- b) Jalan Kolektor minimum 10 meter,
- c) Jalan Lokal minimum 7 meter.



Gambar 2.1 Damaja, Damija dan Dawasja dilingkungan jalan antar kota

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

2.4.2 Identifikasi lokasi jalan

Berdasarkan data yang diperoleh, dapat ditetapkan:

- a. Kelas medan.
- b. Titik awal dan akhir perencanaan.
- c. Pada peta dasar perencanaan, identifikasi daerah-daerah yang layak dilintasi berdasarkan struktur mekanika tanah, struktur geologi.

2.4.3 Kriteria perencanaan geometrik

Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat beberapa kriteria perencanaan, seperti kendaraan rencana, kecepatan rencana, volume dan kapasitas jalan dan tingkat pelayanan yang diberikan oleh jalan tersebut.

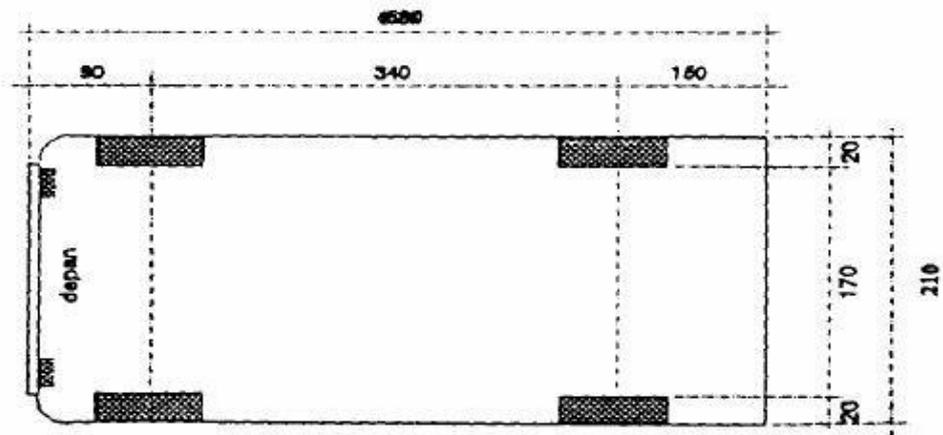
- a. Kendaraan rencana

Menurut Sukirman (1999), dilihat dari bentuk, ukuran, dan daya, dari kendaraan-kendaraan yang mempergunakan jalan, kendaraan-kendaraan tersebut dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok. Umumnya dapat dikelompokkan menjadi kelompok mobil penumpang, bus/truk, semi trailer, trailer.

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (1997), kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Kendaraan rencana dikelompokkan ke dalam 3 kategori:

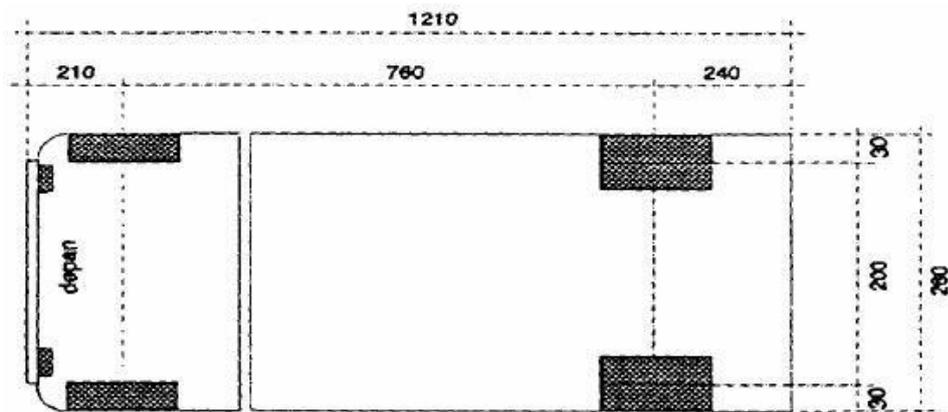
1. Kendaraan kecil, diwakili oleh mobil penumpang.
2. Kendaraan sedang, diwakili oleh truk 3 as tandem atau oleh bus besar 2 as.
3. Kendaraan besar, diwakili oleh truk-semi-trailer.

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



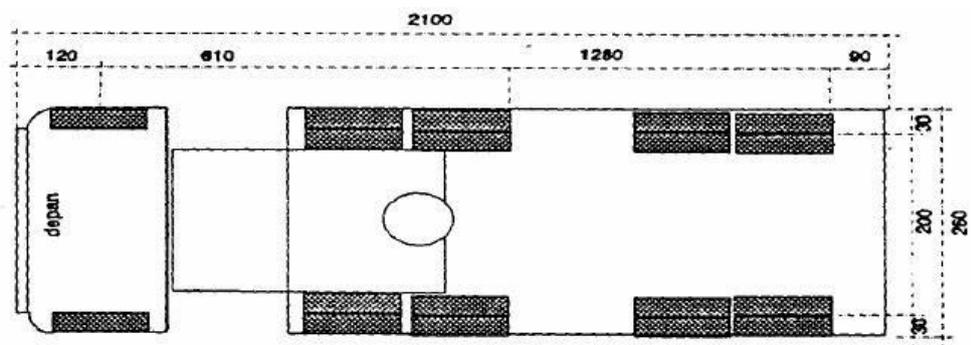
Gambar 2.2. Dimensi kendaraan kecil

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



Gambar 2.3 Dimensi kendaraan sedang

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



Gambar 2.4. Dimensi kendaraan besar

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

Tabel 2.4. Dimensi Kendaraan Rencana

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

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

b. Kecepatan rencana

Kecepatan rencana (V_R) pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti. Kecepatan rencana untuk masing masing fungsi jalan dapat ditetapkan dari Tabel 2.5. Untuk kondisi medan yang sulit, V_R suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam.

Tabel 2.5. Kecepatan Rencana Sesuai Klasifikasi Fungsi & 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)

c. Volume lalu lintas rencana

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

1. Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Satuan arus lalu lintas, dimana arus dari berbagai tipe kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan emp.

2. Ekivalen Mobil Penumpang (EMP)

Faktor konversi berbagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalu lintas (untuk mobil penumpang dan kendaraan ringan lainnya, emp = 1,0).

Tabel 2.6 Ekivalen Mobil Penumpang (EMP)

No	Jenis Kendaraan	Datar / Perbukitan	Pegunungan
1	Sedan, Jep Station Wagon	1,0	1,0
2	<i>Pick Up</i> , Bus Kecil, Truck Kecil	1,2 – 2,4	1,9 – 3,5
3	Bus dan Truck Besar	1,2 – 5,0	2,2 – 6,0

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

3. Faktor (F)

Faktor F adalah variasi tingkat lalu lintas per 15 menit dalam satu jam.

4. Faktor VLHR (K)

Faktor untuk mengubah volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam SMP/jam, dihitung dengan rumus :

$$VJR = VLHR \times \frac{K}{F}$$

VJR (Volume Jam Rencana) digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalu lintas lainnya yang diperlukan.

Tabel 2.7 Penentuan Faktor K dan F Berdasarkan volume lalu lintas rata-rata

VLHR	FAKTOR – K (%)	FAKTOR – F (%)
> 50.000	4 – 6	0,9 – 1
30.000 – 50.000	6 - 8	0,8 – 1
10.000 – 30.000	6 - 8	0,8 – 1
5.000 – 10.000	8 – 10	0,6 – 0,8
1.000 – 5.000	10 – 12	0,6 – 0,8
< 1.000	12 – 16	< 0,6

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

2.4.4 Penampang Melintang

a. Jalur lalu lintas

Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan. Batas jalur lalu lintas dapat berupa median, bahu, trotoar, pulau jalan dan separator. Jalur lalu lintas dapat terdiri dari berbagai berbagai lajur dan beberapa tipe, diantaranya sebai berikut:

- 1 jalur-2 lajur-2 arah (2/2 TB)
- 1 jalur-2 lajur-1 arah (2/1 TB)
- 2 jalur-4 lajur-2 arah (4/2 B)
- 2 jalur-n lajur-2 arah(n/2 B)

Keterangan:

N = jumlah lajur

TB = tidak terbagi

B = terbagi

Tabel 2.8 Lebar Jalur

VLHR (smp/hari)	ARTERI				KOLEKTOR				LOKAL			
	Ideal		Min		Ideal		Min		Ideal		Min	
	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)										
<3000	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,0	4,5	1,0
3000 - 10000	7,0	2,0	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,0
10001–25000	7,0	2,0	7,0	2,0	7,0	2,0	**)	**)	-	-	-	-
>25000	2nx3,5*)	2,5	2x7,0*)	2,0	2nx3,5*)	2,0	**)	**)	-	-	-	-

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

b. Lajur

- i) Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan, memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana.
- ii) Lebar lajur tergantung pada kecepatan dan kendaraan rencana, yang dalam hal ini dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan.
- iii) Jumlah lajur ditetapkan dengan mengacu kepada MKJI berdasarkan tingkat kinerja yang direncanakan, di mana untuk suatu ruas jalan dinyatakan oleh nilai rasio antara volume terhadap kapasitas yang nilainya tidak lebih dari 0.80.
- iv) Untuk kelancaran drainase permukaan, lajur lalu lintas pada alinemen lurus memerlukan kemiringan melintang normal sebagai berikut :
 - 2-3% untuk perkerasan aspal dan perkerasan beton.
 - 4-5% untuk perkerasan kerikil.

2.4.5 Jarak Pandang

Jarak pandang adalah 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. Jarak pandangan terdiri dari :

a. Jarak pandang henti (Jh)

Jarak pandang henti (Jh) adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik di sepanjang jalan harus memenuhi Jh. Jh terdiri atas 2 elemen jarak, yaitu:

- Jarak tanggap (Jht)

$$d_l = V \times t$$

dimana :

d_l : jarak saat melihat rintangan sampai menginjak pedal rem (m)

V : kecepatan rencana (km/jam)

T : Waktu reaksi atau waktu tangkap = 2,5 detik

$D_2 = 0,278.V.t$ (m)

- jarak pengereman (J_h)

➤ Untuk jalan datar

$$J_h = 0,278 V_R.T + \frac{V_R^2}{254f}$$

➤ Untuk jalan dengan kelandaian tertentu

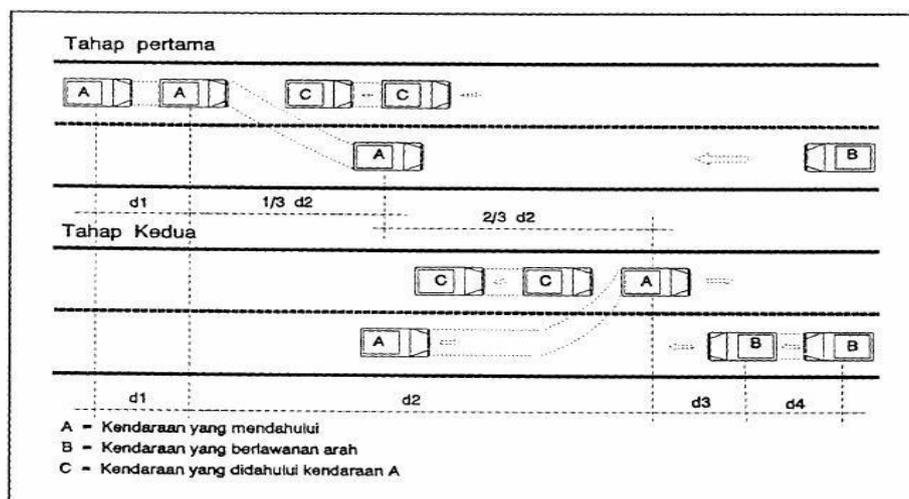
$$J_h = 0,278V_R.T + \frac{V_R^2}{254(f \pm L)}$$

Tabel 2.9 Jarak Pandang Henti (J_h) Minimum

V_R	120	100	80	60	50	40	30	20
J_h	250	175	120	75	55	40	27	16

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

b. Jarak pandang mendahului (J_d)



Gambar 2.5. Jarak pandang mendahului

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

Menurut Shirley L. Hendarsin (2000) Jarak pandang mendahului (J_d) adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului

kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula. . Jd dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut:

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

Dimana :

d1 = jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m)

d2 = jarak yang ditempu selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m)

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

d4 = jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah, berlawanan, yang besarnya diambil sama dengan $\frac{2}{3}$ d2 (m)

Rumus yang dipergunakan adalah :

$$d_1 = 0,278 T_1 \left(V_R - m + \frac{a \cdot T_1}{2} \right)$$

$$d_2 = 0,278 \cdot V_R \cdot T_2$$

d3 = diambil antara 30 – 100 meter

$$d_4 = \frac{2}{3} d_2$$

Dimana :

T1 = Waktu dalam detik, $\infty 2,12 + 0,026 V_R$

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

a = Percepatan rata-rata km/jam/detik $\infty 2,052 + 0,0036 V_R$

m = Perbedaan kecepatan dari kendaraan yang mendahului dan kendaraan yang didahului

V_R = Kecepatan kendaraan rata-rata dalam keadaan mendahului ∞ Kecepatan rencana (km/jam)

d1 = jarak kebebasan

d2 = Jarak yng ditempuh kendaraan yang datang dari arah berlawanan

Tabel 2.10 Panjang Jarak Pandang Mendahului

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

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

2.4.6 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal dikenal juga dengan mana situasi jalan atau trase jalan. Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus yang dihubungkan dengan garis lengkung. Garis lengkung tersebut terdiri dari busur lingkaran ditambah busur peralihan saja ataupun busur lingkaran saja. (Silvia Sukirman, 1999).

Pada perencanaan alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis bagian jalan, yaitu bagian lurus dan bagian lengkung atau umum disebut tikungan yang terdiri dari tiga jenis tikungan yang digunakan, yaitu :

1. Lingkaran / *Full Circle* (FC).
2. Spirral – Lingkaran – Spirral / *Spiral Circle Spiral* (S-C-S).
3. Spirral-Spirral (S-S)
- 4.

A. Lengkung penuh / *Full Circle*

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

Tabel 2.11 Jari-jari Tikungan Yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

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

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

Rumus yang digunakan pada tikungan *full circle* yaitu :

$$Tc = Rc \tan^{1/2}\Delta$$

$$Ec = Tc \tan^{1/4}\Delta$$

$$Lc = \frac{\pi}{180} \cdot \Delta \cdot Rc$$

Dimana :

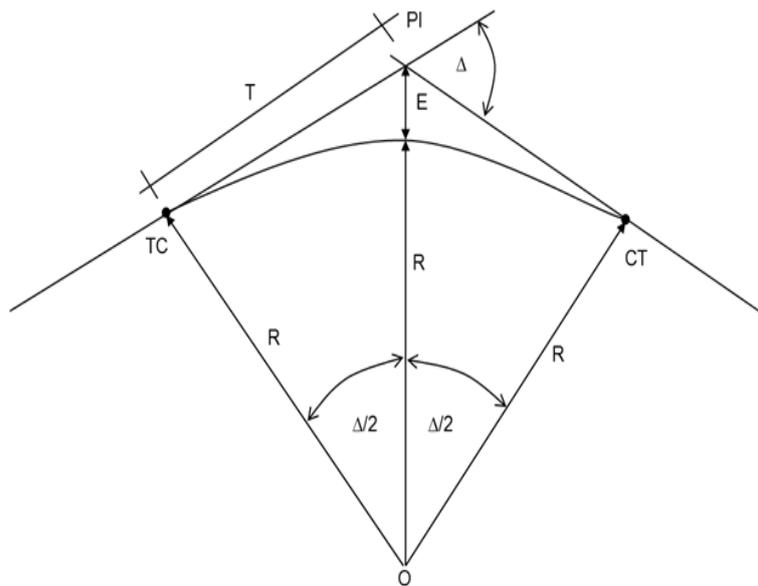
Δ = sudut tangen

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

Rc = jari-jari lingkaran

Ec = jarak luar dari PI ke busur lingkaran

Lc = panjang busur lingkaran



Gambar 2.6 Tikungan *Full Circle*

B. Lengkung *Spiral-Circle-Spiral*

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran, jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lurus dan bagian lingkaran (*circle*), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan

berbentuk busur lingkaran. Lengkung peralihan dengan bentuk spiral (*clothoid*) banyak digunakan juga oleh Bina Marga. Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan S-C-S.

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

menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997, diambil nilai terbesar dari tiga persamaan dibawah ini.

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

$$L_s = \frac{V_R \cdot T}{3,6}$$

2. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus modifikasi Shortt, sebagai berikut:

$$L_s = 0,022 \frac{V_R^3}{R_c \cdot C} - 2,727 \frac{V_R \cdot e}{C}$$

3. Berdasarkan tingkat pencapaian kelandaian:

$$L_s = \frac{(e_p - e_n)}{3,6 \cdot r_e} \times V_R$$

Dimana:

T = Waktu tempuh (3 detik)

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

R_c = Jari-jari lingkaran (m)

C = Perubahan percepatan (0,3 – 1,0) disarankan 0,4 m/det³

E = Superelevasi (%)

e_p = Superelevasi penuh (%)

e_n = Superelevasi normal (%)

r_e = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan

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

Untuk $V_R \geq 80$ km/jam nilai $r_e \text{ mak} = 0,025$ m/m/det

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

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

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6Rc}$$

$$\theta_s = \frac{90}{\pi} \frac{L_s}{Rc}$$

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

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

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

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

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

$$L_{tot} = L_c + 2L_s$$

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

Dimana :

L_s = panjang lengkung peralihan

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

Y_s = ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen

L_c = panjang busur lingkaran

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

E_s = jarak dari PI ke busur lingkaran

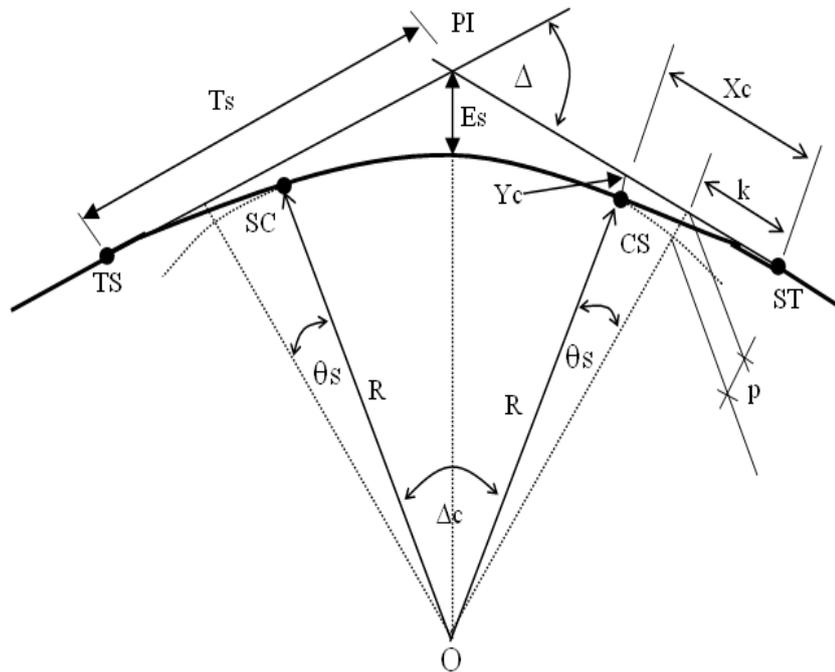
θ_s = sudut lengkung spiral

Δ = sudut tangen

Rc = jari-jari lingkaran

p = pergeseran tangen terhadap spiral

k = absis dari p pada garis tangen spiral



Gambar 2.7 Tikungan *Spiral – Circle – Spiral (SCS)*

C. Lengkung *Spiral-Spiral*

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

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

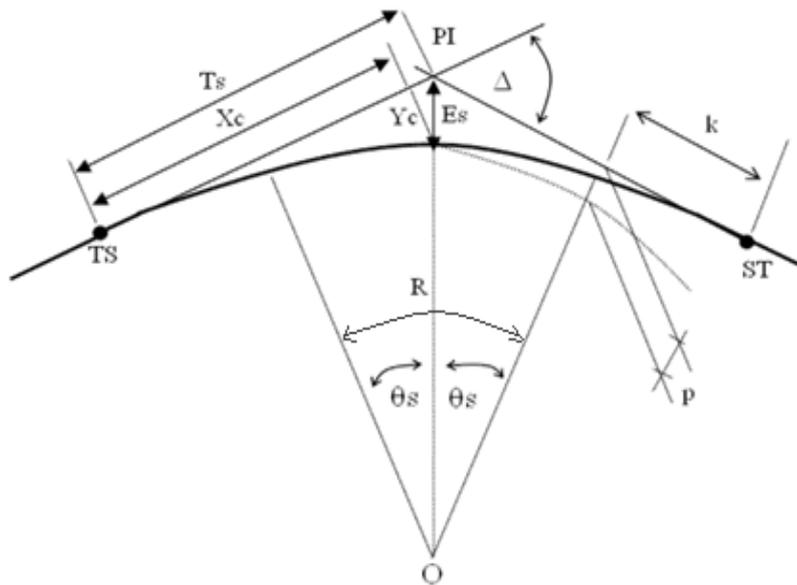
$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta$$

$$L_{tot} = 2L_s$$

Untuk menentukan L_s , dapat menggunakan rumus :

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

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



Gambar 2.8 Tikungan *Spiral – Spiral (SS)*

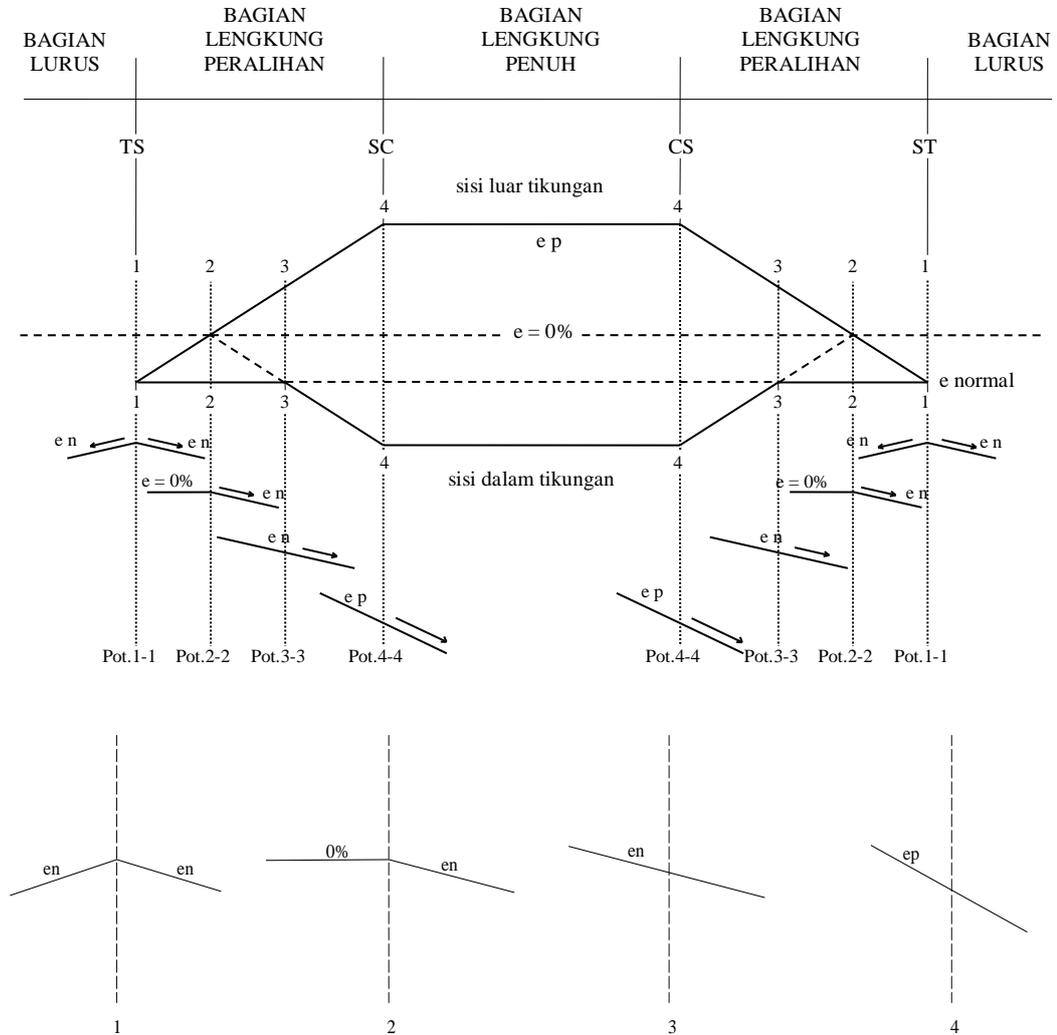
D. Kemiringan Melintang (e)

Untuk jari-jari lengkung yang besarnya antara dua nilai ekstrem tersebut diatas pada kecepatan rencana tertentu, besarnya superelevasi harus ditetapkan sedemikian rupa dengan maksud dapat didistribusikan secara logis antara faktor gesekan melintang dan superelevasi. Karena pertimbangan faktor drainase, maka untuk jalan lurus diperlukan lereng $e = 2\%$ dapat dipertahankan pada tikungan tertentu seperti tikungan yang tumpu. Ini termasuk pada jari-jari tikungan serta kecepatan rencana yang di tetapkan. (Shirley L. Hendarsin, 2000)

E. Diagram Superelevasi

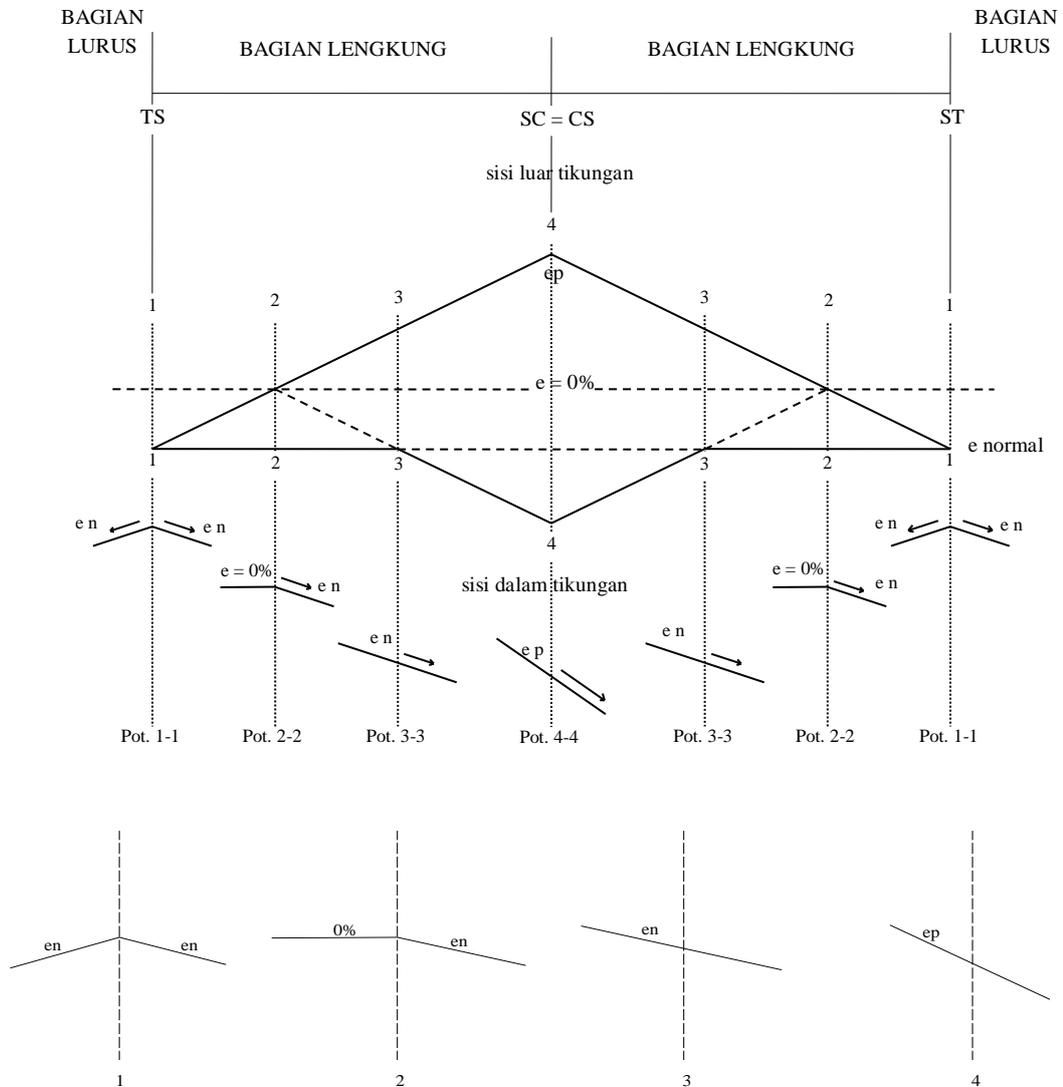
Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997, Superelevasi adalah suatu kemiringan melintang di tikungan yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima kendaraan pada saat berjalan melalui tikungan pada kecepatan V , dan Nilai superelevasi maksimum ditetapkan 10%.

- b. Superelevasi tikungan *Spiral-Circle-Spiral* dapat dilihat pada gambar 2.10 di bawah ini:



Gambar 2.10 Superelevasi tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

- c. Superelevasi tikungan *Spiral-Spiral* dapat dilihat pada gambar 2.11 di bawah ini :



Gambar 2.11 Superelevasi tikungan *Spiral-Spiral*

F. Landai Relatif

Kemiringan melintang atau kelandaian pada penampang jalan diantara tepi perkerasan luar dan sumbu jalan sepanjang lengkung peralihan disebut landai relatif. Pencapaian tikungan jenis *full circle* untuk dapat menggambarkan pencapaian kemiringan dari lereng normal

ke kemiringan penuh, kita harus hitung dulu lengkung peralihan fiktif (Ls'), adapun Ls' dihitung berdasarkan landai relatif maksimum.

G. Pelebaran Perkerasan di Tikungan

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

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

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

Dimana :

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

Rc = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan

Untuk lintasan luar roda depan (Rc) dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini :

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

Dimana :

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

Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar kendaraan rencana (m)

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

Dimana :

n = Jumlah jalur lalu lintas

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

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

Z = Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi di tikungan (m)

Adapun rumus untuk menghitung tambahan lebar perkerasan di tikungan sebagai berikut :

$$\Delta b = Bt - Bn \quad (\text{m})$$

$$Z = 0,015 \frac{V}{\sqrt{R}} \quad (\text{m})$$

Dimana :

Δb = Tambahan lebar perkerasan di tikungan (m)

Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

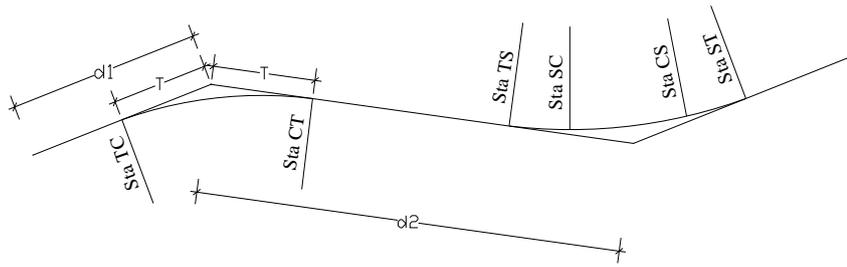
V = Kecepatan rencana (Km/jam)

R = Jari-jari tikungan

H. Stationing

Menurut Silvia Sukirman 1999, Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberi nomor pada interval-interval tertentu dari awal sampai akhir proyek. Nomor jalan (STA) jalan dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang ditinjau dan sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Adapun interval untuk masing-masing penomoran jika tidak adanya perubahan arah tangent pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal adalah sebagai berikut:

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



Gambar 2.12 Sistem Penomoran Jalan

2.4.7 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal yang melalui sumbu jalan atau proyeksi tegak lurus bidang gambar. Profil ini menggambarkan tinggi rendahnya jalan terhadap keadaan muka tanah asli, sehingga memberikan gambaran terhadap kemampuan kendaraan dalam keadaan naik dan bermuatan penuh (untuk itu truk digunakan sebagai kendaraan standard). (Silvia Sukirman,1999).

Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan alinyemen vertikal :

1. Landai maksimum
2. Panjang landai kritis
3. Lengkung vertikal

A. Landai Maksimum

Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997:

1. Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti.
2. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.
3. Kelandaian maksimum untuk berbagai V_r .

B. Panjang Landai Kritis

Panjang kritis adalah panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatan sedemikian rupa, sehingga penurunan kecepatan yang terjadi tidak lebih dari separuh kecepatan rencana (V_R). Lama perjalanan tersebut tidak lebih dari satu menit. (Hamirhan Saodang, 2004)

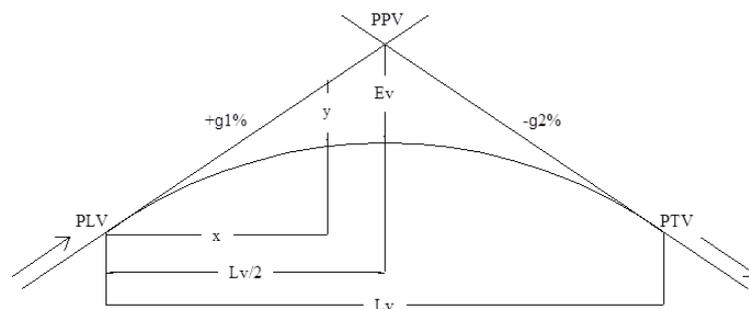
Tabel 2.12 Panjang Kritis

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

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

C. Lengkung Vertikal

Pada setiap penggantian landai harus dibuat lengkung vertikal yang harus memenuhi keamanan, kenyamanan dan drainase yang baik. Adapun lengkung vertikal yang digunakan adalah lengkung parabola sederhana (Silvia Sukirman, 1999).



Gambar 2.13 Lengkung Vertikal

Keterangan :

PPV = titik perpotongan kelandaian g_1 dan g_2

PLV = titik awal lengkung parabola.

- PTV = titik akhir lengkung parabola.
 g = kemiringan tangen ; (+) naik; (-) turun.
 Ev = pergeseran vertikal titik tengah busur lingkaran
 (PV1 - m) meter.
 Lv = panjang lengkung vertikal
 x = jarak dari titik PLV ke titik yang ditinjau
 y' = besarnya penyimpangan/defleksi (jarak vertikal)
 antara garis kemiringan dengan lengkungan

Kelandaian menaik diberi tanda (+) dan kelandaian menurun diberi tanda (-). Ketentuan pendakian atau penurunan ditinjau dari kiri ke kanan. Dari gambar diatas, besarnya defleksi (y') antara garis kemiringan (tangen) dan garis lengkung dapat dihitung dengan rumus:

$$y' = \frac{(g^2 - g1)}{200 \cdot Lv} x^2 \quad (\text{m})$$

Dimana :

- x = Jarak horizontal dari titik PLV ke titik yang ditinjau (m)
 y' = Besarnya penyimpangan (jarak vertikal) antara garis kemiringan dengan lengkungan (m)
 g1, g2 = Besar kelandaian (kenaikan/penurunan), (%)
 Lv = Panjang lengkung vertikal (m)

Untuk $x = \frac{1}{2} Lv$, maka $y' = Ev$ dirumuskan sebagai berikut :

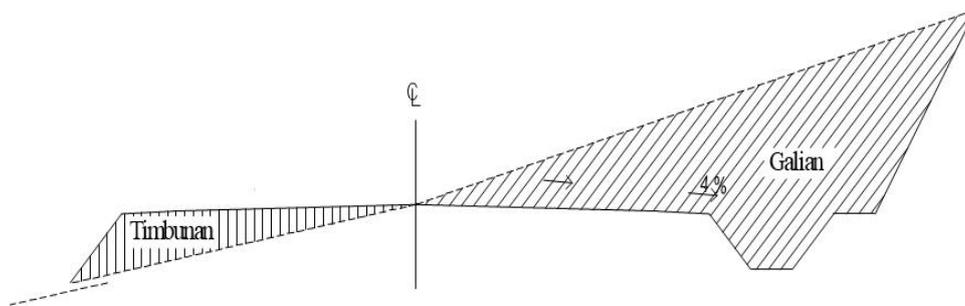
$$Ev = \frac{(g^2 - g1) Lv}{800}$$

2.5 Perhitungan Galian dan Timbunan

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

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

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



Gambar 2.14 Galian dan Timbunan

Tabel 2.13 Perhitungan Galian Timbunan

STA	Luas (m ²)		Jarak (m)	Volume (m ³)	
	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		$\frac{A+B}{2} \times L = C$	$\frac{A+B}{2} \times L = C$
JUMLAH				ΣC	ΣC

(Sumber : Hendra Suryadharna, 1999))

2.6 Perencanaan Perkerasan Jalan

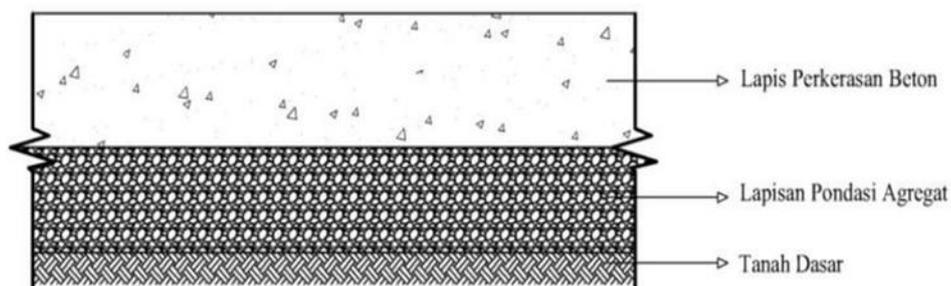
Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun diatas lapisan tanah dasar (subgrade), yang berfungsi untuk menopang beban lalu lintas. Supaya

perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai namun tetap ekonomis, maka perkerasan jalan dibuat berlapis-lapis. (Shirley L. Hendarsin, 2000).

Jenis konstruksi perkerasan jalan pada umumnya terbagi menjadi dua jenis, yaitu :

1. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

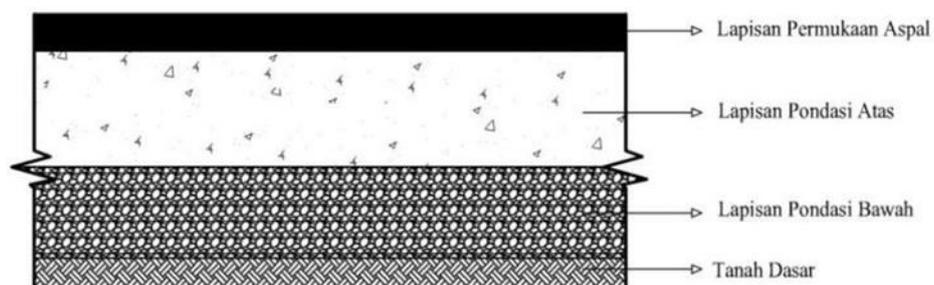
Perkerasan Kaku yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran beton bertulang, atau bahan-bahan yang bersifat kaku.



Gambar 2.15 Lapisan Perkerasan Kaku

2. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

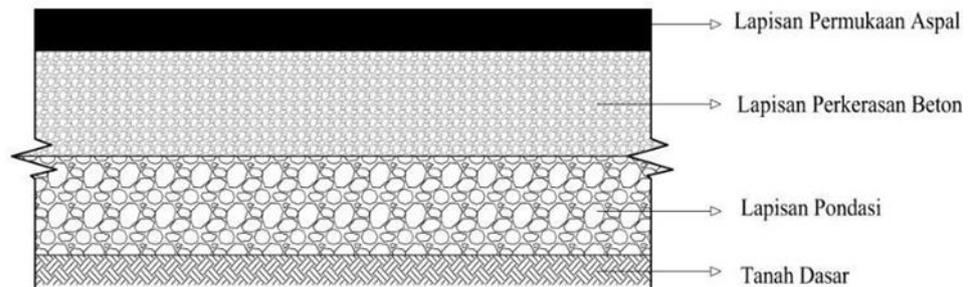
Perkerasan lentur yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dan agregat atau bahan-bahan yang bersifat tidak kaku/lentur.



Gambar 2.16 Lapisan Perkerasan Lentur

3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Perkerasan komposit yaitu perkerasan dengan memakai dua bahan, dengan maksud menggabungkan dua bahan yang berbeda yaitu aspal dan beton.

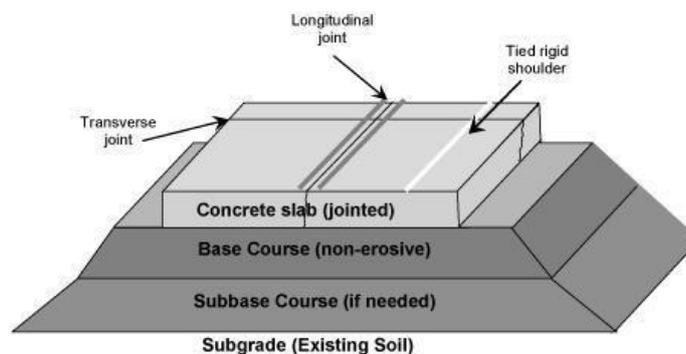


Gambar 2.17 Lapisan Perkerasan Komposit

Perencanaan konstruksi perkerasan juga dapat dibedakan antara perencanaan untuk jalan baru dan untuk peningkatan (jalan lama yang sudah pernah diperkeras).

2.6.1 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku (beton semen) merupakan konstruksi perkerasan dengan bahan baku agregat dan menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya, sehingga mempunyai tingkat kekakuan yang relatif cukup tinggi khususnya bila dibandingkan dengan perkerasan aspal (perkerasan lentur), sehingga dikenal dan disebut sebagai perkerasan kaku atau rigid pavement.



Gambar 2.18 Lapisan Perkerasan Rigid

Pada mulanya plat perkerasan kaku hanya diletakkan di atas tanah tanpa adanya pertimbangan terhadap jenis tanah dasar dan drainasenya. Ukuran saat itu hanya 6-7 inch. Seiring dengan perkembangan jaman, beban lalulintas pun bertambah terutama saat sehabis Perang Dunia ke II, para engineer akhirnya mulai menyadari tentang pentingnya pengaruh jenis tanah dasar terhadap pengerjaan perkerasan terutama sangat pengaruh terhadap terjadinya pumping pada perkerasan. Pumping merupakan proses pengocokan butiran-butiran subgrade atau subbase pada daerah-daerah sambungan (basah atau kering) akibat gerakan vertikal pelat karena beban lalulintas yang mengakibatkan turunnya daya dukung lapisan bawah tersebut.

A. Jenis-jenis perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Berdasarkan adanya sambungan dan tulangan plat beton perkerasan kaku, perkerasan beton semen dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis sebagai berikut:

- a. Perkerasan beton semen biasa dengan sambungan tanpa tulangan untuk kendali retak,
- b. Perkerasan beton semen biasa dengan sambungan dengan tulangan plat untuk kendali retak. Untuk kendali retak digunakan *wire mesh* diantara siar dan penggunaannya independen terhadap adanya tulangan dowel,
- c. Perkerasan beton bertulang menerus (tanpa sambungan). Tulangan beton terdiri dari baja tulangan dengan persentasi besi yang relatif cukup banyak (0,02 % dari luas penampang beton).

Pada saat ini, jenis perkerasan beton semen yang populer dan banyak digunakan di negara - negara maju adalah jenis perkerasan beton bertulang menerus. Dalam konstruksinya, plat beton sering disebut sebagai lapis pondasi karena dimungkinkan masih adanya lapisan aspal beton pada bagian atasnya yang berfungsi sebagai lapis permukaan. Perkerasan beton yang kaku dan memiliki modulus elastisitas yang tinggi, mendistribusikan beban dari atas menuju ke bidang tanah dasar yang cukup luas sehingga bagian terbesar

dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari plat beton sendiri. Hal ini berbeda dengan perkerasan lentur dimana kekuatan perkerasan diperoleh dari tebal lapis pondasi bawah, lapis pondasi dan lapis permukaan.

Karena yang paling penting adalah mengetahui kapasitas struktur yang menanggung beban, maka faktor yang paling diperhatikan dalam perencanaan tebal perkerasan beton semen adalah kekuatan beton itu sendiri. Adanya beragam kekuatan dari tanah dasar dan atau pondasi hanya berpengaruh kecil terhadap kapasitas struktural perkerasannya. Lapis pondasi bawah jika digunakan di bawah plat beton karena beberapa pertimbangan, yaitu antara lain untuk menghindari terjadinya pumping, kendali terhadap sistem drainasi, kendali terhadap kembang- susut yang terjadi pada tanah dasar dan untuk menyediakan lantai kerja (working platform) untuk pekerjaan konstruksi.

- a. Secara lebih spesifik, fungsi dari lapis pondasi bawah adalah:
Menyediakan lapisan yang seragam, stabil dan permanen.
- b. Menaikkan harga modulus reaksi tanah dasar (modulus of sub - grade reaction = k), menjadi modulus reaksi gabungan (modulus of composite reaction).
- c. Mengurangi kemungkinan terjadinya retak-retak pada plat beton.
- d. Menyediakan lantai kerja bagi alat-alat berat selama masa konstruksi.
- e. Menghindari terjadinya pumping, yaitu keluarnya butir-butiran halus tanah bersama air pada daerah sambungan, retakan atau pada bagian pinggir perkerasan, akibat lendutan atau gerakan vertikal plat beton karena beban lalu lintas, setelah adanya air bebas terakumulasi di bawah pelat.

B. Persyaratan teknis

- a. Tanah dasar

Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR insitu sesuai dengan SNI 03-1731-1989 atau CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03-1744-1989. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara grafis dan analitis.

– Cara Grafis

Metode grafis diperoleh dari data bermacam – macam jenis pada suatu seksi jalan tertentu. Dari data yang diperoleh dilakukan perhitungan dengan cara menentukan harga CBR terendah, kemudian menentukan jumlah harga CBR yang sama dan yang lebih besar. Angka jumlah terbanyak dinyatakan dalam 100%, jumlah yang lain merupakan persentase dari 100%. Buatlah grafik hubungan antara nilai CBR dengan % jumlah dan akan diperoleh nilai CBR rerata dengan diambil angka persentasenya = 90%

– Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah:

$$CBR = CBR - (CBR_{maks} - CBR_{min}) / R$$

Tabel. 2.14 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 : Suryadharna, 1999)

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

Nilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada Tabel 2.22

b. Pondasi bawah

Lapis pondasi bawah berfungsi untuk menambah daya dukung tanah dasar, menyediakan lantai kerja yang stabil dan mendapatkan permukaan dengan daya dukung yang seragam. Lapis pondasi bawah juga dapat

mengurangi lendutan pada sambungan - sambungan sehingga menjamin penyaluran beban melalui sambungan muai dalam waktu lama, menjaga perubahan volume lapisan tanah dasar akibat pemuaian dan penyusutan serta mencegah keluarnya air atau pumpling pada sambungan pada tepi - tepi pelat beton.

Bahan pondasi bawah dapat berupa:

1) Bahan berbutir

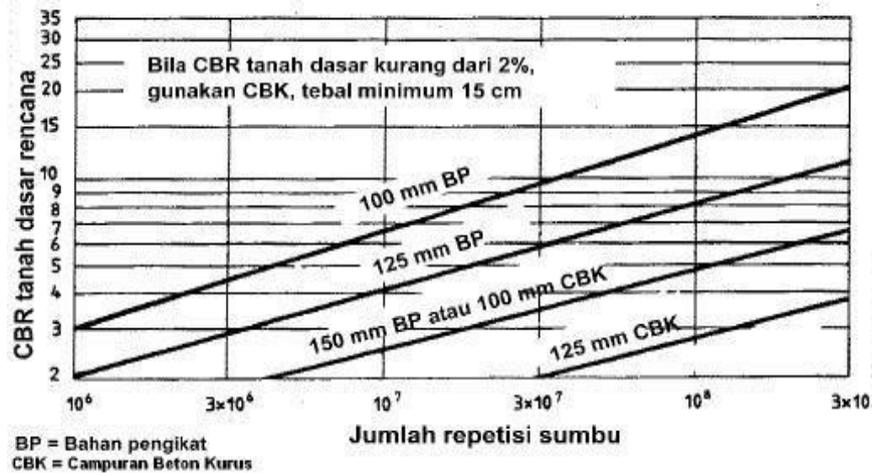
Persyaratan dan gradasi pondasi bawah harus sesuai dengan kelas B. Sebelum pekerjaan dimulai, bahan pondasi bawah harus diuji gradasinya dan harus memenuhi spesifikasi bahan untuk pondasi bawah, dengan penyimpangan ijin 3%-5%.

2) Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (*Lean Rolled Concrete*)

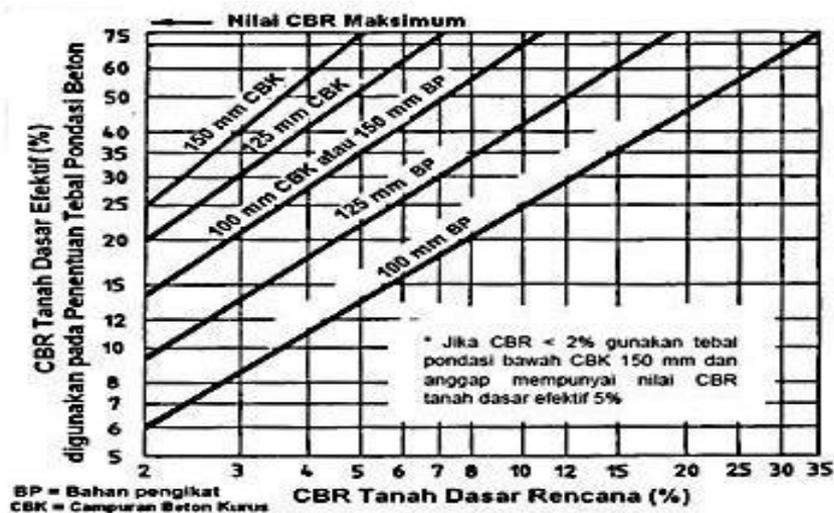
Stabilisasi material berbutir dengan kadar bahan pengikat yang sesuai dengan hasil perencanaan, untuk menjamin kekuatan campuran dan ketahanan terhadap erosi Jenis bahan pengikat dapat meliputi semen, kapur, serta abu terbang dan/atau slag yang dihaluskan. Campuran beraspal bergradasi rapat (*dense- graded asphalt*). Campuran beton kurus giling padat yang harus mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5 MPa (55 kg/cm²).

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

Campuran Beton Kurus (CBK) harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum 5 MPa (50 kg/cm²) tanpa menggunakan abu terbang, atau 7 MPa (70 kg/cm²) bila menggunakan abu terbang, dengan tebal minimum 10 cm. 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 2.19 dan CBR tanah dasar efektif didapat dari Gambar 2.20.



Gambar 2.19 Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Beton Semen



Gambar 2.20 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah

c. Beton semen

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal sekitar 3–5 MPa (30–50 kg/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 ($2,5\text{kg/cm}^2$) terdekat. Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik-lentur beton dapat didekati dengan rumus berikut:

$$F_{cf} = K (f_c)^{0.50} \text{ dalam Mpa atau}$$

$$F_{cf} = 3,13 K (f_c)^{0.50} \text{ dalam Mpa}$$

Dimana:

f_c = kuat tekan beton karakteristik 28 hari (MPa)

f_{cf} = kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm^2)

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

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. Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri atas 4 jenis kelompok sumbu sebagai berikut:

- Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
- Sumbu tunggal roda ganda (STRG)
- Sumbu tandem roda ganda (SGRG)

e. 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 sesuai Tabel 2.15.

Tabel 2.15 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi

Lebar Perkerasan (Lp)	Jumlah Lajur (n1)	Koefisien Distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$Lp < 5,50 \text{ m}$	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq Lp < 8,25 \text{ m}$	2 lajur	0,70	0,50
$8,25 \text{ m} \leq Lp < 11,25 \text{ m}$	3 lajur	0,50	0,475
$11,23 \text{ m} \leq Lp < 15,00 \text{ m}$	4 lajur	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq Lp < 18,75 \text{ m}$	5 lajur	-	0,425
$18,75 \text{ m} \leq Lp < 22,00 \text{ m}$	6 lajur	-	0,40

(Sumber : Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

f. Umur rencana

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

g. Pertumbuhan lalu lintas

Volume lalu lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai tahap di mana kapasitas jalan dicapai dengan faktor pertumbuhan lalu lintas yang dapat ditentukan berdasarkan rumus

$$\text{sebagai berikut } R = \frac{(1+0.01)^{UR}-1}{0.01i}$$

Dimana :

R = faktor pertumbuhan lalu lintas

i = laju pertumbuhan lalu lintas pertahun dalam % UR = umur rencana (tahun)

Tabel 2.16 Umur Rencana Berdasarkan Pertumbuhan Per Tahun

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 : Bina Marga 2003)

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

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C$$

Dimana:

JSKN = Jumlah sumbu kendaran niaga selama umur rencana

JSKNH = Jumlah sumbu kendaran niaga harian, pada saat jalan dibuka

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

C = Koefisien distribusi kendaraan

i. Faktor keamanan beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (FKB). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya berbagai tingkat realibilitas perencanaan seperti terlihat pada Tabel 2.17.

Tabel 2.17 Faktor Keamanan Beban (F_{kb})

No.	Penggunaan	Nilai FKB
1	Jalan bebas hambatan utama (<i>major freeway</i>) dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalulintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalulintas dari hasil survey beban (<i>weight- in-motion</i>) dan adanya kemungkinan route alternative, maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15	1,2
2	Jalan bebas hambatan (<i>freeway</i>) dan jalan arteri dengan Volume kendaraan niaga menengah	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah	1,0

(sumber : Bina Marga 2003)

2.6.2 Bahu Jalan

Bahu dapat 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 tersebut dapat diatasi dengan bahu beton semen, sehingga akan meningkatkan kinerja perkerasan dan mengurangi tebal pelat. Yang dimaksud dengan bahu beton semen dalam pedoman ini 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 Sambungan

Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk:

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

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan antara lain:

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:

$$A_t = 204 \times b \times h$$

$$l = (38,3 \times \phi) + 75$$

Dimana:

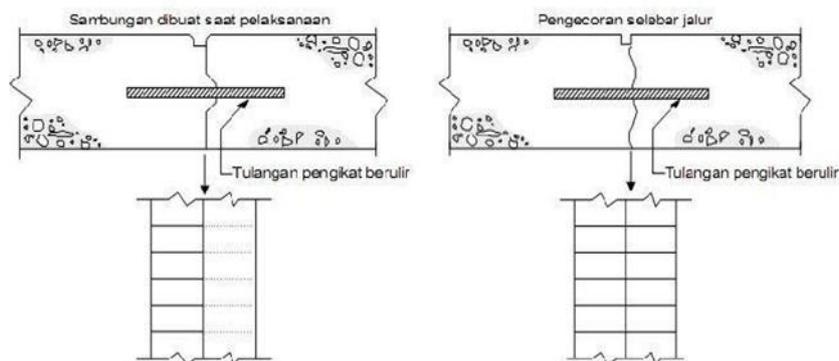
A_t = Luas penampang tulangan per meter panjang sambungan (mm^2).

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

H = Tebal pelat (m).

L = Panjang batang pengikat (mm).

ϕ = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm).

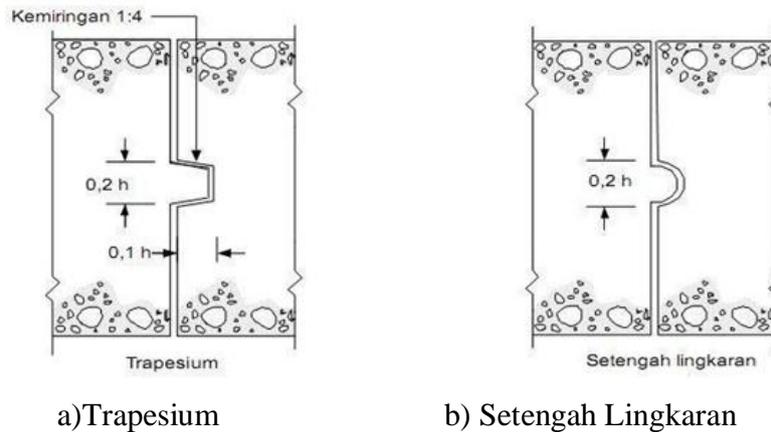


a) Sambungan Dibuat Saat Pelaksanaan b) Pengecoran Selebar Jalur

Gambar 2.21 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 sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 2.28.



Gambar 2.22 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.

a) 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.

b) Sambungan Susut dan Sambungan Pelaksanaan Melintang

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

c) Sambungan susut melintang

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 2.23 dan Gambar 2.24



Gambar 2.23 Sambungan Susut Melintang Tanpa Ruji



Gambar 2.24 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 sebagaimana terlihat pada Tabel 2.18.

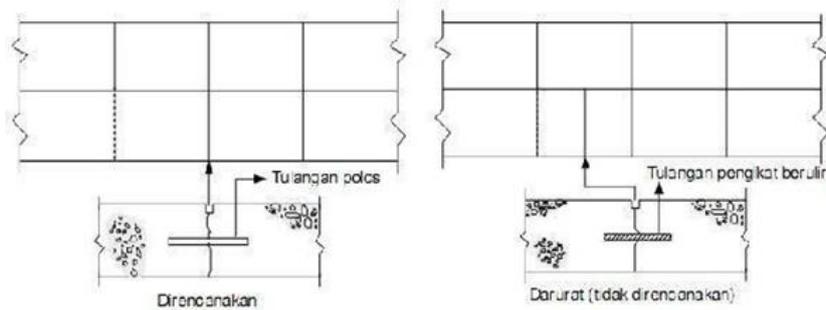
Tabel 2.18 Diameter Ruji

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

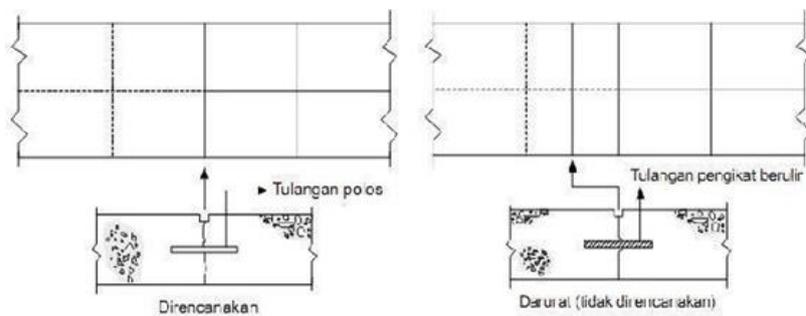
(Sumber : Bina Marga 2003)

d) Sambungan Pelaksanaan Melintang

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



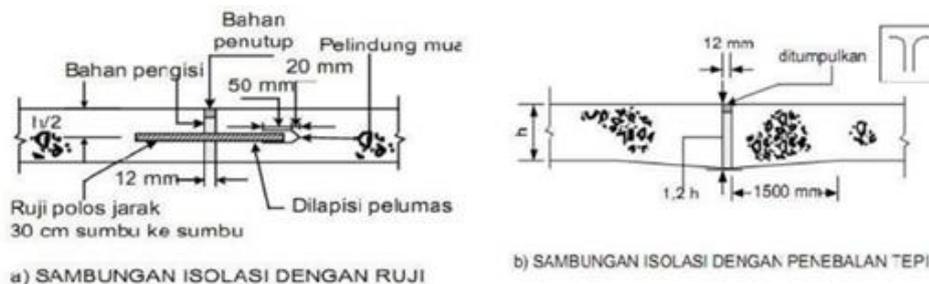
Gambar 2.25 Sambungan Pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran per lajur



Gambar 2.26 Sambungan Pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan

e) 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*) sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 2.26

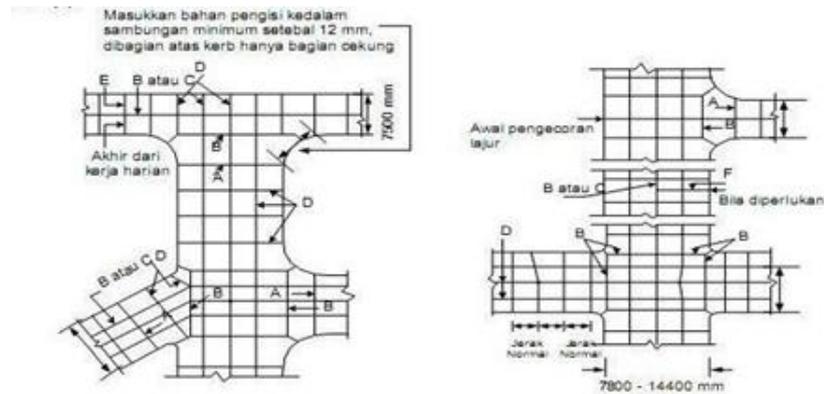


Gambar 2.27 Sambungan Isolasi

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

f) Penutup Sambungan

Penutup sambungan dimaksudkan untuk mencegah masuknya air dan atau benda lain ke dalam sambungan perkerasan. Benda-benda lain yang masuk ke dalam sambungan dapat menyebabkan kerusakan berupa gompal dan atau pelat beton yang saling menekan ke atas (*low up*).



Gambar 2.28 Detail Potongan Melintang Sambungan Perkerasan

Keterangan:

A = Sambungan Isolasi

B = Sambungan Pelaksanaan Memanjang

C = Sambungan Susut Memanjang

D = Sambungan Susut Melintang

E = Sambungan Susut Melintang yang direncanakan

F = Sambungan Pelaksanaan Melintang yang tidak direncanakan

3 Perencanaan tebal pelat

Tebal pelat taksiran dipilih dan total fatik serta kerusakan erosi dihitung berdasarkan komposisi lalu lintas selama umur rencana. Jika kerusakan fatik atau erosi lebih dari 100%, tebal taksiran dinaikan dan proses perencanaan diulangi. Tebal rencana adalah tebal taksiran yang paling kecil yang mempunyai total fatik dan atau total kerusakan erosi lebih kecil atau sama dengan 100%.

4 Perencanaan tulangan

Banyaknya tulangan baja yang didistribusikan ditentukan oleh jarak sambungan susut dalam hal ini dimungkinkan penggunaan pelat lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan.

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

Jumlah tulangan yang diperlukan dipengaruhi oleh jarak sambungan susut, sedangkan dalam hal beton bertulang menerus, diperlukan jumlah tulangan yang cukup untuk mengurangi sambungan susut. Perencanaan tulangan dilaksanakan berdasarkan jenis perkerasan kaku, yaitu:

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 diberi tulangan.

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 (*mismatched joints*),
- 3) Pelat berlubang (*pits or structures*).

b. Perkerasan Beton Semen Bersambung dengan Tulangan:

$$A_s = \frac{\mu.L.M.g.h}{2 f_s}$$

Dimana:

A_s = luas penampang tulangan baja (mm²/m lebar pelat)

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

g = gravitasi (m/detik)

H = tebal pelat beton (m)

- L = jarak antara sambungan yang tidak diikat atau tepi bebas pelat (m)
- μ = koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah

Adapun nilai koefisien gesek antara pelat beton (*slab*) dengan lapisan pondasi dibawahnya dapat dilihat pada Tabel 2.26.

Tabel 2.19 Koefisien Gesekan Pelat Beton dengan Lapisan Pondasi Bawah

No	Tipe Material Di bawah Slab	Koefisien Gesekan (μ)
1	Burtu, Lapen dan Konstruksi Sejenis	2,2
2	Aspal Beton, Lataston	1,8
3	Stabilisasi Kapur	1,8
4	Stabilisasi Aspal	1,8
5	Stabilisasi Semen	1,8
6	Koral Sungai	1,5
7	Batu Pecah	1,5
8	Sirtu	1,2
9	Tanah	0,9

(Sumber : SKBI 2.3.28.1988)

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.

$$Ps = \frac{100 \cdot fct \cdot (1,3 - 0,2\mu)}{fyt - n \cdot fct}$$

Dimana:

Ps = persentase luas tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap luas penampang %

Fct = kuat Tarik langsung beton = (0,4-0,5 fct) (kg/cm²)

Fy = tegangan leleh rencana baja (kg/cm²)

N = angka ekuivalensi antara baja dan beton (Es/Ec)

μ = koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan dibawahnya

E_s = modulus elastisitas baja = $2,1 \times 10^6$ (kg/cm²)

E_c = modulus elastisitas beton = $1485 \sqrt{f_c}$ (kg/cm²)

Tabel 2.20 Hubungan Kuat Tekan Beton dan Angka Ekuivalen
Baja/Beton (n)

f'_c (kg/cm ²)	N
175 - 225	10
235 - 285	8
290 - ke	6

(Sumber : Bina Marga,2003)

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

$$L_{cr} = \frac{f_c r^2}{N.P.FB.(S.E_c - f_{ct})}$$

Dimana :

L_{cr} = jarak teoritis antara retakan (cm)

P = perbandingan luas tulangan memanjang dengan luas penampang beton

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

f_b = tegangan lekat antara tulangan dengan beton =
 $(1,97\sqrt{f_c})/d$ (kg/cm²)

S = koefisien susut beton = (400.10^{-6})

f_{ct} = kuat tarik langsung beton = $(0,4-0,5 f_c)$ (kg/cm²)

N = angka ekuivalensi antara baja dan beton = (E_s/E_c)

E_c = modulus Elastisitas beton = $14850\sqrt{f_c}$ (kg/cm²)

E_s = modulus Elastisitas baja = $2,1 \times 10^6$ (kg/cm²)

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

- a) Persentase tulangan dan perbandingan antara keliling dan luas tulangan harus besar,
- b) Perlu menggunakan tulangan ulir (*deformed bars*) untuk memperoleh tegangan lekat yang lebih tinggi.

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

2) Penulangan melintang

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

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

3) Penempatan tulangan

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

4) Perkerasan beton semen pra tegang

Suatu struktur perkerasan jalan beton semen menerus, tanpa tulangan yang menggunakan kabel - kabel pratekan guna mengurangi pengaruh susut, muai dan lenting akibat perubahan temperatur dan kelembapan. Perkerasan beton semen pra tegang merupakan tipe perkerasan yang telah dan tengah dikembangkan lagi, baik untuk perencanaan jalan baru maupun untuk pemeliharaan, misalnya penggantian pelat beton tertentu yang mengalami kerusakan. Perencanaan jalan beton dengan

metode pra tegang ini, sebagaimana halnya pada konstruksi yang menggunakan sistim pra tegang, dimaksudkan untuk memberi tekanan awal pada beton sehingga tegangan tarik yang terjadi pada konstruksi perkerasan beton tersebut bias diimbangi oleh tegangan awal dan kekuatan tarik dari beton itu sendiri. Perkerasan beton dengan sistim pracetak-prategang ini mempunyai beberapa keuntungan, seperti:

- a) Mutu beton akan lebih terkontrol, karena dicetak di pabrik,
- b) Pelat beton menjadi lebih tipis, sehingga keperluan bahan akan lebih sedikit,
- c) Retak yang terjadi bisa lebih kecil, karena ada tekanan dari baja yang ditegangkan,
- d) Pelaksanaan di lapangan akan lebih cepat, dan pembukaan untuk lalulintas pun akan lebih cepat pula,
- e) Gangguan terhadap lalulintas, selama pelaksanaan di lapangan bisa diminimalkan karena pembangunan bisa lebih cepat,
- f) Kenyamanan pengguna jalan akan meningkat, karena sambungan antar pelat lebih panjang.

2.7 Bangunan Pelengkap

Bangunan pelengkap jalan adalah bangunan yang tidak dapat dipisahkan dari jalan yang dibangun sesuai dengan persyaratan teknik, antara lain : Jembatan, Overpass (lintas atas), Underpass (lintas bawah), tempat parkir, gorong-gorong (culvert), tembok penahan, pagar pengaman dan saluran air jalan. Yang termasuk perlengkapan jalan antara lain : rambu-rambu jalan, rambu-rambu lalu-lintas, tanda-tanda jalan, pagar pengaman lalu-lintas, pagar dan patokdaerah milik jalan.

2.7.1 Drainase Saluran Samping

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)

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

Analisa distribusi frekuensi cara Gumbel:

Hujan Rata-rata (X)	Standar Deviasi
$\frac{\Sigma x}{n} \dots\dots\dots (2.28)$	$\sqrt{\frac{\Sigma(x^2) - x\Sigma x}{n-1}} \dots\dots\dots(2.29)$

Frekuensi Hujan Pada Periode Ulang T	Faktor Frekuensi
$RT = X + K.Sx \dots\dots\dots (2.28)$	$K = \frac{YT - Yn}{Sn} \dots\dots\dots (2.31)$

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

b. Menentukan Intensitas Hujan Rencana

Untuk mengolah R (frekuensi hujan) menjadi I (Intensitas Hujan) dapat digunakan cara Prof Talbot sebagai berikut :

$$I = \frac{a}{t+b} \dots\dots\dots (2.32)$$

Dimana :

a.b = Konstanta yang di sesuaikan dengan lokasi, tak berdimensi

t = Durasi hujan (menit)

I = Intensitas Hujan (mm/jan)

Menurut JICA, Jika $t < 10$ menit = dianggap 10 menit, jika $t > 120$ menit maka rumus ini akurasi berkurang. Jika data curah hujan harian yang diperlukan tidak tersedia, maka R24 dari tabel digunakan dengan bantuan cara Weduwen, yaitu mengacu pada curah hujan.

c. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi di bagi dua, yaitu (t_1) waktu untuk mencapai awal saluran (inlet time) dan (t_2) waktu pengaliran. Untuk drainase permukaan jalan menurut JICA dipakai (t) sedangkan untuk saluran atau Culvert dipakai ($t_2 + t_1$)

d. Luas daerah pengaliran

Luas daerah tangkapan hujan pada perencanaan saluran samping jalan dan culvert adalah daerah pengaliran yang menerima curah hujan selama waktu tertentu, sehingga menimbulkan debit limpasan yang harus di tampung oleh saluran samping untuk dialirkan ke culvert atau sungai. Penampang melintang daerah pengaliran dengan panjang yang di tinjau adalah sepanjang saluran (L).

$$A = L \times L \dots \dots \dots (2.36)$$

$$A = L(L_1 + L_2 + L_3) \dots \dots \dots (2.37)$$

c. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran atau koefisien lipasan (C) adalah angka reduksi dari intensitas hujan yang besarnya disesuaikan dengan kondisi permukaan, kemiringan atau kelandaian, jenis tanah dan durasi hujan. Koefisien ini tidak berdimensi.

Menurut The Asphalt Institute untuk menentukan C_w dengan berbagai kondisi permukaan, dapat dihitung atau ditentukan dengan cara sebagai berikut:

$$C_w = \frac{C_1.A_1 + C_2.A_2 + C_3.A_3 + \dots + C_n.A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots \dots \dots (2.38)$$

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.

Untuk setiap area yang ditinjau L - konstan, sedangkan L.3 sebagai pendekatan diambil 100 m, maka untuk penampang melintang normal dengan cara memasukan persamaan diperoleh :

$$C_w = \frac{C_1.L_1+C_2.L_2+C_3.L_3+\dots+C_n.L_n}{L_1+L_2+L_3+\dots+L_n} \dots\dots\dots(2.39)$$

Tabel 2.21 Koefisien Pengaliran (C) dan Faktor Limpasan (fk)

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)	Faktor Limpasan (fk)
	BAHA N		
1	Jalan beton dan jalan aspal	0,70 – 0,95	
2	Jalan krikil dan jalan tanah	0,40 – 0,70	
3	Bahu jalan :		
	dari tanah berbutir halus	0,40– 0,65	
	dari tanah berbutir kasar	0,10 – 0,20	
	dari batuan masif keras	0,70 – 0,85	
	dari batuan masif lunak	0,60 – 0,75	
	TATA GUNA LAHAN		
1	Daerah perkotaan	0,70 – 0,95	2,0
2	Daerah pinggiran kota	0,60 – 0,70	1,5
3	Daerah industri	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	0,45 – 0,60	0,2
7	Persawahan	0,70 – 0,80	0,5
8	Perbukitan	0,70 – 0,80	0,4
9	Pegunungan	0,75 – 0,90	0,3

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

2.7.2 Gorong-gorong Persegi (Box Culvert)

Box Culvert adalah beton bertulang pra cetak berbentuk segi empat yang memiliki spigot dan socketnya. Kegunaan spigot dan socketnya adalah untuk menjadikan box culvert ini kedap terhadap masuknya air tanah (eksfiltrasi) dan tetap menyatu saat terjadi pergeseran tanah. (Sosrodarsono, Suyono dan Nakazawa, Kazuto : 2005. Pradnya Paramnita)

Pada gorong-gorong persegi yang biasa, perubahan-perubahan kombinasi pembebanan tergantung dari pada tinggi tanah penutup di atas gorong-gorong. Apakah lebih tinggi atau lebih rendah dari 3,50 meter. Bila tebal tanah penutup kurang dari 3,50 meter, perhitungan dibuat dalam 2 kombinasi dan bila momen lentur dan gaya geser pada tiap-tiap titik teah didapat dari kedua perhitungan kombinasi tersebut, maka salah satu hasil yang lebih besar yang dipakai untuk perencanaan penampang.

Tanda-tanda/notasi pada gambar berarti sebagai berikut :

- Pvd : Tekanan tanah vertikal, yang bekerja pada bidang permukaan atas gorong-gorong (ton/m²)
- Phd : Tekanan tanah mendatar bekerja pada bagian samping gorong-gorong (ton/m')
- Pv1 : Beban vertikal karena beban hidup,

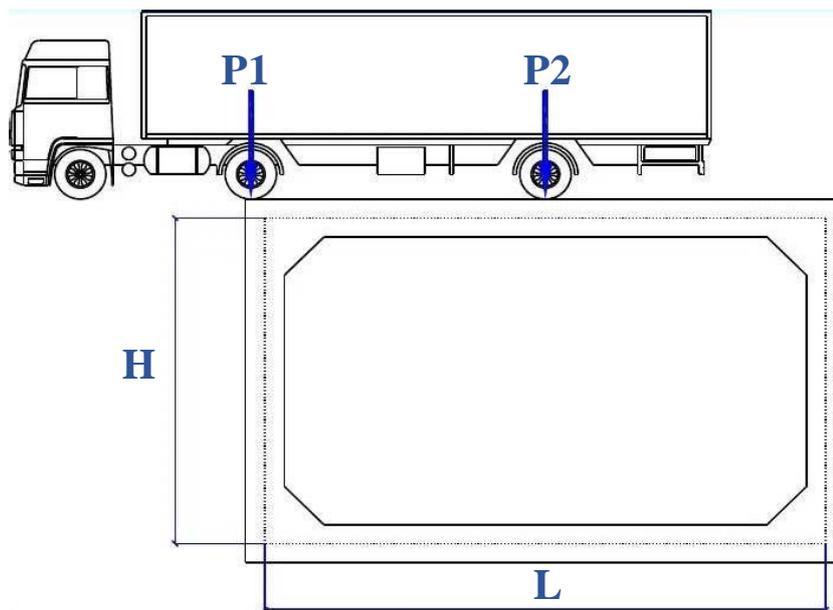
dihitung dengan mengambil berikut yang sesuai dengan ketebalan tanah penutup:

- Bila tebal tanah penutup < 3,50 meter

$$Pv1 = PV1 = \frac{pi+i}{w1} \text{ (ton/m}^2\text{)} \dots\dots\dots(2.40)$$
- Bila tebal tanah penutup > 3,50 meter
 Muatan merata diatas gorong-gorong (Pv) = 1,0 ton/m²

K_o : Koefisien tekanan tanah dalam keadaan statis, dipengaruhi oleh tekanan tanah mendatar $1,0 \text{ ton/m}^2 \times K_o$, yang diakibatkan oleh beban muatan.

P_{v2} : Reaksi tanah



Gambar 2.29 Pembebanan pada Box Culvert

Adapun beberapa rumus yang digunakan untuk perencanaan desain gorong-gorong adalah sebagai berikut:

Rumus Bazin :

$$C = \frac{157,6}{1,81 + \frac{m}{\sqrt{R}}}$$

Rumus Chezy :

$$V = C \cdot \sqrt{0,281 \cdot I}$$

Dimana :

M = Koefisien Bazin

C = Koefisien kekasaran saluran (koef Chezy/faktor ketahanan)

Tabel 2.22 Nilai Reduce Variate (Yt)

Periode Ulang	Reduce Variate
2	0.3665
5	1.4999
10	2.2502
20	2.9606
25	3.1985
50	3.9019
100	4.6001
200	5.2960
500	6.2140
1000	6.9190
5000	8.5390
10000	9.9210

(Sumber : Soemarto, 1999)

Berikut ini merupakan Tabel Nilai *Reduced Standard Deviation* (S_n) dan Tabel Nilai *Reduced Mean* (Y_n) dengan menggunakan Metode Gumbel pada Tabel 2.33 dan Tabel 2.34

Tabel 2.23 Metode Gumbel – Nilai *Reduced Standard Deviation* (S_n)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2066
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

Tabel 2.24 Metode Gumbel – Nilai *Reduced Mean* (Yn)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,8396	0,5403	0,5410	0,5418	0,5424	0,5436
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

$$A = Q/V$$

$$A = l \times h$$

$$I = \frac{Rt}{24} \times \frac{24^2}{tc}$$

$$R = \frac{\text{Adesain}}{T}$$

$$V = 1/.R^{2/3}.I^{1/2}$$

$$Q = V.Adesain$$

Tinggi Jagaan :

$$W = \sqrt{0,5 \times h}$$

Dimana :

A = Luas penampang melintang (m²)

l = Lebar saluran (m)

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

W = Tinggi jagaan

h = Tinggi muka air (m)

h = Tebal penampang saluran (cm)

R = Kedalaman hidrolis (m)

Q = Debit aliran air (m³/dt)

I = Intensitas curah hujan

2.8 Rencana Anggaran Biaya

2.8.1 Daftar harga satuan bahan dan upah

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

2.8.2 Analisa satuan harga pekerjaan

Yang dimaksud dengan analisa satuan harga adalah perhitungan – perhitungan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam satu proyek. Guna dari satuan harga ini agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan dari tiap – tiap pekerjaan yang ada. Dari harga – harga yang terdapat di dalam analisa satuan harga ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

2.8.3 Perhitungan volume pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyak suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga satuan dari pekerjaan – pekerjaan yang ada di dalam suatu proyek.

2.8.4 Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut. Dalam menyusun anggaran biaya dapat dilakukan dengan :

- a. Perhitungan Volume Pekerjaan

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

b. Perhitungan Produktifitas Kerja Aktual

Menghitung produksi kerja aktual (PKA) adalah menentukan angka perkiraan produksi kerja dengan mempertimbangkan semua faktor yang mempengaruhinya.

c. Perhitungan Biaya Sewa Alat

Dalam pekerjaan yang besar seperti pekerjaan kontruksi selalu digunakan alat berat. Untuk operasi dengan alat-alat berat harus dipertimbangkan biaya-biaya yang disediakan untuk penggunaan alat, waktu yang harus disesuaikan, keuntungan yang diperoleh dan pertimbangan lainnya. Biaya untuk alat berat dapat dihitung dengan perkiraan yang dapat dipertanggung jawabkan. Biaya tersebut yaitu terdiri dari :

- Biaya kepemilikan

Adalah biaya alat yang harus diperhitungkan selama alat yang bersangkutan dioperasikan, apabila alat tersebut milik sendiri.

- Biaya operasi

Adalah biaya yang dikeluarkan selama alat tersebut digunakan. Biaya operasi ini meliputi bahan bakar, minyak pelumas, pergantian ban dan perbaikan atau pemeliharaan serta penggantian suku cadang khusus.

d. Analisa Harga Satuan

Analisa satuan harga adalah perhitungan-perhitungan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Guna dari satuan harga ini agar kita dapat mengetahui harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat didalam analisa satuan harga ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

2.8.5 Rekapitulasi biaya

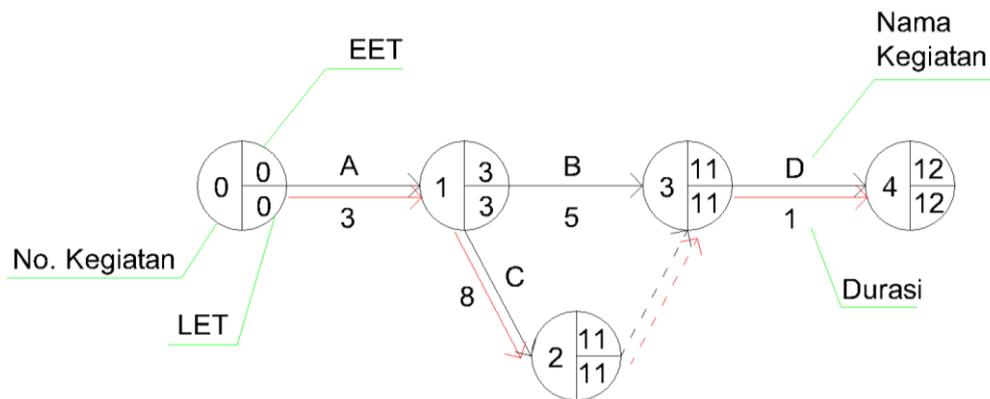
Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok – pokok pekerjaan beserta biayanya. Biasanya untuk pekerjaan yang dilaksanakan oleh Instansi Pemerintah dalam rekap tersebut sudah dimasukkan pajak serta keuntungan dari kontraktor.

2.9 Manajemen proyek

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi suatu perencanaan yang tepat untuk menyelesaikan tiap – tiap pekerjaan yang ada. Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram *network*, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, pekerjaan mana yang menunggu selesainya. Pekerjaan lain atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ketempat lain.

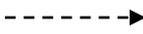
Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

- a) Merencanakan, *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis
- b) Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek
- c) Mendokumentasikan dan mengkomunikasikan secara *scheduling* (waktu) dan alternatif-alternatif lain penyelesaiannya proyek dengan tambahan waktu
- d) Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur-jalur kritis (*critical path*) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.



Gambar 2.30 Sketsa *Network Planning*

Keterangan :

1.  (*Arrow*) anak panah, merupakan pekerjaan atau tugas di mana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan *resource* tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah *nodes*, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.
2.  (*Node/event*) lingkaran, yang berarti saat, peristiwa atau kejadian. Simbol ini merupakan permulaan atau akhir dari suatu kegiatan.
3.  (*Dummy*) anak panah dengan garis putus-putus, artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.
4.  EET (*Earliest Event Time*) = waktu yang paling cepat yaitu menjumlahkan durasi dari kejadian yang dimulai dari kejadian awal dilanjutkan dengan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka yang terbesar.
5. LET (*Laetest Event Time*) = waktu yang paling lambat, yaitu mengurangi durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir dilanjutkan

kegiatan sekecilnya dengan mengambil angka terkecil.

6. A, B, C, D Merupakan kegiatan.

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah

1. Urutan pekerjaan yang logis

Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai dan pekerjaan apa yang *slack*/kelonggaran waktu.

2. Biaya untuk mempercepat pekerjaan

Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berhadapan di jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya : biaya-biaya lembur, biaya menambah tenaga kerja dan sebagainya.

2.9.1 Barchart

Diagram *barchart* mempunyai hubungan yang erat dengan *network planning*. *Barchart* ditunjukkan dengan diagram batang yang dapat menunjukkan lamanya waktu pelaksanaan.

2.9.2 Kurva S

Kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dari tahap pertama sampai berakhirnya pekerjaan tersebut.

