

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jalan Tol

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

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

2.1.1 Pengertian Jalan Tol

Jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang dimana pengguna diwajibkan untuk membayar. Jalan tol sebagai bagian dari sistem jaringan jalan umum merupakan lintas alternatif, namun dalam keadaan tertentu jalan tol dapat tidak merupakan lintas alternatif. (PP No 15 Tahun 2005).

Berdasarkan pasal 43 (UU No.38/2004), jalan tol diselenggarakan untuk :

1. Memperlancar lalu lintas di daerah yang telah berkembang.
2. Meningkatkan hasil guna dan daya guna pelayanan distribusi barang dan jasa guna menunjang peningkatan pertumbuhan ekonomi.
3. Meringankan beban dana pemerintah melalui partisipasi pengguna jalan.

4. Meningkatkan pemerataan hasil pembangunan dan keadilan.

Pengguna tol dikenakan kewajiban membayar tol yang digunakan untuk pengembalian investasi, pemeliharaan dan pengembangan jalan tol. Keberadaan jalan tol diharapkan secara langsung dapat mengurangi beban lalu lintas, kemacetan yang terjadi di jalan umum dan mengurangi polusi udara akibat kendaraan berjalan lambat atau macet.

Jalan tol memiliki peran strategis baik untuk mewujudkan pemerataan pembangunan maupun untuk pengembangan wilayah. Pada wilayah yang tingkat perekonomiannya telah maju, mobilitas orang dan barang umumnya sangat tinggi sehingga dituntut adanya sarana perhubungan darat atau jalan dengan mutu yang andal. Tanpa adanya jalan dengan kapasitas cukup dan mutu yang andal, maka dipastikan lalu lintas orang maupun barang akan mengalami hambatan yang pada akhirnya menimbulkan kerugian ekonomi.

2.1.2 Syarat-syarat Jalan Tol

Menurut pasal 44 (UU No.38/2004), syarat-syarat jalan tol adalah :

1. Jalan tol sebagai bagian dari sistem jaringan jalan umum merupakan lintas alternatif.
2. Jalan tol tidak dapat menjadi lintas alternatif dalam keadaan tertentu.
3. Jalan tol harus mempunyai spesifikasi dan pelayanan yang lebih tinggi daripada jalan umum yang ada.
4. Ketentuan lebih lanjut mengenai spesifikasi dan pelayanan jalan tol sebagaimana dimaksud pada ayat (3) diatur dalam Peraturan Pemerintah.

2.2 Perancangan Geometrik Jalan

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

dusahakan untuk dapat menciptakan hubungan yang serasi antara faktor-faktor yang berkaitan dengan parameter tersebut, sehingga akan dihasilkan suatu efisiensi, keamanan serta kenyamanan yang paling optimal, dalam batas-batas pertimbangan toleransi yang masih dianggap layak.

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

2.2.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putanya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Dilihat dari bentuk, ukuran, dan daya dari kendaraan - kendaraan yang mempergunakan jalan, Untuk perencanaan setiap kelompok diwakili oleh satu ukuran standar, dan disebut sebagai kendaraan rencana, kendaraan - kendaraan tersebut dikelompokkan menjadi :

1. Kendaraan ringan/kecil (LV)

Kendaraan ringan / kecil adalah kendaraan bermotor ber as dua dengan empat roda dan dengan jarak as 2,0 – 3,0 m (meliputi : mobil penumpang, oplet, microbus, pick up dan truck kecil sesuai system klasifikasi Bina Marga).

a. Kendaraan sedang (MHV) Kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5 - 5,0 (termasuk bus kecil, truk dua as dengan enam roda, sesuai system klasifikasi Bina Marga).

b. Kendaraan berat/besar (LB-LT)

1) Bus besar (LB)

Bus dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,0- 6,0 m.

2) Truk besar (LT)

Truk tiga gandar dan truk kombinasi tiga, jarak gandar (gandar pertama ke kedua) < 3,5 m (Sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

Tabel 2.1 Dimensi Kendaraan Rencana

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

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

2.2.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan adalah besaran yang menunjukkan jarak yang ditempuh kendaraan dibagi waktu tempuh. Biasanya dinyatakan dalam km/jam. Kecepatan ini digambarkan nilai gerak dari kendaraan. Perencanaan jalan yang baik tentu saja haruslah berdasarkan kecepatan yang dipilih dan keyakinan bahwa kecepatan tersebut sesuai dengan kondisi dan fungsi jalan yang diharapkan.

Kecepatan rencana pada suatu jalan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti.

Tabel 2.2 Kecepatan Rencana, Sesuai Klasifikasi Medan Jalan

Medan Jalan	VR (km/jam) minimal	
	Antarkota	Perkotaan
Datar	120	80-100

Perbukitan	100	80
Pergunungan	80	60

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

2.2.3 Komposisi Lalu Lintas

Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). Volume lalu lintas yang tinggi membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebih lebar, sehingga tercipta kenyamanan dan keamanan. Ada beberapa elemen dalam perhitungan komposisi lalu lintas antara lain :

1. Volume lalu lintas harian rata-rata

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

2. Satuan mobil penumpang (SMP)

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

3. Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP)

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

Tabel 2.3 Emp Untuk Jalan 4/2 D dan 6/2 D

tipe alinyemen	arus lalu lintas per arah (kend/jam)		emp		
	4/2 D	6/2 D	MHV	LB	LT
datar	2.250	3.400	1,6	1,7	2,5
	≥ 2.800	≥ 4.150	1,3	1,5	2,0
perbukitan	1.700	2.600	2,2	2,3	4,3
	≥ 2.250	≥ 3.300	1,8	1,9	3,5
pegunungan	1.450	2.150	2,6	2,9	4,8
	≥ 2.000	≥ 3.000	2,0	2,4	3,8

(Sumber: Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan TOL, No.007/BM/2009)

4. Faktor (F)

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

5. Volume jam rencana (VJR)

VJR adalah prakiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam smp/jam. VJR digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalu lintas lainnya yang diperlukan.

$$VJR = VLHR \times \frac{K}{F} \dots\dots\dots(2.1)$$

Tabel 2.4 Penentuan Faktor K dan Berdasarkan Volume Lalu Lintas Rata-Rata

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

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

6. Pertumbuhan lalu lintas

Perkiraan (forencasting) lalu lintas harian rata-rata yang ditinjau dalam waktu 5, 10, 15, 20 atau 40 tahun mendatang. Setelah waktu peninjauan berlalu, maka pertumbuhan lalu lintas ditinjau kembali untuk mendapatkan pertumbuhan lalu lintas yang akan datang Perkiraan perhitungan pertumbuhan lalu lintas ini digunakan sebagai dasar untuk menentukan kelas jalan dan menghitung perencanaan jalan tersebut.

Tabel 2.5 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) %

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor rural	3,50	3,50	3,50	3,50

Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00
------------	------	------	------	------

(Sumber : Manual Perkerasan Jalan Tahun 2017)

LHR dapat dihitung dengan Rumus :

$$LHR_n = LHR_0 \times (1 + i)^n \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

LHR_n : Besarnya arus lalu lintas pada tahun rencana (pada tahun ke-n)

LHR₀ : Besarnya arus lalu lintas pada awal perencanaan

i : Faktor pertumbuhan lalu lintas

n : Umur rencana

2.3 Klasifikasi Jalan

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

2.3.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi Jalan

Menurut fungsi jalan berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No 34 Tahun 2006 :

1. Jalan arteri
 - a. Jalan arteri primer : jalan yang menghubungkan antar pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah dengan kecepatan rencana minimum 60 km/jam dan lebar badan jalan minimum 11 m.
 - b. Jalan arteri sekunder : jalan yang menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu, kawasan scekunder kesatu terhadap kawasan sekunder kesatu atau kawasan sekunder kesatu terhadap kawasan sekunder kedua dengan kecepatan rencana minimum 30 km/jam dan lebar badan jalan minimum 11 m.

2. Jalan kolektor
 - a. Jalan kolektor primer : jalan yang menghubungkan pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan wilayah dengan lokal, atau antar pusat kegiatan wilayah dengan kecepatan rencana minimum 40 km/jam dan lebar badan jalan minimum 9 m.
 - b. Jalan kolektor sekunder : jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kedua terhadap kawasan sekunder kedua dan/ atau kawasan sekunder kedua terhadap kawasan sekunder ketiga dengan kecepatan rencana minimum 20 km/jam dan lebar badan jalan minimum 9 m.
3. Jalan lokal
 - a. Jalan lokal primer : jalan yang menghubungkan pusat kegiatan nasional terhadap pusat kegiatan lingkungan, pusat kegiatan wilayah terhadap pusat.
 - b. Kegiatan lingkungan, pusat kegiatan lokal terhadap pusat kegiatan lingkungan, antar pusat kegiatan lokal, atau antar pusat kegiatan lingkungan dengan kecepatan rencana minimum 20 km/ jam dan lebar badan jalan minimum 7,5 m.
 - c. Jalan lokal sekunder : jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kesatu terhadap perumahan, kawasan sekunder kedua terhadap perumahan, kawasan sekunder ketiga sampai perumahan dengan kecepatan minimum 10 km/ jam dan lebar badan jalan minimum 7,5 m.
4. Jalan lingkungan
 - a. Jalan lingkungan primer : jalan yang menghubungkan antar pusat kegiatan dalam kawasan perdesaan atau jalan dalam lingkungan perdesaan dengan kecepatan rencana minimum 15 km/jam dan lebar badan jalan minimum 6,5 m.
 - b. Jalan lingkungan sekunder : jalan yang menghubungkan antar persil dalam kawasan perkotaan dengan kecepatan rencana minimum 10 km/jam dan lebar badan jalan minimum 6,5 m.

Tabel 2.6 Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

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

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

2.3.2 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

Ada beberapa klasifikasi jalan menurut kelas jalan, antara lain:

1. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan dalam MST

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton. Klasifikasi menurut kelas jalan untuk jalan tol dalam MST dapat dilihat pada tabel 2.7.

Tabel 2.7 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan Dalam MST

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

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

Kelas jalan bebas hambatan untuk jalan tol didesain dengan jalan kelas 1, tetapi untuk kasus khusus dimana jalan tol tersebut melayani kawasan berikat ke jalan menuju dermaga atau ke stasiun kereta api, dimana kendaraan yang dilayani lebih besar dari standar yang ada, maka harus didesain menggunakan jalan kelas khusus.

2. Klasifikasi Menurut Volume Lalu Lintas

Kelas jalan menurut volume lalu lintas sesuai dengan Peraturan Perancangan Geometrik Jalan Raya (PPGJR) No.13/1997 dapat diklasifikasi pada tabel 2.8 dibawah ini.

Tabel 2.8 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan Dalam LHR

No.	Fungsi	Kelas	Lalu Lintas Harian Rata-rata (smp)
1	Arteri	I	>20.000
2	Kolektor	II A	6.000 – 20.000
		II B	1.500 – 8000
		II C	<2.000
3	Lokal	III	

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 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 skunder 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. Kontruksi permukaan jalan yang paling tinggi adalah pelaburan dengan aspal.

Dalam penentuan kelas jalan sangat diperlukan adanya data Lalulintas Harian Rata-rata (LHR) dengan cara menghitung LHR akhir umur rencana. LHR akhir umur rencana adalah jumlah perkiraan kendaraan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP) yang akan dicapai pada akhir tahun rencana dengan mempertimbangkan perkembangan jumlah kendaraan mulai dan saat merencanakan dan pelaksanaan jalan itu dikerjakan.

Adapun rumus yang akan digunakan dalam menghitung nilai LHR yaitu:

$$\text{LHR} = \frac{\text{jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{lamanya pengamatan}} \dots\dots\dots(2.3)$$

2.3.3 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Klasifikasi jalan berdasarkan medan jalan untuk jalan tol dapat dilihat pada tabel 2.9.

Tabel 2.9 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

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

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

2.3.4 Klasifikasi Jalan Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaannya sesuai PP. No 26/1985 adalah sebagai berikut :

1. Jalan Nasional

Jalan arteri dan kolektor yang menghubungkan ibukota Propinsi dan Jalan yang bersifat strategis Nasional.

2. Jalan Provinsi

Jalan kolektor yang menghubungkan ibu kota Propinsi dengan ibu kota Kabupaten / Kota, atau antar ibu kota kabupaten / kota, Jalan yang bersifat strategis Regional.

3. Jalan Kabupaten

Jalan Lokal yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan dengan Pusat Kegiatan Lokal, antar Pusat Kegiatan Lokal, serta jalan strategis lokal.

4. Jalan Kota

Jalan Sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam Kota, pusat pelayanan dengan persil, antar persil, menghubungkan antar pusat permukiman dan berada di dalam Kota.

5. Jalan Desa

Jalan Umum yang menghubungkan kawasan di dalam Desa dan antar permukiman serta jalan lingkungan.

6. Jalan Khusus Jalan bukan untuk lalu lintas umum yang peruntukannya bagi kepentingan instansi, badan usaha maupun perorangan atau kelompok.

2.4 Penampang Melintang Jalan

Menurut Silvia Sukirman (1999), penampang melintang jalan merupakan potongan melintang tegak lurus sumbu jalan. Potongan melintang jalan terdiri dari:

1. Bagian jalan yang merupakan daerah penguasaan jalan antara lain :

a. Ruang manfaat jalan

Ruang manfaat jalan diperuntukkan bagi media, 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 :

- 1) Lebar ruang bebas diukur di antara 2 (dua) garis vertikal batas bahu jalan.
- 2) Tinggi ruang bebas minimal 5 (lima) meter di atas permukaan jalur lalu lintas tertinggi.
- 3) Kedalaman ruang bebas minimal 1,50 meter di bawah permukaan jalur lalu lintas terendah.

b. Ruang milik jalan

Ruang milik jalan diperuntukkan bagi ruang 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:

- 1) Lebar dan tinggi ruang bebas ruang milik jalan minimal sama dengan lebar dan tinggi ruang bebas ruang manfaat jalan.
- 2) Lahan ruang milik jalan dipersiapkan untuk dapat menampung minimal 2 x 3 lajur lalu lintas terpisah dengan lebar ruang milik jalan minimal 40 meter di daerah anarkota dan 30 meter di daerah perkotaan.
- 3) 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.
- 4) Pada kondisi jalan tol layang, perlu diperhatikan ruang milik jalan di bawah jalan tol.

c. Ruang Pengawasan Jalan

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 berdempetan dengan jalan umum ketentuan tersebut diatas tidak berlaku.

Standar ukuran dimensi dari Rumaja, Rumija, dan Ruwasja jalan bebas hambatan untuk jalan tol dapat dilihat pada tabel 2.10.

Tabel 2.10 Dimensi Ruang Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan

Bagian- bagian jalan	Komponen Geometrik	Dimensi Minimum (m)			
			Antarkota	Perkotaan	
RUMAJA					
	Lebar Badan Jalan		30,0	22,0	
	Tinggi		5,00	5,00	
	Kedalaman		1,50	1,50	
RUMIJA			Jalan Tol		
		JBH	Antarkota	Perkotaan	Terowongan
	Lebar	30	40	30	20
RUWASIA			Jalan Tol		
		JBH	Antarkota	Perkotaan	Terowongan
	Lebar ¹⁾	75	75	40	100 ²⁾
Catatan:					
1) lebar diukur dari As jalan, 2) 100 m ke hilir dan 100 m ke hulu					

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

2. Elemen jalan :

- a. Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang digunakan yang untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan. Batasan jalur lalu lintas dapat berupa median, pulau lalu lintas, bahu jalan, separtaror atau trotoar, dan lain-lain.
- b. Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang dibatasi oleh marka lajur jalan, memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana.

Tabel 2.11 Lebar Lajur dan Bahu Jalan Tol

Lokasi Jalan Tol	VR (km/jam)	Lebar lajur (m)		Lebar Bahu Luar Diperkeras (m)		Lebar Bahu Dalam Diperkeras (m)
		Minimal	Ideal	Minimum	Ideal ^(*)	
Antarkota	120	3,60	3,75	3,00	3,50	1,50
	100	3,60	3,60	3,00	3,50	1,50
	80	3,60	3,60	3,00	3,50	1,00
Perkotaan	100	3,50	3,60	3,00	3,50	1,00
	80	3,50	3,50	2,00	3,50	0,50
	60	3,50	3,50	2,00	3,50	0,50

(*) dibutuhkan pada saat kendaraan besar mengalami kerusakan

(Sumber : Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan TOL, No.007/BM/2009)

- c. Median adalah bagian jalan yang secara fisik memisahkan dua jalur lalu lintas yang berlawanan arah, guna memungkinkan kendaraan bergerak cepat dan aman.

Tabel 2.12 Lebar Median

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

(Sumber : Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan TOL, No.007/BM/2009)

- d. Saluran samping/tepi adalah selokan yang berfungsi untuk menampung dan mengalirkan air hujan, limpasan dari permukaan jalan dan daerah sekitarnya.
- e. Lereng/talud adalah bagian tepi perkerasan yang diberi kemiringan untuk menyalurkan air ke saluran tepi. Dapat juga berarti lereng kiri dan kanan jalan dari suatu perbukitan yang dipotong untuk pembentukan badan jalan.

- f. Gorong - gorong/*box culvert* adalah bagian yang berfungsi mengalirkan air limpasan dari selokan dengan arah memotong penampang jalan.

2.5 Data peta topografi

Survei topografi dalam perencanaan teknik jalan raya, yaitu Pengukuran Route yang dilakukan dengan tujuan memindahkan kondisi permukaan bumi dari lokasi yang diukur pada kertas yang berupa peta planimetri (Hendarsin, 2000:30). Berdasarkan besarnya lereng melintang dengan arah kurang lebih tegak lurus sumbu jalan raya, jenis medan dibagi menjadi 3 golongan umum seperti pada Tabel 2.13.

Tabel 2.13 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

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

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

2.6 Alinyemen Horizontal

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

2.6.1 Panjang bagian lurus Maksimum

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

Tabel 2.14 Panjang Bagian Lurus Maksimum

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

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

2.6.2 Jenis Tikungan

Kendaraan pada saat melalui tikungan dengan kecepatan (V) akan menerima gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil gaya sentrifugal ini dapat diimbangi dengan gaya yang berasal dari komponen berat kendaraan akibat kemiringan melintang permukaan jalan.

Tabel 2.15 Panjang Jari-jari Minimum (dibulatkan)

emax (%)	VR (km/jam)	fmax	(e/100+f)	Rmin (m)	
				Perhitungan	Pembulatan
10	120	0,092	0,192	590,6	590
10	100	0,116	0,216	364,5	365
10	80	0,14	0,24	210	210
10	60	0,152	0,252	112,5	110
8	120	0,092	0,172	659,2	660
8	100	0,116	0,196	401,7	400
8	80	0,14	0,22	229,1	230
8	60	0,152	0,232	122,2	120
6	120	0,092	0,152	746	745
6	100	0,116	0,176	227,4	445
6	80	0,14	0,2	252	250
6	60	0,152	0,121	133,7	135
4	120	0,092	0,132	859	860

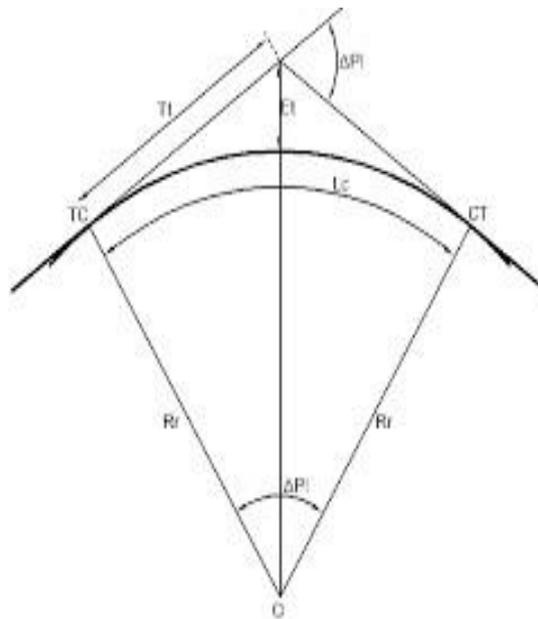
4	100	0,116	0,156	504,7	505
4	80	0,14	0,18	280	280
4	60	0,152	0,192	147,6	150

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

1. Jenis lengkung (tikungan) pada alenyemen horizontal:

a. Tikungan *Full Circle* (FC)

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



Gambar 2.1 Komponen *Full Circle*

(Sumber: perencanaan teknik jalan raya).

Rumus-rumus yang di gunakan dalam perhitungan *full circle* adalah:

$$T_c = R_c \cdot \tan \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots (2.4)$$

$$E_c = T_c \cdot \tan \frac{1}{4} \Delta \dots\dots\dots (2.5)$$

$$L_c = \frac{\Delta}{360^\circ} \times 2 \pi R_c \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

Δ = Sudut tikungan

O = Titik pusat lingkaran

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

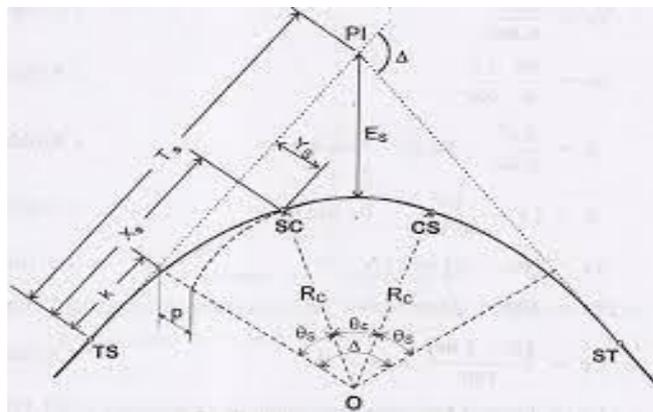
Rc = Jari-jari lingkaran

Lc = Panjang busur lingkaran

Ec = Jarak luar dari PI ke busur lingkaran

b. Lengkung Peralihan / Tikungan Spiral-Circle Spiral (SCS)

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran ($R = 0$, $R = R_e$), jadi lengkung peralihan ini di letakkan antara bagian lurus dan bagian lingkaran (*circle*), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran. SCS merupakan tikungan yang terdiri dari 1 lingkaran dan 2 spiral.



Gambar 2.2 Komponen Spiral-Circle-Spiral

(Sumber: Perencanaan Teknik Jalan Raya)

Panjang lengkung peralihan (L_s), menurut tata cara perencanaan geometric jalan antar kota, 1997. Diambil nilai yang terbesar dari 3 persamaan dibawah ini:

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

$$L_s = \frac{VR}{3,6} T \dots\dots\dots(2.7)$$

2) Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus Modifikasi Shortt, sebagai berikut:

$$L_s = \frac{0,0214 VR^3}{R_c C} \dots\dots\dots(2.8)$$

3) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian:

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 re} VR \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

T = Waktu Tempuh = 2 Detik

R_c = Jari-jari busur lingkaran (m)

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

e = Superelevasi

e_m = superelevasi maksimum

e_n = superelevasi normal

re = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan

Untuk VR ≤ 70 km/jam, maka re mak = 0,035m/m/det

Untuk VR ≥ 80 km/jam, maka re mak = 0,025 m/m/det

Tabel 2.16 Jari-jari Tikungan yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

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

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

Rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan Spiral-Circle-Spiral adalah:

$$\theta_s = \frac{90 \times L_s}{\pi \times R} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$\Delta_c = \Delta - 2 \theta_s \dots\dots\dots(2.11)$$

$$P = \frac{L_s^2}{6R_c} - R \cdot (1 - \cos\theta_s) \dots\dots\dots(2.12)$$

$$K = L_s - \frac{L_s^3}{40R^2} - R \times \sin\theta_s \dots\dots\dots(2.13)$$

$$L_c = \frac{\Delta_c}{180} \times \pi \times R \dots\dots\dots(2.14)$$

$$T_s = (R + P) \tan \frac{\Delta}{2} + K \dots\dots\dots (2.15)$$

$$E_s = \frac{R+P}{\cos^2 \frac{\Delta}{2}} - R \dots\dots\dots (2.16)$$

$$X_s = L_s \times \left(1 - \frac{L_s^2}{6R^2}\right) \dots\dots\dots (2.17)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6R} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$L_{tot} = L_c + 2.L_s \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana :

X_s = absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC (jarak lurus lengkung peralihan).

Y_s = ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung

L_s = Panjang lengkung peralihan

L_c = Panjang busur lingkaran (panjang dari titik SC ke CS)

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

TS = titik dari tangen ke spiral

SC = titik dari spiral ke lingkaran

E_s = jarak dari PI busur ke lingkaran

θ_s = sudut lengkung spiral

R_c = jari-jari lingkaran

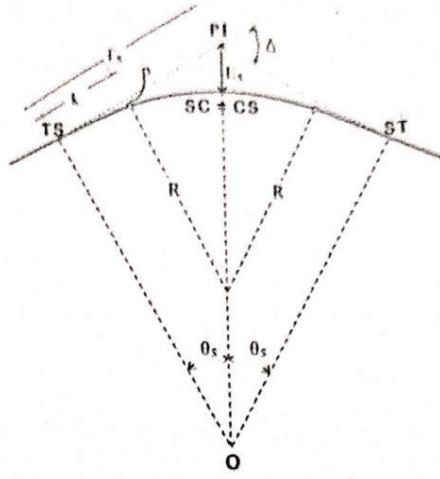
P = pergeseran tangen terhadap spiral

K = absis dari p pada garis tangen spiral

Jika diperoleh $L_c < 25$ m, maka sebaiknya tidak digunakan bentuk SCS, tetapi digunakan lengkung S - S, yaitu lengkung yang terdiri dari dua lengkung peralihan. Jika P yang dihitung dengan rumus berikut maka ketentuan tikungan yang digunakan bentuk FC.

c. Tikungan Spiral-Spiral (SS)

Spiral-Spiral (SS) merupakan tikungan yang terdiri atas 2 (dua) lengkung spiral.



Gambar 2.3 Komponen Spiral-Spiral

(Sumber: perencanaan Teknik jalan raya)

Rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan Spiral-Spiral adalah:

$$L_c = 0 \text{ dan } \theta_s = \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots (2.20)$$

$$L_s = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R}{90} \dots\dots\dots (2.21)$$

$$P = \frac{L_s^2}{6R} - R \cdot (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots (2.22)$$

$$K = L_s - \frac{L_s^3}{40 \times R^2} - R \sin \theta_s \dots\dots\dots (2.23)$$

$$T_s = (R + P) \times \tan \frac{\Delta}{2} + K \dots\dots\dots (2.24)$$

$$E_s = \frac{(R+P)}{\cos^2 \frac{\Delta}{2}} - R \dots\dots\dots (2.25)$$

$$L_{tot} = 2 \cdot L_s \dots\dots\dots (2.26)$$

Dimana :

L_s = Panjang lengkung peralihan (panjang dari titik TS ke SC atau SC ke ST)

L_c = Panjang busur lingkaran (panjang dari SC ke CS)

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

R = jari-jari lingkaran

P = Pergeseran tangen terhadap spiral

K = Absis dari p pada garis tangen spiral

2.6.3 Kemiringan Melintang (e)

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

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

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

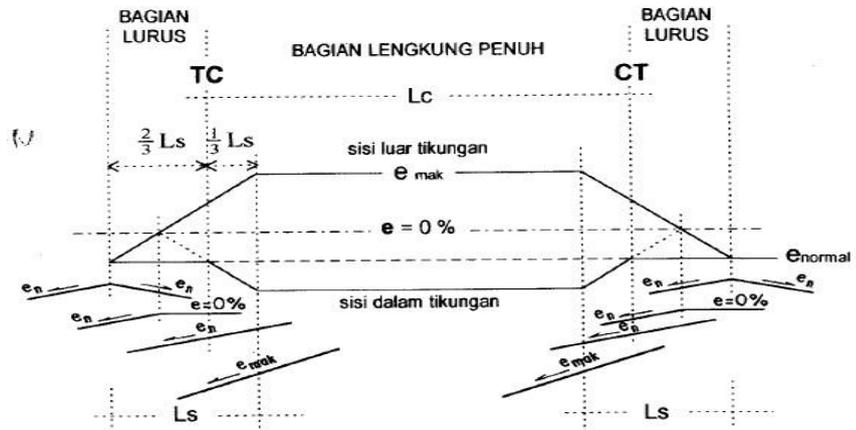
2.6.4 Diagram Superelevasi

Superelevasi dicapai secara bertabap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke kemiringan maksimum (superelevasi) pada bagian lengkung jalan. Dengan mempergunakan diagram superelevasi dapat ditentukan bentuk penampang melintang pada setiap titik di suatu lengkung horizontal yang direncanakan.

Diagram superelevasi digambarkan berdasarkan elevasi sumbu jalan sebagai garis nol. Untuk jalan raya mempunyai median (jalan raya terpisah), pencapaian kemiringan didasarkan pada lebar serta bentuk penampang melintang median yang bersangkutan.

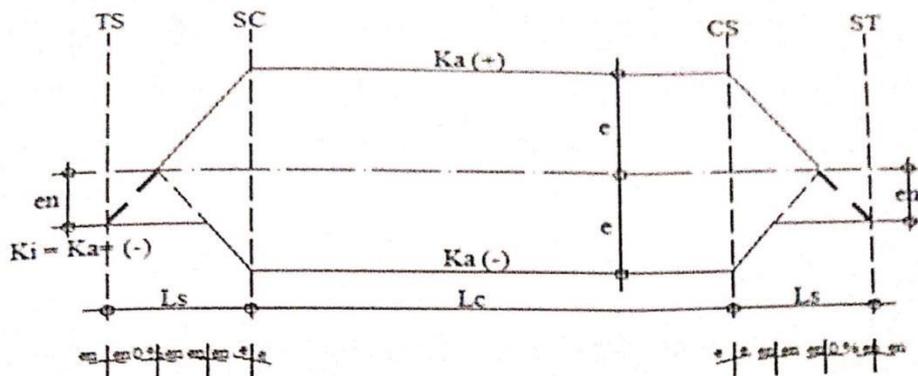
Tiga jenis bentuk lengkung horizontal, adalah sebagai berikut:

1. Lengkung busur lingkaran sederhana (*circle*)
2. Lengkung busur lingkaran dengan lengkung peralihan (*spiral-circle-spiral*)
3. Lengkung peralihan spiral-spiral



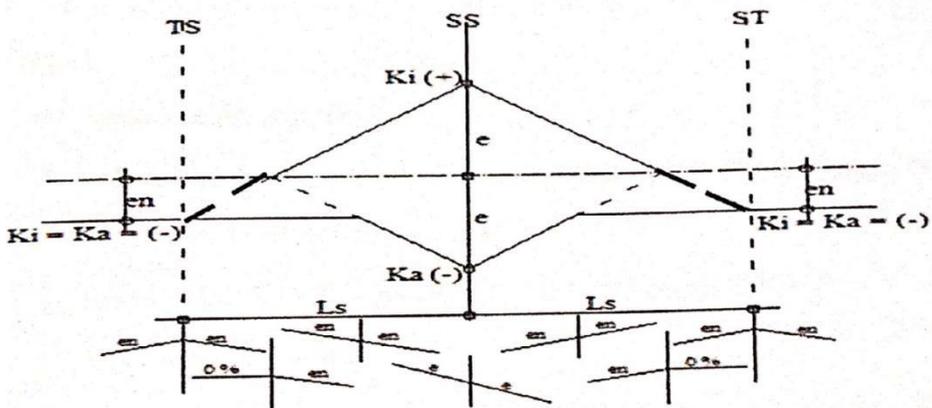
Gambar 2.4 Diagram Superelevasi *Full Circle*

(Sumber : Hendarsin, 2000)



Gambar 2.5 Diagram Superelevasi *Spiral - Circle - Spiral*

(Sumber : Hendarsin, 2000)



Gambar 2.6 Diagram Superelevasi *Spiral - Spiral*

(Sumber : Hendarsin, 2000)

2.6.5 Pelebaran Perkerasan di Tikungan

Pelebaran perkerasan 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 di ukuran kendaraan.

Secara praktis, perkerasan harus diperlebar, bila radius lengkungan lebih kecil dari 120 meter, untuk menjaga agar, pandangan bebas kearah samping terhadap kendaraan – kendaraan lain. Sedangkan pelebaran tidak diperlukan lagi bilamana kecepatan rencana kurang 30 Km/jam. Elemen – elemen dari pelebaran perkerasan pada tikungan, terdiri dari:

1. Keluar lajur / *Off tracking* (U)
2. Kesukaran dalam mengemudi di tikungan (Z) Rumus yang digunakan:

$$R_c = R - \frac{1}{4}Bn + \frac{1}{2}b \dots\dots\dots (2.27)$$

$$B = \sqrt{\left(\sqrt{Rc^2 - 64 + 1,25}\right)^2 + 64 - \sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25} \dots\dots\dots (2.28)$$

$$Z = \frac{0,105 \times V}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots (2.29)$$

$$B_t = n (B+C) + Z \dots\dots\dots (2.30)$$

$$\Delta B = B_t - B_n \dots\dots\dots (2.31)$$

Dimana :

B = lebar kendaraan, (m)

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

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

V = kecepatan, (km/jam)

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

B_t = lebar total perkerasan di tikungan, (m)

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

N = jumlah lajur

B = lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan di tikungan pada lajur

sebelah dalam, (m)

C = kebebasan samping, (m)

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

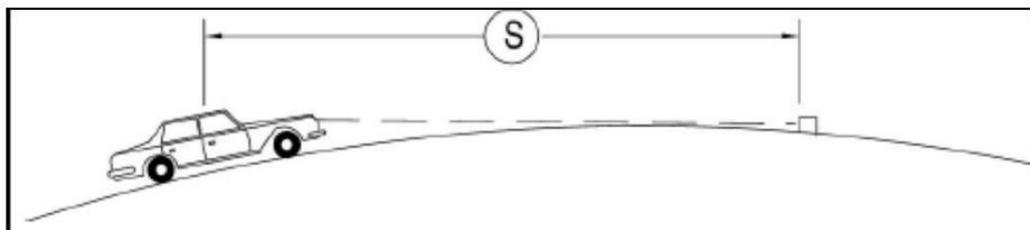
Δb = tambahan lebar perkerasan di tikungan, (m).

2.6.6 Jarak pandang

Jarak pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan maka pengemudi dapat melakukan sesuatu tindakan menghindari bahaya tersebut dengan aman. (*Silvia Sukirman (1999)*).

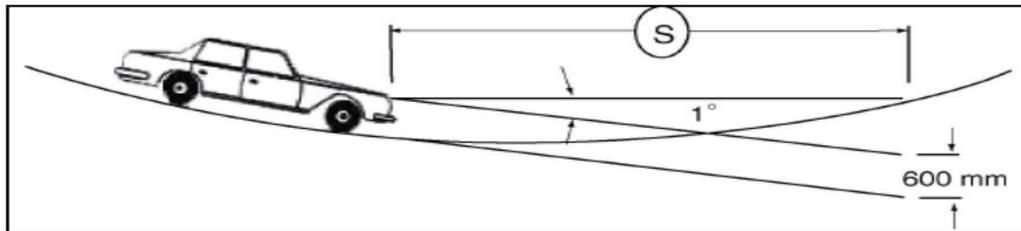
Jarak pandang (S) diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 108 cm dan tinggi halangan 60 cm diukur dari permukaan jalan. Setiap bagian jalan harus memenuhi jarak pandang. Jarak pandang berguna untuk:

1. Menghindari terjadinya tabrakan yang dapat membahayakan kendaraan dan manusia akibat adanya benda yang berukuran cukup besar, kendaraan yang sedang berhenti, pejalan kaki, atau hewan-hewan pada lajur jalannya.
2. Memberi kemungkinan untuk mendahului kendaraan lain yang bergerak dengan kecepatan lebih rendah dengan mempergunakan lajur disebelahnya.
3. Menambah efisiensi jalan tersebut, sehingga volume pelayanan dapat dicapai semaksimal mungkin.
4. Sebagai pedoman bagi pengatur lalu lintas dalam menempatkan rambu-rambu lalu lintas yang diperlukan pada setiap segmen jalan.



Gambar 2.7 Jarak pandang henti pada lengkung vertikal cembung

(Sumber : SNI Geometrik Jalan Bebas Hambatan untuk Jalan Tol 2009)



Gambar 2.8 Jarak pandang henti pada lengkung vertikal cekung

(Sumber : SNI Geometrik Jalan Bebas Hambatan untuk Jalan Tol 2009)

Jarak pandang henti (S_s) terdiri dari 2 (dua) elemen jarak, yaitu:

1. Jarak awal reaksi (S_r) adalah jarak pergerakan kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem;
2. Jarak awal pengereman (S_b) adalah jarak pergerakan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

Jarak pandang henti dapat terjadi pada dua kondisi tertentu sebagai berikut:

a. Jarak pandang henti (S_s) pada bagian datar dihitung dengan rumus:

$$S_s = 0,278 \times V_r \times T + 0,039 \frac{V_r^2}{a} \dots\dots\dots (2.31)$$

b. Jarak pandang henti (S_s) akibat kelandaian dihitung dengan rumus:

$$S_s = 0,278 \times V_r \times T + \frac{V_r^2}{254 \left[\left(\frac{a}{9,81} \right) \pm G \right]} \dots\dots\dots (2.32)$$

Keterangan:

V_r = kecepatan rencana (km/jam)

T = waktu reaksi, ditetapkan 2,5 detik

a = tingkat perlambatan (m/dtk^2), ditetapkan 3,4 meter/ dtk^2

G = kelandaian jalan (%)

Tabel 2.17 Jarak Pandang Henti (Ss) Minimum

VR (Km/jam)	Jarak Awal Reaksi (m)	Jarak Awal Pengereman (m)	Jarak Pandang Henti (m)	
			Perhitungan	Pembulatan
120	83,3	163,4	246,7	250
100	69,4	113,5	182,9	185
80	55,6	72,6	128,2	130
60	41,7	40,8	82,5	85

(Sumber : SNI Gemmetrik Jalan Bebas Hambatan untuk Jalan Tol 2009)

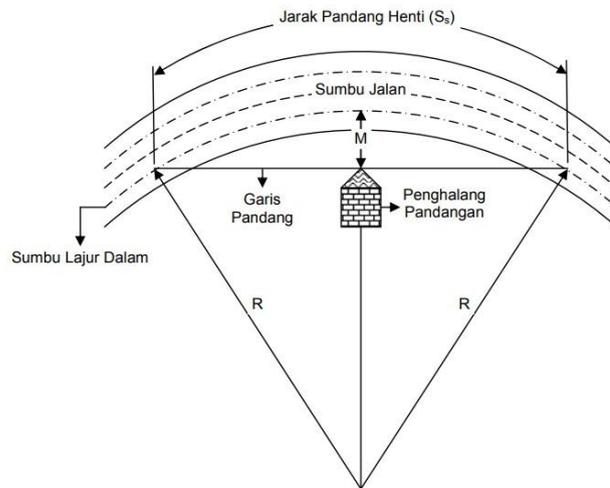
Tabel 2.18 Jarak Pandang Henti (Ss) Minimum dengan Kelandaian

VR (Km/jam)	Jarak Pandang Henti (m)											
	Turunan						Tanjakan					
	1%	2%	3%	4%	5%	6%	1%	2%	3%	4%	5%	6%
120	252	257	263	269	275	281	243	238	234	230	227	223
100	187	190	194	198	203	207	180	177	174	172	169	167
80	131	133	136	138	141	144	127	125	123	121	120	118
60	84	86	87	88	90	92	82	81	80	79	78	77

(Sumber : SNI Gemmetrik Jalan Bebas Hambatan untuk Jalan Tol 2009)

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.



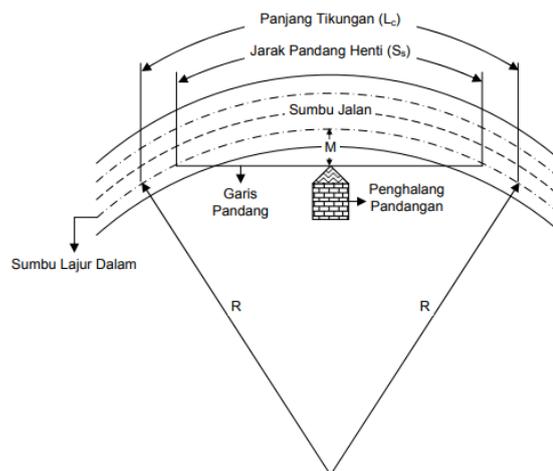
Gambar 2.9 Diagram ilustrasi komponen untuk menentukan daerah bebas samping

(Sumber : SNI Geometrik Jalan Bebas Hambatan untuk Jalan Tol 2009)

Daerah bebas samping di tikungan pada kondisi tertentu dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

1. Jika jarak pandang lebih kecil dari panjang tikungan ($S_s < L_c$)

$$M = R \left[1 - \cos \frac{90 \cdot L_c}{\pi R} \right] \dots \dots \dots (2.33)$$

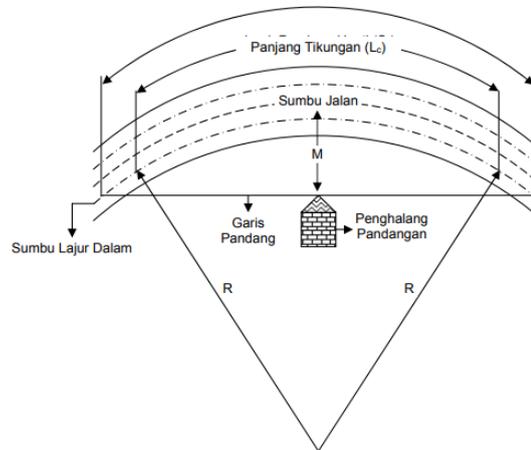


Gambar 2.10 Diagram ilustrasi daerah bebas samping di tikungan untuk $S_s < L_c$

(Sumber : SNI Geometrik Jalan Bebas Hambatan untuk Jalan Tol 2009)

2. Jika jarak pandang lebih besar dari panjang tikungan ($S_s > L_c$)

$$M = R \left[1 - \cos \frac{90 \cdot L_c}{(\pi R)} \right] + 0,5 (S_s - L_c) \sin \frac{90 \cdot L_c}{(\pi R)} \dots \dots \dots (2.34)$$



Gambar 2.11 Diagram ilustrasi daerah bebas samping di tikungan untuk $S_s > L_c$

(Sumber : SNI Geometrik Jalan Bebas Hambatan untuk Jalan Tol 2009)

Keterangan:

M = jarak yang diukur dari sumbu lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan (m)

R = jari-jari sumbu lajur dalam (m) S_s : jarak pandang henti (m)

L_c = panjang tikungan (m)

2.6.8 Stationing

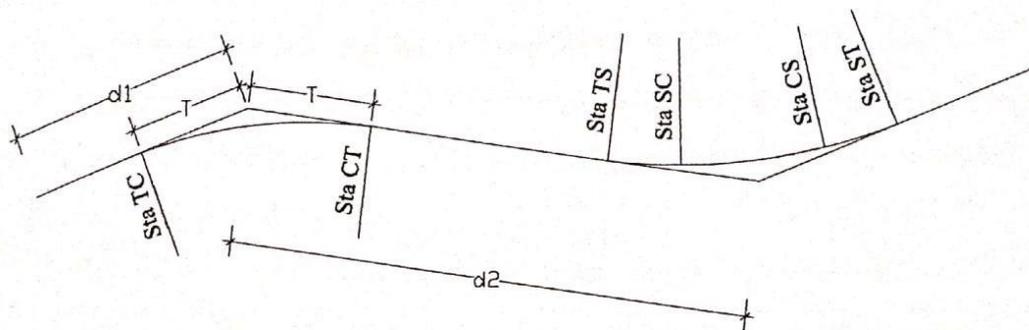
Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perancangan adalah memberi nomor pada interval-interval tertentu dari awal sampai akhir proyek. Nomor jalan (STA) jalan dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang ditinjau dan sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan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

Adapun interval untuk masing-masing penomoran jika tidak adanya perubahan arah tangent pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal adalah sebagai berikut:

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

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

1. Patok km merupakan petunjuk jarak yang diukur dari patok km 0, yang umumnya terletak di ibukota provinsi atau kotamadya, sedangkan patok Sta merupakan petunjuk jarak yang diukur dari awal sampai akhir pekerjaan.
2. Patok km berupa patok permanen yang dipasang dengan ukuran standar yang berlaku, sedangkan patok Sta merupakan patok sementara selama masa pelaksanaan proyek jalan tersebut. Sistem penomoran jalan pada tikungan dapat dilihat pada gambar 2.12



Gambar 2.12 Sistem Penomoran Jalan

2.7 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perencanaan elevasi sumbu jalan pada setiap titik yang ditinjau, berupa profil memanjang. (*Shirley L. Hendarsin (2000)*). Alinyemen vertikal adalah bidang tegak yang melalui sumbu jalan atau proyeksi tegak lurus bidang gambar. Profil ini menggambarkan tinggi rendahnya jalan terhadap muka tanah asli, sehingga memberikan gambaran terhadap kemampuan kendaraan dalam keadaan naik dan bermuatan penuh.

Alinyemen vertikal sangat erat hubungan dengan besarnya biaya pembangunan, biaya penggunaan kendaraan serta jumlah lalu lintas. Kalau pada alinyemen horizontal (bagian tikungan) maka pada alinyemen vertikal yang

merupakan bagian kritis justru pada bagian lurus. Kemampuan pendakian dari kendaraan truck dipengaruhi panjang pendakian (panjang kritis landai) dan besarnya landai.

Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam perancangan alinemen vertikal:

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

2.7.1 Kelandaian

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

1. Karakteristik kendaraan pada kelandaian

Hampir seluruh kendaraan penumpang dapat berjalan baik dengan kelandaian 7-8% tanpa ada perbedaan dibandingkan pada bagian datar.

2. Kelandaian maksimum

Kelandaian maksimum yang ditentukan untuk berbagai variasi rencana, dimaksudkan agar kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.

Tabel 2.19 Kelandaian Maksimum

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

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

3. Kelandaian minimum

Kelandaian minimum harus diberikan apabila kondisi jalan tidak memungkinkan melakukan drainase ke sisi jalan. Besarnya kelandaian minimum ditetapkan 0,50% memanjang jalan untuk kepentingan pematusan aliran air. Lereng melintang jalan hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh diatas badan jalan, sedangkan landai jalan dibutuhkan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping, untuk membuang air permukaan sepanjang jalan.

4. Panjang kritis suatu kelandaian

Panjang kritis ini diperlukan sebagai batasan panjang kelandaian maksimum agar pengurangan kecepatan kendaraan tidak lebih dari scparuh VR, lama perjalanan pada panjang kritis tidak lebih dari satu menit.

Tabel 2.20 Panjang Landai Kritis

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

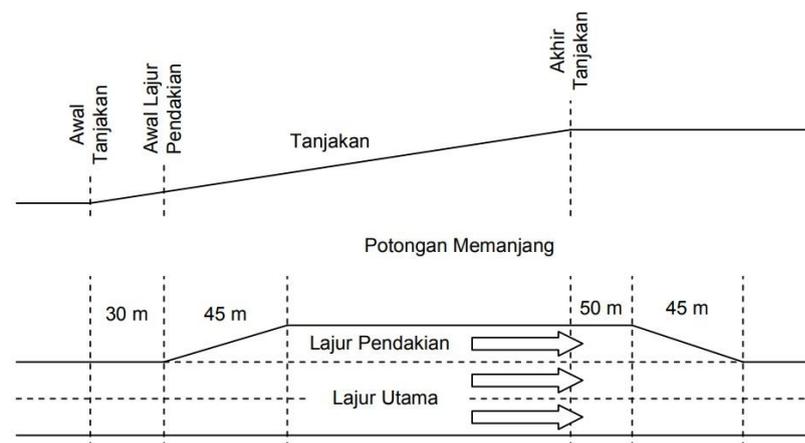
(Sumber : Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 2009)

5. Lajur pendakian

Lajur pendakian dimaksudkan untuk menampung truk-truk yang bermuatan berat atau kendaraan lain yang berjalan lebih lambat dari kendaraan kendaraan lain pada umumnya, agar kendaraan kendaraan lain dapat mendahului kendaraan lambat tersebut tanpa harus berpindah lajur. Lajur pendakian harus disediakan pada ruas jalan yang mempunyai kelandaian yang besar, menerus, dan volume lalu lintasnya relatif padat. Penempatan lajur

pendakian, berdasarkan perencanaan geometri jalan bebas hambatan untuk tol harus dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut:

- Apabila panjang kritis terlampaui, jalan memiliki VLHR > 25.000 SMP/hari, dan persentase truk $> 15\%$.
- Lebar lajur pendakian minimal 3,60 m.
- Lajur pendakian dimulai 30 meter dari awal perubahan kelandaian dengan serongan sepanjang 45 meter dan berakhir 50 meter sesudah puncak kelandaian dengan serongan sepanjang 45 meter, seperti pada Gambar 2.13.
- Jarak minimum antara 2 lajur pendakian adalah 1,5 km.



Gambar 2.13 Lajur pendakian.

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

2.7.2 Lengkung vertikal

Lengkung vertikal adalah garis yang menghubungkan antara dua kelandaian arah memanjang jalan agar tidak terjadi patahan, yang bertujuan untuk memenuhi keamanan, kenyamanan bagi pengguna jalan serta penyediaan drainase yang baik.

Bentuk lengkung vertikal adalah parabola dengan asumsi sederhana sehingga elevasi panjang lengkung dapat diperkirakan panjangnya, panjang minimum lengkung vertikal bisa ditentukan langsung sesuai dengan Tabel 2.21

Tabel 2.21 Panjang Minimum Lengkung Vertikal

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

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

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

$$A = g_1 \pm g_2 \dots\dots\dots(2.35)$$

$$y' = \left[\frac{g_2 - g_1}{200L} \right] \cdot X^2 \dots\dots\dots(2.36)$$

Dimana :

X = Jarak horizontal dari titik PLV ke titik yang ditinjau (m)

y' = Besarnya penyimpangan (jarak vertikal) antar garis kemiringan dengan lengkungan (m)

g_1, g_2 = Besar kelandaian (kenaikan/pcnurunan) (%)

L_v = Panjang lengkung vertikal (m)

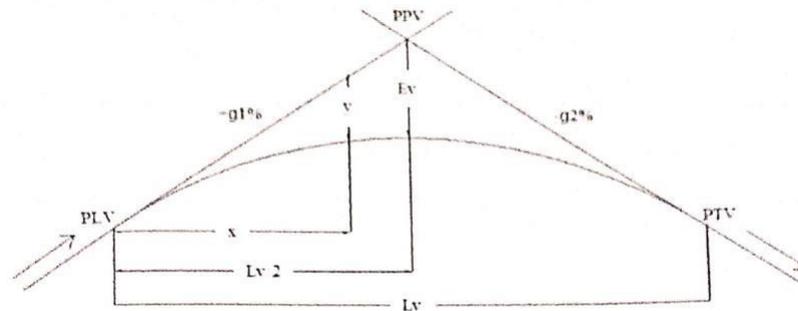
Untuk $x = \frac{1}{2} L_v$, maka $y' = E_v$ dirumuskan sebagai:

$$E_v = \left[\frac{g_2 - g_1}{200L} \right] \cdot L_v \dots\dots\dots(2.37)$$

Lengkung vertikal dibagi dua macam, yaitu:

1. Lengkung Vertikal Cembung

Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua *tangen* berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan. Gambar lengkung vertikal cembung dapat dilihat pada gambar 2.14 di bawah ini :



Gambar 2.14 Tipikal lengkung vertical Cembung

(Sumber: Shirley L. hendarsin, 2000)

Keterangan:

G1 dan G2 = besarnya kelandaian (%)

Tanda (+) = pendakian

Tanda (-) = penurunan

Ev = pergeseran vertikal dari titik PPV ke bagian lengkung

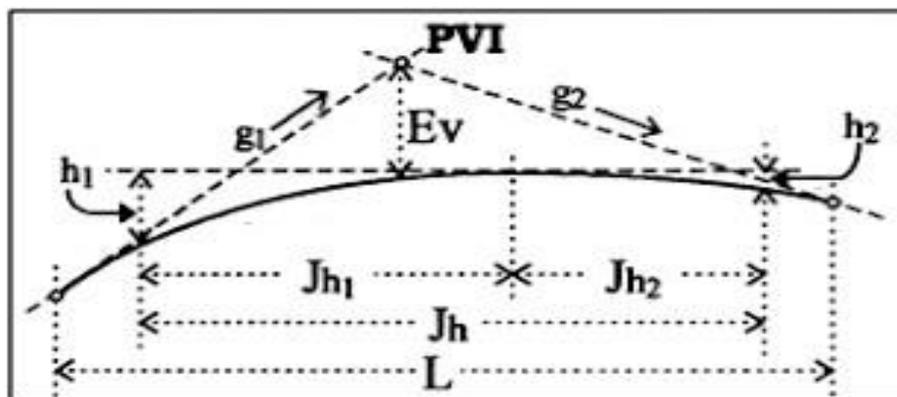
PPV = titik perpotongan vertikal

Panjang lengkung vertical cembung (L_v), dapat diperoleh dengan dengan rumus sebagai berikut :

- Panjang L_v berdasarkan J_h (dalam meter)

$$J_h < L_v, \text{ maka } L_v = \frac{A \cdot jh^2}{399} \dots\dots\dots (2.38)$$

$$J_h > L_v, \text{ maka } L_v = 2 jh - \frac{399}{A} \dots\dots\dots (2.39)$$



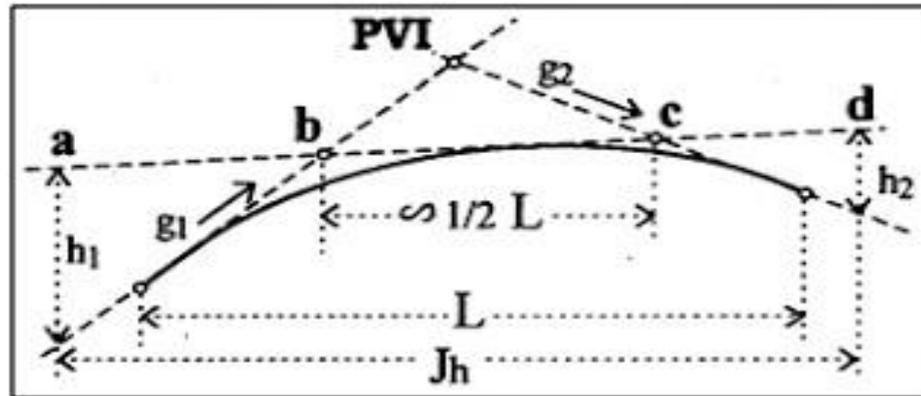
Gambar 2.15 Jarak Pandang Henti Lebih Kecil Dari Panjang Lengkung Vertikal Cembung

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

- Panjang L_v berdasarkan J_d (dalam meter)

$$J_d < L_v, \text{ maka } L_v = \frac{A \cdot j d^2}{840} \dots\dots\dots (2.40)$$

$$J_d > L_v, \text{ maka } L_v = 2 j d - \frac{840}{A} \dots\dots\dots (2.41)$$



Gambar 2.16 Jarak Pandang Henti Lebih Besar dan Panjang Lengkung Vertikal Cembung

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

Dimana:

J_h = Jarak pandang henti (m)

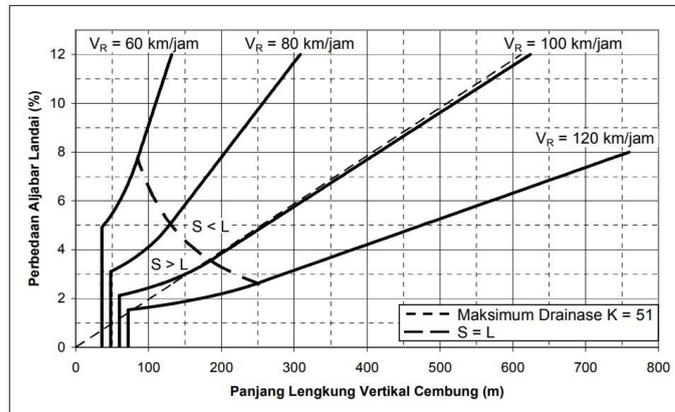
J_d = Jarak pandang mendahului/menyiap (m)

g_1, g_2 = Kemiringan/tangen (%)

L_v = Panjang Lengkung (m)

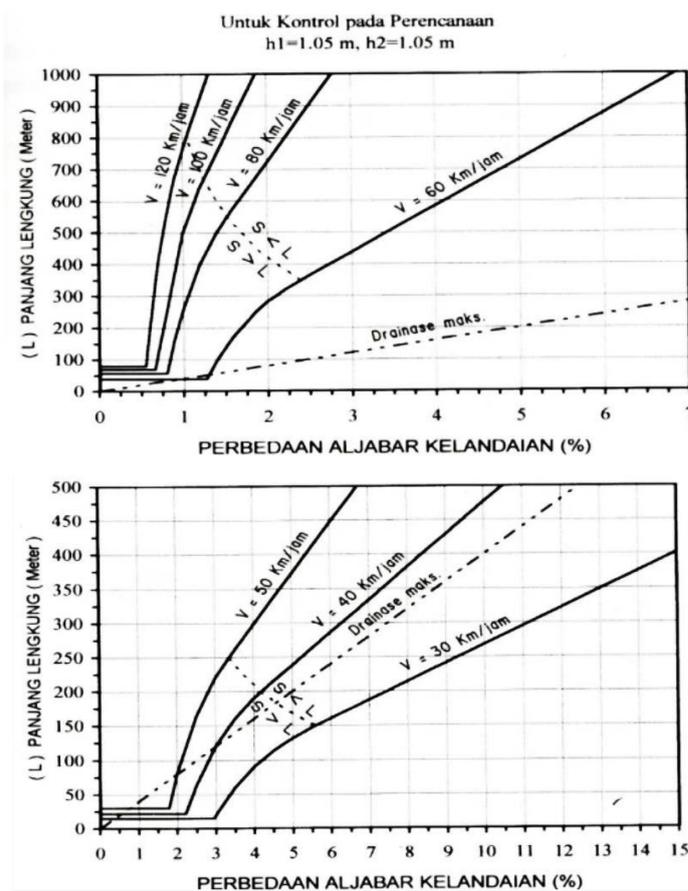
A = perbedaan aljabar untuk kelandaian (%), dimana $A = g_1 \pm g_2$

Untuk menentukan panjang lengkung vertikal cembung (L_v) dapat juga ditentukan berdasarkan grafik pada gambar 2.17 (untuk jarak pandang henti).



Gambar 2.17 Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Pandang Henti

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

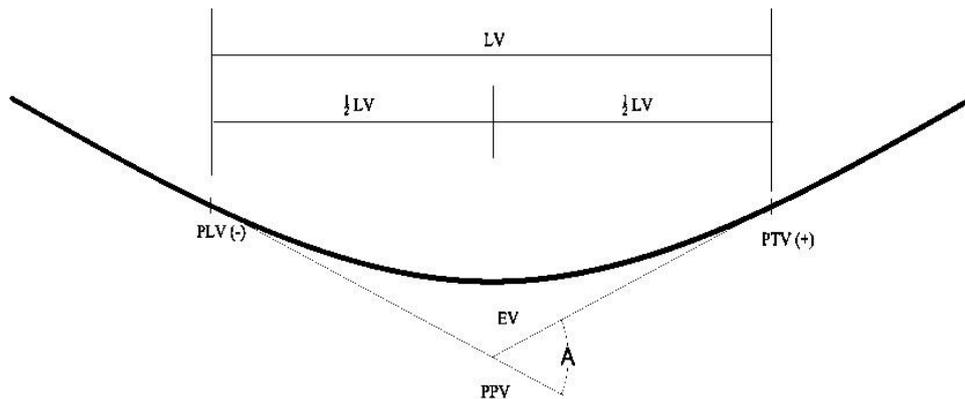


Gambar 2.18 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan Jarak Pandang Mendahului (Jd)

(Sumber : TPGJAK, 1997)

2. Lengkung Vertikal Cekung

Lengkung vertikal cekung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua *tangen* berada di bawah permukaan jalan. Gambar lengkung vertikal cekung dapat dilihat pada gambar 2.19 di bawah ini :



Gambar 2.19 Lengkung Vertikal Cekung

(Sumber : Konstruksi jalan raya, 2010)

Keterangan :

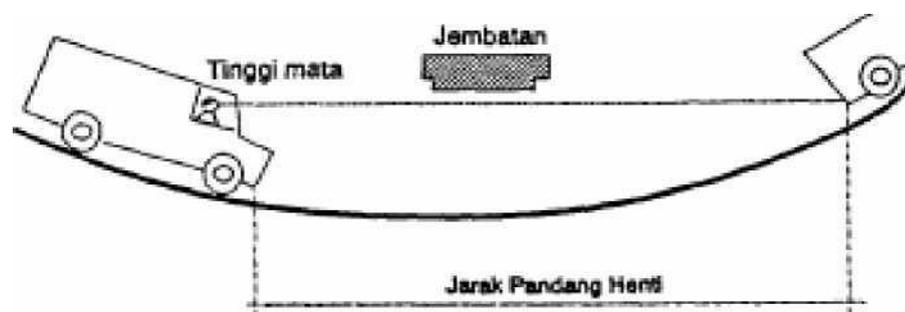
G1 dan G2 = Besarnya kelandaian (%)

Tanda (+) = Pendakian

Tanda (-) = Penurunan

Ev = Pergeseran vertikal dari titik PPV ke bagian lengkung

PPV = Titik perpotongan vertikal



Gambar 2.20 Jarak Pandang Lengkung Vertikal Cekung

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

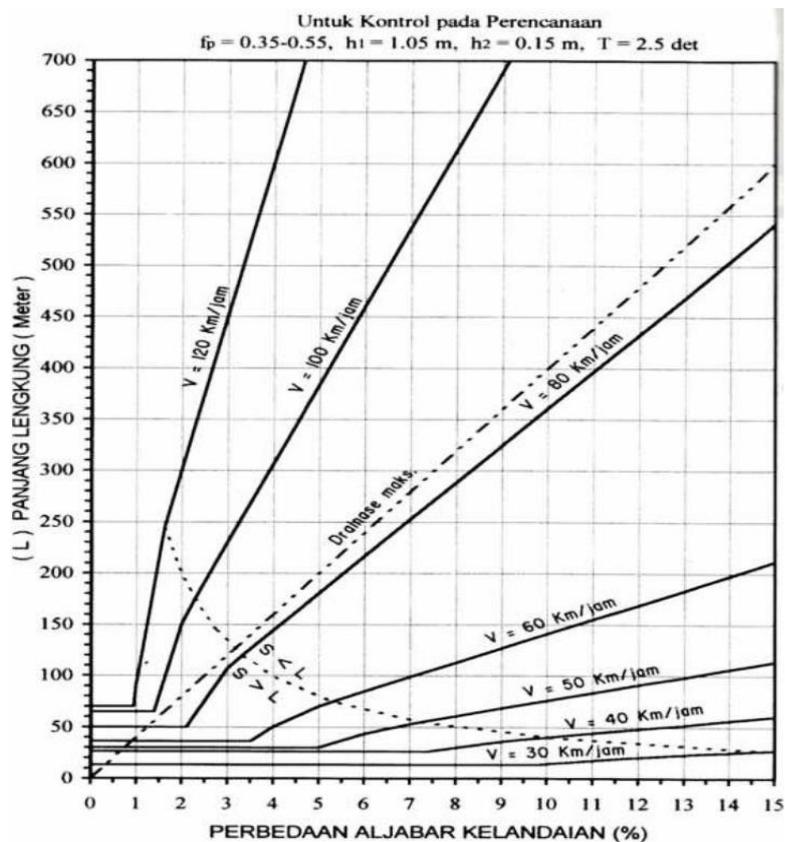
Dalam menentukan panjang lengkung vertikal cekung, harus memperhatikan antara lain :

- Jarak penyinaran lampu kendaraan.
- Jarak pandang bebas di bawah bangunan.
- Persyaratan drainase.
- Kenyamanan Pengemudi.
- Keluwesannya bentuk.

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandang pada waktu malam hari dan syarat drainase sebagaimana tercantum dalam grafik pada gambar 2.21. Rumus- rumus yang berlaku pada lengkung cekung vertikal adalah sebagai berikut :

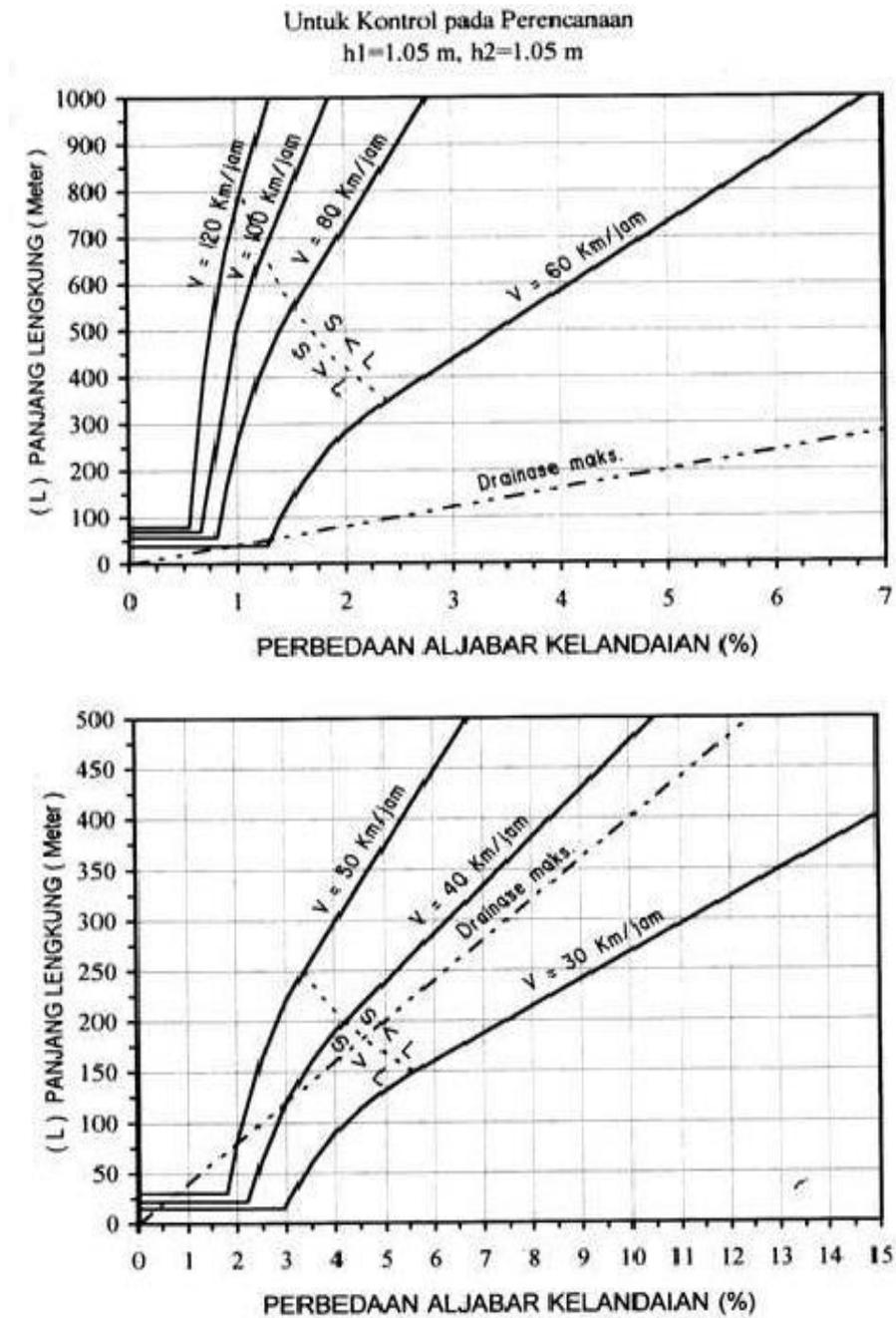
$$J_h < L_v, \text{ maka } L_v = \frac{A \cdot j h^2}{120 + 3,5 j h} \dots\dots\dots (2.42)$$

$$J_h > L_v, \text{ maka } L_v = 2 j h - \frac{120 + 3,5 j h}{A} \dots\dots\dots (2.43)$$



Gambar 2.21 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

(Sumber: TPGJAK, 1997)



Gambar 2.22 Jarak Pandang Mendahului

2.8 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada

sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti.

2.8.1 Jenis konstruksi perkerasan

Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas hal berikut: (Sukirman 1992).

1. Perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Perkerasan kaku atau perkerasan beton semen adalah suatu konstruksi (perkerasan) dengan bahan baku agregat dan menggunakan semen sebagai bahan ikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Pada perkerasan kaku daya dukung perkerasan terutama diperoleh dari pelat beton.

2. Perkerasan Lentur (*flexible pavement*)

Perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipampatkan dan menggunakan aspal sebagai bahan ikatnya. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu-lintas dan menyebarkan ke lapisan di bawahnya.

3. Perkerasan komposit (*Composit Flexible*)

Perkerasan komposit adalah kombinasi antara perkerasan kaku dengan perkerasan lentur. Perkerasan lentur di atas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

2.8.2 Kriteria Konstruksi Perkerasan

Konstruksi perkerasan harus dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pengguna jalan, oleh karena itu harus dipenuhi syarat sebagai berikut:

1. Syarat untuk lalu lintas

Adapun syarat untuk lalu lintas pada perkerasan jalan, antara lain :

- a. Permukaan harus rata, tidak bergelombang, tidak melendut dan tidak berlubang.
- b. Permukaan cukup kaku, tidak mudah mengalami deformasi akibat beban yang bekerja.

- c. Permukaan cukup memiliki kekerasan sehingga mampu memberikan tahanan gesek yang baik antara ban kendaraan permukaan jalan.
- d. Permukaan jalan tidak mengkilap (tidak menyilaukan jika terkena sinar matahari).

2. Syarat kekuatan struktural

Adapun syarat untuk lalu lintas pada perkerasan jalan, antara lain :

- a. Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
- b. Kedap terhadap air sehingga air tidak mudah meresap ke lapisan di bawahnya.
- c. Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang ada di permukaan jalan dapat cepat dialirkan
- d. Kekakuan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi permanen.

2.8.3 Perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Perkerasan kaku (*rigid pavement*) disebut juga perkerasan jalan beton semen. Dapat dilaksanakan pada kondisi daya dukung tanah dasar yang kurang baik (berkisar 2%) atau beban lalu lintas yang harus dilayani relatif besar, maka dibuat solusi dengan konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*). Menurut (Suryawan 2009) perkerasan beton yang kaku memiliki modulus elastisitas yang tinggi, akan mendistribusikan beban terhadap bidang area tanah yang cukup luas, sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari slab beton sendiri. Berdasarkan manual desain perkerasan jalan No.04/SE/Db/2017 ada beberapa tipikal perkerasan kaku, yaitu:



Gambar 2.23 Tipikal Perkerasan Kaku Pada Permukaan Tanah Asli (*at grade*)

(Sumber : Manual desain perkerasan jalan No.04/SE/Db/2017)



Gambar 2.24 Tipikal Perkerasan Kaku Pada Timbunan

(Sumber : Manual desain perkerasan jalan No.04/SE/Db/2017)



Gambar 2.25 Tipikal Perkerasan Kaku Pada Galian

(Sumber : Manual desain perkerasan jalan Na.04/SE/Db/2017)

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.

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

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

Selain beberapa pertimbangan di atas ada beberapa keuntungan dan kerugian dalam pemakaian konstruksi perkerasan kaku, keuntungan pemakaian perkerasan kaku, yaitu:

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

Kerugian dalam pemakaian perkerasan kaku, yaitu :

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

2.8.4 Jenis Struktur Perkerasan Kaku

Berdasarkan buku pedoman Perencanaan perkerasan Jalan Beton Semen 2003, jenis struktur perkerasan kaku dibagi menjadi empat, yaitu:

1. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan.
2. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan
3. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan

4. Perkerasan beton semen pra-tegang dengan tulang serat baja/fiber. Tujuh Sifat Campuran Beton yang harus dimiliki perkerasan kaku adalah: (A) Hal. 36.

2.8.5 Persyaratan Teknis Perencanaan Kaku

Persyaratan teknis perencanaan perkerasan kaku adalah sebagai berikut :

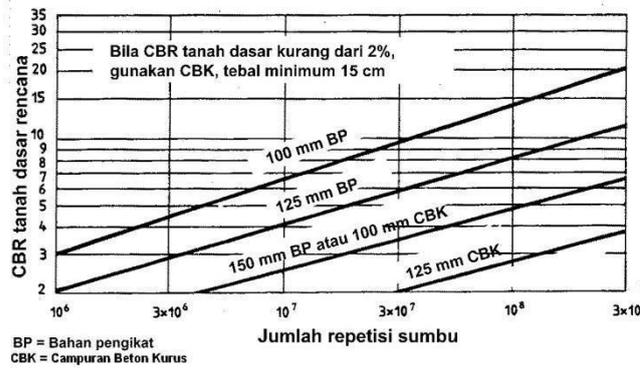
1. Kekuatan lapisan tanah dasar

Daya dukung Tanah dasar pada konstruksi perkerasan beton semen, ditentukan berdasarkan nilai CBR insitu 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. Disini apabila tanah dasar memiliki nilai CBR dibawah 2% maka digunakan pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean-Mix Concreate*) setebal 15 cm sehingga tanah dianggap memiliki CBR 5%

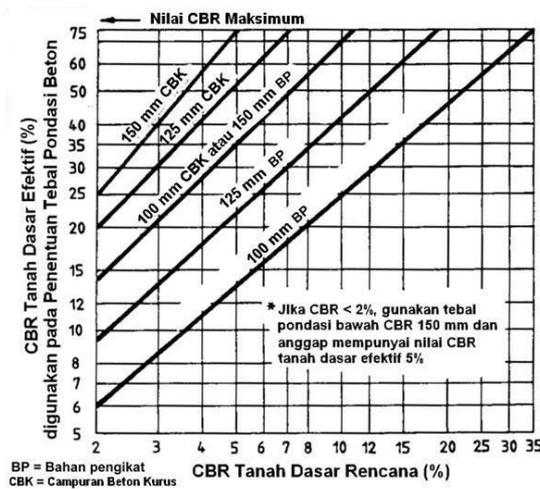
2. Lapisan pondasi bawah

Meskipun pada dasarnya lapis pondasi bawah pada perkerasan kaku tidak berfungsi terlalu struktural. Dalam arti kata keberadaannya tidak untuk menyumbangkan nilai struktur pada tebal pelat beton. Menyediakan Subbase setebal 10 cm harus sclalu dipasang kecuali apabila tanah dasar mempunyai sifat dan mutu yang sama dengan lapis pondasi bawah.

Lapis pondasi bawah bawah perlu diperlebar sampai 60 cm di luar tepi perkerasan beton semen. Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus mempergunakan campuran beton kurus (CBK). Tcbal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dapat dilihat pada Gambar 2.26 dan nilai CBR tanah dasar efektif dapat dilihat dari Gambar 2.27.



Gambar 2.26 Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Perkerasan Kaku Terhadap Repetisi Sumbu



Gambar 2.27 CBR tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah

3. Beton Semen

Kekuatan beton semen harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (flextural strength) umur 28 hari (MR), yang didapat dari pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal tarik lentur umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan 3 – 5 Mpa (30 – 50 kg/cm²).

Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik lentur beton dapat dengan rumus berikut:

$$f_{cf} = K \times (f_{c'})^{0,5} \text{ (dalam Mpa)} \dots\dots\dots(2.44)$$

$$f_{cf} = 3,13 \times K \times (f_{c'})^{0,5} \text{ (dalam kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots(2.45)$$

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 pecah 0,75 untuk agregat penuh

Bahan beton semen terdiri dari agregat, semen, air, dan bahan tambah jika diperlukan, dengan spesifikasi sebagai berikut :

a. Agregat

Agregat yang akan dipergunakan untuk perkerasan beton semen terdiri dari agregat halus dan kasar. Agregat halus terdiri dari pasir atau butiran-butiran yang lolos saringan no.4 (0,425) sedangkan agregat kasar yang tidak lolos saringan tersebut. Diameter agregat batu pecah harus $\leq 1/3$ tebal pelat atau $\leq 3/4$ jarak bersih minimum antar tulangan. Dengan persyaratan mutu agregat sesuai dengan yang tercantum dalam SK SNI S-04-1989-F.

b. Semen

Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton umumnya tipe I yang harus sesuai dengan SNI 15-2049-1994. Semen yang digunakan harus sesuai dengan lingkungan dimana perkerasan akan dibangun.

c. Air

Air yang digunakan untuk campuran harus bersih dan terbebas dari minyak, garam, asam, lanau atau bahan-bahan lain dalam jumlah tertentu yang dapat merusak kualitas beton.

d. Beban 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).
- 4) Sumbu tridem roda ganda (STrRg).

e. Lajur rencana dan koefisien distribusi

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalu lintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai tabel 2.24.

f. Umur rencana

Umur rencana perkerasan 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.

Tabel 2.22 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi

Lebar perkerasan (Lp)	Jumlah lajur	Koefisien distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$Lp < 5,50 \text{ m}$	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq Lp < 8,25 \text{ m}$	2 lajur	0,70	0,500
$8,25 \text{ m} \leq Lp < 11,25 \text{ m}$	3 lajur	0,50	0,475
$11,23 \text{ m} \leq Lp < 15,00 \text{ m}$	4 lajur	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq Lp < 18,75 \text{ m}$	5 lajur	-	0,425
$18,75 \text{ m} \leq Lp < 22,00 \text{ m}$	6 lajur	-	0,40

(Sumber: Departemen pemukiman dan prasarana wilayah, 2003)

2.8.6 Lalu Lintas Rencana untuk Perkerasan Kaku

1. 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:

$$R = \frac{(1+i)^n - 1}{1n(1+i)} \dots\dots\dots (2.45)$$

Dimana :

R = faktor pertumbuhan lalu lintas

i = laju pertumbuhan lalu lintas pertahun dalam %

UR = umur rencana (tahun)

2. 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. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut:

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \dots\dots\dots (2.46)$$

Dimana :

JSKN = Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana.

JSKNH = Jumlah sumbu kendaraan 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.

Tabel 2.23 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: Departemen pemukiman dan prasarana wilayah, 2003)

3. 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 (FKB)

No.	Penggunaan	Nilai
1	Jalan bebas hambatan utama (<i>major freeway</i>) dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu lintas dari hasil survey beban (<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	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah	1,0

(Sumber: Departemen pemukiman dan prasarana wilayah, 2003)

2.8.7 Sambungan

Sambungan dipakai untuk menyambung pelat yang ada pada perkerasan jalan, perkerasan jalan beton semen ditujukan untuk :

1. Membatasi tegangan dan pengendalian retak yang disebabkan oleh penyusutan, pengaruh lenting serta 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 :

$$A_t = 204 \times b \times h \dots\dots\dots (2.47)$$

$$l = (38,3 \times \phi) + 75 \dots\dots\dots (2.48)$$

Dimana :

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

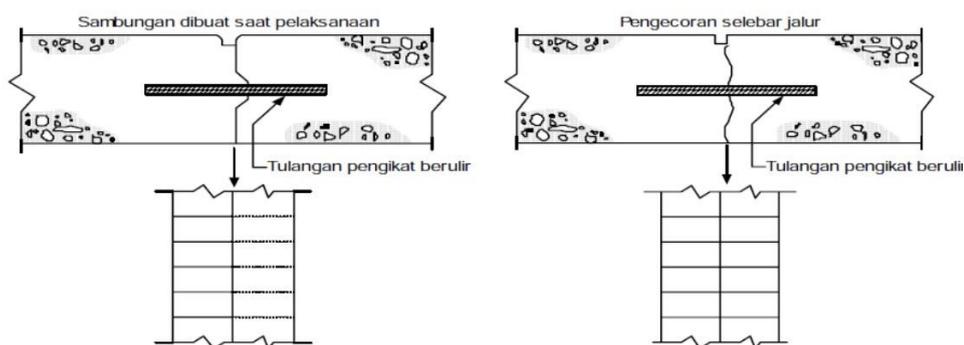
B = Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m)

H = Tebal pelat (h)

l = Panjang batang pengikat (mm)

ϕ = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm)

Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm. Tipikal sambungan memanjang diperlihatkan pada gambar 2.28.

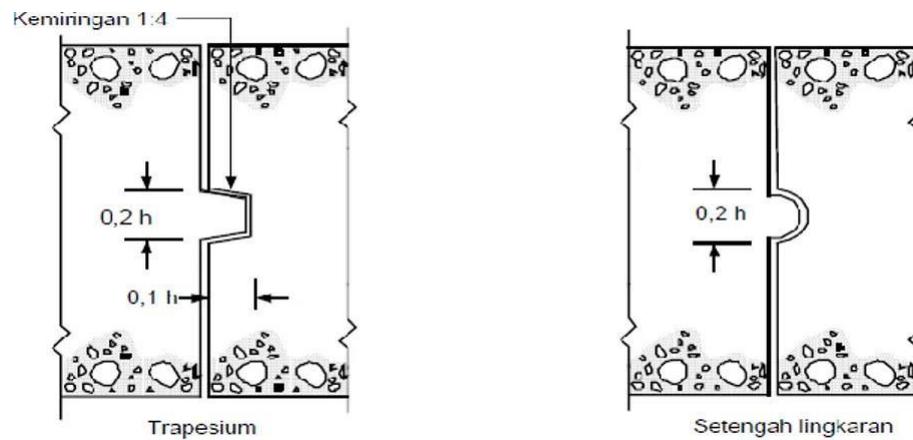


Gambar 2.28 Tipikal Sambungan Memanjang

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 2.29.



Gambar 2.29 Ukuran Standar Penguncian Sambungan Memanjang

(Sumber : Departemen Penukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

c. Sambungan Memanjang

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

d. Sambungan Susut dan Sambungan Pelaksanaan Melintang

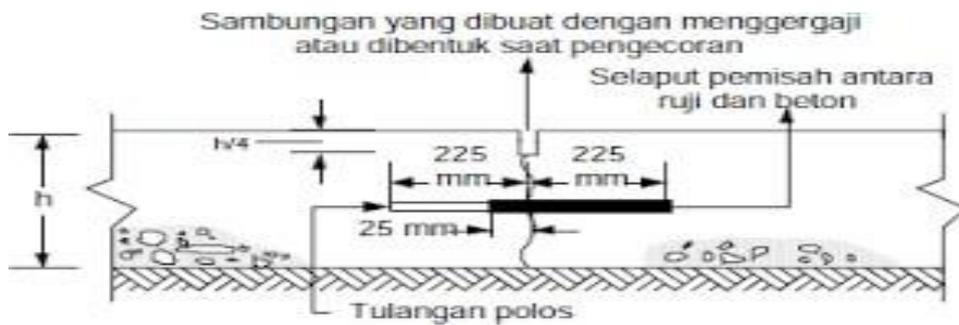
Ujung sambungan ini harus tegak lurus terhadap sumbu memanjang jalan dan tepi perkerasan. Untuk mengurangi beban dinamis, sambungan melintang harus dipasang dengan kemiringan 1 : 10 searah perputaran jarum jam.

e. Sambungan Susut Melintang

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagai mana diperlihatkan pada gambar 2.30 dan 2.31



Gambar 2.30 Sambungan Susut Melintang Tanpa Ruji
(Sumber : Departemen Permukiman dan prasarana Wilayah, 2003)



Gambar 2.31 Sambungan Susut Melintang Dengan Ruji
(Sumber : Departemen Permukiman dan prasarana Wilayah, 2003)

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 45cm, jarak antara ruji 30cm, 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

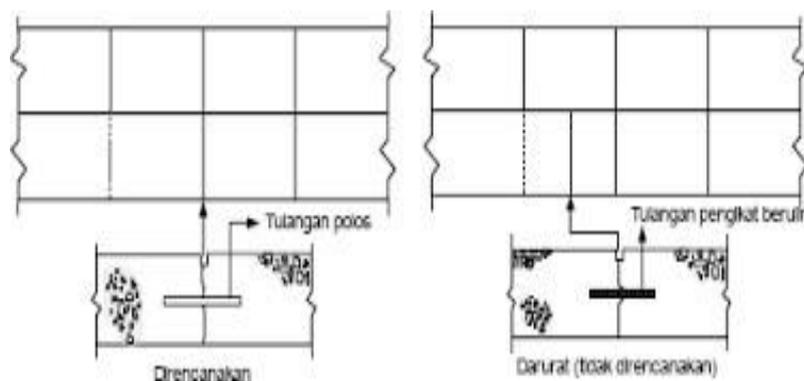
Tabel 2.25 Diameter Ruji

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)

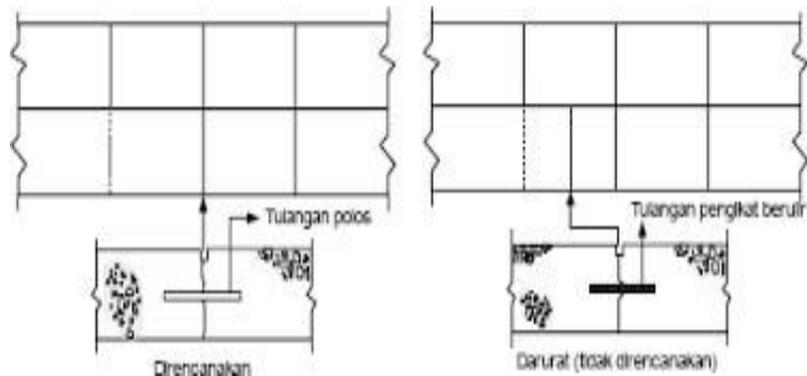
f. Sambungan Pelaksanaan Melintang

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 2.32 Sambungan Pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran per lajur

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

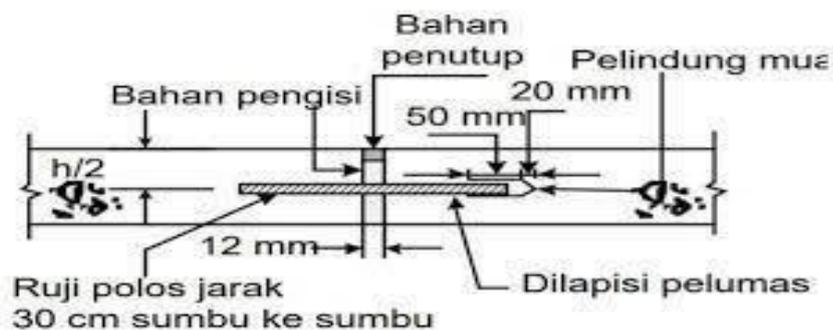


Gambar 2.33 Sambungan Pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

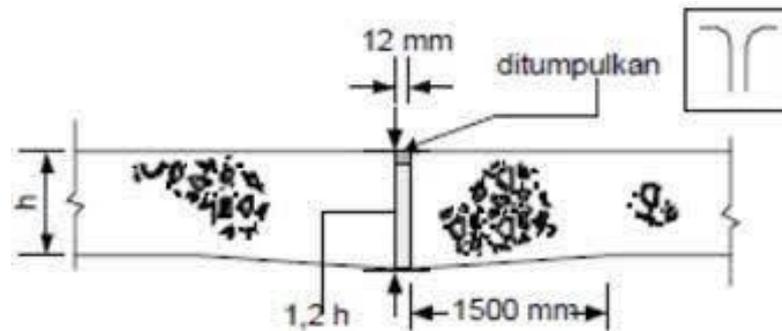
g. Sambungan Isolasi

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 5-7mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (*joint filler*) sebagaimana diperlihatkan pada gambar 2.34



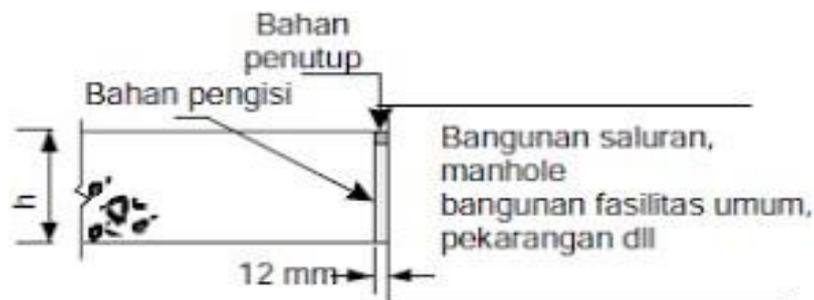
Gambar 2.34 Sambungan isolasi dengan ruji

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)



Gambar 2.35 Sambungan isolasi Penebal Tepi

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)



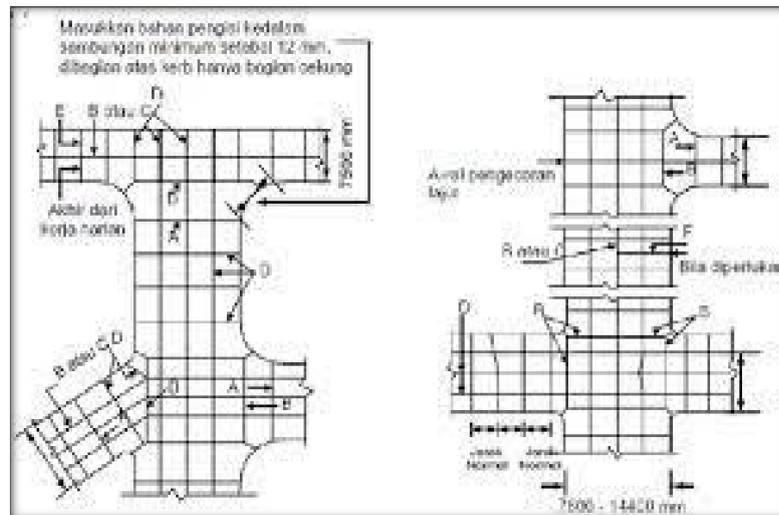
Gambar 2.36 Sambungan isolasi tanpa ruji

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

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 2.37 Detail Potongan Melintang Sambungan Perkerasan
(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

Information :

A = Sambungan Isolasi

B = Sambungan Pelaksanaan Memanjang

C = Sambungan Susut Memanjang

D = Sambungan Susut Melintang

E = Sambungan Susut Melintang yang direncanakan

F = Sambungan Pelaksanaan Melintang yang tidak direncanakan

2.8.8 Pola Sambungan

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

1. Hindari bentuk panel yang tidak teratur. Usahakan bentuk panel persegi mungkin. Perbandingan maksimum panjang panel terhadap lebar adalah 1,25.
2. Jarak maksimum sambungan memanjang 3-4 meter.
3. Jarak maksimum sambungan melintang 25 kali tebal pelat, maksimum 5,0 meter.
4. Semua sambungan susut harus menerus sampai kerb dan mempunyai kedalaman seperempat dan sepertiga dari tebal perkerasan masing-masing lapis untuk pondasi berbutir dan lapis stabilisasi semen.

5. Antar sambungan harus bertemu pada satu titik untuk menghindari terjadinya retak refleksi pada jalur yang bersebelahan.
6. Sudut antar sambungan yang lebih kecil dari 60 derajat harus dihindari dengan mengatur 0,5 m panjang terakhir dibuat tegak lurus terhadap tepi perkerasan.
7. Apabila sambungan berada dalam area 1,5 meter dengan *manhole* atau bangunan yang lain, jarak sambungan harus diatur sedemikian rupa sehingga antara sambungan dengan *manhole* atau bangunan yang lain tersebut membentuk sudut tegak lurus. Hal tersebut berlaku untuk bangunan yang berbentuk bundar. Untuk bangunan berbentuk persegi segi empat, sambungan harus berada pada sudutnya atau di antara dua sudut.
8. Semua bangunan lain seperti *manhole* harus dipisahkan dari perkerasan dengan sambungan muai selebar 12mm yang meliputi keseluruhan tebal pelat.
9. Perkerasan yang berdekatan dengan bangunan lain atau *manhole* harus ditebalkan 20% dari ketebalan normal dan berangsur-angsur berkurang sampai ketebalan normal sepanjang 1,5meter.
10. Panel yang tidak persegi empat dan yang mengelilingi *manhole* harus diberi tulangan berbentuk anyaman sebesar 0,15% terhadap penampang beton semen dan dipasang 5cm dibawah permukaan atas. Tulangan harus dihentikan 7,5 cm dari sambungan.
11. Perencanaan tebal pelat. Tebal pelat taksiran dipilih dan total fatik serta kerusakan erosi dihitung berdasarkan komposisi lalu-lintas selama umur rencana. Jika kerusakan fatik atau erosi lebih dari 100%, tebal taksiran dinaikkan 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.

2.9 Perencanaan Penulangan

Tujuan dasar distribusi penulangan baja adalah bukan untuk mencegah terjadinya retak pada pelat beton tetapi untuk membatasi lebar retakan yang

timbul dimana beban terkonsentrasi agar tidak terjadi pembelahan pelat beton pada daerah retak tersebut, sehingga kekuatan pelat tetap dapat dipertahankan (Hendarsin 2000:248). Tujuan utama penulangan, yaitu:

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. Penulangan beton pada perkerasan bersambung tanpa tulangan

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

- a. Pelat dengan bentuk tak lazim (*odd-shaped slabs*), pelat disebut besar dari 1,25 atau bila pola sambungan pada pelat tidak benar-benar berbentuk bujur sangkar atau empat persegi panjang tidak lazim bila perbandingan antara panjang dengan lebar lebih
- b. Pelat dengan sambungan tidak sejalur (*mismatched joints*).
- c. Pelat berlubang (*Pits or structures*)

2. Penulangan beton pada perkerasan bersambung dengan tulangan :

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

Dimana :

As = Luas penampang tulangan baja (mm²/m lebar pelat)

Fs = Kuat tarik ijin tulangan (Mpa), biasanya 0,6 kali tegangan leleh

G = Gravitasi (m/detik)

H = Tebal pelat beton (m)

L = Jarak antara sambungan yang tidak diikat pelat (m)

M = Berat per satuan volume pelat (kg/m³)

μ = Koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah

catatan : As minimum menurut SNI '91 untuk segala keadaan 0,14% dari luas penampang beton

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 Semen dengan Lapisan Pondasi Bawah

Jenis Pondasi	Faktor Gesekan (p)
BURTU, LAPEN dan Konstruksi Sejenis	2,2
Aspal Beton, LATASTON	1,8
Stabilisasi kapur	1,8
Stabilisasi aspal	1,8
Stabilisasi semen	1,8
Koral	1,5
Batu Pecah	1,5
Sirtu	1,2
Tanah	0,9

(Sumber : Shirley L. Hendarsin, 2000)

3. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan

a. Penulangan memanjang

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

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

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 ekivalensi anatar baja dan beton (e_s/e_c), dapat dilihat pada tabel 2.25

μ = Koefisien gesekan anatar pelat beton dengan lapisan di bawahnya

E_s = Modulus elastisitas baja = 2.1×10^6 (kg/cm²)

E_c = Modulus elastisitas beton = 1485 in FC (kg/cm²)

Tabel 2.27 Hubungan Kuat Tekan Beton dan Angka Ekivalen Baja/Beton (n)

F_c (kg/cm ²)	N
175 – 225	10
235 – 285	8

(Sumber : Shirley L. Hendarsin, 2000)

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 :

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

= $(1,9718^\circ c)/d$. (kg/cm²)

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

F_{ct} = Kuat tarik langsung beton = $(0.4 - 0.5 f_{cf})$ (kg/cm²)

N = Angka ekivalensi antara baja dan beton = (e_s/e_c)

E_c = Modulus elastisitas beton

= $14850 \sqrt{f'_c}$ (kg/cm²)

E_s = Modulus elastisitas baja

= $2,1 \times 10^6$ (kg/cm²)

Untuk menjamin agar didapat retakan-retakan yang halus dan jarak antara retakan

yang optimal :

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

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

b. Penulangan melintang

Luas tulangan melintang (A_s) yang diperlukan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung menggunakan persamaan rumus 2.23. tulangan melintang direkomendasikan sebagai berikut :

- 1) Diameter batang ulir tidak lebih dari 12 mm.
- 2) 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 65mm dari permukaan untuk tebal pelat < 20cm dan maksimum sampai sepertiga tebal pelat > 20 cm. Tulangan arah memanjang dipasang di atas tulangan arah melintang.

4. Perkerasan beton semen pra-tegang

Suatu struktur perkerasan jalan beton semen menerus, tanpa tulangan yang menggunakan kabel-kabel ptekan 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 pergantian pelat beton tertentu yang mengalami kerusakan. Perencanaan jalan beton dengan metoda pracetak-prategang ini, sebagaimana halnya pada konstruksi yang menggunakan sistem 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 sistem pracetak-prategang ini mempunyai beberapa keuntungan, seperti :

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

Hal yang harus mendapat perhatian lebih lanjut adalah :

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

2.10 Perencanaan Bangunan Pelengkap

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

1. Bangunan drainase jalan
2. Bangunan penguat jalan
3. Bangunan pengamanan lalu lintas

2.10.1 Drainase jalan

Prasarana jalan yang berfungsi mengalirkan air permukaan ke badan air dan atau ke bangunan resapan buatan. Tujuan dari perencanaan drainase ini adalah

mencegah kehancuran konstruksi jalan dengan mengendalikan air pada badan jalan, baik air permukaan maupun bawah permukaan dan membuang ke badan air seperti sungai, waduk, embung, atau resapan buatan (SNI PD.T-02-2006).

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

$$Q = \frac{C \cdot I_t \cdot A}{3,6} \dots\dots\dots (2.51)$$

Dimana:

Q = Debit lintasan (m^3/det)

C = Koefisien lintasan atau pengaliran

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

A = Luas daerah tangkapan hujan (km^2)

2.10.2 Saluran Samping

Tahapan untuk menentukan kapasitas saluran samping jika menggunakan metode rasional :

1. Menentukan frekuensi hujan rencana pada masa ulang (T) tahun. Rumus persamaan yang digunakan adalah :

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \dots\dots\dots (2.52)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(x)^2 \times \sum x}{N-1}} \dots\dots\dots (2.53)$$

$$R_T = X + K S_x \dots\dots\dots (2.54)$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots (2.55)$$

Dimana:

X = Curah hujan harian maksimum pertahun (mm)

N = Jumlah data curah hujan

\bar{X} = Curah hujan harian rata-rata (mm)

S_x = Standar frekuensi

R_T = Frekuensi hujan pada periode ulang

TK = Faktor frekuensi

Tabel 2.28 Nilai K Sesuai Lama Pengamatan

T	Y _r	Lama Pengamatan (Tahun)				
		10	15	20	25	30
2	0,3665	-0,1355	-0,1434	-0,1478	-0,1506	-0,1526
5	1,4999	1,0580	0,9672	0,9186	0,8878	0,8663
10	2,2502	1,8482	1,7023	1,6246	1,5752	1,5408
20	2,9702	2,6064	2,4078	2,3020	2,2348	2,1881
25	3,1985	2,8468	2,6315	2,5168	2,4440	2,3933
50	3,9019	3,5875	3,3207	3,1787	3,1787	3,0256
100	4,6001	4,0048	4,0048	3,5256	3,8356	3,6533

(Sumber ; Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

2. Menentukan intensitas hujan rencana

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

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (2.56)$$

Dimana:

I = Intensitas hujan (mm/jam)

T = Lama curah hujan (menit)

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

Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris. Biasanya intensitas hujan dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek misalnya 5 menit, 30 menit, 60 menit dan jam.

3. Luas Daerah Pengaliran (A)

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

4. Koefisien pengaliran dan faktor limpasan

Koefisien pengaliran (c) dan koefisien limpasan (fk) adalah angka reduksi dari intensitas hujan, yang besarnya disesuaikan dengan kondisi permukaan kemiringan atau kelandaian, jenis tanah, dan durasi hujan, koefisien ini tidak berdimensi. Berdasarkan PD. T-02-2006-B tentang Perencanaan Drainase Jalan nilai C dengan berbagai kondisi permukaan, dapat dihitung atau ditentukan dengan cara sebagai berikut:

$$C_w = \frac{C_1.A_1 + C_2.A_2 + C_3.A_3.fk}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots} \dots\dots\dots (2.57)$$

Dimana :

C1, C2..... , CX = Koefisien pengaliran sesuai dengan jenis permukaan

A1, A2..... , Ax = Luas daerah pengaliran (km²)

Cw = C rata-rata pada daerah pengaliran yang dihitung

Fk = Faktor limpasan sesuai guna jalan

Harga koefisien pengaliran (C) atau koefisien limpasan (fk) dapat dilihat pada Tabel 2.29.

Tabel 2.29 Harga Koefisien Pengaliran (C) dan Harga Faktor Limpasan (fk)

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)	Faktor Limpasan (fk)
	BAHAN		
1	Jembatan beton & jalan Aspal	0,70-0,90	-
2	Jalan kerikil & jalan tanah	0,40-0,70	-
3	Bahu jalan:		-
	Tanah berbutir halus	0,40-0,65	-
	Tanah berbutir kasar	0,10-0,20	-
	Batuan masif keras	0,70-0,85	-
	Batu massif lunak	0,60-0,75	-

	TATA GUNA LAHAN		
1	Daerah perkotaan	0,70-0,95	2,0
2	Daerah pinggiran kota	0,60-0,70	1,5
3	Daerah Industry	0,60-0,90	1,2
4	Pemukiman padat	0,40-0,60	2,0
5	Pemukiman tidak padat	0,40-0,60	1,5
6	Taman dan kebun	0,20-0,40	0,2
7	Persawitan	0,45-0,60	0,5
8	Perbukitan	0,70-0,80	0,4
9	Pegunungan	0,75-0,95	0,3

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

5. Waktu Konsentrasi (TC)

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

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

$$T_C = t_1 + t_2 \dots\dots\dots (2.58)$$

$$T_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times I_o \times \frac{nd}{\sqrt{k}} \right)^{0,167} \dots\dots\dots (2.59)$$

$$T_2 = \frac{L}{60 \times v} \dots\dots\dots (2.60)$$

Dimana:

TC = Waktu konsentrasi (menit)

T₁ = Waktu untuk mencapai awal saluran dari titik terjauh (menit)

T₂ = Waktu aliran dalam saluran sepanjang L dari ujung saluran (menit)

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

L = Panjang saluran (m)

K = Kelandaian Permukaan

n_d = Koefisien hambatan

Is = kemiringan saluran memanjang

V = Kecepatan air rata-rata pada saluran drainase

6. Debit banjir

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

$$Q = \frac{1}{3,6} \times Cw \times I \times A \dots\dots\dots (2.61)$$

Dimana:

Q = Debit aliran (m³/detik)

CW = Koefisien curah hujan

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = luas daerah layanan (km²)

Tabel 2.30 Koefisien Hambatan Berdasarkan Kondisi Permukaan

No.	Kondisi Permukaan yang Dilalui Aliran	<i>n_d</i>
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,01 3
2	Permukaan halus dan kedap air	0,02
3	Permukaan halus dan padat	0,10
4	Lapangan dengan rumput jarang, lading, dan tanah lapang kosong dengan permukaan cukup kasar	0,20
5	Lading dan lapangan rumput	0,40
6	Hutan	0,60
7	Hutan dan rimba	0,80

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

2.10.3 Gorong-gorong (*Box Culvert*)

Pada drainase jalan, gorong-gorong berfungsi sebagai penerus aliran dari saluran samping ke tempat pembuangan, gorong-gorong ditempatkan melintang jalan di beberapa lokasi sesuai kebutuhan (Hendarsin, 2000: 283).

Tipe dan bahan gorong-gorong yang permanen dengan desain umur rencana untuk periode ulang untuk perencanaan gorong-gorong disesuaikan dengan fungsi

jalan tempat gorong-gorong berlokasi:

1. Jalan tol = 25 years
2. Jalan arteri = 10 years
3. Jalan kolektor = 7 years
4. Jalan lokal = 5 years

Kemiringan gorong-gorong antara 0.5%- 2% dengan perhitungan faktor-faktor lain yang dapat mengakibatkan terjadinya pengendapan erosi di tempat air masuk dan pada bagian pengeluaran. Dimensi gorong-gorong minimum dengan diameter 80cm dengan kedalaman minimum 1m 0 1,5m tergantung tipe.

Tabel 2.31 Tipe Penampang Gorong-gorong

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

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

Berdasarkan standar gorong-gorong persegi *single* beton bertulang dari Bina Marga panjang gorong-gorong persegi merupakan lebar jalan ditambah 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 sehingga pada prinsipnya panjang gorong-gorong persegi adalah bebas, tetapi pada perhitungan volume dan berat besi tulangan diambil terbatas dengan lebar perkerasan yang umum, yaitu 3,5;4,5;6 dan 7 meter.

Dimensi gorong-gorong persegi beton bertulang direncanakan seperti pada Tabel 2.32.

Tabel 2.32 Ukuran Dimensi Gorong-gorong

Tipe Single		
1	T	H
100	100	16
100	150	17
100	200	18
200	100	22
200	150	23
200	200	25
200	250	26
200	300	28
300	150	28
300	200	30
300	250	30
300	300	30

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

2.10.4 Kriteria Perencanaan Saluran Samping dan Gorong-gorong

Pada perencanaan saluran terbuka secara hidrolika, jenis aliran yang terjadi adalah aliran terbuka, yaitu pengaliran air dengan permukaan bebas. Perencanaan ini digunakan untuk perencanaan saluran samping jalan maupun gorong-gorong. Bahan bangunan saluran ditentukan oleh besarnya kecepatan rencana aliran air yang mengalir di saluran samping tersebut. Sedangkan besarnya kemiringan saluran memanjang ditentukan berdasarkan bahan yang digunakan.

Tabel 2.33 Kemiringan Saluran Memanjang Berdasarkan Jenis Material

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

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

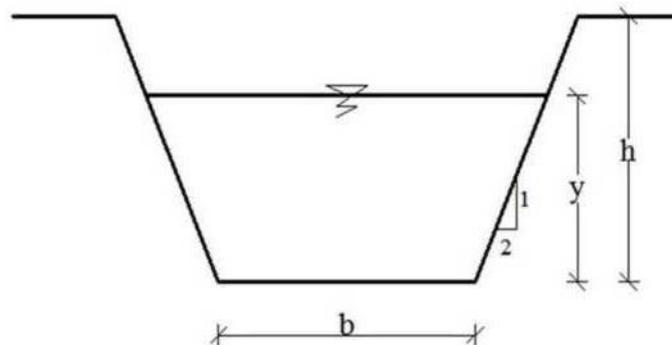
Tabel 2.34 Kemiringan Saluran Memanjang Berdasarkan Jenis Material

No.	Jenis Bahan	Kecepatan Aliran Air yang Diiijinkan (m/detik)
1	Pasir halus	0,45
2	Lempung kepasiran	0,50
3	Lanau alluvial	0,60
4	Kerikil halus	0,75
5	Lempung kokoh	0,75
6	Lempung padat	1,10
7	Kerikil kasar	1,20
8	Batu - batu besar	1,50
9	Pasangan batu	1,50
10	Beton	1,50
11	Beton bertulang	1,50

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

2.10.5 Desain dimensi saluran samping dan gorong-gorong

1. Dimensi saluran samping



Gambar 2.38 Penampang Saluran Berbentuk Trapesium

Perhitungan dimensi saluran dilakukan dengan menggunakan rumus manning :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2.62)$$

$$Q = V \times A \dots\dots\dots(2.61)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots \dots \dots (2.62)$$

$$w = \sqrt{0,5h} \dots \dots \dots (2.63)$$

Rumus Penampang Ekonomis :

$$B + 2mh = 2h \sqrt{m^2 + 1} \dots \dots \dots (2.64)$$

Dimana:

V = Kecepatan aliran dalam saluran (m/detik)

R = Radius hidrolis (m)

S = Kemiringan saluran (%)

A = Luas penampang basah saluran (m²)

P = Keliling basah saluran (m)

Q = Debit aliran (m³/detik)

N = Koefisien kekerasan manning

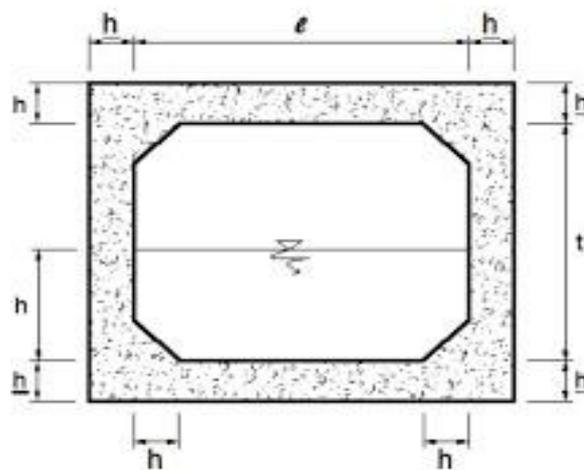
W = Tinggi jagaan (m)

B = Lebar saluran (m)

M = Perbandingan kemiringan talud

dh = Tinggi permukaan air (m)

2. Dimensi gorong-gorong bentuk persegi (*Boxculver*)



Gambar 2.39 Dimensi Gorong-gorong Persegi

Dimana :

V = Kecepatan aliran dalam saluran (m/detik)

Q = Debit aliran (m^3 /detik)

A = Luas penampang melintang (m^2) w = Tinggi jalan (m)

b = Tinggi penampang saluran (m) I = Lebar saluran (m)

h = Tinggi permukaan air (m)

2.10.6 Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL)

1. Marka

Marka jalan dibuat dengan cat khusus berwarna putih dan kuning yang dapat memancarkan cahaya pada malam hari atau dengan material lainnya yang ditempatkan atau dibuat pada permukaan perkerasan jalan, kerb atau objek lainnya dengan maksud untuk mengatur lalu lintas atau mengingatkan pengendara.

Ada 5 kategori markajalan yang umum digunakan, yaitu :

- a. Marka pada perkerasan jalan
- b. Pada kerb jalan
- c. Tanda pada objek
- d. Petunjuk
- e. Perkerasan yang diberi warna

Jenis marka yang paling umum adalah marka pada perkerasan yang terdiri dari garis memanjang dan melintang dengan tulisan dan lambing. Dengan pemilihan warna, lebar, dan jenis marka memanjang, maka perencana dapat memberikan pesan kepada pengendara. Penjelasan secara umum adalah bersifat sebagai berikut:

- a. Garis putus-putus bersifat “boleh”
- b. Garis penuh bersifat “dilarang”
- c. Garis penuh ganda bersifat “dilarang keras”
- d. Warna untuk garis-garis tersebut menunjukkan sebagai berikut :
 - 1) Warna putih memisahkan arus lalu lintas (batas jalur) pada arah yang sama.
 - 2) Warna kuning memisahkan arus lalu lintas pada arah yang berlawanan.

Tabel 2.35 Jenis Marka Jalan

Tipe	Penggunaan Tipikal
Garis Memanjang	
Garis putih putus	Garis batas lajur untuk jalan multi lajur
Garis kuning putus	Dijijinkan untuk menyalip atau mendahului pada jalan 2 lajur 2 jalur
Garis putih penuh	Tanda/batas tepi perkerasan
Garis ganda putih penuh	Geris pemisan karena ada/ditemui rintangan
Garis kuning putih	Tidak boleh mendahului didekat garis penuh
Garis ganda kuning putus	Tepi lajur arus kendaraan berlawanan
Garis titik	Garis tambahan melalui simpang sebidang atau tidak sebidang
Garis Melintang	
Marka pada bahu	Menghalangi penggunaan bahu jalan sebagai lajur lalu lintas
Pasangan garis putih penuh dengan lebar ≥ 15 cm dengan Panjang ± 200 cm	Tempat penyebrangan pejalan kaki atau zebra cross
Garis putih penuh dengan lebar 3 hingga 6 meter	Garis henti yang menunjukkan kendaraan diperlukan untuk berhenti

(Sumber : peraturan menteri perhubungan Republik Indonesia, 2014)

2. Rambu

Rambu dilihat dari fungsi memiliki 3 kelas, yaitu :

- a. Pengatur atau pengarah, digunakan kode R
- b. Petunjuk, digunakan kode G
- c. Peringatan digunakan kode

Bentuk rambu lalu lintas terdiri dari :

- a. Lingkaran
- b. Belah Ketupat
- c. Segitiga
- d. Persegi panjang atau bujur sangkar
- e. Bersilang
- f. Berbentuk anak panah
- g. Segi delapan

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

Tabel 2.36 Jenis Rambu Jalan

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

(Sumber : direktorat jenderal bina marga, 1991)

3. Pengaman Jalan

a. Pagar Pengaman

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

b. Pagar pengarah

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

Tabel 2.37 Kriteria Pengaman Jalan

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

(Sumber : direktorat jendral bina marga, 1991)

c. Trotoar

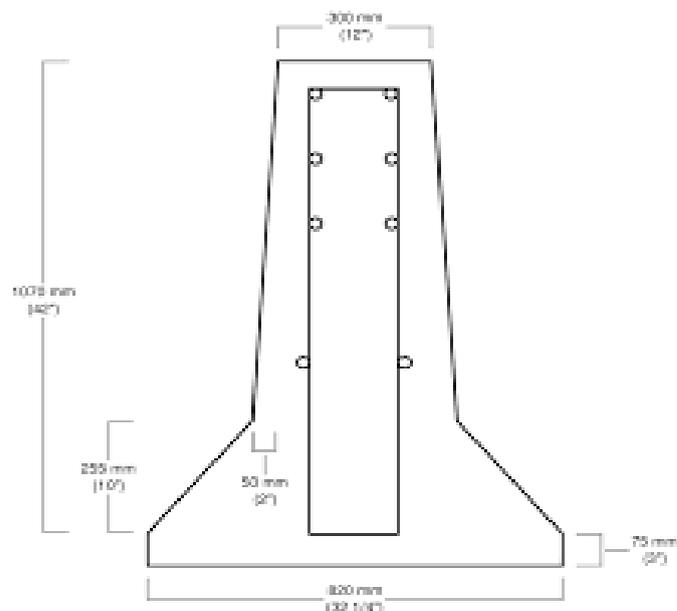
Trotoar termasuk dalam sarana pelestarian untuk memberikan pelayanan yang optimal kepada pejalan kaki, baik dari segi keamanan maupun kenyamanan. Trotoar memang banyak terdapat pada jalan dalam kota akan tetapi untuk jalan luar kota jarang sekali ditemukan.

Trotoar dapat ditempatkan khusus, juga dapat digunakan sekaligus sebagai penutup saluran drainase samping, akan tetapi tergantung dari lahan yang tersedia untuk DAMAJA/DAMIJA. Spesifikasi trotoar dapat dirujuk dari Permen PU No. 19/PRT/M/2011, SNI 03-6967-2003 dan SK DirJen Bina Marga No. 07/T/BNKT/1990.

2.10.7 Median Concrete Barrier

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

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



Gambar 2.40 Median *Concrete Barrier* dengan Tipe *High*

Lebar median jalan harus memenuhi ketentuan pada tabel 2.38

Tabel 2.38 Perancangan Median Jalan Tol

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

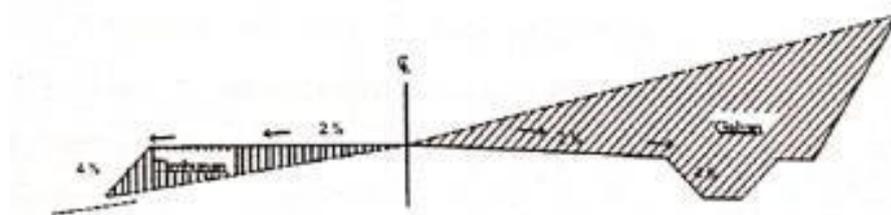
(Sumber : Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Departement PU, Ditjen BinaMarga, 2009)

2.11 Galian dan Timbunan

Pekerja galian dan timbunan bertujuan untuk memperoleh bentuk serta elevasi permukaan sesuai dengan gambar yang direncanakan. Dalam perencanaannya, 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:

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



Gambar 2.41 Galian dan Timbunan

(Sumber : Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1997)

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

Tabel 2.39 Perhitungan Galian dan Timbunan

STA	Luas (m ²)		Jarak (m)	Volume (m ³)	
	Galian	Timbunan		Galian	Timbunan
0 + 000	A	A		$\frac{A + B}{2} \times L = C$	$\frac{A + B}{2} \times L = C$
0 + 100	B	B		$\frac{A + B}{2} \times L = C$	$\frac{A + B}{2} \times L = C$
				ΣC	ΣC

(Sumber : Hasil Perhitungan,2023)

2.12 Rencana Anggaran Biaya dan Manajemen Proyek

2.12.1 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 dan upah adalah satuan harga yang termasuk pajak-pajak.

2.12.2 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 didapatkan harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya. Adapun yang termasuk di dalam 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 hubungannya dengan daftar harga satuan bahan dan upah.

Biaya satuan pekerjaan dirinci berdasarkan :

- a. Bahan yang digunakan
- b. Alat yang digunakan
- c. Pekerja yang terlibat untuk pekerjaan tersebut.

Biaya-biaya diatas adalah biaya yang langsung (*direct*) berkaitan dengan kegiatan atau pekerjaan tersebut dan biaya langsung (*direct cost*). Disamping biaya langsung, terdapat pula biaya tambahan (*mark up*) atau biaya tidak langsung. Komponen biaya tambahan terdiri dari biaya overhead.

- a. Biaya Overhead
- b. Biaya tak terduga (Contingency Cost)
- c. Keuntungan (profit)
- d. Pajak (tax)

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 pengantaran observasi lapangan.
- b. Pendekatan *off the job* yaitu pendekatan yang dipakai untuk memperoleh hasil perhitungan berdasarkan standar yang biasanya ditetapkan oleh pabrik pembuat.

2.12.3 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 di dapat harga satuan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada di dalam suatu proyek.

2.12.4 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan

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

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

1. Anggaran Biaya Kasar (Taksiran)

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

2. Anggaran Biaya Teliti

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

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

- a. Bestek

Gunanya untuk menentukan spesifikasi bahan dan syarat-syarat.

- b. Gambar Bestek

Gunanya untuk menentukan/menghitung/besarnya masing-masing volume pekerjaan.

- c. Harga Satuan Pekerjaan

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

Setelah mengumpulkan daftar harga barang, alat dan upah, dilakukan perhitungan sesuai dengan perencanaan yang ada di gambar dan tidak lupa menyesuaikan dengan keadaan dilapangan sendiri. Rencana Anggaran Biaya adalah jumlah dari masing-masing perkalian volume dan harga satuan pekerjaan

yang bersangkutan.

Secara umum dapat disimpulkan sebagai berikut :

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

2.12.5 Rekapitulasi Biaya

Rekapitulasi biaya adalah total yang paling diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biaya.

2.12.6 Network planning (NWP)

Di dalam NPW 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 man ayang harus di dahulukan, 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 (criticalpath) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah:

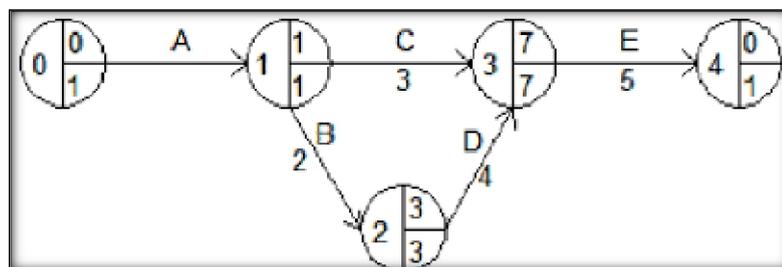
1. Urutan Pekerjaan yang Logis.

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 :

- Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya durasi maupun *resource* yang dibutuhkan.
- Aktifitas-aktifitas apa yang mendahului dan aktifitas-aktifitas apa yang mengikuti.
- Aktifitas-aktifitas apa yang dapat dilakukan bersama-sama
- Aktifitas-aktifitas itu dibatasi mulai dan selesai.
- Waktu, biaya, dan *resource* yang dibutuhkan dari aktifitas-aktifitas itu. Kemudian mengikutinya.
- Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan. Biasanya memakai waktu rata-rata
- Kepala anak panah menjadi arah pedoman dari setiap kegiatan.
- Besar kecilnya lingkaran juga tidak mempunyai arti dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa.



Gambar 2.42 Sketsa Network Planning (NWP)

Information :

- (Arrow), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan *resource* tertentu. Anak panah selalu

menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.

2.  (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu hubungan.
3.  (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*).
4.  (*Dummy*), bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak memakan waktu.
5. EET (*Earliest Event Time*) = waktu yang paling cepat, yaitu menjumlahkan durasi dari kejadian yang dimulai dari kejadian awal dilanjutkan kegiatan berikutnya dengan mengambil angkayang terbesar.
6. A ..., H merupakan kegiatan, sedangkan LA, LB, LC, LD, LE, LF, LG dan LH merupakan durasi dari aktifitas kegiatan tersebut.

2.12.7 Bar Chart

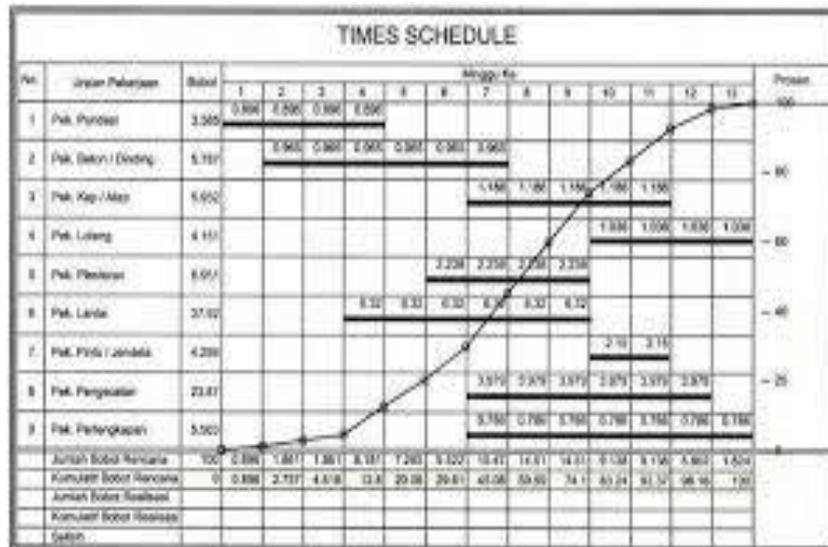
Sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal, sedangkan kolom horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat terlihat dengan jelas sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang.

Dari pernyataan diatas dapat disimpulkan bahwa pengertian bar chart ialah bentuk rencana yang paling sederhana yang digunakan di lapangan, kegiatan yang dilakukan digambarkan dalam bentuk balok pada skala waktu.

Dalam penyusunan *bar chart* ada beberapa keuntungan dan kelemahan, berikut adalah keuntungan dan kelemahan dari bar chart :

1. Bantuknya sederhana
2. Mudah dibuat
3. Mudah dibaca dan dimengerti
4. Hubungan antara suatu pekerjaan dengan lainnya kurang jelas
5. Sulit digunakan pada pekerjaan skala besar

Berikut adalah contoh dari *Bar Chart* itu sendiri :



Gambar 2.43 *Barchart* Kurva S

2.12.8 Kurva S

Kurva S adalah hasil plot dari Barchart, bertujuan untuk mempermudah melihat kegiatan-kegiatan yang masuk dalam suatu jangka waktu pengamatan progres pelaksanaan proyek (Callahan, 1992). Dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan sampai akhir pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan antara pekerjaan dengan harga total keseluruhan.