

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Perencanaan Geometrik

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada alinyemen horizontal dan alinyemen vertical sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yang memberikan kenyamanan yang optimal pada arus lalu lintas sesuai dengan kecepatan yang direncanakan. Secara umum perencanaan geometric terdiri dari aspek - aspek perencanaan trase jalan, badan jalan yang terdiri dari bahu jalan dan jalur lalu lintas, tikungan, drainase, kelandaian jalan serta galian dan timbunan. Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efesiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan/biaya pelaksanaan.

Dalam merencanakan suatu kontruksi jalan raya harus memiliki data perencanaan, diantaranya data lalu lintas, data topografi, data tanah dan data penunjang lainnya. Semua data ini sangat diperlukan dalam merencanakan suatu kontruksi jalan raya. Data-data ini sangat diperlukan dalam merencanakan kontruksi jalan raya karena data-data ini memberikan gambaran yang sebenarnya dari kondisi suatu daerah dimana ruas jalan ini akan dibangun. Dengan adanya data-data ini, kita dapat menentukan geometrik dan ketebalan perkerasan yang diperlukan dalam merencanakan suatu kontruksi jalan raya (Sukirman, Silvia,1999).

2.1.1 Data Lalu Lintas

Data lalu lintas adalah data utama yang diperlukan untuk perencanaan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan menggunakan jalan pada suatu segmen jalan yang ditinjau.

Besarnya volume atau arus lalu lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar lajur pada suatu jalur jalan dalam penentuan karakteristik geometrik, sedangkan jenis kendaraan akan menentukan kelas beban atau MST (Muatan

Sumbu Terberat) yang berpengaruh langsung pada perencanaan konstruksi perkerasan.

Analisis data lalu lintas pada intinya dilakukan untuk menentukan kapasitas jalan, akan tetapi harus dilakukan bersamaan dengan perencanaan geometrik dan lainnya karena saling berkaitan satu sama lain (Shirley L. Hendarsin, 2000).

2.1.2 Data Peta Topografi

Data topografi merupakan hasil pengukuran yang dilakukan untuk memindahkan kondisi permukaan bumi dari lokasi yang diukur pada kertas yang berupa peta planimetri. Peta ini akan digunakan sebagai peta dasar untuk plotting perencanaan geometrik jalan raya, dalam hal ini perencanaan alinyemen horizontal (Shirley L. Hendarsin, 2000).

Data topografi atau disebut juga peta kontur merupakan faktor penting dalam menentukan lokasi jalan dan pada umumnya mempengaruhi alinyemen sebagai perencanaan geometrik. Untuk memperkecil biaya pembangunan 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 realinyemen dan tempat-tempat persilangan dengan sungai atau jalan lain, sehingga memungkinkan didapatkannya trase jalan yang sesuai dengan standar.

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 standart desain ditentukan oleh klasifikasi jalan rencana. Pada prinsipnya klasifikasi jalan dalam standar desain (baik untuk jalan antar kota maupun jalan luar kota) didasarkan kepada klasifikasi jalan menurut undang-undang dan peraturan pemerintah yang berlaku.

1) Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

Klasifikasi jalan menurut fungsinya terbagi tiga, yaitu:

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/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 yang hanya melayani angkutan lingkungan dengan ciri-ciri jarak pendek dan kecepatan yang rendah.

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 2.1 Klasifikasi Kelas Jalan dalam MST

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (ton)
Jalan Arteri	I	>10
	II	10
	III A	8
Jalan Kolektor	III A	8
	III B	8

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

a) 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.

b) 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 :

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 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.

c) 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

- b. Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam tabel 2.3 (Pasal 11. PP. No.43/1993).

Tabel 2.2 Klasifikasi Kelas Jalan dalam LHR

Klasifikasi Fungsi	Kelas	LHR Dalam SMP
Jalan Arteri	I	> 20.000
Jalan Kolektor	II A	6.000 – 20.000
	II B	1.500 – 8.000
	II C	< 2.000
Jalan Lokal	III	-

Sumber: Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (Bina Marga, 1970)

3) Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997. Medan Jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan yang diukur berdasarkan garis kontru.

Tabel 2.3 Klasifikasi Golongan Medan

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

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

4) Klasifikasi Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997.

a. Jalan Nasional

Yaitu jalan yang menghubungkan ibukota–ibukota provinsi. Biaya pembangunan dan perawatannya ditanggung oleh pemerintah pusat.

b. Jalan Provinsi

Yaitu jalan yang menghubungkan kota dalam satu provinsi. Biaya pembangunan dan perawatannya ditanggung oleh pemerintah Provinsi.

c. Jalan Kabupaten/Kotamadya

Yaitu jalan yang meliputi kabupaten ataupun kotamadya. Biaya pembangunan dan perawatannya ditanggung oleh pemkab.

d. Jalan Desa

Jalan yang menghubungkan lingkungan desa. Biaya pembangunan dan perawatannya ditanggung oleh pemerintah desa.

e. Jalan Khusus

Yaitu jalan yang dibangun oleh suatu instansi, badan hukum ataupun perorangan untuk kepentingan masing-masing. Biaya pembangunan dan perawatannya ditanggung oleh suatu instansi, badan hukum ataupun perorangan yang terkait

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.

Berikut ini adalah parameter yang digunakan dalam perencanaan geometrik jalan raya yaitu:

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, kendaraan-kendaraan tersebut umumnya dikelompokkan menjadi beberapa macam, seperti mobil penumpang, bus/truk, semi trailer dan trailer.

Kendaraan rencana dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:

a. Kendaraan kecil diwakili oleh mobil penumpang.

b. Kendaraan sedang diwakili oleh truk tiga as tandem atau oleh bus besar dua as.

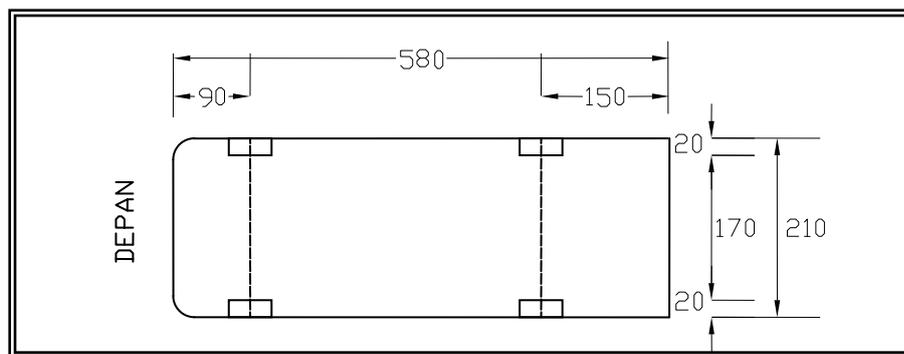
c. Kendaraan besar diwakili truk semi-trailer.

Dimensi dasar untuk masing-masing katagori kendaraan rencana ditunjukkan dalam tabel 2.4 dan sketsa dimensi kendaraan rencana pada gambar 2.1, 2.2 dan 2.3.

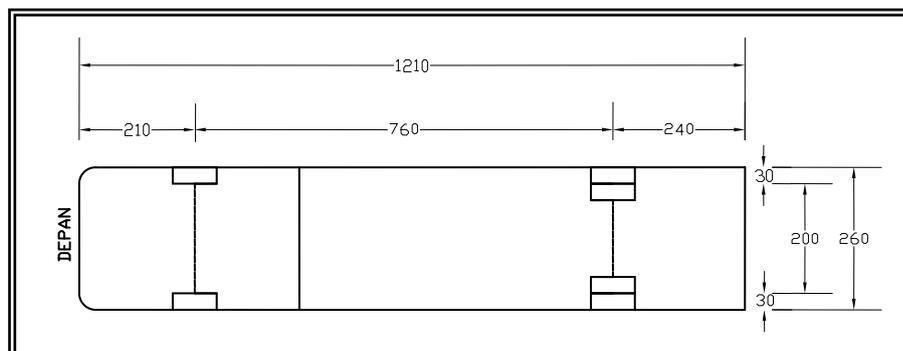
Tabel 2.4 Dimensi Kendaraan Rencana

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

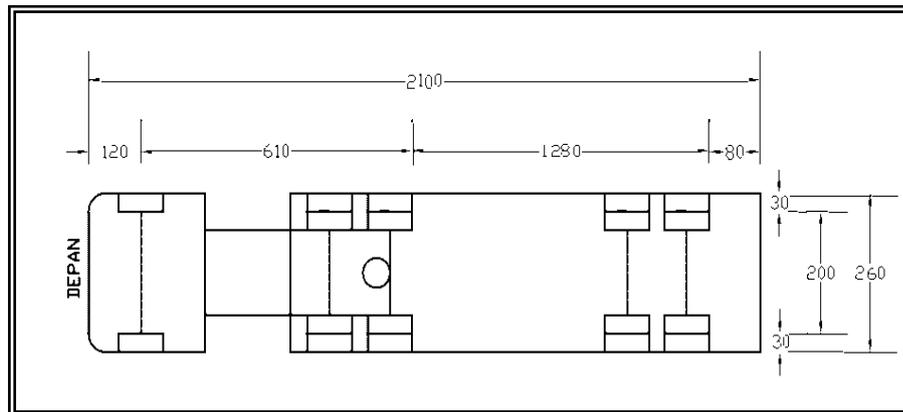
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/BM/1997)



Gambar 2.1 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Besar

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

2) Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan pada suatu ruas jalan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang, dan lain-lain. Kecepatan yang dipilih tersebut adalah kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya dari bentuk jalan. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kecepatan rencana antara lain:

- a. Kondisi pengemudi dan kendaraan yang bersangkutan.
- b. Sifat fisik jalan dan keadaan medan sekitarnya.
- c. Sifat dan penggunaan daerah.
- d. Cuaca.
- e. Adanya gangguan dari kendaraan lain.
- f. Batasan kecepatan yang diizinkan.

Kecepatan rencana inilah yang dipergunakan untuk dasar perencanaan geometrik (alinyemen). Kecepatan rencana dari masing-masing kendaraan dapat ditetapkan pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Kecepatan Rencana (VR) Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Kelas Jalan

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana (VR) km/jam		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	70 – 120	60 – 80	40 – 70
Kolektor	60 – 90	50 – 60	30 – 50
Lokal	40 – 70	30 – 50	20 – 30

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

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 2.6 Satuan Mobil Penumpang

Jenis Kendaraan	Nilai SMP
Sepeda	0,5
Mobil Penumpang/Sepeda Motor	1,0
Truk Ringan (< 5 ton)	2,0
Truk Sedang (> 5 ton)	2,5
Truk Berat (> 10 ton)	3,0
Bus	3,0
Kendaraan Tak Bermotor	7,0

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

b. Ekivalen 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 2.7 Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP)

No	Jenis Kendaraan	Datar/Bukit	Gunung
1.	Sedan, Jeep Station wagon	1,0	1,0
2.	Pick up, Bus kecil, Truk kecil	1,2 – 2,4	1,9 – 3,5
3.	Bus dan Truk besar	1,2 – 5,0	2,2 – 6,0

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

Satuan volume lalu lintas yang umum digunakan sehubungan dengan jumlah dan lebar lajur adalah :

a) 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.

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

b) Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)

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

$$\text{LHR} = \frac{\text{jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{lama pengamatan}} \dots\dots\dots (2.2)$$

2.4 Bagian-Bagian Jalan

Bagian-bagian jalan secara umum meliputi 3 ruang sebagai berikut :

1) Ruang Manfaat Jalan (RUMAJA)

Ruang manfaat jalan diperuntukkan bagi median, perkerasan jalan, jalur pemisah, bahu jalan, saluran tepi jalan, lereng, ambang pengaman, timbunan, galian, gorong-gorong, perlengkapan jalan dan bangunan pelengkap jalan.

Ruang manfaat jalan bebas hambatan untuk jalan tol harus mempunyai lebar dan tinggi ruang bebas serta kedalaman sebagai berikut :

a) lebar ruang bebas diukur di antara 2 (dua) garis vertikal batas bahu jalan

- b) tinggi ruang bebas minimal 5 (lima) meter di atas permukaan jalur lalu lintas tertinggi
- c) kedalaman ruang bebas minimal 1,50 meter di bawah permukaan jalur lalu lintas terendah.

2) Ruang Milik Jalan (RUMIJA)

Ruang milik jalan diperuntukan bagi ruang manfaat jalan dan pelebaran jalan maupun penambahan lajur lalu lintas di kemudian hari serta kebutuhan ruangan untuk pengamanan jalan tol dan fasilitas jalan tol.

Ruang milik jalan bebas hambatan untuk jalan tol harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a) lebar dan tinggi ruang bebas ruang milik jalan minimal sama dengan lebar dan tinggi ruang bebas ruang manfaat jalan.
- b) lahan ruang milik jalan harus dipersiapkan untuk dapat menampung minimal 2 x 3 lajur lalu lintas terpisah dengan lebar ruang milik jalan minimal 40 meter di daerah antar kota dan 30 meter di daerah perkotaan.
- c) lahan pada ruang milik jalan diberi patok tanda batas sekurang-kurangnya satu patok setiap jarak 100 meter dan satu patok pada setiap sudut serta diberi pagar pengaman untuk setiap sisi.
- d) Pada kondisi jalan tol layang, perlu diperhatikan ruang milik jalan di bawah jalan tol.

3) Ruang pengawasan jalan (RUWASJA)

Ruang pengawasan jalan diperuntukkan bagi pandangan bebas pengemudi dan pengamanan konstruksi jalan. Batas ruang pengawasan jalan bebas hambatan untuk jalan tol adalah 40 meter untuk daerah perkotaan dan 75 meter untuk daerah antarkota, diukur dari as jalan tol. Dalam hal jalan tol berdempetan dengan jalan umum ketentuan tersebut diatas tidak berlaku.

Jalan ditetapkan keberadaannya dalam suatu ruang yang telah didefinisikan di atas. Ruang-ruang tersebut dipersiapkan untuk menjamin kelancaran dan keselamatan serta kenyamanan pengguna jalan disamping keutuhan konstruksi

jalan. Dimensi ruang yang minimum untuk menjamin keselamatan pengguna jalan diatur sesuai dengan jenis prasarana dan fungsinya. standar ukuran dimensi minimum dari Rumaja, Rumija, dan Ruwasja jalan bebas hambatan untuk jalan tol dapat dilihat pada Tabel 2.8

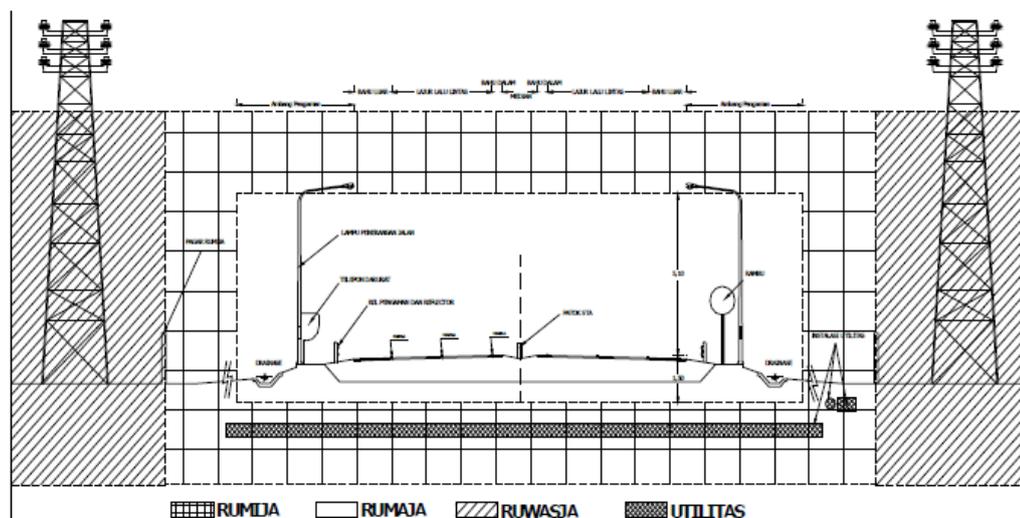
Tabel 2.8 Dimensi Jalan Ruang Bebas Hambatan untuk Jalan Tol

Bagian-bagian jalan	Komponen geometri	Dimensi minimum (m)			
		Jalan tol			
RUMAJA		Antarkota	Perkotaan		
	Lebar badan jalan	30,0	22,0		
	Tinggi	5,00	5,00		
	Kedalaman	1,50	1,50		
RUMIJA		Jalan Tol			
		Antarkota	Perkotaan	Layang/ Terowongan	
	Lebar	30	40	30	20
RUWASJA		Jalan Tol			
		Antarkota	Perkotaan	Jembatan	
	Lebar ¹⁾	75	75	40	100 ²⁾

(Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No. 007/BM/2009)

Ket : - Lebar diukur dari As jalan

4) 100 m ke hilir dan 100 m ke hulu



Gambar 2.4 Tipikal Rumaja, Rumija, Ruwasja Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol

2.5 Penampang Melintang

Penampang melintang jalan yang terdiri dari :

1) Jalur lalu lintas

Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan. Lebar jalur lalu lintas sangat ditentukan oleh jumlah dan lebar lajur peruntukannya, lebar jalur minimum adalah 4,5 meter, dengan lebar tersebut akan memungkinkan dua kendaraan kecil dapat saling berpapasan. Papasan dua kendaraan besar yang terjadi sewaktu-waktu dapat menggunakan bahu jalan.

Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa tipe yaitu :

- a. 1 jalur - 2 lajur - 2 arah (2/2 TB)
- b. 1 jalur - 2 lajur - 1 arah (2/1 TB)
- c. 2 jalur - 4 lajur - 2 arah (4/2 B)
- d. 2 jalur - n lajur - 2 arah (n/2 B)

Pada jalur lalu lintas terdiri dari beberapa lajur yang terletak memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan dan memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana. Untuk kelancaran drainase permukaan, lajur lalu lintas pada alinyemen lurus memerlukan kemiringan melintang normal sebagai berikut :

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

Lebar lajur tergantung pada kecepatan dari kendaraan rencana, yang dalam hal ini dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan seperti ditetapkan dalam tabel 2.9

Tabel 2.9 Lebar Lajur Jalan Ideal

Fungsi	Kelas	Lebar Lajur Ideal (m)
Arteri	I	3,75
	II, III A	3,50
Kolektor	III A, III B	3,00
Lokal	III C	3,00

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Jalan Geometrik Antar Kota, hal 17; 1997)

2.10 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu jalan.

VLHR (smp/hari)	ARTERI				KOLEKTOR				LOKAL			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)
<3.000	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,0	4,5	1,0
3.000-10.000	7,0	2,0	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,0
10.001-25.000	7,0	2,0	7,0	2,0	7,0	2,0	**)	**)	-	-	-	-
>25.000	2n _u 3,5 ^{*)}	2,5	2×7,0 ^{*)}	2 0	2n _u 3,5 ^{*)}	2,0	**)	**)	-	-	-	-

Keterangan: **) = Mengacu pada persyaratan ideal

*) = 2 jalur terbagi, masing – masing $n \times 3, 5m$, di mana n= Jumlah lajur per jalur

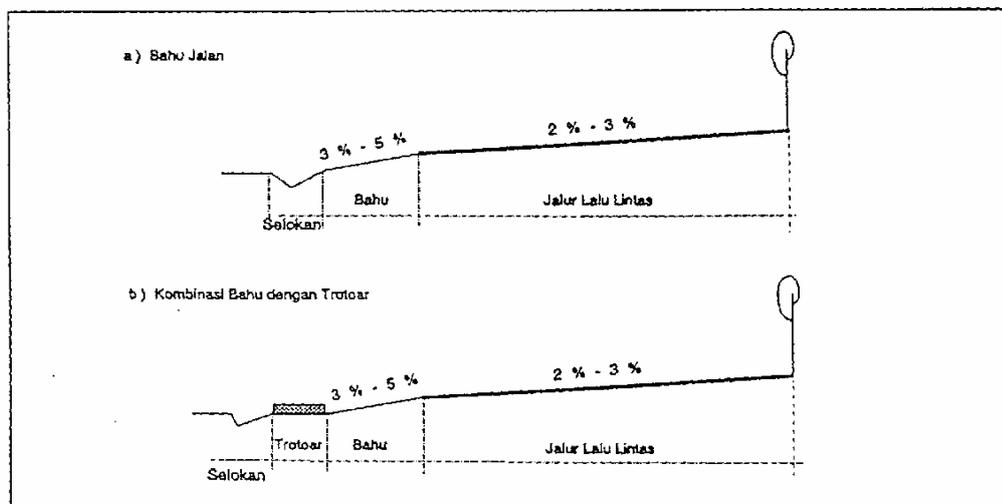
- = Tidak ditentukan

2) Bahu Jalan

Bahu Jalan adalah bagian jalan yang terletak di tepi jalur lalu lintas dan harus diperkeras (lihat Gambar 2.5). Fungsi bahu jalan adalah sebagai berikut:

- lajur lalu lintas darurat, tempat berhenti sementara, dan atau tempat parkir darurat
- ruang bebas samping bagi lalu lintas
- penyangga sampai untuk kestabilan perkerasan jalur lalu lintas.

Kemiringan bahu jalan normal antara 3 - 5%. Lebar bahu jalan dapat dilihat dalam Tabel 2.10



Gambar 2.5 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.

3) Median

Median adalah bagian bangunan jalan yang secara fisik memisahkan dua jalur lalu lintas yang berlawanan arah. Jalan 2 arah dengan 4 lajur atau lebih perlu dilengkapi median.

Adapun fungsi dari median tersebut antara lain :

- a. Memisahkan dua aliran lalulintas yang berlawanan arah
- b. Ruang lapak tunggu penyeberang jalan
- c. Penempatan fasilitas jalan
- d. Tempat prasarana kerja sementara
- e. Penghijauan
- f. Mengurangi silau dari sinar lampu kendaraan dari arah yang berlawanan

Median dapat dibedakan atas :

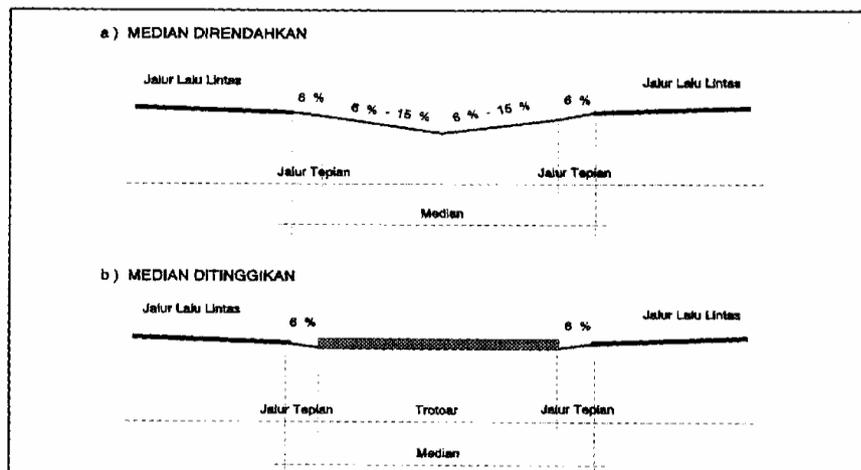
- a. Median direndahkan, terdiri atas jalur tepian dan bangunan pemisah jalur yang direndahkan.
- b. Median ditinggikan, terdiri atas jalur tepian dan bangunan pemisah jalur yang ditinggikan.

Lebar minimum median terdiri atas jalur tepian selebar 0,25-0,50 meter dan bangunan pemisah jalur, ditetapkan dapat dilihat dalam Tabel 2.11

Tabel 2.11 Lebar Minimum Median

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

(Sumber : Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, Direktorat Jenderal Bina Marga, Maret 1992).



Gambar 2.6 Median

4) Kanstin

Kanstin adalah bahan bangunan yang merupakan produk beton yang berfungsi sebagai penguat tepi jalan yang dipasang clearing blok/conblok. Kanstin beton biasa digunakan pada trotoar, separator, tepi badan jalan, jalan taman, road, dan sebagainya.

Berikut adalah jenis-jenis kanstin yaitu :

- a. Kanstin Jepit ini sebagai pengunci paving block, terlebih dahulu sebelum paving blok/konblok dipasang. Hal ini agar *paving blok/konblokyang* nantinya hendak dipasang tidak mudah bergeser dan mudah untuk mendapatkan sudut lurus dari naat-naat nya.
- b. Kanstin Taman ini banyak digunakan untuk trotoar, jogging track, taman maupun jalan-jalan di perumahan.
- c. Kanstin DKI / Trotoar ini hampir sama dengan kanstin taman hanya berbeda ukuran saja, kanstin DKI ini lebih besar ukurannya dan bias digunakan untuk trotoar untuk jalan besar atau jalanan tol. Karena kanstin DKI ini selain besar bentuknya, harganya pun menyerupai besar kanstinnya
- d. Kanstin Tali Air / S , Kanstin ini biasa digunakan untuk area perumahan pada umumnya kanstin ini berfungsi hampir sama dengan kanstin jepit, hanya kanstin tali air ini berbeda bentuk dengan kasntin jepit, kanstin tali air berbentuk melengkung seperti huruf S yang bias dilalui untuk air

5) Jalur pejalan kaki

Jalur pejalan kaki merupakan fasilitas yang berfungsi memisahkan pejalan kaki dari jalur lalu lintas kendaraan guna menjamin keselamatan pejalan kaki dan kelancaran lalu lintas.

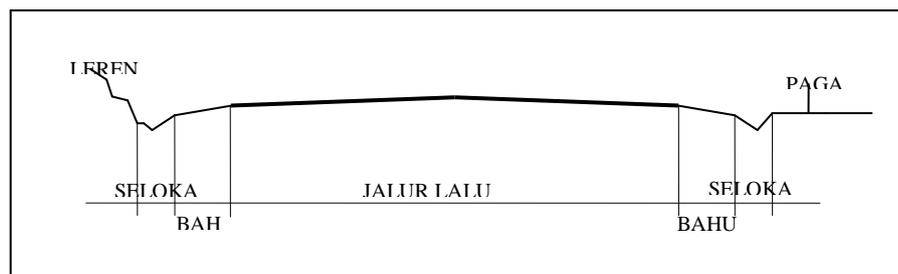
6) Selokan

Selokan dibuat untuk mengendalikan air (limpasan) permukaan akibat air hujan dan bertujuan untuk memelihara agar jalan tidak tergenang air hujan dalam waktu yang cukup lama (yang akan mengakibatkan kerusakan konstruksi jalan).

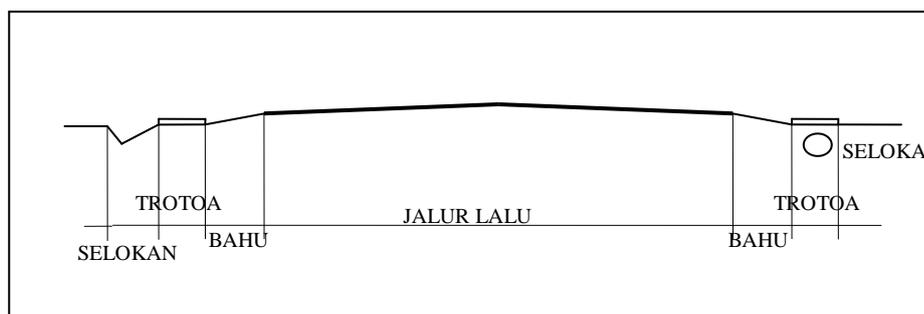
7) Lereng

Lereng merupakan bagian dari kondisi alam yang tidak terkena pengaruh dari perencanaan suatu ruas jalan. Lereng alam ini biasanya berupa bukit yang harus diperkuat untuk melindungi lereng timbunan atau galian dan menahan gerusan air.

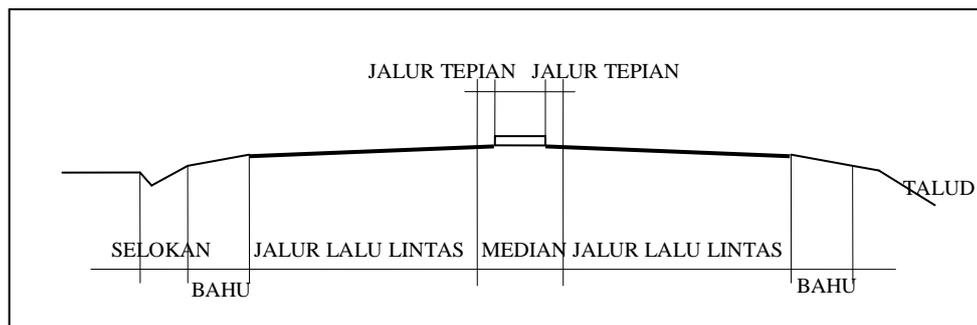
Gambar penampang melintang jalan dengan tipikal-tipikal diatas dapat dilihat pada gambar 2.7, 2.8, dan 2.9



Gambar 2.7 Tipikal Penampang Melintang Jalan



Gambar 2.8 Tipikal Penampang Melintang Jalan yang Dilengkapi Trotoar



Gambar 2.9 Tipikal Penampang Melintang Jalan yang Dilengkapi Median

2.6 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal juga dikenal dengan nama "situasi jalan". Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah busur peralihan, busur peralihan saja atau busur lingkaran saja (Sukirman, 1994). Ditinjau secara umum penempatan alinyemen horizontal harus dapat menjamin keselamatan dan kenyamanan bagi pengguna jalan. Untuk itu perlu diperhatikan hal-hal berikut:

- Sedapat mungkin menghindari *broken back*, artinya tikungan searah yang hanya dipisahkan oleh tangen yang sangat pendek yang dapat mengurangi keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan.
- Pada bagian yang relatif lurus dan panjang jangan tiba-tiba terdapat tikungan yang tajam yang dapat membahayakan pengemudi.
- Kalau tidak terpaksa jangan menggunakan radius minimum sebab jalan tersebut akan sulit mengikuti perkembangan yang akan terjadi dimasa yang akan datang.
- Apabila terpaksa menghadapi tikungan ganda maka dalam perencanaan harus diusahakan agar jari-jari (R_1) lebih kecil atau sama dengan jari-jari lengkung kedua (R_2) x 1,5.
- Hindari sedapat mungkin lengkung yang terbalik dengan mendadak.
- Hindarkan lengkung yang tajam pada timbunan yang tinggi.

2.6.1 Penentuan Trase Jalan

Pada perencanaan alinyemen horizontal pada seluruh bagian harus dapat memberikan pelayanan yang sesuai dengan fungsinya serta keamanan dan kenyamanan pengguna jalan.

Untuk membuat jalan yang baik dan ideal, maka harus memperhatikan syarat-syarat berikut:

a. Syarat Ekonomis

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

b. Syarat Teknis

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

2.6.2 Bagian Jalan Lurus Maksimum

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pengguna jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit (sesuai VR). Nilai panjang bagian lurus maksimum dapat dilihat pada tabel 2.12

Tabel 2.12 Panjang Bagian Lurus Maksimum

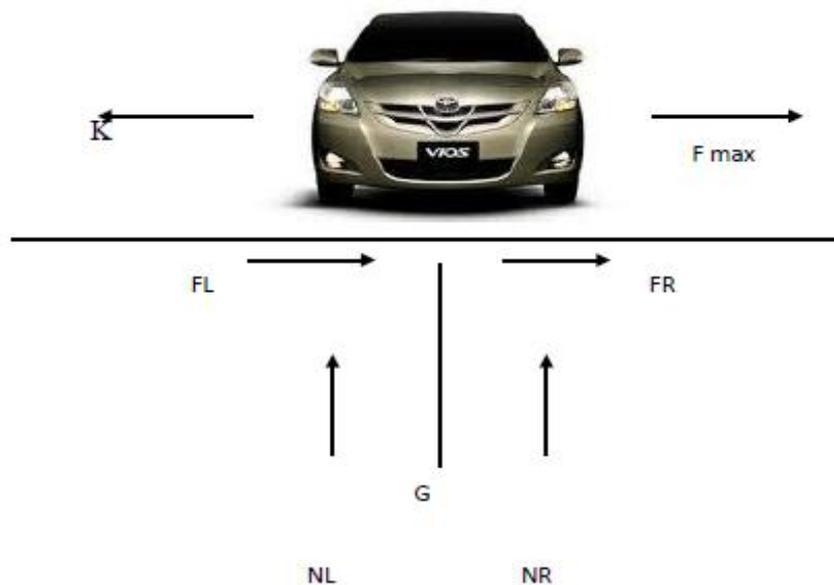
Fungsi Jalan	Panjang Bagian Lurus Maksimum		
	Datar (m)	Bukit (m)	Gunung (m)
Arteri	3000	2500	2000
Kolektor	2000	1750	1500

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

2.6.3 Jari - Jari Tikungan

Jari - jari tikungan adalah nilai yang membatasi besar kelengkungan untuk kecepatan rencana tertentu dan ditentukan dari besar superelevasi maksimum dan faktor gesekan samping maksimum yang dipilih untuk desain (AASHTO 2001). Bagian yang sangat kritis pada alinemen horizontal adalah bagian tikungan karena terdapat gaya yang akan melemparkan kendaraan keluar dari tikungan (gaya sentrifugal), hal tersebut harus diimbangi oleh komponen berat kendaraan yang diakibatkan oleh superelevasi dari jalan dan oleh gesekan samping (side friction) antara ban dan permukaan jalan. Hubungan antara kecepatan (V), jari-jari tikungan (R), kemiringan melintang/ superelevasi (e) dan gaya gesek samping antara ban dan permukaan jalan (f) didapat dari hukum mekanika $F = m.a$ (Hukum Newton II). Gaya sentrifugal saat kendaraan bergerak di tikungan dengan persamaan $\frac{V^2}{R} = G e + f$, dimana G = berat kendaraan dan g = percepatan gravitasi. Dalam hal ini terdapat tiga keadaan keseimbangan, yaitu:

- 1) Stadium I : Gaya sentrifugal diimbangi gesekan ban Vs perkerasan



Gambar 2.10 Gaya Sentrifugal Diimbangi Gesekan Ban Vs Perkerasan

Penurunan Rumus :

$$K = F \max \dots\dots\dots (2.3)$$

$$FL + FR = K \dots\dots\dots (2.4)$$

$$(NR + NL) f = m \cdot a \dots\dots\dots (2.5)$$

$$G \cdot f = \frac{G}{g} \times \frac{V^2}{R} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$f = \frac{v^2}{G \cdot R}, g = 9,8 \text{ m/s}^2 \dots\dots\dots (2.7)$$

$$\text{Ket : } g = \frac{98}{\frac{1000}{1} \cdot \frac{1}{3600}} \text{ km/jam}^2$$

$$g = 127.000 \text{ km/jam}^2$$

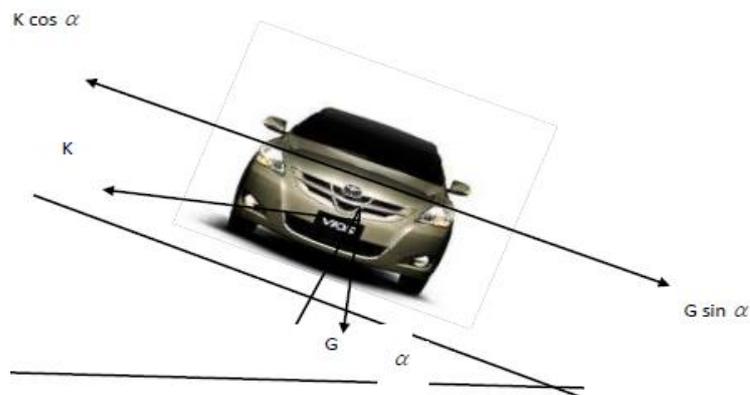
$$f = \frac{v^2}{127000 \cdot R}, R \text{ dalam satuan meter maka :}$$

$$f = \frac{V^2}{127000 \cdot R} \times \frac{1}{1000}$$

$$f = \frac{V^2}{127 \cdot R} \dots\dots\dots (2.8)$$

(Sumber : Rekayasa jalan,Ir.Sony Sulaksono,M.Sc)

2) Stadium II : Gaya sentrifugal diimbangi hanya dengan kemiringan melintang



Gambar 2.11 Gaya Sentrifugal Diimbangi Hanya Dengan Kemiringan Melintang Jalan

Penurunan Rumus:

$$F_{max} = K \dots\dots\dots (2.9)$$

$$G \sin \alpha = K \cos \alpha \dots\dots\dots (2.10)$$

$$G \sin \alpha = m \cdot a \cos \alpha \dots\dots\dots (2.11)$$

$$G \sin \alpha = \frac{G}{g} \times \frac{V^2}{R} \cos \alpha : G \cos \alpha \dots\dots\dots (2.12)$$

$$\text{Tg } \alpha = \frac{V^2}{gR} \quad g = 9,8 \text{ m/s}^2 \dots\dots\dots (2.13)$$

$$\text{Ket : } g = \frac{\frac{98}{1000}}{\frac{1}{3600}} \text{ km/jam}^2$$

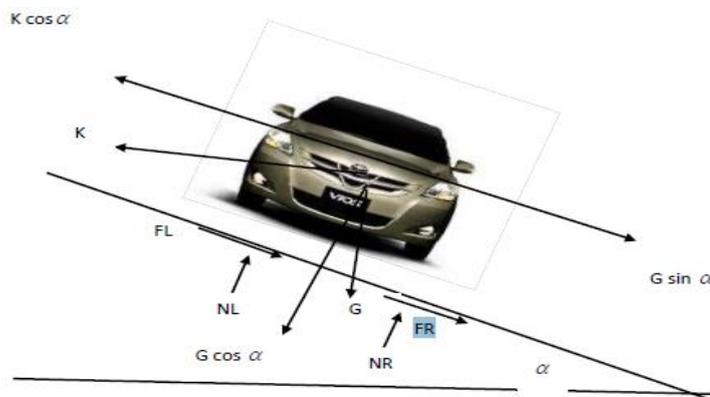
$$g = 127.000 \text{ km/jam}^2$$

$$e = \frac{V^2}{127000.R} \times \frac{1}{1000}$$

$$e = \frac{V^2}{127.R} \dots\dots\dots (2.14)$$

(Sumber : Rekayasa jalan,Ir.Sony Sulaksono,M.Sc)

3) Stadium III : Gaya sentrifugal diimbangi dengan gaya gesek dan kemiringan melintang jalan



Gambar 2.12 Gaya Sentrifugal Diimbangi Dengan Gaya Gesek Dan Kemiringan Melintang Jalan

Penurunan Rumus:

$$F \max = K \dots\dots\dots (2.15)$$

$$(FL + FR) + G \sin = K \cos \alpha \dots\dots\dots (2.16)$$

$$(NL + NR) f + G \sin = K \cos \alpha \dots\dots\dots (2.17)$$

$$G \cos \cdot f + G \sin = m \cdot g \cos \alpha \dots\dots\dots (2.18)$$

$$G \cos \alpha \cdot f + G \sin \alpha = \frac{G}{g} \times \frac{V^2}{R} \cos \alpha : G \cos \alpha \dots\dots\dots (2.19)$$

$$f + \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{V^2}{gR} g = 9,8 \text{ m/s}^2 \dots\dots\dots (2.20)$$

$$\text{Ket : } g = \frac{\frac{98}{1}}{\frac{3600}{1}} \text{ km/jam}^2$$

$$g = 127.000 \text{ km/jam}^2$$

$$f + \text{tg } \alpha = \frac{V^2}{127000.R} \times \frac{1}{1000}$$

$$f + \text{tg } \alpha = \frac{V^2}{127.R}$$

$$f + e = \frac{V^2}{127.R} \dots\dots\dots (2.21)$$

(Sumber : Rekayasa jalan,Ir.Sony Sulaksono,M.Sc)

Dari ketiga keseimbangan di atas diperoleh kesimpulan yaitu:

$$\text{Pada stadium I : } R_{\min} = \frac{V^2}{127fm} \dots\dots\dots (2.22)$$

$$\text{Pada stadium II : } R_{\min} = \frac{V^2}{127e_m} \dots\dots\dots (2.23)$$

$$\text{Pada stadium III : } R_{\min} = \frac{V^2}{127(e_m+fm)} \dots\dots\dots (2.24)$$

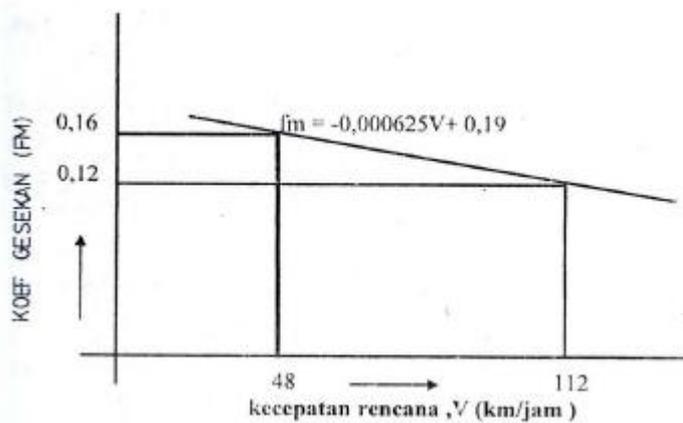
Rumus dasar dari kendaraan yang melintasi tikungan menurut bina margas adalah sbb:

$$e + f = \frac{V^2}{127.R} \dots\dots\dots (2.25)$$

Dengan :

- e = Superelevasi
- f = Faktor gesekan samping
- V = Kecepatan rencana (km/jam)
- R = Jari-jari tikungan (m)

Grafik 2.1 Koefisien Gesekan Melintang Maksimum Untuk Desain



(Sumber : Buku Teknik Sipil, Ir. Sunggono KH)

Tabel 2.13 Rekomendasi AASHTO Untuk Koefisien Gesekan Samping

Kecepatan Rencana (mph)	20	30	40	50	60	70	80
Kecepatan Rencana (km/jam)	32	48	64	80	97	113	129
Koefisien	0,17	0,16	0,15	0,14	0,12	0,10	0,08

(Sumber: Teknik Jalan Raya, Clarkson H.Oglesby)

2.6.4 Tikungan

Bagian yang sangat kritis pada alinyemen horizontal adalah bagian tikungan, dimana terdapat gaya sentrifugal ini mendorong kendaraan secara radial keluar jalur. Atas dasar ini maka perencanaan tikungan agar dapat memberikan keamanan dan kenyamanan perlu memperhatikan hal-hal berikut :

2.6.4.1 Jari-jari Minimum

Agar kendaraan stabil pada saat melalui tikungan, perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi. Pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi, akan terjadi gesekan arah melintang jalan antara ban kendaraan dengan permukaan aspal yang menimbulkan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang.

Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu ditentukan jari-jari minimum untuk superelevasi maksimum dapat dilihat pada tabel 2.14.

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

VR (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Rmin (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

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

2.6.4.2 Jenis-Jenis Tikungan

Didalam suatu perencanaan garis lengkung maka perlu diketahui hubungan kecepatan rencana dengan kemiringan melintang jalan (superelevasi) karena garis lengkung yang direncanakan garis 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 tangan relatif kecil atas dasar ini maka perencanaan tikungan

dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi bagi pengguna jalan raya, dalam merencanakan tikungan harus memperhatikan hal-hal berikut :

a. 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 yang berubah secara berangsur-angsur, baik ketika kendaraan mendekati tikungan maupun meninggalkan tikungan.

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

- Lama waktu perjalanan di lengkung peralihan perlu dibatasi untuk menghindari kesan perubahan alinyemen yang mendadak, ditetapkan 3 detik (pada kecepatan Vr)

$$L_s = \frac{V_R}{3.6} \times T \dots\dots\dots (2.26)$$

Dimana:

T = waktu tempuh pada lengkung peralihan, ditetapkan 3 menit

VR= kecepatan rencana (km/jam)

- Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan dapat diantisipasi berangsur-angsur pada lengkung peralihan dengan aman

$$L_s = 0.022 \frac{V_R^3}{R_c \cdot C} - 2.727 \frac{V_R - e}{C} \dots\dots\dots (2.27)$$

Dimana:

Rc = jari-jari busur lingkaran

C = perubahan kecepatan, 0.3 – 1.0 m/dt3 (disarankan 0.4 m/dt3)

- Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan dari bentuk kelandaian normal kelandaian superelevasi penuh tidak boleh melampaui re-maks yang ditetapkan sebagai berikut:

Untuk $V_r \leq 70$ km/jam, re-maks = 0.035 m/m/detik

Untuk $V_r \leq 80$ km/jam, re-maks = 0.025 m/m/detik

$$L_s = \frac{e_m - e_n}{3.6\Gamma_e} \times VR \dots\dots\dots (2.28)$$

Dimana:

VR = kecepatan rencana (km/jam)

e_m = superelevasi maksimum

e_n = superelevasi normal

Γ_e = tingkat perubahan kemiringan melintang

b. Kemiringan Melintang

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

$$L_s' = (e + e_n) \cdot B \cdot 1/m \dots\dots\dots (2.29)$$

Dimana:

$1/m$ = landai relatif (%)

e = superelevasi (m/m')

e_n = kemiringan melintang normal (m/m')

B = lebar jalur (m)

c. Kebebasan Samping

Daerah bebas samping tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandangan pengemudi dari halangan benda-benda di sisi jalan (kebebasan 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 objek penghalang pandangan sehingga persyaratan J_h terpenuhi. Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

- Berdasarkan jarak pandang henti

$$M = R (1 - \cos \theta) \dots\dots\dots (2.30)$$

- Berdasarkan jarak pandang mendahului

$$M = R (1 - \cos \theta) + \frac{1}{2} (S - L) \sin \theta \dots\dots\dots (2.31)$$

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)

Jenis tikungan *full circle* ini merupakan jenis tikungan yang paling ideal ditinjau dari segi keamanan dan kenyamanan pengemudi dan kendaraannya, namun apabila ditinjau dari penggunaan lahan dan biaya pembangunan 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 yang tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

V (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Rmin (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60

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

Untuk tikungan yang jari-jarinya lebih kecil dari angka diatas maka bentuk tikungan yang dipakai adalah *Spiral Circle Spiral*.

Adapun rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *full circle*, yaitu :

$$T = R \tan \frac{\Delta}{2} \dots\dots\dots (2.32)$$

$$E = T \tan \frac{\Delta}{4} \dots\dots\dots (2.33)$$

$$L_c = \frac{\Delta}{180} \pi R \dots\dots\dots (2.34)$$

Dimana:

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen

T_c = Jarak T_c ke PI

R = Jari-jari

E_c = Jarak PI ke busur lingkaran

L_c = Panjang busur lingkaran

L_s = Lengkung peralihan fiktif

D = Derajat lengkung

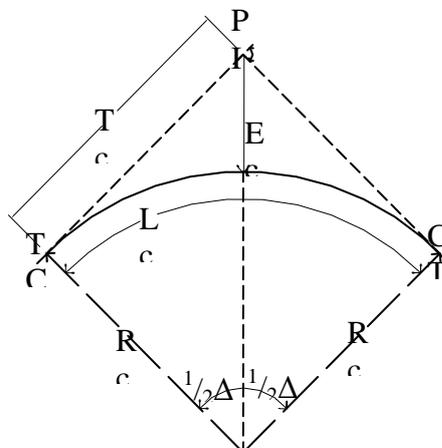
V = Kecepatan

B = Lebar jalan

C = Perubahan percepatan

F_m = Koefisien gesekan melintang = $0,19 - 0,000625 V$

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



Gambar 2.13 Bentuk Tikungan *Full Circle*

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

2) Lengkung *Spiral-Circle-Spiral* (S-C-S)

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 :

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

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} T \dots\dots\dots(2.35)$$

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

$$L_s = 0,022 \frac{V_R^3}{R_c \cdot C} - 2,727 \frac{V_R \cdot e}{C} \dots\dots\dots(2.36)$$

- Berdasarkan tingkat pencapaian kelandaian:

$$L_s = \frac{(e_p - e_n)}{3,6 \cdot r_e} x V_R \dots\dots\dots(2.37)$$

Dimana:

T = Waktu tempuh (3 detik)

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

R_c = Jari-jari lingkaran (m)

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

E = Superelevasi (%)

e_p = Superelevasi penuh (%)

e_n = Superelevasi normal (%)

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

- Untuk $V_R \leq 70$ km/jam nilai r_e mak = 0,035 m/m/det
- Untuk $V_R \geq 80$ km/jam nilai r_e mak = 0,025 m/m/det

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

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40Rc^2} \right) \dots\dots\dots (2.38)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6Rc} \dots\dots\dots (2.39)$$

$$\theta_s = \frac{90}{\pi} \frac{L_s}{Rc} \dots\dots\dots (2.40)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6Rc} - Rc(1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots (2.41)$$

$$k = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40Rc^2} \right) - Rc \sin \theta_s \dots\dots\dots (2.42)$$

$$T_s = \sqrt{Rc + p} \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots\dots\dots (2.43)$$

$$E_s = \frac{(Rc + p)}{\cos \frac{1}{2}(\Delta)} - Rc \dots\dots\dots (2.44)$$

$$L_c = \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \pi Rc \dots\dots\dots (2.45)$$

$$L_{tot} = L_c + 2L_s \dots\dots\dots (2.46)$$

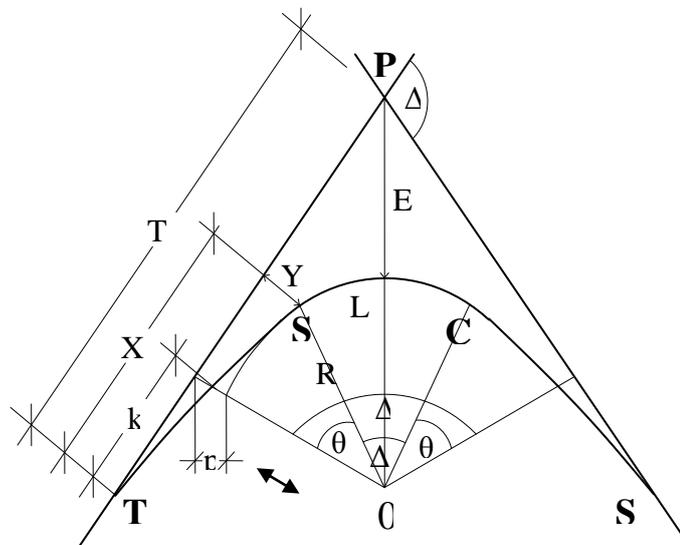
Kontrol : $L_{tot} < 2.T_s$

Dimana:

- L_s = panjang lengkung peralihan
 X_s = absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC
 Y_s = ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen
 L_c = panjang busur lingkaran
 T_s = panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST

E_s	=	jarak dari PI ke busur lingkaran
θ_s	=	sudut lengkung spiral
Δ	=	sudut tangen
R_c	=	jari-jari lingkaran
p	=	pergeseran tangen terhadap spiral
k	=	absis dari p pada garis tangen spiral

Jika diperoleh $L_c < 25$ m, maka sebaiknya tidak digunakan bentuk 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 2.14



Gambar 2.14 Bentuk Tikungan *Spiral Circle Spiral*

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

3) Lengkung *Spiral-Spiral* (S-S)

Spiral-Spiral (S-S) yaitu bentuk tikungan yang digunakan pada keadaan yang sangat tajam. Untuk *spiral-spiral* ini berlaku rumus sebagai berikut:

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots(2.47)$$

$$L_{tot} = 2L_s \dots\dots\dots(2.48)$$

Untuk menentukan L_s , dapat menggunakan rumus:

tertentu seperti tikungan yang tumpu. Ini termasuk pada jari-jari tikungan serta kecepatan rencana yang di tetapkan. (Shirley ,2000)

2.6.4.4 Diagram Superelevasi

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

- a) Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.
- b) 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).
- c) Pada tikungan FC, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear diawali dari bagian lurus sepanjang $\frac{2}{3}L_s$ sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang $\frac{1}{3}L_s$.
- d) Pada tikungan S-S, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.
- e) 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.

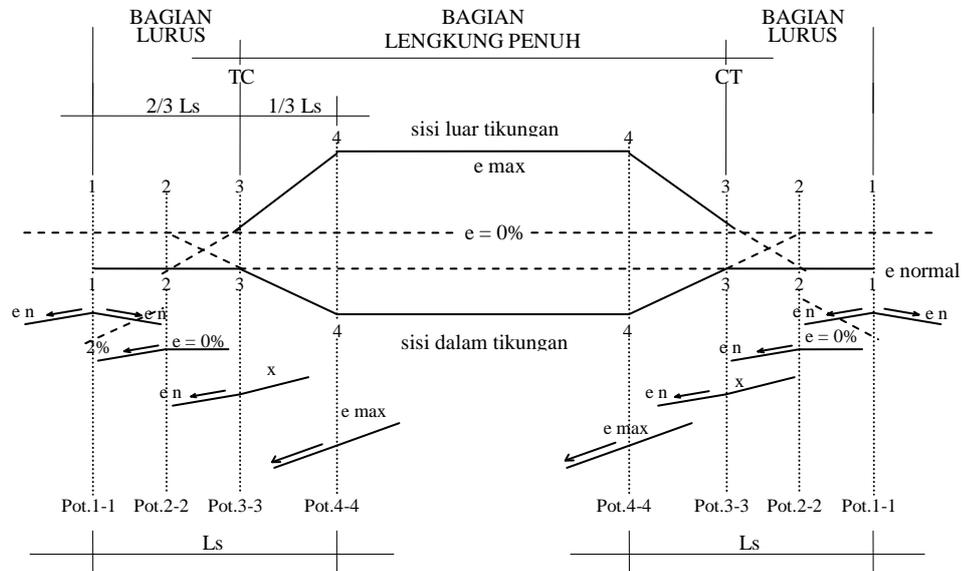
Ada tiga cara untuk superelevasi yaitu :

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 sebagai berikut :

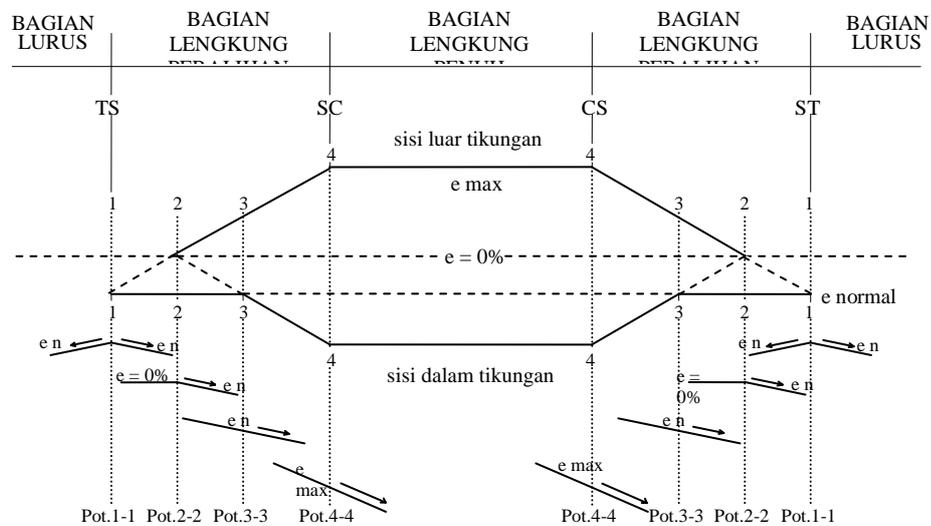
1) Tikungan *Full Circle* (FC)



Gambar 2.16 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Full Circle*

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

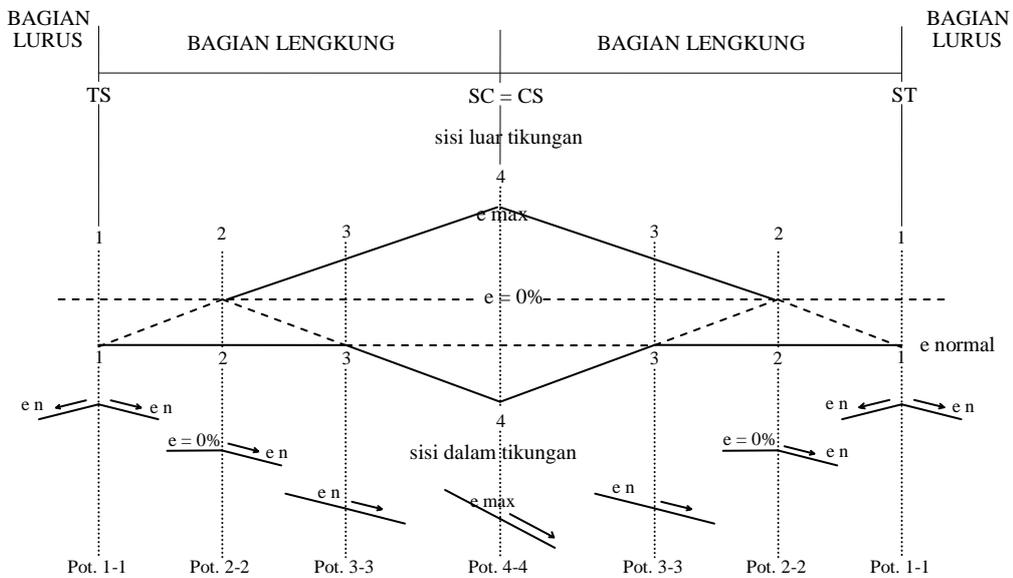
2) Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (S-C-S)



Gambar 2.17 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

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

3) Tikungan *Spiral-Spiral* (S-S)



Gambar 2.18 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Spiral*

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

2.6.5 Landai relatif

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

$$Ls' = \frac{e + e_n}{\%} \cdot B \cdot \frac{1}{m} \dots\dots\dots (2.150)$$

Dimana :

- $\frac{1}{m}$ = landai relatif, (%)
- e = superelevasi, (m/m')
- e_n = kemiringan melintang normal, (m/m')
- B = lebar lajur, (m)

2.6.6 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:

$$B = \sqrt{\sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25} + 64 - \sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25 \dots\dots\dots(2.51)$$

$$Rc = \text{radius lajur sebelah dalam} - \frac{1}{4} \text{ lebar perkerasan} + \frac{1}{2} b \dots\dots\dots(2.52)$$

$$Z = \frac{0,105 \times V}{\sqrt{R}} \text{ (2.22)} \dots\dots\dots (2.53)$$

$$Bt = n(B + C) + Z \dots\dots\dots(2.54)$$

$$\Delta b = Bt - Bn \dots\dots\dots (2.55)$$

Dimana :

b = lebar kendaraan, (m)

Rc = 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)

Bt = lebar total perkerasan di tikungan, (m)

Bn = 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)

2.6.7 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 Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997 Hal 20, 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 Perencanaan 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 2.16

Tabel 2.16 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, hal 21; 199)

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 2.17

Tabel 2.17 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, hal 21; 199)

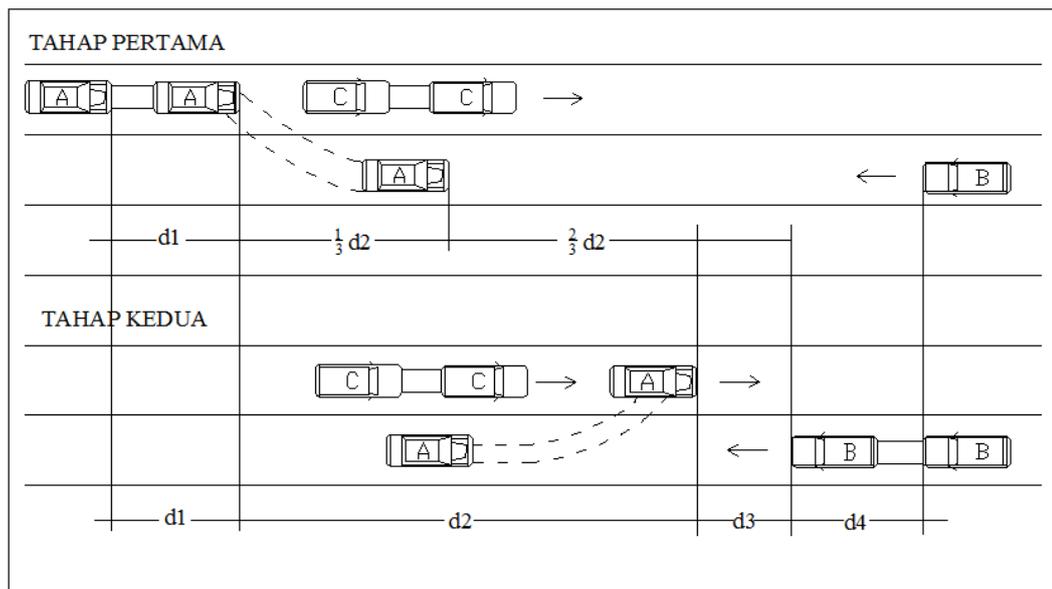
Daerah yang mendahului harus disebar di sepanjang jalan dengan jumlah panjang minimum 30% dari panjang total ruas jalan tersebut.

Adapun asumsi yang diambil dalam perhitungan adalah :

- Kendaraan yang disalip berjalan dengan kecepatan tetap.
- Sebelum penyiap berada di jalur lawan, ia telah mengurangi kecepatannya selama mengikuti kendaraan yang akan disalip.
- 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 2.19



Gambar 2.19 Proses Gerakan Mendahului

Keterangan : A = Kendaraan yang mendahului

B = Kendaraan yang berlawanan arah

C = Kendaraan yang didahului kendaraan A

d_1 = Panjang awal dari jarak kendaraan yang mendahului

d_2 = Panjang jarak pada saat kendaraan mendahului

d_3 = Panjang jarak antara kendaraan yg berlawanan arah

d_4 = Panjang awal dari jarak kendaraan yang didahului

Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

- a. Berdasarkan jarak pandang henti

$$M = R (1 - \cos \theta) \dots\dots\dots(2.56)$$

- b. Berdasarkan jarak pandang mendahului

$$M = R (1 - \cos \theta) + \frac{1}{2} (S - L) \sin \theta \dots\dots\dots(2.57)$$

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)

2.6.8 *Stasioning*

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

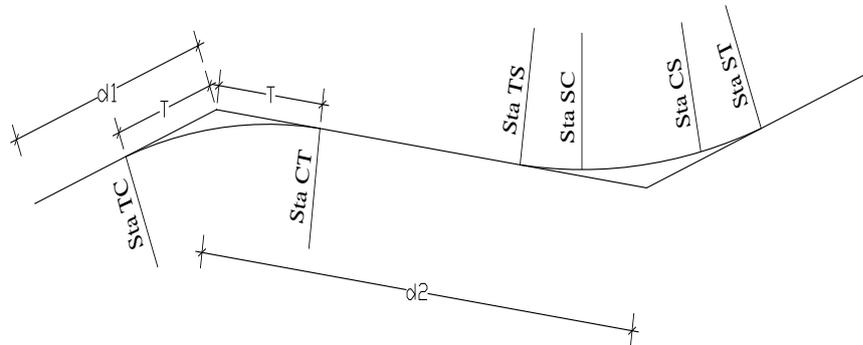
- 1) Setiap 100 m, untuk daerah datar
- 2) Setiap 50 m, untuk daerah bukit
- 3) Setiap 25 m, untuk daerah gunung

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

- a. 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.

- b. 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 2.20 Sistem Penomoran Jalan

2.7 Alinyemen Vertikal

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

Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan alinyemen vertikal:

- a) Landai maksimum
- b) Panjang landai kritis
- c) Lengkung vertikal

2.7.1 Landai Maksimum

Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997:

- 1) Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti.
- 2) Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan

penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.

- 3) Kelandaian maksimum untuk berbagai V_r

Tabel 2.18 Landai Maksimum

V_r (Km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40
Kelandaian maximum (%)	3	3	4	5	8	9	10	10

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

2.7.2 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.

Tabel 2.19 Panjang Landai Kritis

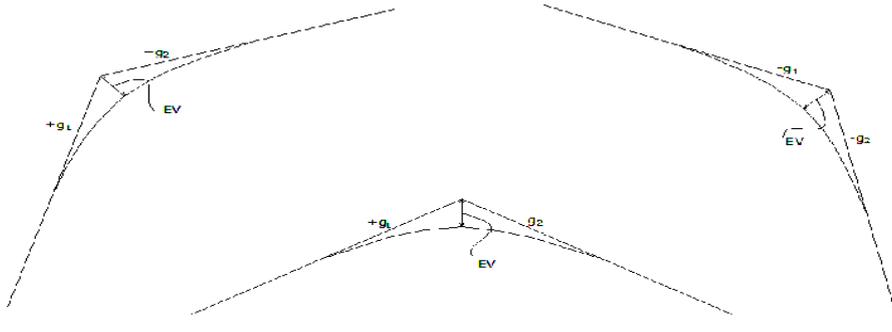
Kecepatan pada awal tanjakan (km/jam)	Kelandaian(%)						
	4	5	6	7	8	9	10
80	630	460	360	270	230	230	200
60	320	210	160	120	110	90	80

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

2.7.3 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 (Sukirman,1999)

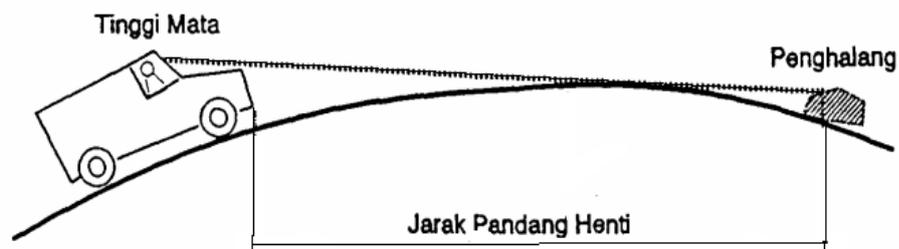
- a) Lengkung Vertikal Cembung



Gambar 2.21 Lengkung Vertikal Cembung

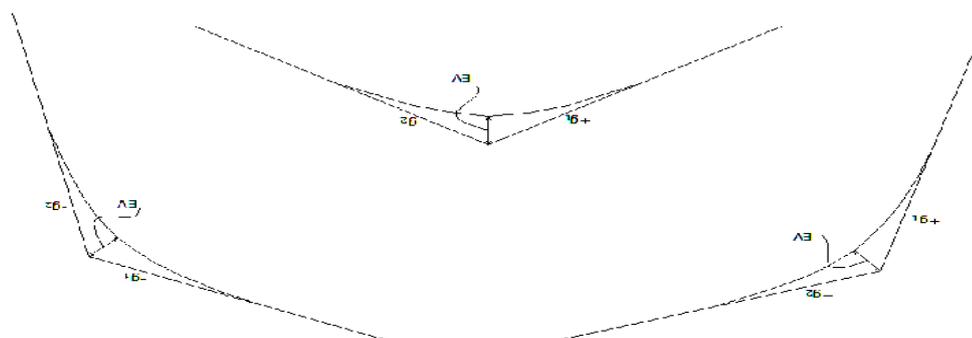
Keterangan:

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



Gambar 2.22 Jarak pandang Lengkung Vertikal Cembung

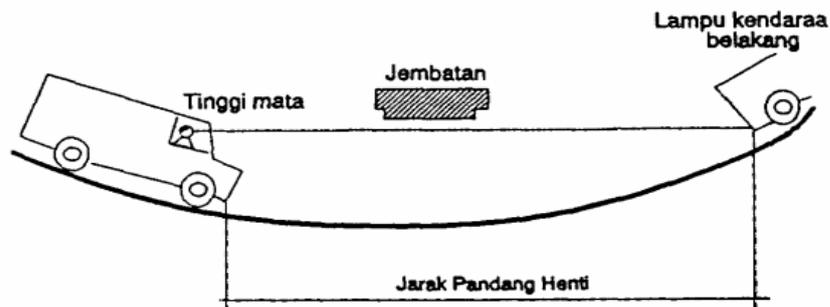
b) Lengkung Vertikal Cekung



Gambar 2.23 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



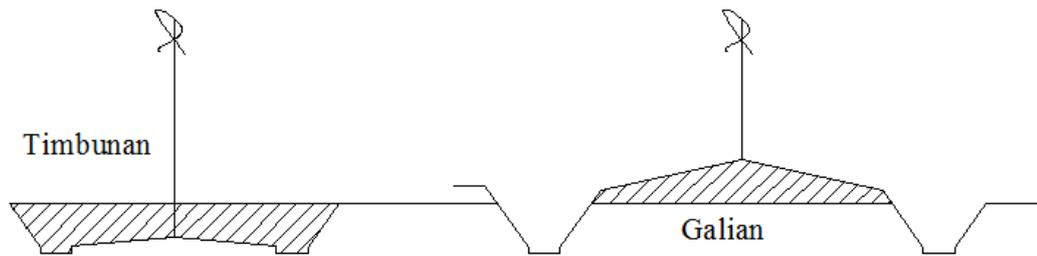
Gambar 2.24 Jarak Pandang Lengkung Vertikal Cekung

2.8 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:

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



Gambar 2.25 Galian dan Timbunan

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

Tabel 2.20 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 Suryadharma, 1999)

2.9 Tebal Perkerasan

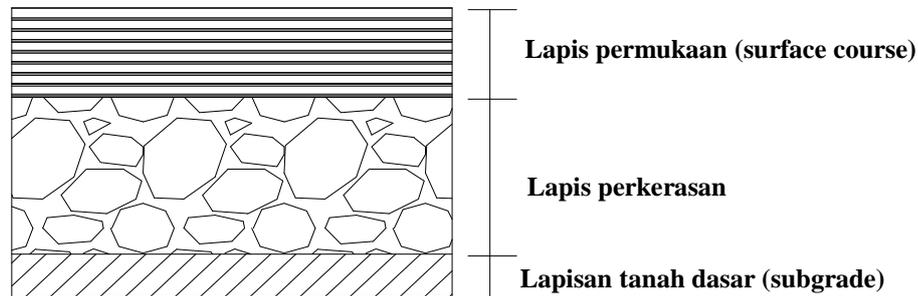
Perkerasan jalan adalah suatu bagian konstruksi jalan yang terletak diatas tanah dasar yang bertujuan untuk melewati lalu lintas dengan aman dan nyaman serta menerima dan meneruskan beban lalu lintas ke tanah dasar.

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

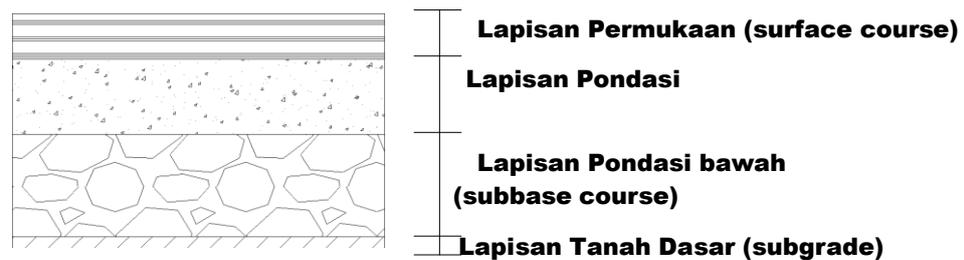
tanpa tulangan di letakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton



Gambar 2.26 Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)

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 2.27 Perkerasan Lentur (Flexible Pavement)

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.

3) Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composit flexible*)

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

2.9.1 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.

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.

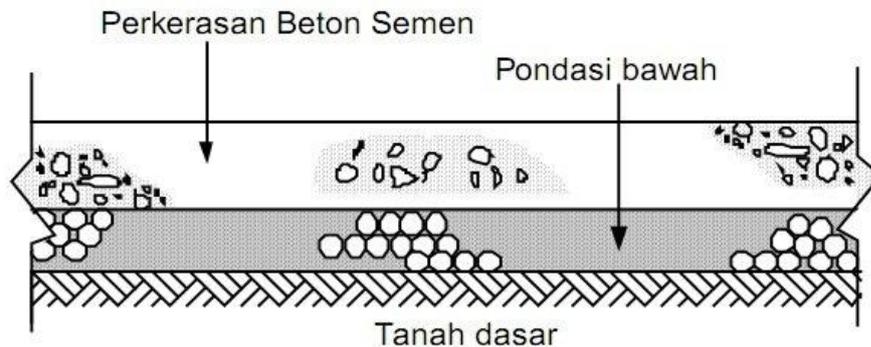
2.9.2 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

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 2.28 Susunan Lapisan Perkerasan Kaku

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

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

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

Keuntungan pemakaian perkerasan kaku, yaitu:

- a. *Life-cycle-cost* lebih murah dari pada perkerasan aspal.
- b. Perkerasan kaku lebih tahan terhadap serangan air.
- c. Tidak terlalu peka terhadap kelalaian pemeliharaan.
- d. Tidak terlalu peka terhadap kelalaian pemanfaatan (*overloading*).
- e. Memiliki umur rencana yang lebih lama.
- f. Semen diproduksi dalam negeri sehingga tidak tergantung dari *import*.
- g. Keseluruhan tebal perkerasan jauh lebih kecil dari pada perkerasan aspal sehingga dari segi lingkungan/ *environment* lebih menguntungkan.

Kerugian dalam pemakaian perkerasan kaku, yaitu :

- a. Permukaan perkerasan beton semen mempunyai *riding comfort* yang lebih jelek dari pada perkerasan aspal, yang akan sangat terasa melelahkan untuk perjalanan jauh.
- b. Warna permukaan yang keputih-putihan menyilaukan di siang hari, dan marka jalan (putih/kuning) tidak kelihatan secara kontras.
- c. Perbaikan kerusakan seringkali merupakan perbaikan keseluruhan konstruksi perkerasan sehingga akan sangat mengganggu lalu lintas.
- d. Biaya yang dikeluarkan tergolong mahal
- e. Pelapisan ulang/ *overlay* tidak mudah dilakukan.
- f. Perlunya waktu untuk menunggu perkerasan menjadi kaku ± 28 hari.
- g. 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

2.9.2.1 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 Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003 ada empat jenis perkerasan kaku :

- a. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan
- b. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan
- c. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan
- d. 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 (*fleksibility*)

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 dalam pelaksanaan menentukan tingkat efisien.

2.9.2.2 Faktor yang Mempengaruhi Perencanaan Perkerasan Kaku

Menurut pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003 terdapat beberapa persyaratan teknis dalam merencanakan 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 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.

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 :

$$\widehat{CBR} = \overline{CBR} - (CBR_{maks} - CBR_{min}) / R \dots\dots\dots (2.58)$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam satu segmen. Nilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada tabel 2.21 dibawah ini.

Tabel 2.21 Nilai R untuk Perhitungan CBR Segmen

Jumlah Titik	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,57

(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 Spada 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*)

a) Stabilisasi material berbutir dengan kadar bahan pengikat yang sesuai dengan hasil perencanaan, untuk menjamin kekuatan campuran dan ketahanan terhadap erosi. Jenis bahan pengikat dapat meliputi semen, kapur, serta abu terbang dan/atau *slag* yang dihaluskan.

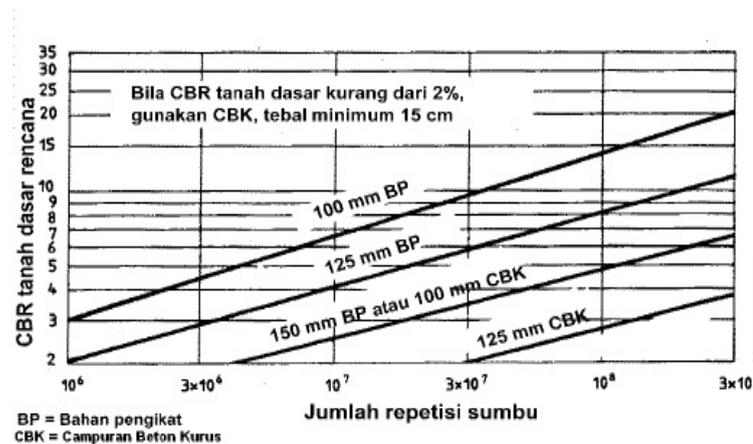
b) Campuran beraspal bergradasi rapat (*dense-graded asphalt*).

c) Campuran beton kurus giling padat yang harus mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5 MPa (55 kg/cm^2).

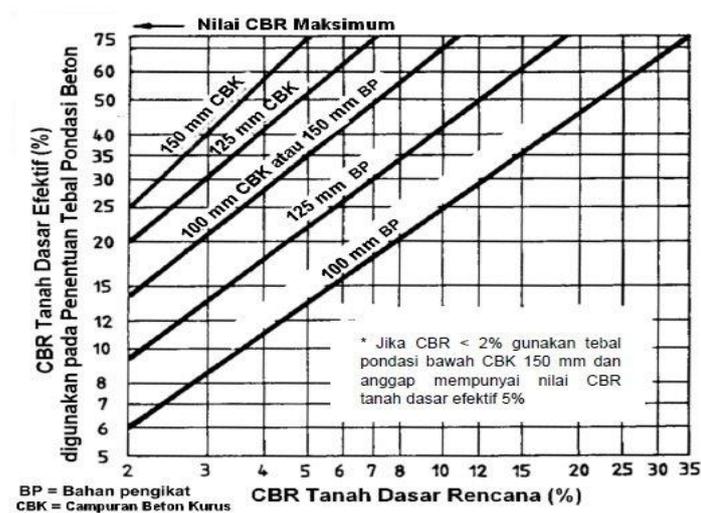
c. Campuran beton kurus (*Lean Mix Concrete*)

Campuran Beton Kurus (CBK) harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum 5 MPa (50 kg/cm^2) tanpa menggunakan abu terbang, atau 7 MPa (70 kg/cm^2) bila menggunakan abu terbang, dengan tebal minimum 10 cm.

Bila 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 2.29 dan CBR tanah dasar efektif didapat dari gambar 2.30



Gambar 2.29 Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Beton Semen



Gambar 2.30 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah

3. 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_{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:

- 1) Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
- 2) Sumbu tunggal roda ganda (STRG)
- 3) Sumbu tandem roda ganda (SGRG)

a. 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 :

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

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
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)

b. 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.

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 2.23

Tabel 2.23 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi

Lebar perkerasan (L_p)	Jumlah lajur (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	0,70	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. 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 2.24

Tabel 2.24 Faktor Keamanan Beban (F_{kb})

No.	Penggunaan	Nilai F_{KB}
1	Jalan bebas hambatan utama (<i>major freeway</i>) dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data 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)

2.9.3 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 :

- 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 :

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

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

Dimana :

A_t = Luas penampang tulangan per meter panjang sambungan (mm²).

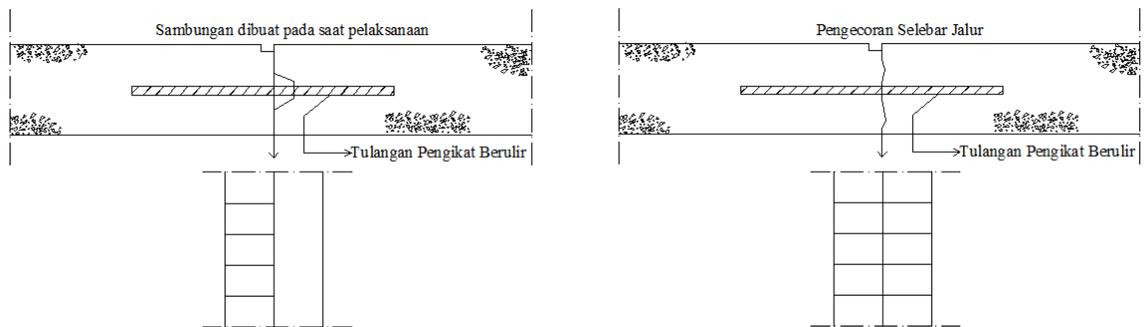
b = Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m).

h = Tebal pelat (m)

l = Panjang batang pengikat (mm)

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

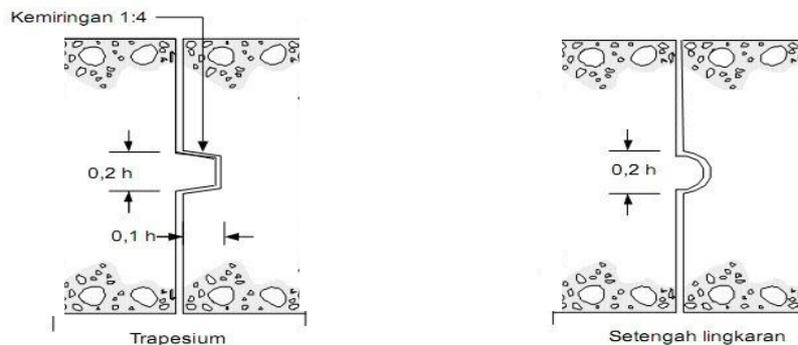
Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm. Tipikal sambungan memanjang diperlihatkan pada gambar 2.19



Gambar 2.31 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 2.19.



Gambar 2.32 Ukuran Standar Penguncian Sambungan Memanjang

Sebelum penghamparan pelat beton di sebelahnya, permukaan sambungan pelaksanaan harus dicat dengan aspal atau kapur tembok untuk

mencegah terjadinya ikatan beton lama dengan yang baru.

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.

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 2.33 dan gambar 2.34



Gambar 2.33 Sambungan Susut Melintang Tanpa Ruji



Gambar 2.34 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 2.25

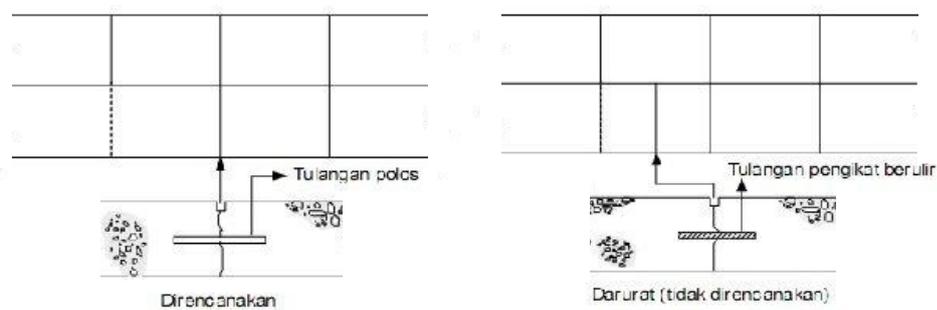
Tabel 2.25 Diameter Ruji

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

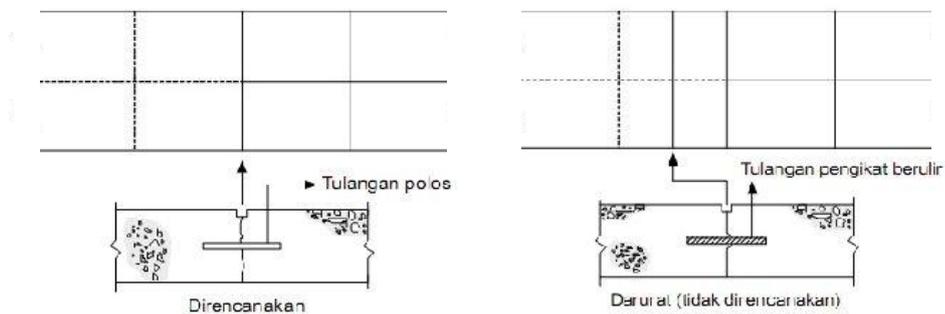
(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

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.



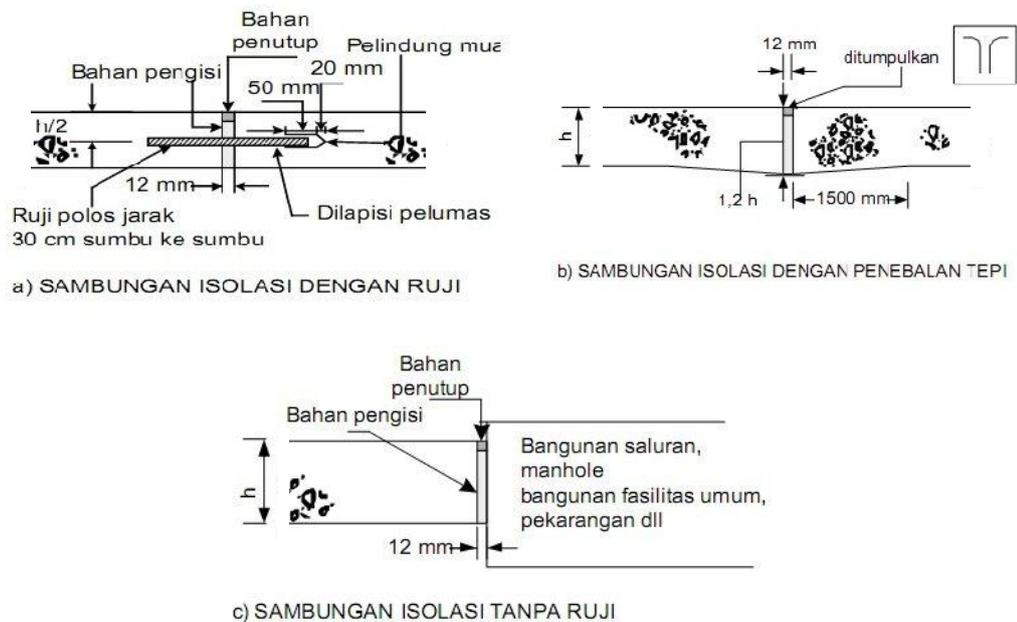
Gambar 2.35 Sambungan Pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran per lajur



Gambar 2.36 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 2.25.

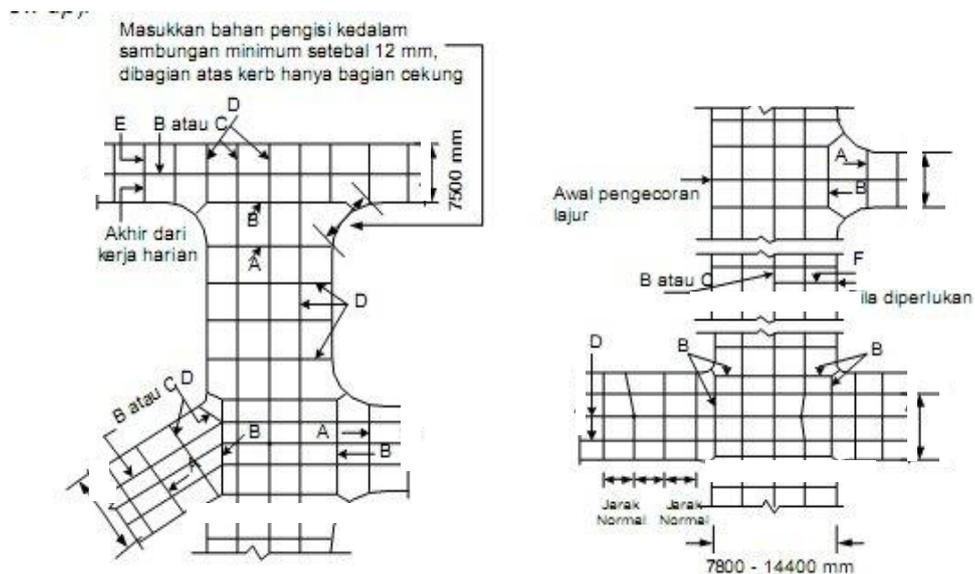


Gambar 2.37 Sambungan Isolasi

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 2.38 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

2.9.4 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%.

2.9.5 Penulangan

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 ini 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 :

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

2.fs

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 2.26 dibawah ini :

Tabel 2.26 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		1,5
3	Laburan parafin tipis pemecah ikat 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

a) Penulangan memanjang

Tulangan memanjang yang dibutuhkan pada perkerasan beton semen bertulang menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan berikut $P_s = \frac{100 \cdot f_{ct} \cdot (1,3 - 0,2\mu)}{f_y - n f_{ct}}$ (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)

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 2.27 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 :

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

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)

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 12 mm dan 20 mm.

b) 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:

- Diameter batang ulir tidak lebih kecil dari 12 mm.

- Jarak maksimum tulangan dari sumbu-ke-sumbu 75 cm.

c) Penempatan tulangan

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

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.

2.10 Bangunan Pelengkap

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

2.10.1 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 :

a. 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:

1. Saluran Samping

Saluran samping adalah saluran yang berada di sisi jalan yang dapat langsung menampung air dari badan jalan dan mengalirkannya keluar dari badan jalan.

2. Saluran Pembuang

Saluran pembuang berfungsi untuk mengalirkan air dari saluran samping ke tempat pembuangan yang lebih rendah seperti sungai, rawa atau kolam.

3. Saluran Penangkap

Saluran penangkap berfungsi untuk mengalirkan air permukaan dari daerah yang lebih tinggi, sebelum air mencapai badan jalan.

4. 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.

b. 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.

2.10.1.1 Prinsip dan Pertimbangan Perencanaan Drainase

1) Prinsip-prinsip umum perencanaan 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 perencanaan 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.

2.10.1.2 Persyaratan Teknis Perencanaan Drainase

Menurut Perencanaan Sistem Drainase Jalan, 2006 hal-hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan 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) Segmen 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 (A_1), luas bahu jalan (A_2) dan luas daerah di sekitar (A_3).
- 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 menampung air dari luas daerah layanan daerah sekitar (A_3).

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 saturasi tidak melebihi kapasitasnya akibat daerah pengaliran yang terlalu luas. Harga faktor limpasan (fk) disesuaikan dengan kondisi permukaan tanah, seperti pada tabel 2.28

Tabel 2.28 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.

$$C = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + C_3A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \dots\dots\dots (2.68)$$

Dimana :

C1, C2, C3, = Koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan

A1, A2, A3 = Luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan

fk = 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.

$$T_c = t_1 + t_2 \text{ atau } T_c = t_o + t_d \dots\dots\dots (2.69)$$

$$t_1 = \frac{2}{3} \times 3,28 \times l_0 \times \left(\frac{nd}{\sqrt{i_s}} \right)^{0,16} \dots\dots\dots (2.70)$$

$$t_2 = \frac{L}{60 \times V} \dots\dots\dots (2.71)$$

Dimana :

T_c = Waktu konsentrasi (menit)

t_1/t_0 = Waktu untuk mencapai awal saluran dari titik terjauh (menit)

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

l_0 = 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 2.29 Kemiringan Saluran Memanjang (i_s)

No	Jenis material	Kemiringan saluran i_s (%)
1	Tanah asli	0 – 5
2	Kerikil	5 – 7,5
3	Pasangan	7,5

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

Tabel 2.30 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 rimbun 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.

Formulasi perhitungan intensitas curah hujan perhitungan ini dilakukan sesuai SNI 03-241-1991, metode perhitungan debit banjir

9) Untuk menghitung debit aliran air (Q) menggunakan rumus :

$$Q = 1/3,6 C.I.A \dots\dots\dots (2.72)$$

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

2.10.2 Kriteria Perencanaan Saluran Samping dan Gorong-gorong

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

1) Saluran samping

Bahan bangunan saluran ditentukan oleh besarnya kecepatan rencana aliran air yang mengalir di saluran samping jalan tersebut. Seperti pada tabel 2.31

Tabel 2.31 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 2.32

Tabel 2.32 Kemiringan Saluran Air Berdasarkan Jenis Material

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

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

Penampang minimum saluran 0,50 m².

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. dalam perencanaan dan pelaksanaan gorong-gorong dianjurkan berpedoman pada standarisasi bertujuan untuk mempermudah pekerjaan ,sehingga tercapainya kelancaran pembangunan gorong-gorong.

a. Dimensi gorong-gorong persegi beton bertulang

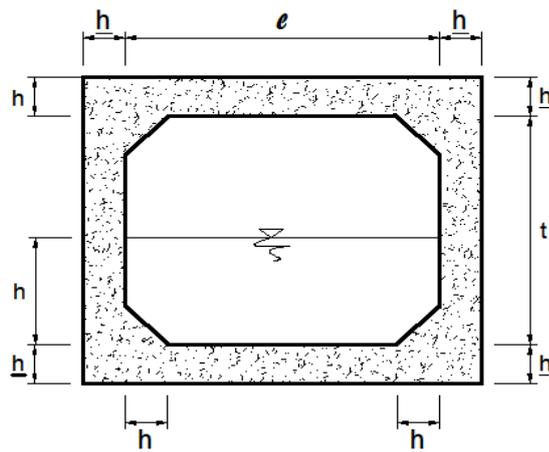
Pada umumnya struktur beton bertulang mengalami tegangan tarik yang cukup besar akibat adanya gaya-baya luar yang ada. Tegangan tarik yang ditimbulkan oleh gaya-gaya luar tersebut ditahan oleh tuulangan tarik yang ada pada striktur beton bertulang.

Kontruksi gorong-gorong persegi standar, direncanakan sesuai standar tipe single, Panjang gorong-gorong persegi, merupakan lebar jalan ditambah

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

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 menghinadri penggunaan tulangan dengan ukuran dan diameter yang beragam.

Bentuk segmen penulangan yang sederhana dan praktis di beberapa segmen gorong-gorong dan beratnya diperhitungkan sedemikian rupa sehingga mudah dimensi tulangan dapat kita lihat pada gambar 2.39 dan tabel berikut :



Gambar 2.39 Dimensi Gorong-gorong Persegi

IV. DAFTAR VOLUME BETON DAN BERAT BESI TULANGAN YANG DIGUNAKAN

l	Tipe Single		V. Box per m [m ³]	V. Sayap Total [m ³]	Volume Beton untuk Lebar Perkerasan Jalan [m ³]				Berat Besi Tulangan untuk Box per m [kg]				Berat Besi Tulangan pada Sayap [kg]				Berat Besi Tulangan Total untuk Lebar Perkerasan Jalan [kg]				
	t	h			3.5 m	4.5 m	6.0 m	7.0 m	φ10mm	φ12mm	φ16mm	φ19mm	φ10mm	φ12mm	φ16mm	3.5 m	4.5 m	6.0 m	7.0 m		
100	100	16	0.794	3.255	8.10	8.89	10.08	10.87	73	0	40	0	0	649	0	0	0	1340	1453	1623	1737
100	150	17	1.023	4.652	10.89	11.92	13.45	14.48	84	0	53	0	0	694	0	0	0	1534	1672	1878	2016
100	200	18	1.274	6.385	14.16	15.43	17.35	18.62	98	0	68	0	0	0	0	0	626	1638	1804	2053	2219
200	100	22	1.610	4.583	14.41	16.02	18.43	20.04	92	0	0	80	0	679	0	0	0	1728	1900	2158	2330
200	150	23	1.927	6.084	17.84	19.77	22.66	24.59	119	0	0	93	0	558	0	0	0	1852	2064	2382	2594
200	200	25	2.375	8.025	22.51	24.89	28.45	30.83	133	0	0	109	0	558	0	0	664	2699	2941	3305	3547
200	250	26	2.746	10.218	26.97	29.71	33.83	36.58	144	0	0	125	0	550	14	878	14	3079	3347	3749	4017
200	300	28	3.270	12.888	32.84	36.11	41.01	44.28	158	0	0	156	0	550	14	1972	14	4449	4763	5233	5547
300	150	28	2.990	7.362	25.60	28.59	33.08	36.07	145	0	0	140	0	758	14	0	0	2511	2797	3224	3510
300	200	30	3.540	9.384	30.98	34.52	39.83	43.37	156	0	0	153	0	661	14	272	14	2834	3143	3607	3916
300	250	30	3.840	11.544	34.97	38.81	44.57	48.41	166	0	120	0	0	560	0	790	0	3090	3376	3804	4089
300	300	30	4.140	14.004	39.26	43.40	49.61	53.75	81	136	131	0	0	550	14	2528	14	5213	5561	6082	6430

Catatan : Vbox per m = Volume beton yang dibutuhkan untuk gorong-gorong persegi tipe single selebar 1 meter.

Vsayap total = Volume beton yang dibutuhkan untuk kedua sayap (kiri dan kanan)

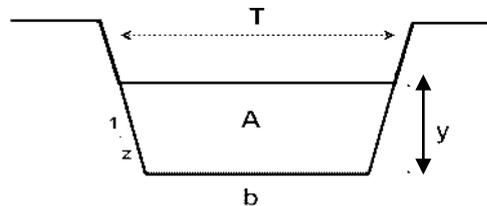
Bagi lebar perkerasan jalan yang tidak tercantum dalam tabel di atas, maka volume beton gorong-gorong persegi dihitung dengan rumus sebagai berikut :

Vbox per m x {"lebar perkerasan jalan yang sesuai" + 2 (1.00 + 0.30) } + Vsayap total [meter kubik]

2.10.3 Desain saluran samping dan gorong-gorong

Desain saluran dapat dibagi dalam beberapa jenis :

- 1) Saluran bentuk trapesium (saluran samping) :



Gambar 2.40 Saluran dengan Bentuk Trapesium

$$A = (b + z \cdot y) y \dots\dots\dots (2.73)$$

$$t = b + 2zy \dots\dots\dots (2.74)$$

$$D = \frac{A}{T} \dots\dots\dots (2.75)$$

$$V = K_{st} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \dots\dots\dots (2.76)$$

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots (2.77)$$

Penampang ekonomis:

$$b + 2zy = 2y \sqrt{z^2 + 1} \dots\dots\dots (2.78)$$

Tinggi Jagaan :

$$W = \sqrt{0,5 \times h} \dots\dots\dots (2.79)$$

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

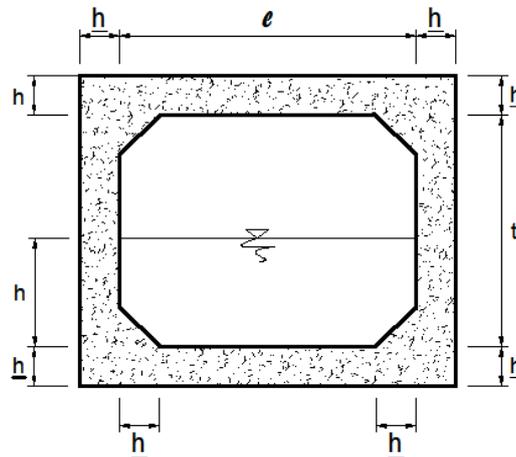
Q = Debit aliran air (m³/detik)

Z = Perbandingan kemiringan talud

W = Tinggi jagaan (m)

h = Tinggi muka air (m)

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



Gambar 2.41 Sketsa dengan Bentuk persegi

$$A = Q/V \dots\dots\dots (2.80)$$

$$b = 2h \dots\dots\dots (2.81)$$

$$A = l \times h \dots\dots\dots (2.82)$$

$$I = \frac{R_t}{24} \times \frac{24}{tc}^{2/3} \dots\dots\dots (2.83)$$

Tinggi Jagaan :

$$W = \overline{0.5 \times h} \dots\dots\dots (2.84)$$

Dimana :

A = luas penampang melintang (m^2)

l = lebar saluran (m)

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

W = tinggi jagaan

h = tinggi muka air (m)

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

I = intensitas curah hujan

2.11 Manajemen Proyek

2.11.1 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.

2.11.2 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 dilakukan 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.

2.11.3 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.

2.11.4 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

Yang dimaksud dengan anggaran biaya teliti, ialah 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.

2.11.5 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.

2.11.6 *Net Work Planning* (NWP)

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.

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.

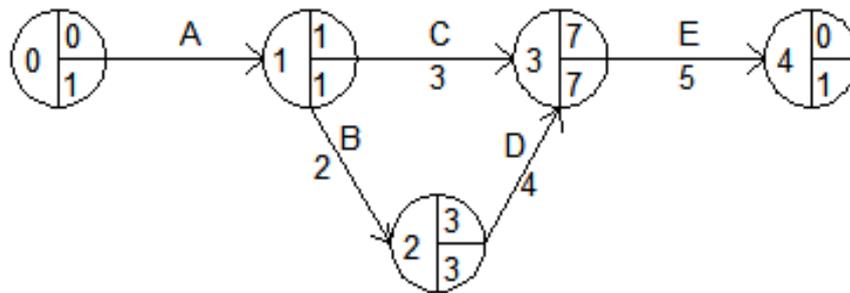
Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa yang *slack*/kelonggaran waktu.

2. Biaya untuk mempercepat pekerjaan

Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berdada 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 :

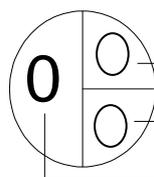
1. Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya *duration* maupun *resources* yang dibutuhkan.
2. Aktifitas-aktifitas apa yang mendahului dan aktifitas-aktifitas apa yang mengikuti.
3. Aktifitas-aktifitas apa yang dapat dilakukan 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.



Gambar 2.42 Sketsa Network Planning

Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP :

- \longrightarrow (*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
- \Longrightarrow (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*).
- \bigcirc (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan-kegiatan
- $- - \blacktriangleright$ (*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.



Earliest Event Time (EET) : Waktu penyelesaian paling awal

Latest Event Time (EET) : Waktu penyelesaian paling akhir

Kejadian (Event) : Urutan pekerjaan

Gambar 2.43 Simbol Kejadian

2.11.7 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.

2.11.8 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.