

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Definisi Jalan

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel (UU RI No 38 Tahun 2004).

Dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.15 Tahun 2005 tentang jalan, ada berapa definisi tentang jalan antara lain:

1. Jalan umum adalah jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum.
2. Jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian system jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol.
3. Jalan penghubung adalah jalan yang menghubungkan jalan tol dengan jalan umum yang ada.

Berdasarkan definisi di atas menurut PP No.15 Tahun 2005 penyelenggaraan jalan tol dimaksudkan untuk mewujudkan pemerataan pembangunan dan hasil – hasilnya serta keseimbangan dalam pengembangan wilayah dengan memperhatikan keadilan yang dapat dicapai dengan membina jaringan jalan yang dananya berasal dari pengguna jalan. Yang bertujuan meningkatkan efisiensi pelayanan jasa distribusi guna menunjang peningkatan pertumbuhan ekonomi terutama wilayah yang sudah tinggi tingkat perkembangannya.

a. Syarat umum jalan tol

1. Jalan tol merupakan lintas alternatif dari ruas jalan umum yang ada

2. Jalan tol dapat tidak berupa lintas alternatif apabila kawasan yang bersangkutan belum ada jalan umum dan diperlukan untuk mengembangkan suatu kawasan tersebut.
3. Ruas jalan umum sekurang – kurangnya mempunyai fungsi arteri atau kolektor.
4. Jalan tol hanya dapat dihubungkan ke dalam jaringan jalan umum pada ruas yang mempunyai fungsi kolektor.

b. Syarat teknis jalan tol

1. Jalan tol mempunyai tingkat pelayanan keamanan yang lebih tinggi dari jalan umum yang ada dan dapat melayani arus lalu lintas jarak jauh dengan mobilitas tinggi.
2. Jalan tol yang digunakan untuk lintas antar kota di desain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 80 km/jam dan untuk jalan tol di wilayah perkotaan di desain dengan kecepatan rencana paling rendah 60 km/jam.
3. Jalan tol di desain untuk mampu menahan muatan sumbu terberat (MST) paling rendah 8 ton.
4. Setiap ruas jalan tol harus dilakukan pemagaran dan dilengkapi dengan fasilitas penyebrangan dalam bentuk jembatan atau terowongan.
5. Pada tempat-tempat membahayakan pengguna jalan tol, harus diberi bangunan pengaman yang mempunyai kekuatan dan struktur yang dapat menyerap energi benturan kendaraan.
6. Setiap jalan tol wajib dilengkapi dengan aturan perintah dan larangan yang dinyatakan dengan rambu lalu lintas, marka jalan dan atau alat pemberi isyarat lalu lintas.

c. Spesifikasi jalan tol

1. Tidak ada persimpangan sebidang dengan ruas jalan lain atau dengan prasarana transportasi lainnya.

2. Jumlah jalan masuk dan jalan keluar kedaratan dari jalan tol dibatasi secara efisien dan semua jalan masuk dan keluar harus terkendali secara penuh.
3. Jarak antar simpang susun, paling rendah 5 Km untuk jalan tol luar perkotaan dan paling rendah 2 Km untuk jalan perkotaan.
4. Jumlah lajur sekurang – kurangnya 2 lajur per arah.
5. Menggunakan pemisah tengah atau median jalan, dan
6. Lebar bahu jalan sebelah luar harus dapat dipergunakan sebagai jalur lalu lintas sementara dan keadaan darurat.

2.2 Sistem Jaringan dan Klasifikasi Jalan

2.2.1 Sistem Jaringan Jalan

Berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No.34 Tahun 2006, Sistem jaringan jalan adalah satu kesatuan jaringan jalan yang terdiri dari sistem jaringan jalan primer dan sistem jaringan jalan sekunder yang terjalin dalam hubungan hierarki. Sistem jaringan jalan disusun dengan mengacu pada tata ruang wilayah dan memperhatikan hubungan antar kawasan baik perdesaan dan kawasan perkotaan.

a. Sistem jaringan jalan primer

Sistem jaringan jalan primer disusun berdasarkan rencana tata ruang dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional.

1) Jalan arteri primer

Jalan arteri primer adalah jalan yang menghubungkan antar pusat kegiatan nasional atau antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah.

Persyaratan minimum untuk desain:

- (a) Kecepatan rencana (V_r) paling rendah 60 km/jam.
- (b) Lebar jalan paling rendah 11 meter.
- (c) Kapasitas lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata.
- (d) Lalu lintas jarak jauh tidak terganggu oleh lalu lintas ulang-alik, lalu lintas lokal dan kegiatan lokal.

- (e) Jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien, agar kecepatan dan kapasitas dapat terpenuhi.
- (f) Persimpangan dengan jalan lain dilakukan pengaturan tertentu, jadi tidak mengurangi kecepatan rencana dan kapasitas jalan.
- (g) Jalan arteri primer yang memasuki kawasan perkotaan atau kawasan pengembangan perkotaan tidak boleh terputus.

2) Jalan kolektor primer

Jalan kolektor primer adalah jalan yang menghubungkan antar pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan wilayah atau antar pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lokal.

Persyaratan minimum untuk desain:

- (a) Kecepatan rencana (V_r) paling rendah 40 km/jam.
- (b) Lebar jalan paling rendah 9 meter.
- (c) Kapasitas lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata.
- (d) Jumlah jalan masuk dibatasi dan direncanakan sehingga tidak mengurangi kecepatan rencana dan kapasitas jalan.
- (e) Persimpangan dengan jalan lain dilakukan pengaturan tertentu, sehingga tidak mengurangi kecepatan rencana dan kapasitas jalan.
- (f) Tidak terputus walaupun memasuki kawasan perkotaan dan/atau kawasan pengembangan perkotaan.

3) Jalan lokal primer

Jalan lokal primer adalah jalan yang menghubungkan antar pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lingkungan, pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lingkungan, antar pusat kegiatan lokal, atau pusat kegiatan lokal dengan pusat kegiatan lingkungan, serta antar pusat kegiatan lingkungan.

Persyaratan minimum untuk desain:

- (a) Kecepatan rencana (V_r) paling rendah 20 km/jam.
- (b) Lebar jalan paling rendah 7,5 meter.
- (c) Jalan lokal primer yang memasuki kawasan perdesaan tidak boleh terputus.

4) Jalan lingkungan Primer

Jalan lingkungan primer adalah jalan yang menghubungkan antar pusat kegiatan di dalam kawasan pedesaan dan jalan di dalam lingkungan kawasan pedesaan.

Persyaratan minimum untuk desain:

- (a) Kecepatan rencana (V_r) paling rendah 15 km/jam.
- (b) Lebar jalan paling rendah 6,5 meter.
- (c) Jalan lingkungan primer diperuntuhkan bagi kendaraan bermotor beroda tiga atau lebih.
- (d) Bila tidak diperuntuhkan bagi kendaraan bermotor beroda tiga atau lebih harus mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 3,5 (tiga koma lima) meter.

b. Sistem jaringan jalan sekunder

Sistem jaringan jalan sekunder disusun berdasarkan rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan yang menghubungkan secara menerus kawasan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder kesatu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga, dan seterusnya sampai persil.

1) Jalan arteri sekunder

Jalan arteri sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu, kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kesatu, atau kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua.

Persyaratan minimum untuk desain:

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

- (d) Persimpangan sebidang pada jalan dengan pengaturan tertentu, sehingga tidak mengurangi kecepatan rencana dan kapasitas jalan.

2) Jalan kolektor sekunder

Jalan kolektor sekunder adalah jalan yang menghubungkan antar kawasan Sekunder kedua atau kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga.

Persyaratan minimum untuk desain:

- (a) Kecepatan rencana (V_r) paling rendah 20 km/jam dengan lebar jalan minimal 9 meter.
- (b) Kapasitas lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata.
- (c) Lalu lintas cepat tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat.
- (d) Persimpangan sebidang pada jalan dengan pengaturan tertentu, sehingga tidak mengurangi kecepatan rencana dan kapasitas jalan.

3) Jalan lokal sekunder

Jalan lokal sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, kawasan sekunder kedua dengan perumahan, kawasan sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan. Persyaratan minimum untuk desain yaitu kecepatan rencana (V_r) paling rendah 10 km/jam dengan lebar badan jalan paling sedikit 7,5 meter.

4) Jalan lingkungan sekunder

Jalan lingkungan sekunder adalah jalan yang menghubungkan antarpersil dalam kawasan perkotaan.

Persyaratan minimum untuk desain yaitu :

- (a) kecepatan rencana (V_r) paling rendah 10 km/jam dengan lebar badan jalan paling sedikit 6,5 meter.
- (b) Jalan lingkungan sekunder diperuntuhkan bagi kendaraan bermotor beroda tiga atau lebih.
- (c) Bila tidak diperuntuhkan bagi kendaraan bermotor beroda tiga atau lebih harus mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 3,5 (tiga koma lima) meter.

2.2.2 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TPGJAK) No. 038/TBM/1997 yaitu:

1. Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi Jalan

Klasifikasi jalan menurut fungsinya sesuai dengan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TPGJAK) No. 038/TBM/1997 terbagi atas :

a. Jalan Arteri

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

b. Jalan Kolektor

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

c. Jalan Lokal

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

Tabel 2.1. Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

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

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

2. Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

a. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan dalam MST

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

Tabel 2.2. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan dalam MST

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

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

Kelas jalan bebas hambatan untuk jalan tol didisain 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.

b. Klasifikasi Menurut Volume Lalu Lintas

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

Tabel 2.3. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan dalam LHR

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

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

- Kelas I :

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

- Kelas II :

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

Kelas II A, adalah jalan raya sekunder dua jalur atau lebih dengan konstruksi permukaan jalan dari sejenis aspal beton (*hot mix*) atau yang setara, dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dan tidak bermotor. Untuk lalu lintas lambat disediakan jalur tersendiri.

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

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

- Kelas III :

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan penghubung dan merupakan konstruksi jalan berjalur tunggal atau dua. 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 umur rencana yaitu :

$$P_n = P_o + (1+i)^n \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

P_n = Jumlah kendaraan pada tahun ke n

P_o = Jumlah kendaraan pada awal tahun

I = angka pertumbuhan lalu lintas (%)

N = umur rencana

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 2.4.

Tabel 2.4. Klasifikasi Menurut Medan Jalan

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

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

4. Klasifikasi Jalan Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

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

a. Jalan Nasional

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

b. 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

c. Jalan Kabupaten

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

d. 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.

f. Jalan Desa

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

g. Jalan Khusus

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

2.3 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat beberapa parameter perencanaan yang harus dipahami yaitu: kendaraan rencana, kecepatan rencana, Volume dan kapasitas jalan, dan tingkat pelayanan yang diberikan oleh jalan tersebut. Parameter-parameter ini merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan. (Silvia Sukirman 1999).

2.3.1 Kendaraan Rencana

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

a. 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).

b. 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).

c. Kendaraan berat/besar (LB-LT)

1) Bus besar (LB),

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

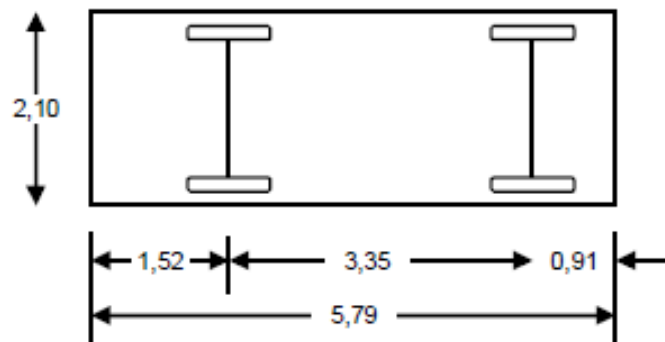
2) Truk besar (LT),

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

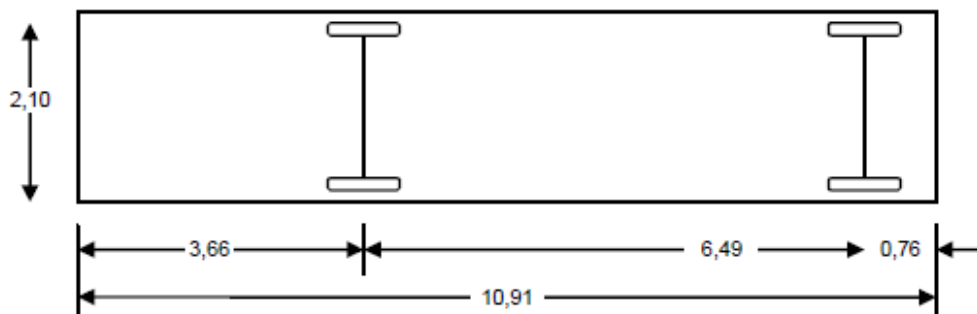
Tabel 2.5 Dimensi Kendaraan Rencana

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

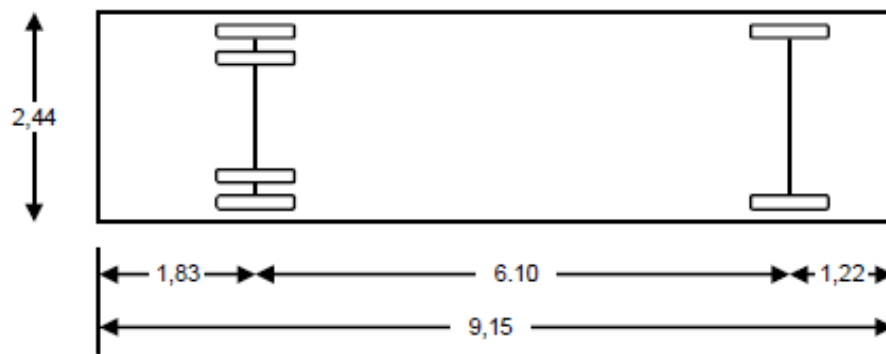
(Sumber: Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 2009)



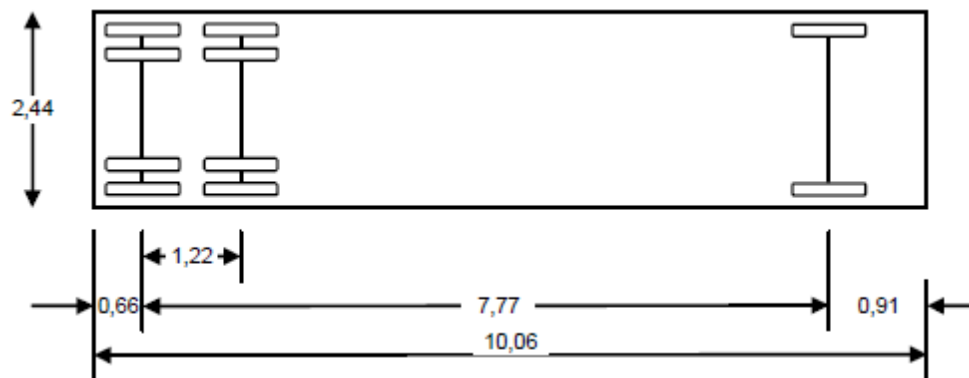
Gambar 2.1 Dimensi mobil penumpang
(sumber ; SNI No.007/BM/2009)



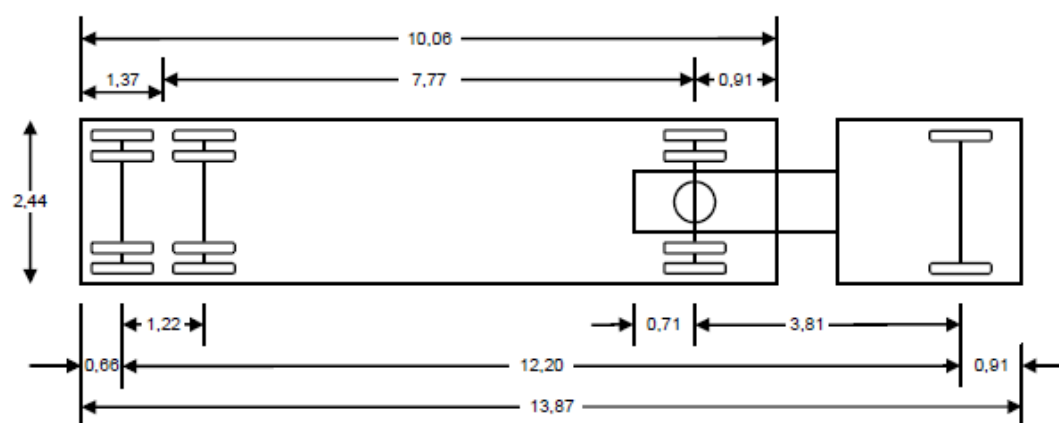
Gambar 2.2 Dimensi bus
(sumber ; SNI No.007/BM/2009)



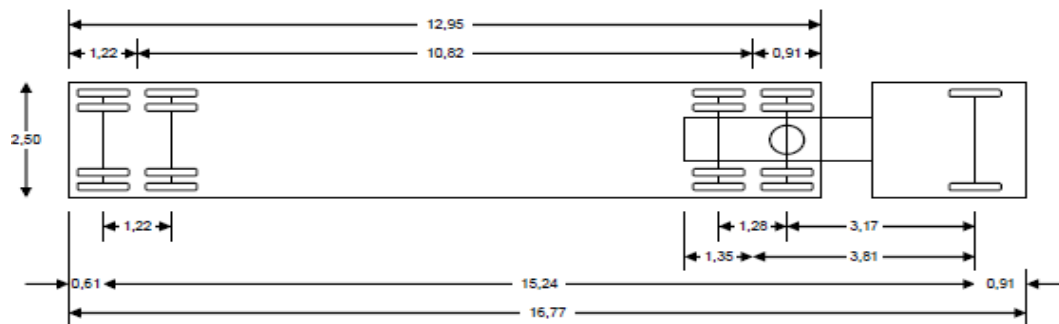
Gambar 2.3 Dimensi truk 2 as
(sumber ; SNI No.007/BM/2009)



Gambar 2.4 Dimensi truk 3 as
(sumber ; SNI No.007/BM/2009)



Gambar 2.5 Dimensi truk 4 as
(sumber ; SNI No.007/BM/2009)



Gambar 2.6 Dimensi truk 5 as
(sumber ; SNI No.007/BM/2009)

2.3.2 Kecepatana 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 2.6 Kecepatan Rencana, sesuai Klasifikasi Medan Jalan

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

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

2.3.3 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:

a. 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.

b. 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.

c. Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP)

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

Tabel 2.7 Emp untuk jalan 2/2 UD

Tipe Alinyemen	Total arus kend/jam	emp		
		MHV	LB	LT
Datar	0	1,2	1,2	1,8
	900	1,8	1,8	2,7
	1450	1,5	1,6	2,5
	≥ 2.100	1,3	1,3	2,5
Bukit	0	1,2	1,6	5,2
	700	1,8	2,5	5,0
	1200	1,5	2,0	4,0
	≥ 1800	1,3	1,7	3,2
Gunung	0	3,5	2,5	6,0
	500	3,0	3,2	5,5
	1000	2,5	2,5	5,0
	≥ 1450	1,9	2,2	4,0

(Sumber : Manual kapasitas jalan Indonesia MKJI/1997)

Tabel 2.8 Emp untuk jalan 4/2 D

Tipe Alin-yemen	Total arus kend/jam MW terbagi per arah kend/jam	emp		
		MHV	LB	LT
Datar	0	1,2	1,2	1,6
	1250	1,4	1,4	2,0
	2250	1,6	1,7	2,5
	≥2800	1,3	1,5	2,0
Bukit	0	1,8	1,6	4,8
	900	2,0	2,0	4,6
	1700	2,2	2,3	4,3
	≥2250	1,8	1,9	3,5
Gunung	0	3,2	2,2	5,5
	700	2,9	2,6	5,1
	1450	2,6	2,9	4,8
	≥2000	2,0	2,4	3,8

(Sumber : Manual kapasitas jalan Indonesia MKJI/1997)

Tabel 2.9 Emp untuk jalan 6/2 D

Tipe Alinyemen	Total arus kend/jam MW terbagi per arah kend/jam	emp		
		MHV	LB	LT
Datar	0	1,2	1,2	1,6
	1900	1,4	1,4	2,0
	3400	1,6	1,7	2,5
	≥41500	1,3	1,5	2,0
Bukit	0	1,8	1,6	4,8
	1450	2,0	2,0	4,6
	2600	2,2	2,3	4,3
	≥3300	1,8	1,9	3,5
Gunung	0	3,2	2,2	5,5
	1150	2,9	2,6	5,1
	2150	2,6	2,9	4,8
	≥3000	2,0	2,4	3,8

(Sumber : Manual kapasitas jalan Indonesia MKJI/1997)

c. Faktor (F)

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

d. 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.

$$VJR = VLHR \times \frac{K}{F} \dots\dots\dots (2.2)$$

Tabel 2.10 Penentuan Faktor K dan F Berdasarkan volume lalu lintas rata-rata

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

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

e. 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. 11 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) %

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4,80	8,83	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)

LHR_0 : Besarnya arus lalu lintas pada awal perencanaan

i : Faktor pertumbuhan lalu lintas

n : Umur rencana

2.3.4 Kapasitas

Menurut saodang Hamirhan 2004, volume lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan (tetap) pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu. Kapasitas lalu lintas merupakan jumlah lalu lintas atau kendaraan yang dapat melewati suatu penampang, dalam waktu, kondisi jalan dan lalu lintas tertentu.

Hal yang tidak dapat dipisahkan dari kapasitas jalan adalah tingkat pelayanan jalan yang menggambarkan tingkat kualitas kenyamanan perjalanan.

2.3.5 Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan jalan bebas hambatan untuk jalan tol didefinisikan sebagai kemampuan ruas jalan bebas hambatan untuk menampung lalu lintas pada keadaan tertentu. Tingkat pelayanan minimum untuk jalan bebas hambatan untuk jalan tol antarkota adalah B dan tingkat pelayanan minimum untuk jalan bebas hambatan untuk jalan tol perkotaan adalah C. Karakteristik operasi terkait untuk tingkat pelayanan di jalan tol dapat dilihat pada Tabel 2.12.

Tabel 2.12 Standar pelayanan dan karakteristik operasi

Tingkat Pelayanan	Karakteristik Operasi Terkait
A	• Arus Bebas • Volume pelayanan 1400 smp/jam pada 2 jalur 1 ruas
B	• Arus stabil dengan kecepatan tinggi

	• Volume pelayanan maksimal 2000 smp/jam pada 2 lajur 1 arah
C	• Arus masih stabil • Volume pelayanan pada 2 lajur 1 arah <75% kapasitas • Lajur (yaitu 1500 smp/jam/lajur atau 3000 smp/jam untuk 2 lajur)

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

2.4 Penampang Melintang Jalan

Menurut Silvia Sukirman (1999), penampang melintang jalan merupakan potongan melintang tegak lurus sumbu jalan. Pada potongan melintang jalan dapat terlihat bagian bagian - bagian jalan. Bagian – bagian jalan tersebut dapat di kelompokkan sebagai berikut:

2.4.1 Bagian Yang Langsung Berguna Untuk Lalu Lintas

a. Jalur Lalu Lintas

Jalur lalu lintas (*travelled way = carriage way*) adalah keseluruhan bagian perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk lalu lintas kendaraan. lajur lalu lintas pada alinemen lurus memerlukan kemiringan melintang normal sebagai berikut:

- 2-3% untuk perkerasan aspal dan perkerasan beton;
- 4-5% untuk perkerasan kerikil kemiringan melintang bahu

b. Bahu Jalan

Bahu jalan adalah jalur yang terletak berdampingan dengan jalur lalu lintas. Bahu jalan berfungsi sebagai :

1. Ruangan untuk tempat berhenti sementara kendaraan yang mogok atau yang sekedar berhenti karena pengemudi ingin berorientasi mengenai jurusan yang akan ditempuh, atau untuk beristirahat.
2. Ruang untuk menghindarkan diri dari saat – saat darurat, sehingga dapat mencegah terjadinya kecelakaan.
3. Memberikan kelegaan pada pengemudi, dengan demikian dapat meningkatkan kapasitas jalan yang bersangkutan, dan lainnya.
4. Kemiringan bahu jalan normal antara 3 - 5%.

Lebar lajur dan lebar bahu jalan ditentukan berdasarkan lokasi jalan tol dan kecepatan rencana. Lebar lajur dan bahu jalan dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 2.13 Lebar lajur dan bahu jalan tol

Lokasi Jalan Tol	V_R (km/jam)	Lebar Lajur (m)		Lebar Bahu Luar Diperkerasan (m)		Lebar Bahu Dalam Di-perkerasan (m)
		Minimal	Ideal	Minimal	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 kersakan

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

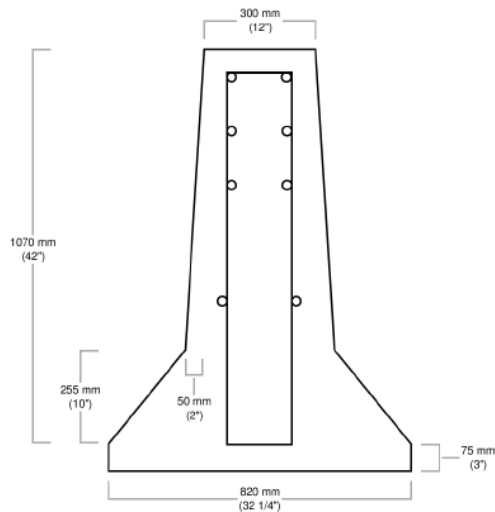
c. Trotoar

Trotoar adalah jalur yang terletak berdampingan dengan jalur lalu lintas yang khusus dipergunakan untuk pejalan kaki (*pedestrian*). Untuk keamanan pejalan kaki maka trotoar ini harus dibuat terpisah dari jalur lalu lintas oleh struktur fisik berupa kereb. Perlu atau tidaknya trotoar disediakan sangat tergantung dari volume pedestrian dan volume lalu lintas pemakaian jalan tersebut.

d. Median

Pada arus lalu lintas yang tinggi sering dibutuhkan median guna memisahkan arus lalu lintas yang berlawanan arah. Jadi median adalah jalur yang terletak ditengah jalan untuk membagi jalan dalam masing-masing arah. Ada beberapa tipe median yaitu:

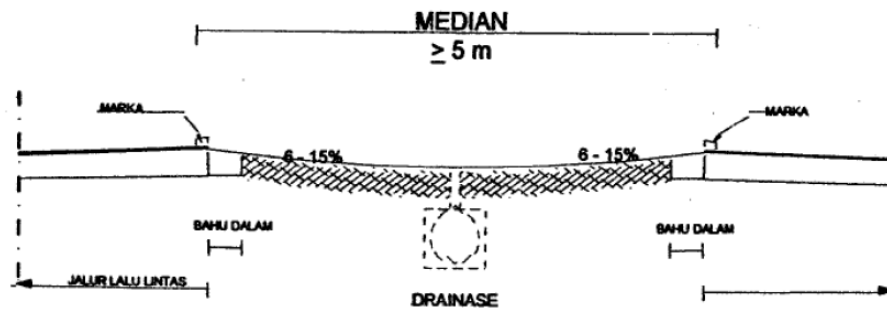
- 1) Median Concrete Barrier, yaitu penghalang memanjang yang berfungsi sebagai pengaman. Median concrete barrier ada 2 jenis yaitu tipe standar dengan tinggi 32" (81,28 cm) dan tipe "high" dengan tinggi 42" (106,68 cm).



Gambar 2.7 Median concrete barrier dengan tipe high

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

- 2) Median yang diturunkan, yaitu median yang dibuat lebih rendah dari permukaan jalur lalu lintas. Median yang diturunkan harus mengikuti ketentuan sebagai berikut:
 - Dipasang apabila lebar lahan yang disediakan untuk median lebih besar atau sama dengan 5,0 m
 - Kemiringan permukaan median antara 6% -15 %, dimulai dari sisi luar ke tengah-tengah median dan secara fisik berbentuk cekungan.
 - Untuk jalan tol di daerah perkotaan, median yang diturunkan tidak diperbolehkan, harus datar sebagai ruang terbuka hijau dan/ atau ruang untuk pelebaran lajur tambahan di masa yang akan datang.
 - Detail potongan dan penempatan median yang direndahkan dalam potongan melintang jalan dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 2.8 Median yang diturunkan

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

Tabel 2.14 Perencanaan median 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	

Catatan: untuk median dengan lebar minimum harus menggunakan rel pengaman lalu lintas.

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

2.4.2 Bagian Yang Berguna Untuk Drainase Jalan

a. saluran samping

Saluran samping terutama berguna untuk :

- 1) mengalirkan air dari permukaan perkerasan jalan ataupun dari bagian luar jalan.
- 2) menjaga supaya konstruksi jalan selalu berada dalam keadaan kering tidak terendam air.

b. kemiringan melintang jalur lalu lintas

Kemiringan melintang jalur lalu lintas di jalan lurus diperuntukkan terutama untuk kebutuhan drainase jalan. Air yang jatuh di atas permukaan jalan supaya cepat dialirkan ke saluran-saluran pembuangan.

c. kemiringan melintang bahu

kemiringan melintang bahu jalan merupakan penerus dari pembuangan air dari permukaan kemiringan melintang jalur lalu lintas dan haruslah dibuat

yang sebesar-besarnya tetapi tetap memperhitungkan keamanan dan kenyamanan bagi pengemudi kendaraan.

d. Talud/kemiringan lereng

Talud jalan umumnya dibuat 2H: 1V, tetapi untuk tanah-tanah yang mudah longsor talud jalan (hams) dibuat sesuai dengan besarnya landai yang aman, yang diperoleh dari perhitungan kestabilan lereng.

2.4.3 Bagian pelengkap jalan

a. Kereb

Kereb adalah penonjolan atau peninggian tepi perkerasan atau bahu jalan, yang terutama dimaksudkan untuk keperluan-keperluan drainase, meneegah keluarnya kendaraan dari tepi perkerasan, dan memberikan ketegasan tepi perkerasan. Pada umumnya kereb digunakan pada jalan – jalan di daerah perkotaan.

b. Pengaman Tepi

Pengaman tepi bertujuan untuk memberikan ketegasan tepi badan jalan. Jika terjadi kecelakaan, dapat meneegah kendaraan keluar dari badan jalan. Umumnya dipergunakan di sepanjang jalan yang menyusur jurang, pada tanah timbunan dengan tikungan yang tajam, pada tepi – tepi jalan dengan tinggi timbunan lebih besar 2,5 meter, dan pada jalan – jalan dengan kecepatan tinggi.

2.4.4 Bagian – Bagian Jalan

a. Ruang mamfaat jalan (Rumaja)

Ruang manfaat jalan diperuntukkan bagi median, perkerasan jalan, jalur pemisah, bahu jalan, saluran tepi jalan, lereng, ambang pengaman, timbunan, galian, gorong-gorong, perlengkapan jalan dan bangunan pelengkap jalan. Ruang manfaat jalan bebas hambatan untuk jalan tol harus mempunyai lebar dan tinggi ruang bebas serta kedalaman sebagai berikut:

- 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 (Rumija)
- Ruang milik jalan diperuntukan bagi ruang manfaat jalan dan pelebaran jalan maupun penambahan lajur lalu lintas di kemudian hari serta kebutuhan ruangan untuk pengamanan jalan tol dan fasilitas jalan tol. Ruang milik jalan bebas hambatan untuk jalan tol harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:
- 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 harus dipersiapkan untuk dapat menampung minimal 2 x 3 lajur lalu lintas terpisah dengan lebar ruang milik jalan minimal 40 meter di daerah antarkota 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 (Ruwasja)
- Ruang pengawasan jalan diperuntukkan bagi pandangan bebas pengemudi dan pengamanan konstruksi jalan. Batas ruang pengawasan jalan bebas hambatan untuk jalan tol adalah 40 meter untuk daerah perkotaan dan 75 meter untuk daerah antarkota, diukur dari as jalan tol. Dalam hal jalan tol berdempetan dengan jalan umum ketentuan tersebut diatas tidak berlaku. Jalan ditetapkan keberadaannya dalam suatu ruang yang telah didefinisikan di atas. Ruangruang tersebut dipersiapkan untuk menjamin kelancaran dan keselamatan serta kenyamanan pengguna jalan disamping keutuhan konstruksi jalan. Dimensi ruang yang minimum untuk menjamin

keselamatan pengguna jalan diatur sesuai dengan jenis prasarana dan fungsinya. standar ukuran dimensi minimum dari Ruma, Rumi, dan Ruwasja jalan bebas hambatan untuk jalan tol dapat dilihat pada table 2.15

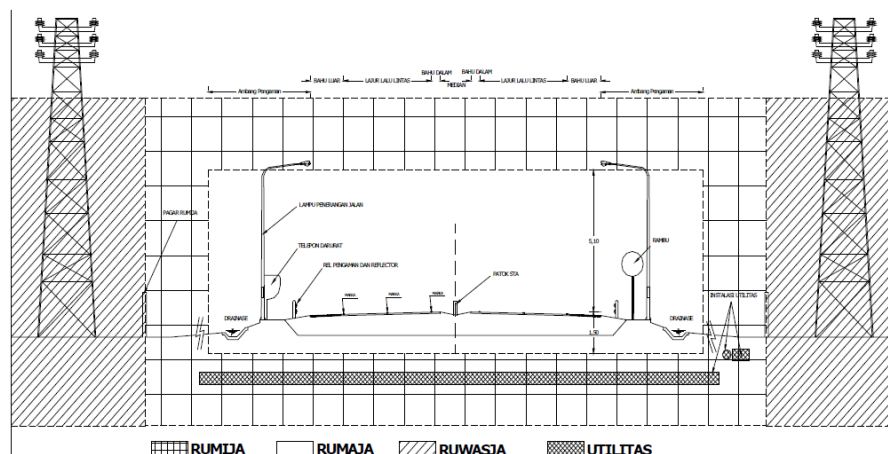
Tabel 2.15 Dimensi ruang jalan bebas hambatan untuk jalan tol

Bagian – Bagian Jalan	Komponen Geometrik	Dimensi Minimum (m)			
RUMAJA	Lebar badan jalan Tinggi Kedalam		Jalan Tol		
			Antarkota	Perkotaan	
			30	22	
			5	5	
RUMIJA	Lebar	JBH	Jalan Tol		
			Antarkota	Perkotaan	Layang/ Terowongan
			40	30	20
RUWASJA	Lebar	JBH	Jalan Tol		
			Antarkota	Perkotaan	Jembatan
			75	40	100

Catatan: ¹⁾ Lebar diukur dari as jalan

²⁾ 100 m ke hilir dan 100 ke hulu

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



Gambar 2.9 Bagian – Bagian Jalan bebas hambatan untuk jalan tol

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

2.5 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.

2.5.1 Panjang Bagian Lurus

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 2.16 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, 2009)

2.5.2 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:

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

Tabel 2.17 Panjang Jari-jari Minimum (dibulatkan)

e _{max} (%)	V _R (km/jam)	f _{max}	(e/100+f)	R _{min} (m)	
				Perhitungan	Pembulatan
10,0	120	0,092	0,192	590,6	590
10,0	100	0,116	0,216	364,5	365
10,0	80	0,140	0,240	210,0	210
10,0	60	0,152	0,252	112,5	110

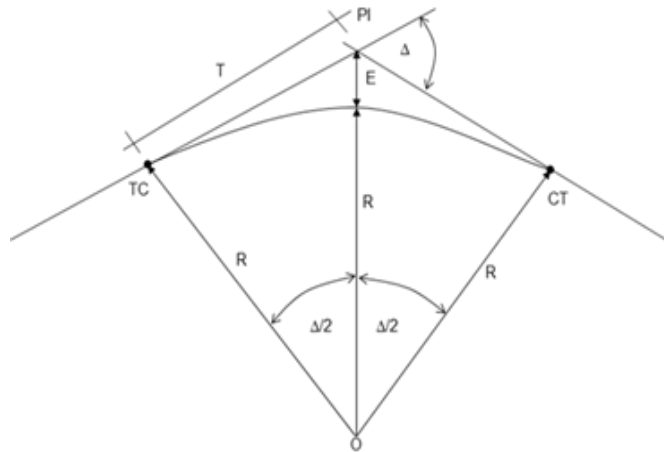
8,0	120	0,092	0,172	659,2	660
8,0	100	0,116	0,196	401,7	400
8,0	80	0,140	0,220	229,1	230
8,0	60	0,152	0,232	122,2	120
6,0	120	0,092	0,152	746,0	745
6,0	100	0,116	0,176	447,4	445
6,0	80	0,140	0,200	252,0	250
6,0	60	0,152	0,212	133,7	135
4,0	120	0,092	0,132	859,0	860
4,0	100	0,116	0,156	504,7	505
4,0	80	0,140	0,180	280,0	280
4,0	60	0,152	0,192	147,6	150

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

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 2.10 Komponen *Full Circle*

(Sumber : perencanaan teknik jalan raya)

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

$$T_c = R_c \cdot \tan \frac{1}{2} \Delta$$

$$E_c = T_c \cdot \tan \frac{1}{4} \Delta$$

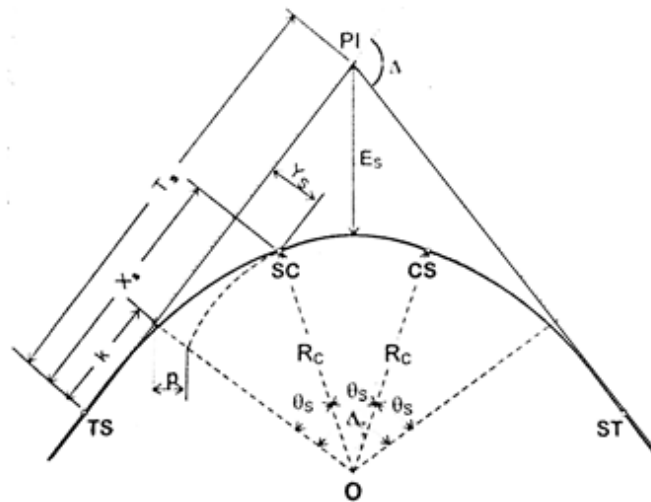
$$L_c = \frac{\Delta \cdot 2 \pi R_c}{360^\circ} \quad \text{atau} \quad L_c = 0,01745 \Delta R$$

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 alinemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran ($R = \infty$, $R = R_c$), 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 2.11 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 :

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

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

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

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

- Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian,

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

Dimana :

T = waktu tempuh = 3 detik

R_c = jari-jari busur lingkaran (m)

C = perubahan percepatan, 0,3 – 1,0 disarankan 0,4 m/det³.

e = superelevasi

e_m = superelevasi maksimum

e_n = superelevasi normal

r_e = tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan

untuk $V_R \leq 70$ km/jam, maka $r_{e \text{ mak}} = 0,035$ m/m/det;

untuk $V_R \geq 80$ km/jam , maka $r_{e \text{ mak}} = 0,025$ m/m/det

Tabel 2.18 Jari-jari Tikungan yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

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

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

Rumus-rumus yang di gunakan dalam perhitungan Spiral-Circle-Spiral adalah:

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

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

$$\theta_s = \frac{90}{\pi} \times \frac{L_s}{R_c}$$

$$\begin{aligned}
 p &= \frac{Ls^2}{6xRc} - Rc (1 - \cos \theta_s) \\
 k &= Ls - \left(1 - \frac{Ls^2}{40xRc^2}\right) - Rc \sin \theta_s \\
 Ts &= (Rc + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\
 Es &= (Rc + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - Rc \\
 Lc &= \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times Rc \\
 L_{tot} &= Lc + 2 Ls
 \end{aligned}$$

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.

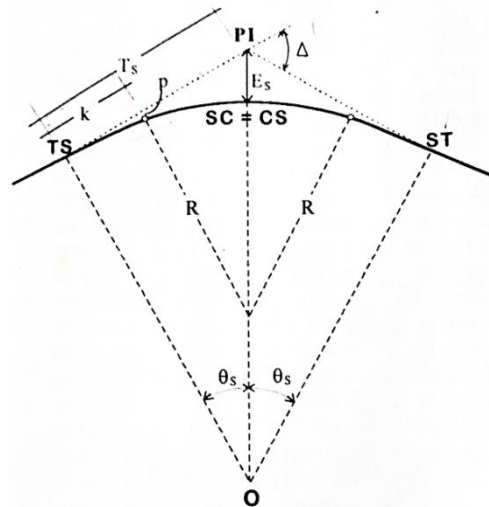
$$P = \frac{L_s^2}{24 R_c} < 0,25 \text{ m}$$

Untuk $L_s = 1,0 \text{ m}$ maka $p = P'$ dan $k = k'$

Untuk $L_s = L_s$, maka $p = p' \times L_s$ dan $k = k' \times L_s$

c) Tikungan *Spiral-Spiral* (SS)

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



Gambar 2.12 Komponen Spiral-Spiral
(Sumber : perencanaan teknik jalan raya)

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

$$L_c = 0 \text{ dan } \theta_s = \frac{1}{2} \Delta$$

$$L_{\text{tot}} = 2 \times L_s$$

$$\theta_s = \frac{90}{\pi} \times \frac{L_s}{R_c}$$

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

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

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

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

$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c$$

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 P1 ke titik TS atau ke titik ST

TS = Titik dari tangen ke spiral

SC = Titik dari spiral ke lingkaran

E_s = Jarak dari P1 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

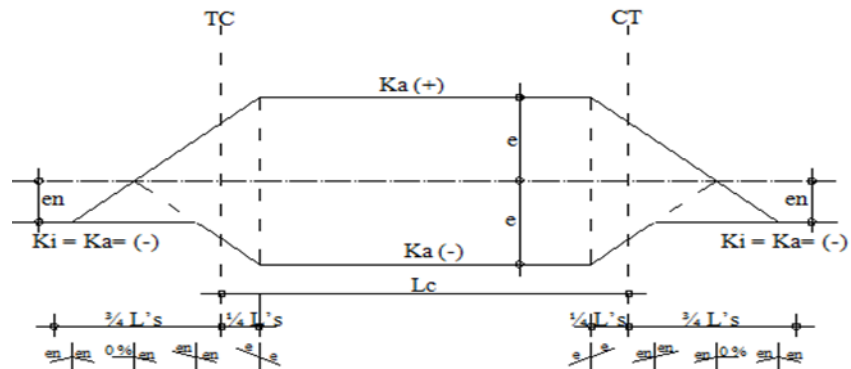
2.5.3 Superelevasi

Superelevasi dicapai secara bertahap 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.

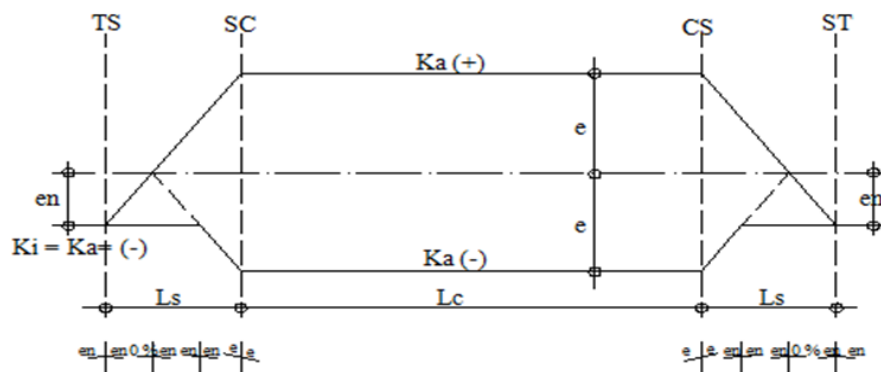
Tiga jenis bentuk lengkung horizontal, adalah sebagai berikut:

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



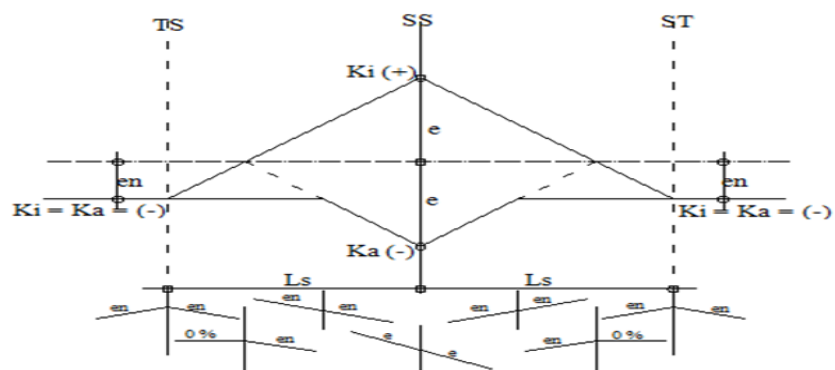
Gambar 2.13 Diagram Superelevasi *Full Circle*

(Sumber : Hendarsin, 2000)



Gambar 2.14 Diagram Superelevasi *Spiral - Circle - Spiral*

(Sumber : Hendarsin, 2000)



Gambar 2.15 Diagram Superelevasi *Spiral - Spiral*

(Sumber : Hendarsin, 2000)

2.5.4 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:

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

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

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

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

$$\Delta b = Bt - Bn \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana :

b = lebar kendaraan, (m)

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

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

V = kecepatan, (km/jam)

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

Bt = lebar total perkerasan di tikungan, (m)

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

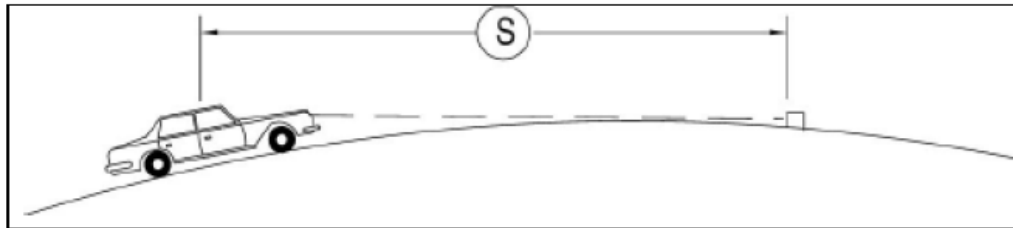
n = jumlah lajur

- B = lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan di tikungan pada lajur sebelah dalam, (m)
- C = kebebasan samping, (m)
0,5 untuk lebar lajur 6 m, 1,0 untuk lebar lajur 7 m, dan 1,25 untuk lebar lajur 7,5 m
- Δb = tambahan lebar perkerasan di tikungan, (m).

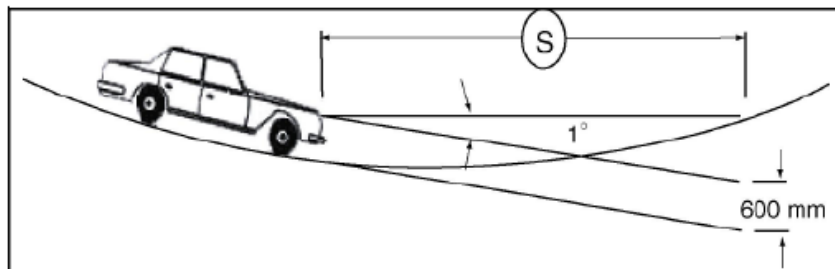
2.5.5 Jarak Pandang

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. 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. Menurut Silvia Sukirman (1999), Jarak pandang berguna untuk:

1. Menghindarkan terjadinya tabrakan yang dapat membahayakan kendaraan dan manusia akibat adanya benda yang berukuran cukup besar, kendaraan yang sedang berhenti, pejalan kaki, atau hewan-hewan 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 2.16 Jarak pandang henti pada lengkung vertikal cembung
(Sumber : SNI Geometrik Jalan Bebas Hambatan untuk Jalan Tol 2009)



Gambar 2.17 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:

- Jarak awal reaksi (S_r) adalah jarak pergerakan kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem;
- 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:

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

$$S_s = 0,278 \times V_R \times T + 0,039 \frac{V_R^2}{a}$$

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

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

Keterangan:

V_R = kecepatan rencana (km/jam)

T = waktu reaksi, ditetapkan 2,5 detik

a = tingkat perlambatan (m/dtk²), ditetapkan 3,4 meter/dtk²

G = kelandaian jalan (%)

Tabel 2.19 Jarak pandang henti (S_s) minimum

V_R (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 Geometrik Jalan Bebas Hambatan untuk Jalan Tol 2009)

Tabel 2.20 Jarak pandang henti (S_s) minimum dengan kelandaian

V_R (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 Geometrik Jalan Bebas Hambatan untuk Jalan Tol 2009)

2.5.6 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.

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

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

$$M = R \left[1 - \cos \left(\frac{90 S_s}{\pi R} \right) \right]$$

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

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

Keterangan:

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

R : jari-jari sumbu lajur dalam (m)

Ss : jarak pandang henti (m)

Lc : panjang tikungan (m)

2.5.7 Stationing

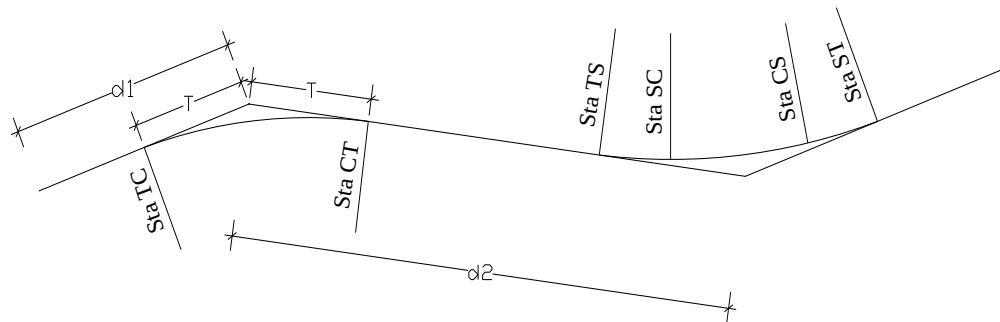
Menurut Silvia Sukirman, 1999, Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perancangan adalah memberi nomor pada interval-interval tertentu dari awal sampai akhir proyek. Nomor jalan (STA) jalan dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang ditinjau dan sangat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

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

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

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

Sistem penomoran jalan pada tikungan dapat dilihat pada gambar 2.8



Gambar 2.18 Sistem Penomoran Jalan

2.6 Alinyemen Vertikal

Menurut Shirley L. Hendarsin (2000) Alinyemen vertikal adalah perencanaan elevasi sumbu jalan pada setiap titik yang ditinjau, berupa profil memanjang.

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 lalulintas. Kalau pada alinyemen horizontal (bagian tikungan) maka pada alinyemen vertikal yang merupakan bagian kritis justru pada bagian lurus. Kemampuan pendakian dari kendaraan truck dipengaruhi oleh panjang pendakian (panjang kritis landai) dan besarnya landai.

Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam perancangan alinyemen vertikal:

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

2.6.1 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 2.21. Kelandaian Maksimum

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

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

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 pematuan 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 separuh V_R , lama perjalanan pada panjang kritis tidak lebih dari satu menit.

Tabel 2.22 Panjang Landai Kritis

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

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

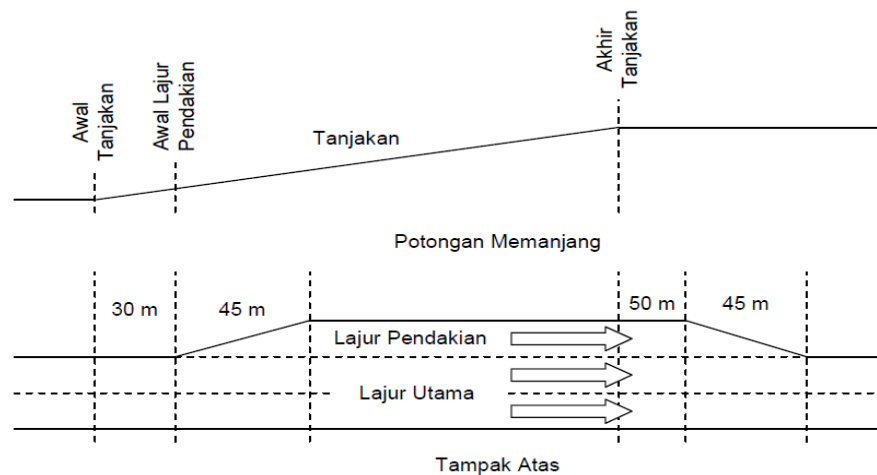
5. Lajur pendakian

Lajur pendakian dimaksudkan untuk menampung truk-truk yang bermuatan berat atau kendaraan lain yang berjalan lebih lambat dari kendaraan lain pada umumnya, agar 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.

- c. 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. 10.
- d. Jarak minimum antara 2 lajur pendakian adalah 1,5 km.

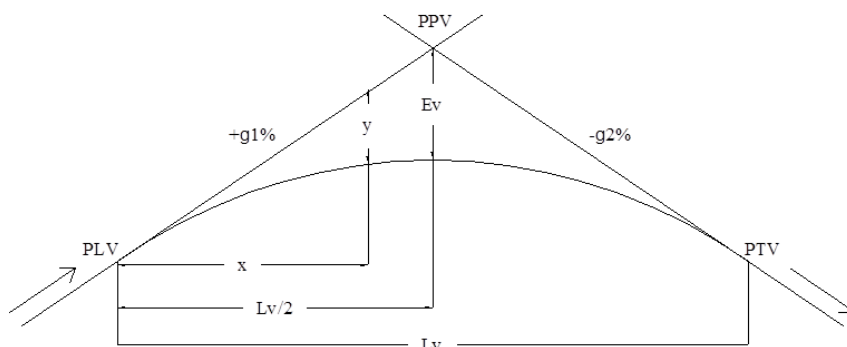


Gamabar 2.19 Lajur pendakian.

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

2.6.2 Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal direncanakan untuk merubah secara bertahap perubahan dari dua macam kelandaian arah memanjang jalan pada setiap lokasi yang diperlukan. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi goncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti yang cukup, untuk keamanan dan kenyamanan.



Gambar 2.20 Tipikal lengkung vertikal 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

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

$$y' = \left[\frac{g_2 - g_1}{200 L} \right] \cdot X^2 \dots\dots\dots (2.49)$$

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/penurunan) (%)
L_v	= Panjang lengkung vertikal (m)

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

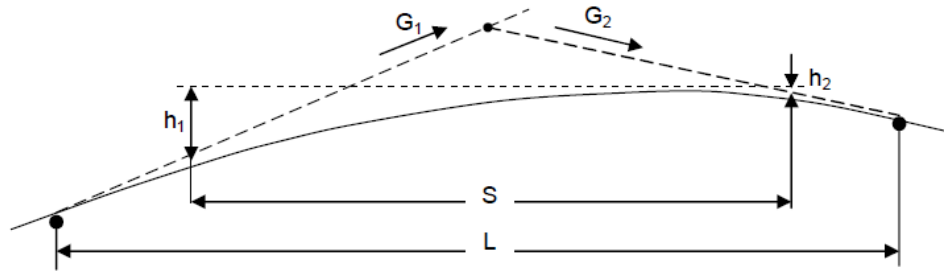
$$E_v = \frac{(g_2 - g_1) L_v}{200 L} \dots\dots\dots (2.50)$$

Lengkung vertikal dibagi dua macam, yaitu :

1. Lengkung cembung

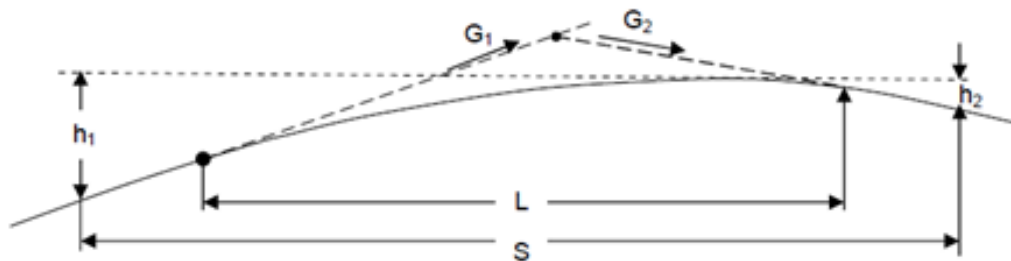
Lengkung vertikal cembung, yaitu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada dibawah permukaan jalan. Pada lengkung vertikal cembung, perbatasan berdasarkan jarak pandang dapat dibedakan atas 2 keadaan yaitu:

- Jarak pandang berada seluruhnya dalam daerah lengkung ($S < L$)
- Jarak pandangan berada diluar dan di dalam daerah lengkung ($S > L$).



Gambar 2.21 Jarak pandang henti lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cembung

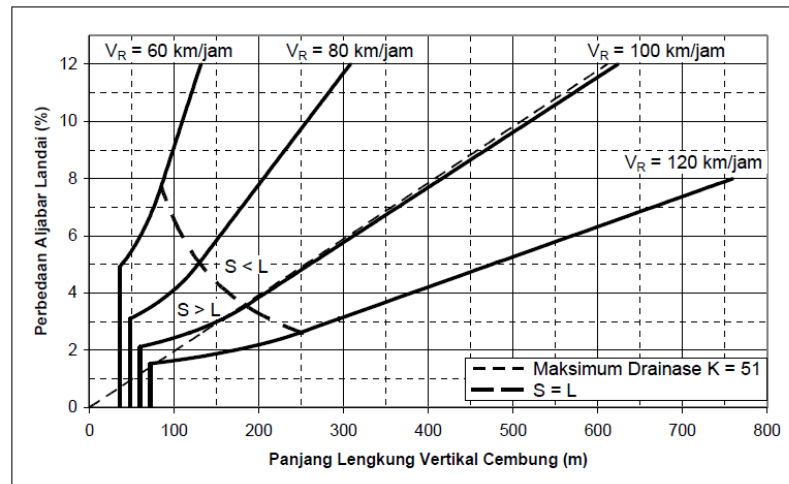
(Sumber : Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 2009)



Gambar 2.22 Jarak pandang henti lebih besar dari panjang lengkung vertikal cembung

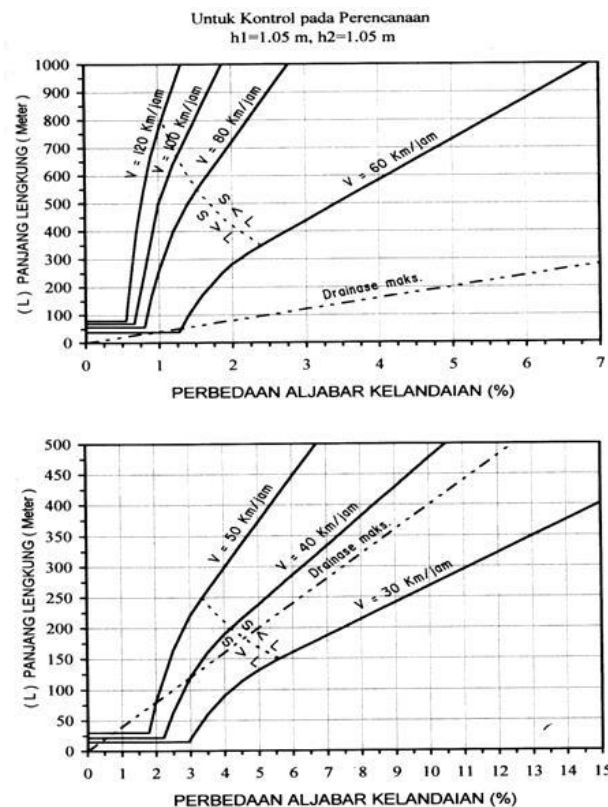
(Sumber : Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 2009)

Untuk menentukan panjang lengkung vertikal cembung (L_v) dapat juga ditentukan berdasarkan grafik pada gambar 2.19 (untuk jarak pandang henti).



Gambar 2.23 Panjang lengkung vertikal cembung berdasarkan jarak pandang henti

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



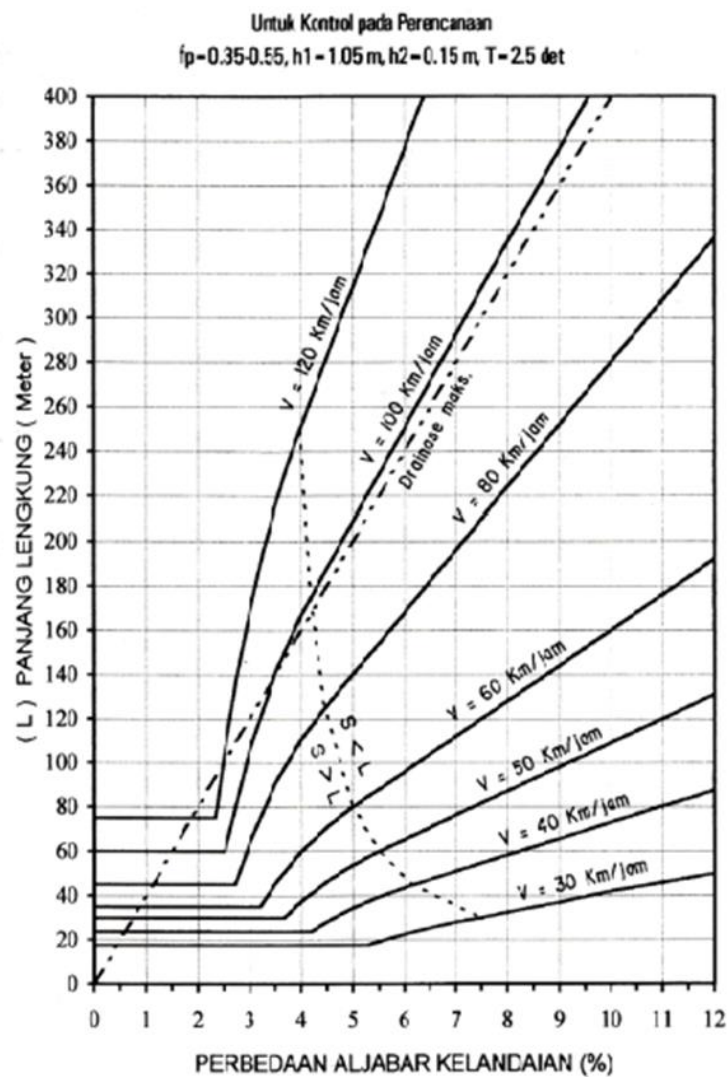
Gambar 2.24 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan Jarak Pandang Mendahului

(Sumber : TPGJAK, 1997)

2. Lengkung Cekung

Tidak ada dasar yang dapat digunakan untuk menentukan panjang lengkung vertical (L), akan tetapi ada empat kriteria sebagai pertimbangan yang dapat digunakan, yaitu:

- Jarak sinar lampu besar dari kendaraan
- Kenyamanan pengemudi
- Ketentuan drainase
- Penampilan secara umum



Gambar 2.25 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

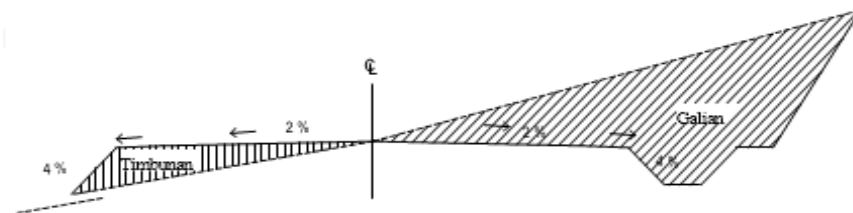
(Sumber : TPGJAK, 1997)

2.7 Galian dan Timbunan

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



Gambar 2.26 Galian dan Timbunan
(Sumber: Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1997)

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

Tabel 2.23 Perhitungan Galian dan Timbunan

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

(Sumber : Hendra Suryadharma, 1999)

2.8 Perencanaan Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun di atas lapisan tanah dasar (*subgrade*), yang berfungsi untuk menopang beban lalu-lintas. Supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai namun tetap ekonomis, maka perkerasan jalan dibuat berlapis-lapis. (Shirley L. Handarsih, 2000).

2.8.1 Jenis Perkerasan Jalan

Berdasarkan suatu bahan pengikat, lapisan perkerasan jalan dibagi menjadi beberapa kategori, yaitu :

1. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

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

2. Perkerasan Lentur (*Flexibel Pavement*)

Perkerasan lentur yaitu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dari agregat atau bahan-bahan yang bersifat tidak lentur.

3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

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

2.8.2 Kriteria Konstruksi Perkerasan Jalan

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

- a. Syarat untuk lalu lintas

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

1. Permukaan harus rata, tidak bergelombang, tidak melendut dan tidak berlubang.
2. Permukaan cukup kaku, tidak mudah mengalami deformasi akibat beban yang bekerja.
3. Permukaan cukup memiliki kekesatan sehingga mampu memberikan

tahanan gesek yang baik antara ban kendaraan permukaan jalan.

4. Permukaan jalan tidak mengkilap (tidak menyilaukan jika terkena sinar matahari).

b. Syarat kekuatan struktural

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

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

2.9 Perkerasan Kaku

Secara umum *Rigid pavement* atau perkerasan kaku adalah jenis perkerasan jalan yang menggunakan beton sebagai bahan utama perkerasan tersebut, merupakan salah satu jenis perkerasan jalan yang digunakan selain dari perkerasan lentur (asphalt). Perkerasan ini umumnya dipakai pada jalan yang memiliki kondisi lalu lintas yang cukup padat dan memiliki distribusi beban yang besar, seperti pada jalanjalan lintas antar provinsi, jembatan layang (fly over), jalan tol, maupun pada persimpangan bersinyal. Jalan-jalan tersebut umumnya menggunakan beton sebagai bahan perkerasannya, namun untuk meningkatkan kenyamanan biasanya diatas permukaan perkerasan dilapisi asphalt.

Menurut manual desain perkerasan jalan No.04/SE/Db/2017 ada beberapa tipikal perkerasan kaku, yaitu:



Gambar 2.27 Tipikal perkerasan kaku pada permukaan tanah asli (*at grade*)

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



Gambar 2.28 Tipikal perkerasan kaku pada timbunan

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



Gambar 2.29 Tipikal perkerasan kaku pada galian

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

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

1. Perkiraan lalu lintas dan komposisi lalu lintas selama umur rencana
2. Kekuatan lapisan tanah dasar yang dinamakan nilai CBR atau modulus reaksi tanah dasar (k)

3. Kekuatan beton yang digunakan untuk lapisan perkerasan
4. Jenis bahu jalan
5. Jenis perkerasan
6. Jenis penyaluran beban.

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

Keuntungan pemakaian perkerasan kaku, yaitu:

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

Kerugian dalam pemakaian perkerasan kaku, yaitu :

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

aspal, yang kedua-duanya memerlukan biaya yang cukup mahal.

2.9.1 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.

2.9.2 Persyaratan Teknis Perencanaan Perkerasan Kaku

1. Tanah Dasar

Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR insitu sesuai dengan SNI 03- 1731-1989 atau CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03-1744-1989, masing-masing untuk perencanaan tebal perkerasan lama dan perkerasan jalan baru. Apabila tanah dasar mempunyai nilai CBR lebih kecil dari 2%, maka harus dipasang pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean-Mix Concrete*) setebal 15 cm yang dianggap mempunyai nilai CBR tanah dasar efektif 5%.

Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara grafis dan analitis.

a. Cara Grafis

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

b. Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah :

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

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam satu segmen. Nilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada tabel 2.24 dibawah ini.

Tabel. 2.24. Nilai R untuk Perhitungan CBR Segmen

Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,57
7	2,83
8	2,96
9	3,08
>10	3,18

(Sumber : Hendra Suryadharma, 1999)

2. Pondasi Bawah

Lapis pondasi bawah berfungsi untuk menambah daya dukung tanah dasar, menyediakan lantai kerja yang stabil dan mendapatkan permukaan dengan daya dukung yang seragam. Lapis pondasi bawah juga dapat mengurangi lendutan pada sambungan-sambungan sehingga menjamin penyaluran beban melalui sambungan muai dalam waktu lama, menjaga perubahan volume lapisan tanah dasar akibat pemuaian dan penyusutan serta mencegah keluarnya air atau *pumping* pada sambungan pada tepi-tepi pelat beton. Adapun bahan - bahan pondasi bawah pada perkerasan kaku dapat berupa :

a. Bahan berbulir

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

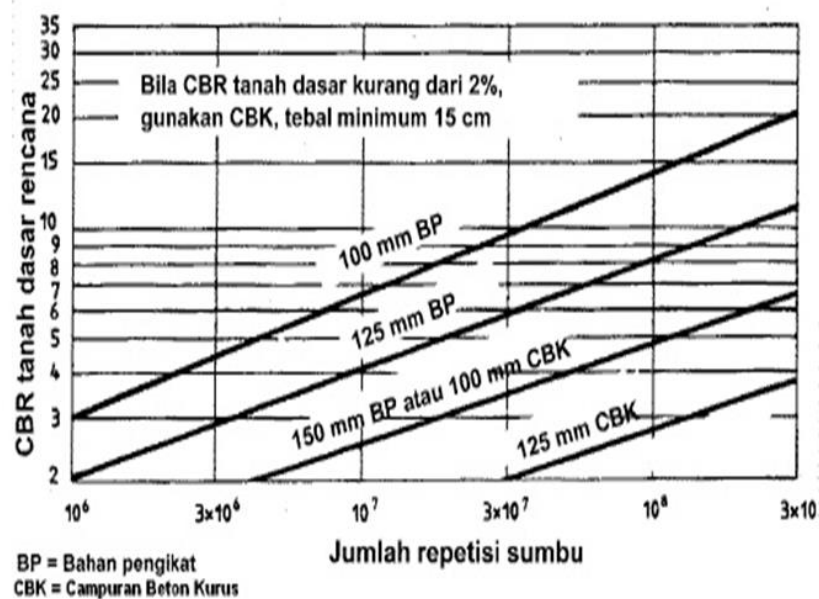
b. Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (*lean rolled concrete*)

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

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

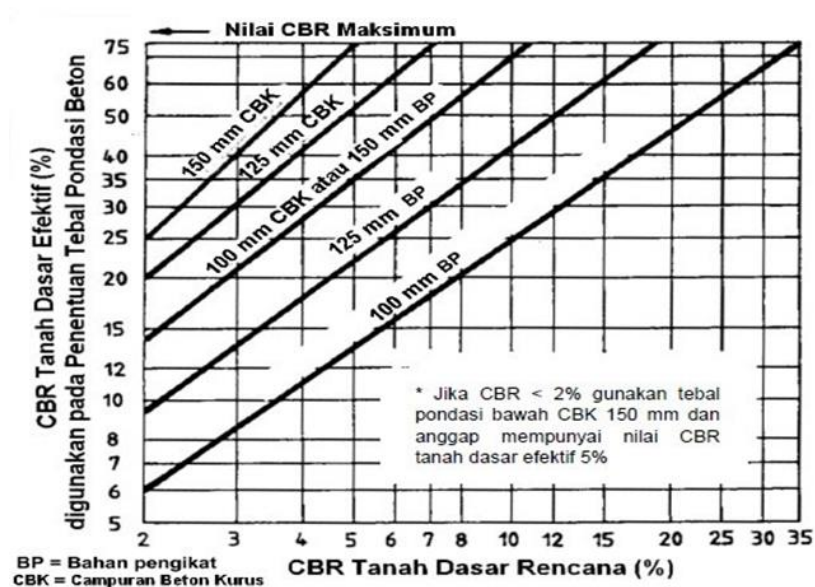
c. Campuran beton kurus (*lean mix concrete*)

Campuran Beton Kurus (CBK) harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum 5 MPa (50 kg/cm²) tanpa menggunakan abu terbang, atau 7 MPa (70 kg/cm²) bila menggunakan abu terbang, dengan tebal minimum 10 cm. Jika direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus menggunakan campuran beton kurus (CBK). Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dapat dilihat pada gambar 2.17 dan CBR tanah dasar efektif didapat dari gambar 2.18



Gambar 2.30 Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Beton Semen

(Sumber: Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)



Gambar 2.31 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah

(Sumber: Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

3. Beton Semen

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

Kuat tarik lentur beton yang diperkuat dengan bahan serat penguat seperti serat baja, aramit atau serat karbon, harus mencapai kuat tarik lentur 5–5,5 MPa (50–55 kg/cm²). Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 MPa (2,5 kg/cm²) terdekat.

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

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

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

Dimana:

f_c' = kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm²)

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

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

4. Lalu-Lintas

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

1. Sumbu tunggal roda tunggal (STRT).
2. Sumbu tunggal roda ganda (STRG).
3. Sumbu tandem roda ganda (STDRG).
4. Sumbu tridem roda ganda (STRRG).

5. Lajur Rencana 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.

Tabel 2.25 Jumlah Lajur berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi (C) Kendaraan Niaga pada Lajur Rencana

Lebar Perkerasan (L_o)	Jumlah Lajur (n_1)	Koefisien Distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L_o < 5,50 \text{ m}$	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq L_o < 8,25 \text{ m}$	2 lajur	0,70	0,50
$8,25 \text{ m} \leq L_o < 11,25 \text{ m}$	3 lajur	0,50	0,475
$11,23 \text{ m} \leq L_o < 15,00 \text{ m}$	4 lajur	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq L_o < 18,27 \text{ m}$	5 lajur	-	0,425
$18,27 \text{ m} \leq L_o < 22,00 \text{ m}$	6 lajur	-	0,40

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

6. Umur Rencana

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

7. Pertumbuhan Lalu Lintas

Volumelalu-lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai tahap dimana kapasitas jalan dicapai dengan faktor pertumbuhan lalu-lintas.

Tabel 2.26 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

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

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

8. Lalu Lintas Rencana

Lalu-lintas rencana adalah jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan. Beban pada suatu jenis sumbu secara tipikal dikelompokkan dalam interval 10 KN (1 ton) bila diambil dari survai beban.

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

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

Dimana :

JSKN = Jumlah sumbu kendaran niaga selama umur rencana

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

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

C = Koefisien distribusi kendaraan.

9. Faktor keamanan beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (FKB). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan dengan adanya berbagai tingkat realibilitas perencanaan yang dipengaruhi oleh kendaraan dan muatan yang melintasi jalan tersebut, untuk perlu diperhatikan bahwa beban adalah salah satu penyebab terjadinya kerusakan jalan sebelum sampai massa rencana jalan yang akan dibangun pada daerah tersebut maka haruslah memperhatikan rencana kendaraan dan faktor keamanan bebannya yang akan dibatasi pada subu terberat untuk kendaraan yang bisa melewati jalan tersebut. Faktor keamanan beban seperti dapat dilihat pada tabel 2.10.

Tabel 2.27 Faktor keamanan beban (Fkb)

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

(Sumber : Departemen Perhubungan dan Prasarana Wilayah, 2003)

2.9.3 Sambungan

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

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

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan antara lain :

- a. Sambungan Memanjang dengan Batang Pengikat (*tie bars*)

Pemasangan sambungan memanjang ditujukan untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang. Jarak antar sambungan memanjang sekitar 3 - 4 m. Sambungan memanjang harus dilengkapi dengan batang ulir dengan mutu minimum BJTU- 24 dan berdiameter 16 mm. Ukuran batang pengikat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

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

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

Dimana :

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

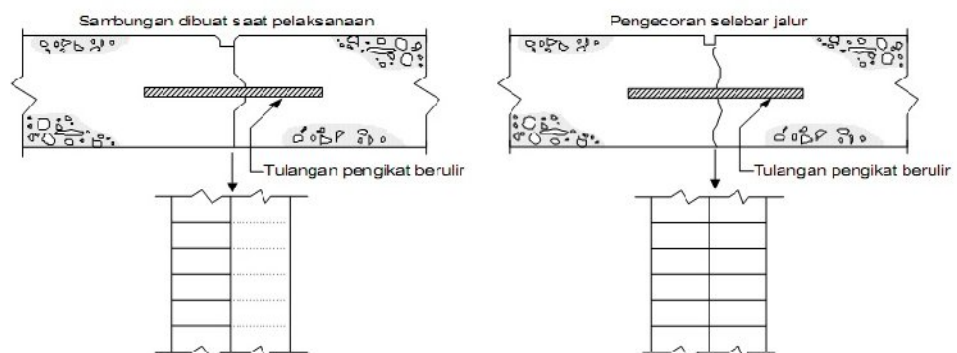
b = Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m).

h = Tebal pelat (m).

l = Panjang batang pengikat (mm).

ϕ = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm).

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



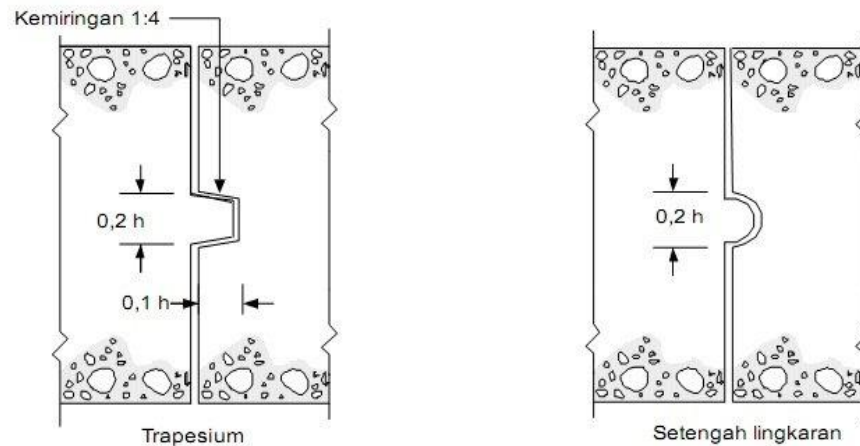
Gambar 2.32 Tipikal Sambungan Memanjang

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

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 2.20.



Gambar 2.33 Ukuran Standar Penguncian Sambungan Memanjang

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

c. Sambungan Susut Memanjang

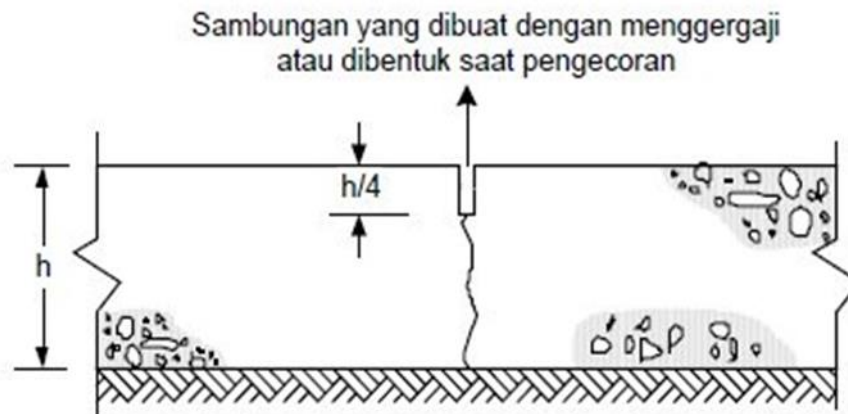
Sambungan susut memanjang dapat dilakukan dengan salah satu dari dua cara ini, yaitu menggergaji atau membentuk pada saat beton masih plastis dengan kedalaman sepertiga dari tebal pelat.

d. Sambungan Susut dan Sambungan Pelaksanaan Melintang

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

e. Sambungan Susut Melintang

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



Gambar 2.34 Sambungan Susut Melintang Tanpa Ruji

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)



Gambar 2.35 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 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas saat pelat beton menyusut. Diameter ruji tergantung pada tebal pelat beton sebagaimana terlihat pada tabel 2.28.

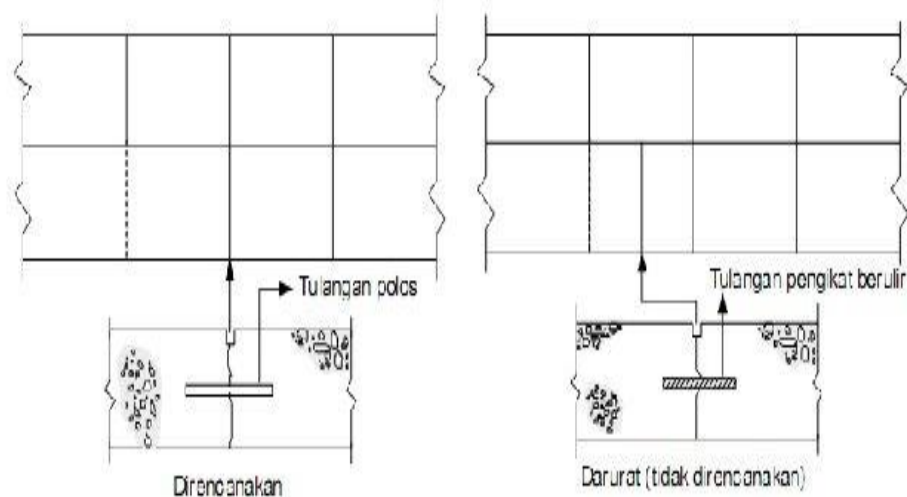
Tabel 2.28. Diameter Ruji

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)

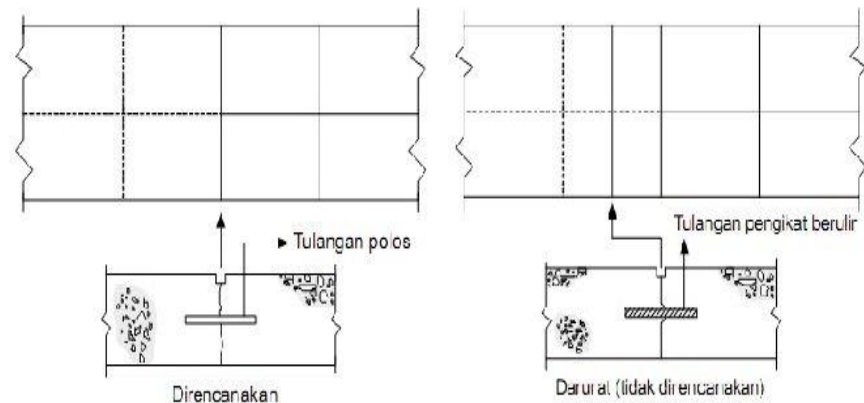
f. Sambungan Pelaksanaan Melintang

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

(Sumber : *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*, 2003)

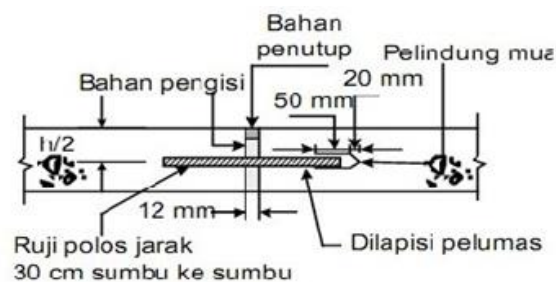


Gambar 2.37 Sambungan Pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

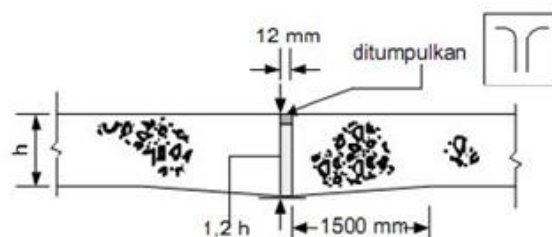
g. Sambungan Isolasi

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 5–7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (*joint filler*) sebagai mana diperlihatkan pada gambar 2.38.



Gambar 2.38 Sambungan isolasi dengan ruji

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)



Gambar 2.39 Sambungan isolasi penebal tepi

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)



c) SAMBUNGAN ISOLASI TANPA RUJI

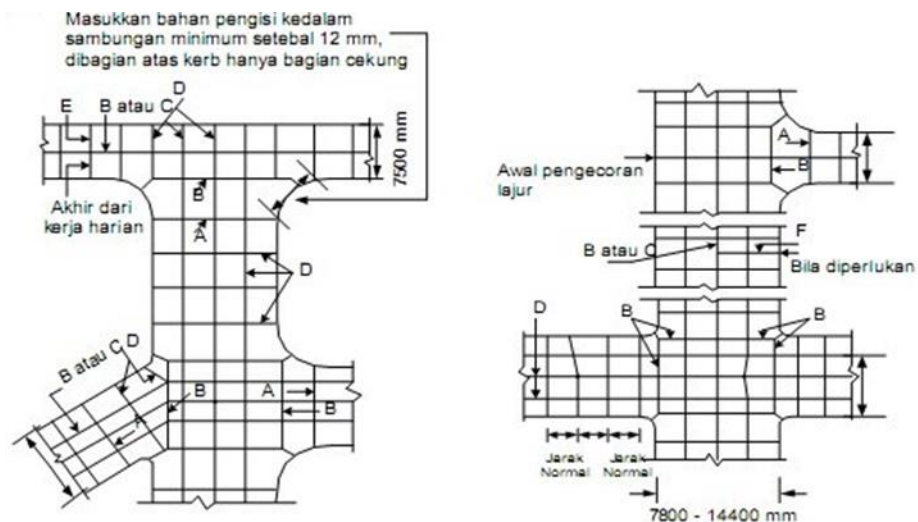
Gambar 2.40 Sambungan isolasi tanpa ruji

(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 2.41 Detail Potongan Melintang Sambungan Perkerasan

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

Keterangan :

A = Sambungan Isolasi

B = Sambungan Pelaksanaan Memanjang

C = Sambungan Susut Memanjang

D = Sambungan Susut Melintang

E = Sambungan Susut Melintang yang direncanakan

F = Sambungan Pelaksanaan Melintang yang tidak direncanakan.

2.9.4 Pola Sambungan

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

- a. Hindari bentuk panel yang tidak teratur. Usahakan bentuk panel persegi mungkin. Perbandingan maksimum panjang panel terhadap lebar adalah 1,25.
- b. Jarak maksimum sambungan memanjang 3 – 4 meter.
- c. Jarak maksimum sambungan melintang 25 kali tebal pelat, maksimum 5,0 meter.
- d. Semua sambungan susut harus menerus sampai kerb dan mempunyai kedalaman seperempat dan sepertiga dari tebal perkerasan masing-masing untuk lapis pondasi berbutir dan lapis stabilisasi semen.
- e. Antar sambungan harus bertemu pada satu titik untuk menghindari terjadinya retak refleksi pada lajur yang bersebelahan.
- f. Sudut antar sambungan yang lebih kecil dari 60 derajat harus dihindari dengan mengatur 0,5 m panjang terakhir dibuat tegak lurus terhadap tepi perkerasan.
- g. 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 segi empat, sambungan harus berada pada sudutnya atau di antara dua sudut.
- h. Semua bangunan lain seperti *manhole* harus dipisahkan dari perkerasan dengan sambungan muai selebar 12 mm yang meliputi keseluruhan tebal pelat.
- i. Perkerasan yang berdekatan dengan bangunan lain atau *manhole* harus

ditebalkan 20% dari ketebalan normal dan berangsur-angsur berkurang sampai ketebalan normal sepanjang 1,5 meter.

- j. Panel yang tidak persegi empat dan yang mengelilingi *manhole* harus diberi tulangan berbentuk anyaman sebesar 0,15% terhadap penampang beton semen dan dipasang 5 cm dibawah permukaan atas. Tulangan harus dihentikan 7,5 cm dari sambungan.

2.9.5 Perancangan Tebal Plat

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

2.9.6 Perancangan Tulangan

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

Tujuan utama penulangan untuk :

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

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

1. Perkerasan Beton Semen Bersambung Tanpa Tulangan

Pada perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan, ada

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

Penerapan tulangan umumnya dilaksanakan pada :

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

2. Perkerasan Beton Semen Bersambung dengan Tulangan :

$$A_s = \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times f_s} \dots\dots\dots (2.27)$$

Dimana :

- A_s = luas penampang tulangan baja (mm^2/m lebar pelat)
- f_s = kuat-tarik ijin tulangan (MPa), biasanya 0,6 kali tegangan leleh
- g = gravitasi (m/detik)
- h = tebal pelat beton (m)
- L = jarak antara sambungan yang tidak diikat atau tepi bebas pelat (m)
- M = berat per satuan volume pelat (kg/m^3)
- μ = koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah.

Adapun nilai koefisien gesek antara pelat beton (*slab*) dengan lapisan pondasi dibawahnya dapat dilihat pada tabel 2.29 dibawah ini :

Tabel 2.29 Koefisien Gesekan Pelat Beton dengan Lapisan Pondasi Bawah

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

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

3. Perkerasan Beton Semen Menerus dengan Tulangan

Penulangan memanjang

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

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

Dimana :

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

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

f_y = tegangan leleh rencana baja (kg/cm²)

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

μ = koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan di bawahnya

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

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

Tabel 2.30 Hubungan Kuat Tekan Beton dan Angka Ekvivalen
Baja/Beton (n)

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

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

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

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

Dimana :

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

p = perbandingan luas tulangan memanjang dengan luas penampang beton

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

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

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

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

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

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

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

4. Perkerasan Beton Semen Pra-tegang

Suatu struktur perkerasan jalan beton semen menerus, tanpa tulangan yang menggunakan kabel-kabel pratekan guna mengurangi pengaruh susut, muai dan lenting akibat perubahan temperatur dan kelembapan. Perkerasan beton semen prategang merupakan tipe perkerasan yang telah dan tengah dikembangkan lagi, baik untuk perencanaan jalan baru maupun untuk pemeliharaan, misalnya penggantian pelat beton tertentu yang mengalami kerusakan. Perencanaan jalan beton dengan metoda pracetak–prategang ini, sebagaimana halnya pada konstruksi yang menggunakan sistim prategang, dimaksudkan untuk memberi tekanan awal pada beton sehingga tegangan tarik yang terjadi pada konstruksi perkerasan beton tersebut bisa diimbangi oleh tegangan awal dan kekuatan tarik dari beton itu sendiri (Furqon Affandi, 2009).

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

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

Hal yang harus mendapat perhatian lebih lanjut adalah:

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

2.10 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.

2.10.1 Drainase

Drainase adalah prasarana yang berfungsi mengalirkan air permukaan ke badan air atau ke bangunan resapan buatan sedangkan drainase jalan adalah prasarana yang dapat bersifat alami ataupun buatan yang berfungsi untuk memutuskan dan menyalurkan air permukaan maupun bawah tanah, biasanya menggunakan bantuan gaya gravitasi yang terdiri atas saluran samping dan gorong-gorong ke badan air penerima atau tempat peresapan buatan, seperti: sumur resapan air hujan atau kolam darainase tampungan sementara. Menurut (Pd.T-02-2006-B) ada dua jenis drainase, antara lain:

1. Drainase permukaan

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

Menurut fungsinya drainase permukaan dibedakan menjadi:

a. Saluran Samping

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

b. Saluran Pembuang

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

c. Saluran Penangkap

Saluran penangkap berfungsi untuk mengalirkan air permukaan

dari daerah yang lebih tinggi, sebelum air mencapai badan jalan.

d. Gorong – gorong

Gorong – gorong adalah saluran melintang dan memotong badan jalan yang berada dibawah permukaan jalan yang berfungsi untuk mengalirkan air dari sisi jalan ke sisi jalan lainnya.

2. Drainase bawah

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

2.10.2 Prinsip dan Pertimbangan Perancangan Drainase

1. Prinsip-prinsip Umum Perancangan Drainase :

a. Penggunaan yang Efektif dan Efisien

Perencanaan drainase haruslah sedemikian rupa sehingga fungsi fasilitas drainase sebagai penampung, pembagi dan pembuangan air dapat sepenuhnya berdaya guna dan berhasil guna.

b. Ekonomis dan Aman

Pemeliharaan dimensi dari fasilitas drainase haruslah mempertimbangkan faktor ekonomis dan faktor keamanan.

c. Pemeliharaan

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

2. Pertimbangan dalam Perancangan Drainase :

a. Pada Daerah yang Datar dan Lurus

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

b. Daerah Jalan yang Lurus pada Tanjakan/Penurunan

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

c. Pada Daerah Tikungan

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

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

2.10.3 Persyaratan Teknis Perancangan Drainase

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

1. Plot Rute Jalan di Peta Topografi (L)

- a. Plot rute jalan rencana pada topografi diperlukan untuk mengetahui gambaran topografi atau daerah kondisi sepanjang trase jalan yang akan dilalui dapat dipelajari.
- b. Kondisi terrain pada daerah layanan diperlukan untuk menentukan bentuk dan kemiringan yang akan mempengaruhi pola aliran.

2. Inventarisasi Data Bangunan Drainase (gorong-gorong jembatan, dll.)

Eksisting meliputi lokasi, dimensi, arah aliran pembuangan dan kondisi data ini digunakan agar perencanaan system drainase jalan tidak

mengganggu sistem drainase yang telah ada.

3. Panjang Segmen Saluran (L)

Penentuan panjang segmen saluran(L) didasarkan pada:

- a. Kemiringan rute jalan, disarankan kemiringan saluran mendekati kemiringan rute jalan.
- b. Adanya tempat buangan air seperti badan air (misalnya sungai, waduk, dll).
- c. Langkah coba-coba sehingga dimensi saluran paling ekonomis

4. Luas Daerah Layanan (A)

- a. Perhitungan luas daerah layanan didasarkan pada panjang segmen jalan yang ditinjau.
- b. Luas daerah layanan (A) untuk saluran samping jalan perlu diketahui agar dapat diperkirakan daya tampungnya terhadap curah hujan atau untuk memperkirakan volume limpasan permukaan yang akan ditampung saluran samping jalan.
- c. Luas daerah layanan terdiri atas luas setengah badan jalan (A_1), luas bahu jalan (A_2) dan luas daerah di sekitar (A_3).
- d. Batasan luas daerah layanan tergantung dari daerah sekitar dan topografi dan daerah sekelilingnya. Panjang daerah pengaliran yang diperhitungkan terdiri atas setengah lebar badan jalan (l_1) lebar bahu jalan (l_2) dan daerah sekitar (l_3) yang terbagi atas daerah perkotaan yaitu ± 10 m dan untuk daerah luar kota yang didasarkan pada topografi daerah tersebut.
- e. Jika diperlukan, pada daerah perbukitan, direncanakan beberapa saluran untuk menampung limpasan dari daerah bukit dengan batas daerah layanan adalah puncak bukit tersebut tanpa merusak stabilisasi lereng. Sehingga saluran tersebut hanya menenampung air dari luas daerah layanan daerah sekitar (A_3).

5. Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran (C) dipengaruhi kondisi permukaan tanah (tata

guna lahan) pada daerah layanan dan kemungkinan perubahan tata guna lahan. Angka ini akan mempengaruhi debit yang mengalir, sehingga dapat diperkirakan daya tampung saluran. Untuk itu diperlukan peta topografi dan melakukan survei lapangan agar corak topografi di daerah proyek dapat lebih diperjelas. Diperlukan pula jenis sifat erosi dan tanah pada daerah sepanjang trase jalan rencana, antara lain tanah dengan permeabilitas tinggi (sifat lulus air) atau tanah dengan tingkat erosi permukaan. Secara visual akan nampak pada daerah yang menunjukkan alur-alur pada permukaan.

6. Faktor Limpasan (fk)

- a. Merupakan faktor atau angka yang dikalikan dengan koefisien run off biasa dengan tujuan agar kinerja satuan tidak melebihi kapasitasnya akibat daerah pengatiran yang terlalu luas. Harga faktor limpasan (fk) disesuaikan dengan kondisi permukaan tanah, seperti pada tabel 2.22.

Tabel 2.31. Koefisien Pengaliran (C) dan Faktor Limpasan (fk)

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

(Sumber : *Perencanaan Sistem Drainase*, 2006)

Keterangan:

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

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

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

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

Dimana :

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

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

fk = faktor limpasan sesuai guna lahan

7. Waktu Konsetrasi (T_c)

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

Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan ini.

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

$$t_1 = \frac{2}{3} \times 3,28 \times l_0 \times \left(\frac{n_d}{\sqrt{i_s}} \right)^{0,16} \dots\dots\dots (2.39)$$

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

Dimana :

T_c = waktu konsentrasi (menit)

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

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

l_0 = jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

L = panjang saluran (m)

n_d = koefisien hambatan

i_s = kemiringan saluran memanjang

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

Tabel 2.33. Koefisien Hambatan (n_d)

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

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

8. Analisa Hidrologi

a. Data Curah Hujan

- Merupakan data curah hujan harian maksimum dalam setahun

dinyatakan dalam mm/hari. Data curah hujan ini diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) yaitu stasiun curah hujan yang terdapat pada daerah layanan saluran samping jalan.

- Jika daerah layanan tidak memiliki data curah hujan, maka dapat digunakan data dari stasiun diluar daerah layanan yang dianggap masih dapat mewakili. Jumlah data curah hujan yang diperlukan minimal 10 tahun terakhir.

b. Periode Ulang

Karakteristik hujan menunjukkan bahwa hujan yang besar tertentu mempunyai periode ulang tertentu. Periode ulang untuk pembangunan saluran drainase ditentukan 5 tahun, disesuaikan dengan peruntukannya.

c. Analisis Frekuensi

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

d. Intensitas Curah Hujan

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

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

$$Q = 1/3,6 \text{ C.I.A} \dots\dots\dots (2.41)$$

Dimana :

Q = debit aliran air (m^3/detik)

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

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

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

2.10.4 Kriteria Perancangan Saluran Samping dan Gorong-gorong

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

1. Saluran Samping

Bahan bangunan saluran ditentukan oleh besarnya kecepatan rencana aliran air yang mengalir di saluran samping jalan tersebut. Seperti pada tabel 2.34.

Tabel 2.34. Aliran Air yang Dizinkan

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

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

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

2. Gorong-gorong

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

Tabel 2.86. Ukuran Dimensi gorong-gorong

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

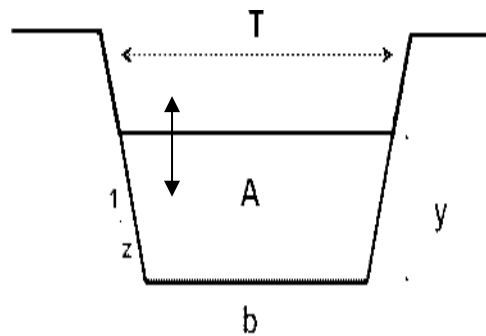
(Sumber : Standar Gorong-gorong persegi tipe single, SNI PU)

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

2.10.5 Desain Saluran Samping dan Gorong-gorong

Desain saluran dapat dibagi dalam beberapa jenis :

1. Saluran Bentuk Trapesium (saluran samping) :



Gambar 2.42 Saluran dengan Bentuk Trapesium

$$A = (b + z \cdot y) y \quad (2.42)$$

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

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

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

$$Q = V \cdot A \quad (2.46)$$

Penampang ekonomis:

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

Tinggi Jagaan :

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

Dimana :

A = Luas penampang melintang (m^2)

b = lebar saluran (m)

p = keliling basah (m)

T = lebar puncak (m)

Y = kedalaman saluran yang tergenang air (m)

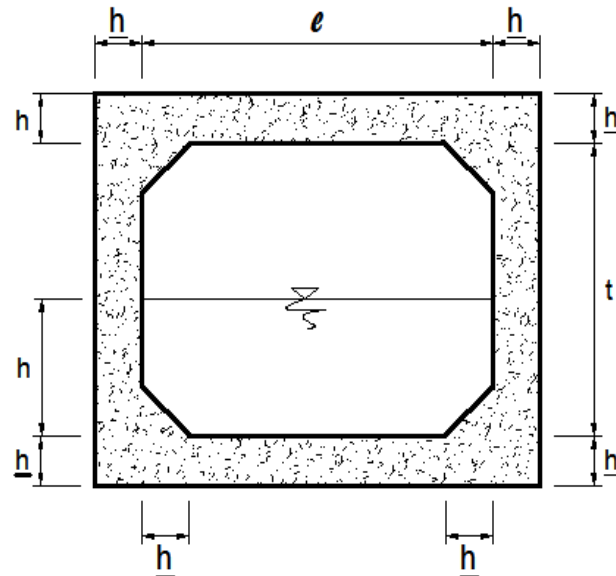
D = kedalaman hidrolis (m)

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

I = kemiringan dasar saluran

- Q = debit aliran air (m^3/detik)
 Z = perbandingan kemiringan talud
 W = tinggi jagaan (m)
 h = tinggi muka air (m)

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



Gambar 2.43 Sketsa dengan Bentuk persegi

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

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

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

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

Tinggi Jagaan :

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

Dimana :

A = luas penampang melintang (m^2)

l = lebar saluran (m)

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

W = tinggi jagaan

h = tinggi muka air (m)

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

I = intensitas curah hujan

2.11 Rencana Anggaran Biaya dan Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah suatu perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, dan koordinasi suatu proyek dari mulai hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu.

2.11.1 RAB (Rencana Anggaran Biaya)

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 perencanaan anggaran biaya perlu dilampirkan analisa harga satuan bahan dari setiap pekerjaan agar jelas jenis-jenis pekerjaan dan bahan yang digunakan.

1. Analisa Harga Satuan

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

a. Analisa Harga Satuan Pekerjaan

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

dengan daftar harga satuan bahan dan upah.

b. Analisa Satuan Alat Berat

Perhitungan analisa satuan alat berat dengan dua pendekatan yaitu :

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

2. Perhitungan Volume Pekerjaan

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

3. Perhitungan Produktifitas Kerja Aktual

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

4. Perhitungan Biaya Sewa Alat

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

a. Biaya kepemilikan

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

b. Biaya operasi

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

5. Analisa Harga Satuan

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

6. Perhitungan Rekapitulasi Biaya

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

2.11.2 Rencana Kerja

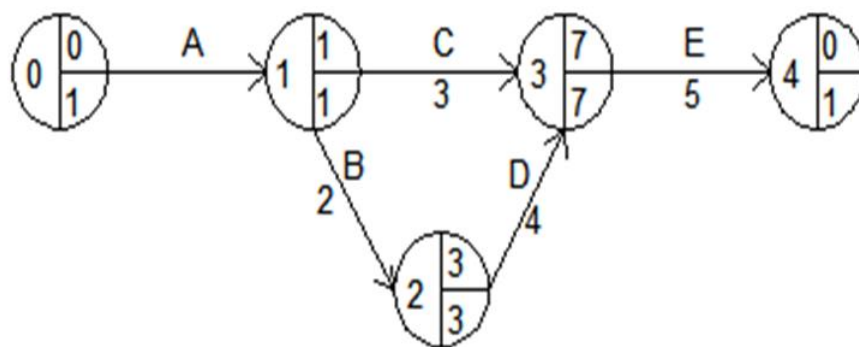
Rencana Kerja merupakan pengaturan waktu rencana kerja secara terperinci terhadap suatu *item* pekerjaan yang berpengaruh terhadap selesainya secara keseluruhan suatu proyek konstruksi. Adapun jenis-jenis Rencana kerja adalah:

a. *Network Planning* (NWP)

Dalam *Network planning* dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram *network*, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, pekerjaan mana yang menunggu selesainya. Pekerjaan lain atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ketempat lain.

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

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



Gambar 2.44 Sketsa *Network Planning*

Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP :

- a) $\longrightarrow$ (Arrow) bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Ini adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan resources tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan
- b) $\Longrightarrow$ (Double arrow), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*).
- c) $\bigcirc$ (Node/event), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan-kegiatan
- d) $---\blacktriangleright$ (Dummy), bentuknya merupakan anak panah terputus-

putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu. Aktifitas semu hanya boleh dipakai bila tidak ada cara lain untuk menggambarkan hubungan-hubungan aktifitas yang ada dalam suatu network.

b. Barchart

Dalam dunia konstruksi, teknik penjadwalan yang paling sering digunakan adalah Barchart atau Diagram Batang atau Bagan Balok. Barchart berupa diagram batang yang dapat menunjukkan lamanya waktu pelaksanaan. Disamping itu dapat menunjukkan lamanya penggunaan suatu alat dan bahan yang diperlukan sehingga tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

c. Kurva S

Kurva S adalah hasil plot dan 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.