

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Jalan

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, dan jalan kabel (UU RI No 38 Tahun 2004). Sedangkan berdasarkan UU RI No 22 Tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan didefinisikan jalan adalah seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalu lintas umum, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel dan jalan kabel.

2.1.1 Penentuan Trase

Trase jalan adalah salah satu persyaratan yang diperlukan dalam perencanaan geometrik jalan, karena dengan menetapkan satu lokasi trase jalan dari beberapa alternatif trase jalan yang di survey, akan diperoleh trase jalan yang memenuhi persyaratan teknis dan menguntungkan bagi pengguna jalan serta masyarakat disekitar trase jalan yang akan direncanakan .

Penentuan trase dilakukan berdasarkan keadaan topografi. Topografi merupakan bentuk permukaan tanah asli yang digambarkan secara grafis pada bidang kertas kerja dalam bentuk garis-garis yang sering disebut transisi. Garis-garis transisi ini digambarkan pada setiap kenaikan atau penurunan 1 meter. Menurut Diwiryo (1975), pemilihan lintasan trase yang menguntungkan dari sudut biaya adalah pemilihan trase yang menyusuri atau sejajar garis transisi. Namun demikian pemilihan trase seperti tersebut diatas sulit dipertahankan apabila medan yang dihadapi merupakan medan berat, yaitu medan yang terdiri dari pegunungan dan lembah-lembah dengan luas pengukuran topografi yang relatif sempit.

Adapun Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam penentuan trase jalan antara lain:

- a. Faktor topografi, akan mempengaruhi kelandaian jalan, jarak pandang, penampang melintang dan sebagainya, Peta topografi yang ditentukan pada tugas rancangan ini merupakan:
 - Keadaan gunung
 - Beda tinggi antara dua garis transis adalah 1 meter.
- b. Faktor geologi, akan berpengaruh apabila trase jalan yang akan dibuat berada pada daerah patahan/bergerak, memiliki daya dukung tanah yang kurang baik, serta muka air tanah juga sangat mempengaruhi,
- c. Faktor tata guna lahan, merupakan hal yang paling mendasar dalam perencanaan suatu lokasi jalan, serta tujuan pembuatan jalan tersebut, apakah direncanakan untuk daerah pemukiman atau perindustrian,
- d. Faktor lingkungan, perlu dipikirkan dampak positif dan negatif dari pembangunan trase jalan tersebut

Langkah awal dari pencarian trase dimulai dengan cara menarik garis rencana yang agak sejajar dengan garis kontur supaya diperoleh kelandaian yang kecil, Menurut Bina Marga kelandaian maksimal 10%. Selanjutnya juga diperhatikan jumlah tikungan serta jarak lintasan yang diperoleh. Setelah diperoleh lintasan dengan berbagai kriteria diatas, perlu diperhatikan lagi volume galian dan timbunan yang terjadi. Dalam hal ini disarankan agar penimbunan tidak dilakukan pada tanjakan dan tidak lebih dari 3 meter. Pemilihan yang terakhir didasarkan pada kelandaian, tanjakan, jumlah tikungan, jarak tempuh, dan volume galian dan timbunan. Diusahakan agar pemilihan dapat se-ekonomis mungkin.

2.1.2 Data Peta Topografi

Topografi menunjukkan pengertian semua kenampakan permukaan bumi yang dapat diidentifikasi, baik yang sifat alamiah ataupun buatan yang dapat diberi satu posisi khusus. Posisi ini dinyatakan dalam hubungannya dengan permukaan topografi, yang bervariasi dalam ketinggiannya, di atas ataupun di

bawah datum (titik ataupun garis permukaan nol). Oleh sebab itu, dua unsur utama itu; yang pertama ialah ukuran relief yang didasarkan pada variasi dalam ketinggian; dan yang kedua ialah ukuran posisi planimetrik suatu obyek atau kenampakan pada permukaan topografis. Relief diukur berdasarkan tiga koordinat : x, y, dan z. Planimetri diukur dalam x dan y, yang hanya mencatat posisinya dan tidak menggambarkan bentangan vertikal suatu kenampakan khusus. Oleh karenanya, informasi planimetrik pada peta topografi didasarkan pada pengukuran titik-titik tertentu, kenampakan-kenampakan memanjang, atau garis-garis diskontinuitas (garis kerangka).

Peta topografi biasanya digunakan oleh lembaga tertentu yang mempunyai kepentingan akan kondisi permukaan bumi. Berikut ini adalah komponen dari peta kontur, yaitu:

1. Judul Peta

Judul diambil dari bagian terbesar wilayah pada satu lembar peta. Judul peta berada diatas peta, akan tetap pada peta buatan koordinasi survei dan pemetaan maka judulnya berada disamping.

2. Legenda Peta

Legenda peta adalah penjelasan dari simbol-simbol yang ada dalam peta. Dengan adanya legenda kita dapat memahami arti yang diwakili dalam sebuah simbol.

3. Skala Peta

Hampir seluruh peta dibuat sesuai skala tertentu. Skala merupakan perbandingan gambar dengan kondisi sebenarnya. terdapat dua skala dalam peta, yaitu skala garis dan angka. Umumnya pada peta topografi mencantumkan keduanya.

4. Garis Koordinat

Pada peta topografi terdapat jaring-jaring yang terdiri dari garis vertikal dan horizontal. Garis-garis tersebut dinamakan garis koordinat dan terdiri dari dua macam, yaitu koordinati geografis dan koordinat grid.

5. Garis Ketinggian / Kontur

Garis kontur merupakan gambaran dari daerah dengan ketinggian yang sama. Garis ini mirip sidik jari dan tidak pernah memotong satu sama lain.

6. Tahun Pembuatan Peta

Terdapat informasi mengenai tahun pembuatan peta yang menunjukkan kapan peta ini dibuat atau diperbaharui.

7. Deklinasi

Deklinasi adalah garis keterangan yang menunjukkan beda utara peta dan utara magnetik kompas. Perbedaan ini terjadi karena posisi utara bumi ditunjukkan oleh kutub utara, namun sumbu utara magnet berada di kepulauan dekat dataran *Green Land*. Bumi juga mengalami pergeseran sekitar 0,02 detik ke timur atau ke barat setiap tahunnya, sehingga arah utara magnetik kompas harus dikonversi dengan arah utara pada peta. Deklinasi akan direvisi setiap 5 tahun sekali dan dicantumkan dalam lembar peta.

2.1.3 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan yaitu pengelompokan jalan berdasarkan fungsi jalan, administrasi pemerintahan dan muatan sumbu yang menyangkut dimensi dan berat kendaraan. Pada prinsipnya klasifikasi jalan dalam standar perencanaan didasarkan pada klasifikasi jalan menurut undang-undang dan peraturan pemerintah yang berlaku.

Berikut ini merupakan pembagian klasifikasi jalan menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997, antara lain :

a. Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

Klasifikasi menurut fungsi jalan terbagi atas:

1 Jalan Arteri

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

2 Jalan Kolektor

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

3 Jalan Lokal

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

b. 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. Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam Tabel 2.1 (Pasal 11, PP. No.43/1993).

Tabel 2.1 Klasifikasi menurut kelas Jalan

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

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

c. Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam Tabel 2.2

Tabel 2.2 Klasifikasi menurut medan Jalan

No.	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan
1	Datar	D	<3
2	Perbukitan	B	3.-25
3	Pengunungan	G	>25

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

d. Klasifikasi Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Menurut wewenang pembinaan jalan dikelompokkan menjadi Jalan Nasional, Jalan Propinsi, Jalan Kabupaten, Jalan Kotamadya dan Jalan Khusus (Direktorat Jenderal Bina Marga: 2006)

1. Jalan Nasional Yang termasuk kelompok jalan nasional adalah jalan arteri primer, jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota propinsi, 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:
 - a. Jalan kolektor primer yang menghubungkan Ibukota Provinsi dengan Ibukota Kabupaten/Kotamadya.
 - b. Jalan kolektor primer yang menghubungkan antar Ibukota Kabupaten/ Kotamadya.
 - c. Jalan lain yang mempunyai kepentingan strategis terhadap kepentingan provinsi.
 - d. Jalan dalam Daerah Khusus Ibukota 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:
 - a. Jalan kolektor primer yang tidak termasuk jalan nasional dan jalan propinsi.
 - b. Jalan lokal primer
 - c. Jalan sekunder dan jalan lain yang tidak termasuk dalam kelompok Jalan Nasional, Jalan Propinsi dan Jalan Kotamadya. Penetapan status suatu jalan sebagai jalan Kabupaten dilakukan dengan Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I, atas usul Pemerintah Daerah Tingkat II yang bersangkutan.
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.

2.1.4 Kriteria Perencanaan Geometrik Jalan

Beberapa parameter perencanaan geometrik dari unsur karakteristik kendaraan sebagai berikut :

a. Kendaraan Rencana

Kendaraan Rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Kendaraan Rencana dikelompokkan ke dalam 3 kategori:

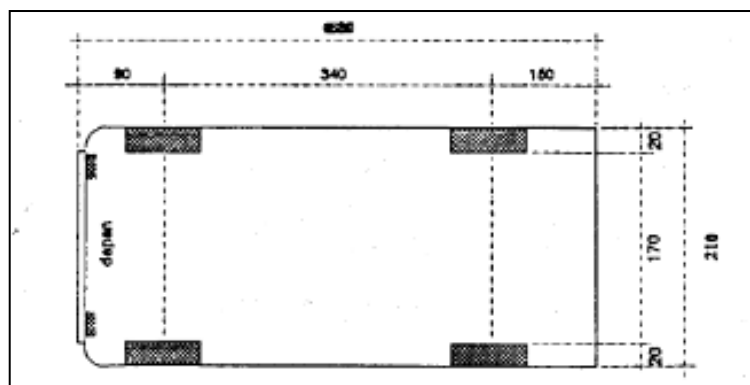
1. Kendaraan Kecil, diwakil oleh mobil penumpang
2. Kendaraan Sedang, diwakil oleh truk 3 as tandem atau oleh bus besar 2 as
3. Kendaraan Besar, diwakil oleh truk-semi-traller.

Dimensi dasar untuk masing-masing kategori Kendaraan Rencana ditunjukkan dalam Tabel 2.3 Gambar 2.1 s.d. Gambar 2.6 menampilkan sketsa dimensi kendaraan rencana tersebut.

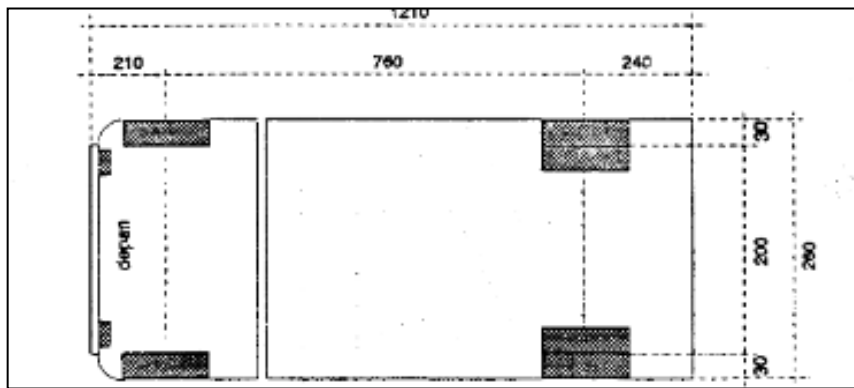
Tabel 2.3 Dimensi Kendaraan Rencana

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

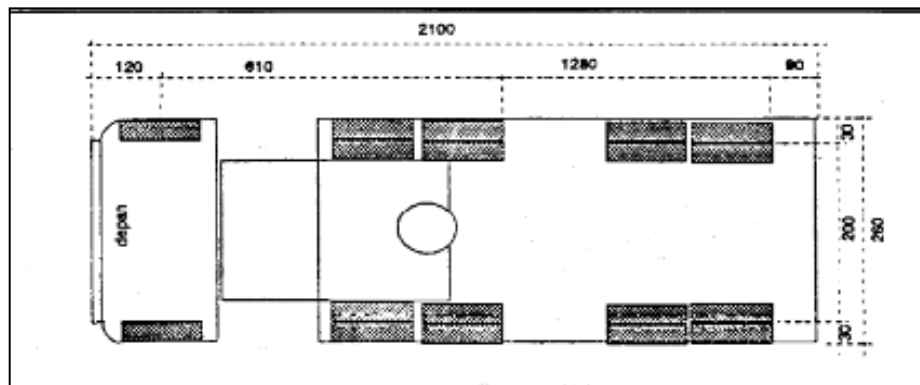
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota,1997)



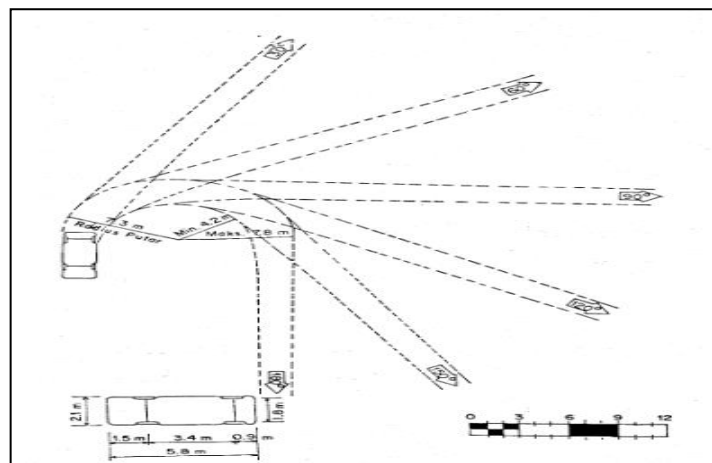
Gambar 2.1 Dimensi Kendaraan Kecil



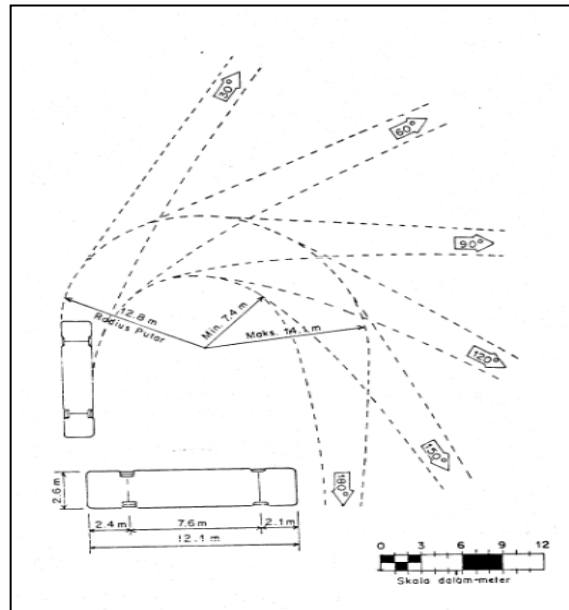
Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Sedang



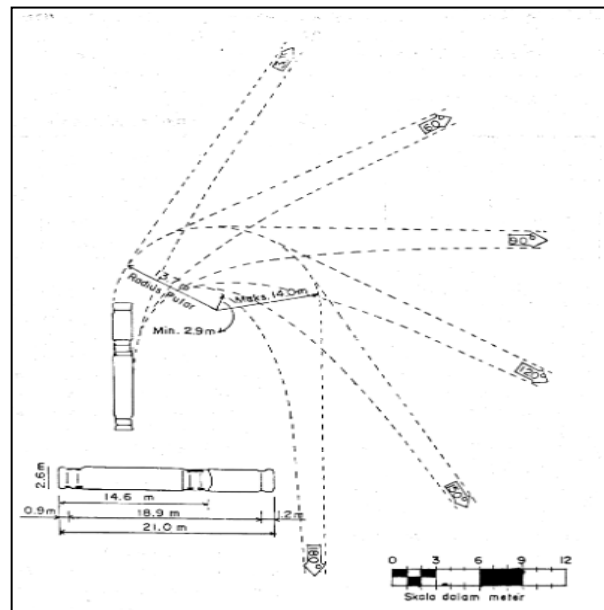
Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Besar



Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Manuver Kecil



Gambar 2.5 Dimensi Kendaraan Manuver Sedang



Gambar 2.6 Dimensi Kendaraan Besar

b. Volume Lalu Lintas Rencana

Volume Lalu Lintas Harian Rencana (VLHR) adalah prakiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam SMP/hari. Satuan volume lalu lintas yang umum digunakan sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar jalur adalah :

1. Lalu Lintas Harian Rata–Rata

Lalu lintas harian rata-rata adalah volume lalu lintas rata-rata dalam satu hari. Dari cara memperoleh data tersebut dikenal dua jenis yaitu lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) dan lalu lintas harian rata-rata (LHR). LHRT adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari rata-rata selama 1 tahun penuh. (Rekayasa Jalan Raya, 1998).

$$LHRT = \frac{\text{Jumlah lalu lintas dalam 1 tahun}}{365 \text{ hari}} \dots\dots\dots (2.1)$$

LHRT dinyatakan dalam SMP/hari/2 arah

LHR adalah jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dibandingkan atau dibagi dengan lamanya pengamatan.

$$LHRT = \frac{\text{Jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{Lamanya Pengamatan}} \dots\dots\dots (2.2)$$

(Rekayasa Jalan, 1998)

2. Volume Jam Perencanaan (VJP)

Volume Jam Rencana (VJR) adalah prakiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam SMP/jam, dihitung dengan rumus:

$$VJR = VLHR \times K/F \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

K (disebut faktor K) = adalah faktor volume lalu lintas jam sibuk, dan

F (disebut faktor F) = adalah faktor variasi tingkat lalu lintas per seperempat jam dalam satu jam.

VJR digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalu lintas lainnya yang diperlukan. SMP adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan, di mana mobil penumpang ditetapkan memiliki satu EMP. EMP untuk jenis-jenis kendaraan dan kondisi medan lainnya dapat dilihat dalam Tabel 2.4. Detail nilai EMP dapat dilihat pada buku Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) No.036/TIBM/ 1997.

Tabel 2.4 Ekivalen 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	1,23,0	2,2-6.0

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

Tabel 2.5 Penentuan faktor - K dan Faktor - F berdasarkan Volume Lalu Lintas Harian Rata-rata.

VLHR	Faktor K (%)	Faktor F (%)
>50000	4 – 6	0,9 – 1
30000 – 50000	6 – 8	0,8 – 1
10000 – 30000	6 – 8	0,8 – 1
5000 – 10000	8 – 10	0,6 – 0,8
1000 – 5000	10 – 12	0,6 – 0,8
<1000	12 – 16	<0,6

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

c. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana, VR, pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti. VR untuk masing masing fungsi jalan dapat ditetapkan dari Tabel 2.6. Untuk kondisi medan yang sulit, VR suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam.

Tabel 2.6 Kecepatan Rencana (V_R) Sesuai Klasifikasi Fungsi Dan Kualifikasi Medan Jalan

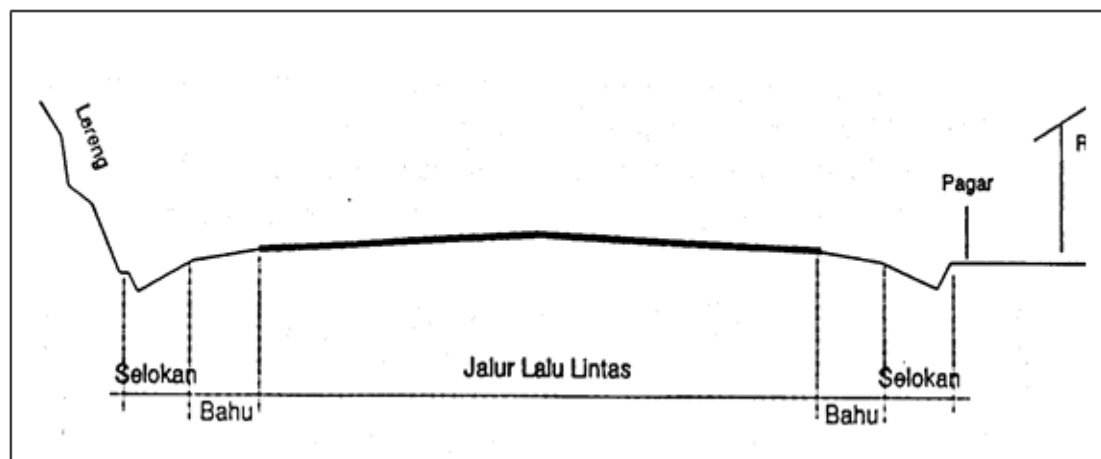
Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana (V_R) (km/jam)		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	70 – 120	60 – 80	40 – 70
Kolektor	60 – 90	50 – 60	30 – 50
Lokal	40 – 70	30 – 50	20 – 30

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

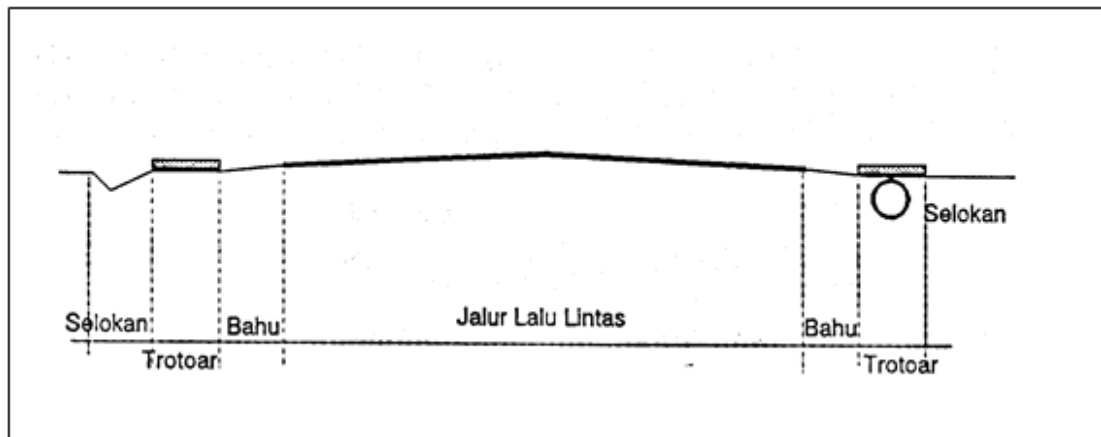
2.2 Penampang Melintang

Penampang melintang jalan terdiri atas bagian-bagian sebagai berikut (lihat Gambar 2.7 s. d. Gambar 2.9):

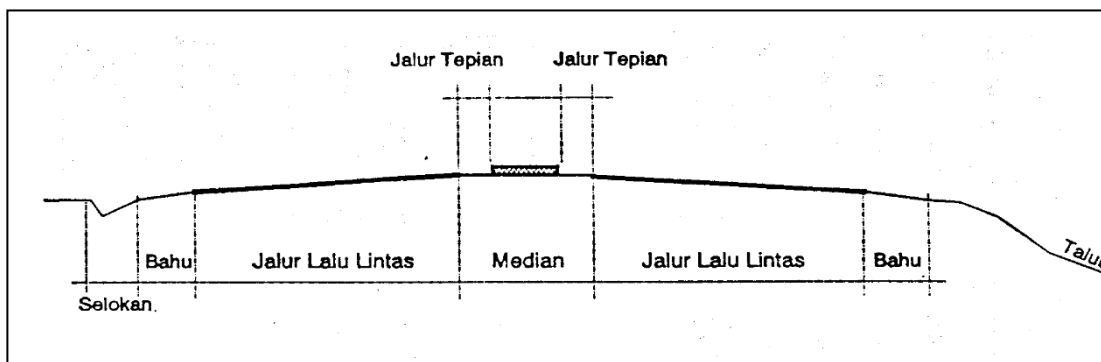
1. Jalur Ialu lintas
2. Median dan jalur tepian (kalau ada)
3. Bahu
4. Jalur pejalan kaki;
5. Selokan
6. Lereng.



Gambar 2.7 Penampang Melintang Jalan Tipikal



Gambar 2.8 Penampang Melintang Jalan Tipikal yang dilengkapi Trottoar



Gambar 2.9 Penampang Melintang Jalan Tipikal yang dilengkapi median

2.2.1 Jalur Lalu lintas

Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan. Batas jalur lalu lintas dapat berupa:

1. Median
2. Bahu
3. Trottoar
4. Pulau jalan
5. Separator.
 - a. Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa lajur
 Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa tipe (Lihat Gambar 2.11 s.d. Gambar 2.13)
 - 1) 1 jalur – 2 lajur – 2 arah (2/2 TB)

- 2) 1 jalur – 2 lajur – 1 arah (2/1 TB)
- 3) 2 jalur – 4 lajur – 2 arah (4/2 B)
- 4) 2 jalur – n lajur – 2 arah (n/2 B), di mana n = jumlah lajur

Keterangan : TB = tidak terbagi .

B = terbagi

b. Lebar Jalur

Lebar jalur sangat ditentukan oleh jumlah dan lebar lajur peruntukannya. Tabel 2.7 menunjukkan lebar jalur dan bahu jalan sesuai VLHR-nya. Lebar jalur minimum adalah 4.5 meter, memungkinkan 2 kendaraan kecil saling berpapasan. Papasan dua kendaraan besar yang terjadi sewaktu-waktu dapat menggunakan bahu jalan. (Tata Cara Perencanaan Jalan Antar Kota, 1997)

Tabel 2.7 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan

VLHR (smp/hari)	Arteri				Kolektor				Lokal			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)
<3.000	6	1,5	4,5	1,0	6,0	1,0	4,5	1,0	6,0	1,0	4,5	1,0
3.000-10.000	7	2,0	6	1,5	7,0	1,5	6,0	1,5	7,0	1,0	6,0	1,0
10.000-25.000	7	2,0	7	2,0	7,0	2,0	**)	**)	-	-	-	-
>25.000	$\frac{2n}{3,5}^*$	2,5	$2 \times 7^*$	2,0	$\frac{2n}{3,5}^*$	2,0	**)	**)	-	-	-	-

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

Keterangan: **) = Mengacu pada persyaratan ideal,

*) = 2 jalur terbagi, masing-masing n x 3,5 di mana n = jumlah lajur perjalur,

- = Tidak ditentukan.

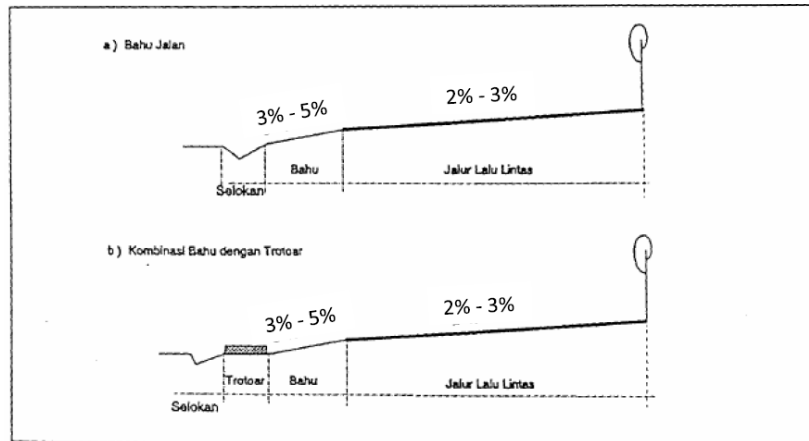
2.2.2 Bahu Jalan

Bahu Jalan adalah bagian jalan yang terletak di tepi jalur lalu lintas dan harus diperkeras. (lihat Gambar 2.10)

1. Fungsi bahu jalan adalah sebagai berikut:

- a. lajur lalu lintas darurat, tempat berhenti sementara, dan atau tempat parkir darurat;
- b. ruang bebas samping bagi lalu lintas, dan

- c. penyangga sampai untuk kestabilan perkerasan jalur lalu lintas.
2. Kemiringan bahu jalan normal antara 3 - 5%.
3. Lebar bahu jalan dapat dilihat dalam Tabel 2.7.



Gambar 2.10 Bahu Jalan

2.2.3 Trotoar atau Jalur Pejalan kaki (*Side Walk*)

1. Fasilitas pejalan kaki berfungsi memisahkan pejalan kaki dari jalur lalu lintas kendaraan guna menjamin keselamatan pejalan kaki dan kelancaran lalu lintas.
2. Jika fasilitas pejalan kaki diperlukan maka perencanaannya mengacu kepada Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, Direktorat Jenderal Bina Marga, Maret 1992

2.2.4 Median

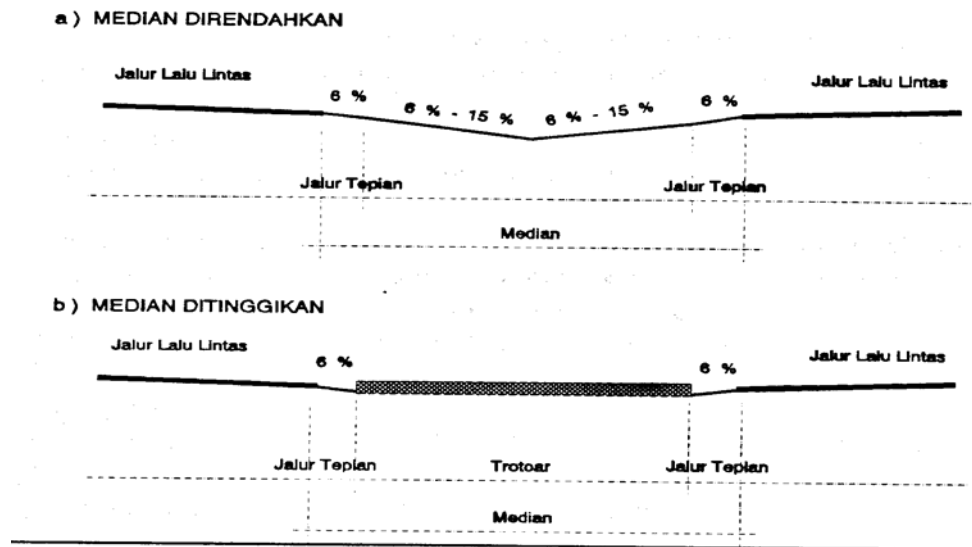
1. Median adalah bagian bangunan jalan yang secara fisik memisahkan dua jalur lalu lintas yang berlawanan arah.
2. Fungsi median adalah untuk:
 - a. memisahkan dua aliran lalu lintas yang berlawanan arah;
 - b. ruang lapak tunggu penyeberang jalan;
 - c. penempatan fasilitas jalan;
 - d. tempat prasarana kerja sementara;
 - e. penghijauan;

- f. tempat berhenti darurat (jika cukup luas);
 - g. cadangan lajur (jika cukup luas); dan
 - h. mengurangi silau dari sinar lampu kendaraan dari arah yang berlawanan.
3. Jalan 2 arah dengan 4 lajur atau lebih perlu dilengkapi median.
 4. Median dapat dibedakan atas (lihat Gambar 2.11):
 - a. Median direndahkan, terdiri atas jalur tepian dan bangunan pemisah jalur yang direndahkan.
 - b. Median ditinggikan, terdiri atas jalur tepian dan bangunan pemisah jalur yang ditinggikan.
 5. Lebar minimum median terdiri atas jalur tepian selebar 0,25-0,50 meter dan bangunan pemisah jalur, ditetapkan dapat dilihat dalam Tabel 2.8.
 6. Perencanaan median yang lebih rinci mengacu pada Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, Direktorat Jenderal Bina Marga, Maret 1992.

Tabel 2.8 Lebar Minimum Median

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

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



Gambar 2.11 Median direndahkan dan di tinggikan

2.3 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah kumpulan titik-titik yang membentuk garis (lurus dan lengkung) sebagai proyeksi sumbu atau as jalan pada bidang horizontal. Rencana alinyemen horizontal pada peta perencanaan juga dikenal sebagai Trase jalan.

Aspek-aspek penting pada alinyemen horizontal mencakup :

1. Gaya sentrifugal.
2. Bentuk-bentuk busur peralihan.
3. Bentuk-bentuk tikungan.
4. Diagram superelevasi.
5. Pelebaran perkerasan pada tikungan.
6. Jarak pandang pada tikungan.

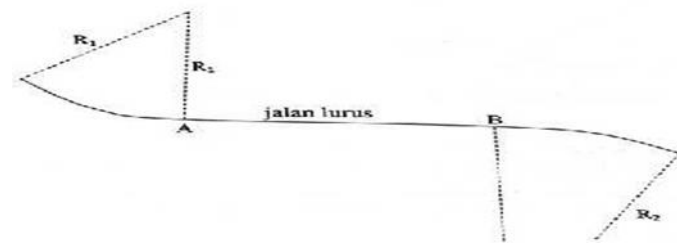
Adapun pedoman perencanaan alinyemen horizontal sebagai berikut:

a. Pedoman Umum Perencanaan Alinyemen Horizontal

Terdapat pedoman umum perencanaan alinyemen horizontal, yaitu :

1. Pada alinyemen horizontal yang relatif lurus dan panjang jangan mendadak terdapat lengkung yang tajam, karena akan mengejutkan pengemudi. Pada kondisi keterpaksaan sebaiknya didahului dengan lengkung yang lebih tumpul dengan dilengkapi dengan perambuan yang memadai.

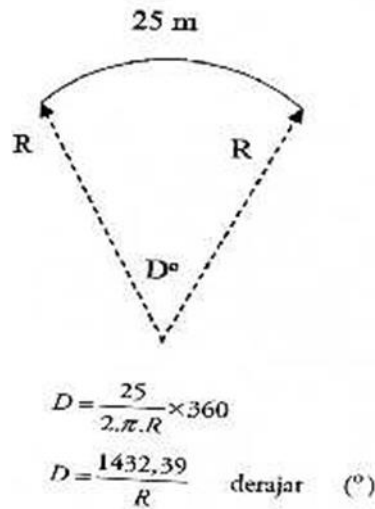
2. Alinyemen horizontal sebaiknya dirancang mengikuti kondisi medan, sehingga akan mendukung lingkungan keselarasan dengan alam, dan juga faktor keekonomian.
3. Dihindari penggunaan radius minimal agar memudahkan penyesuaian alinyemen dikemudian hari.
4. Pada lokasi timbunan agar dihindari desain lengkung horizontal yang tajam.
5. Sedapat mungkin dihindari pembalikan desain lengkung horizontal secara mendadak, karena akan mempersulit manuver pengemudi dan penentuan kemiringan jalan. Perlu ada jarak tangen yang cukup antara kedua lengkung horizontal.



Gambar 2.12 Dua lengkung horizontal berbalik dengan jarak tangen memadai

b. Derajat Lengkung

Derajat lengkung ($^\circ$) adalah besarnya sudut lengkung yang menghasilkan panjang busur 25 m. Semakin besar nilai R maka semakin kecil nilai D dan semakin tumpul lengkung horizontal rencana. Sebaliknya, semakin kecil nilai R maka nilai D akan semakin besar dan semakin tajam lengkung horizontal yang direncanakan.



Gambar 2.13 Korelasi derajat Kejuhan Lengkung (D°) dan radius lengkung (R)

2.3.1 Panjang Bagian Lurus

Mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, Bina Marga menetapkan maksimum bagian jalan yang lurus berdasarkan waktu tempuh kurang dari 2,5 menit yang sesuai dengan kecepatan rencana (V_r).

Tabel 2.9 Panjang bagian jalan lurus maksimum

Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

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

2.3.2 Jari-Jari Minimum

Perencanaan alinyemen horizontal radius tikungsn dipengaruhi oleh nilai e dan f serta nilai kecepatan rencana yang ditetapkan. Artinya terdapat nilai radius minimum untuk nilai superelevasi maksimum dan koefisien gesekan melintang maksimum.

$$R_{min} = \frac{v^2}{127 \times (e_{maks} + f_{maks})} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan :

R_{min} = jari-jari minimum (m)

V = kecepatan kendaraan (Km/Jam)

e_{maks} = superelevasi maksimum (%)

f = koefisien gesekan melintang

Untuk superelevasi maksimum 8% dan 10% serta untuk koefisien gesekan melintang maksimum sehubungan dengan nilai kecepatan rencana yang dipilih, lihat pada tabel 2.10 dibawah ini :

Tabel 2.10 Besarnya R Minimum dan D Maksimum untuk beberapa kecepatan rencana

Kecepatan Rencana Km/Jam	e maks m/m ³	f maks	Rmin (m)	Rmin	Dmaks
			(Perhitungan)	Desain	Desain (°)
40	0,10	0,166	47,363	47	30,48
	0,08		51,213	51	28,09
50	0,10	0,160	75,858	76	18,85
	0,08		82,192	82	17,47
60	0,10	0,153	112,011	112	12,79
	0,08		121,659	122	11,74
70	0,10	0,147	156,522	157	9,12
	0,08		170,343	170	8,43
80	0,10	0,140	209,974	210	6,82
	0,08		229,062	229	6,25
90	0,10	0,128	280,350	280	5,12
	0,08		307,371	307	4,67
100	0,10	0,115	366,233	366	3,91
	0,08		403,796	404	3,55
110	0,10	0,103	470,497	470	3,05
	0,08		522,058	522	2,74
120	0,10	0,090	596,768	597	2,40
	0,08		666,975	667	2,15

(Sumber : Bina Marga, 1997)

2.3.3 Tikungan

Terdapat 3 Jenis Tikungan, yaitu :

1. Tikungan *Full Circle (FC)*

Jenis tikungan *full circle* ini merupakan jenis tikungan yang paling ideal ditinjau dari segi keamanan dan kenyamanan pengemudi dan kendaraannya, Hanya lengkung dengan *radius* yang besar yang diperbolehkan menggunakan desain lengkung ini. Hal ini didasarkan pada kebutuhan agar keselamatan dan kenikmatan pemakai jalan dapat terpenuhi walaupun dalam kecepatan kendaraan yang tinggi.

Lengkung ini hanya dapat digunakan pada desain dengan *Radius* yang besar dengan superelevasi yang dibutuhkan $\leq 3\%$.

Tabel 2.11 Jari-jari yang tidak memerlukan lengkung peralihan

VR (Km/h)	100	90	80	70	60	50	40	30
Fmax	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17
Rmin (m)	435	335	250	195	135	90	55	30

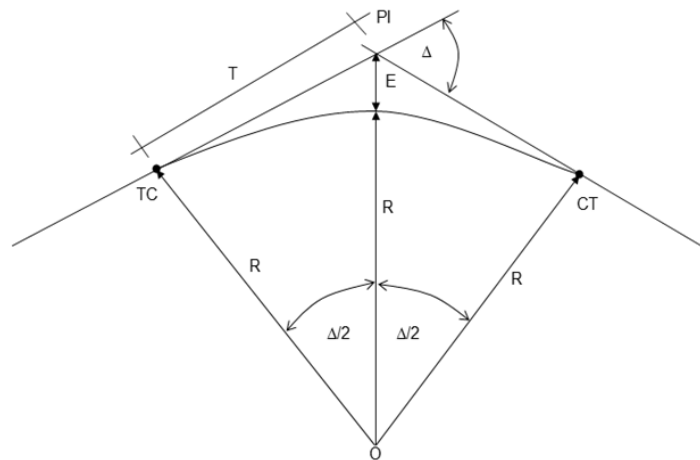
(Sumber : RSNi Geometrik Jalan Perkotaan No. T/14/2004)

Adapun Rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan tikungan *full circle*, rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$Lc = \frac{\Delta}{360} \cdot 2\pi R \dots\dots\dots (2.5)$$

$$Tc = R \cdot tg \frac{1}{2} \cdot \Delta \dots\dots\dots (2.6)$$

$$Ec = Tc \cdot \tan \frac{\Delta}{4} \dots\dots\dots (2.7)$$



Gambar 2.14 Bentuk Tikungan *Full Circle (FC)*

Keterangan Gambar:

PI = *Point of intersection*

Rc = *Jari-jari circle (m)*

Δ = *Sudut tangen*

TC = *Tangent circle*, titik perubahan dari *Tangent* ke *Circle*

CT = *Circle tangent*, titik perubahan dari *Circle* ke *Tangent*

T = *Jarak antara TC dan PI atau sebaliknya PI dan CT (m)*

Lc = *Panjang bagian lengkung circle (m)*

E = *Jarak PI ke lengkung circle (m)*

2. Tikungan *Spiral - Circle - Spiral (SCS)*

Gambar dibawah ini menunjukkan lengkung *Spiral - Circle - Spiral (SCS)*. Lengkung TS-SC adalah lengkung peralihan berbentuk spiral yang menghubungkan bagian lurus dengan bagian radius tak berhingga diawal spiral dan bagian berbentuk lingkaran dengan *radius = Rc* diakhir spiral. Titik TS adalah titik peralihan bagian lurus ke bagian berbentuk spiral dan titik SC adalah peralihan bagian spiral ke bagian lingkaran.

Adapun jari-jari yang akan digunakan untuk tikungan *Spiral - Circle - Spiral (SCS)* adalah sebagai berikut :

1. Kemiringan maksimum antar jalan kota : 0,10

2. Kemiringan maksimum jalan dalam kota : 0,08

Adapun Rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *Spiral - Circle - Spiral* (SCS) adalah sebagai berikut :

$$R_{min} = \frac{v^2}{127 (e_{max} + f_m)} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$D_{max} = \frac{1432,4}{R_{min}}; D^2 = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots (2.9)$$

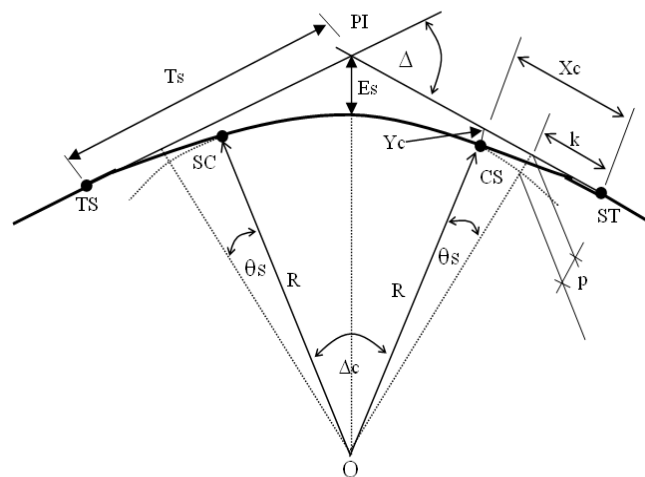
$$e = -\frac{e_{max}}{D^2_{max}} D^2 + \frac{2e_{max}}{D_{max}} D \dots\dots\dots (2.10)$$

Untuk menghitung Panjang Lengkung Peralihan menggunakan Rumus sebagai berikut :

$$L_s = \frac{v}{3,6} T \dots\dots\dots (2.10)$$

$$L_s = 0,022 \frac{v^3}{R c} - 2,727 \frac{v x e}{c} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$L_s = \frac{(em - en)}{3,6 \tau e} T \dots\dots\dots (2.12)$$



Gambar 2.15 Bentuk *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_s \dots\dots\dots (2.14)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 R^2} - R \sin \theta_s \dots\dots\dots (2.15)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6R} - R (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots (2.16)$$

$$L = Lc + 2 Ls \dots\dots\dots (2.17)$$

$$Xs = Ls \left(1 - \frac{Ls^3}{40 R^2}\right) \dots\dots\dots (2.18)$$

$$Es = (Rc + p) \sec \frac{\Delta}{2} - Rc \dots\dots\dots (2.19)$$

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

$$Lc = \frac{\Delta c}{180} \pi R \dots\dots\dots (2.21)$$

$$Ys = \frac{Ls^2}{6R} \dots\dots\dots (2.22)$$

Dimana:

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

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

Ls = Panjang lengkung peralihan (jarak TS-SC atau CS-ST)(m)

Ts = Jarak tangen dari PI ke TS atau ST, (m)

Es = Jarak dari PI ke pucuk busur lingkaran,(m)

Δ = Sudut tikungan, ($^{\circ}$)

Lc = Panjang busur lingkaran (jarak SC-CS), (m)

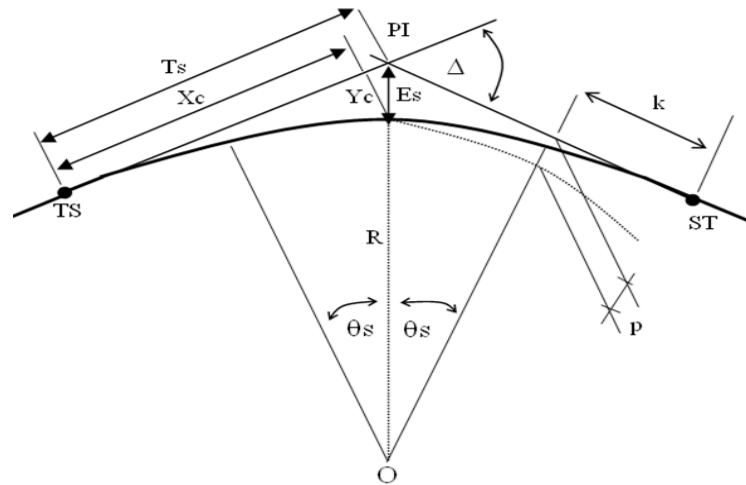
R = Jari-jari tikungan,(m)

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

ΔC = Sudut lengkung *circle*, ($^{\circ}$)

3. Tikungan *Spiral - Spiral* (SS)

Lengkung horizontal berbentuk *Spiral - Spiral* adalah lengkung tanpa busur lingkaran sehingga titik SC berimpit dengan titik CS. Jari-jari Rc yang dipilih harus sedemikian rupa sehingga Ls yang dibutuhkan lebih besar dari Ls yang dihasilkan landai relative yang disyaratkan. Lengkung *Spiral - Spiral* merupakan tikungan yang kurang baik sebab tidak ada jarak yang tertentu dalam masa tikungan yang sama miringnya.



Gambar 2.16 Bentuk *Spiral - Spiral (SS)*

Adapun Rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *Spiral - Circle - Spiral (SCS)* adalah sebagai berikut :

$$R_{min} = \frac{v^2}{127 (e_{max} + f_m)} \dots\dots\dots (2.23)$$

$$D_{max} = \frac{1432,4}{R_{min}}; D^2 = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots (2.24)$$

$$e = -\frac{e_{max}}{D^2_{max}} D^2 + \frac{2e_{max}}{D_{max}} D \dots\dots\dots (2.25)$$

$$L_s = \frac{2\pi R}{360} 2\theta_s \text{ atau } L_s = \frac{\theta_s R}{28,648} \dots\dots\dots (2.26)$$

$$T_s = (R + p) \tan \frac{\Delta}{2} + k \dots\dots\dots (2.27)$$

$$P = \frac{L_s^2}{6R} - Rc (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots (2.28)$$

$$L_{tot} = 2 L_s \dots\dots\dots (2.29)$$

$$K = L_s - \frac{L_s^3}{40 Rc^2} - Rc \sin \theta_s \dots\dots\dots (2.30)$$

$$L_c = 0 \dots\dots\dots (2.31)$$

$$E_s = (R + p) \sec \frac{\Delta}{2} - Rc \dots\dots\dots (2.32)$$

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots (2.33)$$

$$L_{tot} = 2 L_s \dots\dots\dots (2.34)$$

Dimana:

T_s = Jarak antara PI dan TS

L_s = Panjang bagian lengkung *spiral*

E = Jarak PI ke lengkung *spiral*

Δ = Sudut pertemuan antara tangen utama

θ_s = Sudut *spiral*

TS = Tangent *Spiral*, titik awal *spiral* (dari Tangent ke *Spiral*)

ST = *Spiral* tangen, titik perubahan dari *spiral* ke tangen

R_c = Jari-jari *circle* (m)

Dimana k^* , P^* dapat dilihat pada tabel untuk $L_s = 1$

Tabel 2.12 Tabel P dan K untuk $L_s = 1$

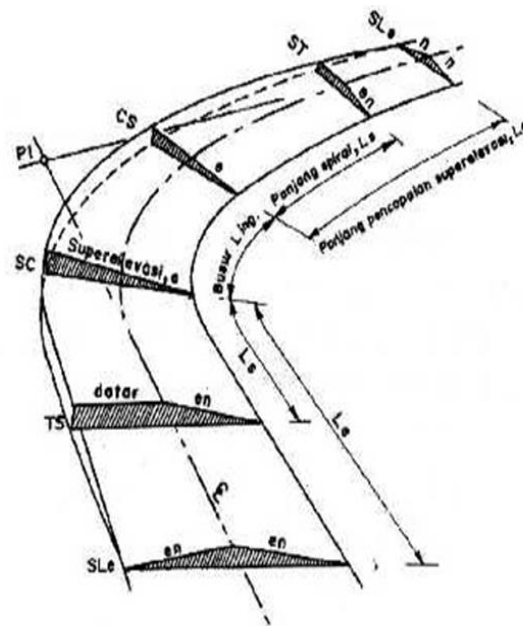
Q_s (°)	p^*	k^*	Q_s (°)	p^*	k^*	Q_s (°)	p^*	k^*
0,5	0,00073	0,5	14	0,02067	0,49899	27,5	0,04228	0,49594
1,0	0,00145	0,49999	14,5	0,02143	0,49892	28	0,04314	0,49578
1,5	0,00218	0,49999	15	0,02219	0,49884	28,5	0,04399	0,49562
2,0	0,00291	0,49998	15,5	0,02296	0,49876	29	0,04486	0,49546
2,5	0,00364	0,49997	16	0,02372	0,49868	29,5	0,04572	0,49529
3,0	0,00437	0,49995	16,5	0,02449	0,49859	30	0,0466	0,49512
3,5	0,0051	0,49994	17	0,02527	0,4985	30,5	0,04747	0,49494
4,0	0,00582	0,49992	17,5	0,02604	0,49841	31	0,04836	0,49477
4,5	0,00656	0,4999	18	0,02682	0,49831	31,5	0,04924	0,49458
5,0	0,00729	0,49987	18,5	0,02761	0,49822	32	0,05013	0,4944
5,5	0,00802	0,49985	19	0,02839	0,49812	32,5	0,05101	0,49421
6,0	0,00948	0,49982	19,5	0,02918	0,49801	33	0,05193	0,49402
6,5	0,01022	0,49978	20	0,02997	0,49791	33,5	0,05284	0,49382
7,0	0,01022	0,49975	20,5	0,03077	0,4978	34	0,05375	0,49362
7,5	0,01096	0,49971	21	0,03156	0,49769	34,5	0,05467	0,49341
8,0	0,01169	0,49974	21,5	0,03237	0,49757	35	0,0556	0,49321
8,5	0,01243	0,49931	22	0,03317	0,49745	35,5	0,05625	0,49299

Qs (°)	p*	k*	Qs (°)	p*	k*	Qs (°)	p*	k*
9,0	0,01317	0,49959	22,5	0,03398	0,49733	36	0,05746	0,49278
9,5	0,01391	0,49954	23	0,03479	0,49721	36,5	0,0584	0,49256
10,0	0,01466	0,49949	23,5	0,03561	0,49708	37	0,05935	0,49233
10,5	0,0154	0,49944	24	0,03643	0,49695	37,5	0,0603	0,4921
11,0	0,01615	0,49938	24,5	0,03725	0,49681	38	0,06126	0,49187
11,5	0,01689	0,49932	25	0,03808	0,49668	38,5	0,06222	0,49163
12,0	0,01764	0,49926	25,5	0,03891	0,49654	39	0,06319	0,49139
12,5	0,0184	0,4992	26	0,03975	0,49639	39,5	0,06417	0,49115
13,0	0,01915	0,49913	26,5	0,04059	0,49625	40	0,06515	0,4909
13,5	0,01991	0,49906	27	0,04143	0,49609			

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

2.3.4 Landai Relatif

Landai relatif adalah besarnya kelandaian akibat perbedaan elevasi tepi perkerasan sebelah luar sepanjang lengkung peralihan. Perbedaan elevasi dalam hal ini hanya berdasarkan tinjauan atas perubahan bentuk penampang melintang jalan dan belum diperhitungkan terhadap gabungan dari perbedaan elevasi akibat kelandaian vertikal jalan. Agar pengemudi tidak merasakan perubahan yang mendadak pada saat manuver kendaraan terhadap tepi luar perkerasan, maka besarnya landai relatif yang digunakan pada tahap perencanaan mempunyai batas maksimum seperti pada table dibawah ini. Pada Tabel dibawah ditunjukkan Landai Relatif Maksimum yang ditetapkan oleh Bina Marga dan AASHTO. Besarnya landai relatif maksimum dipengaruhi oleh kecepatan dan tingkah laku pengemudi.



Gambar 2.17 Landai Relatif

Tabel 2.13 Besarnya Landai Relatif Menurut Bina Marga (1994) Dan AASHTO (2004)

Kecepatan Rencana (Km/Jam)	Kelandaian Maksimum	
	Bina Marga (Luar Kota 1994)	AASHTO 2004
20	1/50	1/125
30	1/75	1/133
40	1/100	1/143
50	1/115	1/154
60	1/125	1/167
70		1/182
80	1/150	1/200
90		1/213
100		1/227
110		1/244
120		1/263
130		1/286

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

Dimana :

L_r = landai relatif, %

L_s = panjang lengkung peralihan, m

L_e = panjang lengkung pencapaian

E = superelevasi, m

B = lebar lajur 1 arah untuk jalan 2 lajur 2 arah, e = superelevasi, %

E_n = kemiringan melintang normal, %

H_s = perbedaan elevasi perkerasan sebelah luar sepanjang L_s , m

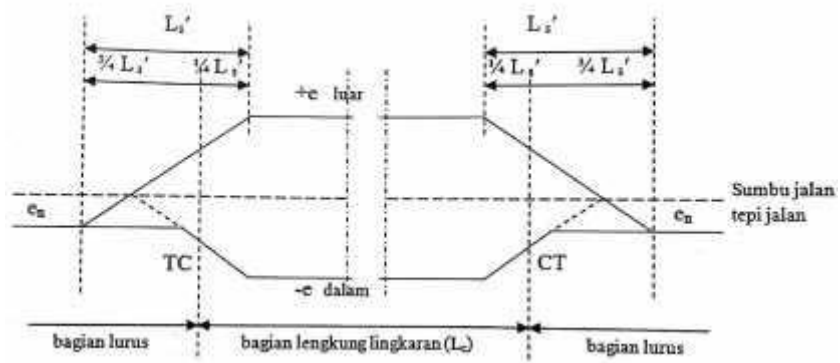
h_e = perbedaan elevasi perkerasan sebelah luar sepanjang L_e , m

2.3.5 Diagram Superelevasi

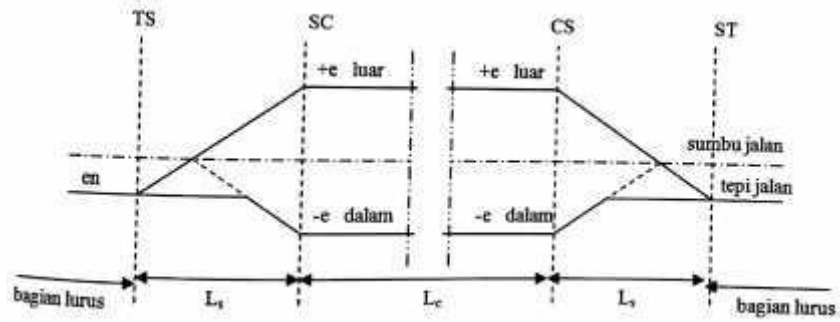
Diagram superelevasi adalah diagram yang menggambarkan pencapaian superelevasi dari lereng normal ke superelevasi penuh sehingga dengan memepergunakan diagram ini dapat ditentukan bentuk penampang melintang pada setiap titik disuatu lengkung horizontal yang direncanakan.

Ketentuan Umum :

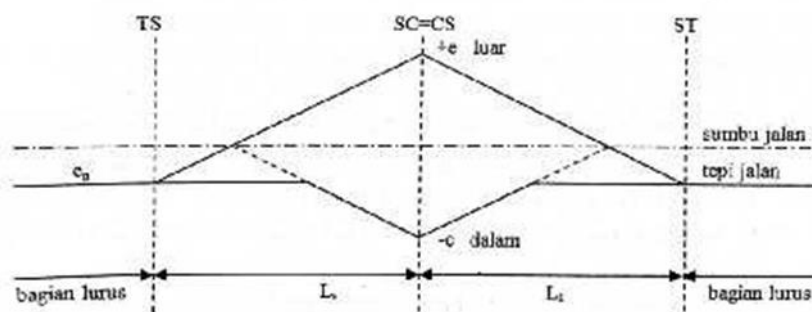
- a. Elevasi garis sumbu adalah nol.
- b. Elevasi garis tepi perkerasan :
 - (1). Bila tikungan kekanan :
 - (a). Tepi kiri bertanda positif
 - (b). Tepi kanan bertanda negatif.
 - (2). Bila tikungan kekiri :
 - (a). Tepi kiri bertanda negatif.
 - (b). Tepi kanan bertanda positif.
- c. Tanda positif (+) berarti elevasinya berada diatas elevasi sumbu rencana tanda negatif (-) untuk sebaliknya.
- d. Menurut Bina Marga metode pencapaian superelevasi adalah diputar terhadap sumbu jalan.



Gambar 2.18 Diagram Superelevasi *Full Circle*



Gambar 2.19 Diagram Superelevasi *Spiral-Curve-Spiral (SCS)*



Gambar 2.20 Diagram Superelevasi *Spiral-Spiral (SS)*

2.3.6 Pelebaran Perkerasan pada Tikungan

Menurut Ihr (1999), Pelebaran perkerasan adalah faktor dari jari-jari lengkung, kecepatan kendaraan, jenis dan ukuran kendaraan rencana yang digunakan sebagai dasar perencanaan. Pada umumnya truk tunggal merupakan jenis kendaraan yang digunakan sebagai dasar penentuan tambahan lebar perkerasan yang dibutuhkan. Akan tetapi pada jalan-jalan dimana banyak dilewati kendaraan berat, jenis kendaraan semi trailer merupakan kendaraan yang cocok dipilih untuk kendaraan rencana. Tentu saja pemilihan jenis kendaraan rencana ini akan sangat mempengaruhi kebutuhan pelebaran perkerasan dan biaya pada pelaksanaan jalan.

Adapun rumus yang digunakan :

$$R_c = \text{Radius lajur sebelah dalam} - \frac{1}{2} \text{ lebar perkerasan} + \frac{1}{2} b \dots\dots\dots(2.35)$$

$$B = \sqrt{(\sqrt{R_c^2 - 64} + 1,25)^2 + 64} - \sqrt{R_c^2 - 64} + 1,25 \dots\dots\dots(2.36)$$

$$Z = \frac{0,105 V}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots(2.37)$$

Dimana :

- b = lebar kendaraan rencana
- B = Iebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan di tikungan pada lajur sebelah dalam
- U = B-b
- C = lebar ketebasan sarnping di kiri dan kanan kendaraan
- Z = lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi di tikungan.
- Bn = lebar total perkerasan pada bagian lurus
- Bt = lebar total perkerasan di tikungan
- n = jumlah lajur
- Bt = n (B+C)+Z
- Δb = tambahan lebar perkerasan di tikungan
- Δb = Bt-Bn
- V = kecepatan, km/jam
- R = radius lengkung, m

2.3.7 Kebebasan Samping pada Tikungan

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandangan pengemudi dari halangan benda-benda di sisi jalan (daerah bebas samping). Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh M (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan jarak pandang dipenuhi. Jarak pandang henti (S_s) terdiri dari 2 (dua) elemen jarak, yaitu :

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

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

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

$$S_s = 0,278 \times V_R \times T + 0,039 \frac{V_R^2}{a} \dots\dots\dots(2.38)$$

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

$$S_s = 0,278 \times V_R \times T + \frac{V_R^2}{254 \left[\left(\frac{a}{9,81} \right) \pm G \right]} \dots\dots\dots(2.39)$$

Keterangan :

V_R = kecepatan rencana (km/jam)

T = waktu reaksi, ditetapkan 2,5 detik

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

G = kelandaian jalan (%)

Tabel 2.18 berisi S_s minimum yang dihitung berdasarkan rumus di atas dengan pembulatan-pembulatan untuk berbagai V_R .

Tabel 2.18 Jarak pandang henti (S_s) minimum

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

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

Tabel 2.19 berisi S_s minimum dengan kelandaian yang dihitung berdasarkan rumus di atas untuk berbagai V_R .

Tabel 2.19 Jarak panadang henti (S_s) minimum dengan kelandaian

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

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

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

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

$$M = R \left[1 - \cos \left(\frac{90 S_s}{\pi R} \right) \right] \dots \dots \dots (2.40)$$

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

$$M = R \left[1 - \cos \left(\frac{90 L_s}{\pi R} \right) \right] + 0,5(S_s - L_c) \sin \left(\frac{90 L_c}{\pi R} \right) \dots \dots \dots (2.41)$$

Keterangan :

- M = jarak yang diukur dari sumbu lajur dalam sampai obyek penghalang (m)
 R = jari-jari sumbu lajur dalam (m)
 S_s = jarak pandang henti (m)
 L_c = panjang tikungan (m)

2.3.8 Jarak Pandang

Jarak Pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. Dibedakan dua Jarak Pandang, yaitu Jarak Pandang Henti (Jh) dan Jarak Pandang Mendahului (Jd).

a. Jarak Pandang Henti (Jh)

- Jh adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik di sepanjang jalan harus memenuhi Jh.
- Jh diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan.
- Jh terdiri atas 2 elemen jarak, yaitu:
 1. Jarak tanggap (Jht) adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem; dan
 2. Jarak pengereman (Jhr) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

Jh dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus:

$$Jh = \frac{V_R}{3,6} T + \frac{(V_R/3,6)^2}{2gf} \dots\dots\dots(2.42)$$

Dimana :

V = kecepatan rencana (km/jam)

t = waktu reaksi atau waktu tanggap = 2,5 detik

g = percepatan gravitasi, ditetapkan $9,8 \text{ m/det}^2$

f = koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan $0,35 - 0,55$.

J_h minimum yang dihitung berdasarkan persamaan dengan pembulatan-pembulatan untuk berbagai V_r .

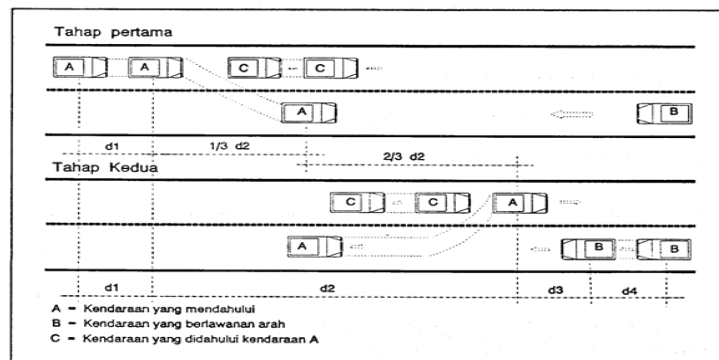
Tabel 2.14 Jarak Pandang Henti (J_h) Minimum

V_R (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
J_h Min (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

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

b. Jarak Pandang Mendahului (J_d)

- J_d adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula (Lihat Gambar 2.21).
- J_d diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm.



Gambar 2.21 Jarak Pandang Mendahului

J_d , dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut:

$$d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots \dots \dots (2.43)$$

Dimana :

d_1 = Jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m).

- d2 = Jarak ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m).
- d3 = Jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m).
- d4 = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah yang berlawanan, yang besarnya diambil sama dengan $\frac{2}{3} d2$ (m).

Jd yang sesuai dengan V_r ditetapkan dari Tabel 2.15

Tabel 2.15 Panjang Minimum Jarak Mendahului

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

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

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

2.3.9 Penentuan *Stasioning*

Penomoran (*Stasioning*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan ini sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Nomor jalan (STA Jalan) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenal lokasi suatu tempat. Di samping itu dari penomoran jalan tersebut diperoleh informasi tentang panjang jalan secara keseluruhan. Setiap STA jalan dilengkapi dengan gambar potongan melintangnya. (Silvia Sukirman, 2000).

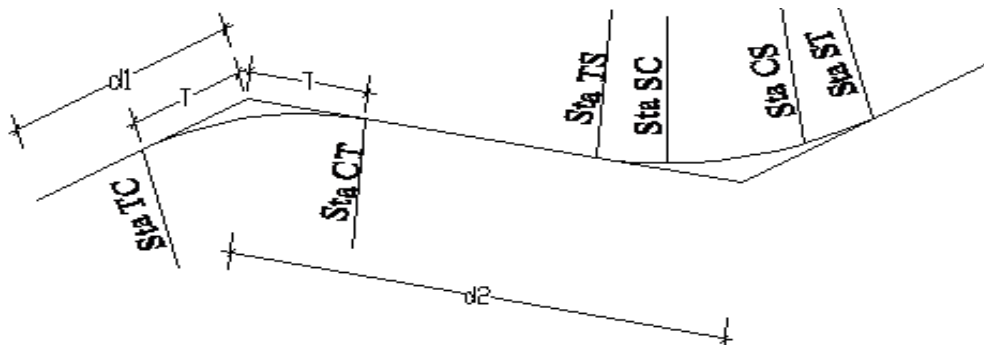
Patok km berupa patok permanen yang dipasang dengan ukuran standar yang berlaku, sedangkan patok STA merupakan patok sementara selama masa pelaksanaan proyek jalan tersebut.

Untuk Penomoran STA Jalan dimulai dari 9+510 berarti lokasi jalan terletak pada jarak 9 km dan 510 m dari awal pekerjaan. Jika tidak terjadi perubahan arah tangen pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal, maka penomoran selanjutnya dilakukan :

- a. Setiap 100 m, untuk daerah datar

- b. Setiap 50 m, untuk daerah bukit
- c. Setiap 25 m, untuk daerah gunung

Pada tikungan penomoran dilakukan pada setiap titik penting, jadi terdapat STA titik TC, dan STA titik CT pada tikungan jenis lingkaran sederhana. STA titik TS, STA titik SC, STA titik CS, dan STA titik ST pada tikungan jenis spiral – busur lingkaran, dan *spiral*



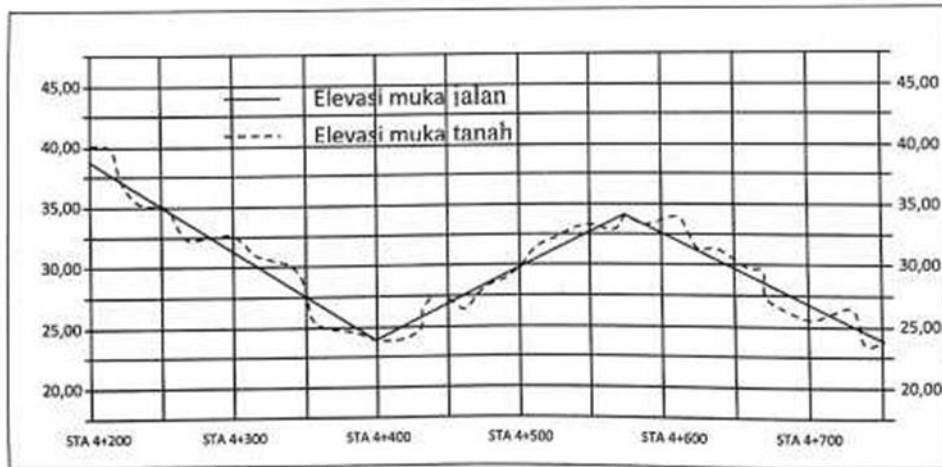
Gambar 2.22 Sistem Penomoran Stationing Jalan (Silvia Sukirman, 2000)

2.4 Alinyemen Vertikal

Alinyemen Vertikal didefinisikan sebagai proyeksi sumbu jalan pada bidang vertikal, berbentuk penampang memanjang jalan. Alinyemen vertikal disebut juga penampang memanjang atau profil jalan.

Desainer perlu menetapkan desain alinyemen vertikal sebagai transisi antara elevasi jalan diantara dua buah kelandaian. Secara umum dibedakan antara lengkung vertikal cembung dan lengkung vertikal cekung.

Permukaan jalan terdiri dari bagian lurus yang disebut bagian tangen vertikal dan bagian lengkung yang disebut lengkung vertikal jalan/lengkung vertikal.



Gambar 2.23 Bentuk Alinyement Vertikal

2.4.1 Kelandaian

Untuk merencanakan dan menghitung lengkung vertikal, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan sebagai berikut :

a. Kelandaian minimum

Kelandaian minimum jalan diperlukan untuk kepentingan drainase jalan (*surface drain*), agar supaya secepatnya air hujan dapat mengalir kesaluran samping, sehingga tidak terjadi genangan pada permukaan jalan. Genangan ini selain akan merusak lapis perkerasan, juga akan menurunkan tingkat keselamatan kendaraan yang melalui ruas tersebut.

Perencana perlu mempertimbangkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Landai datar (0%) untuk jalan tanpa kerb dan terletak diatas tanah timbunan. Pada kondisi ini lereng melintang jalan cukup untuk mengalirkan air diatas perkerasan jalan kemudian ke talud.
2. Landai 0,30 – 0,50 % untuk jalan yang menggunakan kerb dan terletak diatas tanah timbunan. kerb yang digunakan sebaiknya kerb dengan saluran.

b. Kelandaian maksimal

Kelandaian maksimal adalah kelandaian yang memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Di asumsikan untuk truk yang bermuatan penuh dengan penurunan kecepatan masih lebih atau sama dengan 50 % dari kecepatan awal.

Tabel 2.16 Landai maksimum menurut Bina Marga, 1997

Kecepatan Rencana (V_R) (km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40
Landai Maksimum (%)	3	3	4	5	8	9	10	10

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

AASHTO membatasi kelandaian maksimum 5% untuk kecepatan rencana 110 Km/jam, dan 7 – 12 % untuk kecepatan rencana 50 Km/jam. Kelandaian maksimum dipengaruhi oleh kondisi medan dimana jalan tersebut berada, dibedakan berdasarkan kemiringan medan yang diukur tegak lurus sumbu jalan dan dibedakan antara medan datar, perbukitan dan pergunungan.

c. Panjang Kritis

Panjang kritis adalah panjang landai maksimum yang harus ada untuk memepertahankan kecepatan sehingga penurunan kecepatan kurang dari atau sama dengan 50 % dari kecepatan rencana selama satu menit.

Landai maksimum saja belum merupakan faktor penentu dalam desain alinyemen vertikal, karena landai dengan jarak yang pendek memberikan pengaruh yang berbeda dibandingkan dengan landai yang sama tetapi dengan jarak yang lebih panjang. Bina Marga memberikan rujukan dalam menentukan panjang landai kritis.

Tabel 2.17 Panjang Kritis (m)

Kelandaian (%)						
4	5	6	7	8	9	10
600	450	350	300	250	230	200

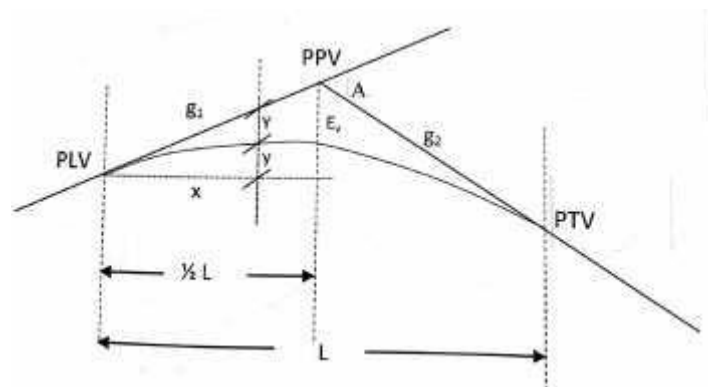
(Sumber : Bina Marga 2021)

2.4.2 Lengkung Vertikal

Pergantian dari satu kelandaian ke kelandaian yang lain dilakukan dengan menggunakan lengkung vertikal. Titik perpotongan dua bagian *tangent* vertikal dinamakan Titik Perpotongan Vertikal (TPV), dikenal dengan nama *Point of Vertical Intersection* (PVI) atau sering disebut Poin Perpotongan Vertikal (PPV).

Lengkung Vertikal berbentuk lengkung parabola sederhana. Penentuan panjang lengkung vertikal dan elevasi setiap titik pada lengkung digunakan asumsi sebagai berikut :

- Panjang lengkung vertikal sama dengan panjang proyeksi lengkung vertikal.
- Titik PPV terletak di tengah-tengah garis proyeksi lengkung vertikal.



Gambar 2.24 Lengkung Vertikal

Dimana :

Titik PLV = Titik Permulaan Lengkung Vertikal.

Titik PTV = Titik Permulaan Tangen Vertikal.

L = Panjang Proyeksi Lengkung Vertikal.
= Panjang Lengkung Vertikal (asumsi).

g_1 = Kelandaian bagian *tangent* vertikal sebelah kiri. %

g_2 = Kelandaian bagian *tangent* vertikal sebelah kanan, %

A = Perbedaan aljabar landai, dinyatakan dalam persen = $g_1 - g_2$

E_v = Pergeseran vertikal titik PPV terhadap lengkung vertikal.

Persamaan Parabola :

$$Y = Ax^2 / 200 L \dots\dots\dots(2.44)$$

Dengan menggunakan Persamaan (2.37) dan memperhatikan kelandaian, maka elevasi permukaan pada setiap titik pada lengkung vertikal dapat ditentukan :

Pada titik PPV : $E_v = \frac{A \times L}{800} \dots\dots\dots(2.45)$

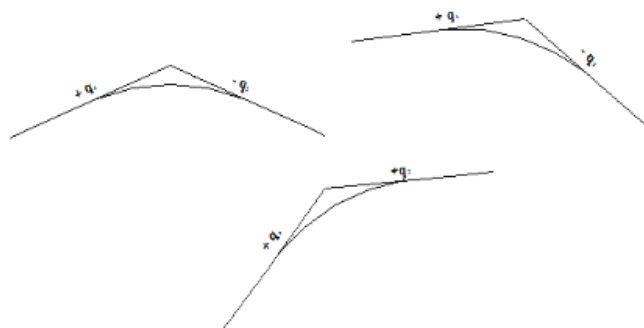
Untuk : $x = \frac{1}{2} L$; $y = E_v$.

E_v bernilai positif menunjukkan lengkung vertikal cembung karena titik PPV terletak diatas lengkung vertikal. E_v bernilai negatif menunjukkan lengkung vertikal cekung karena titik PPV terletak dibawah lengkung.

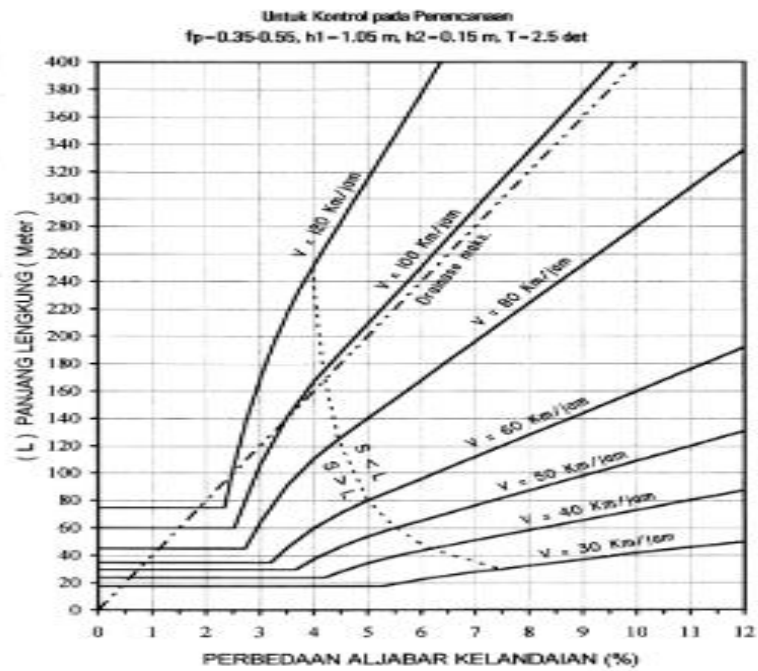
a. Lengkung Vertikal Cembung

Lengkung Vertikal Cembung, adalah lengkung dimana titik PPV berada diatas permukaan jalan. Lengkung Vertikal Cembung dirancang berbentuk parabola, sedangkan panjang lengkung ditentukan dengan memperhatikan hal hal sebagai berikut :

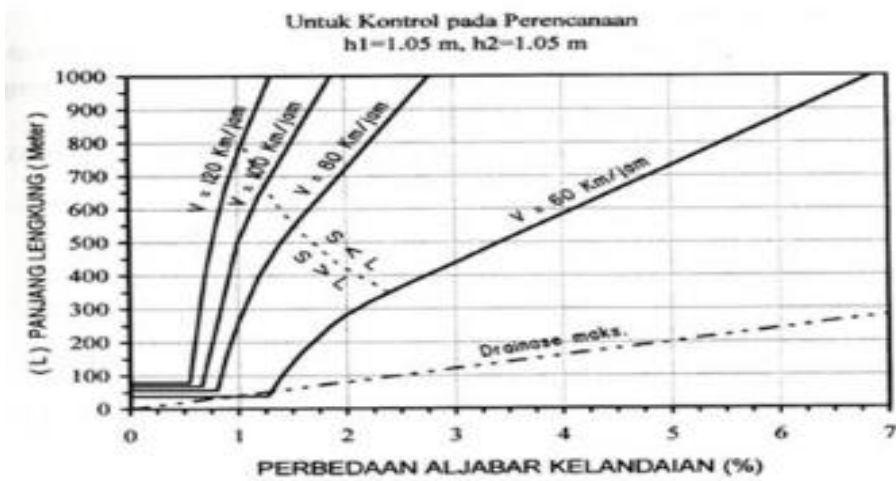
1. Jarak pandang
2. Drainase
3. Kenyamanan



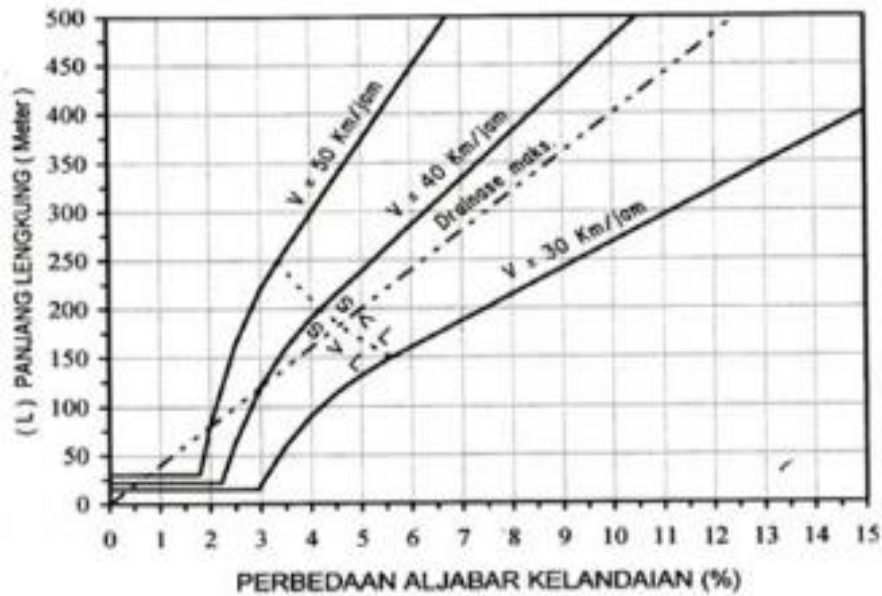
Gambar 2.25 Alinyement Vertikal Cembung



Gambar 2.26 Grafik panjang lengkung vertikal cembung



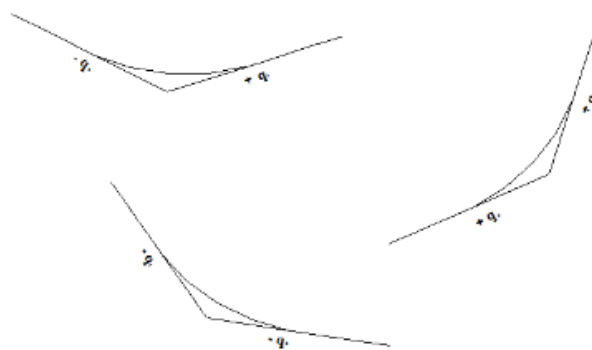
Gambar 2.27 Grafik panjang lengkung vertikal cembung berdasarkan jarak pandang henti



Gambar 2.28 Grafik panjang lengkung vertikal cembung berdasarkan jarak pandang henti

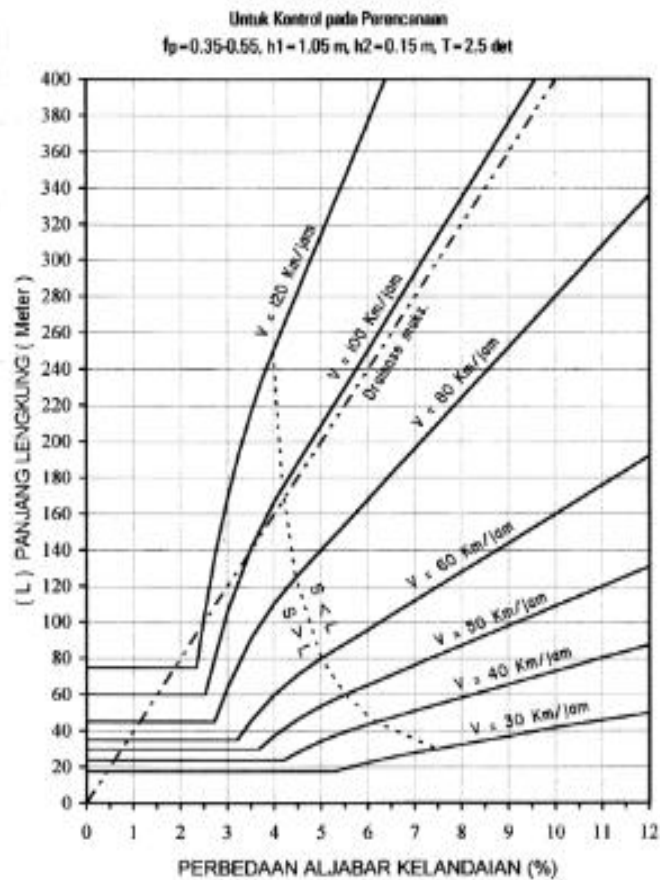
b. Lengkung Vertikal Cekung

Lengkung vertikal cekung adalah lengkung dimana titik PPV berada dibawah permukaan jalan.



Gambar 2.29 Alinyement Vertikal Cekung

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandangan pada waktu malam hari dan syarat drainase.



Gambar 2.30 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

2.5 Perencanaan Tebal Perkerasan

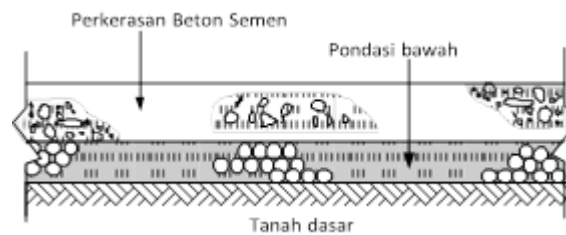
2.5.1 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku (*rigid pavement*) adalah perkerasan yang terdiri dari pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan dan menerus dengan tulangan terletak diatas lapisan pondasi bawah tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal.

Perkerasan beton semen dibedakan ke dalam 4 jenis :

1. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan
2. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan
3. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan
4. Perkerasan beton semen pra-tegang

Jenis perkerasan beton semen pra-tegang tidak dibahas dalam pedoman ini. Perkerasan beton semen adalah struktur yang terdiri atas pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan, terletak di atas lapis pondasi bawah atau tanah dasar, tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal. Struktur perkerasan beton semen secara tipikal sebagaimana terlihat pada Gambar 2.34 dibawah ini.



Gambar 2.31 Tipikal Perkerasan Beton Semen

Pada perkerasan beton semen, daya dukung perkerasan terutama diperoleh dari pelat beton. Sifat, daya dukung dan keseragaman tanah dasar sangat mempengaruhi keawetan dan kekuatan perkerasan beton semen. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan adalah kadar air pemadatan, kepadatan dan perubahan kadar air selama masa pelayanan.

Lapis pondasi bawah pada perkerasan beton semen adalah bukan merupakan bagian utama yang memikul beban, tetapi merupakan bagian yang berfungsi sebagai berikut :

1. Mengendalikan pengaruh kembang susut tanah dasar.
2. Mencegah intrusi dan pemompaan pada sambungan, retakan dan tepi-tepi pelat.
3. Memberikan dukungan yang mantap dan seragam pada pelat.
4. Sebagai perkerasan lantai kerja selama pelaksanaan.

Pelat beton semen mempunyai sifat yang cukup kaku serta dapat menyebarkan beban pada bidang yang luas dan menghasilkan tegangan yang rendah pada lapisan-lapisan di bawahnya.

Bila diperlukan tingkat kenyamanan yang tinggi, permukaan perkerasan beton semen dapat dilapisi dengan lapis campuran beraspal setebal 5 cm.

2.5.2 Persyaratan Teknis perencanaan Perkerasan Kaku

Terdapat beberapa persyaratan dalam merencanakan perkerasan kaku, Menurut Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen 2003, 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 %.

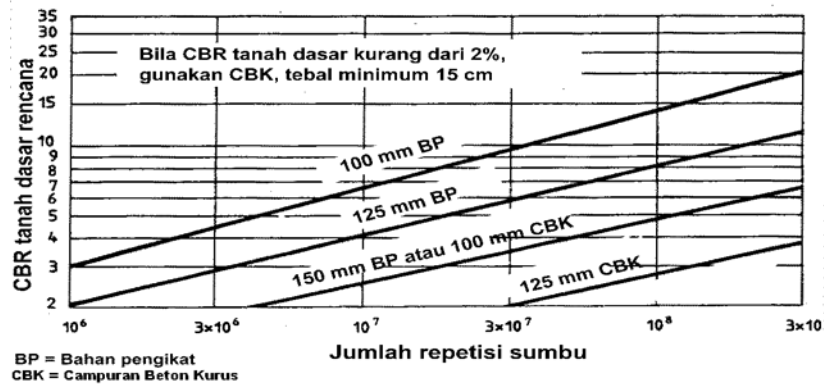
b. Pondasi Bawah

Bahan pondasi bawah dapat berupa :

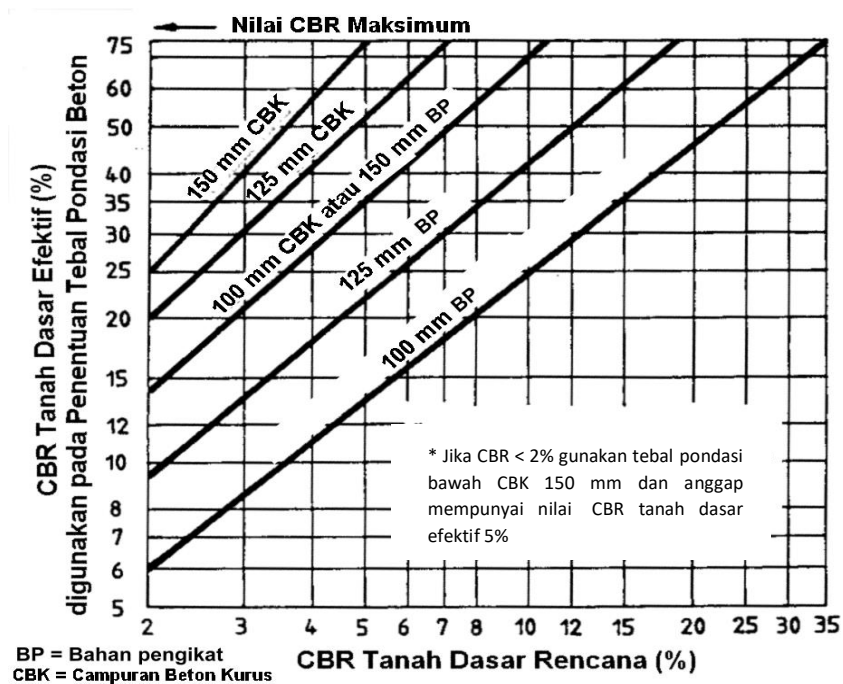
1. Bahan berbutir.
2. Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (*Lean Rolled Concrete*)
3. Campuran beton kurus (*Lean-Mix Concrete*).

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 2.32 dan CBR tanah dasar efektif didapat dari Gambar 2.33



Gambar 2.32 Tebal Pondasi bawah minimum untuk perkerasan beton semen



Gambar 2.33 CBR Tanah dasar efektif dan tebal pondasi bawah

1. Pondasi Bawah material berbutir

Material berbutir tanpa pengikat harus memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI-03-6388- 2000. Persyaratan dan gradasi pondasi bawah harus sesuai dengan kelas B. Sebelum pekerjaan dimulai, bahan pondasi bawah harus diuji gradasinya dan harus memenuhi spesifikasi bahan untuk pondasi bawah, dengan penyimpangan ijin 3% - 5%. Ketebalan minimum lapis pondasi bawah untuk tanah dasar dengan CBR minimum

5% adalah 15 cm. Derajat kepadatan lapis pondasi bawah minimum 100 %, sesuai dengan SNI 03-1743-1989.

2. Pondasi bawah dengan bahan pengikat (*Bound Sub-base*)

Pondasi bawah dengan bahan pengikat (BP) dapat digunakan salah satu dari :

- a. Stabilisasi material berbutir dengan kadar bahan pengikat yang sesuai dengan hasil perencanaan, untuk menjamin kekuatan campuran dan ketahanan terhadap erosi. Jenis bahan pengikat dapat meliputi semen, kapur, serta abu terbang dan/atau slag yang dihaluskan.
- b. Campuran beraspal bergradasi rapat (*dense-graded asphalt*).
- c. Campuran beton kurus giling padat yang harus mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5 MPa (55 kg/cm²).

3. Pondasi Bawah dengan Campuran beton kurus (*Lean-Mix Concrete*)

Campuran Beton Kurus (CBK) harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum 5 MPa (50 kg/cm²) tanpa menggunakan abu terbang, atau 7 MPa (70 kg/cm²) bila menggunakan abu terbang, dengan tebal minimum 10 cm.

4. Lapis Pemecah Ikatan Pondasi Bawah dan pelat

Perencanaan ini didasarkan bahwa antara pelat dengan pondasi bawah tidak ada ikatan. Jenis pemecah ikatan dan koefisien geseknya dapat dilihat pada Tabel 2.18.

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 ikat	1,5
3	Karet kompon (<i>A chlorinated rubber curing compound</i>)	2,0

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton semen, Pd T-14-2003)

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 (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal sekitar 3-5 MPa (30-50 kg/cm²). Kuat tarik lentur beton yang diperkuat dengan bahan serat penguat seperti serat baja, aramit atau serat karbon, harus mencapai kuat tarik lentur 5-5,5 MPa (50-55 kg/cm²). Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 MPa (2,5 kg/cm²) terdekat.

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

$$f_{cf} = K (f_c')^{0,50} \text{ dalam MPa atau}$$

$$f_{cf} = 3,13 K (f_c')^{0,50} \text{ dalam kg/cm}^2$$

Dengan pengertian :

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.

Kuat tarik lentur dapat juga ditentukan dari hasil uji kuat tarik belah beton yang dilakukan menurut SNI 03-2491-1991 sebagai berikut :

$$f_{cf} = 1,37.f_{cs}, \text{ dalam MPa atau } f_{cf} = 13,44.f_{cs}, \text{ dalam kg/cm}^2$$

Dengan pengertian :

f_{cs} : kuat tarik belah beton 28 hari

Beton dapat diperkuat dengan serat baja (*steel-fibre*) untuk meningkatkan kuat tarik lenturnya dan mengendalikan retak pada pelat khususnya untuk bentuk tidak lazim. Serat baja dapat digunakan pada campuran beton, untuk jalan plaza tol, putaran dan perhentian bus. Panjang serat baja antara 15 mm dan 50 mm yang bagian ujungnya melebar sebagai angker dan/atau sekrup penguat untuk meningkatkan ikatan. Secara tipikal serat dengan panjang antara 15 dan 50 mm dapat ditambahkan ke dalam adukan beton, masing-masing sebanyak 75 dan 45 kg/m³. Semen yang akan digunakan untuk pekerjaan beton harus dipilih dan sesuai dengan lingkungan dimana perkerasan akan dilaksanakan.

2.5.3 Lalu Lintas Untuk Perkerasan Kaku

Penentuan beban lalu-lintas rencana untuk perkerasan beton semen, dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (*commercial vehicle*), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana.

Lalu-lintas harus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalu-lintas dan konfigurasi sumbu, menggunakan data terakhir atau data 2 tahun terakhir. Kendaraan yang ditinjau untuk perencanaan perkerasan beton semen adalah yang mempunyai berat total minimum 5 ton.

Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri atas 4 jenis kelompok sumbu sebagai berikut :

1. Sumbu tunggal roda tunggal (STRT).
2. Sumbu tunggal roda ganda (STRG).
3. Sumbu tandem roda ganda (STdRG).
4. Sumbu tridem roda ganda (STrRG).

a. Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi

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

Tabel 2.19 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien distribusi (C) Kendaraan niaga pada lajur rencana

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

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton semen, Pd T-14-2003)

b. Umur Rencana

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

c. Pertumbuhan Lalu Lintas

Volume lalu-lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai tahap di mana kapasitas jalan dicapai dengan faktor pertumbuhan lalu-lintas yang dapat ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{e \log(1+i)} \dots \dots \dots (2.46)$$

Dengan pengertian :

R : Faktor pertumbuhan lalu lintas

i : Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %.

UR : Umur rencana (tahun)

Faktor pertumbuhan lalu-lintas (R) dapat juga ditentukan berdasarkan Tabel 2.20

Tabel 2.20 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%)

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, Pd T-14-2003)

Apabila setelah waktu tertentu (UR_m tahun) pertumbuhan lalu-lintas tidak terjadi lagi, maka R dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$R = \frac{(1+i)^{UR}}{i} + (UR - UR_m)\{(1+i)^{UR_m} - 1\} \dots\dots\dots(2.47)$$

Dengan pengertian :

R : Faktor pertumbuhan lalu lintas

i : Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %.

UR_m : Waktu tertentu dalam tahun, sebelum UR selesai.

(*Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003*).

d. Lalu Lintas Rencana

Lalu-lintas rencana adalah jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan.

Beban pada suatu jenis sumbu secara tipikal dikelompokkan dalam interval 10 kN (1 ton) bila diambil dari survai beban. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut :

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C$$

Dengan pengertian :

$JSKN$: Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana .

$JSKNH$: Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari pada saat jalan dibuka.

R : Faktor pertumbuhan komulatif

C : Koefisien distribusi kendaraan

e. Faktor Keamanan Beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (FKB). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya berbagai tingkat realibilitas perencanaan seperti terlihat pada Tabel 2.21.

Tabel 2.21 Faktor Keamanan Beban (FKB)

No.	Penggunaan	Nilai FKB
1	Jalan bebas hambatan utama (<i>major freeway</i>) dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu lintas dari hasil survey beban (<i>weight-in-motion</i>) dan adanya kemungkinan <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, Pd T-14-2003)

2.5.4 Sambungan

Terdapat beberapa Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk :

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

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan antara lain :

- 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 :

$$A_t = 204 \times b \times h \dots\dots\dots(2.48)$$

$$l = (38,3 \times \phi) + 75 \dots\dots\dots(2.49)$$

Dengan pengertian :

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

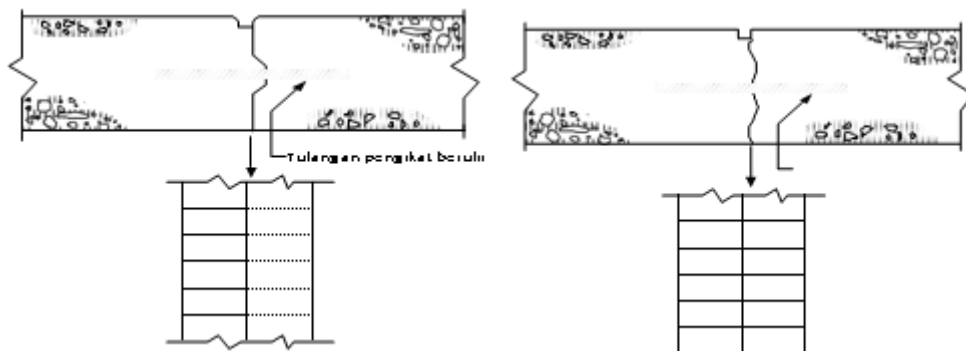
b = Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m).

h = Tebal pelat (m).

l = Panjang batang pengikat (mm).

ϕ = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm).

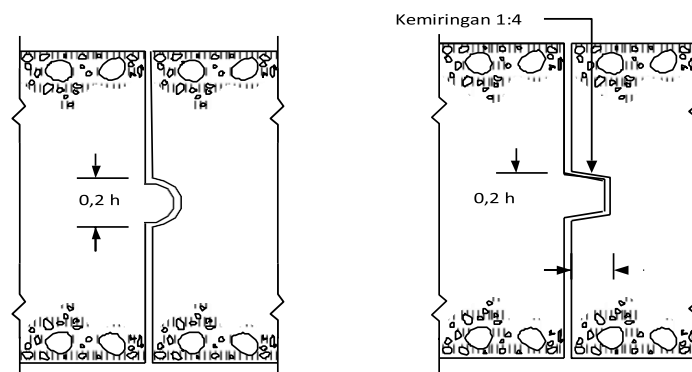
Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm. Tipikal sambungan memanjang diperlihatkan pada Gambar 2.34.



Gambar 2.34 Tipikal Sambungan Memanjang

2. Sambungan pelaksanaan memanjang

Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dilakukan dengan cara penguncian. Bentuk dan ukuran penguncian dapat berbentuk trapesium atau setengah lingkaran sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 2.35.



Gambar 2.35 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 Pelaksanaan Melintang

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

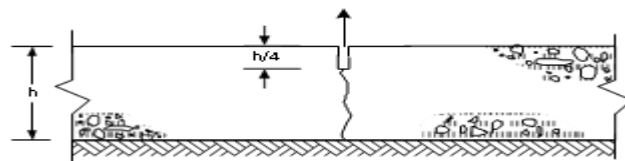
5. Sambungan Susut Melintang

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen. 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 pada saat pelat beton menyusut. Setengah panjang ruji polos harus dicat atau dilumuri dengan bahan anti lengket untuk menjamin tidak ada ikatan dengan beton. Diameter ruji tergantung pada tebal pelat beton sebagaimana terlihat pada Tabel 2.22 Diameter ruji

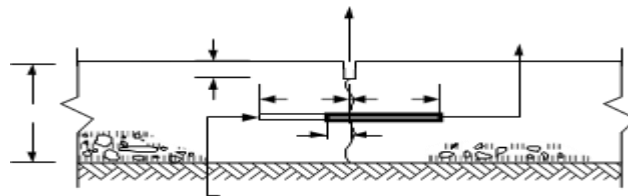
Tabel 2.22 Diameter Ruji

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, Pd T-14-2003)



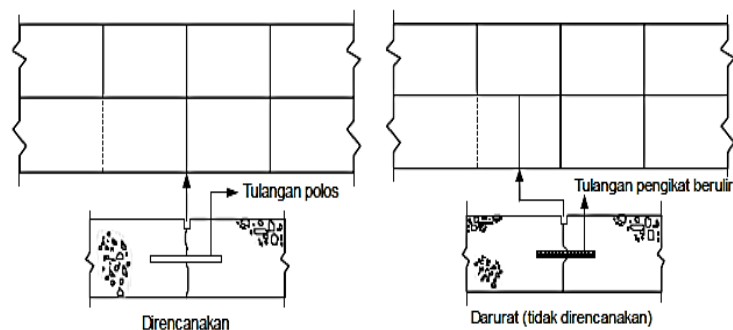
Gambar 2.36 Sambungan Susut Melintang Tanpa Ruji



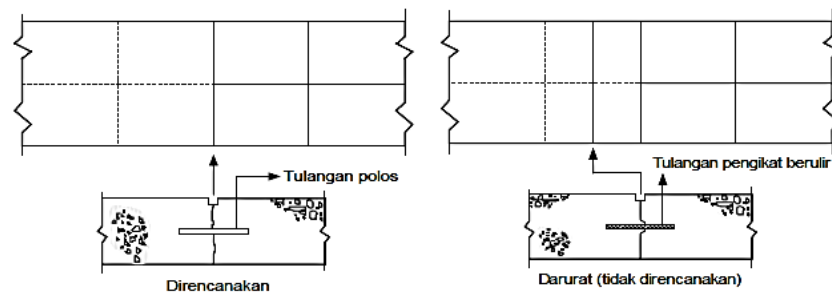
Gambar 2.37 Sambungan Susut Melintang Dengan Ruji

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 di tengah tebal pelat.



Gambar 2.38 Sambungan Pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran perlajur



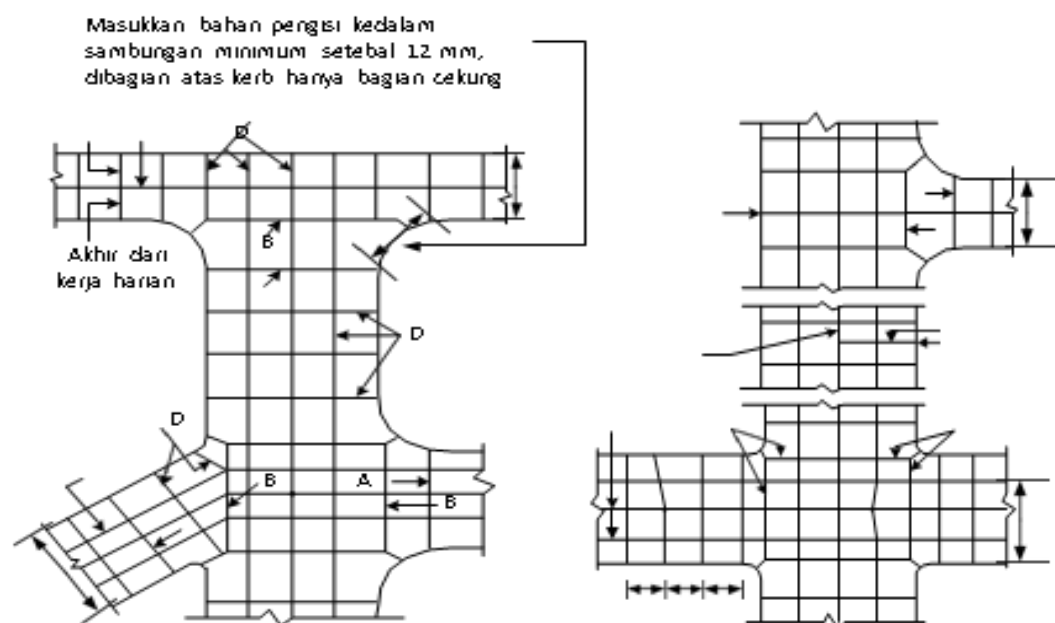
Gambar 2.39 Sambungan Pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan

7. Sambungan isolasi

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

8. Penutup Sambungan

Penutup sambungan dimaksudkan untuk mencegah masuknya air dan atau benda lain ke dalam sambungan perkerasan. Benda-benda lain yang masuk ke dalam sambungan dapat menyebabkan kerusakan berupa gompal dan atau pelat beton yang saling menekan ke atas (*blow up*).



Gambar 2.40 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

(Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

2.5.5 Perencanaan Tebal Pelat

Tebal pelat taksiran dipilih dan total fatik serta kerusakan erosi dihitung berdasarkan komposisi lalu-lintas selama umur rencana. Jika kerusakan fatik atau erosi lebih dari 100%, tebal taksiran dinaikan dan proses perencanaan diulangi. Tebal rencana adalah tebal taksiran yang paling kecil yang mempunyai total fatik dan atau total kerusakan erosi lebih kecil atau sama dengan 100%. Langkah-langkah perencanaan tebal pelat diperlihatkan pada Tabel 2.23.

Tabel 2.23 Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi Untuk perkerasan tanpa Bahu Beton

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
						Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
		STRT	STRG	STdRG	STRRG	STRT	STRG	STdRG	STRRG	STRT	STRG	STdRG	STRRG
150	5	1,7	2,72	2,25	1,68	2,8	3,4	3,50	3,55	2,6	3,21	3,3	3,37
150	10	1,62	2,56	2,09	1,58	2,79	3,39	3,46	3,5	2,59	3,2	3,28	3,32
150	15	1,59	2,48	2,01	1,53	2,78	3,38	3,44	3,47	2,59	3,2	3,27	3,3
150	20	1,56	2,43	1,97	1,51	2,77	3,37	3,43	3,46	2,59	3,19	3,26	3,29
150	25	1,54	2,37	1,92	1,48	2,77	3,37	3,42	3,44	2,59	3,19	3,25	3,28
150	35	1,49	2,28	1,82	1,43	2,76	3,36	3,39	3,4	2,58	3,18	3,23	3,25
150	50	1,43	2,15	1,73	1,4	2,74	3,34	3,36	3,37	2,57	3,17	3,21	3,22
150	75	1,38	2,02	1,64	1,36	2,72	3,32	3,33	3,32	2,56	3,16	3,19	3,19
160	5	1,54	2,49	2,06	1,55	2,72	3,32	3,43	3,47	2,52	3,12	3,22	3,3
160	10	1,47	2,34	1,92	1,44	2,71	3,31	3,39	3,43	2,51	3,11	3,2	3,26
160	15	1,44	2,26	1,84	1,39	2,7	3,3	3,37	3,41	2,61	3,11	3,19	3,24
160	20	1,41	2,22	1,8	1,37	2,69	3,29	3,36	3,4	2,5	3,1	3,18	3,23
160	25	1,39	2,17	1,76	1,34	2,69	3,29	3,35	3,38	2,5	3,1	3,17	3,21
160	35	1,34	2,07	1,87	1,29	2,68	3,28	3,32	3,34	2,49	3,09	3,15	3,18
160	50	1,3	1,96	1,58	1,25	2,66	3,26	3,28	3,3	2,49	3,09	3,13	3,15
160	75	1,24	1,85	1,49	1,23	2,64	3,24	3,26	3,25	2,48	3,08	3,12	3,12
170	5	1,41	2,27	1,93	1,44	2,64	3,24	3,37	3,43	2,44	3,04	3,15	3,24
170	10	1,34	2,14	1,78	1,33	2,62	3,22	3,33	3,38	2,43	3,03	3,13	3,2
170	15	1,31	2,07	1,71	1,28	2,62	3,22	3,31	3,35	2,43	3,03	3,12	3,18
170	20	1,29	2,03	1,67	1,26	2,61	3,21	3,3	3,34	2,42	3,02	3,11	3,17
170	25	1,27	1,99	1,63	1,23	2,61	3,21	3,28	3,32	2,42	3,02	3,1	3,15
170	35	1,23	1,9	1,54	1,18	2,6	3,2	3,25	3,28	2,41	3,01	3,08	3,12
170	50	1,19	1,81	1,46	1,14	2,58	3,18	3,22	3,24	2,4	3,01	3,06	3,08
170	75	1,14	1,7	1,37	1,1	2,57	3,17	3,19	3,19	2,4	3	3,04	3,05
180	5	1,29	2,1	1,81	1,35	2,57	3,17	3,33	3,37	2,36	2,97	3,09	3,2
180	10	1,23	1,98	1,66	1,24	2,55	3,15	3,28	3,32	2,35	2,96	3,07	3,15
180	15	1,2	1,92	1,59	1,19	2,55	3,15	3,25	3,29	2,35	2,96	3,05	3,12
180	20	1,18	1,88	1,55	1,17	2,54	3,14	3,24	3,28	2,35	2,95	3,04	3,11
180	25	1,16	1,84	1,51	1,14	2,54	3,14	3,23	3,26	2,35	2,95	3,03	3,09
180	35	1,12	1,76	1,43	1,09	2,53	3,13	3,2	3,22	2,34	2,94	3,01	3,06
180	50	1,09	1,67	1,35	1,05	2,51	3,11	3,17	3,19	2,33	2,93	2,99	3,02
180	75	1,03	1,57	1,26	1,01	2,49	3,1	3,13	3,14	2,32	2,92	2,97	2,99
190	5	1,19	1,95	1,69	1,27	2,5	3,11	3,28	3,32	2,29	2,9	3,03	3,15
190	10	1,13	1,84	1,55	1,16	2,48	3,09	3,23	3,27	2,28	2,89	3	3,1
190	15	1,1	1,78	1,49	1,11	2,48	3,08	3,2	3,24	2,28	2,88	2,98	3,07
190	20	1,09	1,75	1,45	1,09	2,47	3,07	3,19	3,23	2,27	2,88	2,98	3,06
190	25	1,07	1,71	1,41	1,06	2,47	3,07	3,17	3,21	2,27	2,88	2,97	3,04
190	35	1,03	1,63	1,33	1,01	2,46	3,06	3,14	3,17	2,26	2,87	2,95	3
190	50	1	1,55	1,26	0,97	2,44	3,04	3,1	3,14	2,26	2,86	2,93	2,97
190	75	0,96	1,46	1,17	0,91	2,43	3,03	3,07	3,09	2,25	2,85	2,91	2,93
200	5	1,1	1,81	1,6	1,2	2,44	3,04	3,23	3,27	2,23	2,83	2,97	3,1
200	10	1,05	1,7	1,46	1,1	2,42	3,02	3,18	3,22	2,22	2,82	2,95	3,05
200	15	1,02	1,65	1,4	1,05	2,42	3,02	3,15	3,19	2,22	2,82	2,93	3,02
200	20	1,01	1,62	1,36	1,02	2,41	3,01	3,14	3,18	2,21	2,81	2,92	3,01
200	25	0,99	1,59	1,33	0,99	2,4	3,01	3,12	3,16	2,21	2,81	2,91	2,99
200	35	0,96	1,52	1,25	0,94	2,39	3	3,09	3,12	2,2	2,8	2,89	2,95
200	50	0,92	1,44	1,18	0,89	2,38	2,98	3,06	3,09	2,19	2,79	2,87	2,92
200	75	0,89	1,36	1,1	0,84	2,36	2,96	3	3,04	2,18	2,78	2,85	2,88
210	5	1,02	1,69	1,5	1,14	2,38	2,99	3,18	3,23	2,17	2,77	2,92	3,06
210	10	0,97	1,59	1,38	1,04	2,36	2,97	3,13	3,18	2,16	2,76	2,89	3,01
210	15	0,94	1,54	1,32	0,99	2,36	2,96	3,1	3,15	2,15	2,75	2,87	2,98
210	20	0,93	1,51	1,28	0,96	2,35	2,95	3,09	3,13	2,14	2,75	2,87	2,96
210	25	0,92	1,48	1,25	0,93	2,34	2,95	3,07	3,11	2,14	2,75	2,86	2,94
210	35	0,89	1,41	1,18	0,88	2,33	2,94	3,04	3,07	2,13	2,74	2,84	2,9
210	50	0,86	1,35	1,11	0,83	2,32	2,92	3,01	3,04	2,13	2,73	2,81	2,86
210	75	0,82	1,27	1,03	0,78	2,3	2,9	2,95	2,98	2,12	2,72	2,79	2,83

STRT: Sumbu Tunggal Roda Tunggal; STRG: Sumbu Tunggal Roda Ganda; STdRG: Sumbu Tandem Roda Ganda; STRRG: Su

TebalSlab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
		STRT	STRG	STdRG	STRRG	Tanpa Ruj				Dengan Ruj/Beton Bertulang			
						STRT	STRG	STdRG	STRRG	STRT	STRG	STdRG	STRRG
220	5	0,94	1,58	1,42	1,08	2,33	2,93	3,14	3,19	2,11	2,71	2,87	3,02
220	10	0,9	1,49	1,3	0,98	2,31	2,91	3,09	3,13	2,1	2,7	2,84	2,96
220	15	0,88	1,44	1,25	0,93	2,3	2,9	3,06	3,1	2,09	2,69	2,82	2,93
220	20	0,87	1,42	1,22	0,91	2,29	2,89	3,05	3,09	2,08	2,69	2,81	2,92
220	25	0,85	1,39	1,18	0,88	2,29	2,89	3,03	3,07	2,08	2,69	2,8	2,9
220	35	0,82	1,33	1,11	0,83	2,28	2,88	2,99	3,03	2,07	2,68	2,78	2,86
220	50	0,79	1,27	1,04	0,79	2,26	2,88	2,96	3	2,07	2,67	2,76	2,83
220	75	0,76	1,19	0,97	0,73	2,24	2,85	2,92	2,95	2,06	2,68	2,72	2,78
230	5	0,88	1,49	1,35	1,03	2,28	2,88	3,1	3,14	2,05	2,65	2,82	2,98
230	10	0,84	1,41	1,24	0,94	2,26	2,86	3,05	3,09	2,04	2,64	2,79	2,92
230	15	0,82	1,38	1,19	0,89	2,25	2,85	3,02	3,06	2,03	2,64	2,77	2,89
230	20	0,81	1,34	1,16	0,87	2,24	2,84	3	3,05	2,03	2,63	2,76	2,88
230	25	0,8	1,31	1,12	0,84	2,23	2,83	2,98	3,03	2,03	2,63	2,75	2,86
230	35	0,77	1,25	1,05	0,78	2,21	2,81	2,94	2,99	2,02	2,62	2,73	2,82
230	50	0,74	1,19	0,99	0,74	2,2	2,8	2,91	2,95	2,01	2,61	2,7	2,78
230	75	0,71	1,12	0,91	0,7	2,19	2,79	2,86	2,91	2	2,6	2,68	2,74
240	5	0,82	1,4	1,29	0,98	2,23	2,83	3,06	3,11	1,99	2,6	2,78	2,94
240	10	0,79	1,32	1,18	0,89	2,21	2,81	3,01	3,05	1,98	2,59	2,74	2,88
240	15	0,77	1,28	1,13	0,85	2,2	2,8	2,98	3,02	1,98	2,58	2,72	2,85
240	20	0,76	1,26	1,1	0,83	2,19	2,79	2,96	3,01	1,97	2,57	2,72	2,84
240	25	0,75	1,23	1,06	0,8	2,18	2,78	2,94	2,99	1,97	2,57	2,71	2,82
240	35	0,72	1,17	0,99	0,74	2,17	2,76	2,9	2,95	1,96	2,56	2,69	2,78
240	50	0,69	1,12	0,94	0,7	2,15	2,75	2,88	2,91	1,95	2,55	2,66	2,74
240	75	0,67	1,05	0,86	0,66	2,13	2,74	2,83	2,88	1,94	2,54	2,63	2,69
250	5	0,77	1,33	1,23	0,94	2,18	2,78	3,02	3,07	1,94	2,54	2,73	2,9
250	10	0,74	1,25	1,12	0,86	2,16	2,76	2,97	3,01	1,93	2,53	2,7	2,85
250	15	0,72	1,21	1,07	0,81	2,15	2,75	2,94	2,98	1,93	2,53	2,68	2,82
250	20	0,71	1,18	1,04	0,79	2,14	2,74	2,93	2,97	1,92	2,52	2,67	2,8
250	25	0,7	1,16	1,01	0,76	2,13	2,73	2,91	2,95	1,92	2,52	2,66	2,78
250	35	0,68	1,11	0,95	0,71	2,12	2,71	2,87	2,91	1,91	2,51	2,64	2,74
250	50	0,65	1,06	0,89	0,67	2,1	2,7	2,83	2,88	1,9	2,5	2,61	2,7
250	75	0,63	0,99	0,82	0,61	2,08	2,69	2,79	2,83	1,89	2,49	2,59	2,65
260	5	0,73	1,26	1,18	0,9	2,13	2,73	2,99	3,03	1,89	2,49	2,69	2,87
260	10	0,7	1,18	1,08	0,82	2,11	2,71	2,93	2,98	1,88	2,48	2,66	2,81
260	15	0,68	1,15	1,03	0,78	2,1	2,7	2,9	2,95	1,88	2,48	2,64	2,78
260	20	0,67	1,12	1	0,75	2,09	2,69	2,89	2,93	1,87	2,47	2,63	2,76
260	25	0,66	1,1	0,97	0,73	2,08	2,69	2,87	2,91	1,87	2,47	2,62	2,74
260	35	0,64	1,05	0,91	0,68	2,07	2,68	2,83	2,87	1,86	2,46	2,59	2,7
260	50	0,61	1	0,85	0,64	2,05	2,65	2,8	2,84	1,85	2,45	2,56	2,67
260	75	0,59	0,95	0,78	0,58	2,03	2,64	2,75	2,78	1,84	2,44	2,54	2,61
270	5	0,68	1,19	1,13	0,87	2,09	2,69	2,95	3	1,84	2,44	2,65	2,83
270	10	0,66	1,12	1,03	0,79	2,07	2,67	2,9	2,94	1,83	2,43	2,62	2,78
270	15	0,64	1,09	0,98	0,75	2,06	2,66	2,87	2,91	1,83	2,43	2,6	2,75
270	20	0,63	1,06	0,96	0,72	2,05	2,65	2,85	2,9	1,82	2,42	2,59	2,73
270	25	0,62	1,04	0,93	0,7	2,04	2,64	2,83	2,88	1,82	2,42	2,58	2,71
270	35	0,6	0,99	0,87	0,65	2,02	2,63	2,79	2,84	1,81	2,41	2,55	2,67
270	50	0,58	0,95	0,81	0,61	2	2,61	2,76	2,8	1,8	2,4	2,52	2,63
270	75	0,56	0,89	0,74	0,57	1,99	2,59	2,7	2,75	1,79	2,39	2,5	2,58
280	5	0,65	1,13	1,08	0,83	2,05	2,65	2,92	2,97	1,8	2,4	2,62	2,8
280	10	0,62	1,06	0,99	0,75	2,03	2,63	2,86	2,91	1,79	2,39	2,58	2,74
280	15	0,6	1,03	0,94	0,72	2,01	2,62	2,83	2,88	1,78	2,38	2,56	2,71
280	20	0,6	1,01	0,92	0,69	2	2,61	2,82	2,87	1,77	2,37	2,55	2,7
280	25	0,59	0,99	0,89	0,67	1,99	2,6	2,8	2,85	1,77	2,37	2,54	2,68
280	35	0,57	0,94	0,83	0,62	1,97	2,58	2,76	2,81	1,76	2,36	2,51	2,64
280	50	0,55	0,9	0,78	0,59	1,96	2,56	2,72	2,77	1,75	2,35	2,48	2,6
280	75	0,53	0,86	0,71	0,53	1,94	2,55	2,68	2,72	1,74	2,34	2,46	2,55

STRT: Sumbu Tunggal Roda Tunggl; STRG: Sumbu Tunggal Roda Ganda; STdRG: Sumbu Tandem Roda Ganda; STRRG: Su

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
						Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
		STR1	STRG	STdRG	STRrG	STR1	STRG	STdRG	STRrG	STR1	STRG	STdRG	STRrG
290	5	0,61	1,08	1,04	0,8	2,01	2,61	2,89	2,93	1,75	2,35	2,58	2,77
290	10	0,59	1,01	0,95	0,73	1,99	2,59	2,83	2,88	1,74	2,34	2,54	2,71
290	15	0,58	0,98	0,9	0,7	1,97	2,58	2,8	2,85	1,74	2,34	2,52	2,68
290	20	0,57	0,96	0,88	0,67	1,96	0,2	2,79	2,83	1,73	2,33	2,51	2,67
290	25	0,56	0,94	0,85	0,65	1,95	2,56	2,77	2,81	1,73	2,33	2,5	2,65
290	35	0,54	90	80	60	1,93	2,54	2,73	2,77	1,72	2,32	2,47	2,61
290	50	0,52	86	75	56	1,92	2,52	2,69	2,74	1,71	2,31	2,44	2,56
290	75	0,5	0,81	0,68	0,52	1,9	2,5	2,64	2,68	1,7	2,3	2,42	2,51
300	5	0,58	1,03	1	0,77	1,97	2,57	2,86	2,9	1,71	2,31	2,55	2,74
300	10	0,56	0,97	0,91	0,7	1,95	2,55	2,8	2,85	1,7	2,3	2,51	2,68
300	15	0,55	0,94	0,87	0,67	1,93	2,54	2,77	2,82	1,69	2,3	2,49	2,65
300	20	0,54	0,92	0,85	0,65	1,92	2,53	2,76	2,8	1,68	2,29	2,48	2,64
300	25	0,53	0,9	0,82	0,63	1,91	2,52	2,74	2,78	1,68	2,29	2,46	2,62
300	35	0,51	0,86	0,77	0,58	1,89	2,5	2,7	2,74	1,67	2,28	2,43	2,58
300	50	0,49	0,82	0,72	0,54	1,88	2,48	2,66	2,7	1,66	2,26	2,41	2,53
300	75	0,47	0,78	0,65	0,5	1,86	2,46	2,61	2,65	1,65	2,26	2,37	2,48
310	5	0,55	0,98	0,97	0,74	1,94	2,54	2,83	2,88	1,67	2,27	2,51	2,71
310	10	0,53	0,92	0,89	0,68	1,91	2,51	2,77	2,82	1,66	2,26	2,47	2,65
310	15	0,52	0,89	0,84	0,65	1,89	2,49	1,65	2,79	1,65	2,25	2,45	2,62
310	20	0,51	0,88	0,82	0,63	1,89	2,49	1,64	2,77	1,64	2,24	2,44	2,61
310	25	0,5	0,86	0,79	0,6	1,88	2,48	1,64	2,75	1,64	2,24	2,43	2,592
310	35	0,49	0,82	0,74	0,55	1,86	2,46	1,63	2,71	1,63	2,23	2,4	2,55
310	50	0,47	0,78	0,69	0,51	1,84	2,44	1,62	2,67	1,62	2,22	2,37	2,5
310	75	0,45	0,74	0,63	0,48	1,82	2,42	2,58	2,62	1,61	2,21	2,34	2,45
320	5	0,53	0,94	0,93	0,71	1,9	2,5	2,8	2,85	1,63	2,23	2,48	2,69
320	10	0,51	0,88	0,85	0,65	1,87	2,48	2,74	2,79	1,62	2,22	2,44	2,63
320	15	0,5	0,85	0,81	0,62	1,85	2,46	2,71	2,76	1,61	2,21	2,42	2,6
320	20	0,49	0,84	0,79	0,6	1,85	2,45	2,7	2,74	1,6	2,2	2,41	2,58
320	25	0,48	0,82	0,76	0,58	1,84	2,44	2,68	2,72	1,6	2,2	2,4	2,56
320	35	0,46	0,78	0,71	0,54	1,82	2,42	2,64	2,68	1,59	2,19	2,37	2,52
320	50	0,44	0,75	0,67	0,51	1,8	2,4	2,6	2,64	1,58	2,18	2,33	2,47
320	75	0,43	0,71	0,61	0,45	1,78	2,38	2,55	2,59	1,57	2,17	2,31	2,42
330	5	0,5	0,9	0,9	0,69	1,87	2,47	2,78	2,82	1,59	2,19	2,45	2,66
330	10	0,48	0,85	0,82	0,63	1,84	2,44	2,72	2,76	1,58	2,18	2,41	2,6
330	15	0,47	0,82	0,79	0,6	1,82	2,42	2,69	2,73	1,57	2,17	2,39	2,57
330	20	0,46	0,8	0,76	0,58	1,81	2,42	2,67	2,72	1,56	2,16	2,38	2,55
330	25	0,46	0,78	0,74	0,56	1,8	2,41	2,65	2,7	1,56	2,16	2,36	2,53
330	35	45	0,74	0,69	0,52	1,78	2,39	2,61	2,66	1,55	2,15	2,33	2,49
330	50	0,42	0,71	0,64	48	1,76	2,36	2,57	2,62	1,54	2,14	2,3	2,45
330	75	0,41	0,68	0,59	0,45	1,74	2,35	2,52	2,57	1,53	2,13	2,28	2,4
340	5	0,48	0,86	0,87	0,65	1,84	2,44	2,75	2,79	1,55	2,15	2,42	2,63
340	10	0,46	0,8	0,79	0,61	1,81	2,41	2,69	2,74	1,54	2,14	2,38	2,57
340	15	0,45	0,78	0,76	0,58	1,79	2,39	2,66	2,71	1,53	2,14	2,36	2,54
340	20	0,44	0,77	0,73	0,57	1,78	2,38	2,64	2,69	1,52	2,13	2,35	2,52
340	25	0,44	0,75	0,71	0,55	1,77	2,37	2,62	2,67	1,52	2,12	2,33	2,5
340	35	0,43	0,72	0,66	0,51	1,75	2,35	2,58	2,63	1,51	2,11	2,3	2,46
340	50	0,4	0,68	0,62	0,47	1,73	2,33	2,54	2,59	1,5	2,1	2,27	2,42
340	75	0,39	0,65	0,56	0,43	1,71	2,31	2,49	2,54	1,49	2,09	2,24	2,37
350	5	0,46	0,83	0,85	0,63	1,8	2,41	2,72	2,77	1,51	2,11	2,39	2,61
350	10	0,44	0,78	0,77	0,59	1,77	2,38	2,67	2,71	1,5	2,1	2,35	2,55
350	15	0,43	0,75	0,74	0,56	1,75	2,36	2,64	2,68	1,5	2,1	2,33	2,52
350	20	0,42	0,74	0,71	0,55	1,75	2,35	2,62	2,66	1,49	2,09	2,32	2,5
350	25	0,42	0,72	0,69	0,53	1,74	2,34	2,6	2,64	1,49	2,09	2,3	2,48

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
						Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
350	35	0,41	0,69	0,64	0,49	1,72	2,32	2,56	2,6	1,48	2,08	2,27	2,44
350	50	0,39	0,65	0,6	0,46	1,69	2,29	2,52	2,56	1,46	2,07	2,24	2,39
350	75	0,37	0,62	0,54	0,42	1,67	2,28	2,47	2,51	1,46	2,06	2,21	2,34

STRT: Sumbu Tunggal Roda Tunggl; STRG: Sumbu Tunggal Roda Ganda; STdRG: Sumbu Tandem Roda Ganda; STrRG: Su

Tabel 2.24 Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi Untuk perkerasan dengan Bahu Beton

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
						Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
150	5	1,42	2,16	1,81	1,45	2,34	2,94	2,99	3	2,14	2,74	2,78	2,81
150	10	1,36	2,04	1,7	1,39	2,32	2,92	2,94	2,94	2,13	2,72	2,73	2,75
150	15	1,33	1,98	1,65	1,36	2,32	2,92	2,91	2,91	2,12	2,72	2,7	2,72
150	20	1,32	1,94	1,62	1,35	2,31	2,91	2,9	2,9	2,11	2,71	2,69	2,7
150	25	1,3	1,9	1,59	1,33	2,3	2,9	2,88	2,88	2,1	2,7	2,67	2,67
150	35	1,27	1,82	1,53	1,3	2,29	2,89	2,85	2,84	2,08	2,69	2,64	2,63
150	50	1,23	1,74	1,49	0,1	2,27	2,87	2,82	2,81	2,06	2,67	2,6	2,59
150	75	1,2	1,65	1,43	1,26	2,25	2,85	2,79	2,77	2,04	2,65	2,57	2,56
160	5	1,29	1,98	1,67	1,33	2,26	2,87	2,93	2,95	2,06	2,66	2,72	2,77
160	10	1,24	1,87	1,56	1,26	2,24	2,85	2,88	2,89	2,04	2,64	2,67	2,69
160	15	1,21	1,82	1,51	1,23	2,24	2,84	2,85	2,86	2,04	2,64	2,64	2,66
160	20	1,2	1,79	1,49	1,21	2,23	2,83	2,84	2,84	2,03	2,63	2,62	2,64
160	25	1,18	1,75	1,46	1,2	2,23	2,83	2,82	2,82	2,02	2,62	2,6	2,62
160	35	1,15	1,67	1,41	1,17	2,22	2,82	2,79	2,78	2	2,61	2,56	2,57
160	50	1,12	1,6	1,36	1,15	2,2	2,8	2,75	2,75	1,98	2,59	2,53	2,53
160	75	1,1	1,52	1,3	1,13	2,18	2,78	2,72	2,69	1,97	2,57	2,5	2,49
170	5	1,17	1,83	1,55	1,22	2,19	2,8	2,88	2,9	1,99	2,59	2,66	2,72
170	10	1,13	1,73	1,45	1,16	2,17	2,78	2,83	2,84	1,97	2,57	2,61	2,64
170	15	1,11	1,68	1,4	1,13	2,17	2,77	2,8	2,81	1,96	2,57	2,58	2,61
170	20	1,1	1,65	1,38	1,12	2,16	2,76	2,79	2,79	1,95	2,56	2,57	2,59
170	25	1,08	1,62	1,35	1,1	2,16	2,76	2,77	2,77	1,95	2,55	2,55	2,57
170	35	1,05	1,55	1,3	1,07	2,15	2,75	2,73	2,73	1,94	2,53	2,51	2,53
170	50	1,03	1,49	1,25	1,04	2,13	2,73	2,7	2,7	1,91	2,51	2,47	2,48
170	75	1,02	1,41	1,19	1,03	2,11	2,71	2,66	2,64	1,89	2,49	2,43	2,43
180	5	1,07	1,7	1,44	1,13	2,13	2,73	2,83	2,86	1,92	2,52	2,61	2,68
180	10	1,03	1,6	1,35	1,07	2,11	2,71	2,78	2,79	1,9	2,5	2,56	2,6
180	15	1,01	1,55	1,3	1,04	2,1	2,71	2,75	2,76	1,89	2,5	2,53	2,57
180	20	1,01	1,53	1,28	1,03	2,09	2,7	2,73	2,74	1,88	2,49	2,51	2,54
180	25	1	1,5	1,25	1,01	2,09	2,69	2,71	2,72	1,88	2,48	2,49	2,52
180	35	0,98	1,44	1,2	0,98	2,08	2,68	2,67	2,68	1,87	2,46	2,45	2,47
180	50	0,95	1,38	1,16	0,96	2,06	2,66	2,64	2,64	1,84	2,44	2,42	2,42
180	75	0,94	1,31	1,1	0,94	2,04	2,64	2,61	2,6	1,82	2,42	2,36	2,37
190	5	0,99	1,58	1,35	1,05	2,07	2,67	2,78	2,82	1,86	2,46	2,57	2,64
190	10	0,96	1,49	1,26	0,99	2,05	2,65	2,72	2,75	1,84	2,44	2,51	2,56
190	15	0,94	1,44	1,21	0,97	2,04	2,64	2,7	2,72	1,83	2,43	2,48	2,53
190	20	0,93	1,42	1,19	0,96	2,03	2,63	2,69	2,7	1,82	2,42	2,46	2,5
190	25	0,92	1,4	1,17	0,94	2,03	2,63	2,67	2,68	1,81	2,41	2,44	2,48
190	35	0,9	1,35	1,12	0,91	2,02	2,62	2,63	2,64	1,79	2,4	2,4	2,43
190	50	0,88	1,29	1,08	0,88	2	2,6	2,6	2,6	1,77	2,38	2,36	2,38
190	75	0,87	1,22	1,02	0,86	1,98	2,58	2,55	2,55	1,76	2,36	2,32	2,31
200	5	0,91	1,47	1,27	0,99	2,01	2,61	2,74	2,78	1,8	2,4	2,52	2,6
200	10	0,89	1,39	1,18	0,93	1,99	2,59	2,69	2,71	1,78	2,38	2,46	2,52
200	15	0,87	1,35	1,15	0,9	1,98	2,59	2,66	2,68	1,77	2,37	2,43	2,49
200	20	0,86	1,33	1,12	0,89	1,97	2,58	2,64	2,66	1,76	2,36	2,42	2,48
200	25	0,85	1,3	1,1	0,87	1,97	2,57	2,62	2,64	1,75	2,35	2,4	2,44
200	35	0,83	1,25	1,05	0,84	1,96	2,56	2,58	2,6	1,73	2,33	2,36	2,39
200	50	0,82	1,2	1,01	0,82	1,94	2,54	2,54	2,55	1,71	2,31	2,32	2,33
200	75	0,81	1,14	0,95	0,8	1,92	2,52	2,51	2,5	1,69	2,3	2,27	2,28
210	5	0,85	1,38	1,2	0,93	1,96	2,56	2,7	2,75	1,74	2,34	2,48	2,57
210	10	0,82	1,3	1,11	0,87	1,94	2,54	2,65	2,67	1,72	2,32	2,42	2,49
210	15	0,8	1,27	1,08	0,84	1,93	2,53	2,62	2,64	1,71	2,31	2,39	2,45

TebalSlab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
						Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
210	20	0,8	1,24	1,05	0,83	1,92	2,52	2,6	2,62	1,7	2,3	2,37	2,43
210	25	0,79	1,22	1,03	0,81	1,91	2,51	2,58	2,6	1,69	2,29	2,35	2,4
210	35	0,77	1,17	0,98	0,78	1,9	2,49	2,54	2,56	1,67	2,28	2,31	2,34
210	50	0,76	1,13	0,94	0,76	1,88	2,48	2,51	2,51	1,65	2,26	2,27	2,29
210	75	0,75	1,07	0,9	0,74	1,86	2,47	2,45	2,46	1,64	2,24	2,22	2,22

STRT: Sumbu Tunggal Roda Tunggal; STRG: Sumbu Tunggal Roda Ganda; STdRG: Sumbu Tandem Roda Ganda; STrRG: Su

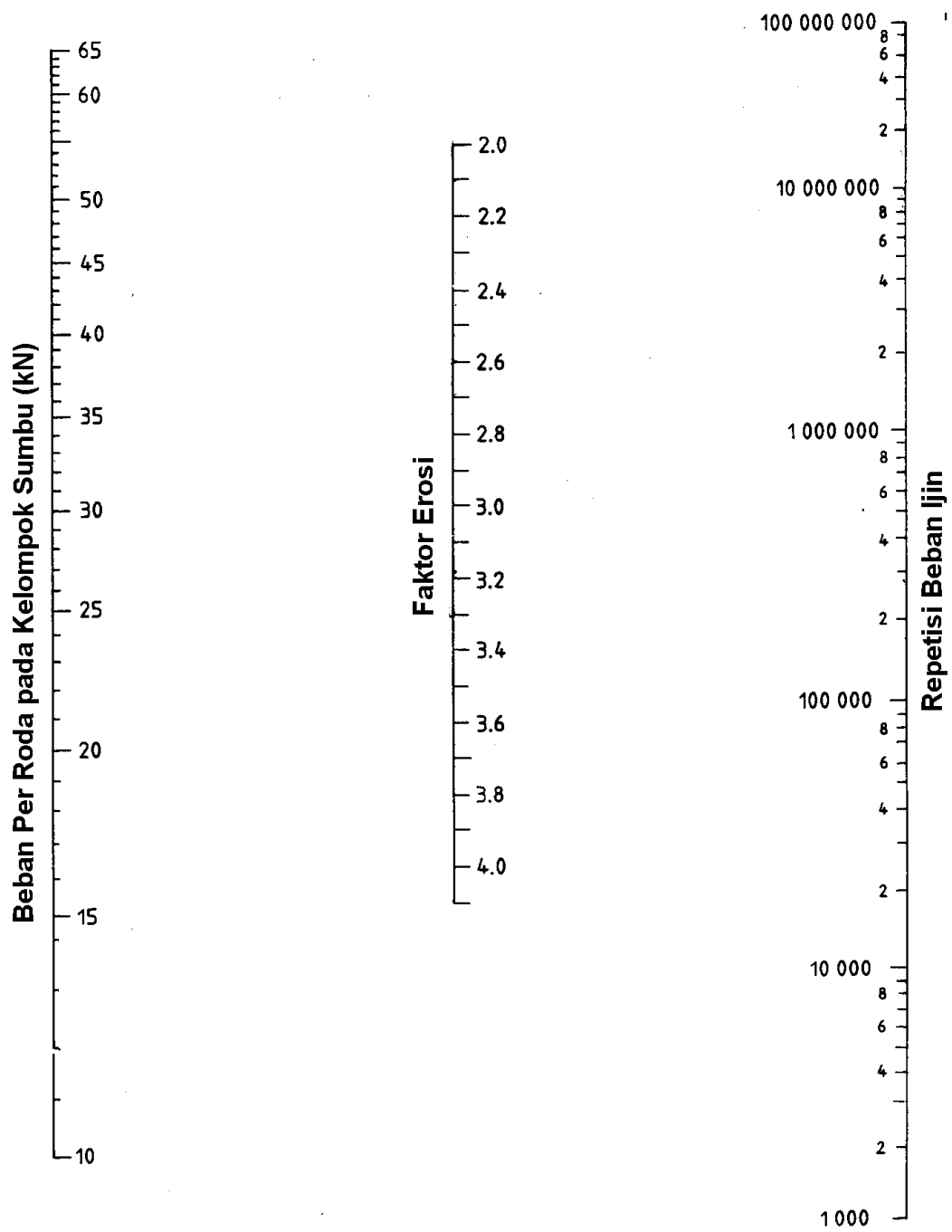
Tabel 2.25 Tegangan Ekvivalen dan Faktor Erosi Untuk perkerasan dengan Bahu Beton

Tebal Slab (mm)	CBR EffTanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
						Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
220	5	0,79	1,3	1,13	0,87	1,91	2,51	2,67	2,72	1,68	2,29	2,44	2,54
220	10	0,77	1,22	1,05	0,81	1,89	2,49	2,61	2,64	1,66	2,27	2,38	2,46
220	15	0,76	1,19	1,02	0,79	1,88	2,48	2,58	2,61	1,66	2,26	2,35	2,42
220	20	0,75	1,17	0,99	0,78	1,87	2,47	2,56	2,58	1,65	2,25	2,33	2,39
220	25	0,74	1,15	0,97	0,76	1,86	2,46	2,54	2,56	1,64	2,24	2,31	2,37
220	35	0,72	1,11	0,92	0,73	1,85	2,45	2,5	2,52	1,62	2,22	2,27	2,32
220	50	0,71	1,06	0,88	0,71	1,83	2,43	2,47	2,48	1,6	2,2	2,23	2,26
220	75	0,7	1,01	0,85	0,69	1,81	2,41	2,41	2,41	1,58	2,18	2,18	2,19
230	5	0,74	1,22	1,08	0,82	1,86	2,46	2,63	2,69	1,63	2,23	2,4	2,5
230	10	0,72	1,15	1	0,77	1,84	2,44	2,57	2,61	1,61	2,21	2,34	2,42
230	15	0,71	1,12	0,97	0,75	1,83	2,43	2,54	2,58	1,6	2,21	2,31	2,39
230	20	0,7	1,1	0,94	0,74	1,82	2,42	2,52	2,55	1,59	2,2	2,29	2,36
230	25	0,69	1,08	0,92	0,72	1,81	2,41	2,5	2,53	1,58	2,19	2,27	2,34
230	35	0,68	1,04	0,87	0,69	1,8	2,4	2,46	2,48	1,56	2,17	2,23	2,28
230	50	0,67	1	0,83	0,67	1,78	2,38	2,43	2,44	1,54	2,15	2,19	2,22
230	75	0,66	0,96	0,8	0,65	1,76	2,36	2,37	2,37	1,53	2,13	2,12	2,16
240	5	0,69	1,16	1,02	0,78	1,81	2,41	2,6	2,66	1,58	2,18	2,36	2,47
240	10	0,67	1,09	0,95	0,72	1,79	2,39	2,54	2,58	1,56	2,17	2,3	2,39
240	15	0,66	1,06	0,92	0,7	1,78	2,38	2,51	2,55	1,55	2,15	2,27	2,36
240	20	0,65	1,04	0,89	0,69	1,77	2,37	2,49	2,52	1,54	2,14	2,25	2,33
240	25	0,65	1,02	0,87	0,68	1,76	2,36	2,47	2,5	1,53	2,13	2,23	2,31
240	35	0,64	0,98	0,83	0,66	1,75	2,35	2,43	2,45	1,51	2,11	2,19	2,25
240	50	0,63	0,95	0,79	0,63	1,73	2,33	2,39	2,41	1,49	2,1	2,15	2,19
240	75	0,62	0,89	0,76	0,61	1,71	2,31	2,34	2,34	1,48	2,08	2,1	2,13
250	5	0,65	1,09	0,98	0,73	1,77	2,37	2,56	2,63	1,54	2,14	2,32	2,45
250	10	0,63	1,03	0,9	0,69	1,74	2,35	2,5	2,55	1,52	2,12	2,26	2,37
250	15	0,62	1	0,87	0,67	1,73	2,34	2,47	2,52	1,5	2,11	2,23	2,33
250	20	0,61	0,99	0,85	0,66	1,72	2,33	2,45	2,49	1,49	2,1	2,22	2,3
250	25	0,61	0,97	0,83	0,64	1,72	2,32	2,43	2,47	1,48	2,09	2,2	2,28
250	35	0,6	0,93	0,79	0,61	1,71	2,3	2,39	2,42	1,4	2,07	2,16	2,22
250	50	0,59	0,9	0,75	0,59	1,68	2,28	2,36	2,38	1,44	2,05	2,11	2,16
250	75	0,58	0,86	0,72	0,57	1,66	2,27	2,3	2,31	1,43	2,03	2,06	2,1
260	5	0,61	1,04	0,93	0,71	1,72	2,33	2,53	2,61	1,49	2,09	2,29	2,42
260	10	0,6	0,98	0,86	0,66	1,7	2,3	2,47	2,53	1,47	2,07	2,23	2,34
260	15	0,59	0,95	0,83	0,63	1,69	2,28	2,44	2,49	1,46	2,06	2,2	2,3
260	20	0,58	0,94	0,81	0,62	1,68	2,28	2,42	2,46	1,45	2,05	2,18	2,28
260	25	0,57	0,92	0,79	0,61	1,67	2,27	2,4	2,44	1,44	2,04	2,16	2,25
260	35	0,56	0,88	0,75	0,59	1,66	2,26	2,36	2,39	1,42	2,02	2,12	2,19
260	50	0,56	0,85	0,71	0,56	1,64	2,24	2,32	2,35	1,4	2	2,08	2,13
260	75	0,55	0,81	0,68	0,54	1,62	2,22	2,27	2,28	1,38	1,98	2,01	2,06
270	5	0,57	0,99	0,89	0,66	1,68	2,28	2,5	2,58	1,45	2,05	2,25	2,39
270	10	0,55	0,93	0,83	0,62	1,66	2,26	2,44	2,5	1,43	2,03	2,2	2,31
270	15	0,55	0,9	0,8	0,6	1,65	2,25	2,41	2,47	1,41	2,02	2,17	2,27
270	20	0,54	0,89	0,78	0,59	1,64	2,24	2,39	2,44	1,4	2,01	2,15	2,25
270	25	0,54	0,87	0,76	0,58	1,63	2,23	2,37	2,42	1,39	2	2,13	2,22
270	35	0,53	0,84	0,72	0,56	1,61	2,22	2,33	2,37	1,37	1,98	2,09	2,16
270	50	0,53	0,8	0,68	0,53	1,59	2,2	2,29	2,32	1,35	1,96	2,04	2,11
270	75	0,52	0,77	0,65	0,52	1,58	2,18	2,24	2,25	1,34	1,94	1,99	2,03
280	5	0,54	0,94	0,86	0,63	1,64	2,25	2,48	2,56	1,4	2,01	2,22	2,37
280	10	0,52	0,89	0,79	0,6	1,62	2,22	2,41	2,48	1,38	1,99	2,16	2,29
280	15	0,52	0,86	0,76	0,58	1,61	2,2	2,38	2,44	1,37	1,97	2,13	2,25
280	20	0,51	0,85	0,74	0,57	1,6	2,2	2,36	2,42	1,36	1,96	2,12	2,22
280	25	0,51	0,83	0,73	0,56	1,59	2,19	2,34	2,39	1,35	1,95	2,1	2,2
280	35	0,5	0,8	0,69	0,54	1,57	2,18	2,3	2,34	1,33	1,93	2,06	2,14

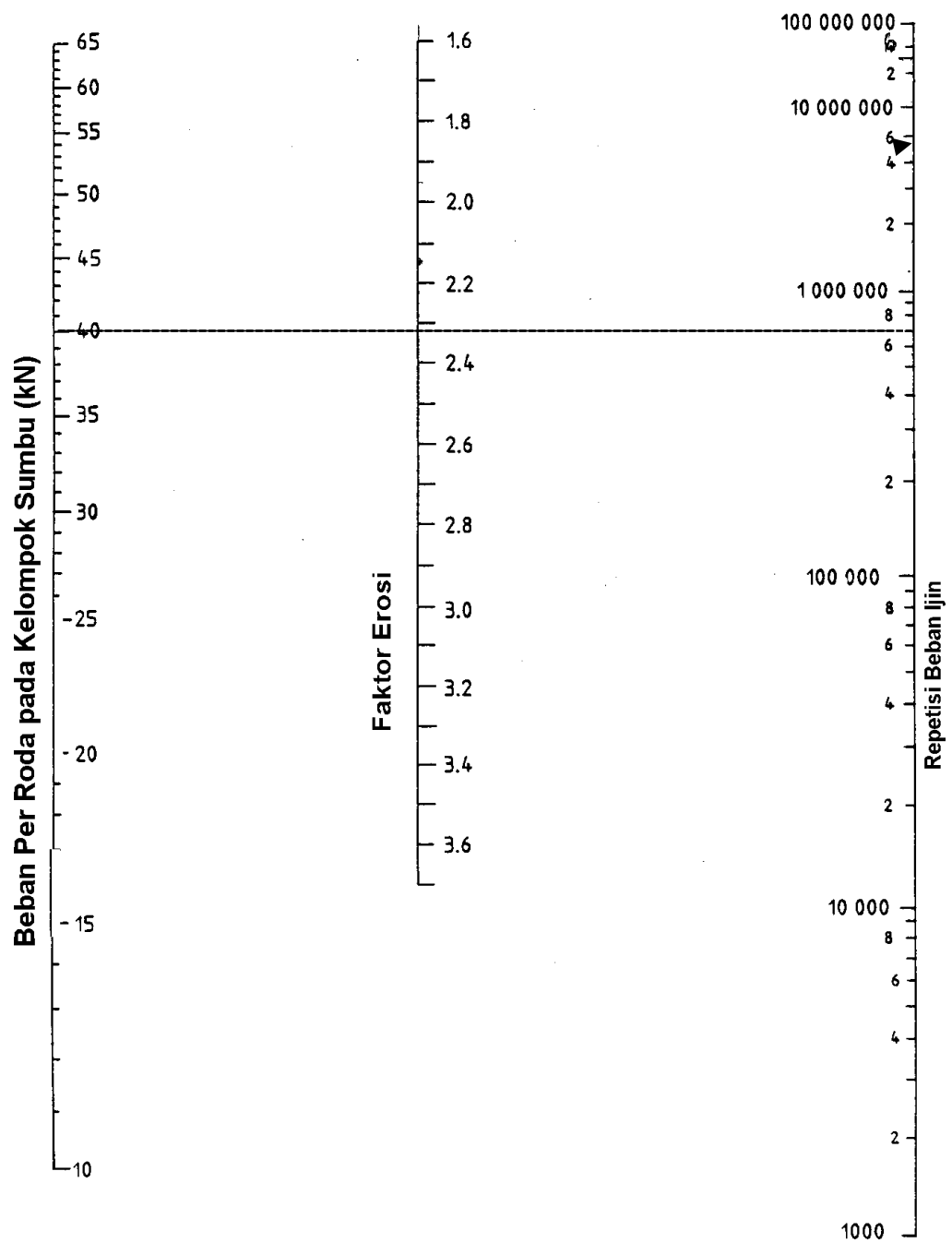
Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
						Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
280	50	0,5	0,76	0,66	0,51	1,55	2,16	2,26	2,29	1,31	1,91	2,01	2,08
280	75	0,49	0,74	0,62	0,49	1,54	2,14	2,21	2,22	1,29	1,89	1,96	2

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
						Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
290	5	0,51	0,9	0,82	0,6	1,61	2,21	2,45	2,54	1,36	1,97	2,19	2,34
290	10	0,5	0,85	0,76	0,57	1,58	2,18	2,39	2,46	1,34	1,94	2,13	2,26
290	15	0,5	0,82	0,73	0,55	1,56	2,16	2,36	2,42	1,33	1,92	2,1	2,22
290	20	0,49	0,81	0,72	0,54	1,56	2,16	2,34	2,39	1,32	1,92	2,08	2,2
290	25	0,49	0,79	0,7	0,53	1,55	2,15	2,32	2,37	1,31	1,91	2,06	2,17
290	35	0,48	0,76	0,66	0,51	1,53	2,14	2,28	2,32	1,29	1,89	2,02	2,11
290	50	0,47	0,73	0,63	0,49	1,51	2,12	2,23	2,27	1,27	1,87	1,98	2,05
290	75	0,47	0,7	0,6	0,47	1,5	2,1	2,18	2,19	1,25	1,85	1,93	1,98
300	5	0,49	0,86	0,79	0,58	1,57	2,17	2,42	2,52	1,32	1,93	2,16	2,32
300	10	0,48	0,81	0,73	0,55	1,55	2,15	2,36	2,44	1,3	1,91	2,1	2,24
300	15	0,47	0,78	0,7	0,53	1,53	2,14	2,33	2,4	1,29	1,89	2,07	2,2
300	20	0,46	0,77	0,69	0,52	1,52	2,13	2,31	2,37	1,28	1,88	2,05	2,18
300	25	0,48	0,76	0,67	0,51	1,51	2,12	2,29	2,35	1,27	1,87	2,03	2,15
300	35	0,46	0,73	0,64	0,49	1,49	2,1	2,25	2,3	1,25	1,85	1,99	2,09
300	50	0,45	0,7	0,6	0,46	1,48	2,08	2,2	2,24	1,23	1,83	1,95	2,03
300	75	0,45	0,67	0,57	0,45	1,46	2,06	2,15	2,17	1,21	1,81	1,9	1,95
310	5	0,46	0,81	0,76	0,55	1,54	2,14	2,4	2,5	1,29	1,89	2,13	2,3
310	10	0,4	0,77	0,7	0,52	1,51	2,11	2,33	2,42	1,27	1,87	2,07	2,22
310	15	0,45	0,75	0,68	0,5	1,49	2,09	2,3	2,38	1,25	1,86	2,04	2,18
310	20	0,44	0,74	0,66	0,5	1,49	2,09	2,28	2,35	1,24	1,85	2,03	2,15
310	25	0,44	0,72	0,64	0,49	1,48	2,08	2,26	2,33	1,23	1,84	2,01	2,13
310	35	0,43	0,69	0,61	0,47	1,48	2,06	2,22	2,28	1,21	1,82	1,97	2,07
310	50	0,43	0,67	0,58	0,44	1,44	2,04	2,18	2,22	1,19	1,79	1,92	2,01
310	75	0,42	0,63	0,54	0,43	1,42	2,02	2,13	2,15	1,17	1,77	1,87	1,93
320	5	0,44	0,78	0,74	0,53	1,5	2,11	2,37	2,48	1,25	1,85	2,1	2,27
320	10	0,43	0,74	0,68	0,5	1,48	2,08	2,31	2,4	1,23	1,83	2,05	2,19
320	15	0,43	0,72	0,65	0,48	1,46	2,06	2,28	2,36	1,22	1,82	2,02	2,15
320	20	0,42	0,71	0,64	0,48	1,45	2,06	2,26	2,33	1,21	1,81	2	2,13
320	25	0,42	0,69	0,62	0,47	1,44	2,05	2,24	2,31	1,2	1,8	1,98	2,1
320	35	0,41	0,66	0,59	0,45	1,42	2,03	2,2	2,26	1,18	1,78	1,94	2,04
320	50	0,41	0,64	0,55	0,43	1,41	2,01	2,15	2,2	1,15	1,76	1,89	1,98
320	75	0,41	0,62	0,53	0,41	1,39	1,99	2,1	2,12	1,13	1,74	1,84	1,91
330	5	0,42	0,74	0,71	0,51	1,47	2,07	2,35	2,46	1,22	1,82	2,07	2,25
330	10	0,41	0,71	0,65	0,48	1,44	2,05	2,29	2,38	1,19	1,79	2,02	2,17
330	15	0,41	0,69	0,63	0,46	1,42	2,03	2,26	2,34	1,17	1,77	1,99	2,13
330	20	0,4	0,68	0,62	0,46	1,42	2,02	2,24	2,31	1,17	1,77	1,97	2,11
330	25	0,4	0,67	0,6	0,45	1,41	2,01	2,21	2,29	1,16	1,76	1,95	2,08
330	35	0,39	0,64	0,57	0,43	1,39	1,99	2,17	2,24	1,14	1,74	1,91	2,02
330	50	0,39	0,61	0,53	0,41	1,37	1,97	2,13	2,18	1,12	1,72	1,87	1,96
330	75	0,39	0,59	0,51	0,39	1,35	1,95	2,06	2,1	1,1	1,7	1,8	1,88
340	5	0,4	0,71	0,69	0,49	1,44	2,04	2,33	2,44	1,18	1,78	2,05	2,23
340	10	0,39	0,68	0,64	0,47	1,41	2,02	2,26	2,36	1,16	1,76	1,99	2,15
340	15	0,39	0,66	0,61	0,45	1,39	2	2,23	2,32	1,15	1,75	1,96	2,11
340	20	0,38	0,65	0,6	0,44	1,39	1,99	2,21	2,29	1,14	1,74	1,94	2,09
340	25	0,38	0,64	0,58	0,43	1,38	1,98	2,19	2,27	1,13	1,73	1,92	2,06
340	35	0,37	0,62	0,55	0,41	1,36	1,96	2,15	2,22	1,11	1,71	1,88	2
340	50	0,37	0,59	0,52	0,39	1,34	1,94	2,1	2,16	1,08	1,69	1,84	1,94
340	75	0,37	0,57	0,49	0,38	1,32	1,92	2,05	2,08	1,06	1,67	1,79	1,86
350	5	0,38	0,69	0,67	0,47	1,41	2,01	2,31	2,43	1,15	1,75	2,02	2,21
350	10	0,37	0,65	0,62	0,45	1,38	1,98	2,24	2,35	1,13	1,73	1,97	2,13
350	15	0,37	0,63	0,59	0,44	1,36	1,96	2,21	2,3	1,11	1,71	1,94	2,09
350	20	0,36	0,62	0,58	0,43	1,36	1,96	2,19	2,28	1,1	1,7	1,92	2,07
350	25	0,36	0,61	0,56	0,42	1,35	1,95	2,17	2,25	1,09	1,69	1,9	2,04
350	35	0,36	0,59	0,53	0,4	1,33	1,93	2,13	2,19	1,07	1,67	1,86	1,98
350	50	0,36	0,57	0,5	0,38	1,31	1,91	2,08	2,14	1,05	1,65	1,81	1,92
350	75	0,35	0,55	0,47	0,36	1,29	1,89	2,03	2,06	1,03	1,63	1,76	1,84

STRT: Sumbu Tunggal Roda Tunggl; STRG: Sumbu Tunggal Roda Ganda; STdRG: Sumbu Tandem Roda Ganda; STRG: Su



Gambar 2.42 Analisis erosi dan jumlah repetisi beban ijin, berdasarkan faktor erosi, tanpa bahu beton



Gambar 2.43 Analisis erosi dan jumlah repetisi beban berdasarkan faktor erosi, dengan bahu beton

2.5.6 Perencanaan Tulangan Beton

Tujuan utama penulangan untuk :

1. Membatasi lebar retakan, agar kekuatan pelat tetap dapat dipertahankan
 2. Memungkinkan penggunaan pelat yang lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan
 3. Mengurangi biaya pemeliharaan
 4. Jumlah tulangan yang diperlukan dipengaruhi oleh jarak sambungan susut, sedangkan dalam hal beton bertulang menerus, diperlukan jumlah tulangan yang cukup untuk mengurangi sambungan susut.
- a. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan

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

Penerapan tulangan umumnya dilaksanakan pada :

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

Luas penampang tulangan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$A_s = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s} \dots\dots\dots(2.50)$$

Dengan pengertian:

- A_s : luas penampang tulangan baja (mm^2/m lebar pelat).
 f_s : kuat-tarik ijin tulangan (MPa). Biasanya 0,6 kali tegangan leleh.
 g : gravitasi (m/detik^2).
 h : tebal pelat beton (m)

L : jarak antara sambungan yang tidak diikat dan/atau tepi bebas pelat (m)

M : berat per satuan volume pelat (kg/m^3)

μ : koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah

Luas penampang tulangan berbentuk anyaman empat persegi panjang dan bujur sangkar ditunjukkan pada Tabel 2.26.

Tabel 2.26 Koefisien gesekan antara pelat beton semen dengan lapis pondasi dibawahnya

Tulangan Memanjang		Tulangan Melintang		Luas Penampang Tulangan		Berat Per Satuan Luas (kg/m^2)
Diameter (mm)	Jarak (mm)	Diameter (mm)	Jarak (mm)	Memanjang (mm^2/m)	Melintang (mm^2/m)	
Empat Persegi Panjang						
12,5	100	8	200	1227	251	11,606
11,2	100	8	200	986	251	9,707
10	100	8	200	785	251	8,138
9	100	8	200	636	251	6,967
8	100	8	200	503	251	5,919
7,1	100	8	200	396	251	5,091
9	200	8	250	318	201	4,076
8	200	8	250	251	201	3,552
Bujur Sangkar						
8	100	8	100	503	503	7,892
10	200	10	200	393	393	6,165
9	200	9	200	318	318	4,994
8	200	8	200	251	251	3,946
7,1	200	7,1	200	198	198	3,108
6,3	200	6,3	200	156	156	2,447
5	200	5	200	98	98	1,542
4	200	4	200	63	63	0,987

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton semen, Pd T-14-2003)

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 :

$$P_s = \frac{100 F_{ct} \cdot (1,3 = 0,2\mu)}{f_y - n \cdot f_t} \dots\dots\dots(2.51)$$

Dengan Pengertian :

P_s : persentase luas tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap luas penampang beton (%)

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

f_y : tegangan leleh rencana baja (kg/cm²)

n : angka ekuivalensi antara baja dan beton (E_s/E_c), dapat dilihat pada Tabel 2.27

μ : koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan di bawahnya

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

E_c : modulus elastisitas beton = $1485\sqrt{f_c}$ (kg/cm²)

Tabel 2.27 Hubungan kuat tekan beton dan angka ekuivalen baja dan beton (n)

f_c (kg/cm ²)	N
175 - 225	10
235 - 285	8
290 - ke atas	6

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton semen, Pd T-14-2003)

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

$$L_{cr} = \frac{f_{ct}^2}{n \cdot p^2 \cdot u \cdot f_b (E_s \cdot E_c - f_{ct})} \dots\dots\dots(2.52)$$

Dengan pengertian :

L_{cr} : jarak teoritis antara retakan (cm).

p : perbandingan luas tulangan memanjang dengan luas penampang beton.

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

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

E_s : koefisien susut beton = $(400 \cdot 10^{-6})$.

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

n : angka ekivalensi antara baja dan beton = (E_s/E_c) .

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

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

Untuk menjamin agar didapat retakan-retakan yang halus dan jarak antara retakan yang optimum, maka :

- a. Persentase tulangan dan perbandingan antara keliling dan luas tulangan harus besar
- b. Perlu menggunakan tulangan ulir (*deformed bars*) untuk memperoleh tegangan lekat yang lebih tinggi.

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

2. Penulangan Melintang

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

- a. Diameter batang ulir tidak lebih kecil dari 12 mm.
- b. 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 ≤ 20 cm dan maksimum sampai sepertiga tebal pelat untuk tebal pelat > 20 cm. Tulangan arah memanjang dipasang di atas tulangan arah melintang.

2.6 Perencanaan Bangunan Pelengkap

Bangunan Pelengkap Jalan merupakan bangunan untuk mendukung fungsi dan keamanan konstruksi. Jembatan, tembok penahan tanah, dan saluran drainase yang dibangun sesuai dengan persyaratan teknis termasuk bangunan pelengkap jalan (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 13/PRT/M/2011). Bangunan pelengkap Jalan berfungsi sebagai jalur lalu lintas, pendukung konstruksi jalan dan fasilitas lalu lintas serta pendukung pengguna jalan.

2.6.1 Drainase Jalan

Drainase merupakan salah satu fasilitas dasar yang dirancang sebagai sistem guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan merupakan komponen penting dalam perencanaan kota (perencanaan infrastruktur khususnya). Menurut Dr. Ir. Suripin, M. Eng. (2004; 7) drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase juga diartikan sebagai suatu cara pembuangan kelebihan air yang tidak diinginkan pada suatu daerah, serta cara-cara penanggulangan akibat yang ditimbulkan oleh kelebihan air tersebut. Dari sudut pandang yang lain, drainase adalah salah satu unsur dari prasarana umum yang dibutuhkan masyarakat kota dalam rangka menuju kehidupan kota yang aman, nyaman, bersih, dan sehat. Prasarana drainase di sini berfungsi untuk mengalirkan air permukaan ke badan air (sumber air permukaan dan bawah permukaan tanah) dan atau bangunan resapan.

Selain itu juga saluran drainase mencegah genangan dengan mengalirkan air aliran permukaan, sehingga kekuatan air mengalir tidak merusak tanah, tanaman, atau bangunan konservasi lainnya. Pada areal rawan longsor, pembuatan saluran drainase ditujukan untuk mengurangi laju infiltrasi dan perkolasi,

sehingga tanah tidak terlalu jenuh air, sebagai faktor utama pemicu terjadinya longsor. (Auzan AN dkk, 2017)

Ada dua jenis drainase yaitu drainase permukaan dan drainase bawah permukaan. Saluran Drainase permukaan terdiri dari :

1. Saluran Samping
2. Saluran Penangkap
3. Gorong-gorong/*Box Culvert*

Agar saluran air hujan dapat ditampung dan dialirkan ketempat pembuangan (sungai dll) sehingga kapasitas sarana drainase jalan, ukuran/dimensinya harus direncanakan terlebih dahulu berdasarkan besarnya kapasitas yang diperlukan (Q_s) yaitu bisa menampung besarnya debit aliran rencana (Q_r).

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

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3,6} \dots\dots\dots(2.46)$$

Dimana :

Q : Debit limpasan (m^3/det)

3,6 : Konstata

C : Koefisien limpasan atau pengaliran

I : Intensitas hujan selama waktu konsetrasi (mm/jam)

A : Luas daerah tangkapan hujan (km^2)

2.6.2 Saluran Samping

Tahapan untuk menentukan kapasitas saluran samping jika menggunakan metode rasional.

- a. Menentukan Frekuensi Hujan Rencana Pada Masa Ulang (T) Tahun

Di bawah ini diberikan contoh perhitungan sekaligus dengan uraian dan rumus dengan Analisa Distribusi Frekuensi Cara Gumbel. Rumus persamaan yang digunakan sebagai berikut :

- Nilai Rata-rata (*mean*) Metode Gumbel

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \dots\dots\dots(2.53)$$

- Standar Deviasi Metode Gumbel

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \dots\dots\dots(2.54)$$

- Curah Hujan Rancangan

$$x_T = \bar{x} + \frac{y_t - y_n}{\sigma n} Sd \dots\dots\dots(2.55)$$

Dimana:

\bar{x} = Nilai rata-rata aritmatik hujan komulatif (mm)

Sd = Standar deviasi

Y_t = *Reduced variate*

Y_n = *Reduced mean* yang tergantung jumlah sample / data n

S_n = *Reduced standar deviation* yang tergantung pada jumlah sample / data n

n = Jumlah data

b. Menentukan Intensitas Hujan Rencana

Intensitas Curah Hujan Adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Intensitas curah hujan (I) mempunyai satuan mm/jam, berarti tinggi air persatuan waktu, misalnya mm dalam kurun waktu menit, jam, atau hari. (Perencanaan Sistem Drainase Jalan Departemen Pekerjaan Umum, 2006).

Untuk mengolah R (Frekuensi Hujan) menjadi I (Intensitas Hujan) dapat digunakan cara Mononobe sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left[\frac{24}{tc} \right]^{2/2} \dots\dots\dots(2.56)$$

Dimana :

I : Intensitas curah hujan (mm/jam)

t : Lamanya curah hujan / durasi curah hujan (jam)

R_{24} : Curah hujan rencana dalam suatu periode ulang, yang nilainya didapat dari tahapan sebelumnya (tahapan analisis frekuensi)

c. Koefisien Pengaliran dan Faktor Limpasan

Berdasarkan Pd. T-02-2006-B tentang Perencanaan Drainase Jalan, harga C rata-rata ditentukan dengan persamaan berikut :

$$C = \frac{C1.A1+C2.A2+C3.A3.fk}{A1+A2+A3} \dots\dots\dots(2.57)$$

Keterangan :

$C1, C2, C3$ = 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

Tabel 2.28 Koefisien Pengaliran (C) dan Faktor Limpasan(fk)

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran(C)	Faktor Limpasan(fk)
	Bahan		
1	Jalan beton dan jalan aspal	0,70–0,95	-
2	Jalan krikil dan jalan tanah	0,40–0,70	-
3	Bahu jalan:		
	Dari tanah berbutir halus	0,40–0,65	-
	Dari tanah berbutir kasar	0,10–0,20	-
	Dari batuan masif keras	0,70–0,85	-
	Dari batuan masif lunak	0,60–0,75	-
	Tata Guna Lahan		
1	Daerah perkotaan	0,70–0,95	2,0
2	Daerah pinggiran kota	0,60–0,70	1,5
3	Daerah industri	0,60–0,90	1,2
4	Pemukiman padat	0,40–0,60	2,0
5	Pemukiman tidak padat	0,40–0,60	1,5
6	Tamandan kebun	0,45–0,60	0,2
7	Persawahan	0,70–0,80	0,5
8	Perbukitan	0,70–0,80	0,4
9	Pegunungan	0,75–0,90	0,3

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase Jalan Departemen Pekerjaan Umum, 2006).

Keterangan:

- Harga koefisien pengaliran(C) untuk daerah datar diambil nilai C yang terkecil dan untuk daerah lereng diambil nilai C yang besar.
- Harga faktor limpasan (Fk) hanya digunakan untuk guna lahan sekitar saluran selain bagian jalan

d. Waktu Konsentrasi (T_c)

- 1) Waktu terpanjang yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan aliran air secara *runoff* setelah melewati titik-titik tertentu.
- 2) Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan rumus dibawah ini:

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

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_o \times \frac{nd}{\sqrt{is}}\right)^{0,167} \dots\dots\dots(2.59)$$

$$t_2 = \frac{L}{60 \times V} \dots\dots\dots(2.60)$$

Dimana :

T_c = Waktu konsentrasi (menit)

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

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

l_o = Jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

L = Panjang saluran (m)

nd = Koefisien hambatan (Tabel 2.)

i_s = Kemiringan saluran memanjang

V = Kecepatan air rata-rata pada saluran drainase (m/dt)

Tabel 2.29 Koefisien Hambatan (nd) Berdasarkan Kondisi Permukaan

No	Kondisi lapis permukaan	Nd
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan licin dan kedap air	0,020
3	Permukaan licin dan kokoh	0,100
4	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,200

No	Kondisi lapis permukaan	Nd
5	Padang rumput dan rerumputan	0,400
6	Hutan gundul	0,600
7	Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan	0,800

(Sumber : *Perencanaan Sistem Drainase Jalan Departemen Pekerjaan Umum, 2006*).

e. Debit Banjir

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

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

Dimana:

Q = Debit aliran (m³ /detik)

C_w = Koefisien pengaliran rata-rata

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas daerah layanan (km²)

2.6.3 Gorong-Gorong (*Box Culvert*)

Tipe dan bahan gorong-gorong yang permanen dapat dilihat pada Tabel 2.30 dengan desain umur rencana untuk periode ulang untuk perencanaan gorong-gorong disesuaikan dengan fungsi jalan tempat gorong-gorong berlokasi:

- Jalan Tol = 25 tahun
- Jalan Arteri = 10 tahun
- Jalan Kolektor = 7 tahun
- Jalan Lokal = 5 tahun.

Perhitungan gorong-gorong mengambil asumsi sebagai saluran terbuka dan dimensi gorong-gorong harus memperkirakan debit yang masuk gorong-gorong tersebut. Dimensi gorong-gorong minimum dengan diameter 80 cm dengan kedalaman minimum 1 m-1,5 m tergantung tipe. (Lihat Tabel 2.30) dengan kedalaman minum 1 m-1,5 m dari permukaan jalan.

Tabel 2.30 Tipe penampang gorong-gorong

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

(Sumber : Pd. T-02-2006-B Perencanaan Sistem Drainase Jalan)

2.6.4 Bak Kontrol

Bak kontrol adalah tempat masuknya air (*inlet*) dan saluran untuk menampung aliran permukaan yang akan disalurkan ke sistem drainase saluran tertutup dan merupakan ruang akses bagi jaringan pipa serta untuk pemeliharaan. Ukuran bak kontrol disesuaikan dengan kondisi lapangan dan juga mudah, aman dalam melakukan inspeksi dan pemeliharaan rutin (bak kontrol mudah dibuka dan ditutup) serta aman bagi pejalan kaki (untuk saluran tertutup yang berada di bawah trotoar).

2.6.5 Kriteria Perencanaan dan Desain Saluran Terbuka

Perencanaan saluran terbuka secara hidrolika, jenis aliran yang terjadi adalah aliran terbuka (*open channel*), merupakan pengaliran air dengan permukaan bebas. Perencanaan ini digunakan supaya perencanaan saluran samping jalan maupun gorong-gorong. Bahan bangunan saluran ditentukan oleh besarnya kecepatan rencana aliran air yang mengalir di saluran samping jalan tersebut seperti pada tabel 2.31

Tabel 2.31 Kecepatan Aliran Air yang Diijinkan Berdasarkan Jenis Material

No	Jenis Bahan	Kecepatan Aliran Air yang Diijinkan (m/detik)
1	Pasir Halus	0,45
2	Lempung Kepasiran	0,50
3	Lanau Aluvial	0,60
4	Kerikil Halus	0,75
5	Lempung Kokoh	0,75
6	Lempung Padat	1,10
7	Kerikil Kasar	1,20
8	Batu = batu besar	1,50
9	Pasangan Batu	1,50
10	Beton	1,50
11	Beton Bertulang	1,50

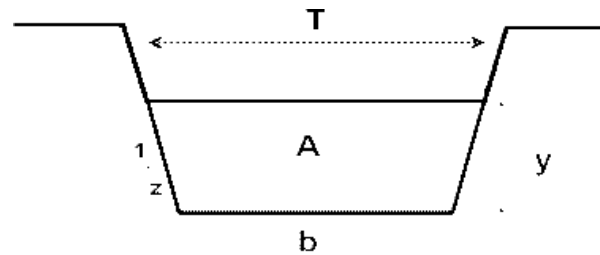
(Sumber : Pedoman Sistem Drainase Jalan, 2006)

Kemiringan saluran ditentukan berdasarkan bahan yang direncanakan. Hubungan antara bahan yang digunakan dengan kemiringan saluran arah memanjang dapat dilihat pada Tabel 2.32.

Tabel 2.32 Kemiringan saluran air berdasarkan jenis material penampang minimum saluran 0,50 m²

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

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006)



Gambar 2.44 Saluran Berbentuk Trapesium

Perhitungan dimensi saluran dilakukan dengan menggunakan rumus

Manning :

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

$$Q = V \times A \dots\dots\dots(2.63)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.64)$$

$$w = \sqrt{0,5h} \dots\dots\dots(2.65)$$

Rumus Penampang Ekonomis

$$B + 2 mh = 2h \sqrt{m^2 + 1} \dots\dots\dots(2.66)$$

Dimana:

V = Kecepatan aliran dalam saluran (m/detik)

R = Radius hidrolis (m)

S = Kemiringan saluran

A = Luas penampang basah saluran (m²)

P = Keliling basah saluran (m)

Q = Debit aliran (m³ /detik)

n = Koefisien kekasaran *Manning* (Tabel 2.33)

w = Tinggi jagaan (m)

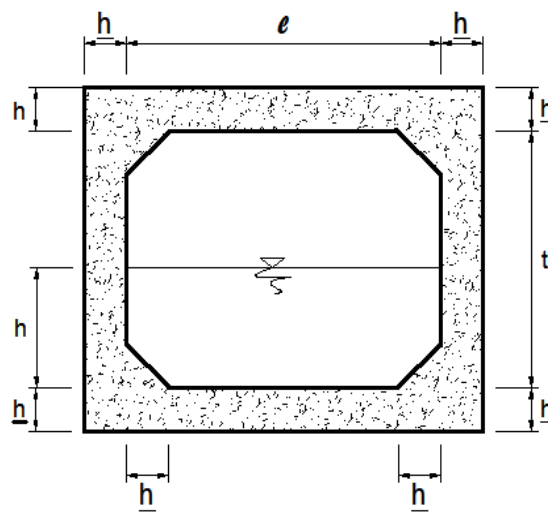
B = Lebar saluran (m)

m = Perbandingan kemiringan talud

h = Tinggi muka air (m)

2.6.6 Kriteria Perencanaan dan Desain Gorong-Gorong

Ditempatkan pada melintang jalan yang berfungsi untuk menampung air dari hulu saluran drainase dengan dimensi yang harus cukup besar supaya melewati debit air secara maksimum dari daerah pengaliran dengan efisien dan dibuat dengan tipe permanen. Kriteria Perencanaan dan desain gorong-gorong sebagai berikut:



$$V = \frac{Q}{v_{izin}} \dots\dots\dots(2.67)$$

$$b = 2h \dots\dots\dots(2.68)$$

$$A = I \times h \dots\dots\dots(2.69)$$

$$w = \sqrt{0,5h} \dots\dots\dots(2.70)$$

V = Kecepatan aliran dalam saluran (m/detik)

Q = Debit aliran (m³ /detik)

A = Luas penampang basah (m²)

W = Tinggi jagaan (m)

b = Tinggi penampang saluran (m)

I = Lebar saluran (m)

h = Tinggi muka air (m)

Tabel 2.33 Angka Kekasaran *Manning* (n)

No.	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
Saluran Buatan					
1	Saluran tanah, lurus teratur	0,017	0,020	0,023	0,025
2	Saluran tanah yang dibuat dengan excavator	0,023	0,028	0,030	0,040
3	Saluran pada dinding batuan, lurus, teratur	0,020	0,030	0,033	0,035
4	Saluran pada dinding batuan, tidak lurus, tidak teratur	0,035	0,040	0,045	0,045
5	Saluran batuan yang diledakkan, ada tumbuh-tumbuhan	0,025	0,030	0,035	0,040
No.	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
6	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0,028	0,030	0,033	0,035
7	Saluran lengkung, dengan kecepatan aliran rendah	0,020	0,025	0,028	0,030
Saluran Alam					
8	Bersih, lurus, tidak berpasir dan tidak berlubang	0,025	0,028	0,030	0,033
9	Seperti no.8 tapi ada timbunan alau kerikil	0,030	0,033	0,035	0,040
10	Melengkung, bersih, berlubang, dan berdinding pasir	0,030	0,035	0,040	0,045
11	Seperti no. 10, dangkal, tidak teratur	0,040	0,045	0,050	0,055
12	Seperti no. 10, berbatu dan ada tumbuh-tumbuhan	0,035	0,040	0,045	0,050
13	Seperti no.11 sebagian berbatu	0,045	0,050	0,055	0,060

No.	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
14	Aliran pelan, banyak tumbuh-tumbuhan dan berlubang	0,050	0,060	0,070	0,080
15	Banyak tumbuh-tumbuhan	0,075	0,100	0,125	0,150
Saluran Buatan, Beton, atau Batu Kali					
16	Saluran pasangan batu, tanpa penyelesaian	0,025	0,030	0,033	0,035
17	Seperti no.16, tapi dengan penyelesaian	0,017	0,020	0,025	0,030
18	Saluran beton	0,014	0,016	0,019	0,021
19	Saluran beton halus dan rata	0,010	0,011	0,012	0,013
20	Saluran beton pracetak dengan acuan baja	0,013	0,014	0,014	0,015
21	Saluran beton pracetak dengan acuan kayu	0,015	0,016	0,016	0,018

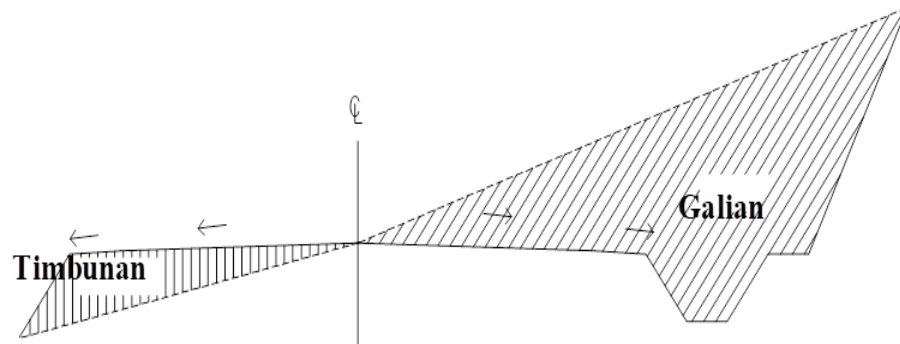
(Sumber : Pd. T-02-2006-B Perencanaan Sistem Drainase Jalan)

2.7 Perhitungan Galian dan Timbunan

Langkah-langkah dalam perhitungan galian dan timbunan, antara lain:

- a. Untuk menghitung volume galian dan timbunan diperlukan data luas penampang baik galian maupun timbunan dari masing-masing potongan dan jarak dari kedua potongan tersebut.
- b. Masing-masing potongan dihitung luas penampang galian dan/atau timbunannya. Perhitungan tersebut dapat dilakukan dengan alat planimetri atau dengan cara membagi-bagi setiap penampang menjadi bentuk-bentuk bangun sederhana, misalnya bangun segitiga, segi empat dan trapesium, kemudian dijumlahkan.
- c. Gambar potongan melintang (*cross section*) pada titik *stationing*, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan. Hitungan volume galian

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



Gambar 2.45 Galian dan Timbunan

2.8 Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah nilai estimasi biaya yang harus disediakan untuk pelaksanaan sebuah kegiatan proyek. Adapun beberapa praktisi mendefinisikan Rencana Anggaran Biaya (RAB) sebagai berikut :

Menurut Firmansyah (2011:25) dalam bukunya Rancang Bangun Aplikasi Rencana Anggaran Biaya Dalam Pembangunan Rumah. Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek pembangunan.

Menurut Sugeng Djojowiriono (1984), Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan perkiraan biaya yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dalam suatu proyek konstruksi sehingga akan diperoleh biaya total yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek.

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perkiraan nilai uang dari suatu kegiatan (proyek) yang telah memperhitungkan gambar-gambar bestek serta rencana kerja, daftar upah, daftar harga bahan, buku analisis, daftar susunan rencana biaya, serta daftar jumlah tiap jenis pekerjaan (J. A. Mukomoko, 1987).

John W. Niron dalam bukunya Pedoman Praktis Anggaran dan Borongan Rencana Anggaran Biaya Bangunan (1992), Rencana Anggaran Biaya (RAB) mempunyai pengertian sebagai berikut :

- a. Rencana: Himpunan *planning* termasuk detail dan tata cara pelaksanaan pembuatan sebuah bangunan.
- b. Anggaran: Perhitungan biaya berdasarkan gambar bestek (gambar rencana) pada suatu bangunan.
- c. Biaya: Besarnya pengeluaran yang ada hubungannya dengan borongan yang tercantum dalam persyaratan yang ada.

Perhitungan rencana anggaran biaya ini bertujuan untuk mengetahui jumlah biaya yang dibutuhkan, mengontrol pengeluaran per item pekerjaan, mencegah adanya keterlambatan atau pemberhentian pekerjaan, dan meminimalisir pemborosan biaya yang mungkin terjadi pada saat dilaksanakannya pekerjaan.

2.8.1 Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah suatu cara perhitungan harga satuan pekerjaan konstruksi yang dijabarkan dalam perkalian kebutuhan bahan bangunan, upah kerja, dan peralatan dengan harga bahan bangunan, standar pengupahan pekerja dan harga sewa/beli peralatan untuk menyelesaikan per satuan pekerjaan konstruksi. Analisa harga satuan pekerjaan ini dipengaruhi oleh angka koefisien yang menunjukkan nilai satuan bahan/material, nilai satuan alat, dan nilai satuan upah tenaga kerja ataupun satuan pekerjaan yang dapat digunakan sebagai acuan/panduan untuk merencanakan atau mengendalikan biaya suatu pekerjaan. Untuk harga bahan material didapat dipasaran, yang kemudian dikumpulkan didalam suatu daftar yang dinamakan harga satuan bahan/material, sedangkan upah tenaga kerja didapatkan di lokasi setempat yang kemudian dikumpulkan dan didata dalam suatu daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah tenaga kerja. Harga satuan yang didalam perhitungannya haruslah disesuaikan dengan kondisi lapangan, kondisi alat/efisiensi, metode pelaksanaan dan jarak angkut

2.8.2 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Menurut Ibrahim (1993), yang dimaksud rencana anggaran biaya (begrooting) suatu bangunan atau proyek adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

Menurut Djojowiriono (1984), rencana anggaran biaya merupakan perkiraan biaya yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dalam suatu proyek konstruksi sehingga akan diperoleh biaya total yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek.

Adapun menurut Niron (1992), rencana anggaran biaya mempunyai pengertian sebagai berikut :

Rencana : Himpunan planning termasuk detail dan tata cara pelaksanaan pembuatan sebuah bangunan.

Anggaran : Perhitungan biaya berdasarkan gambar bestek (gambar rencana) pada suatu bangunan.

Biaya : Besarnya pengeluaran yang ada hubungannya dengan borongan yang tercantum dalam persyaratan yang ada. Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda di masing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

Biaya (anggaran) adalah jumlah dari masing-masing hasil perkiraan volume dengan harga satuan pekerjaan yang bersangkutan. Secara umum dapat disimpulkan sebagai berikut :

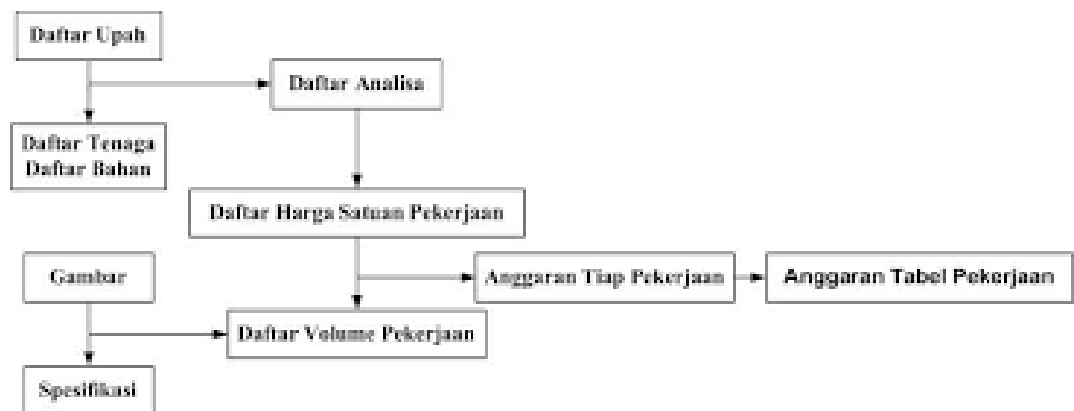
$$\text{RAB} = \Sigma \text{Volume} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan} \dots\dots\dots(2.64)$$

Menurut Mukomoko (1987), dalam menyusun biaya diperlukan gambar-gambar bestek serta rencana kerja, daftar upah, daftar harga bahan, buku analisis, daftar susunan rencana biaya, serta daftar jumlah tiap jenis pekerjaan.

Menurut Sastraatmadja (1984), dalam bukunya "Analisa Anggaran Pelaksanaan", bahwa rencana anggaran biaya dibagi menjadi dua, yaitu rencana anggaran terperinci dan rencana anggaran biaya kasar.

a. Rencana Anggaran Biaya Kasar

Merupakan rencana anggaran biaya sementara dimana pekerjaan dihitung tiap ukuran luas. Pengalaman kerja sangat mempengaruhi penafsiran biaya secara kasar, hasil dari penafsiran ini apabila dibandingkan dengan rencana anggaran yang dihitung secara teliti didapat sedikit selisih. Secara sistematisnya, dapat dilihat pada gambar 2.46 Bagan dalam menghitung anggaran biaya suatu pekerjaan atau proyek.



(Sumber : Ir. A. Soedradjat Sastraatmadja, Analisa Anggaran Pelaksanaan, 1984)

Gambar 2.46 Bagan Perhitungan Anggaran Biaya Kasar

Perencanaan Biaya Anggaran RAB (Rencana Anggaran Biaya) sesuai dengan namanya yaitu rencana, maka RAB mengandung arti bahwa angka yang dihasilkan tidak akan 100% akurat. RAB memegang peranan penting dalam penyelenggaraan proyek. RAB disusun dengan memperkirakan biaya komponen-komponennya dengan memperhatikan faktor waktu pelaksanaan pekerjaan. Komponen RAB yaitu biaya langsung dan biaya tak langsung. Pengertian biaya langsung atau yang dalam dunia usaha sering disebut *direct cost* adalah biaya yang dapat dibebankan secara langsung kepada obyek biaya atau produk. Contoh biaya langsung adalah bahan langsung (bahan baku), upah pekerja yang langsung

terlibat dalam proses produksi barang di pabrik, iklan, ongkos angkut, dan sebagainya. Biaya tidak langsung (*indirect cost*) adalah biaya yang sulit untuk dapat dihubungkan dan dibebankan secara langsung dengan unit produksi, dan secara akurat ditelusuri ke objek biaya. Contoh biaya tidak langsung: biaya depresiasi, asuransi, listrik, biaya *overhead* yang terbagi lagi menjadi biaya *overhead* pabrik, biaya penjualan, serta biaya umum dan administrasi.

2.9 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya dan tepat mutu (Ervianto,2005).

Manajemen adalah suatu metode/teknik/proses untuk mencapai suatu tujuan tertentu dengan menggunakan sumber daya yang ada secara efektif melalui tindakan-tindakan, diantaranya adalah :

1. Perencanaan (*planning*)

Berupa tindakan pengambilan keputusan yang mengandung data / informasi, asumsi maupun fakta kegiatan yang akan dipilih dan akan dilakukan pada masa mendatang.

2. Pengorganisasian (*organizing*)

Tindakan-tindakan guna mempersatukan kumpulan kegiatan manusia, yang mempunyai pekerjaan masing-masing, saling berhubungan satu sama lain dengan tata cara tertentu dan berinteraksi dengan lingkungannya dalam rangka mendukung tercapainya tujuan. Tindakan berupa antara lain:

- a. Menetapkan daftar penugasan.
- b. Menyusun lingkup kegiatan.
- c. Menyusun struktur kegiatan.
- d. Menyusun daftar personil organisasi berikut lingkup tugasnya.
- e. Manfaat dari fungsi organisasi adalah merupakan pedoman pelaksanaan fungsi, dimana pembagian tugas serta hubungan tanggung jawab serta delegasi kewenangan terlihat jelas.

3. Pelaksanaan (*actuating*)

Berupa tindakan untuk menyelaraskan seluruh anggota organisasi dalam kegiatan pelaksanaan, serta agar seluruh anggota organisasi dapat bekerja sama dalam pencapaian tujuan bersama. Tindakan tersebut antara lain:

- a. Mengkoordinasikan pelaksanaan kegiatan.
- b. Mendistribusikan tugas, wewenang dan tanggung jawab.
- c. Memberikan pengarahan penugasan dan motivasi.
- d. Manfaat dari fungsi pelaksanaan ini adalah terciptakannya keseimbangan tugas, hak dan kewajiban masing-masing bagian dalam organisasi, dan mendorong tercapainya efisiensi serta kebersamaan dalam bekerjasama untuk tujuan bersama.

4. Pengawasan (*controlling*)

Berupa tindakan pengukuran kualitas penampilan, dan penganalisaan serta pengevaluasian penampilan yang diikuti dengan tindakan perbaikan yang harus diambil terhadap penyimpangan yang terjadi (diluar batas toleransi). Tindakan-tindakan tersebut meliputi antara lain:

- a. Mengukur kualitas hasil.
- b. Membandingkan hasil terhadap standard kualitas.
- c. Mengevaluasi penyimpangan yang terjadi.
- d. Memberikan saran-saran perbaikan.
- e. Menyusun laporan kegiatan

Ada banyak faktor yang mempengaruhi lancarnya pelaksanaan suatu proyek konstruksi. Salah satunya adalah ketersediaan dana untuk membiayai pelaksanaan proyek konstruksi. Sebagai dasar untuk membuat sistem pembiayaan dalam sebuah proyek, kegiatan estimasi juga digunakan untuk merencanakan jadwal pelaksanaan konstruksi. Kegiatan estimasi dalam proyek konstruksi dilakukan dengan tujuan tertentu tergantung dari pihak yang membuatnya.

a. Rencana kerja dan syarat-syarat

Rencana kerja dan syarat-syarat adalah segala ketentuan dan formasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh para kontraktor pada saat mengikuti

pelelangan maupun pada saat melaksanakan pekerjaan yang akan dilakukan olehnya. Rencana kerja dan syarat-syarat terdiri :

- 1) Syarat umum
- 2) Syarat administrasi
- 3) Syarat Teknis
- 4) Syarat Teknik Khusus

b. Daftar Harga Satuan Alat dan Bahan

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

c. Analisa Satuan Harga Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan ialah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat dipasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja didapat dilokasi, dikumpulkan dan dicatat dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah.

Analisa bahan suatu pekerjaan ialah menghitung banyaknya volume masing-masing bahan serta besarnya biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan tersebut.

d. Perhitungan Volume Pekerjaan

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

Dalam perencanaan jalan raya diusahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen vertikal dan horizontal memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan. langkah – langkah dalam perhitungan galian dan timbunan, antara lain :

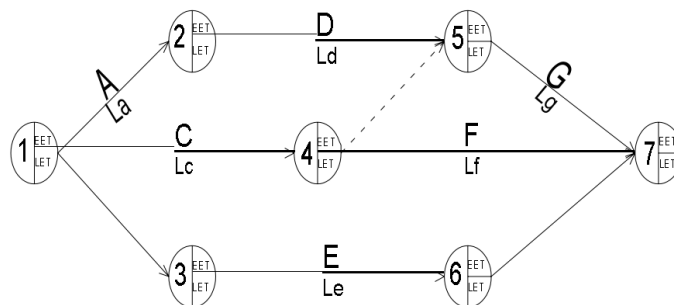
1. Penentuan stationing (jarak patok) sehingga diperoleh panjang jalan dari alinyemen horizontal (trase jalan),
 2. Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan beda tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.
 3. Gambarkan potongan melintang (*cross section*) pada titik stationing, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan.
 4. Hitung volume galian dan timbunan dengan mengalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.
- e. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya
- Rencana anggaran biaya adalah merencanakan banyaknya biaya yang akan digunakan serta susunan pelaksanaannya dalam perencanaan anggaran biaya perlu dilampirkan analisa harga satuan bahan dari setiap pekerjaan agar jelas jenis-jenis pekerjaan dan bahan yang digunakan.
- f. 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 dan waktu pelaksanaannya. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling menggagu pelaksanaan pekerjaan.
- g. Rencana Kerja (*Time Schedule*)
- Rencana Kerja (*Time Schedule*) Adalah pengaturan waktu rencana kerja secara terperinci terhadap suatu item pekerjaan yang berpengaruh terhadap selesainya secara keseluruhan suatu proyek konstruksi. Adapun jenis – jenis *time schedule* atau rencana kerja :
- 1) Bagan Balok (*Barchart*)
- Barchart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal dan kolom arah horizontal yang menunjukkan skala waktu.
- 2) Kurva S
- Kurva S adalah kurva yang menggambarkan komulatif *progress* pada setiap waktu dalam pekerjaan. Bertambah atau tidaknya persentase

pembangunan konstruksi dapat dilihat pada kurva s dan dapat dibandingkan dengan keadaan di lapangan.

3) Jaringan Kerja / *Network planning* (NWP)


NWP adalah salah satu cara baru dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. 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 dan pekerjaan mana yang dapat menunggu. Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

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

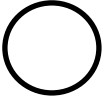


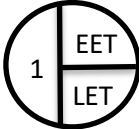


Gambar 2.47 Sketsa *Network Planning*

Keterangan :

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

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

- b)  (*Node / event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan
- c)  (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*).
- d)  (*Dummy*), bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.
- e)  1 = Nomor kejadian
 EET (*Earliest Event Time*) = waktu yang paling cepat yaitu menjumlahkan durasi dari kejadian yang dimulai dari kejadian awal dilanjutkan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka yang terbesar. LET (*Laetest Event Time*) = waktu yang paling lambat, yaitu mengurangi durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir dilanjutkan kegiatan sebelumnya dengan mengambil angka terkecil.
- f) A, B, C, D, E, F, G, H merupakan kegiatan, sedangkan La, Lb, Lc, Ld, Le, Lf, Lg dan Lh merupakan durasi dari kegiatan tersebut.