

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Jalan Tol

Jalan tol adalah jalan umum yang kepada pemakainya dikenakan kewajiban membayar tol dan merupakan jalan alternatif lintas jalan umum yang telah ada. Jalan tol diselenggarakan dengan maksud untuk mempercepat perwujudan jaringan jalan dengan sebagian atau seluruh pendanaan berasal dari pengguna jalan untuk meringankan beban pemerintah. Jalan tol diselenggarakan dengan tujuan meningkatkan efisien pelayanan jasa distribusi guna menunjukkan pertumbuhan ekonomi dan perkembangan wilayah dengan memperhatikan rencana induk jaringan jalan.

Target yang menjadi sasaran pelayanan jasa jalan tol terhadap pemakai jasa adalah kelancaran, keamanan dan kenyamanan. Untuk dapat mencapai sasaran tersebut, ditetapkan sebagai tolak ukur operasionalnya adalah berupa waktu pelayanan di gardu, waktu tempuh jalan tol, tingkat kelancaran, tingkat fasilitas, tingkat keluhan pelanggan dan standar kerataan jalan. Pada situasi dimana terdapat banyak jalur masuk *station* dan juga tersedia fasilitas pelayanan, maka asumsi pengguna fasilitas pelayanan tunggal dapat dilakukan asalkan aliran kendaraan terbagi secara merata atau sama di antara fasilitas - fasilitas yang ada (Martin, 1967).

2.2 Perancangan Geometrik Jalan

Perancangan geometrik jalan merupakan suatu perancangan route dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar, yang didapatkan dari hasil survey lapangan kemudian dianalisis berdasarkan acuan persyaratan perancangan geometrik yang berlaku. Acuan perancangan yang dimaksud adalah sesuai dengan standar perancangan geometrik yang dianut di Indonesia. Melalui perancangan geometrik, diusahakan untuk dapat menciptakan hubungan yang serasi antara faktor-faktor

yang berkaitan dengan parameter tersebut, sehingga akan dihasilkan suatu efisiensi, keamanan serta kenyamanan yang paling optimal, dalam batas-batas pertimbangan toleransi yang masih dianggap layak.

Perancangan geometrik secara umum, menyangkut aspek-aspek perancangan elemen jalan seperti lebar jalan, tikungan, kelandaian jalan, dan jarak pandang serta kombinasi dari bagian-bagian tersebut, baik untuk suatu ruas jalan, maupun untuk perlintasan diantara dua atau lebih ruas-ruas jalan. Perancangan geometrik akan lebih memperhatikan beberapa parameter yang terkait langsung dengan karakteristik lalu lintas dan turunannya, berbeda dengan perancangan struktur jalan yang lebih menyoroti faktor kekuatan akibat beban dari lalu lintas tersebut. (Saodang, Hamirhan, 2010)

2.3. Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan adalah pengelompokkan jalan berdasarkan fungsi jalan, berdasarkan administrasi pemerintahan dan berdasarkan muatan sumbu yang menyangkut dimensi dan berat kendaraan. Penentuan klasifikasi jalan terkait dengan besarnya volume lalu lintas yang menggunakan jalan tersebut, besarnya kapasitas jalan, keekonomian dari jalan tersebut serta pembiayaan pembangunan dan perawatan jalan.

Suatu ruas jalan dapat diklasifikasikan berdasarkan fungsinya:

1. Klasifikasi Jalan Menurut Fungsinya

a. Jalan Arteri

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

b. Jalan Kolektor

Jalan yang melayani angkutan pengumpul/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.

Klasifikasi jalan menurut fungsi jalan dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

Fungsi Jalan	Jenis Angkutan yang Dilayani	Jarak Perjalanan	Kecepatan Rata-rata	Jumlah Jalan Masuk
Arteri	Utama	Jauh	Tinggi	Dibatasi
Kolektor	Pengumpul atau Pembagi	Sedang	Sedang	Dibatasi
Lokal	Setempat	Dekat	Rendah	Tidak Dibatasi

(Sumber : Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Departemen PU, Ditjen Bina Marga,2009)

2. Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

a. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan dalam MST

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton. Klasifikasi menurut kelas jalan untuk jalan tol dalam MST dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan dalam MST

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan Maksimum yang Diizinkan			Muatan Sumbu Terberat yang Diizinkan (ton)
		Lebar (mm)	Panjang (mm)	Tinggi (mm)	
I	Arteri & Kolektor	2.500	18.000	4.200	10
Khusus	Arteri	>2.500	>18.000	4.200	>10

(Sumber : Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Departemen PU, Ditjen Bina Marga,2009)

b. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan dalam LHR

Kelas jalan menurut volume lalu lintas sesuai dengan Peraturan Perancangan Geometrik Jalan Raya (PPGJR) No.13/1970 dapat diklasifikasi pada tabel 2.3 dibawah ini.

Tabel 2.3. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan dalam LHR

No	Fungsi	Kelas	Lalu Lintas Harian Rata – rata (smp)
1	Arteri	I	>20.000
2	Kolektor	II A	6.000 – 20.000
		II B	1500 – 8000
		II C	<2000
3	Lokal	III	-

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

- Kelas I :

Kelas jalan ini mencakup semua kelas jalan utama dan dimaksudkan untuk dapat melayani lalu lintas cepat dan berat. Dalam kondisi lalu lintasnya tak terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tak bermotor. Jalan raya dalam kelas jalan ini merupakan jalan-jalan raya yang terbaik dalam arti tingginya tingkatan dalam pelayanan lalu lintas.

- Kelas II :

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan sekunder. Dalam komposisi lalu lintasnya terdapat lalu lintas lambat. Kelas jalan ini, selanjutnya berdasarkan komposisi dan sifat lalu lintasnya, dibagi ke dalam tiga kelas, yaitu :

Kelas II A, adalah jalan raya sekunder dua jalur atau lebih dengan konstruksi permukaan jalan dari sejenis aspal beton (*hot mix*) atau yang setara, dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat

kendaraan lambat dan tidak bermotor. Untuk lalu lintas lambat disediakan jalur tersendiri.

Kelas II B, adalah jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari penetrasi berganda atau yang setara dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat tanpa kendaraan tidak bermotor.

Kelas II C, adalah jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari penetrasi tunggal dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tidak bermotor.

- Kelas III :

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan penghubung dan merupakan konstruksi jalan berjalur tunggal atau dua. Konstruksi permukaan jalan yang paling tinggi adalah pelaburan dengan aspal. Kelas jalan ini mencakup semua kelas jalan

c. Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Klasifikasi jalan berdasarkan medan jalan untuk jalan tol dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4. Klasifikasi Menurut Medan Jalan

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

(Sumber : Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Departemen PU, Ditjen Bina Marga,2009)

2.4 Parameter Perancangan Geometrik Jalan

Adapun parameter perancangan geometrik jalan adalah sebagai berikut:

1. Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perancangan geometrik. Dilihat dari bentuk, ukuran, dan daya dari kendaraan-kendaraan yang mempergunakan jalan. Adapun dimensi kendaraan rencana untuk jalan tol dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5. Dimensi Kendaraan Rencana

Jenis Kendaraan Rencana	Dimensi Kedaraan (m)			Dimensi Tonjolan (m)		Radius Putar Minimum (m)
	Tinggi	Lebar	panjang	Depan	Belakang	
Mobil Penumpang	1,3	2,1	5,8	0,9	1,5	7,31
Bus	3,2	2,4	10,9	0,8	3,7	11,86
Truk 2 as	4,1	2,4	9,2	1,2	1,8	12,80
Truk 3 as	4,1	2,4	12,0	1,2	1,8	12,60
Truk 4 as	4,1	2,4	13,9	0,9	0,8	12,20
Truk 5 as	4,1	2,5	16,8	0,9	0,6	13,72

(Sumber : Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Departemen PU, Ditjen Bina Marga,2009)

2. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perancangan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca cerah, lalu lintas yangan lengang dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti. Adapun kecepatan rencana untuk jalan tol dapat dilihat pada tabel 2.6.

Tabel 2.6. Kecepatan Rencana, sesuai Klasifikasi Medan Jalan

Medan Jalan	V_R (km/jam) minimal	
	Antarkota	Perkotaan
Datar	120	80-100
Perbukitan	100	80
Pegunungan	80	60

(Sumber : Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Departemen PU, Ditjen Bina Marga,2009)

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.

4. 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.

2.5 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah garis proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal dikenal juga dengan nama situasi jalan atau trase jalan. Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus yang biasa disebut tangen, yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur peralihan saja ataupun busur lingkaran saja. (Saodang, Hamirhan, 2010)

Desain alinyemen horizontal sangat dipengaruhi oleh kecepatan rencana yang ditentukan berdasarkan tipe dan kelas jalan. Pada perancangan alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis bagian jalan, yaitu bagian lurus dan bagian lengkung. Umumnya disebut tikungan yang terdiri dari tiga jenis-

tikungan. Tikungan yang digunakan yaitu:

1. *Full Circle* (FC)
2. *Spiral Circle Spiral* (S-C-S)
3. *Spiral-Spiral* (S-S).

2.5.1 Panjang Bagian Lurus Maksimum

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

Tabel 2.7. Panjang Bagian Lurus Maksimum

V_R (km/jam)	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)	
	Perhitungan	Pembulatan
140	5833,3	5850
120	5000,0	5000
100	4166,7	4200
80	3333,3	3350
60	2500,0	2500

(Sumber : Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Departemen PU, Ditjen Bina Marga,2009)

2.5.2 Tikungan dengan Jari – jari Minimum

Kendaraan pada saat melalui tikungan dengan kecepatan (V) akan menerima gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil gaya sentrifugal ini dapat diimbangi dengan gaya yang berasal dari:

1. Komponen berat kendaraan akibat kemiringan melintang permukaan jalan.
2. Gesekan samping antara ban kendaraan dengan permukaan jalan.

Tabel 2.8. Panjang Jari-jari Minimum (dibulatkan)

e _{max} (%)	V _R (km/jam)	f _{max}	(e/100+f)	R _{min} (m)	
				Perhitungan	Pembulatan
10,0	120	0,092	0,192	590,6	590
10,0	100	0,116	0,216	364,5	365
10,0	80	0,140	0,240	210,0	210
10,0	60	0,152	0,252	112,5	110
8,0	120	0,092	0,172	659,2	660
8,0	100	0,116	0,196	401,7	400
8,0	80	0,140	0,220	229,1	230
8,0	60	0,152	0,232	122,2	120
6,0	120	0,092	0,152	746,0	745
6,0	100	0,116	0,176	447,4	445
6,0	80	0,140	0,200	252,0	250
6,0	60	0,152	0,212	133,7	135
4,0	120	0,092	0,132	859,0	860
4,0	100	0,116	0,156	504,7	505
4,0	80	0,140	0,180	280,0	280
4,0	60	0,152	0,192	147,6	150

(Sumber : Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Departemen PU, Ditjen Bina Marga,2009)

2.5.3 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 2.9.

Tabel 2.9. 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, 1997)

Rumus yang digunakan pada tikungan *full circle* yaitu :

$$Tc = R \tan^1/2\Delta \dots \dots \dots (2.1)$$

$$Ec = Tc \tan^1/4\Delta \dots \dots \dots (2.2)$$

$$L_c = \frac{\Delta}{360^\circ} 2 \pi R \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

Δ = sudut tangen

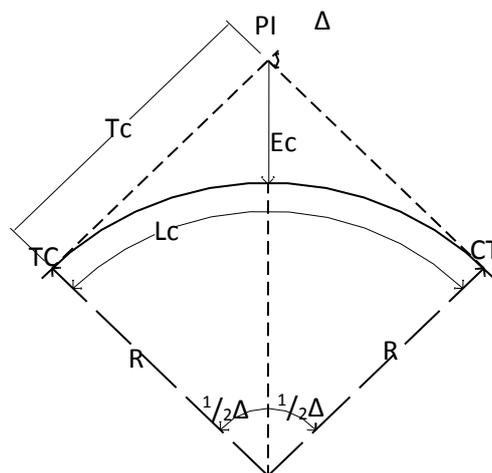
T_c = panjang tangen jarak dari TC ke PI atau PI ke CT

R_c = jari-jari lingkaran

E_c = jarak luar dari PI ke busur lingkaran

L_c = panjang busur lingkaran

Komponen-komponen untuk tikungan *full circle* dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Komponen *Full Circle*

2.5.4 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. Panjang lengkung peralihan (L_s), 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:

$$L_S = \frac{V_R}{3,6} T \dots\dots\dots(2.4)$$

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

$$L_S = \frac{00214.V_R^3}{R \cdot C} \dots\dots\dots(2.5)$$

3. Berdasarkan tingkat pencapaian kelandaian:

$$L_S = \frac{(e_p - e_n)}{3,6 \cdot r_e} x V_R \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

T = Waktu tempuh (2 detik)

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

R = Radius tikungan (m)

C = Perubahan maksimum percepatan arah radial, digunakan 1,2 m/det³

E = Superelevasi (%)

e_p = Superelevasi penuh (%)

e_n = Superelevasi normal (%)

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

- Untuk V_R ≤ 70 km/jam nilai r_e mak = 0,035 m/m/det
- Untuk V_R ≥ 80 km/jam nilai r_e mak = 0,025 m/m/det.

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

$$X_c = L_S - \frac{L_S^3}{40.R^2} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$Y_c = \frac{L_S^2}{6R} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\theta_s = \frac{L_s}{2R} \frac{360}{2\pi} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$p = Y_c - R(1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots$$

(2.10)

$$k = X_c - R \sin \theta_s \dots\dots\dots(2.11)$$

$$T_s = (R + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots\dots\dots(2.12)$$

$$E_s = \frac{(R + p)}{\cos \frac{1}{2}(\Delta)} - R \dots\dots\dots (2.13)$$

$$L_c = \frac{\Delta c}{360} \times 2\pi R \dots\dots\dots (2.14)$$

$$L_{tot} = L_c + 2L_s \dots\dots\dots (2.15)$$

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

Dimana:

L_s = panjang lengkung peralihan

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

Y_c = 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

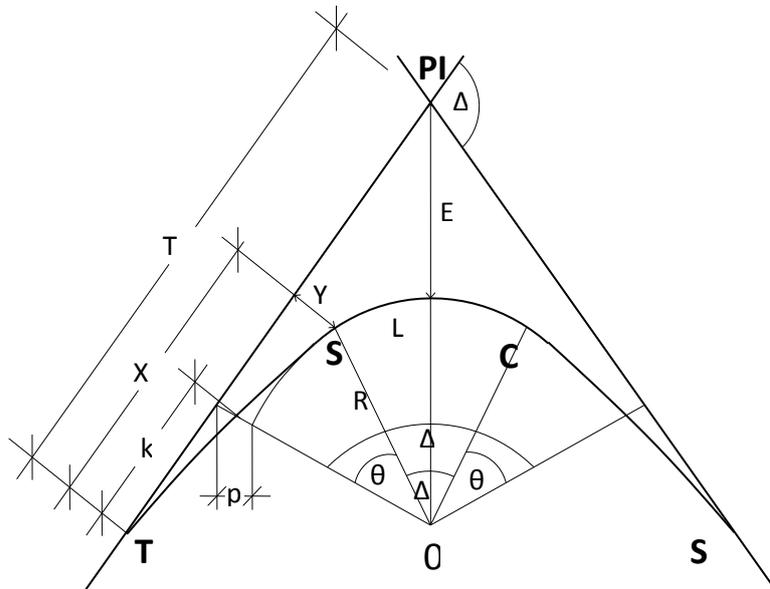
R = Radius Tikungan (m)

p = pergeseran tangen terhadap spiral

k = absis dari p pada garis tangen spiral.

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.

Komponen-komponen untuk tikungan *spiral-circle-spiral* dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Komponen *Spiral-Circle-Spiral*

2.5.5 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:

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots(2.16)$$

$$L_{tot} = 2L_s \dots\dots\dots(2.17)$$

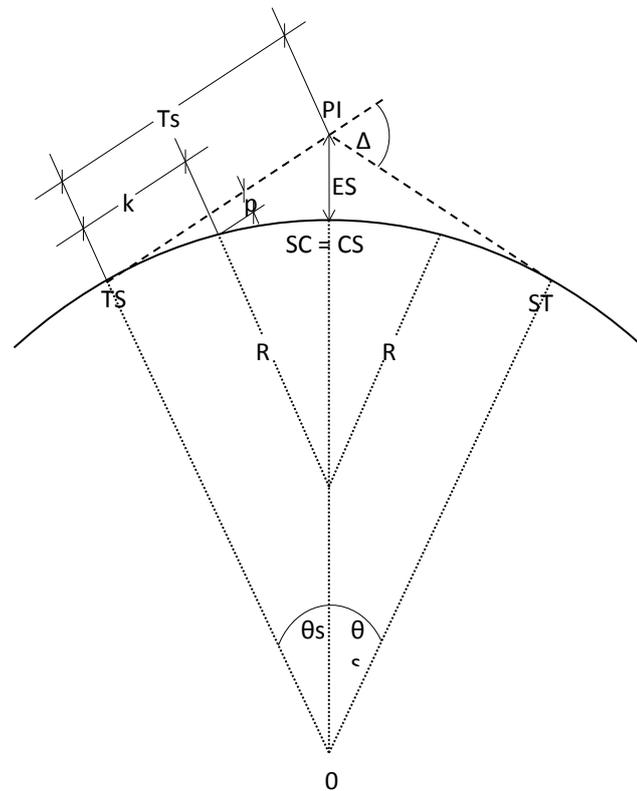
Untuk menentukan L_s , dapat menggunakan rumus:

$$L_s = \frac{(\theta_s \cdot \pi \cdot R_c)}{90} \dots\dots\dots(2.18)$$

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

Sedangkan untuk nilai p , k , T_s , dan E_s , dapat juga menggunakan rumus (2.7), (2.8), (2.10) sampai (2.13).

Komponen-komponen untuk tikungan *spiral-spiral* dapat dilihat pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Komponen *Spiral – Spiral*

2.5.6 Kemiringan Melintang (e)

Menurut Silvia Sukirman, 1999, Dasar-dasar Perancangan Geometrik Jalan, Jari-jari tikungan (R_{min}) ditentukan dengan nilai superelevasi maksimum sedangkan faktor yang mempengaruhi keadaan seperti:

1. Keadaan cuaca
2. Jalan yang berada di daerah yang sering hujan.
3. Keadaan medan seperti datar, berbukit atau pegunungan

Untuk jari-jari lengkung yang besarnya antara dua nilai extrem 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 ,2000)

2.5.7 Diagram Superelevasi

Menurut Tata Cara Perancangan 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%. Pencapaian Superelevasi, proses tahapan diagram superelevasi pada masing-masing tikungan adalah sebagai berikut :

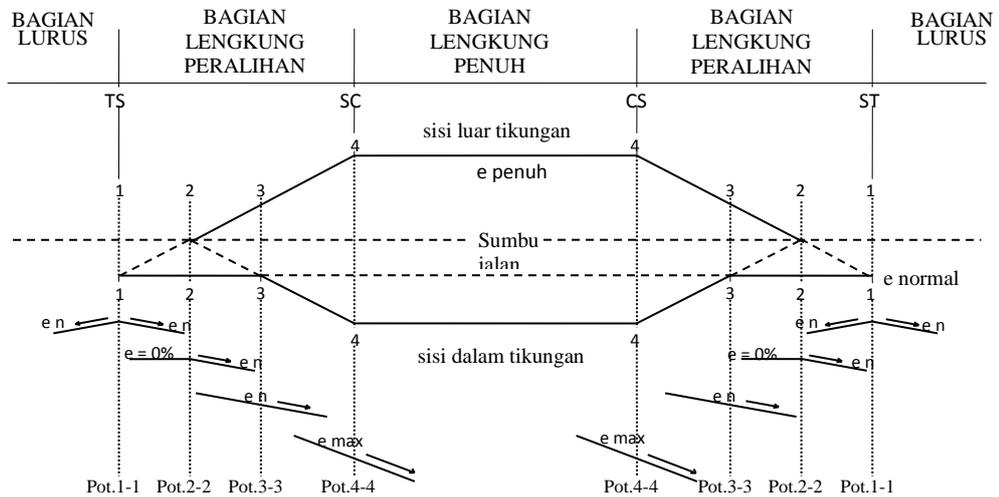
1. Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.
2. Pada tikungan SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bentuk normal sampai awal lengkung peralihan (TS) yang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

Metoda untuk melakukan superelevasi yaitu merubah lereng potongan melintang, dilakukan dengan bentuk profil dari tepi perkerasan yang dibundarkan, tetapi disarankan cukup untuk mengambil garis lurus saja.

Ada tiga cara untuk superelevasi yaitu :

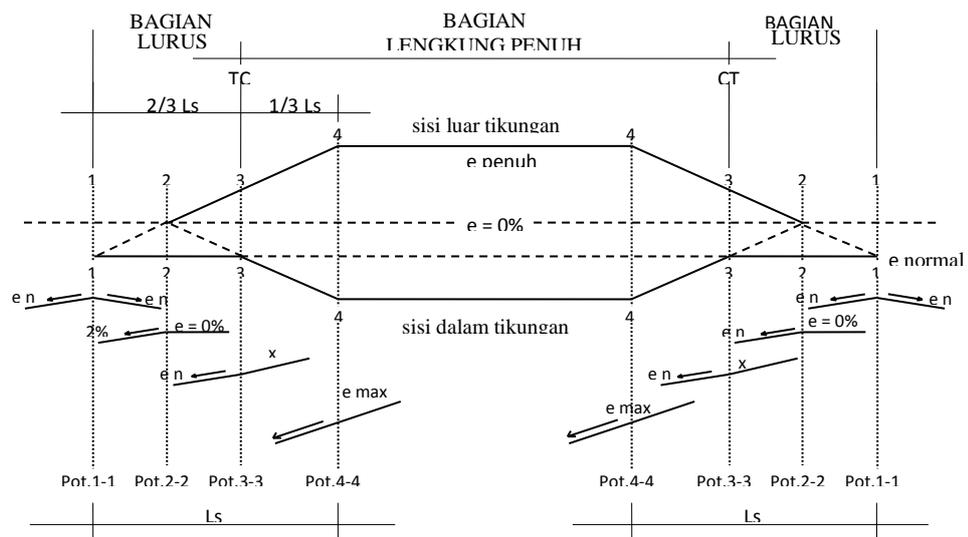
1. Memutar perkerasan jalan terhadap profil sumbu
2. Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah dalam
3. Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah luar.

Adapun diagram pencapaian superelevasi pada tikungan *spiral-circle-spiral* dapat dilihat pada gambar 2.4.



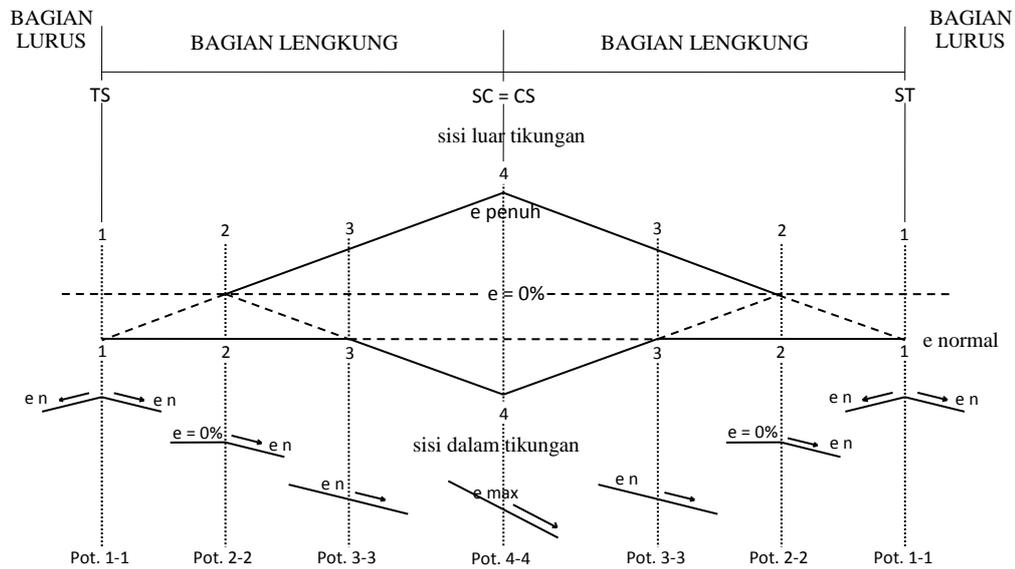
Gambar 2.4 Metoda Pencapaian Superelevasi pada Tikungan *Spiral – Circle – Spiral* (contoh untuk tikungan ke kanan)

Untuk tikungan *full circle*, diagram pencapaian superelevasi dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Metoda Pencapaian Superelevasi pada Tikungan *Full Circle* (contoh untuk tikungan ke kiri)

Untuk tikungan *spiral-spiral*, diagram pencapaian superelevasi dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Metoda Pencapaian Superelevasi pada Tikungan *Spiral – Spiral* (contoh untuk tikungan ke kanan)

2.5.8 Landai Relatif

Landai relatif (L/m) adalah besarnya kelandaian akibat perbedaan elevasi tepi perkerasan sebelah luar sepanjang lengkung peralihan. Perbedaan elevasi didasarkan pada tinjauan perubahan bentuk penampang melintang jalan, belum merupakan gabungan dari perbedaan elevasi akibat pelandaian vertikal jalan. 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. Ls' dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Ls' = (e + e_n) \cdot B \cdot \frac{1}{m} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana :

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

e = superelevasi, (m/m')

e_n = kemiringan melintang normal, (m/m')

B = lebar lajur, (m)

2.5.9 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.

Rumus yang digunakan:

$$B = \sqrt{\left\{\sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25\right\}^2 + 64} - \sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25 \dots\dots\dots(2.20)$$

$$Rc = \text{radius lajur sebelah dalam} - \frac{1}{4} \text{ lebar perkerasan} + \frac{1}{2} b \dots\dots\dots(2.21)$$

$$Z = \frac{0,105 \times V}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots(2.22)$$

$$B_t = n(B + C) + Z \dots\dots\dots(2.23)$$

$$\Delta b = B_t - B_n \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana :

b = lebar kendaraan, (m)

R = radius lengkung untuk lintasan luar roda depan yang besarnya dipengaruhi oleh sudut α , (m)

R = radius lajur sebelah dalam / jari-jari tikungan, (m)

V = kecepatan, (km/jam)

Z = lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi di tikungan, (m)

B_t = lebar total perkerasan di tikungan, (m)

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

n = jumlah lajur

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

C = kebebasan samping, (m)

0,5 untuk lebar lajur 6 m, 1,0 untuk lebar lajur 7 m, dan 1,25 untuk lebar lajur 7,5 m

Δb = tambahan lebar perkerasan di tikungan, (m).

2.5.10 Daerah Bebas Samping di Tikungan

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 obyek-obyek penghalang sejauh M (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan jarak pandang dipenuhi.

Menurut Tata Cara Perancangan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997, Jarak Pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. Dibedakan dua Jarak Pandang, yaitu Jarak Pandang Henti dan jarak pandang menyiap.

1. Jarak Pandang Henti (Jh)

Dalam Tata Cara Perancangan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997. 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 ketentuan Jh. Jh terdiri atas dua elemen jarak yaitu:

a. Jarak Tanggap (Jht)

adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.

b. Jarak Pengereman (Jhr)

adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

Syarat untuk menentukan jarak pandang henti minimum dapat dilihat pada tabel 2.10.

Tabel 2.10 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 Jalan Geometrik Antar Kota, 1997)

2. Jarak Pandang Mendahului

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

Syarat untuk menentukan jarak pandang mendahului minimum dapat dilihat pada tabel 2.11.

Tabel 2.11. Panjang Jarak Mendahului

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

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

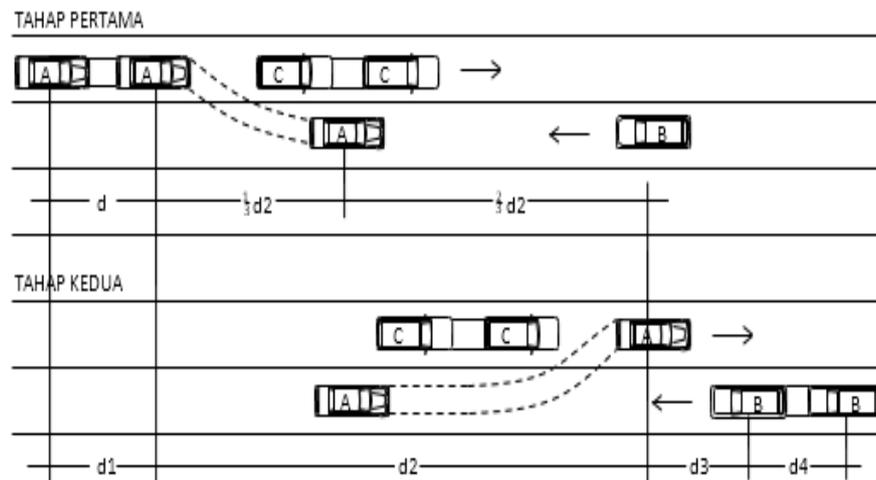
Daerah yang mendahului harus disebar di sepanjang jalan dengan jumlah panjang minimum 30% dari panjang total ruas jalan tersebut.

Adapun asumsi yang diambil dalam perhitungan adalah :

- Kendaraan yang disalip berjalan dengan kecepatan tetap.
- Sebelum penyalip berada di jalur lawan, ia telah mengurangi kecepatannya selama mengikuti kendaraan yang akan disalip.

- c. Bila saat penyiapan tiba, penyiap memerlukan waktu berpikir mengenai amannya daerah penyiapan.
- d. Penyiapan dilakukan dengan “start terlambat” dan bersegera untuk kembali ke jalur semula dengan kecepatan rata-rata 10 mph lebih tinggi dari kendaraan yang disiap.
- e. 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 2.7.



Gambar 2.7 Proses Gerakan Mendahului (2/2 TB)

Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

- Berdasarkan jarak pandang henti

$$M = R (1 - \cos \theta) \dots\dots\dots(2.25)$$

- Berdasarkan jarak pandang mendahului

$$M = R (1 - \cos \theta) + \frac{1}{2} (S - L) \sin \theta \dots\dots\dots(2.26)$$

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)

S = jarak pandangan, (m)

L = panjang tikungan, (m)

2.5.11 Stationing

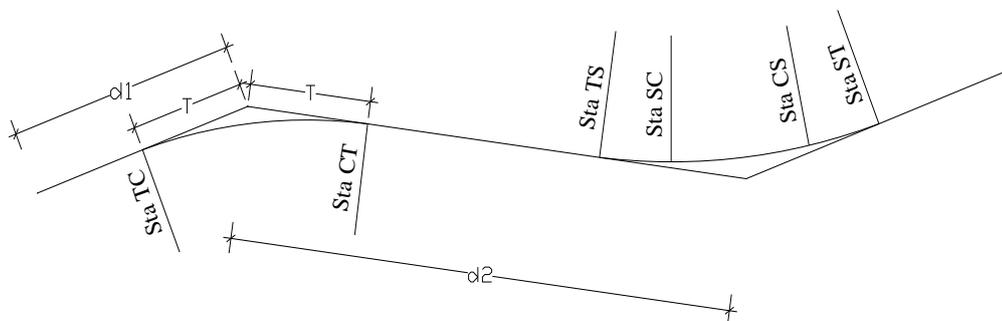
Menurut Silvia Sukirman, 1999, Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perancangan adalah memberi nomor pada interval-interval tertentu dari awal sampai akhir proyek. Nomor jalan (STA) jalan dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang ditinjau dan sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perancangan. 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.

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 2.8



Gambar 2.8 Sistem Penomoran Jalan

2.6 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertical 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). Alinyemen vertikal sangat erat hubungannya dengan biaya konstruksi jalan, biaya penggunaan kendaraan dan jumlah lalu lintas (Sukirman, Silvia 1999).

Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam perancangan alinyemen vertikal:

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

2.6.1 Landai Maksimum

Pembatasan Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. 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.

Tabel 2.12. Kelandaian Maksimum

V _R (km/jam)	Kelandaian Maksimum (%)		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
120	3	4	5
100	3	4	6
80	4	5	6
60	5	6	6

(Sumber : Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 2009)

2.6.2 Panjang Landai Kritis

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. (Saodang, Hamirhan, 2010)

Tabel 2.13. Panjang Landai Kritis

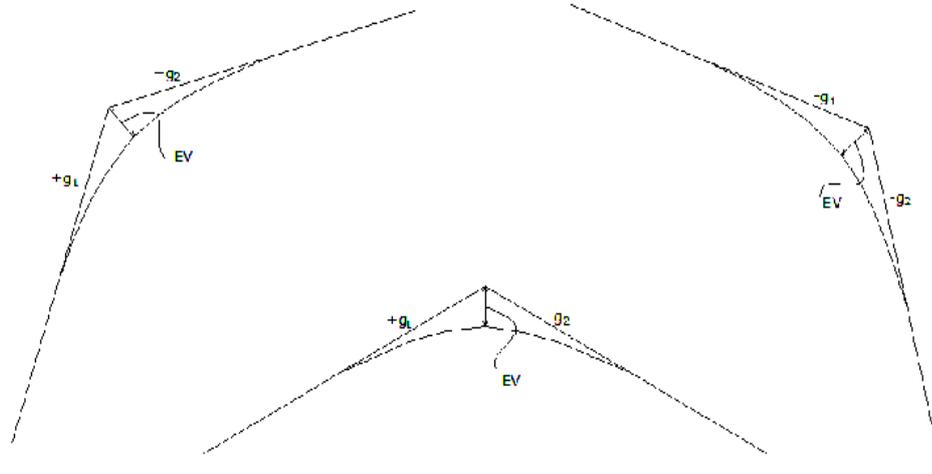
V_R (km/jam)	Landai (%)	Panjang landai kritis (m)
120	3	800
	4	500
	5	400
100	4	700
	5	500
	6	400
80	5	600
	6	500
60	6	500

(Sumber : Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 2009)

2.6.3 Lengkung Vertikal

Pada setiap penggantian landai harus dibuat lengkungan vertikal yang harus memenuhi keamanan, kenyamanan dan drainase yang baik. Adapun lengkung vertikal yang digunakan adalah lengkung parabola sederhana. Pergantian dari suatu kelandaian ke kelandaian berikutnya, dilakukan dengan mempergunakan lengkung vertikal. Lengkung vertikal dirancang sedemikian rupa sehingga dapat memenuhi keamanan, kenyamanan dan drainase. (Saodang, Hamirhan, 2010)

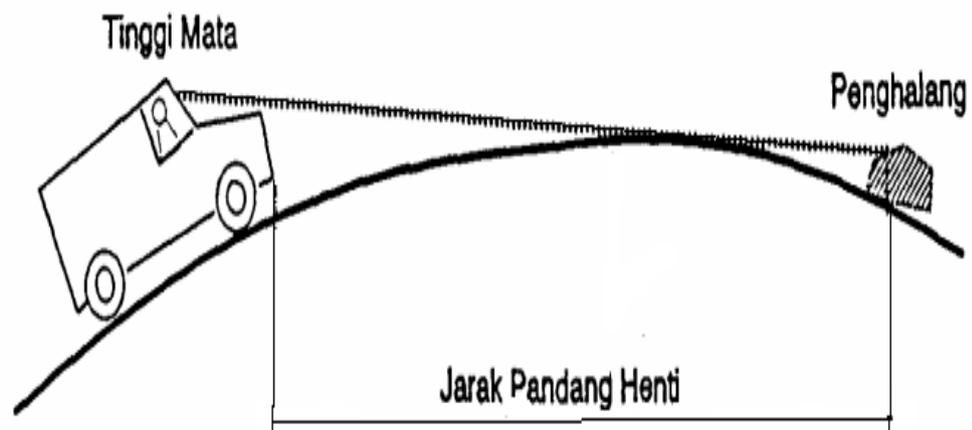
1. Lengkung Vertikal Cembung



Gambar 2.9 Lengkung Vertikal Cembung

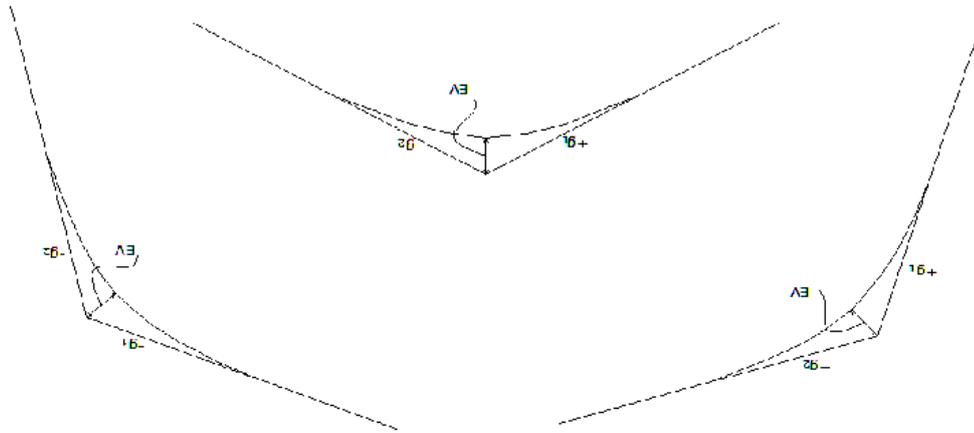
Keterangan:

- G1 dan G2 = besarnya kelandaian (%)
- Tanda (+) = pendakian
- Tanda (-) = penurunan
- Ev = pergeseran vertikal dari titik PPV ke bagian lengkung
- PPV = titik perpotongan vertikal



Gambar 2.10 Jarak Pandang Lengkung Vertikal Cembung

2. Lengkung Vertikal Cekung



Gambar 2.11 Lengkung Vertikal Cekung

Keterangan:

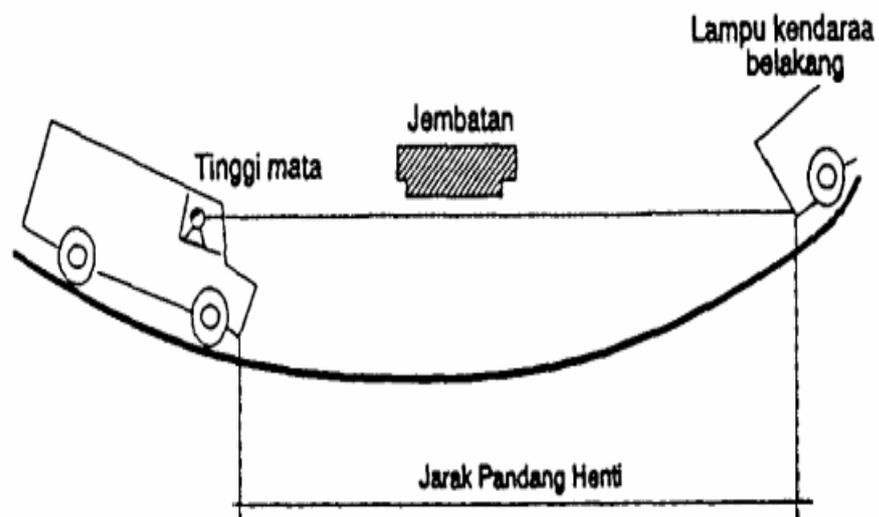
G1 dan G2 = besarnya kelandaian (%)

Tanda (+) = pendakian

Tanda (-) = penurunan

Ev = pergeseran vertikal dari titik PPV ke bagian lengkung

PPV = titik perpotongan vertikal



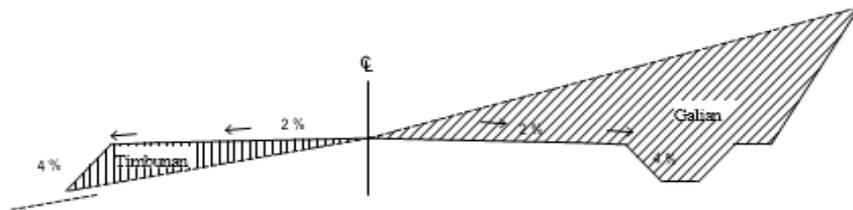
Gambar 2.12 Jarak Pandang Lengkung Vertikal Cekung

2.7 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.



Gambar 2.13 Galian dan Timbunan

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

Tabel 2.14 Perhitungan Galian dan Timbunan

Sta	Luas (m ²)		Jarak (m)	Volume (m ³)	
	Galian	Timbunan		Galian	Timbunan
0+000	A	A	L	$A + B \times L = C$	$A + B \times L = C$
0+100	B	B		2	2
JUMLAH				$\sum C, \dots, N$	$\sum C, \dots, N$

(Sumber : Hendra Suryadharna, 1999)

2.8 Perancangan Tebal Perkerasan

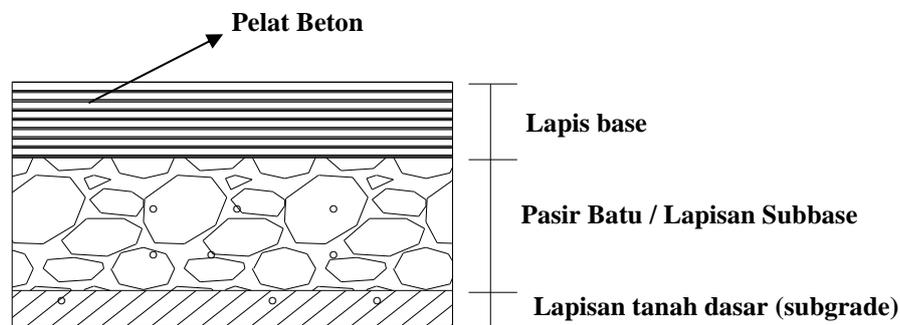
Perkerasan jalan adalah suatu bagian konstruksi jalan yang terletak diatas tanah dasar yang bertujuan untuk melewati lalu lintas dengan aman dan nyaman serta menerima dan meneruskan beban lalu lintas ke tanah dasar.

2.8.1 Jenis Perkerasan

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

1. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

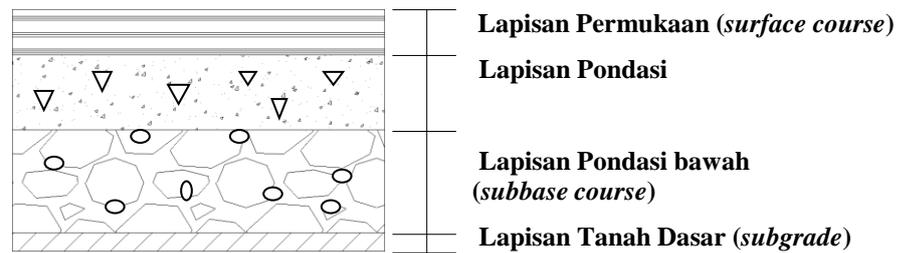
Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran beton bertulang atau bahan-bahan yang bersifat kaku. Perkerasan kaku ini menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian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



Gambar 2.14. Perkerasan Kaku

2. 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 2.15 Perkerasan Lentur

3. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composit flexible*)

Konstruksi perkerasan komposit yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dimana letak lapisan perkerasan lentur di atas perkerasan kaku, atau lapisan perkerasan kaku berada di atas lapisan lentur.

2.8.2 Umur Rencana

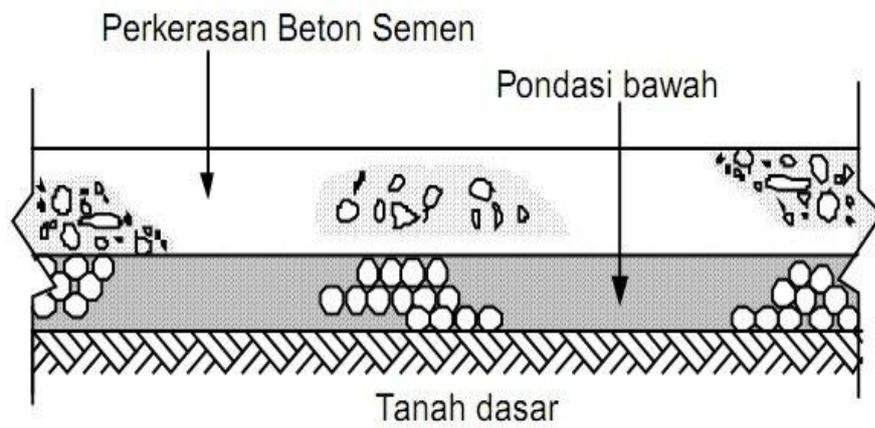
Umur rencana adalah jangka waktu sejak jalan raya tersebut dibuka sampai hingga saat diperlukan perbaikan atau telah dianggap perlu untuk memberi lapisan perkerasan baru. Pada jalan baru yang diperlukan suatu umur rencana, karena kita dapat mengetahui kapan jalan tersebut harus mengalami perbaikan atau peningkatan. Umur rencana ditentukan berdasarkan pertimbangan klasifikasi jalan, pola lalu lintas dan pengembangan wilayah.

2.8.3 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 di atas 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 2.16 Susunan Lapisan Perkerasan Kaku

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

1. Perkiraan lalu lintas dan komposisi lalu lintas selama umur rencana
2. Kekuatan lapisan tanah dasar yang dinamakan nilai CBR atau modulus reaksi tanah dasar (k)
3. Kekuatan beton yang digunakan untuk lapisan perkerasan
4. Jenis bahu jalan
5. Jenis perkerasan
6. 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.

2.8.4 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 kelapisan bawah.

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

1. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan
2. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan
3. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan
4. 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, membutuhkan 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 ataupun udara kedalam lapisan beton.
7. Mudah dilaksanakan (*Work Ability*)
Adalah kemampuan campuran beton untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan pelaksanaan menentukan tingkat efisiensi.

2.8.5 Persyaratan Teknis Perancangan Perkerasan Kaku

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

1. Tanah Dasar

Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR insitu sesuai dengan SNI 03-1731-1989 atau CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03-1744-1989, masing-masing untuk perancangan 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.

a. 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%

b. Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah :

$$\widehat{CBR} = \overline{CBR} - (CBR_{maks} - CBR_{min}) / R \dots\dots\dots(2.27)$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam satu segmen. Nilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada tabel 2.15 dibawah ini.

Tabel. 2.15. 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)

2. 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 :

a. 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%.

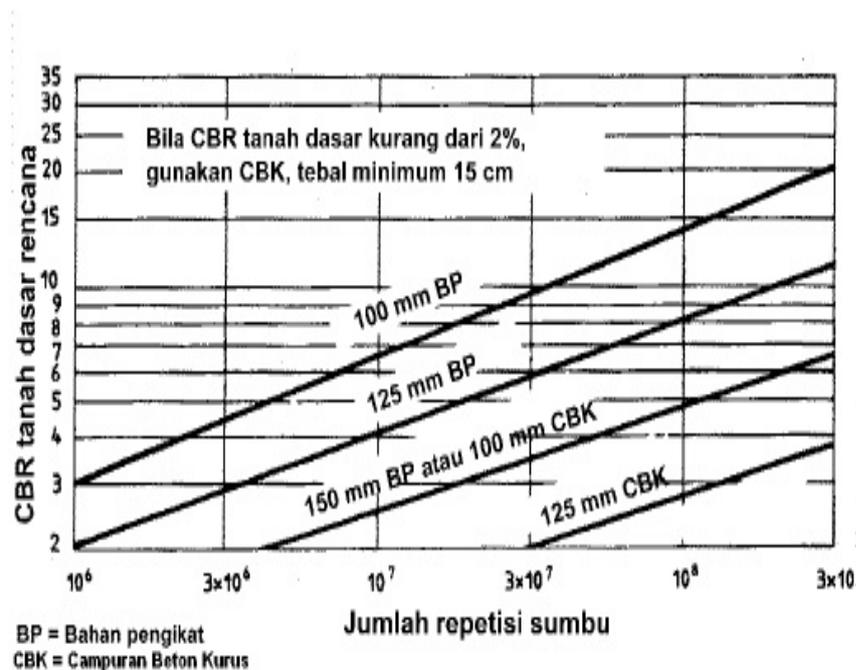
b. Stabilisasi atau dengan Beton Kurus Giling Padat (*Lean Rolled Concrete*)

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.

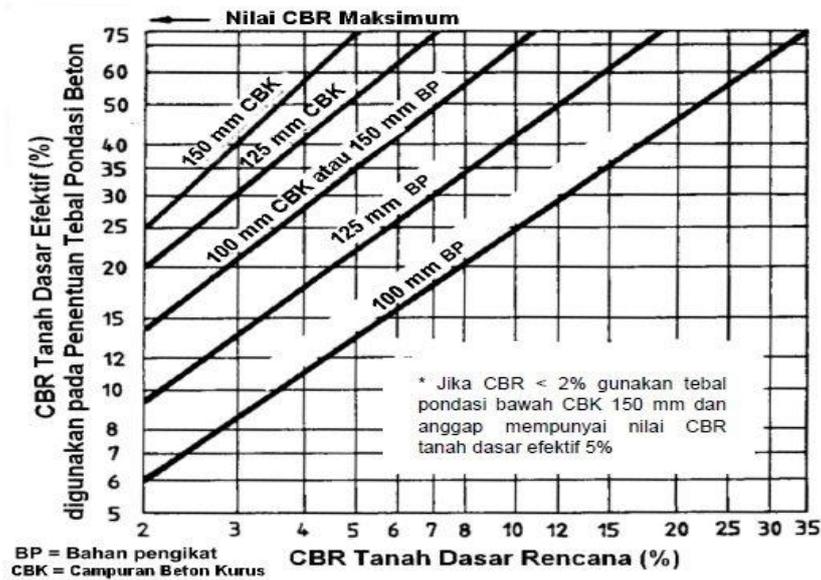
- Campuran beraspal bergradasi rapat (*dense-graded asphalt*).
- Campuran beton kering giling padat yang harus mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5 MPa (55 kg/cm²).

c. 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. Jika direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus menggunakan campuran beton kering (CBK). Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dapat dilihat pada gambar 2.17 dan CBR tanah dasar efektif didapat dari gambar 2.18



Gambar 2.17 Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Beton Semen



Gambar 2.18 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah

3. Beton Semen

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28hari, 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:

$$F_{cf} = K (f c')^{0.50} \text{ dalam Mpa atau(2.28)}$$

$$F_{cf} = 3,13 K (f c')^{0.50} \text{ dalam Mpa atau(2.29)}$$

Dimana:

$f_{c'}$ = kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm²)

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

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

4. Lalu-Lintas

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

- a. Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
- b. Sumbu tunggal roda ganda (STRG)
- c. Sumbu tandem roda ganda (SGRG)

5. 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 2.16.

Tabel 2.16. Jumlah Lajur berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi

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

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

6. 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.

7. 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 :

$$R = \frac{(1+i)^n - 1}{\ln(1+i)} \dots\dots\dots(2.30)$$

Dimana :

R = faktor pertumbuhan lalu lintas

i = laju pertumbuhan lalu lintas pertahun dalam %

UR = umur rencana (tahun)

Tabel 2.17. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (R)

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

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

8. 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 :

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \quad \dots\dots\dots(2.31)$$

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.

9. 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 perancangan seperti terlihat pada Tabel 2.18.

Tabel 2.18. Faktor Keamanan Beban (F_{kb})

No.	Penggunaan	Nilai
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	1,2
2	Jalan bebas hambatan (<i>freeway</i>) dan jalan arteri dengan volume	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah	1,0

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

2.8.6 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.

2.8.7 Sambungan

Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk :

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

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 :

$$A_t = 204 \times b \times h \quad \dots\dots\dots(2.32)$$

$$l = (38,3 \times \phi) + 75 \quad \dots\dots\dots(2.33)$$

Dimana :

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

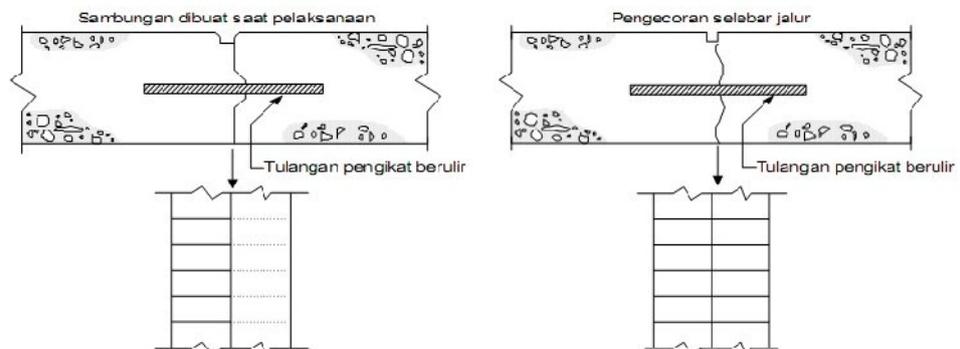
b = Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m).

h = Tebal pelat (m).

l = Panjang batang pengikat (mm).

ϕ = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm).

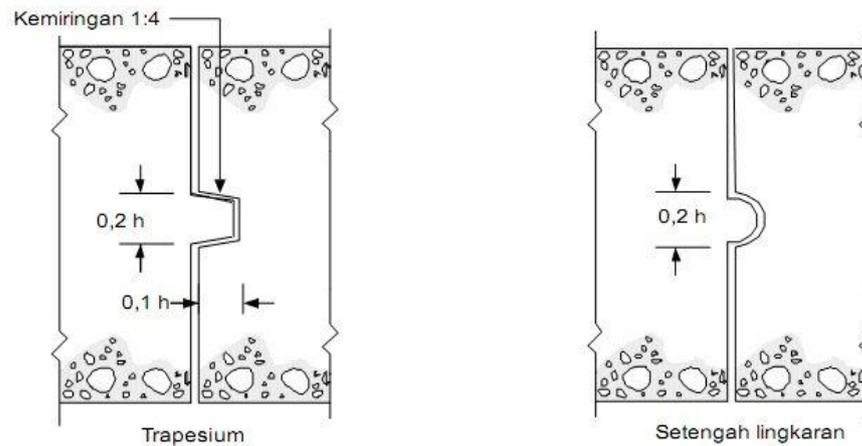
Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm. Tipikal sambungan memanjang diperlihatkan pada gambar 2.19



Gambar 2.19 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 2.20.



Gambar 2.20 Ukuran Standar Penguncian Sambungan Memanjang

3. Sambungan Susut Memanjang

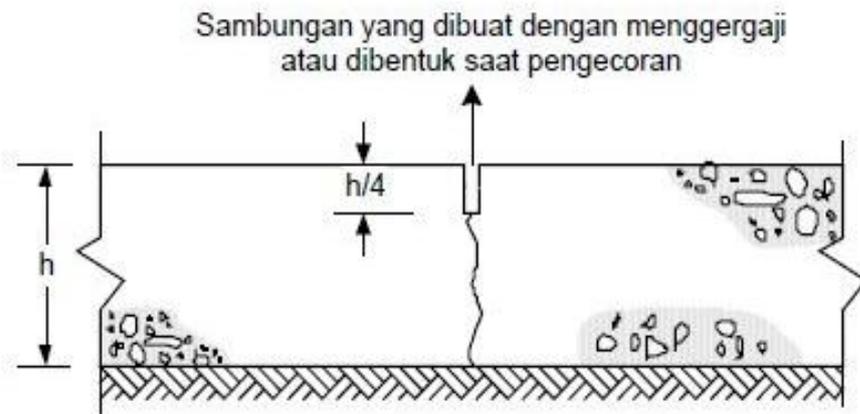
Sambungan susut memanjang dapat dilakukan dengan salah satu dari dua cara ini, yaitu menggergaji atau membentuk pada saat beton masih plastis dengan kedalaman sepertiga dari tebal pelat.

4. Sambungan Susut dan Sambungan Pelaksanaan Melintang

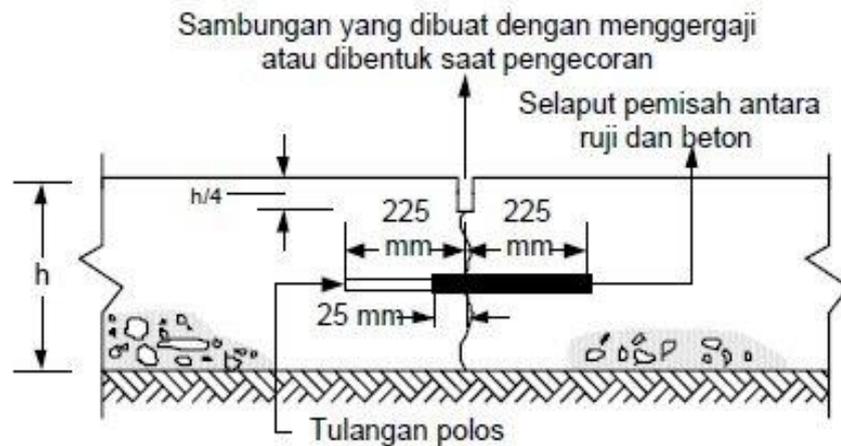
Ujung sambungan ini harus tegak lurus terhadap sumbu memanjang jalan dan tepi perkerasan. Untuk mengurangi beban dinamis, sambungan melintang harus dipasang dengan kemiringan 1 : 10 searah perputaran jarum jam.

5. Sambungan Susut Melintang

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagai mana diperlihatkan pada gambar 2.19 dan gambar 2.20.



Gambar 2.21 Sambungan Susut Melintang Tanpa Ruji



Gambar 2.22 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 2.19.

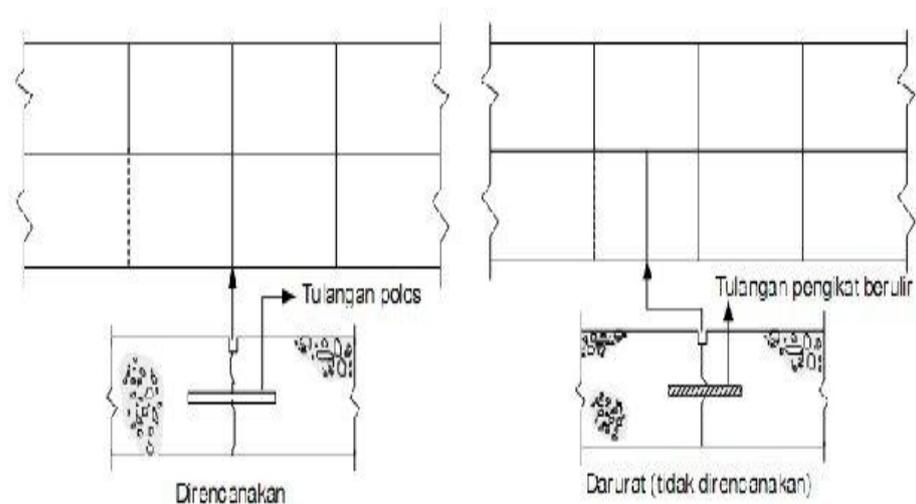
Tabel 2.19. Diameter Ruji

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

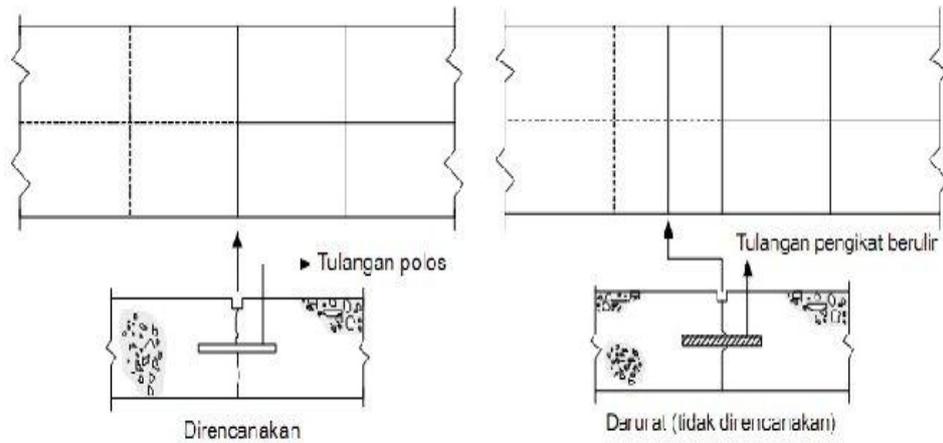
(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

6. Sambungan Pelaksanaan Melintang

Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak direncanakan (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.



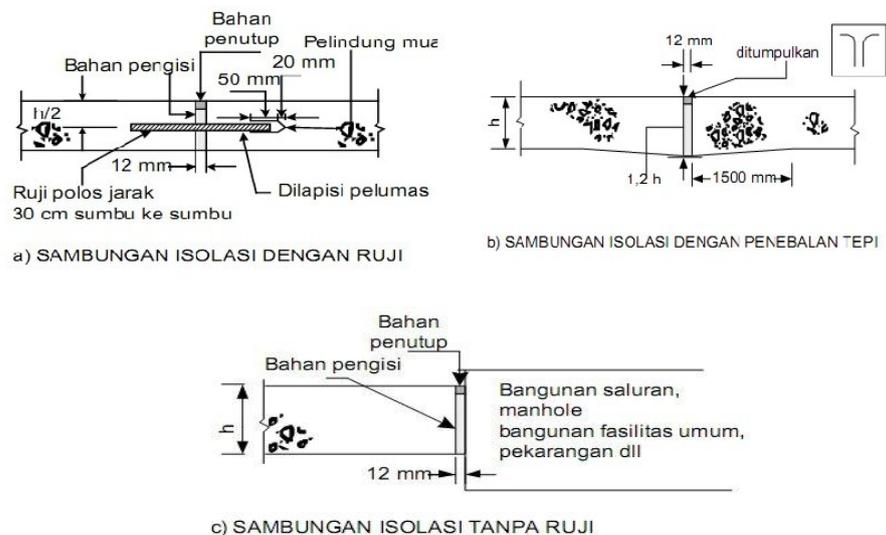
Gambar 2.23 Sambungan Pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran per lajur



Gambar 2.24 Sambungan Pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan

7. Sambungan Isolasi

Sambungan isolasi memisahkan perkerasan dengan bangunan yang lain, misalnya *manhole*, jembatan, tiang listrik, jalan lama, persimpangan dan lain sebagainya. Sambungan isolasi harus dilengkapi dengan bahan penutup (*joint sealer*) setebal 5–7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (*joint filler*) sebagai mana diperlihatkan pada gambar 2.25.

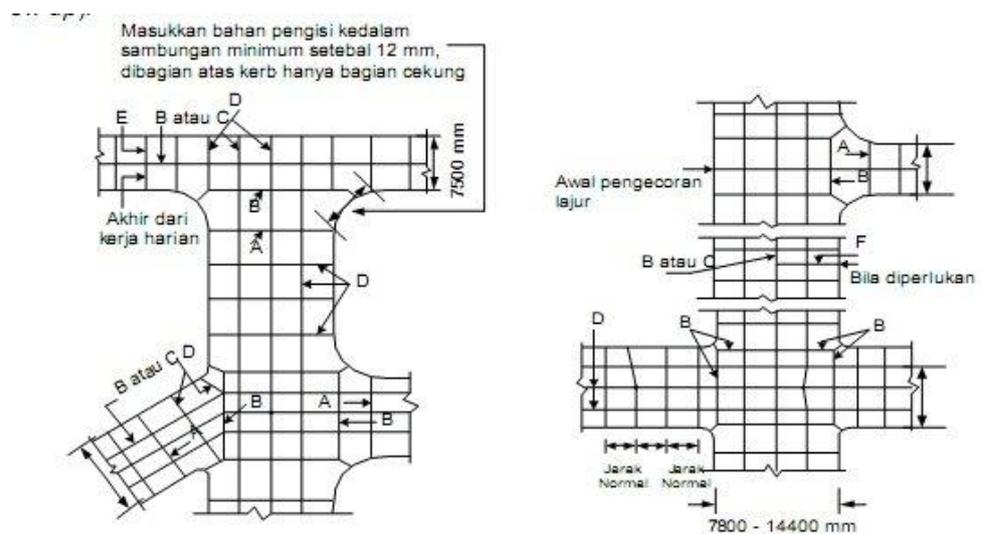


Gambar 2.25 Sambungan Isolasi

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

8. 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 2.26 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.

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

2.8.9 Perancangan 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 :

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 :

1. Perkerasan Beton Semen Bersambung Tanpa Tulangan

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

Penerapan tulangan umumnya dilaksanakan pada :

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

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

2. Perkerasan Beton Semen Bersambung dengan Tulangan :

$$As = \frac{\mu.L.M.g.h}{2.fs} \dots\dots\dots(2.34)$$

Dimana :

- As = luas penampang tulangan baja (mm²/m lebar pelat)
- fs = 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/m³)
- 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 2.20

dibawah ini :

Tabel 2.20 Koefisien Gesekan Pelat Beton dengan Lapisan Pondasi Bawah

No	Lapis pemecah ikatan	Koefisien Gesekan (μ)
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)

3. Perkerasan Beton Semen Menerus dengan Tulangan

Penulangan memanjang

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

$$P_s = \frac{100:Fct.(1,3 - 0,2\mu)}{f_y - n fct} \dots\dots\dots(2.35)$$

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/cm^2)

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

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 = $2,1 \times 10^6$ (kg/cm^2)

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

Tabel 2.21 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 :

$$L_{cr} = \frac{f_{cr}^2}{N \cdot P^2 \cdot FB \cdot (S \cdot E_c - f_{ct})} \dots\dots\dots(2.36)$$

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)

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)

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 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:

- 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 lalu lintas pun akan lebih cepat pula.
- e. Gangguan terhadap lalu lintas, selama pelaksanaan di lapangan bisa diminimalkan karena pembangunan bisa lebih cepat.
- f. Kenyamanan pengguna jalan akan meningkat, karena sambungan antar pelat lebih panjang.

Hal yang harus mendapat perhatian lebih lanjut adalah:

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

2.9 Bangunan Pelengkap

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

2.9.1 Drainase

Drainase digunakan sebagai bangunan pelengkap jalan untuk mengalirkan air pada permukaan jalan secepat mungkin agar lalu lintas tetap lancar. Ada dua jenis drainase yaitu :

1. Drainase Permukaan

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

Menurut fungsinya drainase permukaan dibedakan menjadi:

- a. Saluran Sampung
Saluran sampung adalah saluran yang berada di sisi jalan yang dapat langsung menampung air dari badan jalan dan mengalirkannya keluar dari badan jalan.
- b. Saluran Pembuang
Saluran pembuang berfungsi untuk mengalirkan air dari saluran sampung ke tempat pembuangan yang lebih rendah seperti sungai, rawa atau kolam.
- c. Saluran Penangkap
Saluran penangkap berfungsi untuk mengalirkan air permukaan dari daerah yang lebih tinggi, sebelum air mencapai badan jalan.
- d. Gorong – gorong
Gorong – gorong adalah saluran melintang dan memotong badan jalan yang berada dibawah permukaan jalan yang berfungsi untuk mengalirkan air dari sisi jalan ke sisi jalan lainnya.

2. Drainase Bawah

Drainase bawah harus dikerjakan terlebih dahulu sebelum pekerjaan badan jalan karena letaknya ada dibawah permukaan jalan yang biasa berfungsi penunjang utama dalam mengalirkan air.

2.9.2 Prinsip dan Pertimbangan Perancangan Drainase

1. Prinsip-prinsip Umum Perancangan Drainase :
 - a. Penggunaan yang Efektif dan Efisien
Perencanaan drainase haruslah sedemikian rupa sehingga fungsi fasilitas drainase sebagai penampung, pembagi dan pembuangan air dapat sepenuhnya berdaya guna dan berhasil guna.
 - b. Ekonomis dan Aman
Pemeliharaan dimensi dari fasilitas drainase haruslah mempertimbangkan faktor ekonomis dan faktor keamanan.

c. Pemeliharaan

Perencanaan drainase haruslah mempertimbangkan pula segi kemudahan dan nilai ekonomis dari pemeliharaan system drainase tersebut.

2. Pertimbangan dalam Perancangan Drainase :

a. Pada Daerah yang Datar dan Lurus

Penanganan pengendalian air untuk daerah ini biasanya dengan membuat kemiringan perkerasan dan bahu jalan mulai dari tengah perkerasan menurun/ melandai ke arah selokan samping. Besarnya kemiringan bahu jalan biasanya diambil 2% lebih besar daripada kemiringan permukaan jalan.

b. Daerah Jalan yang Lurus pada Tanjakan/Penurunan

Penanganan pengendalian air pada daerah ini perlu mempertimbangkan pula besarnya kemiringan alinyemen vertikal jalan yang berupa tanjakan dan turunan agar aliran air secepatnya bisa mengalir secara ke selokan samping. Untuk itu maka kemiringan melintang perkerasan jalan disarankan agar menggunakan nilai-nilai maksimum.

c. Pada Daerah Tikungan

Kemiringan melintang pada perkerasan jalan pada daerah ini harus mempertimbangkan pula kebutuhan kemiringan jalan menurut persyaratan alinyemen horizontal jalan, karena kemiringan perkerasan jalan harus dimulai dari sisi luar tikungan menurun/melandai kesisi dalam tikungan.

Besarnya kemiringan pada daerah ini ditentukan oleh nilai maksimum dari kebutuhan kemiringan alinyemen horizontal atau kebutuhan kemiringan menurut keperluan drainase. Besarnya kemiringan melintang perkerasan/bahu jalan pada daerah tikungan.

2.9.3 Persyaratan Teknis Perancangan Drainase

Menurut Perancangan Sistem Drainase Jalan, 2006 hal-hal yang perlu diperhatikan pada perancangan drainase permukaan diuraikan di bawah ini:

1. Plot Rute Jalan di Peta Topografi (L)
 - a. Plot rute jalan rencana pada topografi diperlukan untuk mengetahui gambaran topografi atau daerah kondisi sepanjang trase jalan yang akan dilalui dapat dipelajari.
 - b. Kondisi terrain pada daerah layanan diperlukan untuk menentukan bentuk dan kemiringan yang akan mempengaruhi poal aliran.
2. Inventarisasi Data Bangunan Drainase (gorong-gorong jembatan, dll.)

Eksisting meliputi lokasi, dimensi, arah aliran pembuangan dan kondisi data ini digunakan agar perencanaan system drainase jalan tidak mengganggu sistem drainase yang telah ada.
3. Panjang Segmen Saluran (L)

Penentuan panjang segmen saluran(L) didasarkan pada:

 - a. Kemiringan rute jalan, disarankan kemiringan saluran mendekati kemiringan rute jalan.
 - b. Adanya tempat buangan air seperti badan air (misalnya sungai, waduk, dll).
 - c. Langkah coba-coba sehingga dimensi saluran paling ekonomis
4. Luas Daerah Layanan (A)
 - a. Perhitungan luas daerah layanan didasarkan pada panjang segmen jalan yang ditinjau.
 - b. Luas daerah layanan (A) untuk saluran samping jalan perlu diketahui agar dapat diperkirakan daya tampungnya terhadap curah hujan atau untuk memperkirakan volume limpasan permukaan yang akan ditampung saluran samping jalan.
 - c. Luas daerah layanan terdiri atas luas setengah badan jalan (A₁), luas bahu jalan (A₂) dan luas daerah di sekitar (A₃).

- d. Batasan luas daerah layanan tergantung dari daerah sekitar dan topografi dan daerah sekelilingnya. Panjang daerah pengaliran yang diperhitungkan terdiri atas setengah lebar badan jalan (l_1) lebar bahu jalan (l_2) dan daerah sekitar (l_3) yang terbagi atas daerah perkotaan yaitu ± 10 m dan untuk daerah luar kota yang didasarkan pada topografi daerah tersebut.
 - e. Jika diperlukan, pada daerah perbukitan, direncanakan beberapa saluran untuk menampung limpasan dari daerah bukit dengan batas daerah layanan adalah puncak bukit tersebut tanpa merusak stabilisasi lereng. Sehingga saluran tersebut hanya menenampung air dari luas daerah layanan daerah sekitar (A3).
5. Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran (C) dipengaruhi kondisi permukaan tanah (tata guna lahan) pada daerah layanan dan kemungkinan perubahan tata guna lahan. Angka ini akan mempengaruhi debit yang mengalir, sehingga dapat diperkirakan daya tampung saluran. Untuk itu diperlukan peta topografi dan melakukan survei lapangan agar corak topografi di daerah proyek dapat lebih diperjelas. Diperlukan pula jenis sifat erosi dan tanah pada daerah sepanjang trase jalan rencana, antara lain tanah dengan permeabilitas tinggi (sifat lulus air) atau tanah dengan tingkat erosi permukaan. Secara visual akan nampak pada daerah yang menunjukkan alur-alur pada permukaan.
 6. Faktor Limpasan (fk)
 - a. Merupakan faktor atau angka yang dikalikan dengan koefisien run off biasa dengan tujuan agar kinerja satuan tidak melebihi kapasitasnya akibat daerah pengaliran yang terlalu luas. Harga faktor limpasan (fk) disesuaikan dengan kondisi permukaan tanah, seperti pada tabel 2.22.

Tabel 2.22. Koefisien Pengaliran (C) dan Faktor Limpasan (fk)

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)	Faktor Limpasan (fk)
	BAHAN		
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
2	Daerah pinggiran kota	0,60 – 0,70	1
3	Daerah industry	0,60 – 0,90	1
4	Pemukiman padat	0,40 – 0,60	2
5	Pemukiman tidak padat	0,40 – 0,60	1
6	Taman dan kebun	0,45 – 0,60	0
7	Persawahan	0,70 – 0,80	0
8	Perbukitan	0,70 – 0,80	0
9	Pegunungan	0,75 – 0,90	0

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

Keterangan:

Harga koefisien pengaliran (C) = untuk daerah datar diambil nilai C yang terkecil dan untuk daerah lereng diambil nilai C yang besar.

Harga faktor limpasan (fk) = hanya digunakan untuk guna lahan sekitar saluran selain bagian jalan.

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

$$C = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + C_3A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \dots\dots\dots(2.37)$$

Dimana :

$C_1, C_2, C_3,$ = koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan

A_1, A_2, A_3 = luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan

f_k = faktor limpasan sesuai guna lahan

7. Waktu Konsetrasi (T_c)

Waktu terpanjang menyalurkan aliran yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan air secara simultan (*run off*) setelah melewati titik-titik tertentu.

Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan ini.

$$T_c = t_1 + t_2 \text{ atau } T_c = t_o + t_d \dots\dots\dots(2.38)$$

$$t_1 = \frac{2}{3} \times 3,28 \times l_o \times \left(\frac{nd}{\sqrt{is}} \right)^{0,16} \dots\dots\dots(2.39)$$

$$t_2 = \frac{L}{60 \times V} \dots\dots\dots(2.40)$$

Dimana :

T_c = waktu konsentrasi (menit)

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

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

l_o = jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

L = panjang saluran (m)

nd = koefisien hambatan

i_s = kemiringan saluran memanjang

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

Tabel 2.23. Koefisien Hambatan (nd)

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

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

8. Analisa Hidrologi

a. Data Curah Hujan

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

b. Periode Ulang

Karakteristik hujan menunjukkan bahwa hujan yang besar tertentu mempunyai periode ulang tertentu. Periode ulang untuk

pembangunan saluran drainase ditentukan 5 tahun, disesuaikan dengan peruntukannya.

c. Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi adalah suatu analisis data hidrologi dengan menggunakan statistika yang bertujuan memprediksi suatu besaran hujan atau debit dengan masa ulang tertentu. Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Sebaliknya, kala ulang (*return period*) diartikan sebagai waktu dimana hujan atau debit dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut (Sri Harto, 1993).

d. Intensitas Curah Hujan

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

9. Untuk Menghitung Debit Aliran Air (Q) menggunakan rumus:

$$Q = 1/3,6 C.I.A.....(2.41)$$

Dimana :

Q = debit aliran air (m³/detik)

C = koefisien pengaliran rata-rata dari C₁, C₂, C₃

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

A = luas daerah layanan (km) terdiri atas A₁, A₂, A₃

2.9.4 Kriteria Perancangan Saluran Samping dan Gorong-gorong

Perancangan saluran terbuka secara hidrolika, jenis aliran yang terjadi adalah aliran terbuka (*open channel*), yaitu pengaliran air dengan permukaan bebas. Perancangan ini digunakan untuk perancangan saluran samping jalan maupun gorong-gorong.

1. Saluran Samping

Bahan bangunan saluran ditentukan oleh besarnya kecepatan rencana aliran air yang mengalir di saluran samping jalan tersebut. Seperti pada tabel 2.24.

Tabel 2.24. Aliran Air yang Dizinkan

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

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

Kemiringan saluran ditentukan berdasarkan bahan yang digunakan. Hubungan antara bahan yang digunakan dengan kemiringan saluran arah memanjang dapat dilihat pada tabel 2.26.

2. Gorong-gorong

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

Tabel 2.25. Ukuran Dimensi gorong-gorong

Tipe single		
L	T	h
100	100	16
100	150	17
100	200	18
200	100	22
200	150	23
200	200	25
200	250	26
200	300	28
300	150	28
300	200	30
300	250	30
300	300	30

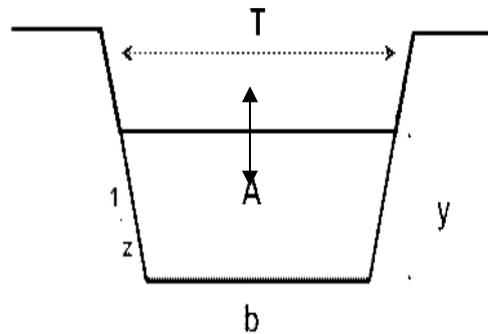
(Sumber : Standar Gorong-gorong persegi tipe *single*, SNI PU)

Penulangan gorong-gorong persegi beton bertulang ini dirancang sedemikian rupa sehingga mudah dilaksanakan dan mendapatkan hasil yang rapi sesuai dengan yang direncanakan. Penggunaan diameter tulangan berkisar antara 19 mm, 16 mm, 12 mm dan 10 mm untuk menghindari penggunaan tulangan dengan ukuran dan diameter yang beragam.

2.9.5 Desain Saluran Samping dan Gorong-gorong

Desain saluran dapat dibagi dalam beberapa jenis :

1. Saluran Bentuk Trapesium (saluran samping) :



Gambar 2.27 Saluran dengan Bentuk Trapesium

$$A = (b + z.y) y \dots\dots\dots(2.42)$$

$$t = b + 2zy \dots\dots\dots(2.43)$$

$$D = \frac{A}{T} \dots\dots\dots (2.44)$$

$$V = K_{st}. R^{2/3}. I^{1/2} \dots\dots\dots(2.45)$$

$$Q = V.A \dots\dots\dots(2.46)$$

Penampang ekonomis:

$$b + 2zy = 2y \sqrt{z^2 + 1} \dots\dots\dots (2.47)$$

Tinggi Jagaan :

$$W = \sqrt{0,5 \times h} \dots\dots\dots (2.48)$$

Dimana :

A = Luas penampang melintang (m²)

b = lebar saluran (m)

p = keliling basah (m)

T = lebar puncak (m)

Y = kedalaman saluran yang tergenang air (m)

D = kedalaman hidrolis (m)

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

I = kemiringan dasar saluran

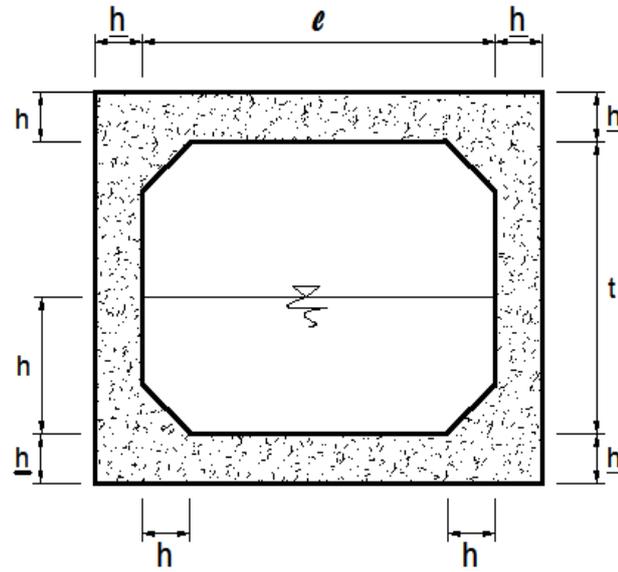
Q = debit aliran air (m³/detik)

Z = perbandingan kemiringan talud

W = tinggi jagaan (m)

h = tinggi muka air (m)

2. Gorong-gorong bentuk Persegi (*box culvert*) :



Gambar 2.28 Sketsa dengan Bentuk persegi

$$A = Q/V \dots \dots \dots (2.49)$$

$$b = 2h \dots \dots \dots (2.50)$$

$$A = l \times h \dots \dots \dots (2.51)$$

$$I = \frac{R_t}{24} \times \left[\frac{24}{tc} \right]^{2/3} \dots \dots \dots (2.52)$$

Tinggi Jagaan :

$$W = \sqrt{0.5 \times h} \dots \dots \dots (2.53)$$

Dimana :

A = luas penampang melintang (m²)

l = lebar saluran (m)

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

W = tinggi jagaan

\hat{h} = tinggi muka air (m)

\underline{h} = tebal penampang saluran (cm)

I = intensitas curah hujan

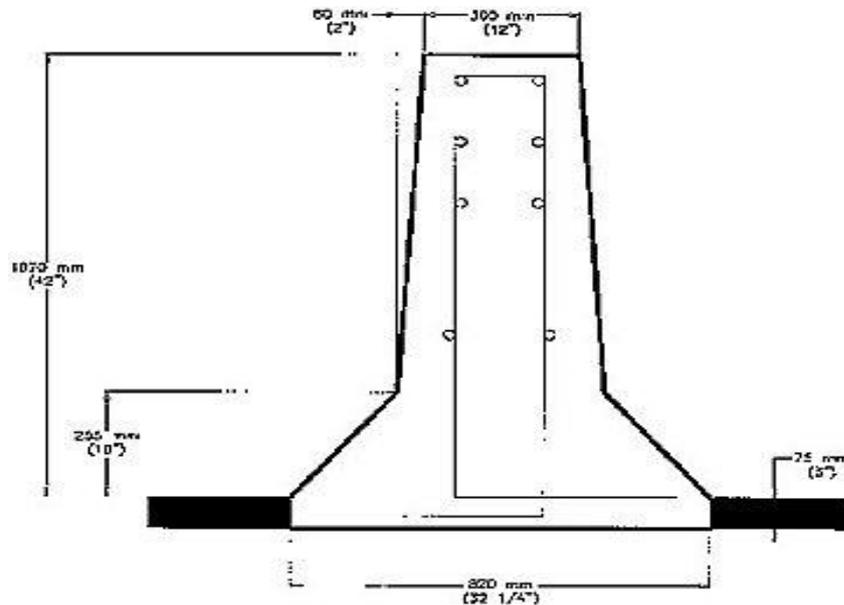
2.9.6 Marka dan Rambu Jalan

Jalan merupakan bangunan yang dibuat untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas perhubungan dan kegunaannya adalah sebagai penyambung badan jalan yang terputus karena adanya aliran sungai yang melintas badan jalan. Maka dari itu diperlukan sinyal atau pun tanda untuk memperjelas peringatan yang ada di jalan seperti pada daerah tikungan, tanjakan, turunan, dan lain-lain. Sekipun marka dan rambu jalan ini hanya merupakan bangunan pelengkap, tetapi memberikan kontribusi yang besar terhadap keamanan dan kenyamanan para pengendara dalam tanda, pengaturan dan peringatan dalam berlalu lintas.

2.9.7 Median Concrete Barrier

Median concrete barrier adalah penghalang memanjang yang berfungsi sebagai pengaman. *Median concrete barrier* sendiri adalah salah satu jenis *median concrete barrier* yang sering digunakan untuk jalan arteri ataupun jalan tol yang berfungsi membantu tugas kepolisian dalam menjaga keamanan lalu lintas, apalagi di jalanan yang rawan kecelakaan dan macet. *Median concrete barrier* ada 2 jenis yaitu tipe standar dengan tinggi 32” (81,28 cm) dan tipe *high* dengan tinggi 42” (106,68 cm). Median yang diturunkan yaitu *median* yang di buat lebih rendah dari permukaan jalur lalu lintas. *Median* yang diturunkan harus mengikuti ketentuan sebagai berikut :

1. Dipasang apabila lebar lahan yang disediakan untuk *median* lebih besar atau sama dengan 5,0 m
2. Kemiringan permukaan *median* antara 6% - 15%, dimulai dari sisi luar ke tengah-tengah median dan secara fisik berbentuk cekungan
3. Untuk jalan tol di daerah perkotaan, median yang diturunkan tidak diperbolehkan, harus datar sebagai terbuka hijau atau ruang untuk pelebaran lajur tambahan di masa yang akan datang.



Gambar. 2.29 *Median Concrete Barrier* dengan Tipe *High*

Lebar median jalan harus memenuhi ketentuan pada tabel 2.26.

Tabel 2.26. Perancangan *Median* Jalan Tol

Lokasi Jalan Tol	Lebar Median (m)		Keterangan
	Minimal	Konstruksi Bertahap	
Antarkota	5,50	13,00	Diukur dari garis tepi dalam lajur lalu lintas
Perkotaan	3,00	10,00	

(Sumber : Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Departemen PU, Ditjen Bina Marga,2009)

2.10 Rencana Anggaran Biaya dan Manajemen Proyek

2.10.1 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.

2.10.2 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. Adapun yang termasuk didalam analisa satuan harga ini adalah :

1. Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan – perhitungan biaya pada setiap pekerjaan yang ada pada suatu proyek. Dalam menghitung analisa satuan pekerjaan, sangatlah erat hubungan dengan daftar harga satuan bahan dan upah.

2. Analisa Satuan Alat Berat

Perhitungan analisa satuan alat berat dengan dua pendekatan yaitu :

- a. Pendekatan *on the job*, yaitu pendekatan yang dimaksudkan untuk mendapatkan hasil perhitungan produksi berdasarkan data yang diperoleh dari data hasil lapangan dan data ini biasanya didapat dari pengamatan observasi lapangan.
- b. Pendekatan *off the job*, yaitu pendekatan yang dipakai untuk memperoleh hasil perhitungan berdasarkan standar yang biasanya ditetapkan oleh pabrik pembuat.

2.10.3 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.

2.10.4 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. Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda di masing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

Dalam menyusun anggaran biaya dapat dilakukan dengan 2 cara sebagai berikut :

1. Anggaran Biaya Kasar (Taksiran)

Sebagai pedoman dalam menyusun anggaran biaya kasar digunakan harga satuan tiap meter persegi (m^2) luas lantai. Anggaran biaya kasar dipakai sebagai pedoman terhadap anggaran biaya yang dihitung secara teliti.

2. Anggaran Biaya Teliti

Adalah anggaran biaya bangunan atau proyek yang dihitung dengan teliti dan cermat, sesuai dengan ketentuan dan syarat-syarat penyusunan anggaran biaya. Pada anggaran biaya kasar sebagaimana diuraikan terdahulu, harga satuan dihitung berdasarkan harga taksiran setiap luas lantai m^2 . Taksiran tersebut haruslah berdasarkan harga yang wajar, dan tidak terlalu jauh berbeda dengan harga yang dihitung secara teliti.

Sedangkan penyusunan anggaran biaya yang dihitung dengan teliti, didasarkan atau didukung oleh :

- a. Bestek

Gunanya untuk menentukan spesifikasi bahan dan syarat-syarat

- b. Gambar Bestek

Gunanya untuk menentukan/menghitung/besarnya masing – masing volume pekerjaan

- c. Harga Satuan Pekerjaan

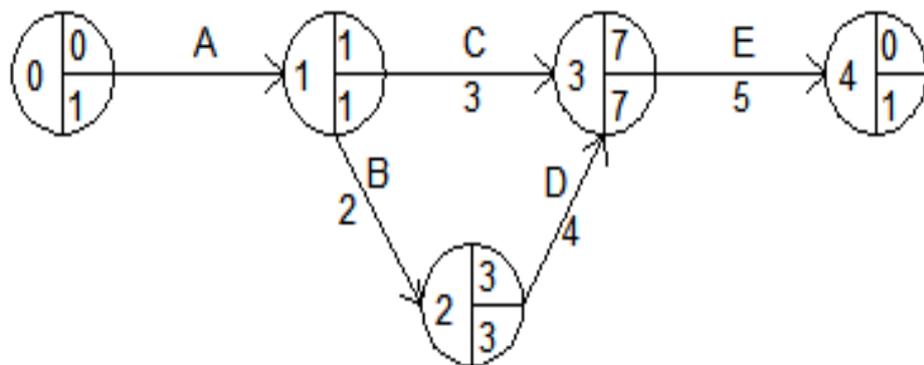
Didapat dari harga satuan bahan dan harga satuan upah berdasarkan perhitungan analisa BOW.

2.10.5 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.

2.10.6 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 ke tempat lain.



Gambar 2.30 Sketsa *Network Planning*

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

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

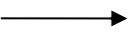
Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah:

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.

Sebelum menggambar diagram NWP ada beberapa hal yang perlu kita perhatikan, antara lain :

1. Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya *duration* maupun *resources* yang dibutuhkan.
2. Aktifitas-aktifitas apa yang mendahului dan aktifitas-aktifitas apa yang mengikuti.
3. Aktifitas-aktifitas apa yang dapat dilakukan bersama-sama.
4. Aktifitas-aktifitas itu di batasi mulai dan selesai.
5. Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktifitas-aktifitas itu, kemudian mengikutinya.
6. Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan .Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Jika proyek itu baru sama sekali biasanya diberikan.
7. Kepala anak panah menjadi arah pedoman dari setiap kegiatan.
8. Besar kecilnya lingkaran juga tidak mempunyai arti dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa.

Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP :

- a.  (*Arrow*) bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Ini adalah suatu 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
- b.  (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*).
- c.  (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan-kegiatan
- d.  (*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. Aktifitas semu hanya boleh dipakai bila tidak ada cara lain untuk menggambarkan hubungan-hubungan aktifitas yang ada dalam suatu network.

2.10.7 *Barchart*

Diagram *barchart* mempunyai hubungan yang erat dengan network planning. *Barchart* ditunjukkan dengan diagram batang yang dapat menunjukkan lamanya waktu pelaksanaan. Di samping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

2.10.8 Kurva S

Kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dari tahap pertama sampai berakhirnya pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan antara harga pekerjaan dengan harga total keseluruhan dari jumlah harga penawaran.