

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Perencanaan geometrik dilaksanakan dengan berpedoman pada tata cara peraturan Bina Marga. Didalam tata cara ini meliputi tentang deskripsi, ketentuan-ketentuan, dan cara pengerjaan perencanaan geometrik bagi pembangunan atau peningkatan jalan antar kota.

Karena jalan merupakan prasarana penghubung yang sangat penting dalam sektor perhubungan, maka dalam merencanakan jalan raya perencana harus memikirkan keamanan, kenyamanan, dan keselamatan bagi pengguna jalan. Seorang perencana haruslah mempertimbangkan hal-hal yang menyangkut tingkat pelayanan dan kenyamanan dalam fungsinya sebagai suatu fasilitas penghubung.

Mengingat hal tersebut maka perencana haruslah mempertimbangkan banyak faktor yang berpengaruh dalam perencanaan geometrik dari suatu jalan harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal terhadap lalu lintas sesuai dengan fungsinya.

2.1 Perencanaan Geometrik

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

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada perencanaan bentuk fisik jalan sehingga dapat memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas. Secara umum perencanaan geometrik jalan merupakan perencanaan bagian-bagian jalan seperti lebar badan jalan, bahu jalan, tikungan, jarak panjang, kelandaian, kebebasan samping, lengkung vertikal, dan kombinasi antara bagian-bagian tersebut.

Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan rasio tingkat penggunaan biaya pelaksanaan ruang.

Yang menjadi dasar dari perencanaan geometrik adalah sifat, gerakan, ukuran kendaraan, karakteristik arus lalu lintas dan sifat pengemudi dalam mengendalikan gerakannya. Hal-hal tersebut haruslah menjadi bahan pertimbangan perencanaan sehingga dihasilkan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan yang memenuhi tingkat keamanan dan kenyamanan yang diharapkan (Sukirman Silvia, 1994).

2.1.1 Data Lalu Lintas

Data lalu lintas merupakan dasar informasi yang dibutuhkan untuk perencanaan dan desain suatu jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan melalui jalan tersebut. Analisis data lalu lintas pada intinya dilakukan untuk menentukan kapasitas jalan, akan tetapi harus dilakukan bersamaan dengan perencanaan geometrik lainnya, karena saling memiliki keterkaitan satu dengan yang lainnya.

Data lalu lintas didapatkan dengan melakukan pendataan kendaraan yang melintasi suatu ruas jalan, sehingga dari hasil pendataan ini kita dapat mengetahui volume lalu lintas yang melintasi jalan tersebut, namun data volume lalu lintas yang diperoleh dalam satuan kendaraan per jam (kend/jam).

Volume lalu lintas dinyatakan dalam Satuan Mobil Penumpang (smp), volume lalu lintas dalam smp ini menunjukkan besarnya jumlah lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut. Dari lalu lintas harian rata-rata yang didapatkan kita dapat merencanakan tebal perkerasan.

Untuk perencanaan teknik jalan baru, survey lalu lintas tidak dapat dilakukan karena belum ada jalan. Akan tetapi untuk menentukan dimensi jalan tersebut diperlukan data jumlah kendaraan. Untuk itu hal yang harus dilakukan sebagai berikut :

- a) Survei perhitungan lalu lintas dilakukan pada jalan yang sudah ada, yang diperkirakan mempunyai bentuk, kondisi dan keadaan komposisi lalu lintas akan serupa dengan jalan yang direncanakan.
- b) Survei asal dan tujuan yang dilakukan pada lokasi yang dianggap tepat dengan cara melakukan wawancara kepada pengguna jalan untuk mendapatkan gambaran rencana jumlah dan komposisi kendaraan pada jalan yang direncanakan. (L.Hendarsin Shirley, 2000).

2.1.2 Data Peta Topografi

Topografi merupakan faktor penting dalam menentukan lokasi jalan dan pada umumnya mempengaruhi alinyemen sebagai standar perencanaan geometrik. Untuk memperkecil biaya pembangunan jalan maka dalam perencanaan geometrik perlu sekali disesuaikan dengan keadaan topografi.

Pengukuran peta topografi digunakan untuk mengumpulkan data topografi yang cukup guna menentukan kecepatan sesuai dengan daerahnya. Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan rencana dengan mengadakan tambahan dan pengukuran detail pada tempat yang memerlukan alinyemen dan tempat-tempat persilangan dengan sungai atau jalan lain, sehingga memungkinkan didapatkannya trase jalan yang sesuai dengan standar. Pekerjaan pengukuran ini terdiri dari beberapa kegiatan sebagai berikut :

- a) Pekerjaan perintisan untuk pengukuran, dimana secara garis besar ditentukan kemungkinan rute alternatif dan trase jalan.

- b) Kegiatan pengukuran

Kegiatan pengukuran meliputi :

1. Penentuan titik kontrol vertikal dan horizontal yang dipasang setiap interval 100 meter pada rencana as jalan.
2. Pengukuran situasi selebar kiri dan kanan dari jalan yang dimaksud dan disebutkan serta tata guna tanah disekitar trase jalan.
3. Pengukuran penampang melintang (*Cross Section*) dan penampang memanjang.

4. Perhitungan perencanaan desain jalan dan penggambaran peta topografi berdasarkan titik koordinat kontrol diatas.

Berdasarkan besarnya lereng melintang dengan arah kurang lebih tegak lurus sumbu jalan raya jenis medan dibagi menjadi tiga golongan umum yaitu datar, perbukitan dan gunung.

Tabel 2.1
Klasifikasi Medan dan Besarnya

Golongan Medan	Lereng Melintang
Datar (D)	0% - 9,9%
Perbukitan (B)	10% - 24,9%
Gunung (G)	$\geq 25 \%$

(sumber : Spesifikasi standar untuk perencanaan geometrik jalan luar kota,
No : 13/BM/1970)

2.1.3 Data Penyelidikan Tanah

Data penyelidikan tanah didapat dengan cara penyelidikan tanah. Penyelidikan tanah meliputi pekerjaan :

a) Penelitian terhadap semua data tanah yang ada, selanjutnya diadakan penyelidikan proyek jalan tersebut, dilakukan berdasarkan survey langsung di lapangan maupun dengan pemeriksaan di laboratorium. Pengambilan data CBR di lapangan dilakukan sepanjang ruas rencana, dengan interval 200 m dengan menggunakan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*). Hasil tes *Dynamic Cone Penetrometer* ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampakkan hasil nilai CBR di setiap titik lokasi. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu Analitis dan Grafis.

1) Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah :

$$CBR \text{ segmen} = \frac{CBR \text{ rata-rata} - CBR \text{ min}}{R} \dots\dots\dots 2.1$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam suatu segmen. Tabel nilai R untuk perhitungan CBR segmen :

Tabel 2.2
 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: Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993)

2) Cara Grafis

Prosedurnya adalah sebagai berikut :

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

Contoh hasil pengamatan di sepanjang jalan didapat nilai CBR sebagai berikut : 3; 4; 3; 6; 6; 5; 11; 10; 6; 6 dan 4.

Tabel 2.3
Contoh Tabulasi Nilai CBR

No	CBR	Jumlah yang Sama atau Lebih Besar	Persentase yang Sama atau Lebih Besar (%)
1	3	11	$(11/11) \times 100\% = 100\%$
2	4	9	81,8 %
3	5	7	63,6 %
4	6	6	54,5 %
5	7	2	18,2 %
6	8	1	9 %

(Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1994)

- b) Membakukan analisa pada contoh tanah yang terganggu dan tidak terganggu, juga terhadap bahan konstruksi, dengan menggunakan ketentuan (ASTM) dan (AASHTO) maupun standart yang berlaku di Indonesia.
- c) Uji bahan konstruksi untuk mendapatkan :
- 1) Sifat-sifat indeks (*indeks properties*) G_s , W_n , J , e , n , S_r .
 - 2) Klasifikasi (*Clasification of Soil*)
 - Analisa ukuran butir (*Grain Size Analysis*)
 - Analisa Saringan (*Sieve Analysis*)
 - Hydrometer (*Hydrometer Analysis*)
 - Batas-batas Atterberg (*Atterberg Limits*)
 - Liquid Limit* (LL) = Batas cair
 - Plastic Limit* (PL) = Batas plastis
 - $IP = LL \pm PL$ 2.2
 - 3) Pemadatan : γ_d maks dan W_{opt}
 - Pemadatan standar / proctor
 - Pemadatan modifikasi
 - Di lapangan di cek dengan sandcone $\pm 93\%$ γ_d maks

4) CBR laboratorium (CBR Rencana)

$$\gamma_{\text{wet}} + W_t / V_t \longrightarrow \gamma_{\text{d wet}} / (1+W) \dots\dots\dots 2.3$$

CBR lapangan : DCP \longrightarrow CBR lapangan

2.1.4 Data Penyelidikan Material

Data penyelidikan material diperoleh dengan melakukan penyelidikan material. Adapun pekerjaan-pekerjaan penyelidikan material meliputi :

- a) Mengadakan penelitian terhadap semua data material yang ada selanjutnya melakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut yang akan dilakukan berdasarkan survey langsung dilapangan maupun dengan pemeriksaan di laboratorium.
- b) Penyelidikan lokasi sumber material yang ada beserta perkiraan jumlahnya untuk pekerjaan-pekerjaan penimbunan pada jalan dan jembatan serta bangunan pelengkap jalan.

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

a. Tanah berbutir kasar

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

b. Tanah berbutir halus

Di lapangan tanah kelompok ini sudah untuk dibedakan secara visual antara lempung dan lanau, kecuali dengan cara perkiraan karakteristik plastisnya. (L.Hendarsin Shirley, 2000).

2.1.5 Data - Data Penunjang lainnya

Data-data lain yang perlu diperhatikan diantaranya data tentang drainase. Peninjauan drainase meliputi data meteorologi dan geofisika untuk kebutuhan analisis data dari stasiun yang terletak pada daerah tangkapan. Tetapi pada daerah tangkapan tidak memiliki data curah hujan, maka dapat dipakai data dari stasiun di luar daerah tangkapan yang dianggap masih dapat mewakili.

Selain itu data penunjang lain yaitu peta topografi, sumbu jalan rencana diplotkan pada peta dasar (peta topografi atau peta rupa bumi), sehingga gambaran topografi daerah yang akan dilalui rute jalan dapat dipelajari. Peta ini juga digunakan untuk memperkirakan luas daerah tangkapan pada sistem sungai sepanjang trase jalan rencana. (L.Hendarsin Shirley, 2000).

2.2 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan merupakan aspek penting yang pertama kali harus diidentifikasi sebelum melakukan perancangan jalan. Karena kriteria desain suatu rencana jalan yang ditentukan dari standar desain ditentukan oleh klasifikasi jalan rencana. Pada prinsipnya klasifikasi jalan dalam standar desain (baik untuk jalan dalam kota maupun jalan luar kota) didasarkan kepada klasifikasi jalan menurut undang-undang dan peraturan pemerintah yang berlaku.

2.2.1 Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

Menurut fungsinya jalan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

a) Jalan Arteri

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

b) Jalan Kolektor

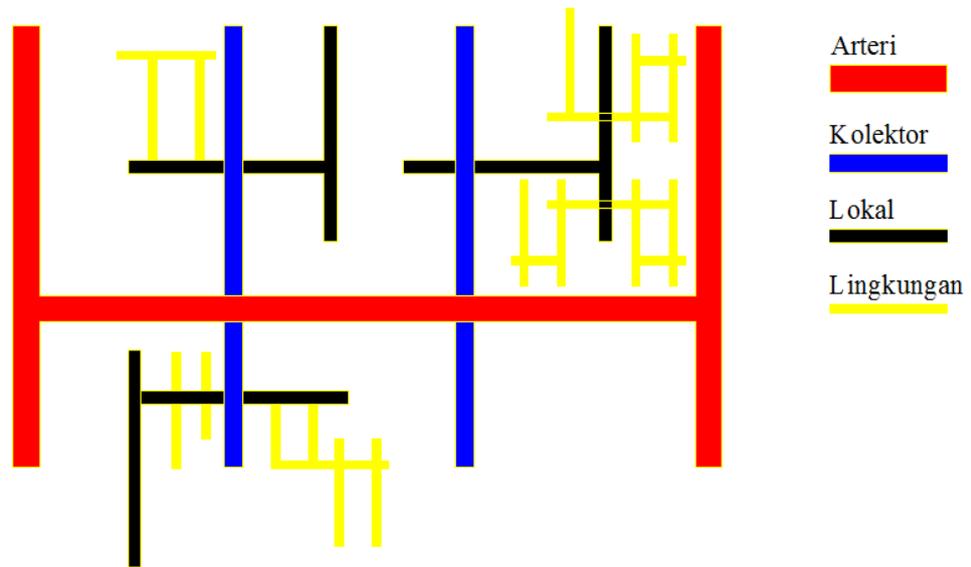
Jalan yang melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

c) Jalan Lokal

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

d) Jalan Lingkungan

Jalan angkutan lingkungan (jarak pendek, kecepatan rendah).



Gambar 2.1 Klasifikasi menurut fungsi jalan

2.2.2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Menurut kelasnya jalan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

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

Tabel 2.4
Klasifikasi Kelas Jalan dalam MST

No	Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (ton)
1	Jalan Arteri	I	> 10
		II	10
		III A	8
2	Jalan Kolektor	III A	8
		III B	8

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)

- b) Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam tabel 2.4 (Pasal 11, PP. No./43/1993).

Tabel 2.5
Klasifikasi Kelas Jalan dalam LHR

No	Fungsi	Kelas	Lalu lintas Harian Rata-Rata (smp)
1	Jalan Arteri	I	> 20.000
2	Jalan Kolektor	II A II B II C	6.000 – 20.000 5.000 – 8.000 <2.000
3	Jalan Lokal	III	-

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)

2.2.3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Klasifikasi medan jalan ini dibagi atas:

- 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 2.6
Klasifikasi Menurut Medan Jalan

No	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	0% - 9,9%
2	Bukit	B	10% - 24,9%
3	Gunung	G	≥ 25 %

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)

2.3 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat beberapa parameter perencanaan yang harus dipahami seperti kendaraan rencana, kecepatan rencana, volume dan kapasitas jalan, dan tingkat pelayanan yang diberikan oleh

jalan tersebut. Parameter-parameter ini merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan.

2.3.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Dilihat dari bentuk, ukuran, dan daya dari kendaraan-kendaraan yang mempergunakan jalan tersebut, dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok, umumnya dapat dikelompokkan menjadi kelompok mobil penumpang, bus/truk, semi trailer, trailer.

Kendaraan Rencana dikelompokkan ke dalam 3 kategori:

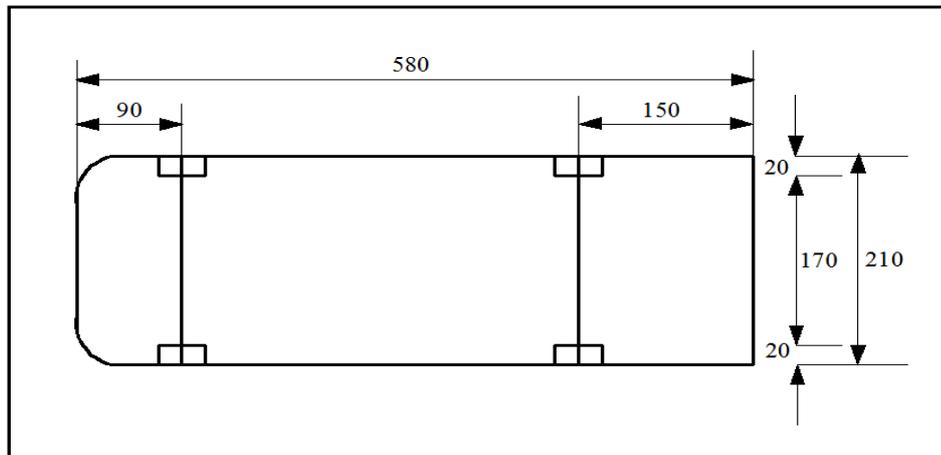
- a) Kendaraan kecil, diwakili oleh mobil penumpang.
- b) Kendaraan sedang, diwakili oleh truk 3 as *tandem* atau oleh bus besar 2 as.
- c) Kendaraan besar, diwakili oleh truk-*semi-trailer*.

Dimensi dasar untuk masing-masing kategori kendaraan rencana ditunjukkan dalam tabel 2.7 dan sketsa dimensi kendaraan rencana dapat dilihat pada gambar 2.2, 2.3 dan 2.4.

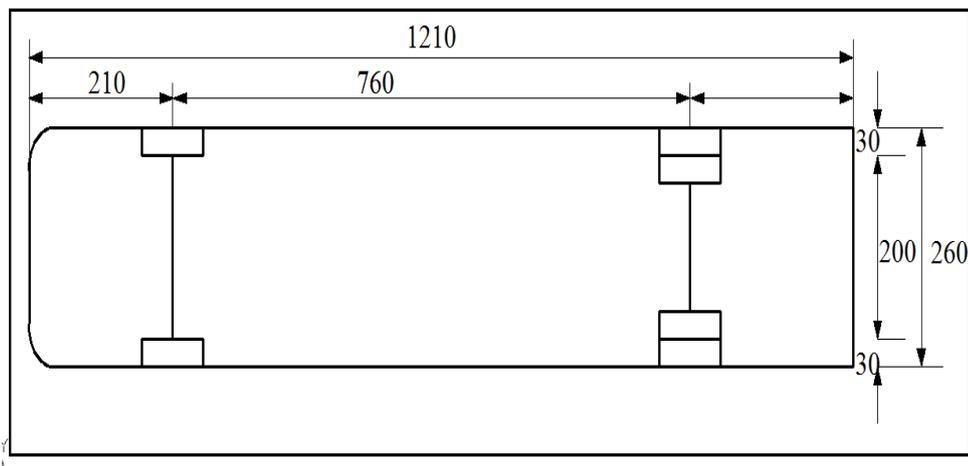
Tabel 2.7
Dimensi Kendaraan Rencana

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	120	290	1400	1370

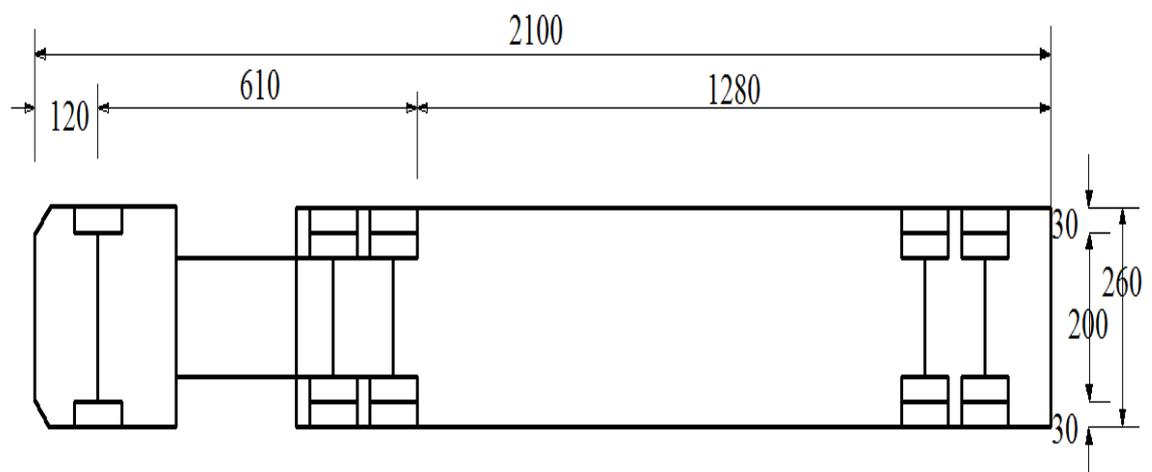
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)



Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Besar

2.3.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana (V_R) pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar 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. Kecepatan rencana tergantung kepada :

- a). Kondisi pengemudi dan kendaraan yang bersangkutan
- b). Sifat fisik jalan dan keadaan medan disekitarnya
- c). Cuaca
- d). Adanya gangguan dari kendaraan lain
- e). Batasan kecepatan yang diijinkan

Kecepatan rencana inilah yang dipergunakan untuk dasar perencanaan geometrik (alinyemen). Kecepatan rencana dari masing-masing kendaraan dapat ditetapkan pada tabel 2.8.

Tabel 2.8
Kecepatan Rencana (V_R) Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Kelas Jalan

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

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)

2.3.3 Volume Lalu Lintas

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

a). Satuan mobil penumpang (smp)

Satuan mobil penumpang adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan, dari berbagai tipe kendaraan telah diubah menjadi kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan ekivalen mobil penumpang.

Tabel 2.9
Satuan Mobil Penumpang (smp)

Jenis Kendaraan	Nilai SMP
Sepeda	0,5
Mobil Penumpang / Sepeda motor	1,0
Truk ringan	2,0
Truk sedang	2,5
Truk Berat	3,0
Bus	3,0
Kendaraan tak bermotor	7,0

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

b) Ekivalensi mobil penumpang (emp)

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

Tabel 2.10
Ekivalensi Mobil Penumpang (emp)

No	Jenis Kendaraan	Datar/Bukit	Gunung
1	Sedang, 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 Truck besar	1,2 – 5,0	2,2 – 6,0

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

Satuan Volume lalu lintas yang umum dipergunakan sehubungan dengan jumlah dan lebar lajur adalah :

- **Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT)**

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

$$\text{LHRT} = \frac{\text{Jumlah Lalu lintas dalam 1 tahun}}{365 \text{ hari}} \dots\dots\dots 2.4$$

- **Lalu Lintas Harian Rata ± Rata (LHR)**

Adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan.

2.3.4 Jarak Pandangan

Keamanan dan kenyamanan pengemudi kendaraan untuk dapat melihat dengan jelas dan menyadari situasi pada saat mengemudi, sangat tergantung pada jarak yang dapat dilihat dari tempat kedudukannya. Panjang jalan di depan yang masih dapat dilihat dengan jelas diukur dari titik kedudukan pengemudi, disebut dengan Jarak Pandangan. Jarak pandangan berguna untuk :

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

Dilihat dari kegunaanya jarak pandangan dapat di bedakan atas :

- 1) **Jarak Pandangan Henti (Jh)**

Yaitu jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik disepanjang jalan harus memenuhi Jh. Jh diukur berdasarkan

asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan.

Jarak panjang henti terdiri atas 2 elemen jarak, yaitu:

- Jarak tanggap (Jht) adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.

$$d1 = V \times t \dots\dots\dots 2.5$$

Dimana :

$d1$ = Jarak dari saat melihat rintangan sampai menginjak pedal rem (m)

V = kecepatan rencana (km/jam)

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

$$d1 = 0,278 \cdot V \cdot t \text{ (m)}$$

- Jarak pengereman (Jhr) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi rem menginjak sampai kendaraan berhenti. Syarat untuk menentukan jarak pandang henti minimum dapat dilihat pada tabel 2.11

Tabel 2.11
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 Jalan Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)

2). Jarak Pandangan Mendahului (Jd)

Yaitu jarak pandangan yang dibutuhkan untuk dapat menyiapkan kendaraan lain yang berada pada lajur jalannya dengan menggunakan lajur untuk arah yang berlawanan.

Tabel 2.12
Panjang Minimum Jarak Mendahului

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

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga)

Jarak pandangan menyiap dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 d_1 &= 0.278 \cdot t_1 \left(v - m + \frac{a \cdot t_1}{2} \right) \dots\dots\dots 2.6 \\
 d_2 &= 0.278 \cdot v \cdot t_2 \dots\dots\dots 2.7 \\
 d_3 &= \text{diambil } 30 - 100 \text{ cm} \dots\dots\dots 2.8 \\
 d_4 &= \frac{2}{3} \cdot d_2 \dots\dots\dots 2.9 \\
 d &= d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots\dots\dots 2.10 \\
 d_{\min} &= \frac{2}{3} \cdot d_2 + d_3 + d_4 \dots\dots\dots 2.11
 \end{aligned}$$

Dimana :

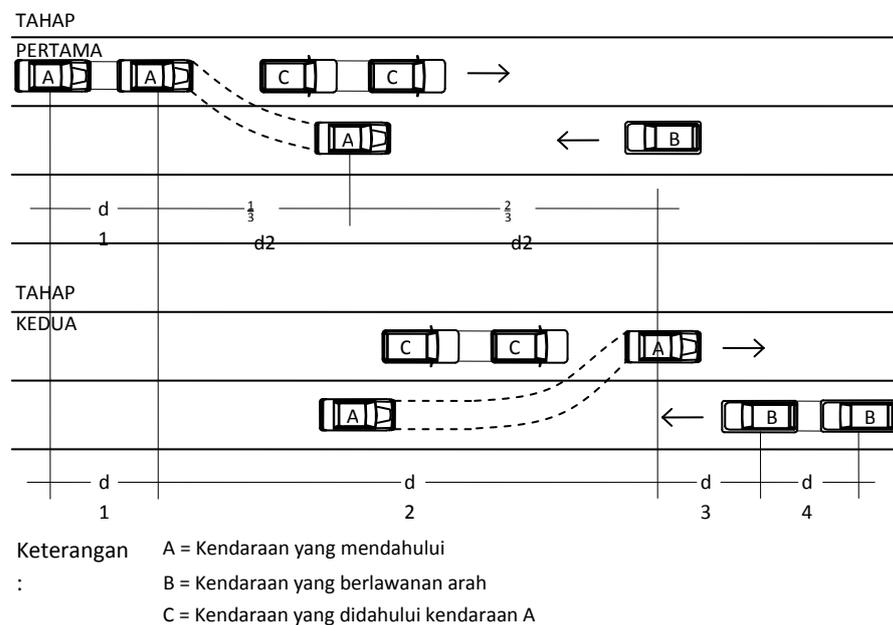
$$\begin{aligned}
 t_1 &= \text{Waktu reaksi } (t_1 = 2.12 + 0.126 \cdot v) \\
 m &= \text{Perbedaan kecepatan kendaraan yang menyiap dan disiap} = 15 \text{ km/jam} \\
 v &= \text{Kecepatan rata-rata dianggap sama dengan kecepatan rencana} \\
 a &= \text{Percepatan rata-rata } (a = 2.052 + 0.0036 \cdot v) \\
 d_2 &= \text{Jarak yang ditempuh kendaraan yang menyiap berada pada lajur kanan} \\
 t_2 &= \text{Waktu kendaraan pada lajur kanan } (t_2 = 6.56 + 0.04 \cdot v)
 \end{aligned}$$

Daerah yang mendahului harus disebar disepanjang jalan dengan jumlah panjang minimum 30% dari panjang total ruas jalan tersebut. Adapun asumsi yang diambil dalam perhitungan adalah :

- Kendaraan yang disalip berjalan dengan kecepatan tetap.
- Sebelum menyiap berada di lajur lawan, ia telah menurangi kecepatannya selama mengikuti kendaraan yang akan disalip.
- Bila saat penyiapan tiba, penyiap memerlukan waktu berpikir mengenai amannya daerah penyiapan.

- Penyiapan dilakukan dengan “star terlambat” dan bersegerah untuk kembali ke jalur semula dengan kecepatan rata-rata 10 mph lebih tinggi dari kendaraan yang disiap.
- Pada waktu kendaraan penyiap telah kembali ke jalur asal, masih ada jarak dengan kendaraan lawan.

Gambar proses pergerakan mendahului untuk jarak pandang mendahului dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Proses Gerakan Mendahului (2/2 TB)

2.4 Alinyemen Horizontal

Alinyemen adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal terdiri atas bagian lurus bagian lengkung (disebut juga tikungan). Ditinjau secara umum penempatan alinemen horizontal harus dapat menjamin keselamatan dan kenyamanan bagi pemakai jalan. Untuk itu perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- 1) Sedapat mungkin hindari *broken back*, artinya tikungan searah yang hanya dipisah oleh tangen yang sangat pendek yang dapat mengurangi keamanan dan kenyamanan pemakai jalan.

- 2) Pada bagian yang relatif lurus dan panjang jangan sampai tiba-tiba terdapat tikungan yang tajam yang dapat membahayakan pengemudi.
- 3) Kalau tidak terpaksa jangan menggunakan radius minimum sebab jalan tersebut akan sulit mengikuti perkembangan yang akan terjadi dimasa yang akan datang.
- 4) Apabila terpaksa menghadapi tikungan ganda maka dalam perencanaan harus di usahakan agar jari-jari (R_1) lebih kecil atau sama dengan jari-jari lengkung kedua (R_2) x 1,5.
- 5) Hindarkan sedapat mungkin lengkung yang berbalik dengan mendadak.
- 6) Hindarkan lengkung yang tajam pada timbunan yang tinggi.

2.4.1 Bagian Lurus

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

Tabel 2.13
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 Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)

2.4.2 Tikungan

Dalam merencanakan sebuah tikungan haruslah memenuhi beberapa kriteria, antara lain :

a). Jari - Jari Minimum

Agar kendaraan stabil saat melalui tikungan, 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).

Untuk pertimbangan perencanaan panjang jari-jari minimum untuk berbagai variasi kecepatan dapat dilihat pada tabel 2.14.

Tabel 2.14
Panjang Jari-jari Minimum untuk $e_{\max} = 10\%$

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

(Sumber : Tata cara perencanaan geometrik Jalan antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga 1997)

b). Jenis - Jenis Tikungan

Didalam suatu perencanaan garis lengkung maka perlu diketahui hubungan kecepatan rencana dengan kemiringan melintang jalan (*superelevasi*) karena garis lengkung yang direncanakan harus dapat mengurangi gaya sentrifugal secara berangsur-angsur mulai dari nol sampai nol kembali. Bentuk tikungan dalam perencanaan tersebut adalah :

1) Tikungan *Full Circle* (FC)

Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan yang mempunyai jari-jari besar dan sudut tangen yang relatif kecil. Atas dasar ini maka perencanaan tikungan dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan raya, dalam merencanakan tikungan harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan adalah lengkung yang disisipkan di antara bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan berjari-jari tetap R , yang berfungsi mengantisipasi perubahan alinyemen jalan dari bentuk lurus (R tak terhingga) sampai bagian lengkung jalan berjari-jari tetap R sehingga gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan saat berjalan di tikungan berubah secara berangsur-angsur, baik ketika kendaraan mendekati tikungan maupun meninggalkan tikungan.

Bentuk lengkung peralihan dapat berupa parabola atau spiral (*clothoid*). Panjang lengkung peralihan (L_s) ditetapkan atas pertimbangan bahwa :

- Lama waktu perjalanan di lengkung peralihan perlu dibatasi untuk menghindari kesan perubahan alinyemen yang mendadak, ditetapkan 3 detik (pada kecepatan rencana V_R).
- Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan dapat diantisipasi berangsur-angsur pada lengkung peralihan dengan aman.
- Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan (r_e) dari bentuk kelandaian normal kelandaian *superelevasi* penuh tidak boleh melampaui r_{e-max} yang ditetapkan sebagai berikut :

Untuk $V_R \leq 70$ km/jam, $r_{e-max} = 0,035$ m/detik

Untuk $V_R \leq 80$ km/jam, $r_{e-max} = 0,025$ m/detik

- L_s ditentukan dari 3 rumus dibawah ini dan diambil nilai yang terbesar:

➤ Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan,

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} T \dots\dots\dots 2.12$$

Dimana:

T = Waktu tempuh pada lengkung peralihan, ditetapkan 3 detik

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

➤ Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal,

$$L_s = 0,022 \frac{V_R^3}{R C} - 2,727 \frac{V_R e}{C} \dots\dots\dots 2.13$$

➤ Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian,

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

Dimana :

V_R = kecepatan rencana (km/jam)

e_m = superelevasi maksimum

e_n = superelevasi normal

r_e = tingkat perbahan kemiringan melintang

- Kemiringan Melintang

Kemiringan melintang atau kelandaian pada penampang jalan diantara tepi perkerasan luar dan sumbu jalan sepanjang lengkung peralihan disebut landai relatif. Pencapaian tikungan jenis *full circle* untuk dapat menggambarkan pencapaian kemiringan dari lereng normal ke kemiringan penuh, kita harus hitung dulu lengkung peralihan fiktif (Ls'). Adapun Ls' dihitung berdasarkan landai relatif maksimum, dan Ls' dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Ls' = (e + e_n) \cdot B \cdot 1/m \dots\dots\dots 2.15$$

Dimana: $1/m$ = landai relatif (%)

B = lebar jalur (m)

e = Superlevasi (m/m')

e_n = Kemiringan melintang normal (m/m')

- Kebebasan Samping

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandangan pengemudi dari halangan benda-benda di sisi jalan (daerah bebas samping). Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan objek-objek penghalang sejauh M (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan J_h dipenuhi. Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

- Berdasarkan jarak pandang henti

$$M = R \left(1 - \cos \frac{90^\circ \times J_h}{\pi \cdot R} \right) \dots\dots\dots 2.16$$

- Berdasarkan jarak pandang menyiap

$$M = R (1 - \cos \theta) + \frac{1}{2} (Jd - L) \sin \theta \dots\dots\dots 2.17$$

Dimana :

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

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

R = Radius sumbu lajur sebelah dalam (m)

Jd = Jarak pandangan (m)

L = Panjang tikungan (m)

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

Tabel 2.15
Jari-Jari Minimum Yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

V (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jari-jari min. (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60

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

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

$$R \text{ min} = \frac{V^2}{127 (e_{\text{max}} + f_m)} \dots\dots\dots 2.18$$

$$D \text{ max} = \frac{1432,4}{R \text{ min}} ; D = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots 2.19$$

$$e = \frac{e \text{ max}}{D^2 \text{ max}} \cdot D^2 + \frac{2e \text{ max}}{D \text{ max}} \cdot D \dots\dots\dots 2.20$$

$$L's = (e + en) \cdot 1/2 \cdot B \cdot m \dots\dots\dots 2.21$$

$$L's = 0,022 \cdot \frac{V^3}{R \cdot c} - 2,722 \cdot \frac{V \cdot e}{c} \dots\dots\dots 2.22$$

$$Tc = R \tan \frac{1}{2} \dots\dots\dots 2.23$$

$$Ec = T \tan \frac{1}{4} \dots\dots\dots 2.24$$

$$LC = \frac{\pi}{180} \Delta R \dots\dots\dots 2.25$$

Dimana :

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen

Tc = Jarak Tc dan PI

R = Jari-jari

E_c = Jarak PI ke busur lingkaran

L_c = Panjang busur lingkaran

L_s' = Lengkung peralihan fiktif

D = Derajat lengkung

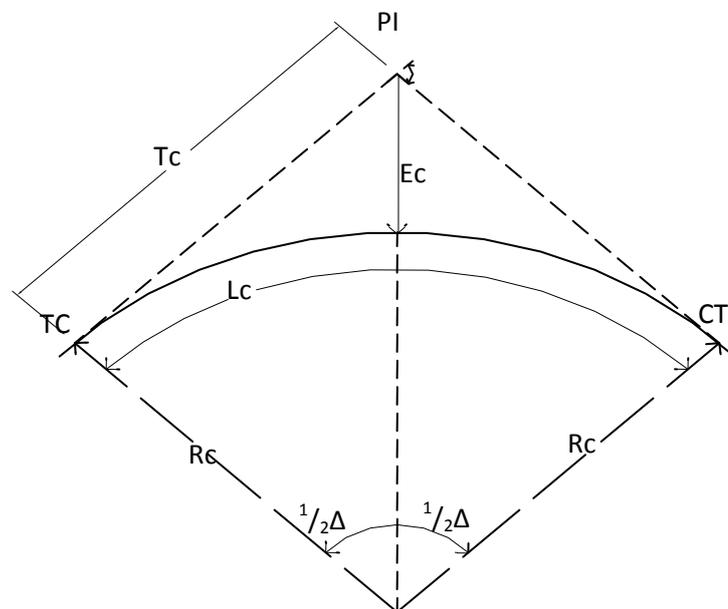
V = Kecepatan

B = Lebar jalan

C = Perubahan percepatan

f_m = Koefisien gesekan melintang = $0,19 \pm 0,000625 V$

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



Gambar 2.6 Bentuk Tikungan *Full Circle*

2) Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)

Tikungan ini digunakan pada daerah-daerah perbukitan atau pegunungan, karena tikungan jenis ini memiliki lengkung peralihan yang memungkinkan perubahan menikung tidak secara mendadak dan tikungan tersebut menjadi aman. Adapun jari-jari yang diambil untuk tikungan *spiral-circle-spiral* ini haruslah sesuai dengan kecepatan dan tidak mengakibatkan adanya kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang ditentukan, yaitu :

- Kemiringan maksimum antar jalan kota : 0,10

- Kemiringan maksimum jalan dalam kota : 0,08
- Rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *spiral-circle-spiral*, yaitu:

$$R \text{ min} = \frac{V^2}{127 (e \text{ max} + fm)} \dots\dots\dots 2.26$$

$$D \text{ max} = \frac{1432,4}{R \text{ min}} ; D = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots 2.27$$

$$e = \frac{e \text{ max}}{D^2 \text{ max}} \cdot D^2 + \frac{2e \text{ max}}{D \text{ max}} \cdot D \dots\dots\dots 2.28$$

$$L's = (e+en) \cdot \frac{1}{2} \cdot B.m \dots\dots\dots 2.29$$

$$L's = 0,022 \cdot \frac{V^3}{R.c} - 2,727 \cdot \frac{V.e}{c} \dots\dots\dots 2.30$$

$$Ts = (R + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots\dots\dots 2.31$$

$$ES = \frac{R+P}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \dots\dots\dots 2.32$$

$$L = Lc + 2 Ls \dots\dots\dots 2.33$$

$$Lc = \frac{\Delta}{360} \cdot 2\pi R \dots\dots\dots 2.34$$

$$\Delta = \Delta - 2 \cdot \Theta_s \dots\dots\dots 2.35$$

Dimana :

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen

Ts = Titik perubahan dari tangen ke spiral

R = Jari-jari

Es = Jarak PI ke busur lingkaran

Lc = Panjang lengkung lingkaran

Ls = Lengkung peralihan fiktif

D = Derajat lengkung

V = Kecepatan

B = Lebar jalan

C = Perubahan percepatan

fm = Koefisien gesekan melintang = $0,19 \pm 0,000625 V$

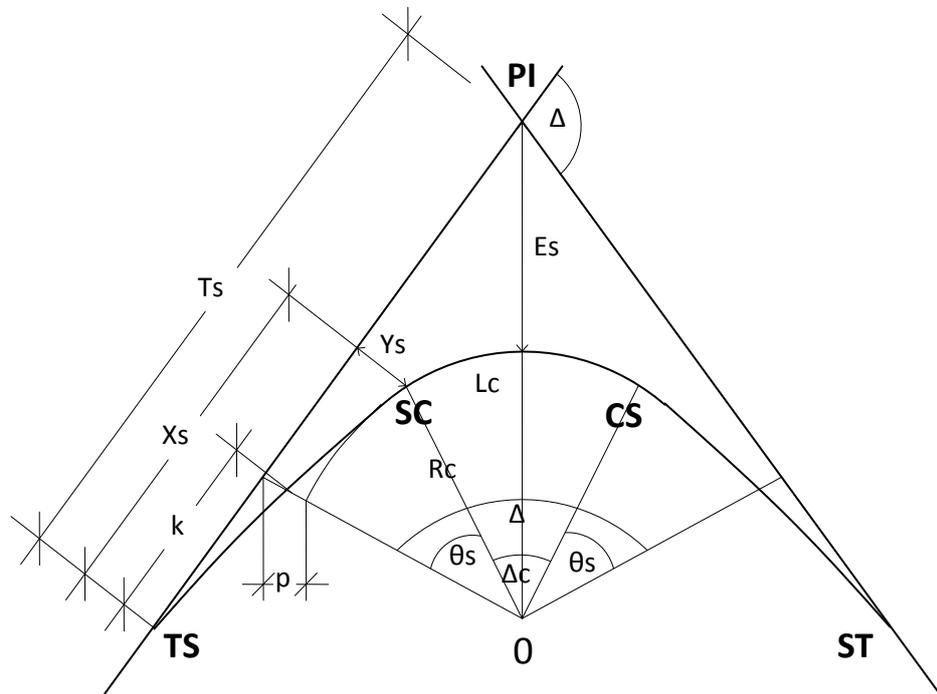
m = Landai relatif = $2 \cdot V + 40$

Kontrol :

$Lc > 20 \text{ m}$

$L > 2 Ts$

Jika $L < 20 \text{ m}$, gunakan jenis tikungan *spiral-spiral*



Gambar 2.7 Bentuk Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

3) Tikungan *Spiral-Spiral* (SS)

Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan yang tajam. Rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *spiral-spiral*, yaitu :

$$R \text{ min} = \frac{V^2}{127 (e \text{ max} + fm)} \dots\dots\dots 2.36$$

$$D \text{ max} = \frac{1432,4}{R \text{ min}} ; D = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots$$

2.37

$$e = -\frac{e \text{ max}}{D^2 \text{ max}} \cdot D^2 + \frac{2e \text{ max}}{D \text{ max}} \cdot D \dots\dots\dots 2.38$$

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

2.39

$$Ls' = 0,022 \cdot \frac{V^3}{R \cdot C} - 2,7272 \cdot \frac{V \cdot e}{c} \dots\dots\dots 2.40$$

$$Ls' = \frac{\theta s x \pi}{R \text{ min}} \times R \dots\dots\dots 2.41$$

$$Ts = (R + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots\dots\dots 2.42$$

$$ES = \frac{R+P}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \dots\dots\dots 2.43$$

$$L = 2.L_s \dots\dots\dots 2.44$$

Dimana :

Δ = sudut tikungan atau sudut tangen

T_s = Titik perubahan dari tangen ke spiral

R = Jari-jari

E_s = Jarak PI ke busur lingkaran

L_s' = Lengkung peralihan fiktif

D = Derajat lengkung

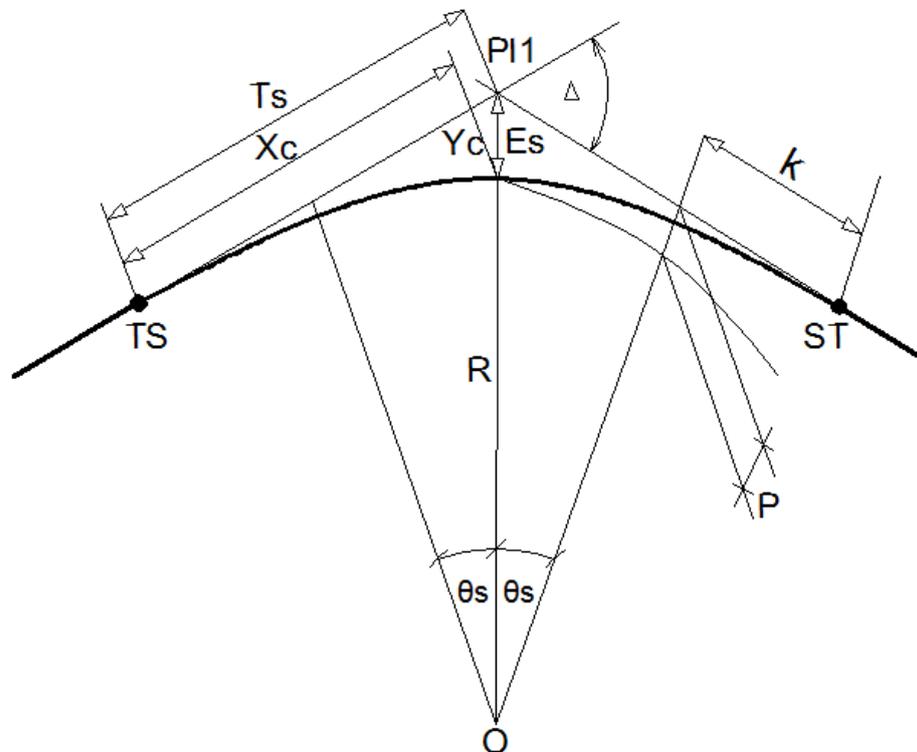
V = Kecepatan

B = Lebar jalan

C = Perubahan percepatan

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

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



Gambar 2.8 Bentuk Tikungan *Spiral-Spiral*

c). *Superelevasi*

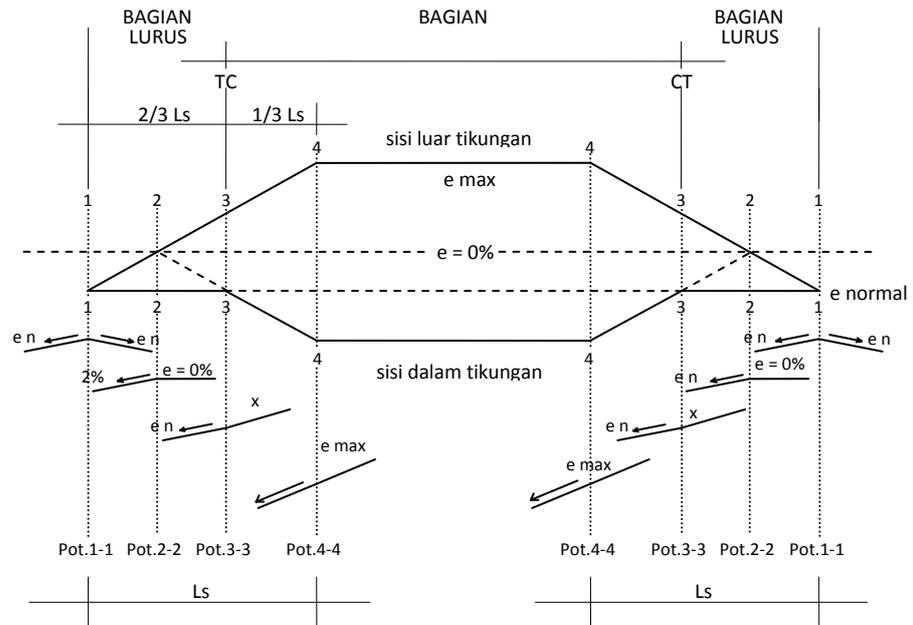
Penggambaran *superelevasi* dilakukan untuk mengetahui kemiringan-kemiringan jalan pada bagian tertentu, yang berfungsi untuk mempermudah dalam pekerjaannya atau pelaksanaannya dilapangan.

1. Pencapaian *Superelevasi*

- *Superelevasi* dapat dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (*superelevasi*) pada bagian lengkung.
- Pada tikungan *spiral-circle-spiral*, pencapaian *superelevasi* dilakukan secara linier, diawali dari bentuk normal sampai lengkung peralihan (T_S) yang berbentuk pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai *superelevasi* penuh pada akhir bagian lengkung peralihan.
- Pada tikungan *full circle*, pencapaian *superelevasi* dilakukan secara linier, diawali dari bagian lurus sepanjang $2/3 L_s$ sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang $1/3 L_s$.
- Pada tikungan *spiral-spiral*, pencapaian *superelevasi* seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.
- *Superelevasi* tidak diperlukan jika jari-jari cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LP). atau bahkan tetap lereng normal (LN).

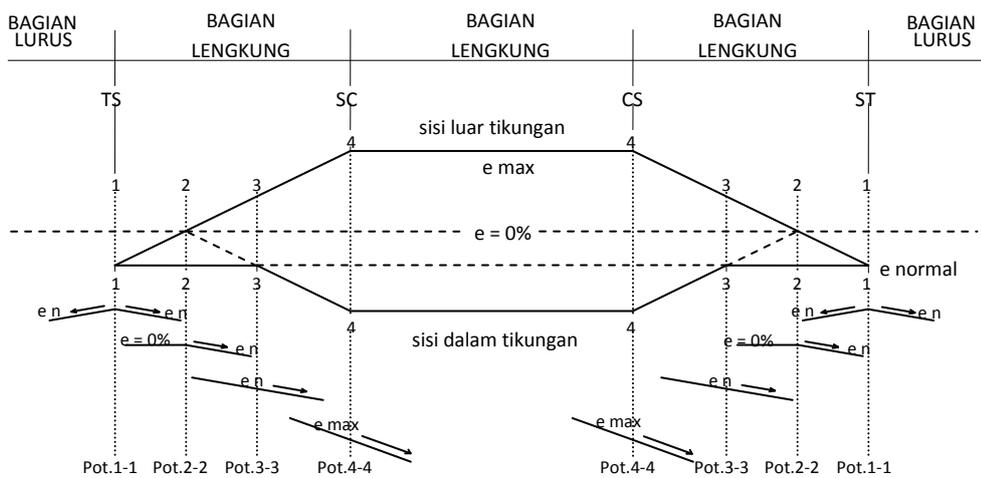
2. Diagram Superelevasi

- Tikungan *full circle*



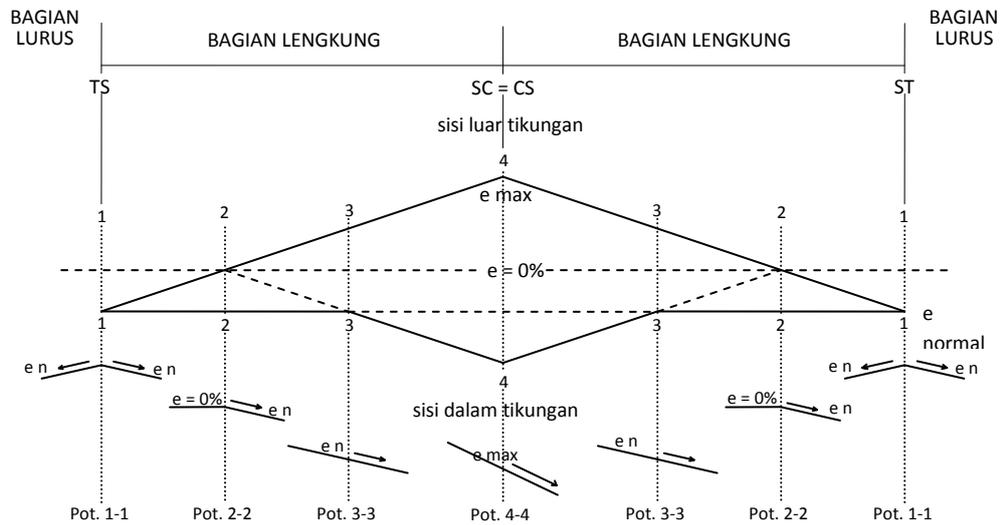
Gambar 2.9 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Full Circle*

- Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*



Gambar 2.10 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

- Tikungan *Spiral-Spiral*



Gambar 2.11 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Spiral*

d) Penentuan Trase Jalan

Pada perencanaan alinyemen horizontal pada seluruh bagian harus dapat memberikan pelayanan yang sesuai dengan fungsinya serta keamanan dan kenyamanan pemakainya. Untuk membuat trase jalan yang baik dan ideal, maka harus memperhatikan syarat-syarat berikut :

1. Syarat Ekonomis

- Penarikan trase jalan yang tidak terlalu banyak memotong kontur, sehingga dapat menghemat biaya dalam pelaksanaan pekerjaan galian dan timbunan.
- Penyediaan material dan tenaga kerja yang diharapkan tidak terlalu jauh dari lokasi proyek sehingga dapat menekan biaya.

2. Syarat Teknis

Tujuannya adalah untuk mendapatkan jalan yang memberikan rasa keamanan dan kenyamanan bagi pemakai jalan tersebut. Oleh karena itu perlu diperhatikan keadaan topografi tersebut, sehingga dapat dicapai perencanaan yang baik sesuai dengan keadaan daerah setempat.

2.4.3 Pelebaran Perkerasan Pada Tikungan

Pelebaran perkerasan atau jalur lalu lintas di tikungan, dilakukan untuk mempertahankan kendaraan tetap pada lintasannya (lajurnya) sebagaimana pada bagian lurus. Hal ini terjadi karena pada kecepatan tertentu kendaraan pada tikungan cenderung untuk keluar lajur akibat posisi roda depan dan roda belakang yang tidak sama, yang tergantung dari ukuran kendaraan (Shirley, 2000).

Pelebaran perkerasan jalan pada tikungan sangat tergantung pada :

R = Jari –jari tikungan

Δ = Sudut tangent

V = Kecepatan rencana

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

$$R_c = R - \frac{1}{4}Bn + \frac{1}{2}b \dots\dots\dots 2.45$$

$$B = \sqrt{\{\sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25\}^2 + 64} - \sqrt{(Rc^2 - 64) + 1,25} \dots\dots\dots 2.46$$

$$Z = \frac{0,105 \times V}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots 2.47$$

$$B_t = n (B + C) + Z \dots\dots\dots 2.48$$

Dimana :

B = Lebar perkerasan pada tikungan (m)

Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar kendaraan rencana (m)

Rc = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan (m)

Z = Lebar tambahan akibat kesukaran dalam mengemudi (m)

R = Radius lengkung (m)

n = Jumlah lajur

C = Kebebasan samping (1,0 m)

Pelebaran perkerasan pada tikungan ini dimaksudkan untuk mengurangi kemungkinan kendaraan akan keluar dari jalurnya karena kecepatan yang terlalu tinggi.

2.4.4 Stationing

Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (STA jalan) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang dibicarakan, selanjutnya menjadi panduan untuk lokasi suatu tempat. Nomor jalan ini sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan.

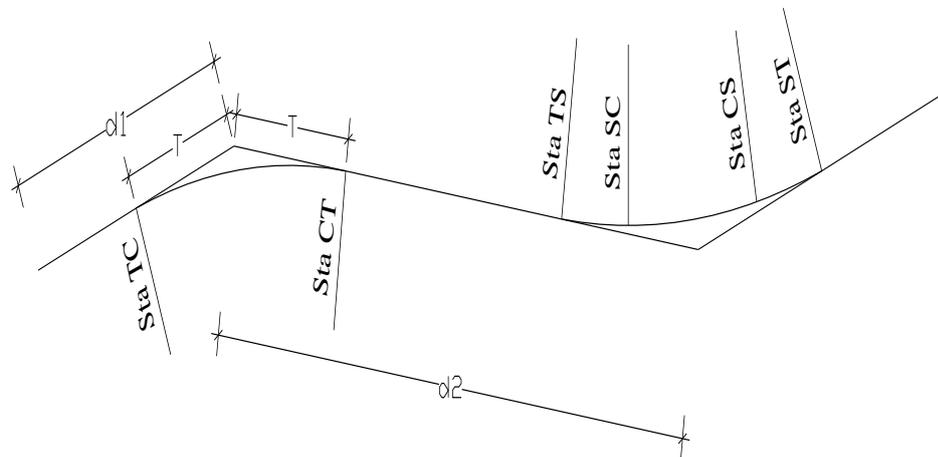
Disamping itu dari penomoran jalan tersebut diperoleh informasi tentang panjang jalan secara keseluruhan. Setiap STA jalan dilengkapi dengan gambar potongan melintangnya. Adapun interval untuk masing-masing penomoran jika tidak adanya perubahan arah tangen pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal adalah sebagai berikut :

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

Nomor jalan (STA jalan) ini sama fungsinya dengan patok-patok km disepanjang jalan, namun juga terdapat perbedaannya antara lain :

- 1) Patok km merupakan petunjuk jarak yang diukur dari patok km 0, yang umumnya terletak di ibukota provinsi atau kotamadya, sedangkan patok STA merupakan petunjuk jarak yang diukur dari awal sampai akhir pekerjaan.
- 2) Patok km berupa patok permanen yang dipasang dengan ukuran standar yang berlaku, sedangkan patok STA merupakan patok sementara selama masa pelaksanaan proyek jalan tersebut.

Sistem penomoran jalan pada tikungan dapat dilihat pada gambar 2.12



Gambar 2.12 Sistem Penomoran Jalan

2.5 Alinyemen Vertikal

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

Alinyemen vertikal terdiri atas bagian landai vertikal dan bagian lengkung vertikal. Bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cembung atau lengkung cekung.

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

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

- 1) Bila memungkinkan diusahakan agar pada bagian lengkung horizontal (tikungan) tidak terjadi adanya lengkung vertikal (tanjakan dan turunan).
- 2) *Grade* (kemiringan memanjang) min = 0,5 %.

- 3) *Grade* (kemiringan memanjang) maksimum dibatasi oleh panjang kritisnya dengan ketentuan sebagai berikut :

Tabel 2.16 Panjang Kritis

Grade (%)	3	4	5	6	7	8	10	12
Panjang Kritis (m)	480	330	250	200	170	150	135	120

(sumber : TPGJAK No. 038/T/BM/1997)

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

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

2.5.1 Landai Maksimum dan Panjang Landai Maksimum

- a). Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti.
- b). 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.
- c). Kelandaian maksimum untuk berbagai V_R ditetapkan dapat dilihat dalam tabel 2.17.

Tabel 2.17
Kelandaian Maksimum

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

(sumber : TPGJAK No. 038/T/BM/1997)

- d). Panjang kritis yaitu panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian sehingga

penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh V_R . Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak lebih dari satu menit.

e). Panjang kritis dapat ditetapkan dari tabel 2.18

Tabel 2.18 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 : TPGJAK No. 038/T/BM/1997)

2.5.2 Lengkung Vertikal

- a) Lengkung vertikal harus disediakan pada setiap lokasi yang mengalami perubahan kelandaian dengan tujuan :
1. Mengurangi guncangan akibat perubahan kelandaian.
 2. Menyediakan jarak pandang henti.
- b) Panjang lengkung vertikal bisa ditentukan langsung sesuai tabel 2.19 yang didasarkan pada penampilan, kenyamanan, dan jarak pandang.

Tabel 2.19
Panjang Lengkung Vertikal

Kecepatan Rencana (km/jam)	Perbedaan Kelandaian Memanjang (%)	Panjang Lengkung (m)
< 40	1	20 – 30
40 – 60	0,6	40 – 80
> 60	0,4	80 - 150

(sumber : TPGJAK No. 038/T/BM/1997)

Rumus - rumus yang digunakan dalam lengkung vertikal :

$$g = \frac{(\text{elevasi awal} - \text{elevasi akhir})}{(\text{STA awal} - \text{STA akhir})} \times 100\% \dots\dots\dots 2.49$$

$$A = g1 - g2 \dots\dots\dots 2.50$$

$$Jh = \frac{Vr}{3,6} T + \frac{\left(\frac{Vr}{3,6}\right)^2}{2gf} \dots\dots\dots 2.51$$

$$Ev = \frac{AxLv}{800} \dots\dots\dots 2.52$$

$$x = \frac{Lv \cdot g1}{A} \dots\dots\dots$$

2.53

$$y = \frac{Ax \left(\frac{1}{4}Ly\right)^2}{200 x Lv} \dots\dots\dots 2.54$$

Panjang Lengkung Vertikal (Lv)

a). Syarat keluwesan bentuk

$$Lv = 0,6 x V \dots\dots\dots 2.55$$

b). Syarat drainase

$$Lv = 40 x A \dots\dots\dots 2.56$$

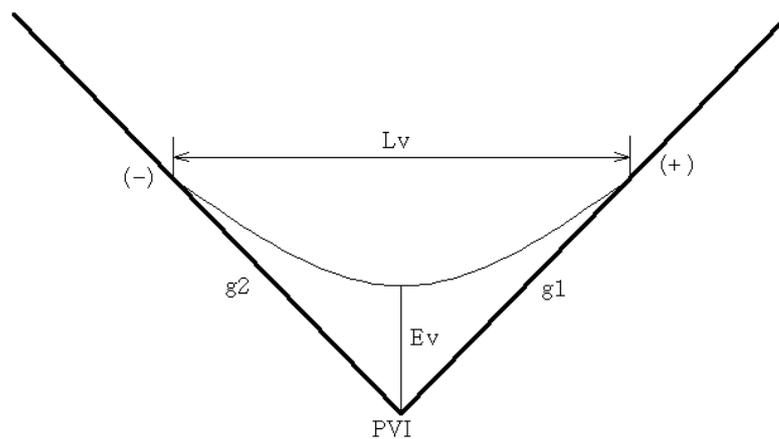
c). Syarat kenyamanan

$$Ev = \frac{A x V^2}{390} \dots\dots\dots 2.57$$

Adapun macam-macam lengkung pertikal pada alinyemen vertikal adalah:

1. Lengkung Vertikal Cekung

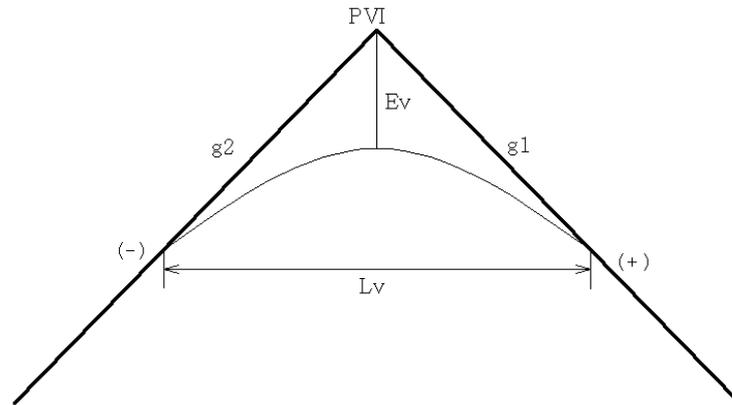
Adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada diatas permukaan jalan.



Gambar 2.13 Lengkung Vertikal Cekung

2. Lengkung Vertikal Cembung

Adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada dibawah permukaan jalan.



Gambar 2.14 Lengkung Vertikal Cembung

Keterangan :

PLV = titik awal lengkung parabola.

PPV = titik perpotongan kelandaian g_1 dan g_2

PTV = titik akhir lengkung parabola.

g = kemiringan tangen ; (+) naik; (-) turun.

A = perbedaan aljabar landai ($g_1 - g_2$) %.

EV = pergeseran vertikal titik tengah busur lingkaran ($PV_1 - m$) meter.

L_v = Panjang lengkung vertikal

V = kecepatan rencana (km/jam)

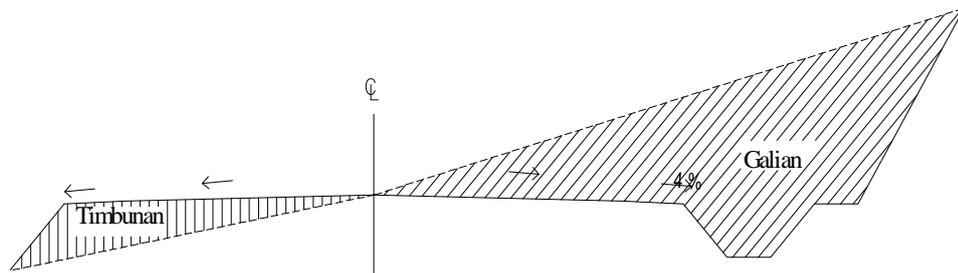
J_h = jarak pandang henti

f = koefisien gesek memanjang menurut Bina Marga, $f = 0,35$

2.5.3 Perencanaan Galian dan Timbunan

Dalam perencanaan jalan raya diusahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen vertikal dan horizontal memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan. Langkah-langkah dalam perhitungan galian dan timbunan, antara lain :

- a) Penentuan *stationing* (jarak patok) sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase jalan).
- b). Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan beda tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.
- c). Gambar potongan melintang (*cross section*) pada titik *stationing*, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan.



Gambar 2.15 Galian dan Timbunan

- d). Hitung volume galian dan timbunan dengan mengalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.

2.6 Perencanaan Tebal Perkerasan

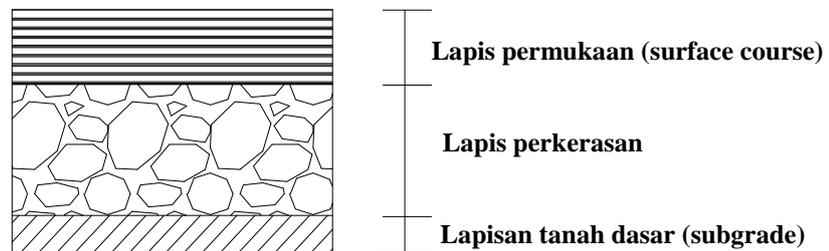
Perkerasan jalan adalah suatu bagian konstruksi jalan yang terletak diatas tanah dasar yang bertujuan untuk melewati lalu lintas dengan aman dan nyaman serta menerima dan meneruskan beban lalu lintas ke tanah dasar.

2.6.1 Jenis Perkerasan

Bila ditinjau dari bahan campurannya, perkerasan jalan terdiri atas dua macam, yaitu:

- a). Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

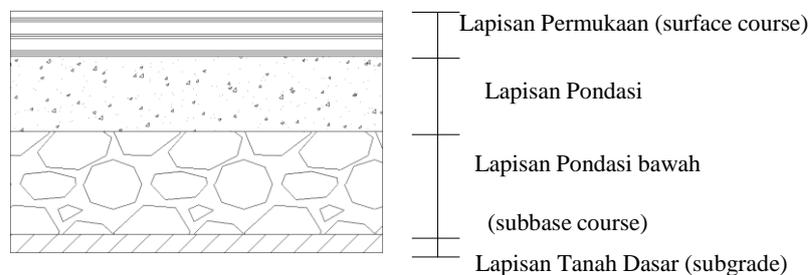
Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran beton bertulang atau bahan-bahan yang bersifat kaku. Perkerasan kaku ini menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan di letakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton



Gambar 2.16 Perkerasan Kaku

b). Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dan agregat atau bahan-bahan yang bersifat tidak kaku atau lentur. Pada perkerasan kaku membutuhkan biaya awal yang tinggi tetapi biaya perawatannya kecil, sedang untuk perkerasan lentur sebaliknya.



Gambar 2.17 Perkerasan Lentur

Pada perkerasan kaku, pada awalnya membutuhkan biaya pelaksanaan yang tinggi tetapi mempunyai biaya perawatan yang rendah, sedangkan pada perkerasan lentur, pada awalnya membutuhkan biaya pelaksanaan yang rendah tetapi mempunyai perawatan yang tinggi.

c. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composit Pavement*)

Konstruksi perkerasan komposit yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dimana letak lapisan perkerasan lentur diatas perkerasan kaku.

2.6.2 Umur Rencana

Umur rencana adalah jangka waktu sejak jalan raya tersebut dibuka sampai hingga saat diperlukan perbaikan atau telah dianggap perlu untuk memberi lapisan perkerasan baru.

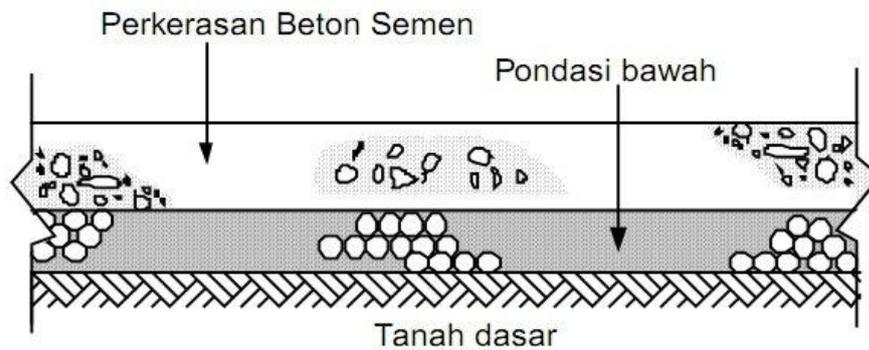
Pada jalan baru yang diperlukan suatu umur rencana, karena kita dapat mengetahui kapan jalan tersebut harus mengalami perbaikan atau peningkatan. Umur rencana ditentukan berdasarkan pertimbangan klasifikasi jalan, pola lalu lintas dan pengembangan wilayah.

2.6.3 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku adalah perkerasan yang terdiri dari pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan dan menerus dengan tulangan terletak diatas lapisan pondasi bawah tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal.

Bahan-bahan perkerasan kaku terdiri dari material agregat kasar (batu pecah) + pasir + semen + air dan *additive* atau tulangan jika diperlukan. Jenis perkerasan ini jauh lebih baik dibandingkan dengan perkerasan lentur, namun dari segi biaya perkerasan ini tergolong mahal.

Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) biasanya terdiri dari plat beton semen (*slab*) yang dibangun langsung atau dengan perantara lapis pondasi diatas tanah dasar yang dipadatkan. Pada perkerasan kaku ini kekuatan memikul beban lebih tergantung pada kekuatan *slab* dalam menanggung momen lentur. Hal ini disebabkan kekuatan dan besarnya modulus elastisitas *slab* yang mengakibatkan penyebaran beban tanah dasar yang luas.



Gambar 2.18 Susunan Lapisan Perkerasan Kaku

Metode perencanaan yang diambil untuk menentukan tebal lapisan perkerasan didasarkan pada perkiraan sebagai berikut:

- Perkiraan lalu lintas dan komposisi lalu lintas selama umur rencana.
- Kekuatan lapisan tanah dasar yang dinamakan nilai CBR atau modulus reaksi tanah dasar (k).
- Kekuatan beton yang digunakan untuk lapisan perkerasan.
- Jenis bahu jalan.
- Jenis perkerasan.
- Jenis penyaluran beban.

Selain beberapa pertimbangan diatas ada beberapa keuntungan dan kerugian dalam pemakaian konstruksi perkerasan kaku.

Keuntungan pemakaian perkerasan kaku, yaitu:

- 1) *Life-cycle-cost* lebih murah dari pada perkerasan aspal.
- 2) Perkerasan kaku lebih tahan terhadap serangan air.
- 3) Tidak terlalu peka terhadap kelalaian pemeliharaan.
- 4) Tidak terlalu peka terhadap kelalaian pemanfaatan (*overloading*).
- 5) Memiliki umur rencana yang lebih lama.
- 6) Semen diproduksi dalam negeri sehingga tidak tergantung dari *import*.
- 7) Keseluruhan tebal perkerasan jauh lebih kecil dari pada perkerasan aspal sehingga dari segi lingkungan/ *environment* lebih menguntungkan.

Kerugian dalam pemakaian perkerasan kaku, yaitu :

- 1) Permukaan perkerasan beton semen mempunyai *riding comfort* yang lebih jelek dari pada perkerasan aspal, yang akan sangat terasa melelahkan untuk perjalanan jauh.
- 2) Warna permukaan yang keputih-putihan menyilaukan di siang hari, dan marka jalan (putih/kuning) tidak kelihatan secara kontras.
- 3) Perbaikan kerusakan seringkali merupakan perbaikan keseluruhan konstruksi perkerasan sehingga akan sangat mengganggu lalu lintas.
- 4) Biaya yang dikeluarkan tergolong mahal.
- 5) Pelapisan ulang/ *overlay* tidak mudah dilakukan.
- 6) Perlunya waktu untuk menunggu perkerasan menjadi kaku ± 28 hari.
- 7) Perbaikan permukaan yang sudah halus (*polished*) hanya bisa dilakukan dengan *grinding machine* atau pelapisan ulang dengan campuran aspal, yang kedua-duanya memerlukan biaya yang cukup mahal.

2.6.4 Jenis dan Sifat Perkerasan Kaku

Perkerasan kaku didefinisikan sebagai perkerasan yang mempunyai lapisan dasar beton dari Portland cement. Perkerasan kaku berfungsi menerima beban lalu lintas yang berada di atasnya dan menyebar ke lapisan bawah.

Perkerasan beton semen adalah perkerasan kaku dengan beton semen sebagai lapisan dasar. Menurut buku pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003 ada empat jenis perkerasan kaku :

- Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan
- Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan
- Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan
- Perkerasan beton semen pra-tegang dengan tulang serat baja/fiber

Tujuh sifat campuran beton yang harus dimiliki perkerasan kaku adalah:

1) Stabilitas (*stability*)

Adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang alur dan *bleeding*. Jalan yang melayani volume lalu lintas dan dominan terdiri dari kendaraan berat,

mempunyai perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi

2) Keawetan (*durability*)

Adalah kemampuan beton menerima repetisi beban lalu lintas seperti beban kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air dan perubahan temperatur.

3) Kelenturan (*flexibility*)

Adalah kemampuan beton untuk menyesuaikan diri akibat penurunan dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar tanpa terjadi retak.

4) Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*)

Adalah kemampuan beton menerima lendutan berulang akibat repetisi beban tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak.

5) Kekesatan atau tahanan gesek (*skid resistance*)

Permukaan beton terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir atau slip.

6) Kedap air (*impermeability*)

Adalah kemampuan beton untuk tidak dapat dimasuki air atau pun udara kedalam lapisan beton.

7) Mudah dilaksanakan (*Work Ability*)

Adalah kemampuan campuran beton untuk mudah diangkut dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan menentukan tingkat efisiensi.

2.6.5 Persyaratan Teknis Perencanaan Perkerasan Kaku

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

a) Tanah Dasar

Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR *in situ* 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

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%

2. Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah :

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

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam satu segmen. Nilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada tabel 2.20 dibawah ini.

Tabel. 2.20 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

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 *pumping* 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%.

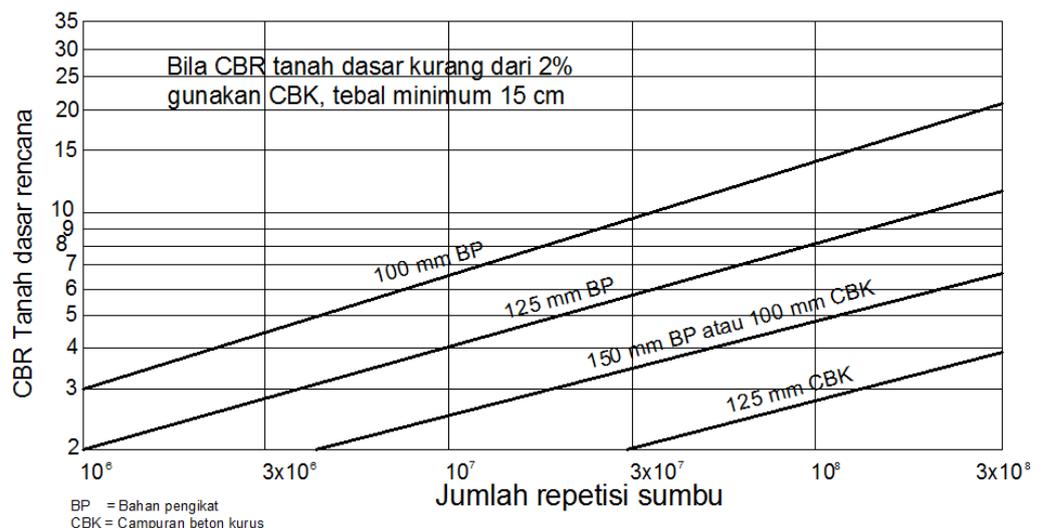
2) Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (*Lean Rolled Concrete*)

- 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).

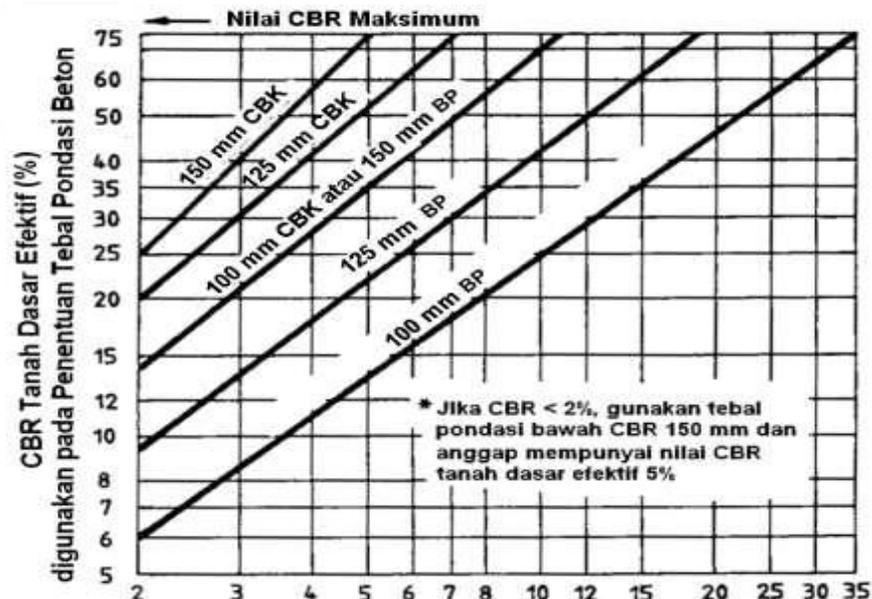
3) Campuran beton kurus (*Lean Mix Concrete*)

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 kg/cm²) terdekat. Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik-lentur beton dapat didekati dengan rumus berikut:

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

$$F_{cf} = 3,13 K (f c')^{0.50} \text{ dalam Mpa atau } \dots\dots\dots (2.60)$$

Dimana:

- $f c'$ = kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm²)
- $f c_f$ = kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm²)
- K = konstanta 0,7 untuk agregat tidak dipecah dan 0,75 untuk agregat pecah.

d) Lalu – Lintas

Penentuan beban lalu-lintas rencana untuk perkerasan beton semen, dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (*commercial vehicle*), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana. Lalu-lintas harus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalu-lintas dan konfigurasi sumbu, menggunakan data terakhir atau data 2 tahun terakhir. Kendaraan yang ditinjau untuk perencanaan perkerasan beton semen adalah yang mempunyai berat total minimum 5 ton. Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri atas 4 jenis kelompok sumbu sebagai berikut :

- 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 lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalu lintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai tabel 2.21

Tabel 2.21 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi

Lebar perkerasan (L_p)	Jumlah laju (n_l)	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	0,7	0,50
$8,25 \text{ m} \leq L_p < 11,25$ m	3 lajur	0	0,475
$11,23 \text{ m} \leq L_p < 15,00$ m	4 lajur	0,5	0,45
$15,00 \text{ m} \leq L_p < 18,75$ m	5 lajur	0	0,425
$18,75 \text{ m} \leq L_p < 22,00$ m	6 lajur	-	0,40

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 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 sebagai berikut :

$$R = \frac{(1+i)^{UR} - 1}{i} \dots\dots\dots (2.61)$$

Dimana :

R = faktor pertumbuhan lalu lintas

i = laju pertumbuhan lalu lintas pertahun dalam %

UR = umur rencana (tahun)

Tabel 2.22. 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
3	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)

h) Lalu Lintas Rencana

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

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \dots\dots\dots (2.62)$$

Dimana :

JSKN = Jumlah sumbu kendaran niaga selama umur rencana

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

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

C = Koefisien distribusi kendaraan.

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 2.23

Tabel 2.23 Faktor Keamanan Beban (Fkb)

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

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

2.6.6 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 lalu-lintas 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 lalu-lintas dengan lebar minimum 1,50 m, atau bahu yang menyatu dengan lajur lalu-lintas selebar 0,60 m, yang juga dapat mencakup saluran dan kereb.

2.6.7 Sambungan

Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk :

- Membatasi tegangan dan pengendalian retak yang disebabkan oleh penyusutan, pengaruh lenting serta beban lalu-lintas.

- Memudahkan pelaksanaan.
- Mengakomodasi gerakan pelat.

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan antara lain:

a) 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 :

$$A_t = 204 \times b \times h \dots\dots\dots (2.63)$$

$$l = (38,3 \times \phi) + 75 \dots\dots\dots (2.64)$$

Dimana :

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

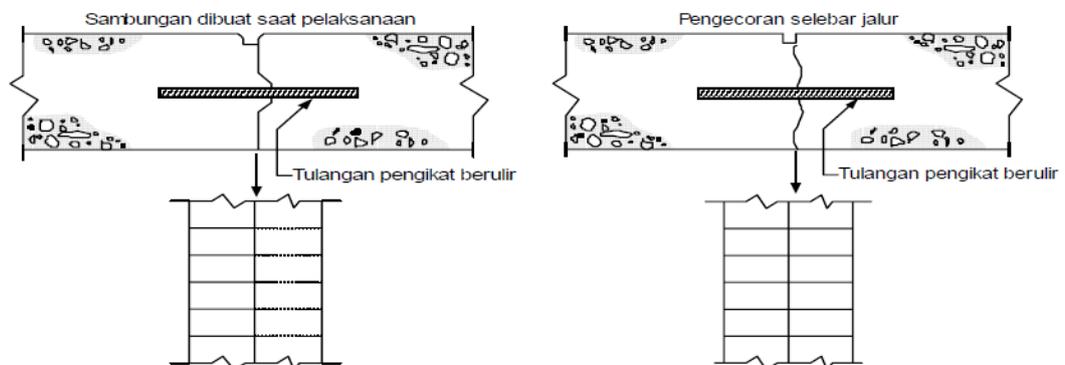
b = Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m).

h = Tebal pelat (m).

l = Panjang batang pengikat (mm).

ϕ = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm).

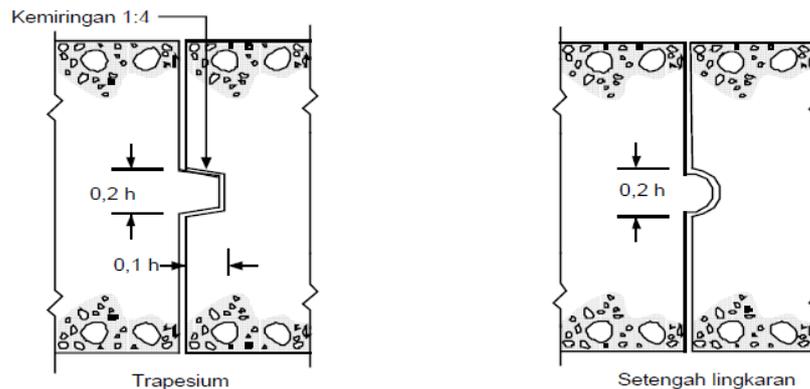
Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm. Tipikal sambungan memanjang diperlihatkan pada gambar 2.21



Gambar 2.21 Tipikal Sambungan Memanjang

b) 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 2.22.



Gambar 2.22 Ukuran Standar Penguncian Sambungan Memanjang

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

c) Sambungan Susut Memanjang

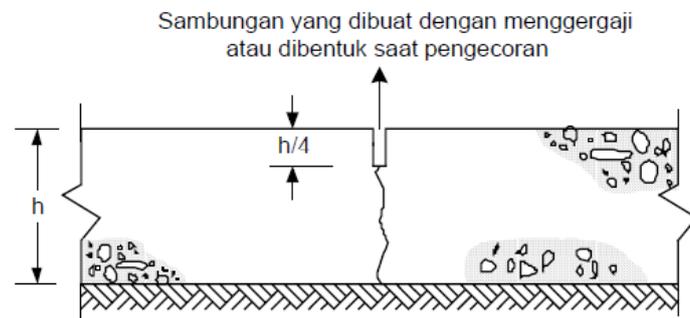
Sambungan susut memanjang dapat dilakukan dengan salah satu dari dua cara ini, yaitu menggergaji atau membentuk pada saat beton masih plastis dengan kedalaman sepertiga dari tebal pelat.

d) Sambungan Susut dan Sambungan Pelaksanaan Melintang

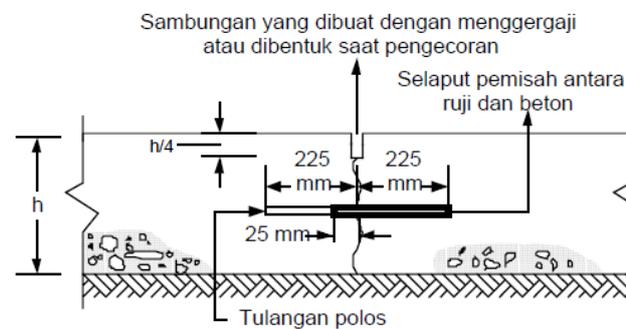
Ujung sambungan ini harus tegak lurus terhadap sumbu memanjang jalan dan tepi perkerasan. Untuk mengurangi beban dinamis, sambungan melintang harus dipasang dengan kemiringan 1 : 10 searah perputaran jarum jam.

e) 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 2.24.

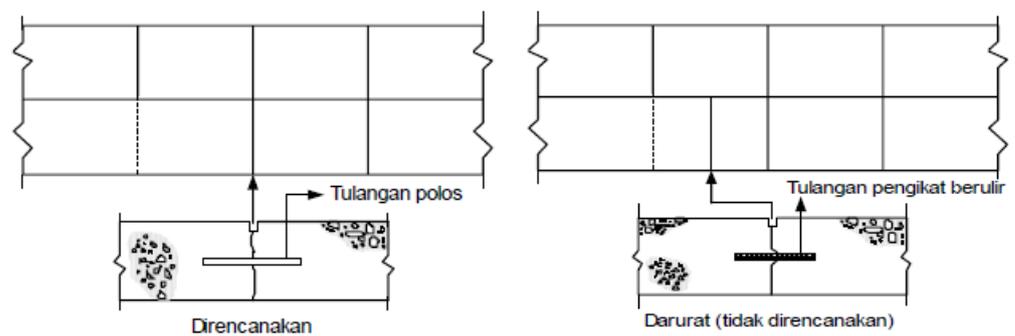
Tabel 2.24 Diameter Ruji

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

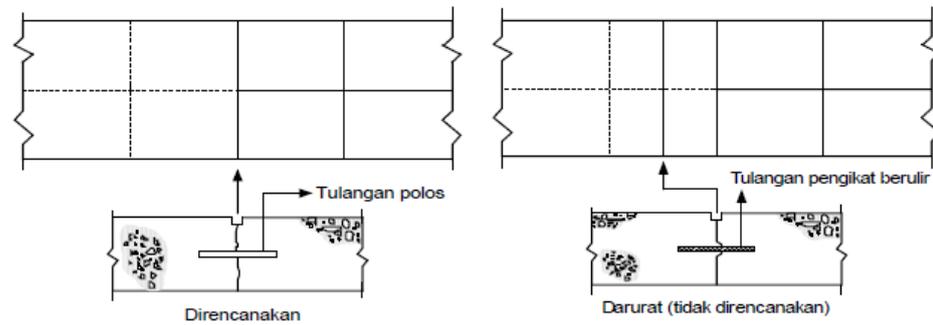
(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

f) 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. Sambungan pelaksanaan tersebut di atas harus dilengkapi dengan batang pengikat berdiameter 16 mm, panjang 69 cm dan jarak 60 cm, untuk ketebalan pelat sampai 17 cm. Untuk ketebalan lebih dari 17 cm, ukuran batang pengikat berdiameter 20 mm, panjang 84 cm dan jarak 60 cm.



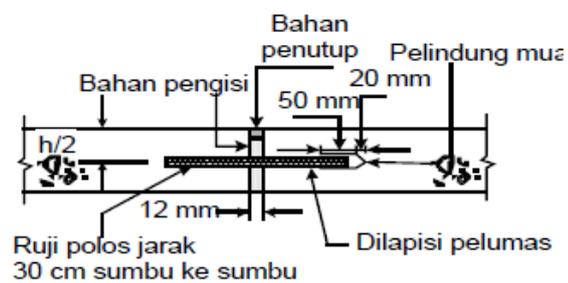
Gambar 2.25 Sambungan Pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran per lajur



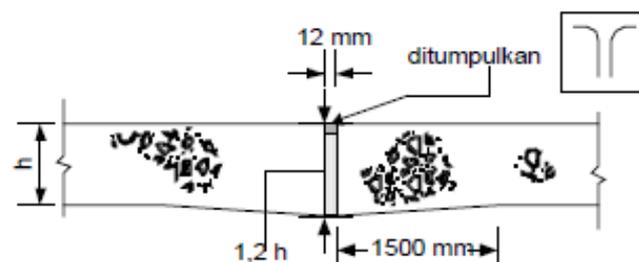
Gambar 2.26 Sambungan Pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan

g) Sambungan isolasi

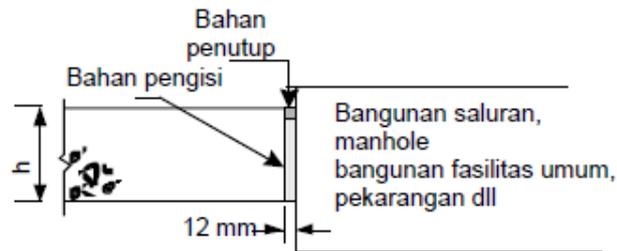
Sambungan isolasi memisahkan perkerasan dengan bangunan yang lain, misalnya *manhole*, jembatan, tiang listrik, jalan lama, persimpangan dan lain sebagainya. Sambungan isolasi harus dilengkapi dengan bahan penutup (*joint sealer*) setebal 5–7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (*joint filler*) sebagai mana diperlihatkan pada gambar 2.27.



Gambar 2.27 Sambungan isolasi dengan ruji



Gambar 2.28 Sambungan isolasi dengan penebal tepi

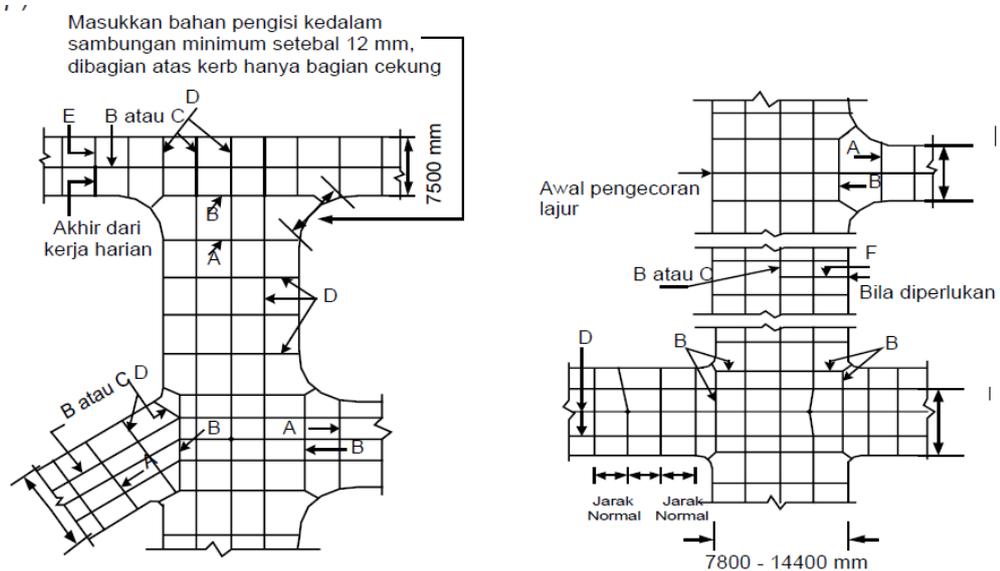


Gambar 2.29 Sambungan Isolasi tanpa ruji

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

h) 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 2.30 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

2.6.8 Perencanaan Tebal Plat

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

2.6.9 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. Tujuan utama penulangan untuk :

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

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

$$A_s = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s} \dots\dots\dots (2.65)$$

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 yang tidak diikat atau tepi bebas pelat (m)

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

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 2.25 dibawah ini :

Tabel 2.25 Koefisien Gesekan Pelat Beton dengan Lapisan Pondasi Bawah

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

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

c) Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan

- Penulangan memanjang

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

$$P_s = \frac{100 \cdot f_{ct} \cdot (1,3 - 0,2\mu)}{f_y - n \cdot f_{ct}} \dots\dots\dots (2.66)$$

Dimana :

P_s = Persentase luas tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap luas penampang %

f_{ct} = kuat tarik langsung beton = (0,4 – 0,5 f_{cf}) (kg/cm²)

f_y = tegangan leleh rencana baja (kg/cm²)

n = angka ekuivalensi antara baja dan beton (E_s/E_c), dapat dilihat pada tabel 2.25

μ = koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan di bawahnya

E_s = modulus elastisitas baja = 2,1 x 10⁶ (kg/cm²)

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

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

f'_c (kg/cm ²)	N
175 – 225	10
235 - 285	8
290 - ke atas	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, perlu dipasang agar jarak dan lebar retakan dapat dikendalikan. Secara teoritis jarak antara retakan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan berikut :

$$L_{cr} = \frac{f_{cr}^2}{N \cdot P^2 \cdot FB \cdot (\epsilon_s \cdot E_c - f_{ct})} \dots\dots\dots (2.67)$$

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/cm^2)

ϵ_s = koefisien susut beton = $(400 \cdot 10^{-6})$

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

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

E_c = modulus Elastisitas beton = $14850\sqrt{f'c}$ (kg/cm^2)

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

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

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

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

- 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.

- Penempatan tulangan

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

d) 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 prategang 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 metoda pracetak-prategang ini, sebagaimana halnya pada konstruksi yang menggunakan sistim prategang, dimaksudkan untuk memberi tekanan awal pada beton sehingga tegangan tarik yang terjadi pada konstruksi perkerasan beton tersebut bisa diimbangi oleh tegangan awal dan kekuatan tarik dari beton itu sendiri (Furqon Affandi, 2009).

Perkerasan beton dengan sistim pracetak-prategang ini mempunyai beberapa keuntungan, seperti:

1. Mutu beton akan lebih terkontrol, karena dicetak di pabrik.
2. Pelat beton menjadi lebih tipis, sehingga keperluan bahan akan lebih sedikit.
3. Retak yang terjadi bisa lebih kecil, karena ada tekanan dari baja yang ditegangkan.
4. Pelaksanaan di lapangan akan lebih cepat, dan pembukaan untuk lalu lintas pun akan lebih cepat pula.
5. Gangguan terhadap lalu lintas, selama pelaksanaan di lapangan bisa diminimalkan karena pembangunan bisa lebih cepat.
6. Kenyamanan pengguna jalan akan meningkat, karena sambungan antar pelat lebih panjang.

Hal yang harus mendapat perhatian lebih lanjut adalah:

1. Diperlukannya ketelitian dalam pembentukan tanah dasar dan lapisan pondasi.
2. Diperlukannya ketelitian pada pembentukan pelat di pabrik.

2.7 Manajemen Proyek

2.7.1 Daftar Harga Satuan Alat dan Bahan

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

2.7.2 Analisa Satuan Harga Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan ialah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat dipasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja didapat dilokasi, dikumpulkan dan dicatat dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah. Analisa bahan suatu pekerjaan ialah menghitung banyaknya volume masing-masing bahan serta besarnya biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan tersebut.

2.7.3 Perhitungan Volume Pekerjaan

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

2.7.4 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya adalah merencanakan banyaknya biaya yang akan digunakan serta susunan pelaksanaannya dalam perencanaan anggaran biaya perlu dilampirkan analisa harga satuan bahan dari setiap pekerjaan agar jelas jenis-jenis pekerjaan dan bahan yang digunakan.

2.7.5 Rekapitulasi Biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya dan waktu pelaksanaannya. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

2.7.6 Rencana Kerja (*Time Schedule*)

Rencana Kerja (*Time Schedule*) adalah pengaturan waktu rencana kerja secara terperinci terhadap suatu item pekerjaan yang berpengaruh terhadap selesainya secara keseluruhan suatu proyek konstruksi. Jenis - jenis *time schedule* atau rencana kerja :

a). Bagan Balok (*Barchart*)

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

b) Kurva S

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

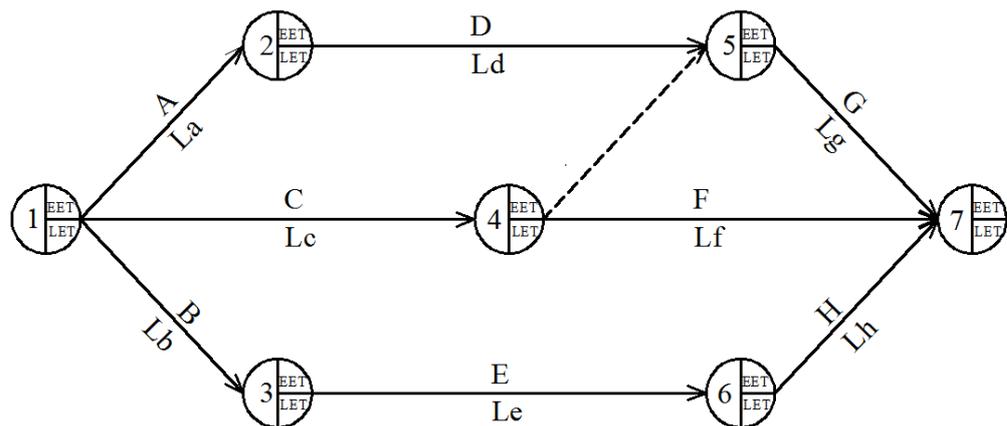
c). Jaringan Kerja / *Network planning* (NWP)

NWP adalah salah satu cara baru dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain.

Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram network, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan dan pekerjaan mana yang dapat menunggu.

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

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



Gambar 2.34 Sketsa *Network planning*

Simbol - simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP :

1. \longrightarrow (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan *resources* tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak - anak panah menunjukkan urutan - urutan waktu.
2. \bigcirc (*Node / event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan

3. \Rightarrow (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critikcal path*).
4. \dashrightarrow (*Dummy*), bentuknya merupakan anak panah terputus - putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.
5.  1 = Nomor kejadian EET (*Earliest Event Time*) = waktu yang paling cepat yaitu menjumlahkan durasi dari kejadian yang dimulai dari kejadian awal dilanjutkan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka yang terbesar. LET (*Laetest Event Time*) = waktu yang paling lambat, yaitu mengurangi durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir dilanjutkan kegiatan sebelumnya dengan mengambil angka terkecil.
6. A, B, C, D, E, F, G, H merupakan kegiatan, sedangkan La, Lb, Lc, Ld, Le, Lf, Lg dan Lh merupakan durasi dari kegiatan tersebut.