

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan Geometrik Jalan

Perencanaan geometrik jalan adalah bagian dari perencanaan jalan dimana bentuk dan ukuran yang nyata dari suatu jalan direncanakan beserta bagian-bagiannya untuk disesuaikan dengan kebutuhan serta sifat lalu lintas yang ada. Dalam perencanaan jalan raya, bentuk geometriknya harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal kepada lalu lintas sesuai dengan fungsinya (Departemen PU, 1970).

Perencanaan Geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yang memberikan kenyamanan yang optimal pada arus lalu lintas sesuai dengan kecepatan yang direncanakan. Secara umum perencanaan geometrik terdiri dari aspek-aspek perencanaan trase jalan , badan jalan yang terdiri dari bahu jalan dan jalur lalu lintas, tikungan, drainase, kelandaian jalan serta galian dan timbunan. Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan rasio tingkat penggunaan atau biaya pelaksanaan. (Silvia Sukirman, 1999)

Yang menjadi dasar perencanaan dasar perencanaan geometrik jalan adalah sifat gerakan dan ukuran kendaraan, sifat pengemudi dalam mengendalikan gerak kendaraannya dan karakteristik arus lalu lintas. Hal tersebut haruslah menjadi bahan pertimbangan perencana sehingga dihasilkan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan yang memenuhi tingkat kenyamanan dna keamanan yang diharapkan. (Silvia Sukiman, 1999)

2.2 Klasifikasi Jalan

Jalan raya pada umumnya dapat digolongkan dalam 4 klasifikasi yaitu: klasifikasi menurut fungsi jalan, klasifikasi menurut kelas jalan, klasifikasi menurut

medan jalan dan klasifikasi menurut wewenang pembinaan jalan (Bina Marga 1997).

2.2.1 Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

Jalan berdasarkan fungsi berdasar Undang-undang No 38 tahun 2004 tentang Jalan pasal 8 terbagi menjadi 4, sebagai berikut:

1. Jalan arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.
2. Jalan kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
3. Jalan lokal merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
4. Jalan lingkungan merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

2.2.2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam Muatan Sumbu Terberat (MST) dalam satuan ton seperti pada Tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2.1 Klasifikasi Jalan Raya Menurut Kelas Jalan

Fungsi	Kelas	MST (Ton)
Arteri	I	> 10
	II	10
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	8

(Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997)

2.2.3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur, menurut Bina Marga (1997) kemiringan medan jalan dinyatakan seperti pada Tabel 2.2 berikut ini:

Tabel 2.2 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
Datar	D	< 3
Perbukitan	B	3 – 25
Pegunungan	G	> 25

(Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997)

2.2.4 Klasifikasi Jalan Menurut Volume Lalu Lintas

Klasifikasi jalan menurut volume lalu lintas sesuai dengan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPCGR) No. 13 / 1970 dapat dilihat dalam Tabel 2.3 berikut ini:

Tabel 2.3 Klasifikasi Menurut Volume Lalulintas

Fungsi	Kelas	LHR dalam smp
Utama	I	> 20.000
Sekunder	II A	6.000 sampai 20.000
Sekunder	II B	1.500 sampai 8.000
Sekunder	II C	< 20.000
Penghubung	III	-

(Sumber : PPCGR No. 13 / 1970)

1) Kelas I :

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

2) 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 dalam tiga kelas, yaitu : II A, II B dan II C.

a) Kelas II A

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

b) Kelas II B

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

c) Kelas II C

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

3) Kelas III :

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan penghubung dan merupakan konstruksi jalan berjalur tunggal atau dua. Konstruksi permukaan jalan yang paling tinggi adalah peleburan dengan aspal. Untuk melihat setiap kendaraan kedalam satuan mobil penumpang (smp), bagi jalan-jalan di daerah datar digunakan koefisien di bawah ini sesuai dengan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPGJR) No. 13 / 1970 :

a. Sepeda	: 0,5
b. Mobil Penumpang / Sepeda Motor	: 1
c. Truk Ringan (Berat Kotor < 5 Ton)	: 2
d. Truk Sedang (Berat Kotor > 5 Ton)	: 2,5
e. Bus	: 3

- f. Truk Berat (Berat Kotor > 10 Ton) : 3
 g. Kendaraan Tak Bermotor : 7

Di daerah perbukitan dan pegunungan, koefisien untuk kendaraan bermotor diatas dapat dinaikkan, sedangkan untuk kendaraan tak bermotor tak perlu dihitung.

2.2.5 Klasifikasi Jalan Menurut Wewenang Pembinaan

Menurut wewenang pembinaan jalan dikelompokkan menjadi Jalan Nasional, Jalan Provinsi, Jalan Kabupaten, Jalan Kotamadya dan Jalan Khusus.

1. Jalan Nasional

Yang termasuk kelompok jalan nasional adalah jalan arteri primer, jalan kolektor primer yang menghubungkan antar Ibu Kota provinsi, dan jalan lain yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan nasional. Penetapan status suatu jalan sebagai jalan nasional dilakukan dengan Keputusan Menteri.

2. Jalan Provinsi

Yang termasuk kelompok jalan provinsi adalah:

- 1) Jalan kolektor primer yang menghubungkan Ibu kota Provinsi dengan Ibu kota Kabupaten/Kotamadya.
- 2) Jalan kolektor primer yang menghubungkan antar Ibu kota Kabupaten/Kotamadya.
- 3) Jalan lain yang mempunyai kepentingan strategis terhadap kepentingan provinsi.
- 4) Jalan dalam Daerah Khusus Ibu kota Jakarta yang tidak termasuk jalan nasional. Penetapan status suatu jalan sebagai jalan provinsi dilakukan dengan Keputusan Menteri Dalam Negeri atas usul Pemerintah Daerah Tingkat I yang bersangkutan, dengan memperhatikan pendapat Menteri.

3. Jalan Kabupaten Yang termasuk kelompok jalan Kabupaten adalah:

- 1) Jalan kolektor primer yang tidak termasuk jalan nasional dan jalan provinsi.
- 2) Jalan lokal primer.

4. Jalan Kotamadya

Yang termasuk kelompok Jalan Kotamadya adalah jaringan jalan sekunder di dalam Kotamadya. Penetapan status suatu ruas jalan arteri sekunder dan atau

ruas jalan kolektor sekunder sebagai Jalan Kotamadya dilakukan dengan keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I atas usul Pemerintah Daerah Kotamadya yang bersangkutan. Penetapan status suatu ruas jalan lokal sekunder sebagai jalan Kotamadya dilakukan dengan Keputusan Walikotamadya Daerah Tingkat II yang bersangkutan.

5. Jalan Khusus

Yang termasuk kelompok jalan khusus adalah jalan yang dibangun dan dipelihara oleh instansi/badan hukum/perorangan untuk melayani kepentingan masing-masing. Penetapan status suatu ruas jalan khusus dilakukan oleh instansi/badan hukum/perorangan yang memiliki ruas jalan khusus tersebut dengan memperhatikan pedoman yang ditetapkan oleh Menteri Pekerjaan Umum. Jalan juga mempunyai beberapa manfaat bagi masyarakat, diantaranya:

1. Untuk mempermudah masyarakat menuju ke suatu tempat dengan cepat.
2. Mempermudah menjual hasil perkebunan masyarakat.
3. Memajukan Suatu desa atau daerah.
4. Masyarakat dapat menjalankan aktivitasnya dengan lancar.

2.3 Karakteristik Geometrik

2.3.1 Tipe Jalan

Ada beberapa tipe jalan yang menunjukkan kinerja berbeda pada pembebanan lalu lintas tertentu, misalnya jalan terbagi dan tak terbagi. Tipe jalan ditunjukkan dengan potongan melintang jalan arah pada setiap segmen jalan (MKJI, 1997). Tipe-tipe jalan dibagi menjadi empat bagian antara lain :

1. Jalan dua lajur dua arah (2/2UD),
2. Jalan empat lajur dua arah,
 - a) Tak terbagi (tanpa median) (4/2UD)
 - b) Terbagi (dengan median) (4/2D)
3. Jalan 6 lajur dua arah terbagi (6/2D),
4. Jalan satu arah (1-3/1).

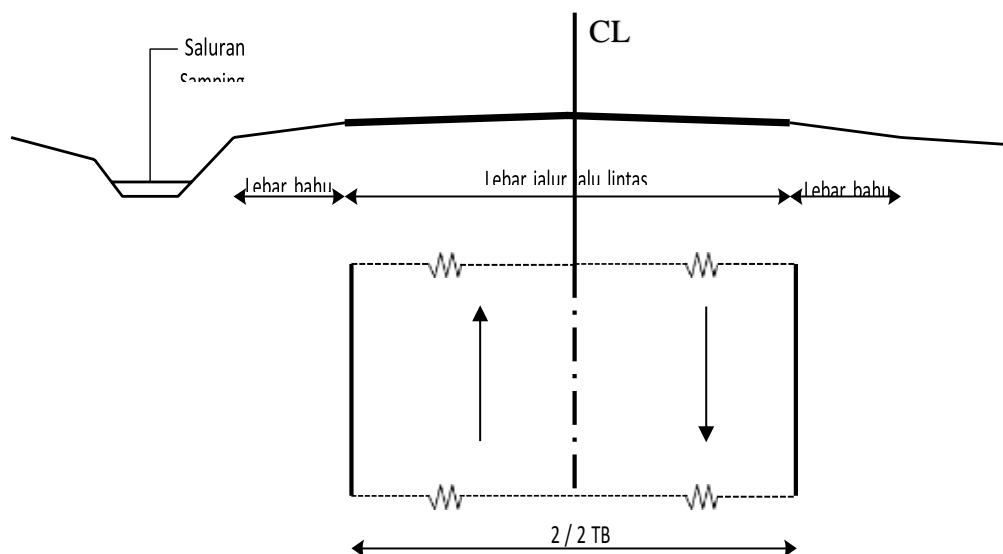
2.3.2 Bagian-Bagian Jalan

Terdapat bagian-bagian dari jalan, yaitu :

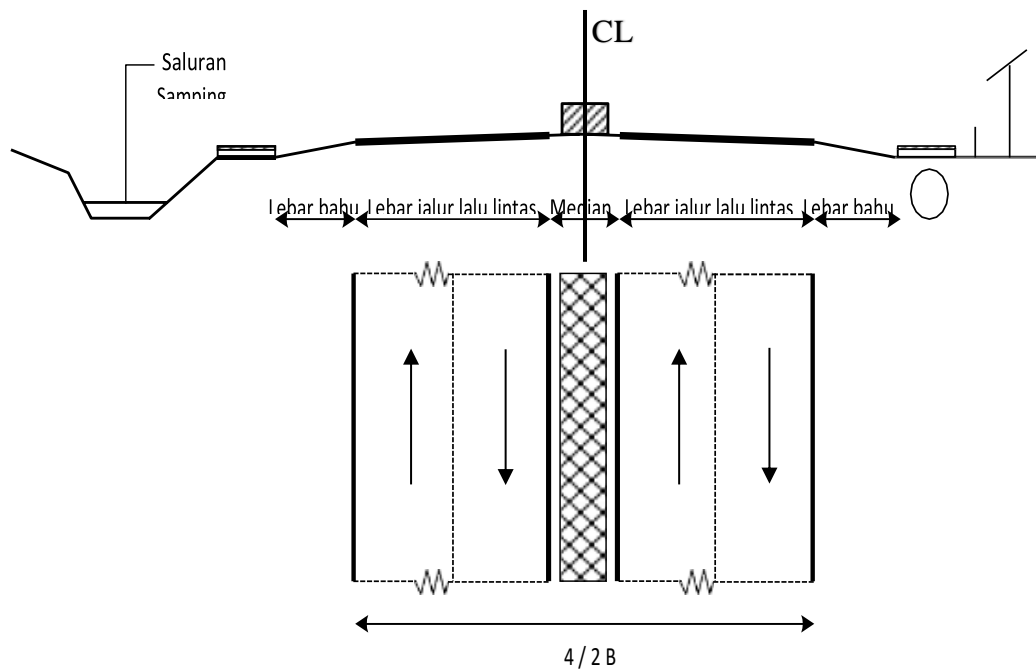
- Median (M), adalah daerah yang memisahkan arah lalu lintas suatu segmen jalan, terletak di bagian tengah dan biasanya ditinggikan maupun direndahkan.
- Lebar jalur (Wc), adalah lebar jalur jalan (m) yang dilintasi arus lalu lintas, tidak termasuk bahu jalan.
- Lebar bahu (Ws), adalah lebar jalur di samping jalur lalu lintas yang direncanakan sebagai ruang untuk pejalan kaki, kendaraan lambat, dan kendaraan yang sekali-kali berhenti.

Penampang melintang jalan seperti yang digambarkan oleh Gambar 2.1 dan Gambar 2.2 terdiri atas bagian-bagian sebagai berikut:

1. Jalur lalu lintas
2. Median dan jalur tepian (kalau ada)
3. Bahu
4. Jalur pejalan kaki;
5. Selokan
6. Lereng.



Gambar 2.1 Tipikal Potongan Melintang Normal dan Denah untuk 2 / 2 TB



Gambar 2.2 Tipikal Potongan Melintang Normal dan Denah untuk 4 / 2 TB

Penentuan lebar jalur dan bahu jalan dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut ini:

Tabel 2.4 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan

VLHR Smp/hari	Arteri				Kolektor				Lokal			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu
< 3.000	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,0	4,5	1,0
3.000 – 10.000	7,0	2,0	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,0
10.001 – 25.000	7,0	2,0	7,0	2,0	7,0	2,0	MENGACU PADA PERSYARATAN IDEAL				TIDAK DITENTUKAN	
> 25.000	2nx3,5	2,0	2x7, 0	2,0	2nx3,5	2,0						

(Sumber : TPGJAK No 038 /T /BM /1997)

Keterangan:

**) = Mengacu pada persyaratan ideal,

*) = 2 jalur terbagi, masing-masing $n \times 3,5$ dimana n = jumlah lajur perjalur,

- = Tidak ditentukan.

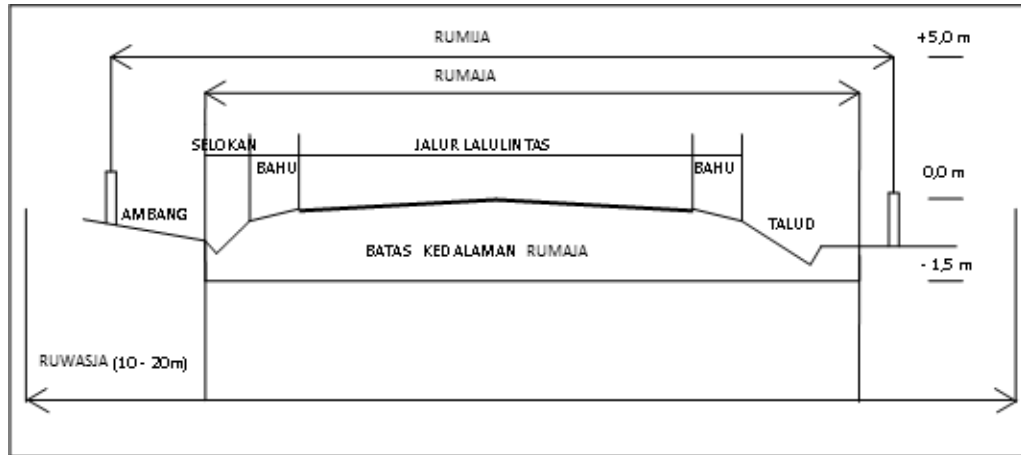
2.3.3 Ruang Penguasaan Jalan

1. Ruang Manfaat Jalan (Rumaja) dibatasi oleh:
 - a. Lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan di kedua sisi jalan, tinggi 5 meter di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan, dan kedalaman ruang bebas 1,5 meter di bawah muka jalan.
 - b. Tinggi 5 meter di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan.
 - c. Kedalaman ruang bebas 1,5 meter di bawah muka jalan
2. Ruang Milik Jalan (Rumija)

Ruang milik jalan adalah meliputi seluruh ruang manfaat jalan dan ruang yang diperuntukkan bagi pelebaran jalan dan penambahan jalur lalu lintas kemusian hari serta kebutuhan ruangan untuk pengaman jalan. Ruang milik jalan juga merupakan ruang sepanjang jalan yang juga dibatasi oleh lebar dan tinggi tertentu yang dikuasai oleh pembina jalan dengan suatu hak tertentu, dan biasanya pada setiap jarak 1 km dipasang patok DMJ berwarna kuning. Ruang milik jalan adalah ruang dibatasi lebar yang sama dengan Rumaja ditambah ambang pengaman konstruksi jalan setinggi 5 meter dan kedalaman 1,5 meter.
3. Ruang Daerah Pengawasan Jalan (Ruwasja)

Ruang pengawasan jalan adalah lajur lahan yang berada dibawah pengawasan pembinaan jalan, ditujukan untuk penjagaan terhadap terhalangnya pandangan bebas pengemudi kendaraan bermotor dan untuk pengaman konstruksi jalan dalam hal ruang milik jalan yang tidak mencukupi. Ruwasja juga adalah ruang sepanjang jalan diluar Rumaja yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu.

Ruang penguasaan jalan dapat dipahami dengan melihat Gambar 2.3 berikut ini:



Gambar 2.3 Rumaja, Rumija, Ruwasja di Lingkungan Jalan Antar Kota

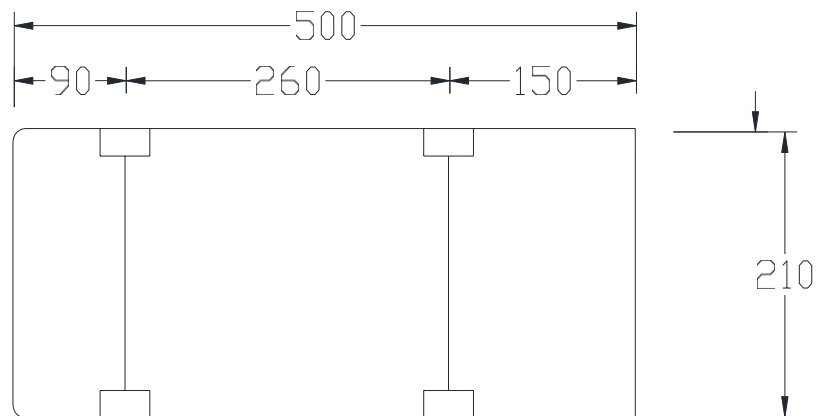
2.4 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

2.4.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Pengelompokan kendaraan rencana untuk perencanaan geometrik jalan antar kota adalah sebagai berikut:

1. Kendaraan Ringan / Kecil

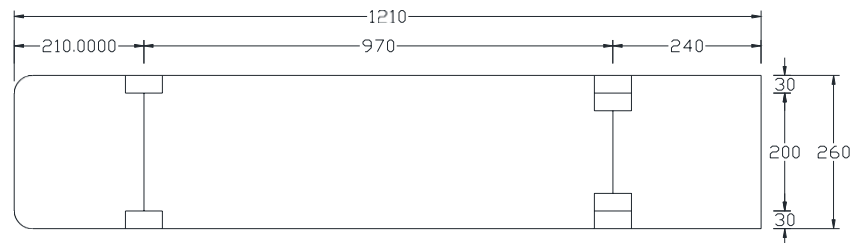
Kendaraan ringan / kecil adalah kendaraan bermotor ber as dua dengan empat roda dan dengan jarak as 2,0 – 3,0 m (meliputi : mobil penumpang, oplet, mikro bus, pick up, dan truk kecil sesuai sistem klasifikasi Bina Marga) dapat dilihat seperti pada Gambar 2.4 berikut ini:



Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Kecil

2. Kendaraan Sedang

Kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5 – 5,0 m (termasuk bus kecil, truk dua as dengan enam roda, sesuai sistem klasifikasi Bina Marga) seperti digambarkan oleh Gambar 2.5 berikut ini:



Gambar 2.5 Dimensi Kendaraan Sedang

3. Kendaraan Berat/Besar

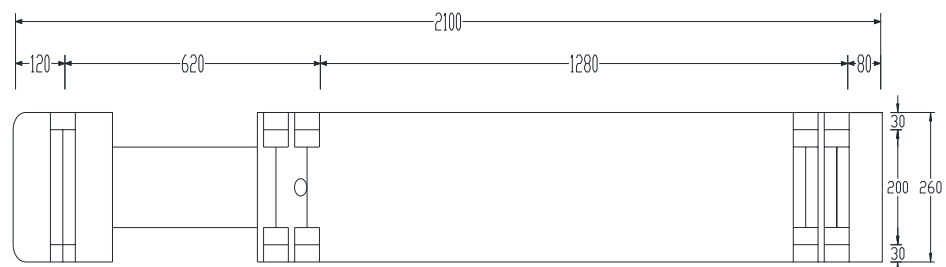
a) Bus Besar

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

b) Truk Besar

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

Kendaraan berat/besar dapat dilihat seperti pada Gambar 2.6 berikut ini:



Gambar 2.6 Dimensi Kendaraan Besar

4. Sepeda Motor

Kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda (meliputi : sepeda motor dan kendaraan roda 3 sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

5. Kendaraan Tak Bermotor (UM)

Kendaraan dengan roda yang digerakkan oleh orang atau hewan (meliputi: sepeda, becak, kereta kuda, dan kereta dorong sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

Dari penjelasan kendaraan rencana diatas dapat juga dilihat pada Tabel 2.5 dibawah ini:

Tabel 2.5 Dimensi Kendaraan Rencana

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

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

2.4.2 Komposisi Lalulintas

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

1. Satuan Mobil Penumpang (smp)

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

2. 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). Adapun Ekuivalen mobil penumpang (emp) berdasarkan dengan jenis kendaraan dapat dilihat pada Tabel 2.6 dibawah ini:

Tabel 2.6 Ekuivalen Mobil Penumpang (emp)

No	Jenis Kendaraan	Datar/Perbukitan	Pegunungan
1	Sedan, jeep, Station Wagon	1,0	1,0
2	Pick-Up, Bus Kecil, Truck Kecil	1,2 – 2,4	1,9 – 3,5
3	Bus dan Truck Besar	1,2 – 5,0	2,2 – 6,0

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

3. Faktor (F)

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

4. Faktor VLHR (K)

Faktor untuk mengubah volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalulintas, dinyatakan dalam SMP/jam, dihitung dengan rumus:

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

VJR digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalu lintas lainnya yang diperlukan.

Untuk mengetahui Faktor K dan F berdasarkan dengan Volume Lalulintas Rata-Rata dapat dilihat pada Tabel 2.7 berikut ini:

Tabel 2.7 Penentuan Faktor K dan F Berdasarkan Volume Lalulintas 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 : TPGJAK No.038 / T / BM / 1997)

5. Kapasitas (C)

Volume lalu lintas maksimum (mantap) yang dapat sopertahankan (tetap) pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu (misalnya: rencana geometrik, lingkungan, komposisi lalu lintas dan sebagainya).

6. Derajat Kejenuhan (DS)

Rasio volume lalu lintas terhadap kapasitas (biasanya dihitung per jam).

2.4.3 Tingkat Pelayanan Jalan

Kinerja ruas jalan dapat didefinisikan sejauh mana kemampuan jalan menjalankan fungsinya, dimana menurut MKJI (1997) yang digunakan sebagai parameter adalah Derajat Kejenuhan (DS) (Koloway, 2009). MKJI (1997) juga menjelaskan bahwa tingkat pelayanan jalan dapat juga dihitung berdasarkan batas

lingkup Q/C ruas jalan tersebut, terlihat pada Tabel 2.8 sebagai berikut:

Tabel 2.8 Tingkat Pelayanan Jalan

Tingkat Pelayanan	Datar/Perbukitan
A	0,0 – 0,19
B	0,20 – 0,44
C	0,45 – 0,74
D	0,75 – 0,84
E	0,85 – 1,00
F	> 1,00

(Sumber : MKJI 1997)

2.4.4 Kecepatan Rencana

VR adalah kecepatan rencana pada suatu ruas jalan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lenggang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti. VR untuk masing-masing fungsi jalan yang ditetapkan dari Tabel 2.9 untuk kondisi medan yang sulit, VR suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam.

Tabel 2.9 Kecepatan Rencana VR, Sesuai Dengan Klasifikasi Fungsi dan Klasifikasi Medan Jalan

Fungsi	Kecepatan Rencana V_R , Km/jam		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	70 – 120	60 – 80	40 – 70
Kolektor	60 – 90	50 – 60	30 – 50
Lokal	40 – 70	30 – 50	20 – 30

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

2.4.5 Jarak Pandang

Jarak Pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seseorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian rupa, sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu (antisipasi)

untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. Jarak pandang terdiri dari:

1. Jarak Pandang Henti (Jh)

Jarak pandang henti adalah jarak minimum yang diperlukan pengemudi untuk dapat menghentikan kendaraannya dengan aman setelah melihat adanya halangan di depannya. Geometrik jalan yang baik adalah ruas jalan dapat memberikan rasa aman bagi pengemudi kendaraan, oleh karena itu „setiap titik“ di sepanjang jalan harus memenuhi jarak pandang henti.

Jarak pandang henti terdiri dari dua elemen, yaitu :

- a) Jarak tanggap (Jht) adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.
- b) Jarak pengereman (Jhr) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

Jarak pandang henti diformulasikan dengan berdasar asumsi: tinggi matapengemudi 105 cm dan tinggi halangan 15 cm di atas permukaan jalan.

Rumus untuk menentukan jarak pandang henti sebagai berikut:

Untuk jalan datar:

$$J_h = 0,694 V_R + 0,004 V_R^2 / f_p \dots\dots\dots(2.2)$$

Untuk jalan dengan kelandaian tertentu:

$$J_h = 0,694 V_R + 0,004 V^2 / (f_p \pm L) \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

Jh = jarak pandang henti, (m)

VR = kecepatan rencana, (km/jam)

f_p = koefisien gesek memanjang antara ban kendaraan dengan perkerasan jalan aspal, f_p akan semakin kecil jika kecepatan (VR) semakin tinggi dan sebaliknya. (menurut Bina Marga, $f_p = 0,35 - 0,55$)

L = landai jalan dalam (%) dibagi 100

Dari penjelasan diatas, Jarak Pandang Henti (Jh) minimum ditetapkan seperti pada tabel 2.10 berikut ini:

Tabel 2.10 Jarak Pandang Henti (Jh) Minimum

VR (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jh minimum (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

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

2. Jarak Pandang Mendahului (Jd)

Jarak pandang mendahului (Jd) adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula. Jd di ukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan mendahului adalah 105 cm. Umumnya saat kendaraan yang lebih cepat ingin mendahului kendaraan yang lebih lambat harus dilakukan dengan aman, tentu saja harus dapat melihat ke depan cukup jauh sehingga dapat menyelesaikan penyiapan tanpa memotong kendaraan yang disusul sebelum berhadapan dengan kendaraan lawan yang mungkin datang setelah ia melakukan penyusulan. Adapun Jarak Pandang Mendahului (Jd) berdasarkan kecepatan dilihat pada Tabel 2.11 dibawah ini:

Tabel 2.11 Panjang Jarak Pandang Mendahului Berdasarkan Vr

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

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

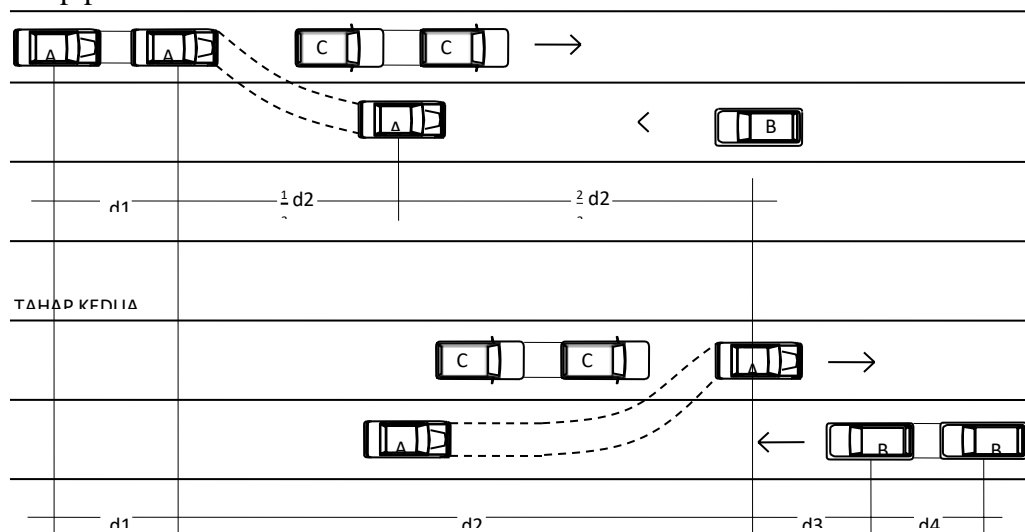
Jarak pandangan mendahului (Jd) standar pada jalan dua lajur dua arah dihitung berdasarkan beberapa asumsi terhadap sifat arus lalu lintas yaitu:

- a) Kendaraan yang akan didahului harus mempunyai kecepatan yang tetap.
- b) Sebelum melakukan gerakan mendahului, kendaraan harus mengurangi kecepatannya dan mengikuti kendaraan yang akan disiap dengan kecepatan yang sama.

- c) Apabila kendaraan sudah berada pada lajur untuk mendahului, maka pengemudi harus mempunyai waktu untuk menentukan apakah gerakan mendahului dapat diteruskan atau tidak.
- d) Kecepatan kendaraan yang mendahului mempunyai perbedaan sekitar 5 km/jam dengan kecepatan kendaraan yang didahului pada waktu melakukan gerakan mendahului.
- e) Pada saat kendaraan yang mendahului telah berada kembali pada lajur jalannya, maka harus tersedia cukup jarak dengan kendaraan yang bergerak dari arah yang berlawanan.
- f) Tinggi mata pengemudi diukur dari permukaan perkerasan menurut Bina Marga (TPGJAK 1997) sama dengan tinggi objek yaitu 105 cm.
- g) Kendaraan yang bergerak dari arah yang berlawanan mempunyai kecepatan yang sama dengan kendaraan yang mendahului.

Dari penjelasan diatas, Jarak Pandang Mendahului (J_d) dapat digambarkan oleh Gambar 2.7 dibawah ini:

Tahap pertama



Gambar 2.7 Proses Pergerakan Mendahului (2/2 TB)

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

Keterangan :

A = Kendaraan yang mendahului

B = Kendaraan yang berlawanan arah

C = Kendaraan yang didahului kendaraan A

Estimasi jarak pandangan mendahului diformulasikan dengan persamaan sebagai berikut:

$$J_d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \quad (\text{m}) \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana :

d_1 = jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m),

d_2 = jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m),

d_3 = jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m),

d_4 = jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan, yang besarnya diambil sama dengan $\frac{2}{3} d_2$ (m).

dimana :

J_{dmin} = jarak pandangan menyiap minimum (meter)

$$d_1 = 0,278t_1 (V - m + a.t_1 / 2) \dots\dots\dots(2.5)$$

$$d_2 = 0,278 \cdot V \cdot t_2 \dots\dots\dots(2.6)$$

$$d_3 = \text{diambil } 30 \text{ sampai } 100 \text{ meter} \quad d_4 = \frac{2}{3} d_2$$

Keterangan :

t_1 = waktu reaksi, yang besarnya tergantung dari kecepatan yang dapat ditentukan dengan korelasi $t_1 = 2,12 + 0,026 V$ (menggunakan gambar).

t_2 = waktu dimana kendaraan yang menyiap berada pada lajur kanan yang dapat ditentukan dengan menggunakan korelasi $t_2 = 6,56 + 0,048 V$.

m = perbedaan kecepatan antara kendaraan yang menyiap dan yang disiap, diambil 15 km/jam.

V = kecepatan rata-rata kecepatan kendaraan menyiap, dapat diambil sama dengan kecepatan rencana.

2.5 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah garis proyeksi sumbu jalan tegak lurus bidang datar peta (trase). Trase jalan biasa disebut situasi jalan, secara umum menunjukkan arah dari jalan yang bersangkutan (Sukirman, 1999). Sedangkan menurut Direktorat

Jenderal Bina Marga pada Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (1997) yaitu Alinyemen horizontal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung (disebut juga tikungan). Perencanaan geometrik pada bagian lengkung dimaksudkan untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima oleh kendaraan yang berjalan pada kecepatan VR. Untuk keselamatan pemakai jalan, jarak pandang dan daerah bebas samping jalan harus diperhitungkan.

2.5.1 Penentuan 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) terlihat pada Tabel 2.12 berikut ini:

Tabel 2.12 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Arteri	3000	2500	2000
Kolektor	2000	1750	1500

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

2.5.2 Menentukan Koordinat dan Jarak

Perencanaan geometrik jalan raya merupakan perencanaan bentuk fisik jalan dalam tiga dimensi. Untuk mempermudah dalam penggambaran bagian-bagian perencanaan, maka bentuk fisik jalan digambarkan dalam bentuk alinyemen horizontal atau trase jalan, alinyemen vertikal atau penampang jalan dan potongan melintang. (Hamirhan Saodang, 2004: 128)

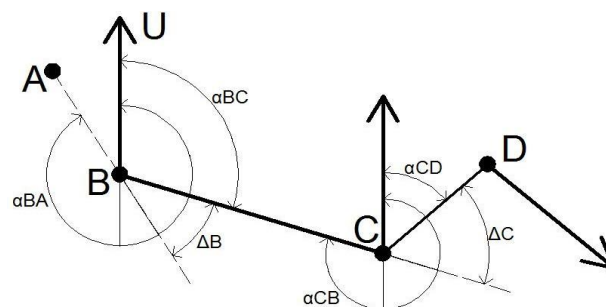
Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan alinyemen menurut Hamirhan Saodang (2004), adalah sebagai berikut :

1. Alinyemen horizontal dan vertikal terletak pada satu fase, sehingga tikungan tampak alami dan pengemudi dapat memperkirakan bentuk alinyemen berikutnya.
2. Bila tikungan horizontal dan vertikal tidak terletak dalam satu fase, maka pengemudi akan sukar untuk memperkirakan bentuk jalan selanjutnya dan

bentuk jalan terkesan patah disuatu tempat.

3. Tikungan yang tajam sebaiknya tidak diadakan di bagian atas lengkung vertikal cembung atau di bagian bawah lengkung vertikal cekung. Alinyemen vertikal akan menghalangi pengemudi pada saat mulai memasuki awal tikungan.
4. Pada jalan yang lurus dan panjang sebaiknya tidak dibuatkan lengkung vertikal cekung atau kombinasi dari lengkung vertikal cekung.
5. Kelandaian yang landai dan pendek sebaiknya tidak diletakkan di antara dua kelandaian yang curam, sehingga mengurangi jarak pandang pengemudi.
6. Jangan menempatkan bagian lurus pendek pada puncak lengkung cembung karena akan memberikan efek loncatan pada pengemudi.
7. Hindarkan menempatkan awal dari tikungan mendekati puncak dari lengkungan cembung.
8. Hindari menempatkan posisi jembatan dibagian lengkung cekung atau diawal puncak bagian lengkung cembung. Apalagi kalau jembatan pada alinyemen horizontal berada pada suatu tikungan. Hal ini sangat menyulitkan pengendara menguasai kendaraan akibat loncatan kendaraan keatas, ataupun dalam kasus terakhir akan menerima gaya sentrifugal yang akan terjadi pada kendaraan yang cukup besar (karena sulit sekali memberikan pencapaian superelevasi pada jembatan).

Setelah merencanakan alinyemen, maka diperlukan perhitungan koordinat azimuth dan jarak. Dalam buku Hamirhan Saodang (2004), koordinat azimuth dapat digambarkan oleh Gambar 2.8 dan dihitung dengan rumus berikut ini:



Gambar 2.8 Contoh Koordinat Azimuth

(Sumber : Hamirhan Saodang, 2004)

$$\alpha_{BA} = \text{arc tg } \frac{XA - XB}{YA - YB}$$

$$\alpha_{BC} = \text{arc tg } \frac{XC - XB}{YC - YB}$$

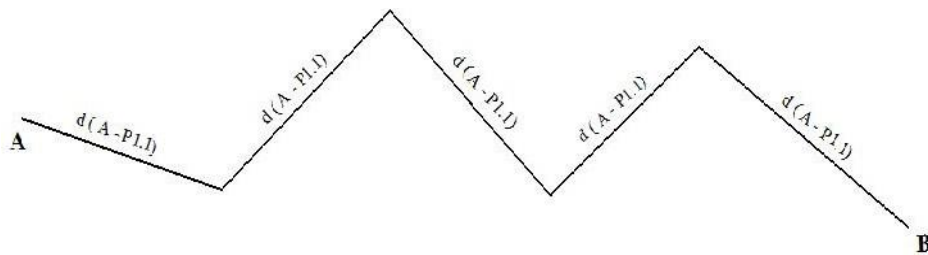
$$\Delta B = 180^\circ - (\alpha_{BA} - \alpha_{BC}) \dots\dots\dots(2.7)$$

$$\alpha_{CB} = \text{arc tg } \frac{Xc - XB}{Yc - YB}$$

$$\alpha_{Cd} = \text{arc tg } \frac{Xd - XB}{Yd - YB}$$

$$\Delta c = (\alpha_{cb} - \alpha_{Cd}) - 180^\circ \dots\dots\dots(2.8)$$

Adapun perhitungan jarak titik-titik penting yang diperoleh dari pemilihan rencana alinyemen horizontal dapat digambarkan oleh Gambar 2.9 dan menggunakan rumus berikut ini:



Gambar 2.9 Koordinat dan Jarak

(Sumber : Hamirhan Saodang, 2004)

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \dots\dots\dots(2.9)$$

dimana :

- d = Jarak titik A ke titik P1
- X₂ = Koordinat titik P1. 1 pada sumbu X
- X₁ = Koordinat titik A pada sumbu X
- Y₂ = Koordinat titik P1.1 pada sumbu X
- Y₁ = Koordinat titik A pada sumbu Y

2.5.3 Tikungan

Bagian yang paling kritis dari suatu alinyemen horizontal ialah bagian lengkung (tikungan). Hal ini disebabkan oleh adanya suatu gaya sentrifugal yang

akan melemparkan kendaraan keluar daerah tikungan tersebut.

Pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi, akan terjadi gesekan arah melintang jalan antara ban dengan permukaan aspal yang menimbulkan gaya gesekan melintang dengan gaya normal yang disebut dengan koefisien gesekan melintang (f).

Gaya sentrifugal ini mendorong kendaraan secara radial keluar jalur. Atas dasar ini maka perencanaan tikungan agar dapat memberikan keamanan dan kenyamanan perlu mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut :

1. Jari-jari lengkung minimum

Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu ditentukan jari-jari minimum untuk superelevasi maksimum 10%.

2. Bentuk-bentuk Tikungan

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

a) Bentuk tikungan *full-circle*

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

1. Lengkung peralihan
2. Kemiringan melintang (superelevasi)
3. Pelebaran Perkerasan Jalan
4. Kebebasan samping

Jenis tikungan *full-circle* ini merupakan jenis tikungan yang paling ideal ditinjau dari segi keamanan dan kenyamanan pengendara dan kendaraannya, namun apabila ditinjau dari penggunaan lahan dan biaya pembangunannya yang relatif terbatas, jenis tikungan ini merupakan pilihan yang sangat

mahal. Adapun batasan dimana diperbolehkan menggunakan *full-circle* dilihat pada Tabel 2.13 berikut ini:

Tabel 2.13 Jari-Jari Minimum Yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

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

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

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

$$T = R \frac{\tan \Delta}{2} \dots\dots\dots(2.10)$$

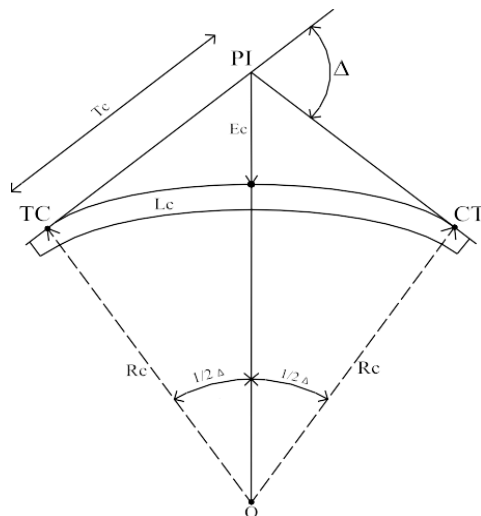
$$E = T \frac{\tan \Delta}{4} = \sqrt{R^2 + T^2} - R = R \frac{(\sec \Delta - 1)}{2} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$L_c = \frac{\Delta}{180} \pi R = 0,01745 \Delta R \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

- Δ = Sudut tikungan ($^{\circ}$)
- E = Jarak PI ke puncak busur lingkaran (m)
- O = Titik pusat lingkaran
- L = Panjang lengkung (CT – TC), (m)
- R = Jari-jari tikungan (m)
- PI = Titik potong antara 2 garis tangen
- T = Jarak TC-PI atau PI-CT

Bentuk tikungan Full-Circle dapat dilihat seperti pada Gambar 2.10 berikut ini:



Gambar 2.10 Tikungan *Full-Circle*

Catatan :

Tikungan FC hanya digunakan untuk R yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil akan diperlukan superelevasi yang besar.

b) Tikungan *spiral – circle - spiral*

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

a) Kemiringan maksimum antar jalan kota : 0,10

b) Kemiringan maksimum jalan dalam kota : 0,08

Rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *spiral – circle - spiral*,

yaitu:

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^4}{40R^2}\right) \dots\dots\dots(2.13)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6R^2} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$\theta_s = \frac{90}{H} \cdot \frac{L_s}{R} \dots\dots\dots(2.15)$$

$$\theta_s = \frac{90}{\pi} \cdot \frac{L_s}{R} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$P = \frac{L_s^2}{6R^2} - R (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots(2.17)$$

$$K = L_s - \frac{L_s^2}{40R^2} - R \sin \theta_s \dots\dots\dots(2.18)$$

$$L_c = L_c = \frac{\Delta c}{180} \pi R \dots\dots\dots(2.19)$$

$$T_s = (R + P) \tan \frac{\Delta}{2} + k \dots\dots\dots(2.20)$$

$$E_s = (R + P) \sec \frac{\Delta}{2} - k \dots\dots\dots(2.21)$$

$$L = L_c + 2 L_s \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana :

X_s = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS-SC (jarak lurus lengkung peralihan), (m)

Y_s = Ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, (m)

θ_s = Sudut lengkung spiral, ($^{\circ}$)

c) Tikungan *spiral-spiral*

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

$$L_{tot} = 2 L_s \dots\dots\dots(2.23)$$

$$L_s = \frac{2\pi R}{360} 2 \theta_s \text{ atau } L_s = \frac{2\theta_s}{28,648} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta, L_c = 0 \dots\dots\dots(2.25)$$

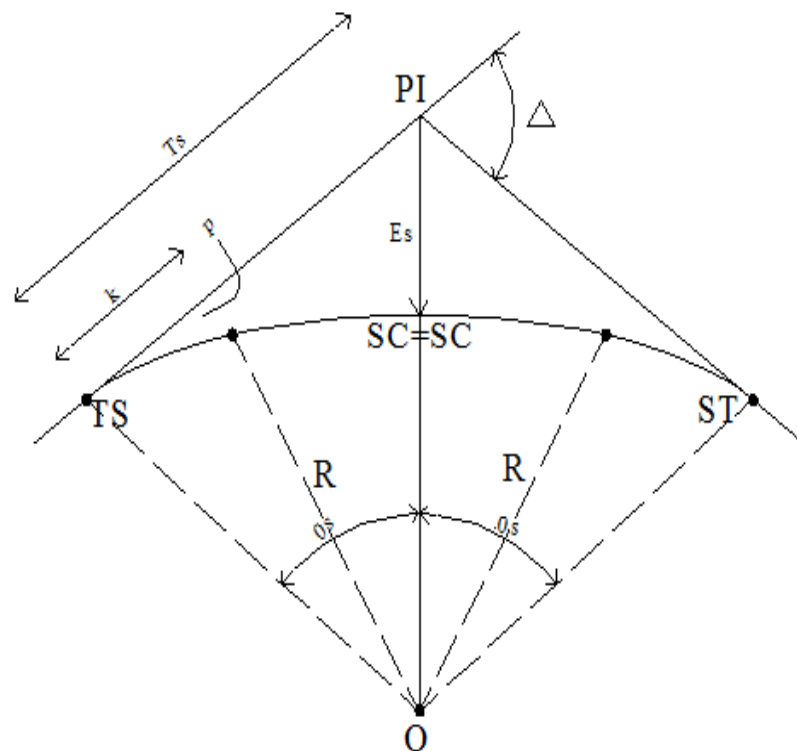
$$P = p \times L_s \dots\dots\dots(2.26)$$

$$k = k \times L_s \dots\dots\dots(2.27)$$

$$T_s = (R + P) \sec \frac{\Delta}{2} + k \dots\dots\dots(2.28)$$

$$E_s = (R + P) \sec \frac{\Delta}{2} - k \dots\dots\dots(2.29)$$

Tikungan Spiral-Spiral dapat dilihat pada Gambar 2.12 dibawah ini:



Gambar 2.12 Tikungan *Spiral- Spiral*

3. Superelevasi

Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan-kemiringan jalan pada bagian tertentu yaitu berfungsi untuk mempermudah dalam pelaksanaan pengerjaan.

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

4. Pencapaian superelevasi

Superelevasi adalah suatu kemiringan melintang di tikungan yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima pada saat berjalan melalui tikungan pada kecepatan V_R . *Superelevasi* dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (*Superelevasi*) pada bagian lengkung. Metoda atau tata cara untuk melakukan *superelevasi*, yaitu dengan mengubah lereng potongan melintang, dilakukan dengan bentuk profil dari tepi perkerasan yang dibundarkan, tetapi disarankan cukup untuk mengambil garis lurus saja. Ada tiga cara untuk mendapatkan *superelevasi* yaitu:

- a) Memutar perkerasan jalan terhadap profil sumbu.
- b) Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah dalam.

c) Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah luar.

Panjang lengkung peralihan minimum dan superelevasi dapat dilihat seperti pada Tabel 2.14 berikut:

Tabel 2.14 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi, yang dibutuhkan (e maksimum = 10%, untuk metode Bina Marga)

D	R	V=50 km/jam		V=60 km/jam		V=70 km/jam		V=80 km/jam		V= 90 km/jam	
		Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls
0.250	5730	Ln	45	LN	50	LN	60	LN	70	LN	75
0.500	2865	Ln	45	LN	50	LP	60	LP	70	LP	75
0.750	1910	Ln	45	LP	50	LP	60	0.020	70	0.025	75
1.000	1432	Lp	45	LP	50	0.021	60	0.027	70	0.033	75
1.250	1146	Lp	45	LP	50	0.025	60	0.033	70	0.040	75
1.500	955	Lp	45	0.023	50	0.030	60	0.038	70	0.047	75
1.750	955	Lp	45	0.026	50	0.035	60	0.044	70	0.054	75
2.000	819	Lp	45	0.029	50	0.039	60	0.049	70	0.060	75
2.500	716	0.026	45	0.036	50	0.047	60	0.059	70	0.072	75
3.000	573	0.030	45	0.042	50	0.055	60	0.068	70	0.081	75
3.500	477	0.035	45	0.048	50	0.062	60	0.076	70	0.089	75
4.000	409	0.039	45	0.054	50	0.068	60	0.082	70	0.095	75

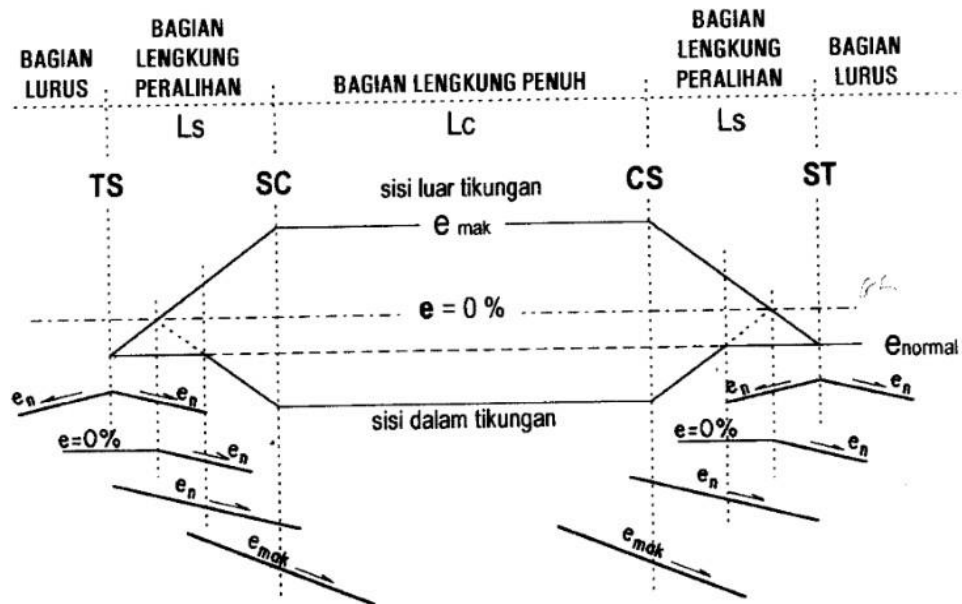
Lanjutan Tabel 2.14 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi, yang dibutuhkan (e maksimum = 10%, untuk metode Bina Marga)

4.500	358	0.043	45	0.059	50	0.074	60	0.088	70	0.099	75
5.000	318	0.048	45	0.064	50	0.079	60	0.093	70	0.100	75
6.000	286	0.055	45	0.073	50	0.088	60	0.098	70	Dmaks = 5,12	
7.000	239	0.062	45	0.080	60	0.094	60	D maks = 6,82			
8.000	205	0.068	45	0.086	60	0.098	60				
9.000	179	0.074	45	0.091	60	0.099	60				
10.000	143	0.079	45	0.095	60	D maks = 9,12					
11.000	130	0.083	45	0.098	60						
12.000	119	0.087	45	0.100	60						
13.000	110	0.091	45	D maks = 12,79							
14.000	102	0.093	45								
15.000	96	0.096	45								
16.000	90	0.097	45								
17.000	84	0.099	45								
18.000	80	0.099	45								
19.000	75	D maks = 18,8									

(Sumber : Hamirham Saodang, 2004)

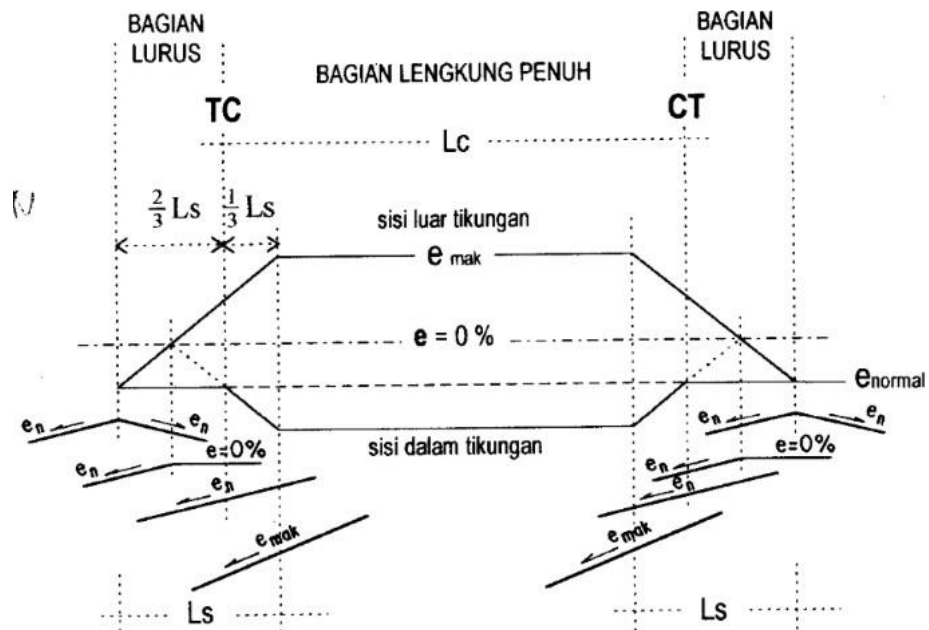
Diagram Superelevasi:

a) Diagram Superelevasi *Full-Circle*, digambarkan seperti Gambar 2.13 berikut ini:



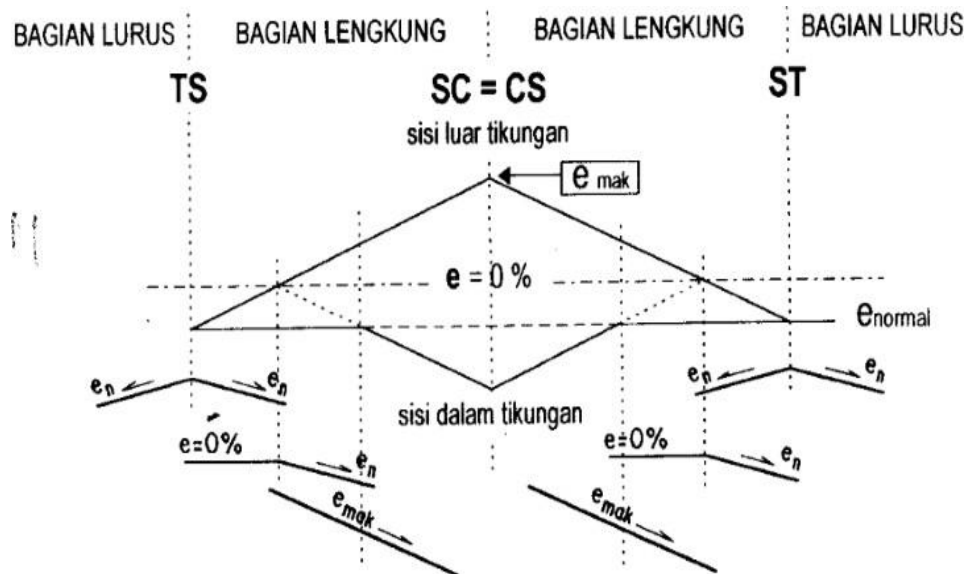
Gambar 2.13 Diagram Pencapaian Superelevasi

b) Diagram superelevasi *Spiral – Circle – Spiral*, dapat dilihat pada Gambar 2.14 berikut ini:



Gambar 2.14 Diagram Pencapaian Superelevasi

c) Diagram Superelevasi *Spiral – Spiral*, dapat dilihat pada Gambar 2.15.



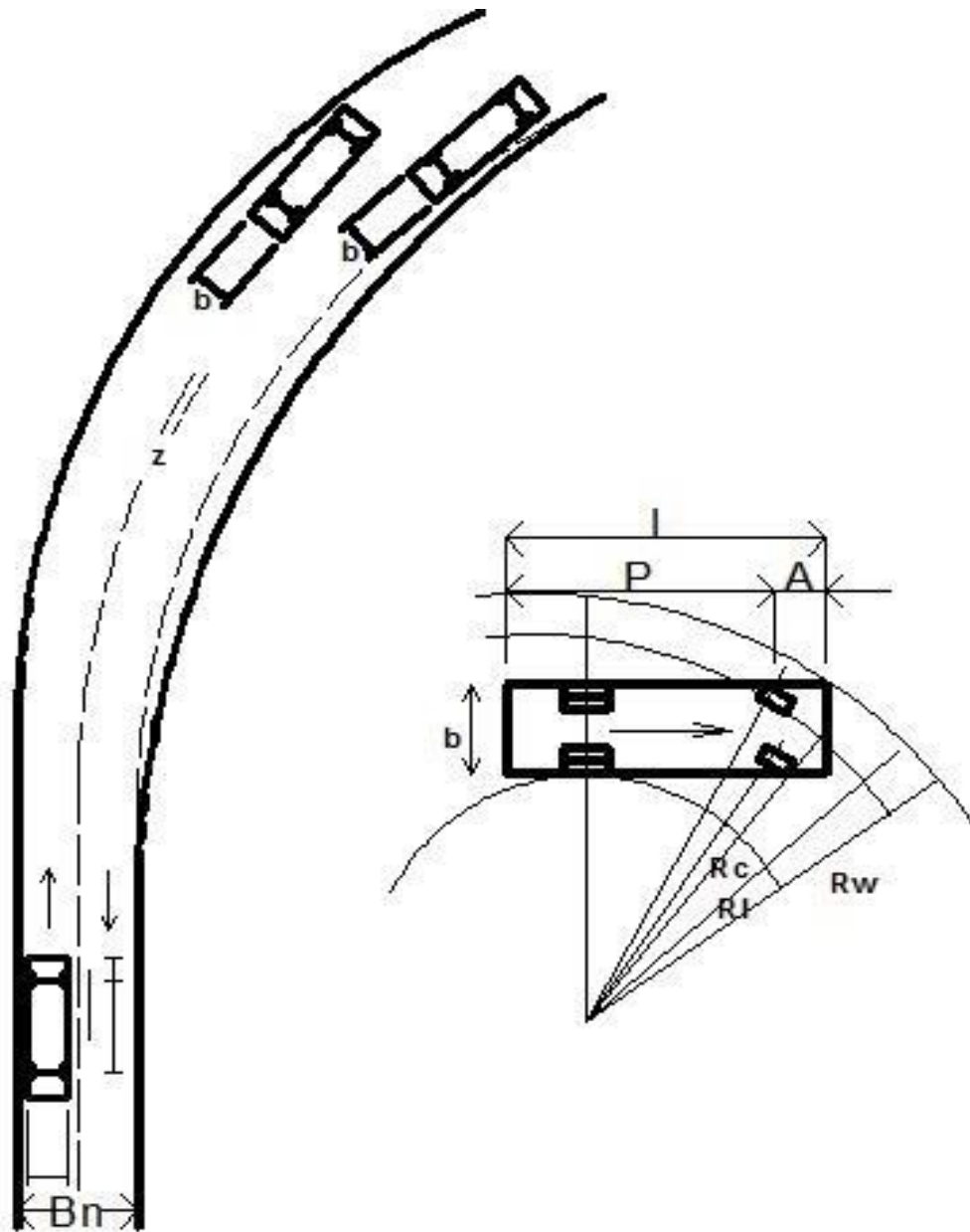
Gambar 2.15 Diagram Pencapaian Superelevasi

2.5.4 Pelebaran Perkerasan Jalan Pada Tikungan

Kendaraan yang bergerak dari jalan lurus menuju tikungan seringkali tidak mempertahankan lintasannya pada lajur yang telah disediakan. Hal tersebut disebabkan oleh :

1. Pada waktu membelok yang diberikan sudut belokan hanya roda depan, sehingga lintasan roda belakang menjalani lintasan lebih kedalam dari roda depan.
2. Jejak lintasan kendaraan tidak lagi berhimpit, karena bumper depan dan belakang kendaraan mempunyai lintasan yang berbeda antara roda depan dan belakang.
3. Pengemudi akan mengalami kesukaran dalam mempertahankan lintasannya untuk tetap pada lajur jalannya, terutama pada tikungan-tikungan yang tajam atau pada kecepatan yang tinggi. Untuk menghindari hal di atas, maka pada tikungan yang tajam perlu diadakan pelebaran jalan.

Pelebaran perkerasan jalan pada tikungan digambarkan oleh Gambar 2.16 dibawah ini:



Gambar 2.16 Pelebaran Perkerasan Pada Tikungan

(Sumber : Hamirhan Saodang, 2004)

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung pelebaran perkerasan pada tikungan menurut Hamirhan Saodang (2004) adalah sebagai berikut:

$$B = \sqrt{\sqrt{Rc^2 - 64 + 1,25} \cdot 64 - Rc^2 - 64 + 125} \dots\dots\dots(2.30)$$

$$R_c = R - \frac{1}{4} B_n + \frac{1}{2} b \dots\dots\dots(2.31)$$

$$B_t = n (B + C) + Z \dots\dots\dots(2.32)$$

$$\Delta b = B_t - B_n \dots\dots\dots(2.33)$$

$$Z = 0,015 \frac{v}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots(2.34)$$

Dimana:

B = Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan ditikungan padalajur sebelah dalam (m)

R_c = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan.

R = Jari-jari busur lingkaran pada tikungan (m)

B_n = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar Kendaraan Rencana (m)

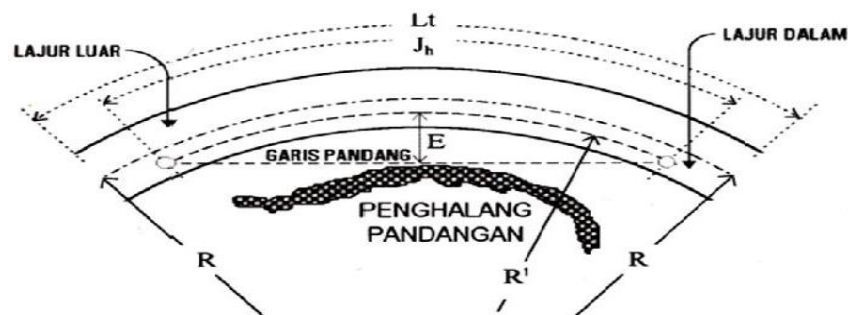
Z = Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi ditikungan (m)

Δb = Tambahan lebar perkerasan ditikungan (m)

2.5.5 Kebebasan Samping Pada Tikungan

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga J_h dipenuhi. Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan objek-objek penghalang sejauh E (m), yang diukur dari garis tengah lajur dalam sampai ke objek penghalang pandangan sehingga memenuhi persyaratan J_h. Menurut Bina Marga daerah bebas samping ditikungan dihitung berdasarkan jarak pandang henti menggunakan rumus-rumus sebagai berikut :

1. Jika J_h < L_t, digambarkan seperti pada Gambar 2.17 berikut ini:



Gambar 2.17 Daerah Bebas Samping Ditikungan Untuk J_h < L_t

(Sumber : Hamirham Saodang : 2004)

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{90 Jh}{\pi \times R} \right) \dots\dots\dots(2.35)$$

Dimana :

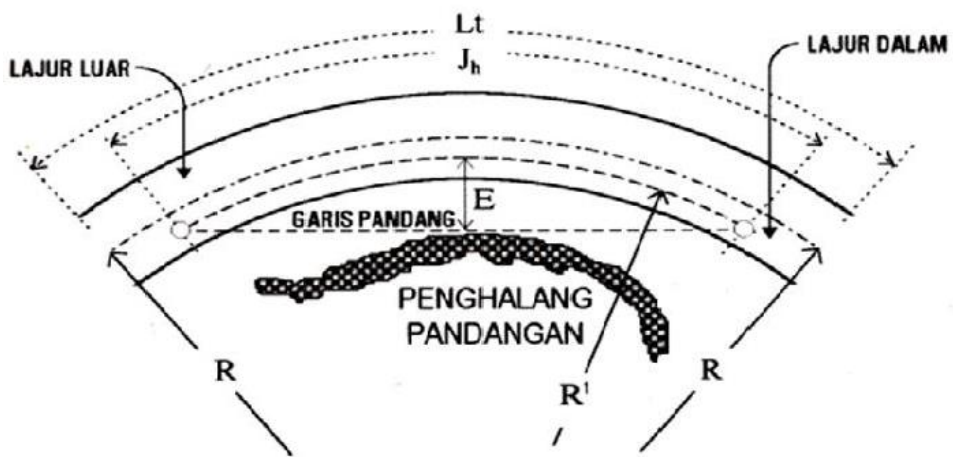
E = jarak bebas samping (m)

R = jari-jari tikungan (m)

R' = jari-jari sumbu jalur dalam (m)

Jh = jarak pandang henti (m)

2. Jika $Jh > Lt$, digambarkan seperti pada Gambar 2.18 berikut ini:



Gambar 2.18 Daerah Bebas Samping Ditikungan Untuk $Jh > Lt$

(Sumber : Hamirham Saodang : 2004)

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{928,65 Jh}{R'} \right) + \left(\frac{Jh - Lt}{2} \sin \frac{28,65 Jh}{R'} \right) \dots\dots\dots(2.36)$$

Dimana:

E = jarak bebas samping (m)

R = jari-jari tikungan (m)

R' = jari-jari sumbu jalur dalam (m)

Jh = jarak pandang henti (m)

Lt = panjang Tikungan (m)

Daerah bebas samping ditikungan dihitung berdasarkan jarak pandang mendahului menggunakan rumus-rumus sebagai berikut:

$$M = R \left(1 - \cos \theta \right) + \frac{1}{2} (S - L) \sin \theta \dots\dots\dots(2.37)$$

Dimana :

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

Θ = setengah sudut pusat sepanjang L (°)

R = radius sumbu lajur sebelah dalam (m)

S = jarak pandangan (m)

L = panjang tikungan (m)

2.6 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan untuk jalan 2 lajur 2 arah atau melalui tepi dalam masing – masing perkerasan untuk jalan dengan median. Seringkali disebut juga sebagai penampang memanjang jalan. (Silvia Sukirman, 1994)

2.6.1 Kelandaian Alinyemen Vertikal

Kelandaian pada alinyemen vertikal terbagi menjadi 4 bagian, yaitu :

1. Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah. Kelandaian maksimum untuk berbagai V_R ditetapkan dapat dilihat dalam Tabel 2.15 berikut ini:

Tabel 2.15 Landai Maksimum

Landai Max (%)	3	3	4	5	6	7	10	10
V_R (km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

2. Kelandaian Minimum

Kelandaian minimum untuk tanah timbunan yang tidak menggunakan kerb, maka lereng melintang jalan dianggap sudah cukup untuk dapat mengalirkan air diatas badan jalan yang selanjutnya dibuang ke lereng

jalan. Untuk jalan – jalan diatas tanah timbunan dengan medan datar dan menggunakan kerb, kelandaian yang dianjurkan adalah sebesar 0,15%, yang dapat membantu mengalirkan air dari atas badan jalan dan membuangnya kesaluran tepi atau saluran pembuangan. Sedangkan untuk jalan – jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kerb, kelandaian jalan minimum yang dianjurkan adalah 0,3 – 0,5%. Lereng melintang jalan hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh diatas badan jalan, sedangkan landai jalan dibutuhkan untuk membuat kemiringan dasar saluran sampin, untuk membuang air permukaan sepanjang jalan.

3. Panjang kritis suatu kelandaian

Panjang kritis yaitu panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh VR. Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak lebih dari satu menit. Panjang kritis dapat ditetapkan dari Tabel 2.16 berikut ini:

Tabel 2.16 Tabel Panjang Kritis

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

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

4. Lajur Pendakian

Pada jalur jalan dengan rencana volume lalu lintas yang tinggi, maka kendaraan berat akan berjalan pada lajur pendakian dengan kecepatan dibawah kecepatan rencana, sedangkan kendaraan lainnya masih dapat bergerak dengan kecepatan rencana. Dalam hal ini sebaiknya dilakukan pertimbangan untuk membuat lajur tambahan di sebelah kiri lajur jalan. Penempatan lajur pendakian dilakukan sebagai berikut :

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

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:

$$y' = \frac{g_2 - g_1}{200L} \cdot X^2 \dots \dots \dots (2.38)$$

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)

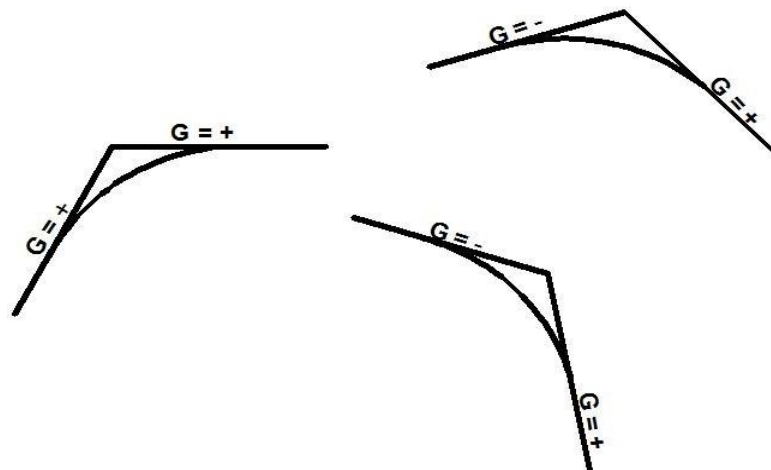
Untuk $x = \frac{1}{2} L_v$, maka $y' = E_v$ dirumuskan sebagai:

$$y' = \frac{g_2 - g_1 L_v}{200L} \dots \dots \dots (2.39)$$

Lengkung vertikal dibagi dua macam, yaitu :

a) Lengkung vertikal cembung

Lengkung vertikal cembung, yaitu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada dibawah permukaan jalan digambarkan seperti pada Gambar 2.20 berikut ini:

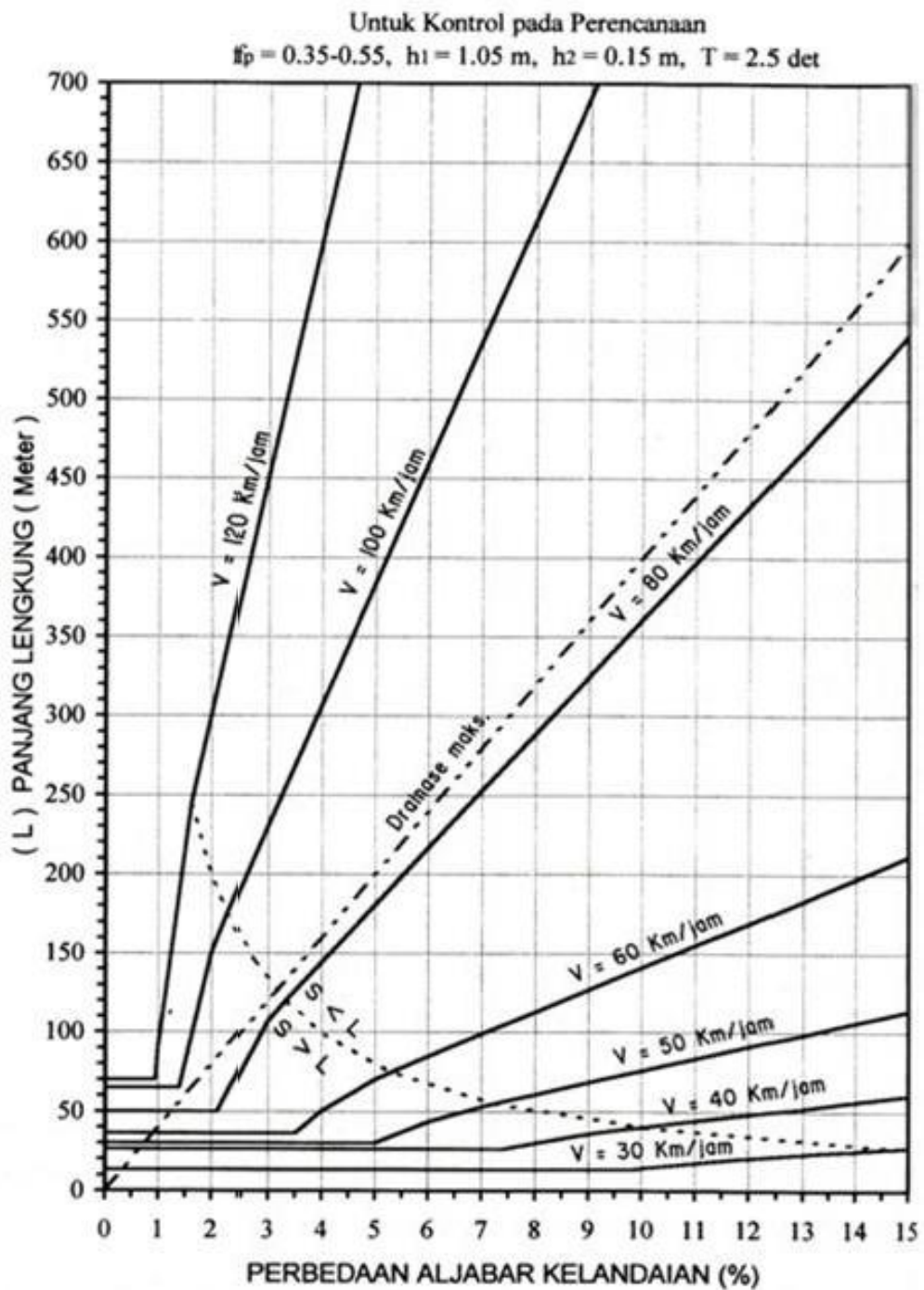


Gambar 2.20 Alinyemen Vertikal Cembung

(Sumber : Hamirhan Saodang, 2004)

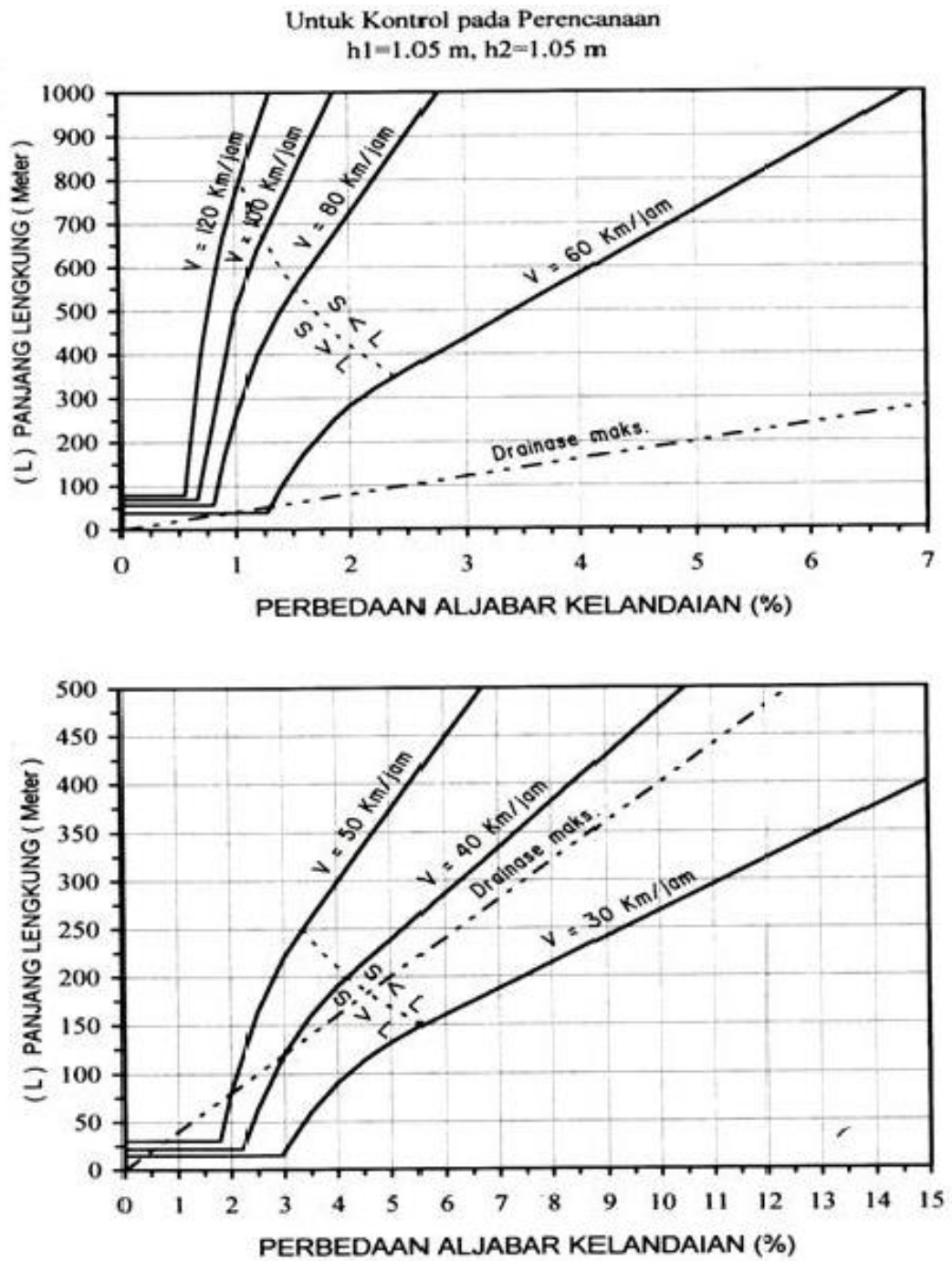
Untuk menentukan panjang lengkung vertikal cembung (L_v) dapat juga ditentukan berdasarkan grafik pada Gambar 2.21 (untuk jarak pandang henti) dan

Gambar 2.22 (untuk jarak pandang mendahului) seperti berikut:



Gambar 2.21 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Jarak Henti

(Sumber : Hamirhan Saodang, 2004)

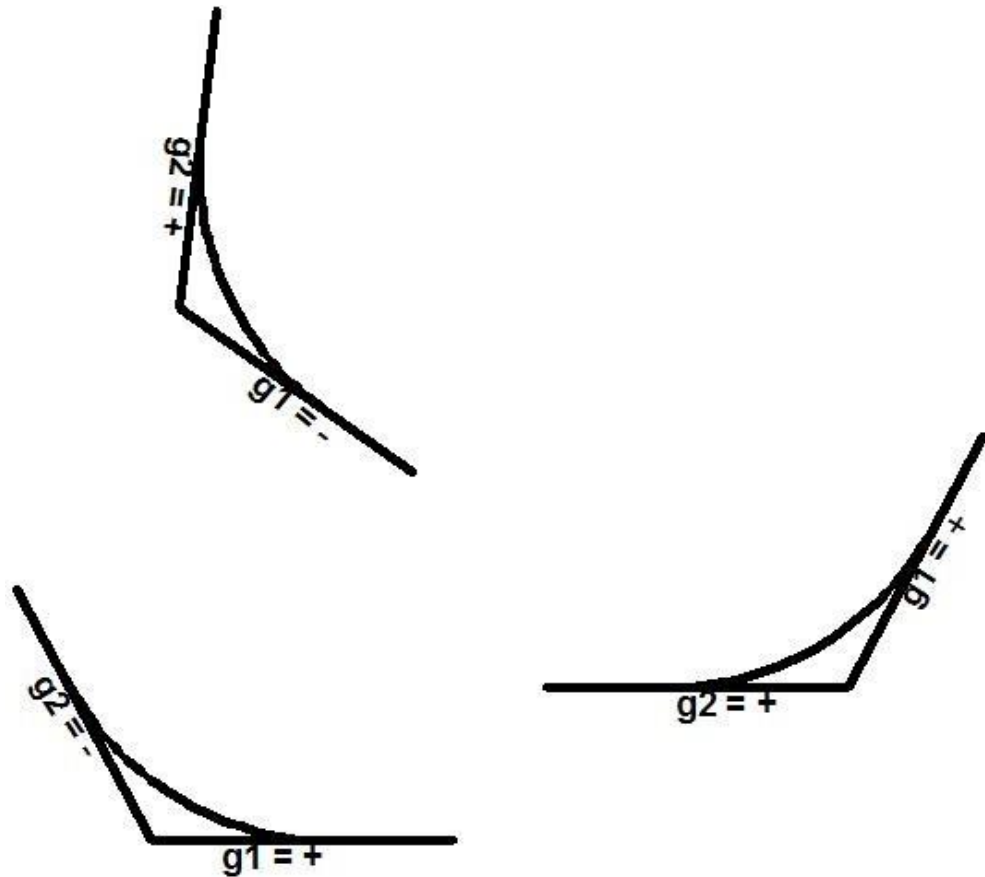


Gambar 2.22 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Pandang Mendahului

(Sumber : Hamirhan Saodang, 2004)

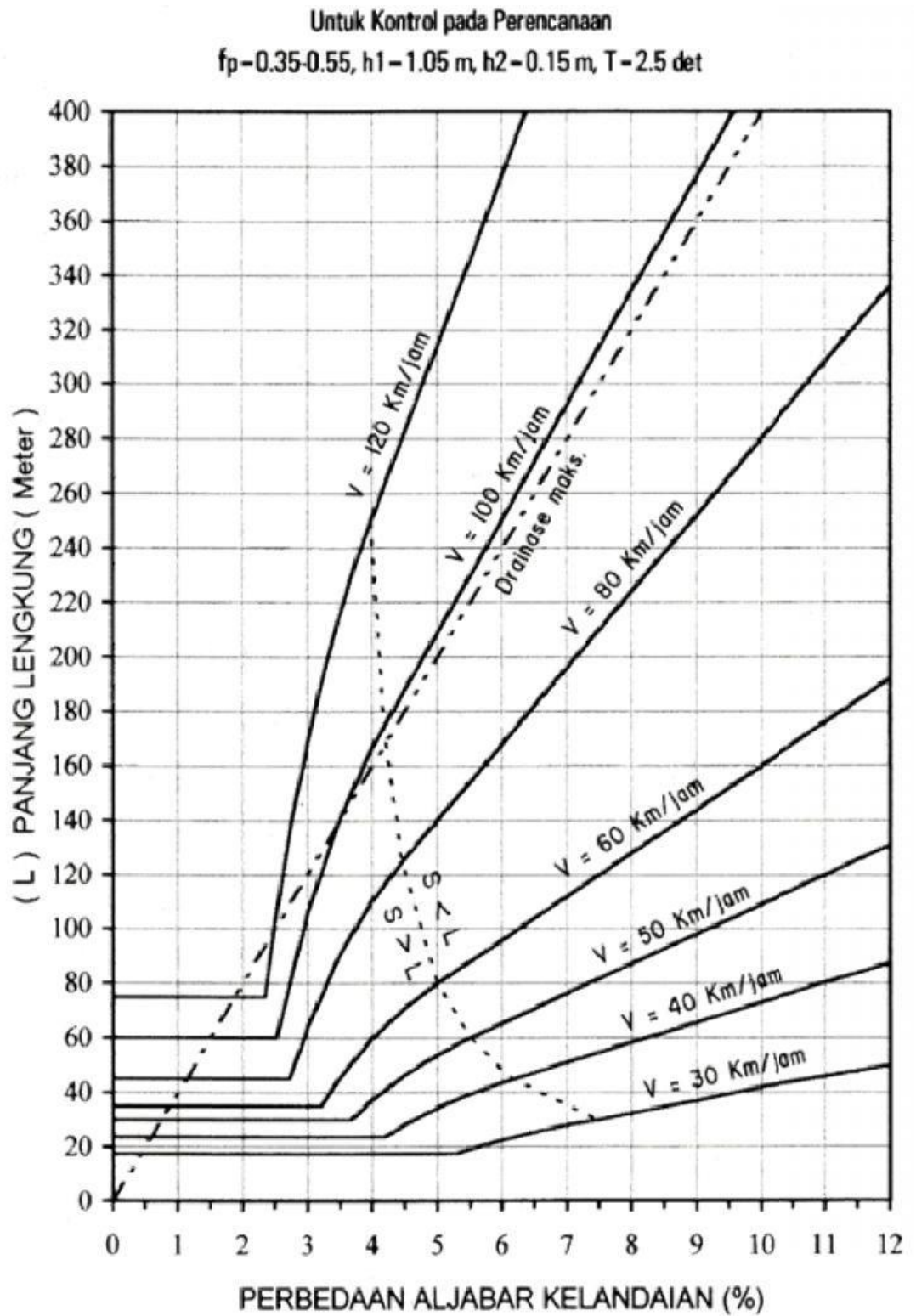
b) Lengkung Vertikal Cekung

lengkung vertikal cekung adalah titik perpotongan antara ke 2 tangen berada dibawah permukaan jalan seperti pada Gambar 2.23 berikut:



Gambar 2.23 Alinyemen Vertikal Cekung

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandangan pada waktu malam hari dan syarat drainase sebagaimana tercantum dalam grafik pada Gambar 2.24 berikut ini:



Gambar 2.24 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

(Sumber : Hamirhan Saodang, 2004)

2.7 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan raya adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman.

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti.

a. Jenis-jenis Tebal Perkerasan

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

1. Perkerasan kaku

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

2. Perkerasan Lentur

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

3. Perkerasan komposit

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

b. Fungsi Lapis Perkerasan

Supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi tetap ekonomis, maka perkerasan jalan raya dibuat berlapis-lapis. Lapis paling atas disebut sebagai lapis permukaan, merupakan lapisan yang paling baik

mutunya. Di bawahnya terdapat lapis pondasi, yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan (Suprpto, 2004).

1. Lapis Permukaan (LP)

Lapis permukaan adalah bagian perkerasan yang paling atas. Fungsi lapis permukaan dapat meliputi:

a. Struktural:

Ikut mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan, baik beban vertikal maupun beban horizontal (gaya geser). Untuk hal ini persyaratan yang dituntut adalah kuat, kokoh, dan stabil.

b. Non Struktural, dalam hal ini mencakup :

- 1) Lapis kedap air, mencegah masuknya air ke dalam lapisan perkerasan yang ada di bawahnya.
- 2) Menyediakan permukaan yang tetap rata, agar kendaraan dapat berjalan dan memperoleh kenyamanan yang cukup.
- 3) Membentuk permukaan yang tidak licin, sehingga tersedia koefisien gerak (*skid resistance*) yang cukup untuk menjamin tersedianya keamanan lalu lintas.
- 4) Sebagai lapisan aus, yaitu lapis yang dapat aus yang selanjutnya dapat diganti lagi dengan yang baru. Lapis permukaan itu sendiri masih bisa dibagi lagi menjadi dua lapisan lagi, yaitu:

1. Lapis Aus (*Wearing Course*)

Lapis aus (*wearing course*) merupakan bagian dari lapis permukaan yang terletak di atas lapis antara (*binder course*). Fungsi dari lapis aus adalah :

- a) Mengamankan perkerasan dari pengaruh air.
- b) Menyediakan permukaan yang halus.
- c) Menyediakan permukaan yang kesat.

2. Lapis Antara (*Binder Course*)

Lapis antara (*binder course*) merupakan bagian dari lapis permukaan yang terletak di antara lapis pondasi atas (*base course*) dengan lapis aus (*wearing course*). Fungsi dari lapis antara adalah :

- a) Mengurangi tegangan.
- b) Menahan beban paling tinggi akibat beban lalu lintas sehingga harus mempunyai kekuatan yang cukup.

2. Lapis Pondasi Atas (LPA) atau *Base Course*

Lapis pondasi atas adalah bagian dari perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah atau dengan tanah apabila tidak menggunakan lapis pondasi bawah. Fungsi lapis ini adalah :

- a. Lapis pendukung bagi lapis permukaan.
- b. Pemikul beban horizontal dan vertikal.
- c. Lapis perkerasan bagi pondasi bawah.

3. Lapis Pondasi Bawah (LPB) atau *Subbase Course*

Lapis Pondasi Bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi dan tanah dasar. Fungsi lapis ini adalah :

- a. Penyebar beban roda.
- b. Lapis peresapan.
- c. Lapis pencegah masuknya tanah dasar ke lapis pondasi.
- d. Lapis pertama pada pembuatan perkerasan.

4. Tanah Dasar (TD) atau *Subgrade*

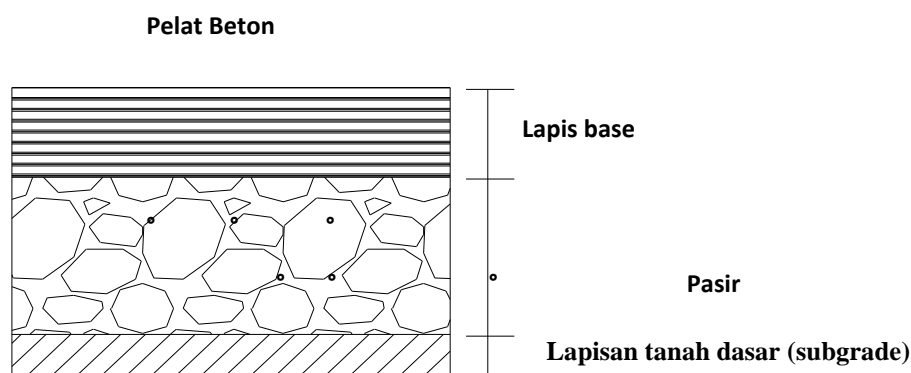
Tanah dasar (*subgrade*) adalah permukaan tanah semula, permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. (Fakhrul).

2.7.1 Perkerasan Kaku

Rigid pavement atau perkerasan kaku adalah jenis perkerasan jalan yang menggunakan beton sebagai bahan utama perkerasan tersebut, perkerasan kaku merupakan salah satu jenis perkerasan jalan yang sering 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 jalan - jalan lintas antar provinsi, jembatan layang, jalan tol,

maupun pada persimpangan bersinyal. Jalan – jalan tersebut pada umumnya menggunakan beton sebagai bahan perkerasannya, namun untuk meningkatkan kenyamanan biasanya diatas permukaan perkerasan dilapisi aspal. (Sukirman, 1999)

Keunggulan dari perkerasan kaku dibanding perkerasan lentur (*asphalt*) adalah bagaimana distribusi beban disalurkan ke *subgrade*. Perkerasan kaku karena mempunyai kekakuan dan *stiffnes*, akan mendistribusikan beban pada daerah yang relatif luas pada subgrade, beton sendiri bagian utama yang menanggung beban structural, sedangkan pada perkerasan lentur karena dibuat dari material yang kurang kaku, maka persebaran beban yang dilakukan tidak sebaik pada beton, sehingga memerlukan ketebalan yang lebih besar, susunan perkerasan kaku (*rigid pavement*) dapat dilihat pada Gambar 2.25 sebagai berikut:



Gambar 2.25 Perkerasan Kaku

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

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.

2.7.2 Jenis-Jenis Perkerasan Kaku

Adapun jenis - jenis perkerasan kaku antara lain (Tenriajeng, 1999) :

a. Perkerasan beton semen

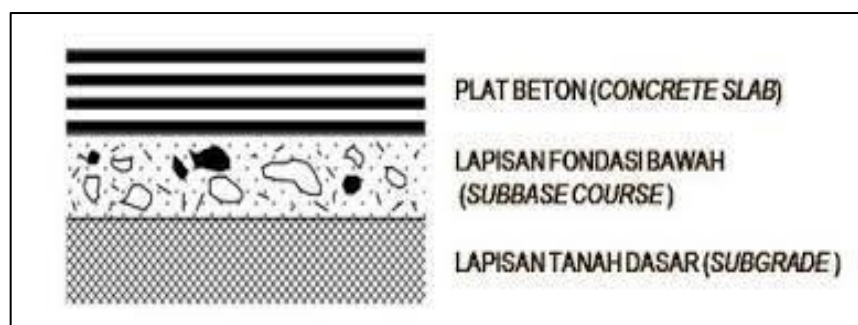
Yaitu perkerasan kaku dengan semen sebagai lapis aus. Terdapat empat jenis perkerasan beton semen, yaitu sebagai berikut :

- 1) Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulang
- 2) Perkerasan beton semen bersambung dengan tulang

- 3) Perkerasan beton semen bersambung menerus dengan tulang
- 4) Perkerasan beton semen pra tekan

b. Perkerasan komposit

Yaitu perkerasan kaku dengan pelat beton semen sebagai lapis pondasi dan aspal beton sebagai lapis permukaan terlihat seperti pada Gambar 2.26. Perkerasan kaku ini sering digunakan sebagai *runway* lapangan terbang. (Tenriajeng, 1999)



Gambar 2.26 Susunan Lapis Perkerasan Kaku (Bowles, 1986)

2.7.3 Persyaratan Teknis

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

a. 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.

1) Cara Grafis

Langkah – langkah pengerjaannya sebagai berikut :

- a) Tentukan nilai CBR terendah
- b) Tentukan beberapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari

masing – masing nilai CBR dan kemudian disusun secara tabel garis mulai dari nilai CBR terkecil sampai terbesar

- c) Angka terbanyak diberi nilai 100% angka yang lain merupakan presentase dari 100%
- d) Buat kurva hubungan antara harga CBR dan presentase jumlah tadi
- e) Nilai CBR segmen adalah nilai pada keadaan 90% (Hendra Suryadharma, 2009)

2) Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah:

$$\text{CBR} = \text{CBR} - (\text{CBRmaks} - \text{CBRmin}) / R \dots \dots \dots (2.40)$$

Adapun ketentuan nilai R untuk perhitungan CBR segmen dapat dilihat pada Tabel 2.17 seperti berikut:

Tabel 2.17 Nilai R untuk Perhitungan CBR Segmen

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

(Sumber : Hendra Suryadharma, 1999)

b. Pondasi Bawah

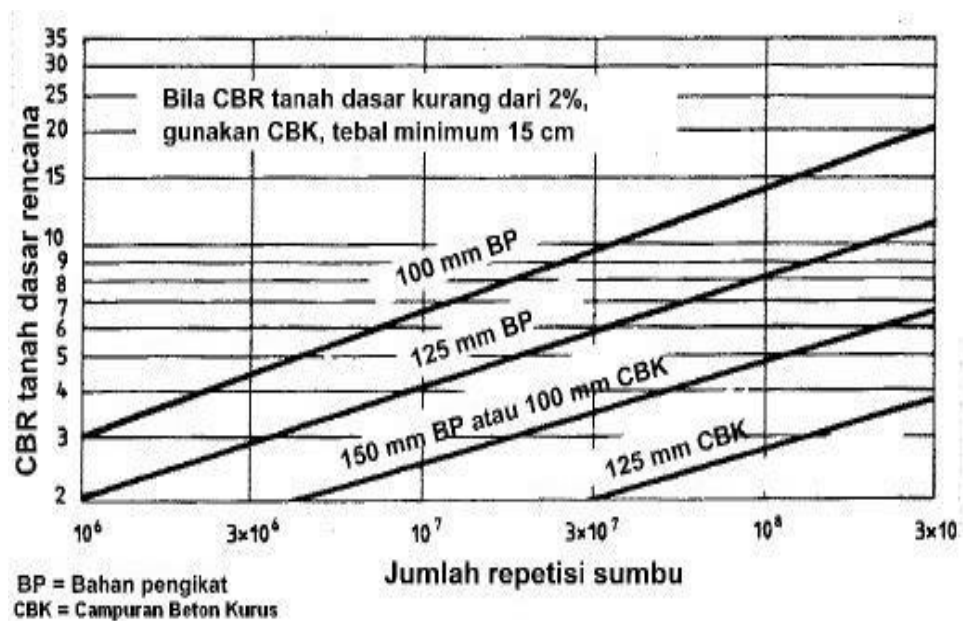
Bahan pondasi bawah dapat berupa :

- Bahan berbutir.
- Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (*Lean Rolled Concrete*)

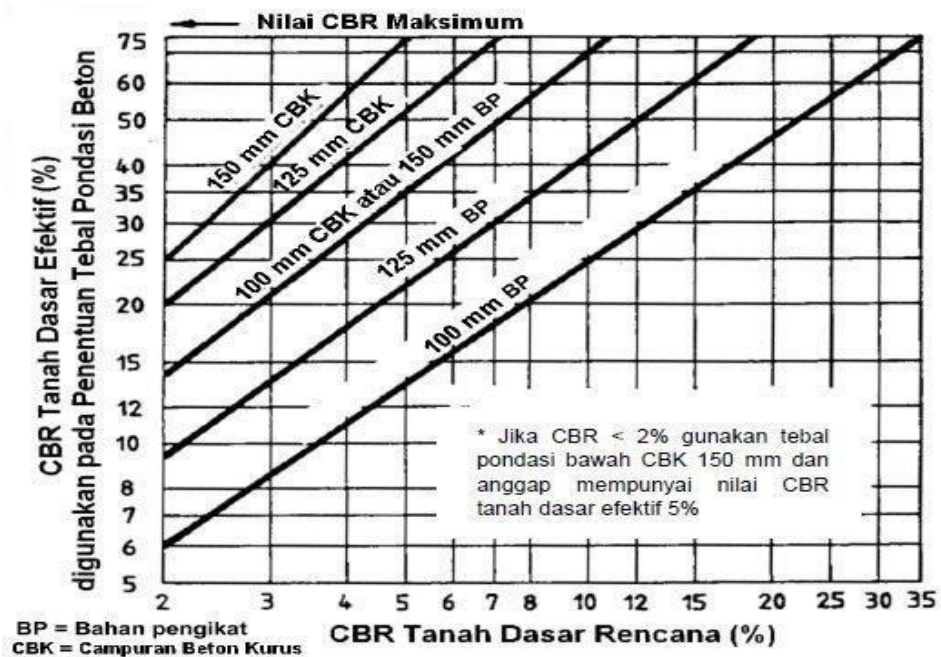
- Campuran beton kurus (*Lean-Mix Concrete*).

Lapis pondasi bawah perlu diperlebar sampai 60 cm diluar tepi perkerasan beton semen. Untuk tanah ekspansif perlu pertimbangan khusus perihal jenis dan penentuan lebar lapisan pondasi dengan memperhitungkan tegangan pengembangan yang mungkin timbul. Pemasangan lapis pondasi dengan lebar sampai ke tepi luar lebar jalan merupakan salah satu cara untuk mereduksi perilaku tanah ekspansif.

Tebal lapisan pondasi minimum 10 cm yang paling sedikit mempunyai mutu sesuai dengan SNI No. 03-6388-2000 dan AASHTO M-155 serta SNI 03-1743-1989. Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus menggunakan campuran beton kurus (CBK). Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dapat dilihat pada Gambar 2.27 dan CBR tanah dasar efektif didapat dari Gambar 2.28. (Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003).



Gambar 2.27 Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Beton Semen



Gambar 2.28 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah

- 1) Pondasi bawah material berbutir
Sebelum pekerjaan dimulai, bahan pondasi bawah harus diuji gradasinya dan harus memenuhi spesifikasi bahan untuk pondasi bawah dengan penyimpangan ijin 3% - 5%. Ketebalan minimum lapis pondasi bawah untuk tanah dasar dengan CBR minimum 5% adalah 15 cm dengan derajat kepadatan lapis pondasi bawah minimum 100%.
- 2) Pondasi bawah dengan bahan pengikat (*bound sub-base*)
Pondasi bawah dengan bahan pengikat dapat digunakan salah satu dari :
 - a) Stabilisasi material berbutir dengan kadar bahan pengikat sesuai dengan hasil perencanaan untuk menjamin kekuatan campuran dan ketahanan terhadap erosi.
 - b) Campuran beraspal bergradasi rapat (*dense-graded asphalt*).
 - c) Campuran beton kuras giling padat harus mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5 Mpa (55 kg/cm²).
- 3) Pondasi bawah dengan campuran beton kuras (*lean-mix concrete*) Campuran Beton Kuras (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.

4) Lapis pemecah ikatan pondasi bawah dan pelat

Perencanaan ini didasarkan bahwa antara pelat dengan pondasi bawah tidak ada ikatan, dimana lapis pemecah ikatan memiliki ketetapan koefisien gesekan seperti pada Tabel 2.18 seperti dibawah ini:

Tabel 2.18 Nilai Koefisien Gesekan (μ)

No.	Lapis Pemecah Ikatan	Koefisien Gesekan (μ)
1	Lapis resap ikat aspal di atas permukaan pondasi bawah	1,0
2	Laburan parafin tipis pemecah kilat	1,5
3	Karet kompon	2,0

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

c. Beton Semen

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

$$F_{cf} = K(f'c)^{0.50} \text{ dalam MPa} \dots\dots\dots(2.41)$$

$$F_{cf} = 3,13 K (f'c)^{0.50} \text{ dalam kg/cm}^2 \dots\dots\dots(2.42)$$

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

d. Lalulintas

Penentuan beban lalulintas rencana untuk perkerasan beton semen, dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (*commercial vehicle*), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana. Lalulintas harus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalulintas 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.

1) Lajur rencana dan koefisien distribusi

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalulintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalulintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan seperti pada Tabel 2.19 seperti berikut:

Tabel 2.19 Jumlah Lajur Kendaraan Niaga

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

(Sumber: Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

2) Umur rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalulintas serta nilai ekonomi jalan yang bersangkutan 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.

3) Pertumbuhan lalulintas

Volume lalulintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai tahap di mana kapasitas jalan dicapai dengan faktor pertumbuhan lalulintas yang dapat ditentukan berdasarkan rumus dan memiliki ketetapan faktor pertumbuhan lalulintas seperti pada Tabel 2.20 berikut:

$$R = \frac{(1+0,01)^{UR} - 1}{0,01i} \dots\dots\dots(2.43)$$

R = faktor pertumbuhan lalu lintas

i = laju pertumbuhan lalu lintas pertahun dalam %

UR = umur rencana (tahun)

Tabel 2.20 Faktor Pertumbuhan Lalulintas (R)

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

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

4) Lalulintas Rencana

Lalulintas 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 suatu jenis sumbu dikelompokkan dalam interval 10 kN (1 ton) bila diambil dari survei beban. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana

dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{JSKN} = \text{JSKNH} \times 365 \times R \times C \dots\dots\dots(2.44)$$

Dimana :

JSKN = jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana

JSKNH = jumlah sumbu kendaraan niaga harian, saat jalan dibuka.

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

C = koefisien distribusi kendaraan.

5) Faktor keamanan beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (FKB) terlihat pada Tabel 2.21 berikut ini:

Tabel 2.21 Faktor Keamanan Beban (FKB)

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

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

2.7.4 Bahu Jalan

Bahu terbuat dari bahan lapisan pondasi bawah dengan atau tanpa lapisan penutup beraspal atau lapisan beton semen. Perbedaan kekuatan antara bahu dengan

jalur lalu lintas akan memberikan pengaruh pada kinerja perkerasan. Hal ini dapat diatasi dengan bahu beton semen, sehingga meningkatkan kinerja perkerasan dan mengurangi tebal pelat. Yang dimaksud dengan bahu beton semen adalah bahu yang dikunci dan diikat dengan lajur lalu lintas dengan lebar minimum 1,50 m atau bahu yang menyatu dengan lajur lalu lintas selebar 0,60 m yang juga dapat mencakup saluran dan kerb.

2.7.5 Sambungan

Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk :

- a. Membatasi tegangan dan pengendalian retak yang disebabkan oleh penyusutan, pengaruh lenting serta beban lalu lintas.
- b. Memudahkan pelaksanaan.
- c. Mengakomodasi gerakan pelat.

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan yaitu :

1) Sambungan Memanjang dengan Batang Pengikat (*tie bars*)

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

$$A_t = 204 \times b \times h \dots\dots\dots(2.45)$$

$$l = (38,3 \times \phi) + 75 \dots\dots\dots(2.46)$$

Dimana :

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

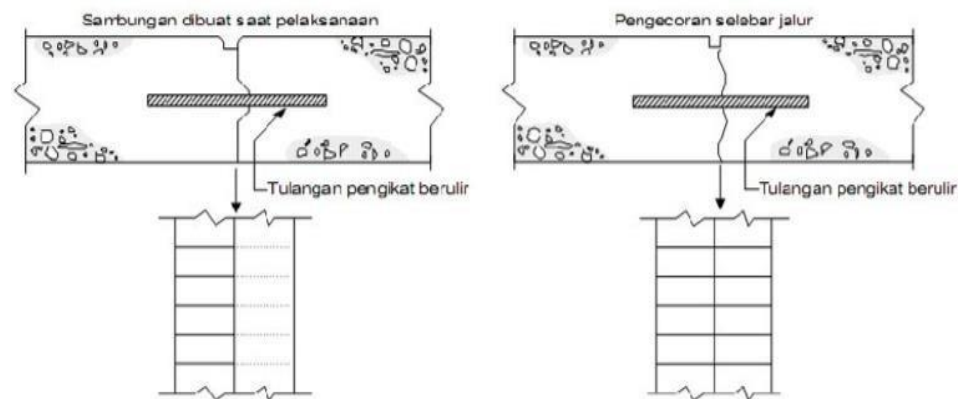
b = Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m).

h = Tebal pelat (m).

l = Panjang batang pengikat (mm).

ϕ = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm). Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm.

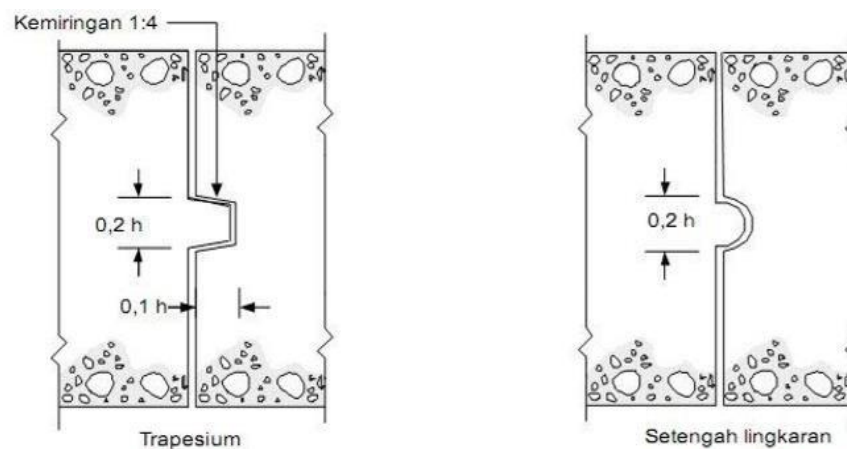
Tipikal sambungan memanjang diperlihatkan pada Gambar 2.29 berikut:



Gambar 2.29 Tipikal Sambungan Memanjang

2) Sambungan Pelaksanaan Memanjang

Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dilakukan dengan cara penguncian. Bentuk dan ukuran penguncian dapat berbentuk trapesium atau setengah lingkaran sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.30 berikut:



Gambar 2.30 Ukuran Standar Penguncian Sambungan Memanjang

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

3) Sambungan Susut Memanjang

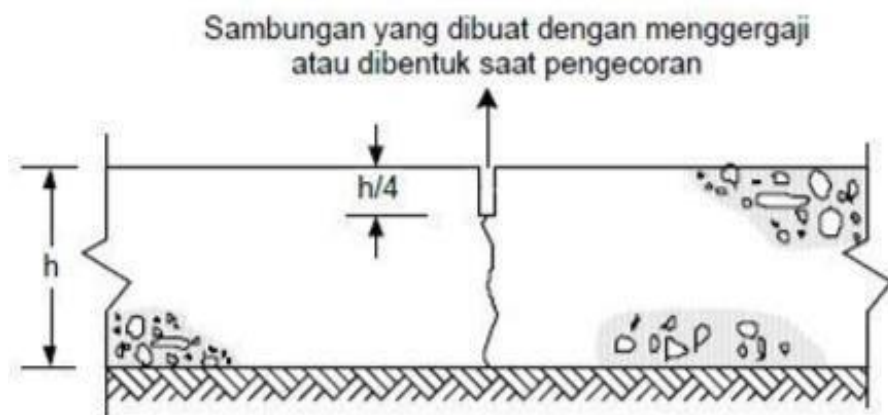
Sambungan susut memanjang dapat dilakukan dengan salah satu dari dua cara ini, yaitu menggergaji atau membentuk pada saat beton masih plastis dengan kedalaman sepertiga dari tebal pelat.

4) Sambungan Susut dan Sambungan Pelaksanaan Melintang

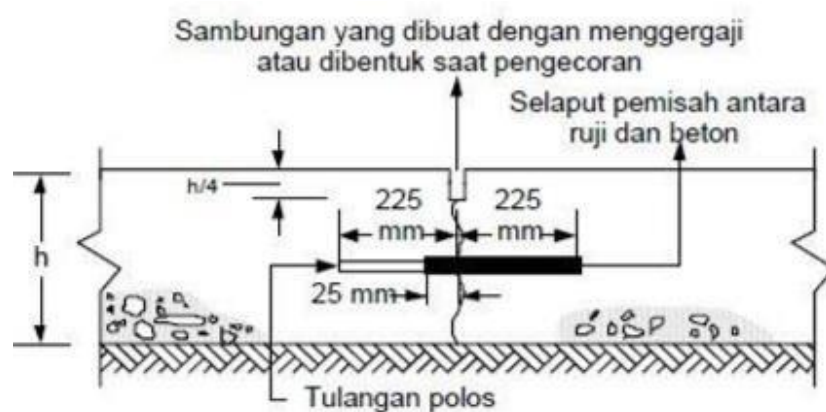
Ujung sambungan harus tegak lurus terhadap sumbu memanjang jalan dan tepi perkerasan. Untuk mengurangi beban dinamis, sambungan melintang dipasang dengan kemiringan 1 : 10 searah jarum jam.

5) Sambungan Susut Melintang

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.31 dan Gambar 2.32 berikut:



Gambar 2.31 Sambungan Susut Melintang tanpa Ruji



Gambar 2.32 Sambungan Susut Melintang dengan Ruji

Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4 - 5 m, sedangkan untuk perkerasan beton bersambung dengan tulangan 8 - 15 m dan untuk sambungan perkerasan beton menerus dengan tulangan sesuai dengan kemampuan pelaksanaan. Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas saat pelat beton menyusut. Diameter ruji tergantung pada tebal pelat beton pada Tabel 2.22 berikut:

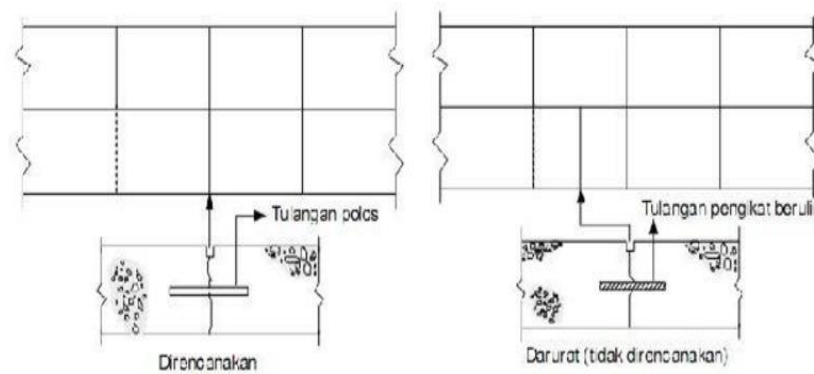
Tabel 2.22 Diameter Ruji

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

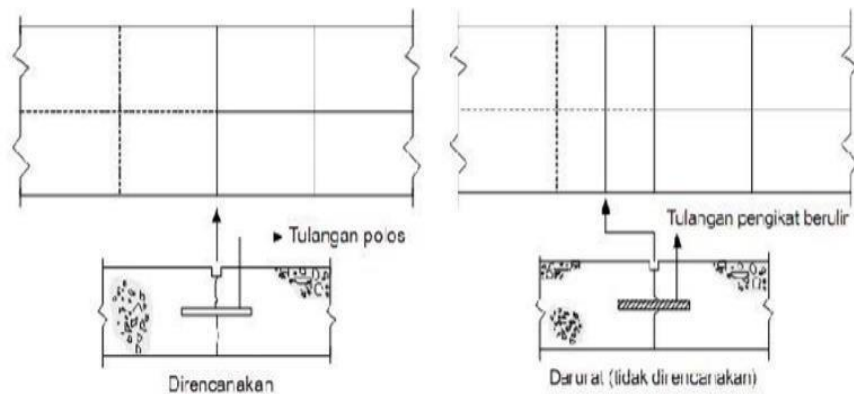
(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen,2003)

6) Sambungan Pelaksanaan Melintang

Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak direncanakan harus menggunakan batang pengikat berulir, sedangkan sambungan yang direncanakan harus menggunakan batang tulangan polos yang diletakkan ditengah tebal pelat sebagaimana terlihat pada Gambar 2.33 dan Gambar 2.34 berikut ini:



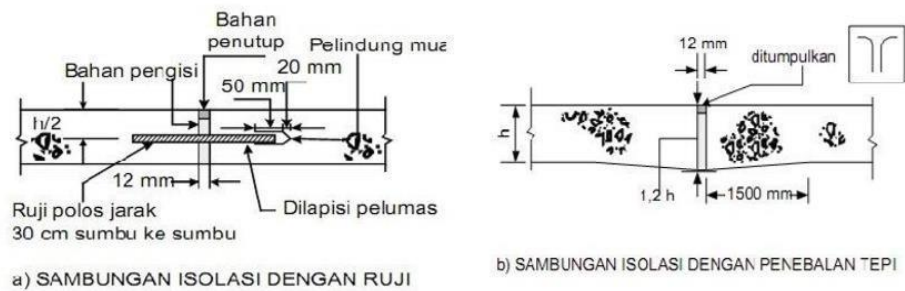
Gambar 2.33 Sambungan Pelaksanaan yang Direncanakan dan yang tidak Direncanakan untuk Pengecoran Per Lajur



Gambar 2.34 Sambungan Pelaksanaan yang Direncanakan dan yang tidak Direncanakan untuk Pengecoran Seluruh Lebar Perkerasan

7) Sambungan Isolasi

Sambungan isolasi memisahkan perkerasan dengan bangunan yang lain, misalnya *manhole*, jembatan, tiang listrik, jalan lama, persimpangan dan lain sebagainya. Sambungan isolasi harus dilengkapi dengan bahan penutup (*joint sealer*) setebal 5 - 7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (*joint filler*) sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.35 berikut ini:



Gambar 2.35 Sambungan Isolasi

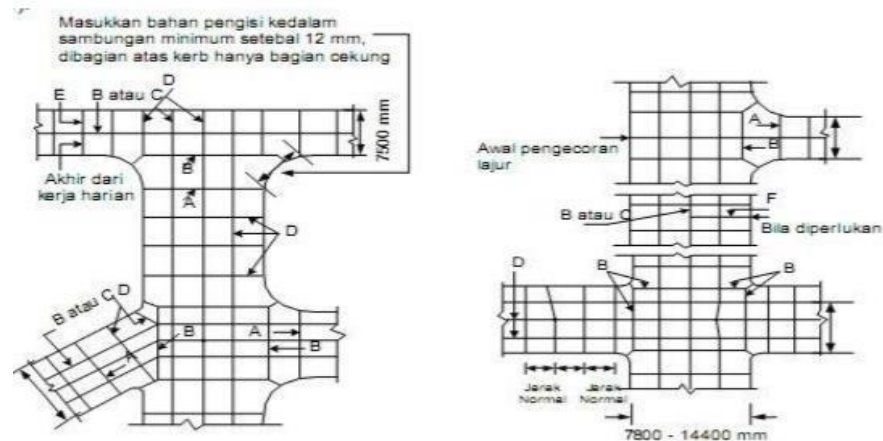
8) Pola Sambungan

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

- a) Hindari bentuk panel yang tidak teratur.
- b) Jarak maksimum sambungan memanjang 3 - 4 m.
- c) Jarak maksimum sambungan melintang 25 kali tebal pelat, maksimum 5,0 m.
- d) Semua sambungan susut harus menerus sampai kerb dan mempunyai kedalaman $\frac{1}{4}$ dan $\frac{1}{3}$ 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) Apabila sambungan berada dalam area 1,5 m dengan *manhole* atau bangunan yang lain, jarak sambungan harus membentuk sudut tegak lurus.
- g) Perkerasan yang berdekatan dengan bangunan lain atau *manhole* harus ditebalkan 20% dari ketebalan normal.

9) 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 atau pelat beton yang saling menekan ke atas (*blow up*) sebagaimana terlihat pada Gambar 2.36 dibawah ini:



Gambar 2.36 Detail Potongan Melintang Sambungan Perkerasan

Keterangan :

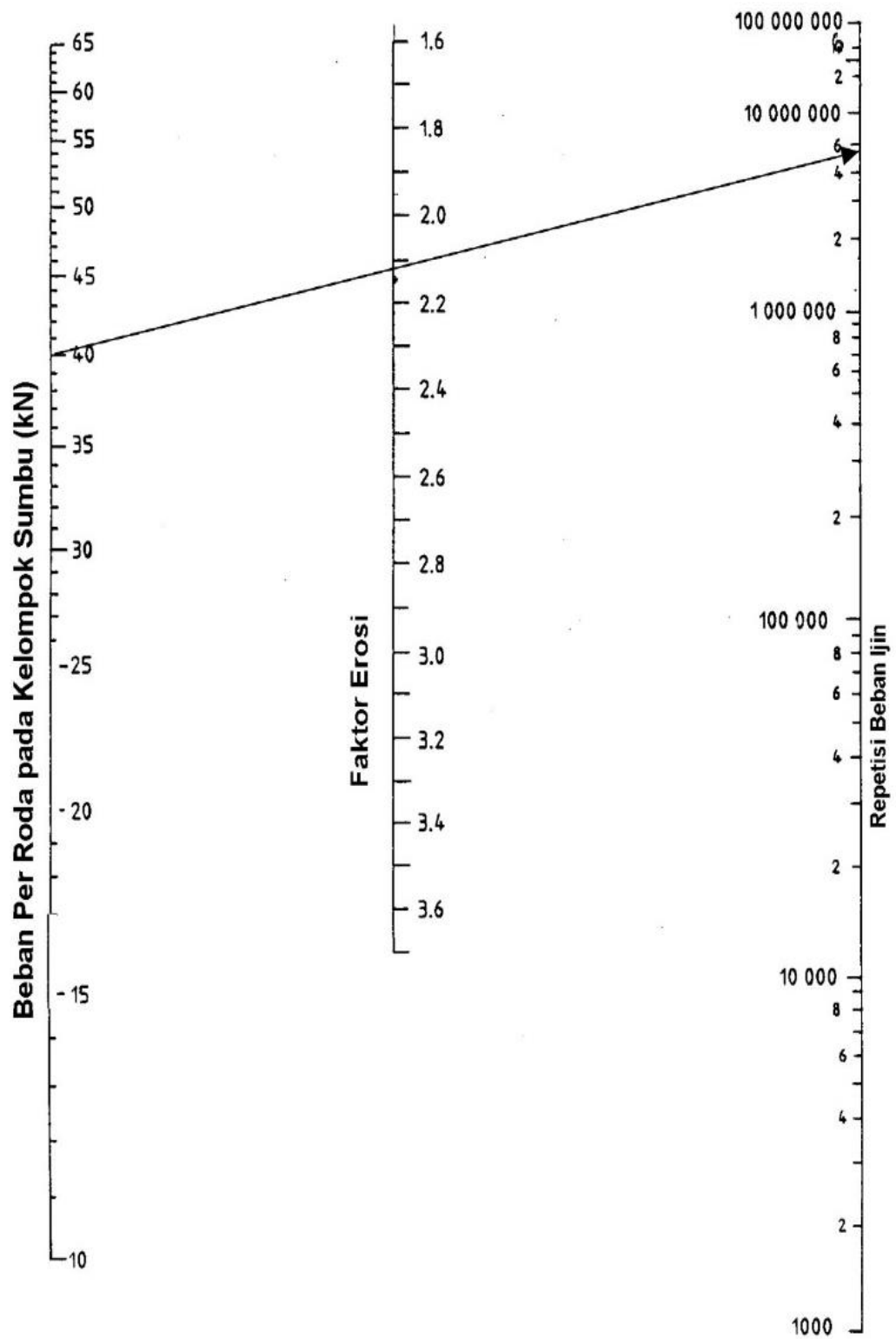
- A = Sambungan Isolasi
- B = Sambungan Pelaksanaan Memanjang
- C = Sambungan Susut Memanjang
- D = Sambungan Susut Melintang
- E = Sambungan Susut Melintang yang direncanakan
- F = Sambungan Pelaksanaan Melintang yang tidak direncanakan

2.7.6 Perencanaan Tebal Pelat

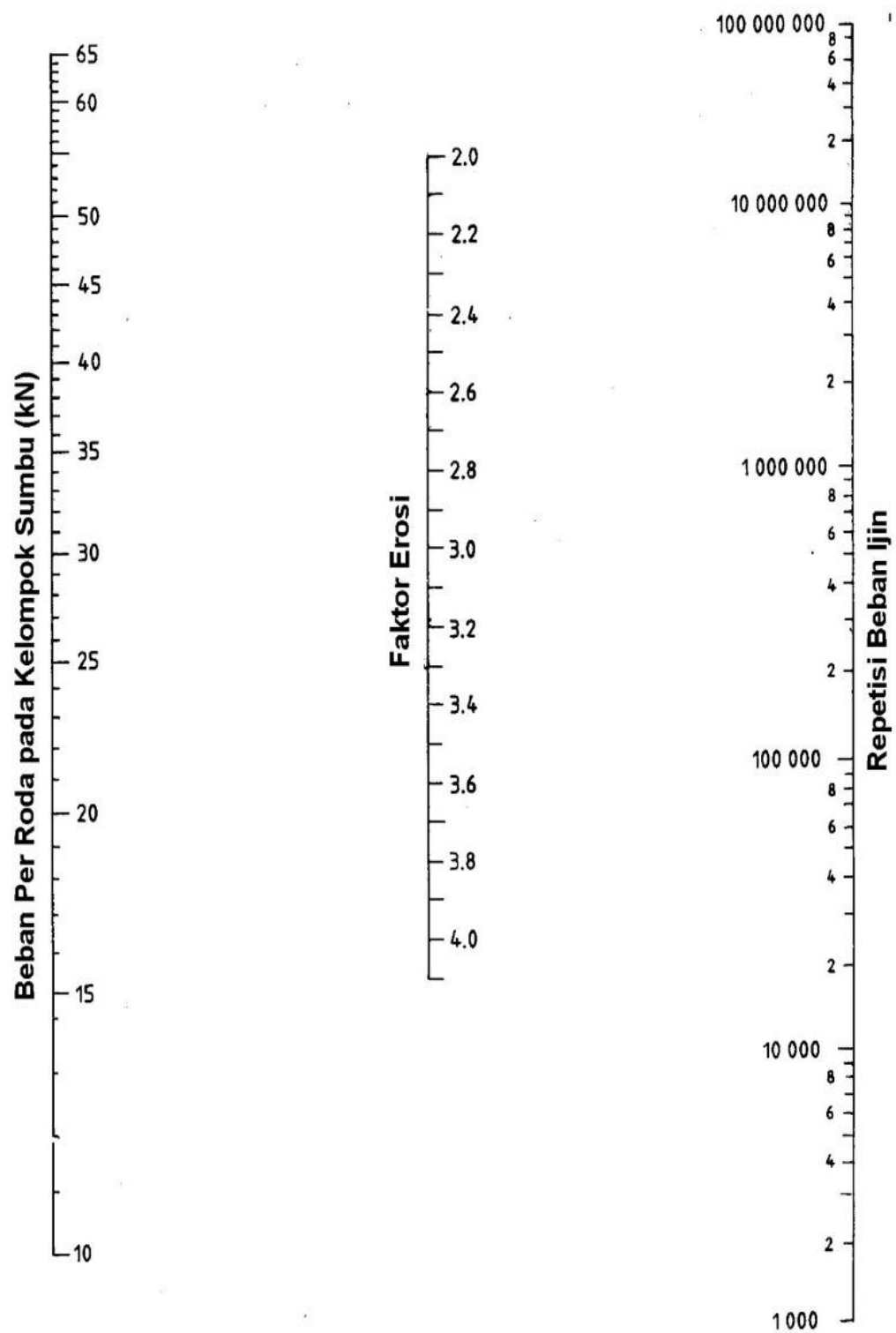
Pelat lantai merupakan komponen jembatan yang memiliki fungsi utama untuk mendistribusikan beban sepanjang potongan melintang jembatan. Plat lantai merupakan bagian yang menyatu dengan sistem struktur yang lain yang didesain untuk mendistribusikan beban – beban sepanjang bentang jembatan. Sistem perencanaan tulangan Pelat Beton pada dasarnya dibagi menjadi 2 macam yaitu:

- 1) Sistem perencanaan pelat dengan tulangan pokok satu arah (selanjutnya disebut pelat satu arah/*one way slab*).
- 2) Sistem perencanaan pelat dengan tulangan pokok dua arah (disebut pelat dua arah/*two way slab*).

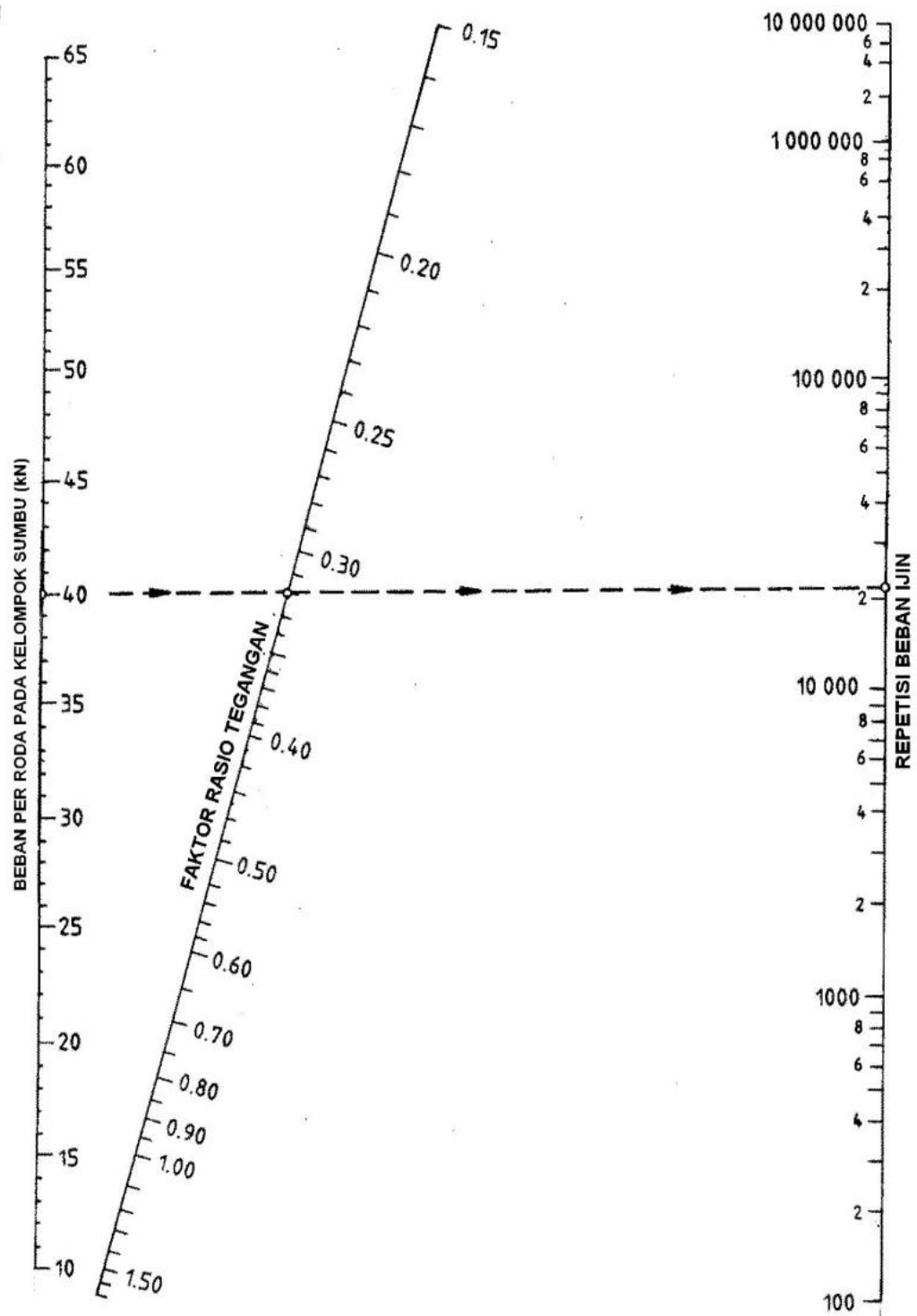
Dalam merencanakan ukuran tebal pelat disarankan mencari dengan menggunakan Grafik 2.37 (analisis fatik dan beban repetisi ijin), Gambar 2.38 (analisis erosi dan beban repetisi ijin tanpa bahu beton) serta Gambar 2.29 (dengan bahu beton) berikut:



Gambar 2.37 Analisis Fatik dan Beban Repetisi Ijin Berdasarkan Rasio Tegangan, dengan/Tanpa Bahu Beton



Gambar 2.38 Analisis Erosi dan Jumlah Repetisi Beban Ijin, Berdasarkan Faktor Erosi, Tanpa Bahu Beton



Gambar 2.39 Analisis Erosi dan Jumlah Repetisi Beban Berdasarkan Faktor Erosi, dengan Bahu Beton

2.7.7 Perencanaan Tulang

Dalam penentuan ukuran tulang, hal yang perlu dipertimbangkan ialah ketahanan terhadap korosi dari tulang, khususnya bila terekspose terhadap kelembaban air dan terhadap pengaruh garam. Penulangan digunakan jika kemungkinan terjadinya retak melintang selama umur perkerasan tersebut cukup tinggi, akibat pergerakan tanah, atau temperatur/kadar air menimbulkan perubahan tegangan.

Pada perkerasan beton bersambung tanpa tulang (JPCP), jarak antara sambungan harus dipilih, sehingga perubahan tegangan akibat temperature dan kadar air tidak akan menghasilkan retak antar sambungan. Jarak maksimum sambungan akan bervariasi, tergantung pada kondisi setempat, tipe *subbase*, jenis agregat kasar. Selanjutnya, jarak sambungan maksimum harus dipilih untuk mengurangi pergerakan sambungan dan memaksimalkan penyaluran beban. (AASHTO 1993)

Jenis perkerasan beton semen terbagi menjadi :

a. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulang

Pada perkerasan beton semen bersambung tanpa tulang, 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 diberitulangan. Penerapan tulang umumnya dilaksanakan pada:

- 1) Pelat dengan bentuk tak lazim (*odd-shaped slabs*), pelat disebut besar dari 1,25 atau bila pola sambungan pada pelat tidak benar-benar berbentuk bujur sangkar atau empat persegi panjang. Tidak lazim bila perbandingan antara panjang dengan lebar lebih.
- 2) Pelat dengan sambungan tidak sejalur (*miss matched joints*).
- 3) Pelat berlubang (*pitsor structures*).

b. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulang :

Luas penampang tulang dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$A_s = \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times F_s} \dots\dots\dots(2.47)$$

Dimana:

- As = luas penampang tulangan baja (mm^2/m lebar pelat)
 Fs = kuat-tarik ijin tulangan (MPa), biasanya 0,6 kali tegangan leleh
 g = gravitasi (m/detik)
 h = tebal pelat beton (m)
 L = jarak antara sambungan tidak diikat atau tepi bebas pelat(m)
 M = berat persatuan 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 2.23 berikut ini:

Tabel 2.23 Faktor Gesekan Pelat Beton dengan Lapisan Pondasi Bawah

No	Jenis Bahan di Bawah Pelat	Faktor Gesek
1	<i>Surface treatment</i>	2,2
2	<i>Lime Stabilization</i>	1,8
3	<i>Asphalt Stabilization</i>	1,8
4	<i>Cement Stabilization</i>	1,8
5	<i>River Grave</i>	1,5
6	<i>Crushed Stone</i>	1,5
7	<i>Sand Stone</i>	1,2
8	<i>Natural Subgrade</i>	0,9

(Sumber : Perencanaa *Rigid Pavement* AASHTO 1993)

c. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan :

1) Penulangan memanjang

Tulangan memanjang yang dibutuhkan pada perkerasan beton semen

bertulang menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan berikut:

$$P_s = (100 \times f_{ct} \times (1,3 - 0,2 \mu)) / f_{yt} - n f_{ct} \dots \dots \dots (2.48)$$

Dimana:

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

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

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

n = angka ekuivalensi antara baja dan beton (E_s/E_c), dapat dilihat pada table 2.23

μ = koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan di bawahnya

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

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

Kuat tekan beton memiliki ketetapan angka ekuivalen baja atau beton seperti pada Tabel 2.24 berikut ini:

Tabel 2.24 Hubungan Kuat Tekan Beton dan Angka Ekuivalen Baja/Beton (n)

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

$$L_{cr} = \frac{F_{cr}^4}{N \times P^4 f_b \times (s_s \cdot E_c - F_{ct})} \dots \dots \dots (2.49)$$

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 ulangan dengan beton = $(1,97\sqrt{f_c})/d$. (kg/cm^2)
ϵ_s	= koefisien susut beton = $(400 \cdot 10^{-6})$
f_{ct}	= kuat tarik langsung beton = $(0,4-0,5f_c)(\text{kg}/\text{cm}^2)$
n	= angka ekivalensi antara baja dan beton = (E_s/E_c)
E_c	= modulus Elastisitas beton = $14850\sqrt{f_c}(\text{kg}/\text{cm}^2)$
E_s	= modulus Elastisitas baja = $2,1 \times 10^6(\text{kg}/\text{cm}^2)$

2) Penulangan Melintang

Luas tulangan melintang (A_s) yang diperlukan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung menggunakan persamaan rumus 2.49.

Tulangan melintang direkomendasikan sebagai berikut:

- Diameter batang ulir tidak lebih kecil dari 12 mm.
- Jarak maksimum tulangan dari sumbu-ke-sumbu 75 cm.

3) Penempatan tulangan

Penulangan melintang pada perkerasan beton semen harus ditempatkan pada kedalaman lebih besar dari 65 mm dari permukaan untuk tebal pelat $\leq 20\text{cm}$ dan maksimum sampai sepertiga tebal pelat untuk tebal pelat $> 20\text{cm}$. Tulangan arah memanjang dipasang diatas tulangan arah melintang. (Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003).

2.8 Bangunan Pelengkap

Bangunan Pelengkap Jalan adalah bangunan untuk mendukung fungsi dan keamanan konstruksi jalan yang meliputi jembatan, terowongan, ponton, lintas atas (*flyover, elevated road*), lintas bawah (*underpass*), tempat parkir, gorong-gorong, tembok penahan, dan saluran tepi jalan dibangun sesuai dengan persyaratan teknis (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 13/PRT/M/2011 tentang Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan).

2.8.1 Drainase

Drainase dapat diartikan sebagai pembuangan massa air secara alamiah maupun buatan dari permukaan maupun bawah permukaan suatu tempat. Menurut pengertian para ahli, drainase secara umum didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan. Sistem drainase perkotaan adalah drainase yang saling terkait dalam satu jaringan drainase di perkotaan. Di daerah perkotaan, drainase dibuat untuk mengalirkan air hujan maupun air buangan agar tidak terjadi genangan. Drainase sendiri terbagi menjadi 2, yaitu drainase buatan dan alami. Drainase buatan adalah drainase yang dibangun seperti selokan di bahu jalan. Sedangkan drainase alami misalnya tanah, ini karena tanah memiliki kemampuan menyerap air di bawah sebuah permukaan. Idealnya, jika saluran air besar dan luas maka aliran air akan lancar dan banjir bisa dihindari.

Salah satu kawasan yang menerapkan sistem drainase yang baik bisa anda dapatkan di Mustika *Village* Karawang. Hunian strategis yang dengan konsep *SAFE - smart, active, function & eco* ini memiliki *ROW* jalan yang lebih lebar sehingga bisa dipastikan drainase di tiap rumah juga lebih luas dan nyaman. Sehingga ancaman banjir pun dapat terhindar karena aliran airnya yang lancar. Tak hanya mengutamakan fungsi, faktor estetika juga mendapat perhatian lebih. Selain dapat bermanuver, *ROW* jalan yang lebar juga memudahkan penghuni dapat bermanuver dengan lebih aman dan nyaman. Drainase memiliki tujuan penting dalam pembangunannya yaitu untuk mengurangi dan membuang kelebihan air dari suatu kawasan agar lahan tersebut bisa berfungsi secara optimal sesuai dengan kegunaannya. Sistem ini juga dapat mengendalikan erosi tanah serta kerusakan pada jalanan dan bangunan yang ada di sekitarnya. Banjir juga dapat dicegah

dengan adanya sistem pengaliran air ini. Selain itu dapat meminimalkan dampak negatif dari aliran limpasan untuk kualitas air sungai. Mengurangi genangan yang dapat menjadi sarang nyamuk-nyamuk penyebab penyakit juga merupakan fungsi penting adanya drainase. Dengan ini kesehatan dan kesejahteraan masyarakat sekitar dapat terjamin. Secara garis besar terdapat 4 jenis drainase yang perlu kamu ketahui. Jenis-jenis ini dikelompokkan berdasarkan pembentukan, peletakan nya, dan kegunaannya.

1. Drainase alami

Drainase yang dibentuk secara alamiah tanpa adanya bangunan pendukung di dalamnya. Saluran ini terbentuk dari gerusan air dari waktu ke waktu hingga membentuk saluran air permanen seperti sungai.

2. Drainase buatan

Drainase yang dibangun dengan tujuan tertentu. Dibutuhkan pembangunan khusus seperti selokan, gorong-gorong menggunakan beton, pipa maupun batu.

3. Drainase permukaan tanah

Saluran air yang berada di atas permukaan tanah untuk mengalirkan aliran curah hujan yang berada di atas permukaan sebuah kawasan. *Open chanel flow* adalah analisa yang digunakan untuk mengetahui nilainya.

4. Drainase bawah tanah

Seperti namanya, drainase ini dibuat di bawah tanah karena ada alasan tertentu. Alasan yang paling umum adalah alasan artistik. Drainase dipasang di bawah tanah agar tatanan pembangunan terlihat lebih rapi.

5. *Single purpose*

Saluran ini berfungsi hanya untuk mengalirkan satu jenis air pada saluran pembuangan. Seperti saluran yang hanya membuang aliran air hujan atau hanya membuang aliran air limbah.

6. *Multi purpose*

Saluran ini digunakan untuk membuang beberapa aliran air sekaligus. Pembuangannya bisa secara langsung sehingga airnya bercampur menjadi satu atau bergantian. Contohnya saluran air yang digunakan untuk membuang limbah rumah tangga sekaligus air hujan.

7. Terbuka

Drainase ini digunakan untuk menyalurkan air hujan pada wilayah yang luas. Fungsi lainnya adalah sebagai media untuk mengalirkan air yang tidak berbahaya pada kelestarian lingkungan.

8. Tertutup

Drainase ini dibuat tertutup karena mengalirkan air yang mengandung limbah berbahaya. Jika tidak ditutup maka akan membahayakan kesehatan masyarakat dan lingkungan sekitar. Drainase ini juga difungsikan sebagai saluran dalam kota.

2.8.2 Persyaratan Teknis Perencanaan Drainase

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

1. Plot rute jalan di pesta topografi (L)
 - a) Plot rute jalan rencana pada topografi diperlukan untuk mengetahui gambaran topografi atau daerah kondisi sepanjang trase jalan yang akan dilalui dapat dipelajari.
 - b) Kondisi terrain pada daerah layanan diperlukan untuk menentukan bentuk dan kemiringan yang akan mempengaruhi poal aliran.
2. Inventarisasi data bangunan drainase (gorong-gorong jembatan, dll.) Eksisting meliputi lokasi, dimensi, arah aliran pembuangan dan kondisi data ini digunakan agar perencanaan system drainase jalan tidak mengganggu sistem drainase yang telah ada.
3. Segmen panjang segmen saluran (L)

Penentuan panjang segmen saluran (L) didasarkan pada:

 - a) Kemiringan rute jalan, disarankan kemiringan saluran mendekati kemiringan rute jalan.
 - b) Adanya tempat buangan air seperti badan air (misalnya sungai, waduk, dll).
 - c) Langkah coba-coba sehingga dimensi saluran paling ekonomis
4. Luas daerah layanan (A)
 - a) Perhitungan luas daerah layanan didasarkan pada panjang segmen jalan yang ditinjau.

- b) Luas daerah layanan (A) untuk saluran samping jalan perlu diketahui agar dapat diperkirakan daya tampungnya terhadap curah hujan atau untuk memperkirakan volume limpasan permukaan yang akan ditampung saluran samping jalan.
 - c) Luas daerah layanan terdiri atas luas setengah badan jalan (A1), luas bahu jalan (A2) dan luas daerah di sekitar (A3).
 - d) Batasan luas daerah layanan tergantung dari daerah sekitar dan topografi dan daerah sekelilingnya. Panjang daerah pengaliran yang diperhitungkan terdiri atas setengah lebar badan jalan (I1) lebar bahu jalan (I2) dan daerah sekitar (I3) yang terbagi atas daerah perkotaan yaitu ± 10 m dan untuk daerah luar kota yang didasarkan pada topografi daerah tersebut.
 - e) Jika diperlukan, pada daerah perbukitan, direncanakan beberapa saluran untuk menampung limpasan dari daerah bukit dengan batas daerah layanan adalah puncak bukit tersebut tanpa merusak stabilisasi lereng. Sehingga saluran tersebut hanya menampung air dari luas daerah layanan daerah sekitar (A3).
5. Koefisien pengaliran (C)
5. 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)
- Merupakan faktor atau angka yang dikalikan dengan koefisien run off biasa dengan tujuan agar kinerja saturasi tidak melebihi kapasitasnya akibat daerah pengaliran yang terlalu luas. Harga faktor limpasan (fk) disesuaikan dengan kondisi permukaan tanah, seperti pada tabel 2.18. 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:

$$C = C_1A_1 + C_2A_2 + C_3A_3 / A_1 + A_2 + A_3 \dots\dots\dots(2.50)$$

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

koefisien pengaliran (C) dan faktor limpasan (fk) memiliki ketetapan berdasarkan dengan kondisi permukaan tanah seperti pada Tabel 2.25 berikut:

Tabel 2.25 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
3	Daerah industry	0,60 – 0,90	1
4	Pemukiman padat	0,40 – 0,60	2
5	Pemukiman tidak padat	0,40 – 0,60	1
6	Taman dan kebun	0,45 – 0,60	0
7	Persawahan	0,70 – 0,80	0

Lanjutan Tabel 2.25 Koefisien Pengaliran (C) dan Faktor Limpasan (fk)

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)	Faktor Limpasan (fk)
8	Perbukitan	0,70 – 0.80	0
9	Pegunungan	0,70 – 0,95	0

(Sumber: Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 2006)

7. Waktu Konsetrasi (Tc)

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.

$$T_c = t_1 + t_2 \text{ atau } T_c = t_o + t_d \dots \dots \dots (2.51)$$

Dimana :

T_c = waktu konsentrasi (menit)

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

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

$$I_s = [t_1 - t_2] / L \times 100\% \rightarrow 0,5 - 2 \% \dots \dots \dots (2.52)$$

L = panjang saluran (m) nd = koefisien hambatan

i_s = kemiringan saluran memanjang

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

8. Analisa hidrologi

a) Data curah hujan

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, kata 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

Intensitas curah hujan adalah jumlah curah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu, yang terjadi pada satu kurun waktu air hujan terkonsentrasi (Wesli, 2008). Besarnya intensitas curah hujan berbeda-beda tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya.

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

$$Q = C.I.A.....(2.53)$$

Dimana :

Q = debit aliran air (m³/detik)

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

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

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

2.8.3 Kriteria Perencanaan Saluran Samping dan Gorong-Gorong

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

a. Saluran Samping

Bahan bangunan saluran ditentukan oleh besarnya kecepatan rencana aliran air yang mengalir di saluran samping jalan tersebut. Seperti pada Tabel 2.26 dibawah ini:

Tabel 2.26 Aliran Air yang Diizinkan

Jenis Bahan	Kec. Aliran Air yang Diizinkan (m/dtk)
Pasir halus	0,45
Lempung kepasiran	0,50
Lanau aluvial	0,60
Kerikil halus	0,75
Lempung kokoh	0,75
Lempung padat	1,10
Kerikil kasar	1,20
Batu-batu besar	1,50
Pasangan batu	1,50
Beton	1,50
Beton bertulang	1,50

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

Kekerasan permukaan saluran memiliki ketetapan berdasarkan dengan saluran dapat dilihat pada Tabel 2.27 berikut:

Tabel 2.27 Kekerasan Permukaan Saluran *Manning* (n)

Saluran	Keterangan	n Manning
Tanah	Lurus, baru, seragam, landai & bersih	0.016 - 0.033
	Berkelok, landai dan berumput	0.023 - 0.040
	Tidak terawat dan kotor	0.050 - 0.140
	Tanah berbatu, kasar, dan tidak teratur	0.035 - 0.045
Pasangan	Batu kosong	0.023 - 0.035
	Pasangan batu belah	0.017 - 0.030
Beton	Halus, sambungan baik dan rata	0.014 - 0.018
	Kurang halus dan sambungan kurang rata	0.018 - 0.030

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

Nilai kemiringan saluran memanjang (Is) disesuaikan dengan jenis material, terlihat seperti pada Tabel 2.28 berikut:

Tabel 2.28 Kemiringan Saluran Memanjang (Is)

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

(Sumber: Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

Untuk koefisien hambatan ditetapkan berdasarkan dengan kondisi permukaan yang dilalui aliran seperti pada Tabel 2.29 berikut:

Tabel 2.29 Koefisien Hambatan (nd)

No.	Kondisi Permukaan Yang Dilalui Aliran	nd
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan licin dan kedap air	0,01
3	Permukaan licin dan kokoh	0,10
4	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,20
5	Padang rumput dan rerumputan	0,40
6	Hutan gundul	0,60
7	Hutan rimbum dan hutan rapat dengan hamparan	0,80

(Sumber: Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

b. Gorong-gorong

Ditempatkan melintang jalan yang berfungsi untuk menampung air dari hulu saluran drainase dan mengalirkannya, dengan dimensi yang harus cukup besar untuk melewati debit air secara maksimum dari daerah pengaliran secara efisien dan dibuat dengan tipe permanen. Dalam perencanaan dan pelaksanaan gorong-gorong dianjurkan berpedoman pada standarisasi bertujuan untuk mempermudah pekerjaan, sehingga tercapainya kelancaran pembangunan gorong-gorong.

1. Dimensi gorong-gorong persegi beton bertulang

Gaya tarik yang ditimbulkan oleh gaya-gaya luar tersebut ditahan oleh tulangan tarik yang ada pada striktur beton bertulang. Kontruksi gorong-gorong persegi standar, direncanakan sesuai standar tipe *single*, Panjang gorong-gorong persegi, merupakan lebar jalan ditambah dua kali lebar bahu jalan dan dua kali tebal dinding sayap. Konstruksi gorong-gorong persegi beton bertulang ini direncanakan dapat menampung berbagai variasi lebar perkerasan jalan, sehingga pada prinsipnya panjang gorong-gorong persegi adalah bebas, tetapi pada perhitungan volume dan berat besi tunlangan diambil terbatas dengan lebar perkerasan jalan yang umum yaitu 3,5 ; 4,5 ; 6 dan 7 meter. Dimensi gorong-gorong persegi beton bertulang direncanakan seperti terlihat pada Tabel 2.30 sebagai berikut :

Tabel 2.30 Ukuran Dimensi Gorong-Gorong

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)

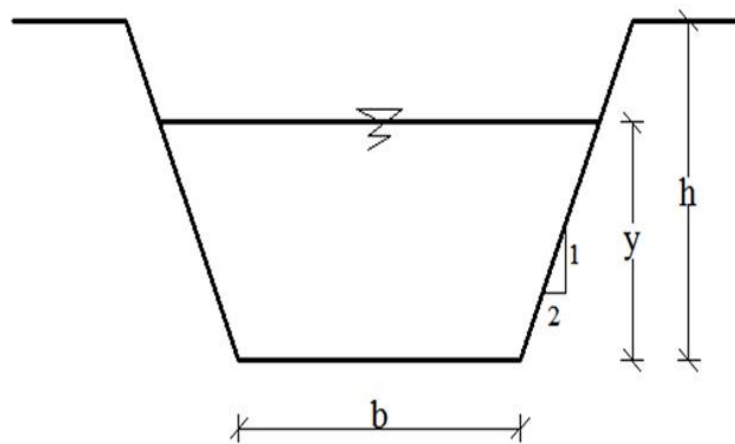
Penulangan gorong-gorong persegi beton bertulang ini dirancang sedemikian rupa sehingga mudah dilaksanakan dan mendapatkan hasil yang rapi sesuai dengan yang direncanakan. Penggunaan diameter tulangan bersikar antara 19 mm, 16 mm,

12 mm dan 10 mm untuk menghindari penggunaan tulangan dengan ukuran dan diameter yang beragam.

2.8.4 Desain Gorong-gorong

Desain saluran dapat dibagi dalam beberapa jenis :

- 1) Saluran bentuk trapesium (saluran samping), digambarkan seperti Gambar 2.40 dibawah ini:



Gambar 2.40 Saluran dengan Bentuk Trapesium

$$A = (b + z.y) y \dots\dots\dots(2.54)$$

$$t = b + 2zy \dots\dots\dots(2.55)$$

$$V = K_{st} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \dots\dots\dots(2.56)$$

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots(2.57)$$

Penampang ekonomis:

$$b + 2zy = 2y \dots\dots\dots(2.58)$$

Dimana:

A = Luas penampang melintang (m²)

b = lebar saluran (m)

p = keliling basah (m)

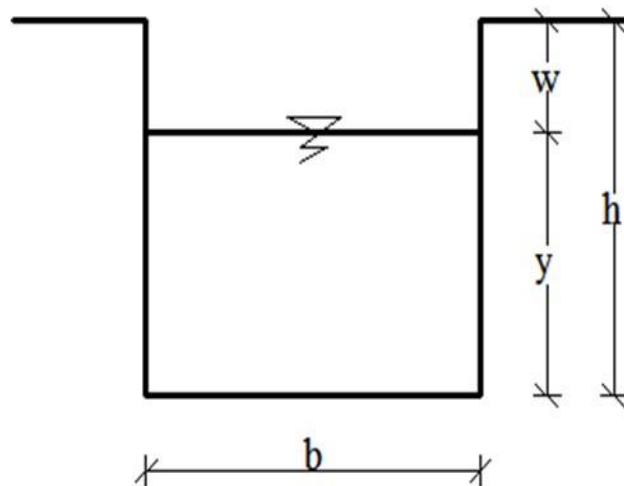
T = lebar puncak (m)

Y = kedalaman saluran yang tergenang air (m)

D = kedalaman hidrolis (m)

h = tinggi muka air (m)

2) Gorong-gorong bentuk Persegi (*box culvert*), dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.41 berikut:



Gambar 2.41 Sketsa dengan Bentuk persegi

$$A = Q/V \dots\dots\dots(2.59)$$

$$b = 2h \dots\dots\dots(2.60)$$

$$A = l \times h \dots\dots\dots(2.61)$$

Dimana:

A = luas penampang melintang (m²)

l = lebar saluran (m)

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

W = tinggi jagaan

h = tinggi muka air (m)

Nilai *reduce variate* (Y_t) memiliki ketetapan berdasarkan dengan periode ulang, dapat dilihat pada Tabel 2.31 berikut:

Tabel 2.31 Nilai *Reduce Variate* (Y_t)

No	Periode ulang, T (tahun)	Reduced variate (Y_T)
1	2	0,3668
2	5	1,5004
3	10	2,251
4	20	2,9709
5	25	3,1993
6	50	3,9028
7	75	4,3117
8	100	4,6012
9	200	5,2969
10	250	5,5206
11	500	6,2149
12	1000	6,9087
13	5000	8,5188
14	10000	9,2121

(Sumber : Suripin 2004)

Untuk *reduce mean* (Y_n) ditetapkan dengan berdasarkan periode, seperti pada Tabel 3.32 berikut:

Tabel 2.32 Metode *Gumble* – Nilai *Reduce Mean* (Y_n)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5402	0,5410	0,5418	0,5424	0,5430
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

(Sumber : Suripin 2004)

Nilai *reduce standar deviation* (S_n) untuk perhitungan metode *Gumble* dapat dilihat pada Tabel 2.33 berikut:

Tabel 2.33 Metode *Gumble* – Nilai *Reduce Standar Deviation* (S_n)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1086
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

(Sumber : Suripin 2004)

2.9 Manajemen Proyek

Manajemen secara umum adalah suatu upaya untuk mencapai suatu tujuan dengan sumber daya seminimal mungkin (efisien). Sementara itu, proyek adalah rencana pekerjaan dengan suatu target pencapaian tertentu yang diselesaikan dalam rentang waktu tertentu. Secara kolektif, manajemen proyek adalah suatu pendekatan/metode untuk mengelola suatu proyek dengan efektif dan efisien. Sistem ini hadir sebagai perangkat untuk membantu mengelola kegiatan-kegiatan berbentuk proyek, misalnya proyek konstruksi. Tanpanya, suatu proyek akan sulit dieksekusi baik dari segi biaya, waktu, atau bahkan kualitasnya.

2.9.1 Daftar Harga Satuan Bahan dan Upah

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

2.9.2 Analisa Satuan Harga Pekerjaan

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 dilakukan dengan dua pendekatan yaitu :

1. 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.
2. Pendekatan *off the job*, yaitu pendekatan yang dipakai untuk memperoleh hasil perhitungan berdasarkan standar yang biasanya ditetapkan oleh pabrik pembuat.

2.9.3 Perhitungan Volume Pekerjaan

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

2.9.4 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

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

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

1. Anggaran Biaya Kasar (Taksiran)

Sebagai pedoman dalam menyusun anggaran biaya kasar digunakan harga satuan tiap meter persegi (m²) luas lantai. Anggaran biaya kasar dipakai sebagai pedoman terhadap anggaran biaya yang dihitung secara teliti.

2. Anggaran Biaya Teliti

Yang dimaksud dengan anggaran biaya teliti, ialah anggaran biaya bangunan atau proyek yang dihitung dengan teliti dan cermat, sesuai dengan ketentuan dan syarat-syarat penyusunan anggaran biaya. Pada anggaran biaya kasar sebagaimana diuraikan terdahulu, harga satuan dihitung berdasarkan harga taksiran setiap luas lantai m². Taksiran tersebut haruslah berdasarkan harga yang wajar, dan tidak terlalu jauh berbeda dengan harga yang dihitung secara teliti.

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

- a) Bestek, Gunanya untuk menentukan spesifikasi bahan dan syarat-syarat
- b) Gambar Bestek, Gunanya untuk menentukan/menghitung/besarnya masing – masing volume pekerjaan.
- c) Harga Satuan Pekerjaan

2.9.5 Rekapitulasi Biaya

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

2.9.6 Network Planning

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi suatu perencanaan yang tepat untuk menyelesaikan tiap – tiap pekerjaan yang ada. Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram network, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian – bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan lain atau

pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa – gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ke tempat lain.

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah:

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

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah:

1. Urutan pekerjaan yang logis.

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

2. Biaya untuk mempercepat pekerjaan

Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berhadapan di jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya: biaya-biaya lembur, biaya menambah tenaga kerja dan sebagainya.

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

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

8. Besar kecilnya lingkaran juga tidak mempunyai arti

2.9.7 Bar Chart

Bar Chart pertama sekali dikembangkan oleh Henry L. Gantt (1861-1919) sehingga sering juga disebut dengan *Gantt Chart*, adalah suatu diagram yang terdiri dari batang-batang yang menunjukkan saat dimulai dan saat selesai yang direncanakan untuk kegiatan-kegiatan pada suatu proyek.

Sejarah terciptanya bagan Gantt ini dimulai ketika Henry L Gantt berdiri sendiri sebagai konsultan insinyur industri. Gantt mulai mempertimbangkan sistem insentif dari Taylor (ahli manajemen ilmiah). Gantt membuat ide baru yaitu dengan meninggalkan sistem tarif yang berbeda karena dianggapnya terlalu kecil memberikan dampak motivasional.

Suatu aktivitas adalah suatu atau kelompok tugas-tugas yang saling erat hubungannya antara yang satu dengan lainnya yang pemaksaannya ikut berperan untuk menyelesaikan proyek secara menyeluruh. Umumnya suatu bagan balok diatur sedemikian semua aktivitas didaftarkan dalam satu kolom di bagian kiri bagan. Suatu skala waktu yang mendatar (horizontal) memanjang ke bagian kanan daftar dengan suatu garis yang berkenaan dengan setiap aktivitas yang tertera dalam daftar itu.

2.9.8 Kurva S

Kurva S merupakan suatu grafik yang menunjukkan hubungan antara kemajuan pelaksanaan proyek terhadap waktu penyelesaian, di mana fungsinya sebagai alat kontrol atas maju mundurnya pelaksanaan pekerjaan.

Menurut Hannum (penemu kurva-S) aturan yang harus dipenuhi dalam membuat Kurva S adalah:

1. Pada seperempat waktu pertama, grafiknya naik landai sampai 10%.
2. Pada setengah waktu, grafiknya naik terjal mencapai 45%.
3. Pada saat tiga per empat waktu terakhir, grafiknya naik terjal mencapai 82%.
4. Waktu terakhirnya, grafiknya naik landai hingga mencapai 100%.

Pada sebagian besar proyek, pengeluaran sumber daya untuk setiap satuan waktu condong untuk memulainya dengan lambat, berkembang ke puncak dan kemudian berkurang secara berangsur-angsur bila telah mendekati ke ujung akhir. Secara lebih terperinci *Barchart* dan Kurva S dibuat sebagai berikut:

1. Pada kolom paling kiri dituliskan item-item pekerjaan;
2. Kolom kedua dituliskan durasi setiap item pekerjaan;
3. Kolom ketiga berisi harga setiap item pekerjaan;
4. Kolom keempat berisi bobot setiap pekerjaan
5. Selanjutnya dibuat diagram batang, panjangnya sesuai dengan durasi pekerjaan (hari kerja atau hari kalender);
6. Bila bobot setiap pekerjaan telah dihitung, kemudian dapat dicari persentase pekerjaan harian dengan menjumlahkan bobot harian dari pekerjaan masing-masing. Kemudian dicari persentase harian kumulatif di mana pada akhir jadwal harus 100%. Hubungan antara persentase kumulatif (sumbu X) dengan nilai persentase 0 s/d 100% (sumbu Y) ditarik sebuah garis yang membentuk huruf S. Garis yang dihasilkan inilah yang disebut dengan Kurva-S. Kurva S ini berfungsi untuk memberikan gambaran kemajuan setiap pekerjaan terhadap fungsi waktu.