

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Perancangan Geometrik Jalan

2.1.1 Pengertian Perencanaan Geometrik Jalan

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititikberatkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas dan sebagai akses ke rumah-rumah. Dalam lingkup perencanaan geometrik tidak termasuk perencanaan tebal perkerasan jalan, walaupun dimensi dari perkerasan merupakan bagian dari perencanaan geometrik sebagai bagian dari perencanaan jalan seutuhnya. Demikian pula dengan drainase jalan. Jadi tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan/biaya pelaksanaan, ruang, bentuk, dan ukuran jalan dikatakan baik, jika dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pemakai jalan.

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

Perencanaan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar, yang di dapatkan dari hasil survei lapangan, kemudian dianalisis berdasarkan acuan persyaratan perencanaan geometrik yang berlaku. Acuan perencanaan yang dimaksud adalah sesuai dengan standar perencanaan geometrik yang dianut di

Indonesia. Standar perencanaan tersebut dibuat oleh Direktorat Jenderal Bina Marga yang disesuaikan dengan klasifikasi jalan (Saodang, 2010).

2.2 Data Perancangan Geometrik

2.2.1 Data Lalu Lintas

Survei perhitungan lalu lintas (*traffic counting*) dilakukan pada jalan yang sudah ada (sudah dipakai) yang diperkirakan mempunyai bentuk, kondisi, dan keadaan komposisi lalu-lintas akan serupa dengan jalan yang direncanakan.

Survei asal tujuan (*origin and destination survey*) yang dilakukan pada lokasi yang dianggap tepat (dapat mewakili), dengan cara melakukan wawancara kepada pengguna jalan untuk mendapatkan gambaran rencana jumlah dan komposisi kendaraan pada jalan yang direncanakan (Hendarsin, 2000).

2.2.2 Data Peta Topografi

Maksud survei topografi dalam perencanaan jalan raya yaitu untuk pengukuran rute yang dilakukan dengan tujuan memindahkan kondisi permukaan bumi dari lokasi yang diukur pada kertas yang berupa peta planimetri. Peta ini akan digunakan sebagai peta dasar untuk plotting perencanaan geometrik jalan raya, dalam hal ini perencanaan alinyemen horizontal. Kegiatan pengukuran rute ini juga mencakup pengukuran penampang. Pengukuran rute dilakukan sepanjang trase jalan rencana (rute hasil survei *reconnaissance*) dengan menganggap sumbu jalan rencana pada trase ini sebagai garis kerangka poligon utama (Hendarsin, 2000).

2.2.3 Data Penyelidikan Tanah

Survei investigasi tanah (*soil investigation*), tujuannya adalah untuk mengetahui kondisi tanah/batuan dasar dari lokasi rencana jalan. Hasil survei ini akan memberikan informasi mengenai jenis tanah, daya dukung tanah serta stabilitas lereng yang didukung hasil uji laboratorium.

Di bawah ini diuraikan kegiatan investigasi tanah yang disesuaikan dengan kebutuhan berdasarkan peruntukannya antara lain:

- a. Menentukan daya dukung lapisan tanah dasar
 1. *Natural Subgrade*, atau lapisan tanah dasar asli akan dijumpai setelah dilakukan cut/excavation (penggalian) mencapai elevasi sesuai rencana. Daya dukung pada lapisan ini dapat diperkirakan dari segumpal tanah yang dikeringkan kemudian diremas dan dari data hasil uji CBR ditempat (on place)
 2. *Compacted Subgrade*, atau lapisan tanah dasar bentukan, merupakan timbunan hasil urugan pada elevasi sesuai rencana. Daya dukung pada lapisan ini diperkirakan dari uji CBR pada tanah dalam keadaan padat maksimum.
- b. Analisis Stabilitas Lereng

Ketidak-stabilan lereng alam dipengaruhi oleh kondisi geologi yang harus diamati secara visual di lapangan, mengenai susunan batuan dasar dan tanah pelapukannya. Kemiringan lereng akibat galian harus dibuat sesuai dengan rencana. Angka kemiringan dinding galian yang aman diperoleh dari analisis parameter hasil pengujian laboratorium.

- c. Analisis penurunan

Analisis dari hasil prediksi penurunan dilakukan dengan bantuan parameter hasil pengujian laboratorium terhadap contoh tanah dan parameter dari pengujian lapangan (*in situ test*) yang dilakukan dengan alat sondir (Hendarsin, 2000).

2.3 Klasifikasi Jalan

2.3.1 Klasifikasi Jalan Menurut Volume Lalu Lintas

Klasifikasi jalan menurut volume lalu lintas sesuai dengan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPCGR) No. 13/1970 sebagai berikut:

1. Kelas 1

Kelas jalan ini mencakup semua kelas jalan utama dan dimaksudkan untuk dapat melayani lalu lintas cepat dan berat. Dalam

kondisi lalu lintasnya tidak terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tak bermotor. Jalan raya dalam kelas jalan ini merupakan jalan-jalan raya berlajur banyak dengan konstruksi perkerasan dari jenis yang terbaik dalam arti tingginya tingkatan dalam pelayanan lalu lintas.

2. Kelas II

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

a. Kelas II A

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

b. Kelas II B

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

c. Kelas II C

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

3. Kelas III

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan penghubung dan merupakan konstruksi jalan berjalur tunggal atau dua. Konstruksi permukaan jalan yang paling tinggi adalah peleburan dengan aspal.

2.3.2 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi Jalan

Klasifikasi menurut fungsi jalan dibagi atas:

a. Jalan Arteri

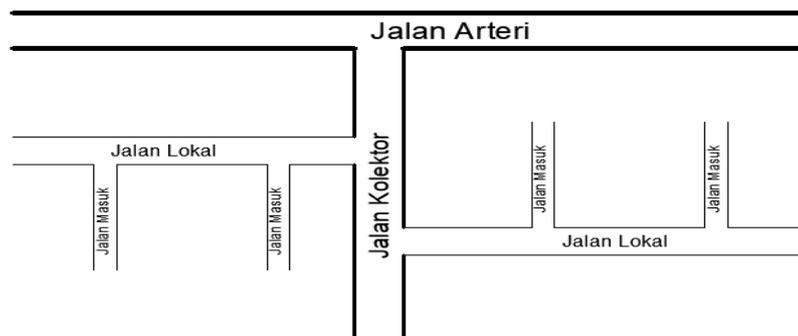
Jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri – ciri perjalanan jauh, kecepatan rata – rata tinggi dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.

b. Jalan Kolektor

Jalan yang melayani angkutan pengumpu atau pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

c. Jalan Lokal

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



Gambar 2. 1 Klasifikasi menurut fungsi jalan

2.3.3 Klasifikasi Jalan 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 dalam MST ini dapat dilihat dalam tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Klasifikasi jalan menurut kelas jalan

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat
Arteri	I	>10
	II	10
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	8

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

2.3.4 Klasifikasi Jalan Medan Jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan jalan yang diukur tegak lurus garis kontur. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam tabel 2.3.

2.3.5 Klasifikasi Jalan Menurut Wewenang dan Pembinaan Jalan

Jaringan jalan dikelompokkan menurut wewenang pembinaan, terdiri dari:

- a. Jalan Nasional
 1. Jalan Arteri Primer
 2. Jalan Kolektor Primer, yang menghubungkan antar ibukota Provinsi.
 3. Jalan selain dari yang termasuk arteri/kolektor primer, yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan Nasional, yakni jalan, yang tidak dominan terhadap pengembangan ekonomi, tapi mempunyai peranan menjamin kesatuan dan keutuhan nasional, melayani daerah – daerah yang rawan dan lain – lain.
- b. Jalan Provinsi
 1. Jalan Kolektor Primer, yang menghubungkan ibukota Provinsi dengan ibukota Kabupaten atau Kotamadya.

2. Jalan Kolektor Primer, yang menghubungkan antar ibukota Kabupaten atau Kotamadya.
 3. Jalan selain dari yang disebut diatas, yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan Provinsi, yakni jalan yang biarpun tidak dominan terhadap perkembangan ekonomis, tapi mempunyai peranan tertentu dalam menjamin terselenggaranya pemerintahan yang baik dalam pemerintahan daerah tingkat I dan terpenuhinya kebutuhan – kebutuhan sosial lainnya.
 4. Jalan dalam Daerah Khusus Ibukota Jakarta, kecuali jalan yang termasuk jalan nasional.
- c. Jalan Kabupaten
1. Jalan Kolektor Primer, yang tidak termasuk dalam kelompok jalan Nasional dan kelompok Jalan Provinsi.
 2. Jalan Lokal Primer
 3. Jalan Sekunder lain, selain bagaimana dimaksud sebagai jalan Nasional, dan Jalan Provinsi.
 4. Jalan selain dari yang disebutkan diatas, yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan Kabupaten, yakni jalan yang walaupun tidak dominan terhadap pengembangan ekonomi, tapi mempunyai peranan tertentu dalam menjamin terselenggaranya pemerintahan dalam Pemerintah Daerah.
- d. Jalan kotamadya
- e. Jalan Desa
- f. Jalan Khusus

Jalan yang dibangun dan dipelihara oleh Instansi atau Badan Hukum atau Perorangan untuk melayani kepentingan masing – masing (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997).

2.4 Parameter Perencanaan Geometrik

2.4.1 Kendaraan Rencana

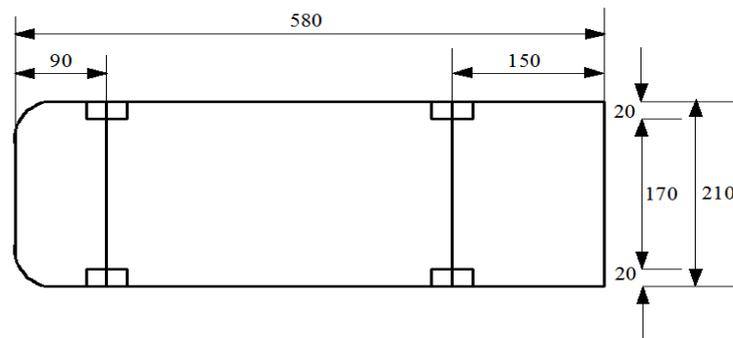
Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Kendaraan rencana dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu:

- Kendaraan ringan/kecil, adalah kendaraan yang mempunyai 2 as dengan empat roda dengan jarak as 2,0 – 3,0 meter. Meliputi mobil penumpang, mikrobus, pick up dan truk kecil sesuai sistem klasifikasi Bina Marga.
- Kendaraan sedang, adalah kendaraan yang mempunyai dua as gandar, dengan jarak as 3,5 – 5,0 meter. Meliputi Bus Kecil, truk dua as dengan enam roda.
- Kendaraan berat/besar, Bus besar yaitu dengan dua atau tiga gandar, dengan jarak as 5,0 – 6,0 meter.
- Truk Besar, yaitu truk dengan tiga gandar dan truk kombinasi tiga, dengan jarak gandar (gandar pertama ke gandar kedua) < 3,5 meter.
- Sepeda motor, yaitu kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda, meliputi sepeda motor dan kendaraan roda 3 (Saodang, 2010).

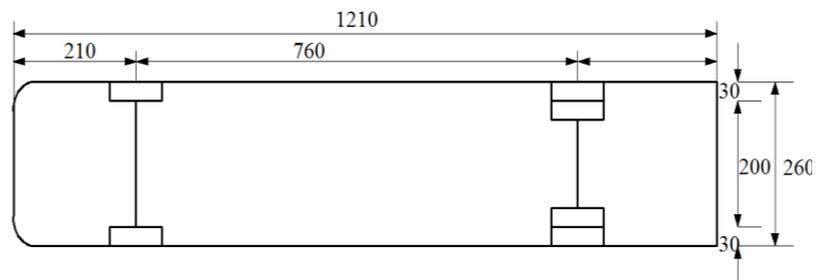
Tabel 2. 2 Dimensi Kendaraan Rencana

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	1.210	210	240	740	1.280	1.410
Besar	410	260	2.100	120	90	290	1.400	1.370

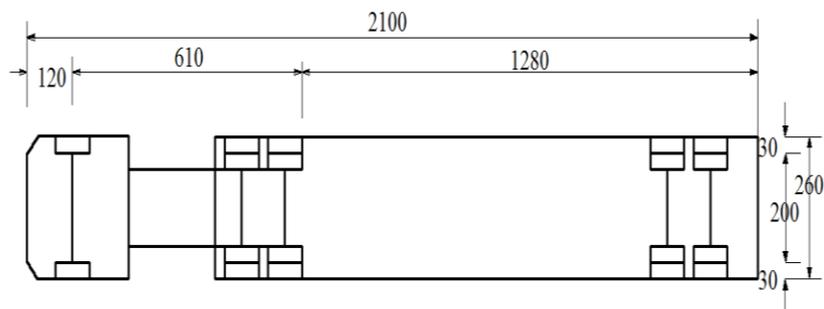
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, 1997)



Gambar 2. 2 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar 2. 3 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2. 4 Dimensi Kendaraan Besar

2.4.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana merupakan suatu kecepatan pada ruas jalan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan seperti tikungan, kemiringan jarak pandang dan sebagainya. Kecepatan rencana yang dipilih tersebut juga merupakan kecepatan tertinggi menerus yang memungkinkan suatu kendaraan bergerak dengan nyaman dan aman dalam kondisi lalu

lintas cerah, lalu lintas yang lengang dan pengaruh samping yang tidak berarti.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan rencana adalah sebagai berikut:

1. Keadaan trase apakah datar, berbukit atau gunung

Melalui perhitungan rata-rata yang berdasarkan pada ketinggian muka tanah lokasi rencana, maka dapat kita ketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan. Klasifikasi golongan medan diberikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. 3 Klasifikasi Golongan Medan

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

(Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997)

2. Sifat dan Tingkat Penggunaan Daerah

Kecepatan yang diambil juga akan berbeda pada tiap kelas jalannya seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. 4 Kecepatan Rencana (V_R) Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Medan Jalan

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana (V_R)		
	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 Antar Kota, 1997)

2.4.3 Volume Lalu Lintas Rencana

Sukirman (1999) dalam “ Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan” menyebutkan bahwa, volume lalu lintas akan menunjukkan jumlah

kendaraan yang melalui satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). Volume lalu lintas untuk kebutuhan desain kapasitas geometrik jalan dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (SMP) dengan cara menyesuaikan nilai smp pada setiap jenis kendaraan ataupun menunjukkan besarnya jumlah lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut.

Dari data lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang diperoleh kita dapat mengklasifikasikan jalan tersebut.

Tabel 2. 5 Klasifikasi Kelas Jalan

Klasifikasi Fungsi	Kelas	LHR dalam SMP
Utama	I	>20.000
Sekunder	II A	6.000 - 20.000
	II B	1.500 – 8.000
	II C	<2.000
Penghubung	III	-

(Sumber: PPGJR, 1997)

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

a. 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.

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

LHRT dinyatakan dalam SMP/hari/2 arah

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

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

(Sukirman, 1999)

b. Volume Jam Rencana (VJR)

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: faktor volume lalu lintas jam sibuk

F: faktor variasi tingkat lalu lintas per seperempat jam dalam satu jam

Tabel 2. 6 Nilai K dan F

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 Antar Kota, 1997)

c. Kapasitas (C)

Kapasitas adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu penampang jalan pada jalur selama 1 jam dengan kondisi serta arus lalu lintas tertentu (Sukirman, 1999:46). Kapasitas jalan akan

menunjukkan jumlah arus lalu lintas yang maksimum dapat melewati penampang tersebut dalam waktu satu jam sesuai kondisi jalan. Persamaan dasar yang menghitung kapasitas ruas jalan dalam MKJI (1999) jalan luar kota adalah sebagai berikut:

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \text{ (smp/jam)} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

C = Kapasitas (smp/jam)

C_o = Kapasitas dasar (smp/jam)

FC_w = Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas

FC_{sp} = Faktor penyesuaian pemisah arah

FC_{sf} = Faktor penyesuaian hambatan samping

Tabel 2. 7 Kapasitas Dasar Ruas Jalan (C_o)

Tipe Jalan	Tipe Alinyemen	Kapasitas Dasar (smp/jam)			Catatan
		Jalan Perkotaan	Jalan Luar Kota	Jalan bebas hambatan	
Enam atau lajur terbagi atau jalan satu arah	Datar	1,650	1,900	2,300	Perlajur
	Bukit		1,850	2,250	
	Gunung		1,800	2,150	
Empat lajur tak terbagi	Datar	1,500	1,700		Perlajur
	Bukit		1,650		
	Gunung		1,600		
Dua lajur tak terbagi	Datar	2,900	3,100	3,400	Total dua arah
	Bukit		3,000	3,300	
	Gunung		2,900	3,200	

(Sumber: MKJI, 1997)

d. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio arus jalan terhadap kapasitas, yang digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan tersebut

mempunyai masalah kapasitas atau tidak. Persamaan dasar untuk menentukan derajat kejenuhan adalah sebagai berikut:

$$DS = \frac{Q}{C} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

DS = Derajat Kejenuhan

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

Tabel 2. 8 Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Lebar Jalur Lalu Lintas (FCw)

Tipe Jalan	Lebar lajur lalu lintas efektif (Cw) (m)	FCw		
		Jalan Perkotaan	Jalan Luar Kota	Jalan Bebas Hambatan
Enam atau empat lajur terbagi atau jalan satu arah (6/2 D) atau (4/2 D)	Per lajur			
	3,00	0,92	0,91	
	3,25	0,96	0,96	0,96
	3,50	1,00	1,00	1,00
	3,75	1,04	1,03	1,03
	4,00			
Empat lajur tak terbagi (4/2 UD)	Per lajur			
	3,00	0,91	0,91	
	3,25	0,95	0,96	
	3,50	1,00	1,00	
	3,75	1,05	1,03	
	4,00			
Dua lajur tak terbagi (2/2 UD)	Total dua arah			
	5,0	0,56	0,69	
	6,0	0,87	0,91	
	6,5			0,96
	7,0	1,00	1,00	1,00
	7,5			1,04
	8,0	1,14	1,08	
	9,0	1,25	1,15	

	10,0	1,29	1,21	
	11,0	1,34	1,27	

(Sumber: MKJI, 1997)

Tabel 2. 9 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Pemisah Arah (FCsp)

Pemisah arah SP % - %			50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FCsp	Jalan perkotaan	(2/2)	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
		(4/2)	1,00	0,985	0,97	0,955	0,94
FCsp	Jalan luar kota	(2/2)	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
		(4/2)	1,00	0,975	0,95	0,925	0,9
FCsp	Jalan bebas hambatan	(2/2)	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88

(Sumber: MKJI, 1997)

Tabel 2. 10 Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Hambatan Samping (FCsf)

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping untk jalan dengan bahu (FCsf)			
		Lebar bahu efektif			
		≤ 0,5	1,0	1,5	≥ 2,0
4/2 D	VL	0,99	1,00	1,01	1,03
	L	0,96	0,97	0,99	1,01
	M	0,93	0,95	0,96	0,99
	H	0,90	0,92	0,95	0,97
	VH	0,88	0,90	0,93	0,96
4/2 UD Atau 2/2 UD	VL	0,97	0,99	1,00	1,02
	L	0,93	0,95	0,97	1,00
	M	0,88	0,91	0,94	0,98
	H	0,84	0,87	0,92	0,95
	VH	0,80	0,83	0,88	0,93

(Sumber: MKJI, 1997)

Tabel 2. 11 Tingkat Pelayanan jalan

Tingkat Pelayanan	Karakteristik	Batas Lingkung (Q/C)
A	Arus bebas; volume rendah dan kecepatan tinggi, pengemudi dapat memilih kecepatan yang dikehendaki	0,00 – 0,20
B	Arus stabil; kecepatan sedikit terbatas oleh lalu lintas	0,20 – 0,44
C	Arus stabil; kecepatan dikontrol oleh lalu lintas	0,45 – 0,74
D	Arus mendekati tidak stabil; kecepatan menurun akibat hambatan yang timbul dan kebanyakan bergerak relative kecil	0,75 – 0,84
E	Arus tidak stabil; kecepatan rendah dan berbeda-beda terkadang berhenti, volume mendekati kapasitas	0,85 – 1,00
F	Arus yang dipaksakan atau macet; kecepatan rendah, volume dibawah kapasitas, terjadi hambatan besar	>1,00

(Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997)

2.4.4 Satuan Mobil Penumpang

Setiap jenis kendaraan memiliki karakteristik pergerakan yang berbeda, karena suatu dimensi, percepatan, kecepatan, maupun kemampuan gerakan yang dimiliki masing-masing kendaraan berbeda, dan pengaruh geometrik jalan. Oleh sebab itu, untuk menyamakan satuan dari masing-masing jenis kendaraan digunakan suatu satuan yang bisa dipakai dalam perencanaan lalu lintas yang disebut satuan mobil penumpang (SMP). Besarnya SMP yang direkomendasikan sesuai dengan hasil penelitian MKJI dapat dilihat pada tabel

2.4.5 Ekuivalen Mobil Penumpang

Ekuivalen mobil penumpang merupakan suatu faktor konversi jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan

lainnya yang berhubungan pada dampaknya terhadap perilaku lalu lintas
(emp mobil penumpang = 1,0)

Tabel 2. 12 Ekvivalen Mobil Penumpang (emp)

Jenis Kendaraan	Datar/Perbukitan	Pegunungan
Sepeda, Jeep, Station Wagon	1,00	1,00
Pick-Up, Bus Kecil, Truk Kecil	1,20-2,40	1,90-3,50
Bus dan Truk Besar	1,20-5,00	2,20-6,00

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

Tabel 2. 13 Faktor Satuan Mobil Penumpang

No.	Jenis kendaraan	Kelas	SMP	
			Ruas	Simpang
1	Kendaraan ringan - Sedan/jeep - Oplet - Mikrobus - Pick-up	LV	1,00	1,00
2	Kendaraan berat - Bus standar - Truk sedang - Truk berat	HV	1,20	1,30
3	Sepeda motor	MC	0,25	0,40
4	Kendaraan ttak bermotor - Becak - Sepeda - Gerobak, dll	UM	0,80	1,00

(Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997)

Tabel 2. 14 Satuan Mobil Penumpang

Jenis Kendaraan	Nilai SMP
Sepeda	0,5
Mobil penumpang/Sepeda motor	1,0
Truk ringan (5 ton)	2,0
Truk sedang (>5 ton)	2,5
Truk berat (> 10 ton)	3,0
Bus	3,0
Kendaraan tak bermotor	0,8

(sumber: MKJI, 1997)

2.4.6 Jarak Pandang

Jarak pandang adalah 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. Syarat jarak pandang yang diperlukan dalam suatu perencanaan jalan raya untuk mendapatkan keamanan yang setinggi-tingginya bagi lalu lintas adalah sebagai berikut:

a. Jarak Pandang Henti (Jh)

Jarak pandang henti adalah jarak pandang minimum yang diperlukan pengemudi untuk menghentikan kendaraan yang sedang berjalan setelah melihat adanya rintangan pada jalur yang dilaluinya. Jarak ini merupakan dua jarak yang ditempuh sewaktu melihat benda hingga menginjak rem dan jarak untuk berhenti setelah menginjak rem. Jarak pandang henti terdiri atas 2 elemen jarak yaitu:

1. Jarak tanggap

Jarak tanggap adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.

2. Jarak pengereman

Jarak pengereman adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti. Jarak minimum ini harus dipenuhi dalam setiap bagian jalan raya, besar yang diperlukan dapat dilihat pada tabel 2.8

Tabel 2. 15 Jarak Pandang Henti Minimum

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

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

Jarak Pandang Henti (J_h) dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus:

$$J_h = 0,694 V_R + 0,004 \frac{V_R^2}{f_p} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

F_p = Koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35 – 0,55

Untuk jalan dengan kelandaian tertentu:

$$J_h = 0,694 V_R + 0,004 \frac{V_R^2}{f_p \pm L} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

J_h = Jarak pandang henti (m)

V_R = Kecepatan Rencana (km/jam)

F_p = koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35 – 0,55

L = Landai jalan dalam (%) dibagi 100

b. Jarak Pandang mendahului (J_d)

Jarak pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke jalur semula. Jarak pandang mendahului di ukur berdasarkan asumsi tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm. Jarak kendaraan mendahului dengan kendaraan datang dan jarak pandang mendahului sesuai dengan V_r dapat dilihat pada tabel 2.16 dan 2.17

Tabel 2. 16 Jarak Kendaraan Mendahului dengan Kendaraan Datang

V_R (km/jam)	50-65	65-80	80-95	95-110
J_h minimum (m)	30	55	75	90

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

Tabel 2. 17 Jarak Pandang Mendahului Berdasarkan V_r

V_R (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
J_d (m)	800	675	550	350	250	200	150	100

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

2.4.7 Tingkat Pelayanan (*Level of Service*)

Tingkat pelayanan adalah tolak ukur yang digunakan untuk menyatakan kualitas pelayanan suatu jalan. Tingkat pelayanan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kecepatan perjalanan dan perbandingan antara volume dengan kapasitas (V/C). Kecepatan perjalanan merupakan indikator dari pelayanan jalan, makin cepat berarti pelayanan baik atau sebaliknya. Faktor ini dipengaruhi oleh keadaan umum fisik jalan. *Highway Capacity Manual*, membagi tingkat pelayanan jalan atas 6 (enam) keadaan, yaitu:

- a. Tingkat Pelayanan A dengan ciri – ciri:
 1. Arus lalu lintas bebas tanpa hambatan
 2. Volume dan kepadatan lalu lintas rendah
 3. Kecepatan kendaraan merupakan pilihan pengemudi.
- b. Tingkat Pelayanan B, dengan ciri – ciri:
 1. Arus lalu lintas stabil

2. Kecepatan mulai dipengaruhi oleh keadaan lalu lintas, tetapi tetap dapat dipilih sesuai kehendak pengemudi.
- c. Tingkat pelayanan C, dengan ciri – ciri:
1. Arus lalu lintas masih stabil
 2. Kecepatan perjalanan dan kebebasan bergerak sudah dipengaruhi oleh besarnya volume lalu lintas sehingga pengemudi tidak dapat lagi memilih kecepatan yang diinginkannya.
- d. Tingkat Pelayanan D, dengan ciri – ciri:
1. Arus lalu lintas sudah mulai tidak stabil
 2. Perubahan volume lalu lintas sangat mempengaruhi besarnya kecepatan perjalanan.
- e. Tingkat pelayanan E, dengan ciri – ciri:
1. Arus lalu lintas sudah tidak stabil
 2. Volume kira – kira sama dengan kapasitas
 3. Sering terjadi kemacetan
- f. Tingkat Pelayanan F, dengan ciri – ciri:
1. Arus lalu lintas dengan tertahan pada kecepatan rendah
 2. Seringkali terjadi kemacetan
 3. Arus lalu lintas rendah

Batasan – batasan nilai dari setiap tingkat pelayanan jalan dipengaruhi oleh fungsi jalan dan dimana jalan tersebut berada (Saodang, 2010).

2.5 Bagian-Bagian Jalan

1. Lebar Jalur (W_c)

Lebar jalur jalan yang dilewati lalu lintas, tidak termasuk bahu jalan.

2. Lebar Bahu (W_s)

Lebar bahu disamping jalur lalu lintas direncanakan sebagai ruang untuk kendaraan yang sekali-sekali berhenti, pejalan kaki dan kendaraan lambat.

3. Median (M)

Daerah yang memisahkan arah lalu lintas pada suatu segmen jalan, terletak pada bagian tengah (direndahkan / Ditinggikan).

2.5.1 Ruang Penguasaan Jalan

a. Ruang Manfaat Jalan (RUMAJA)

Ruang manfaat jalan (RUMAJA) dibatasi oleh:

1. Lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan di kedua sisi jalan
2. Tinggi 5 meter di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan
3. Kedalaman ruang bebas 1,5 meter di bawah muka jalan

b. Ruang Milik Jalan (RUMIJA)

Ruang milik jalan (RUMIJA) adalah ruang yang dibatasi oleh lebar yang sama dengan ruang manfaat jalan ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1,5 meter.

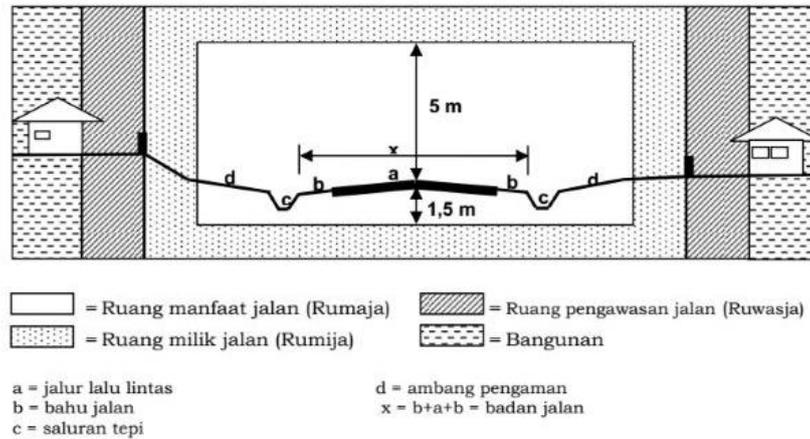
c. Ruang Pengawasan Jalan (RUWASJA)

Ruang pengawasan jalan (DAWASJA) adalah ruang sepanjang jalan diluar daerah manfaat jalan yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu, diukur dari sumbu jalan sebagai berikut:

1. Jalan arteri minimum 20meter
2. Jalan kolektor minimum 15meter
3. Jalan local minimum 10meter

Untuk keselamatan pemakai jalan, Dawasja di daerah tikungan ditentukan oleh jarak pandang bebas.

(Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997).



Gambar 2. 5 Rumaja, Rumija, dan Ruwasja di lingkungan jalan antar kota

2.5.2 Penampang Melintang

Penampang melintang jalan terdiri atas bagian – bagian sebagai berikut terdiri dari:

- a. Jalur Lalu Lintas
- b. Median
- c. Bahu Jalan
- d. Jalur Pejalan Kaki
- e. Selokan
- f. Lereng

(Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

2.5.3 Jalur Lalu Lintas

- a. 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. Trotoar
 4. Pulau jalan, dan
 5. Separator
- b. Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa lajur.
- c. Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa tipe

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

d. Lebar Jalur

1. Lebar jalur sangat ditentukan oleh jumlah dan lebar lajur permukaannya. Menunjukkan lebar jalur dan bahu jalan sesuai VLHR-nya.
2. 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.

(Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Tabel 2. 18 Penentuan Lebar Jalur

VLHR (smp/hari)	Arteri		Kolektor		Lokal	
	Ideal	Minimum	Idelal	Minimum	Ideal	Minimum
	Lebar Jalur (m)					
<3.000	6	4.5	6	4.5	6	4.5
3.000-10000	7	6	7	6	7	6
10.000-25.000	7	7	7	**)	-	-
>25.000	2n x 3.5*	2 x 7*	2n x 3.5*	**)	-	-

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

Keterangan : **) = Mengacu pada persyaratan ideal

*) = 2 Jalur terbagi, masing – masing n x 3.5m, dimana

N = jumlah lajur perjalur

- = Tidak ditentukan

2.5.4 Lajur dan Kemiringan Melintang Jalan

Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan, memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana. Lebar lajur tergantung pada kecepatan dan kendaraan rencana, yang dalam hal ini dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan seperti ditetapkan dalam tabel 2.19.

Jumlah lajur ditetapkan dengan mengacu kepada MKJI berdasarkan tingkat kinerja yang direncanakan, dimana untuk suatu ruas jalan dinyatakan oleh nilai rasio antara volume terhadap kapasitas yang nilainya tidak lebih dari 0.80. Untuk kelancaran drainase permukaan, lajur lalu lintas pada alinemen lurus memerlukan kemiringan melintang normal sebagai berikut:

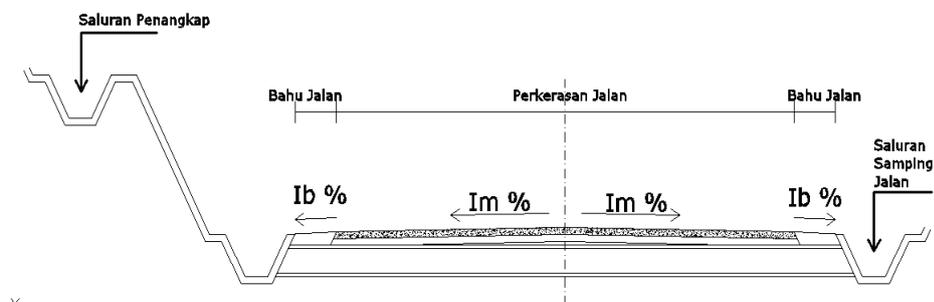
- 3% untuk perkerasan aspal dan perkerasan beton;
- 4 – 5% untuk perkerasan krikil

(Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Tabel 2. 19 Lebar Jalur Ideal

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

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



Gambar 2. 6 Kemiringan Melintang Jalan Normal

2.5.5 Bahu Jalan

Bahu jalan adalah bagian jalan yang terletak di tepi jalur lalu lintas dan harus diperkeras. Fungsi bahu jalan adalah sebagai berikut:

- Lajur lalu lintas darurat, tempat berhenti sementara, dan atau tempat parkir darurat
- Ruang bebas samping bagi lalu lintas, dan
- Penyangga sampai untuk kestabilan perkerasan jalur lalu lintas
- Lebar bahu jalan dapat dilihat dalam tabel 2.20.

Tabel 2. 20 Penentuan Lebar Bahu Jalan

VLHR (smp/hari)	Arteri		Kolektor		Lokal	
	Ideal	Minimum	Ideal	Minimum	Ideal	Minimum
	Lebar Bahu (m)					
<3.000	1.5	1	1.5	1	1	1
3.000- 10.000	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1
10.000- 25.000	2	2	2	**))	-	-
>25.000	2.5	2	2	**))	-	-

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

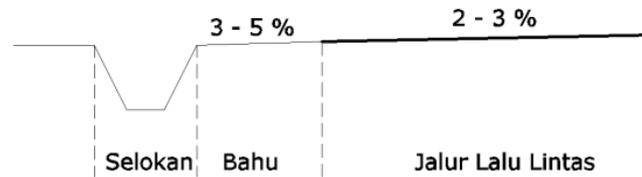
Keterangan : **) = Mengacu pada persyaratan ideal

*) = 2 Jalur terbagi, masing – masing $n \times 3.5\text{m}$, dimana

n = jumlah lajur perjalur

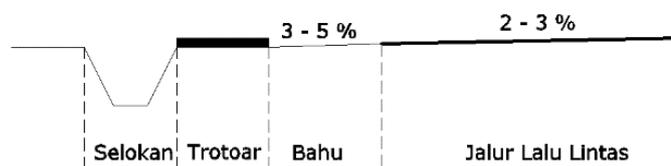
- = Tidak ditentukan

a. Bahu Jalan



Gambar 2. 7 Bahu Jalan

b. Bahu Jalan dengan Trotoar



Gambar 2. 8 Bahu Jalan dengan Trotoar

2.5.6 Median Jalan

Median adalah bagian bangunan jalan yang secara fisik memisahkan dua jalur lalu lintas yang berlawanan arah. Fungsi median adalah untuk:

- Ruang lapak tunggu penyebrang jalan,
- penempatan fasilitas jalan,
- tempat prasarana kerja sementara,
- penghijauan,
- tempat berhenti darurat (jika cukup luas) dan
- Cadangan lajur (jika cukup luas);
- mengurangi silau dari sinar lampu kendaraan dari arah yang berlawanan.

Jalan 2 arah dengan 4 lajur atau lebih perlu dilengkapi median. Median dapat dibedakan atas:

- Median direndahkan, terdiri atas jalur tepian dan bangunan pemisah jalur yang direndahkan
- Median ditinggikan, terdiri atas jalur tepian dan bangunan pemisah jalur yang ditinggikan Lebar minimum median terdiri atas jalur tepian selebar 0,25 – 0,50meter dan bangunan pemisah jalur, ditetapkan dapat dilihat

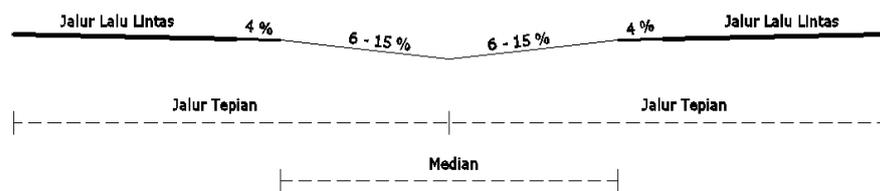
dalam tabel 2.21. Perencanaan median yang lebih rinci mengacu Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, Direktorat Jendral Bina Marga, Maret 1992.

Tabel 2. 21 Lebar Minimum Median

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

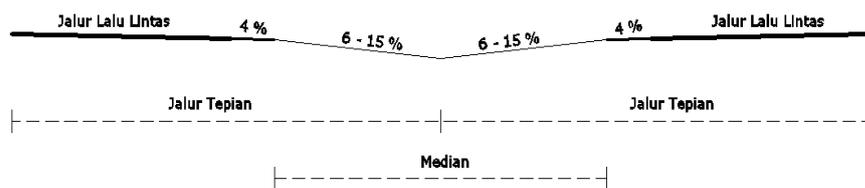
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

a. Median Jalan yang direndahkan



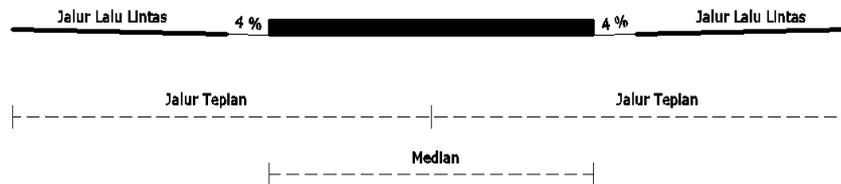
Gambar 2. 9 Median Jalan yang direndahkan

b. Median Jalan yang ditinggikan



Gambar 2. 10 Median Jalan yang ditinggikan

2.6 Alinyemen Horizontal

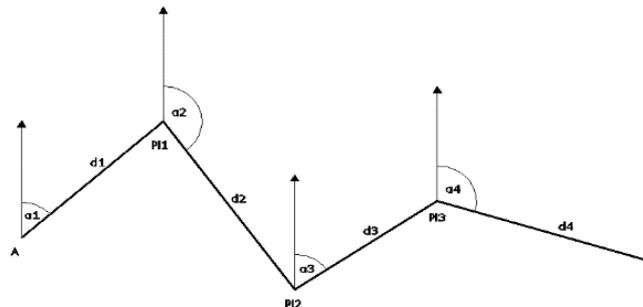


Gambar 2. 11 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal dikenal juga dengan mana situasi jalan atau trase jalan. Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus yang dihubungkan dengan garis lengkung. Garis lengkung tersebut terdiri dari busur lingkaran ditambah busur peralihan saja ataupun busur lingkaran saja (Sukirman, 1999).

2.6.1 Menentukan Sudut Jurusan (α) dan Sudut Bearing (Δ)

Sudut jurusan (α) ditentukan berdasarkan arah utara



Gambar 2. 12 Sudut Jurusan (α)

$$\alpha_1 = \alpha (A - PI1)$$

$$\alpha_2 = \alpha (PI1 - PI2)$$

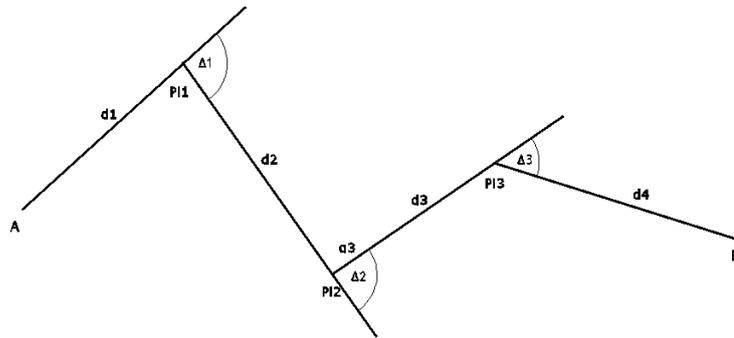
$$\alpha_3 = \alpha (PI2 - PI3)$$

$$\alpha_4 = \alpha (PI_3 - B)$$

Sudut Jurusan (α) dihitung dengan rumus:

$$\alpha = 90 - \text{arctg} \frac{Y_b - Y_a}{X_b - X_a} \dots \dots \dots (2.8)$$

$$\alpha = \text{arctg} \frac{Y_b - Y_a}{X_b - X_a} \dots \dots \dots (2.9)$$



Gambar 2. 13 Sudut Tangen (Δ)

Sudut Δ adalah sudut tangen

$$\Delta_1 = (\alpha_2 - \alpha_1) \dots \dots \dots (2.10)$$

$$\Delta_2 = (\alpha_3 - \alpha_2) \dots \dots \dots (2.11)$$

$$\Delta_3 = (\alpha_4 - \alpha_3) \dots \dots \dots (2.12)$$

2.6.2 Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan adalah lengkung yang disisipkan di antara bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan berjari jari tetap R berfungsi mengantisipasi perubahan alinyemen jalan dari bentuk lurus (R tak terhingga) sampai bagian lengkung jalan berjari jari tetap R. Sehingga gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan saat berjalan di tikungan berubah secara berangsur-angsur, baik ketika kendaraan mendekati tikungan maupun meninggalkan tikungan.

Bentuk lengkung peralihan dapat berupa parabola atau spiral (*clothoid*). Dalam tata cara ini digunakan bentuk spiral. Panjang lengkung peralihan (L) ditetapkan atas pertimbangan bahwa:

- a. Lama waktu perjalanan di lengkung peralihan perlu dibatasi untuk menghindari kesan perubahan alinemen yang mendadak, ditetapkan 3 detik (pada kecepatan VR);
- b. Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan dapat diantisipasi berangsur angsur pada lengkung peralihan dengan aman; dan
- c. Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan (re) dari bentuk kelandaian normal ke kelandaian superelevasi penuh tidak boleh melampaui re-max yang ditetapkan sebagai berikut:

untuk $VR \leq 70$ km/jam, re-max = 0.035 m/m/detik

untuk $VR \geq 80$ km/jam, re-max = 0.025 m/m/detik

LS ditentukan dari 3 rumus di bawah ini dan diambil nilai yang terbesar:

- a. Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan

$$L_s = \frac{V_R}{3.6} \times T \dots\dots\dots(2.13)$$

di mana:

T = waktu tempuh pada lengkung peralihan, ditetapkan 3 detik.

VR = kecepatan rencana (km/jam)

- b. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_s = 0,022 \times \frac{V_R^3}{R \times C} - 2,727 \times \frac{V_R \times e}{C} \dots\dots\dots(2.14)$$

- c. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_s = \frac{(e_m - e_n) \times V_R}{3,6 \times R_e} \dots\dots\dots(2.15)$$

di mana:

V_R = Kecepatan Rencana (km/jam)

e_m = Superelevasi maximum

e_n = Superelevasi normal

R_e = Tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan
(m/m/detik)

(Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Tabel 2. 22 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi yang dibutuhkan ($e_{maks} = 10\%$, metode Bina Marga)

D	R	V=50 km/jam		V=60 km/jam		V=70 km/jam		V=80 km/jam		V= 90 km/jam													
		Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls												
0.250	5730	Ln	45	LN	50	LN	60	LN	70	LN	75												
0.500	2865	Ln	45	LN	50	LP	60	LP	70	LP	75												
0.750	1910	Ln	45	LP	50	LP	60	0.020	70	0.025	75												
1.000	1432	Lp	45	LP	50	0.021	60	0.027	70	0.033	75												
1.250	1146	Lp	45	LP	50	0.025	60	0.033	70	0.040	75												
1.500	955	Lp	45	0.023	50	0.030	60	0.038	70	0.047	75												
1.750	819	Lp	45	0.026	50	0.035	60	0.044	70	0.054	75												
2.000	716	Lp	45	0.029	50	0.039	60	0.049	70	0.060	75												
2.500	573	0.026	45	0.036	50	0.047	60	0.059	70	0.072	75												
3.000	477	0.030	45	0.042	50	0.055	60	0.068	70	0.081	75												
3.500	409	0.035	45	0.048	50	0.062	60	0.076	70	0.089	75												
4.000	358	0.039	45	0.054	50	0.068	60	0.082	70	0.095	75												
4.500	318	0.043	45	0.059	50	0.074	60	0.088	70	0.099	75												
5.000	286	0.048	45	0.064	50	0.079	60	0.093	70	0.100	75												
6.000	239	0.055	45	0.073	50	0.088	60	0.098	70	Dmaks =5,12													
7.000	205	0.062	45	0.080	60	0.094	60	D maks = 6,82															
8.000	179	0.068	45	0.086	60	0.098	60																
9.000	159	0.074	45	0.091	60	0.099	60																
10.000	143	0.079	45	0.095	60	D maks = 9,12																	
11.000	130	0.083	45	0.098	60																		
12.000	119	0.087	45	0.100	60																		
13.000	110	0.091	45	D maks = 12,79																			
14.000	102	0.093	45																				
15.000	96	0.096	45																				
16.000	90	0.097	45																				
17.000	84	0.099	45																				
18.000	80	0.099	45																				
19.000	75	D maks = 18,8																					

(Sumber: Silvia Sukirman, 1999)

Tabel 2. 23 Tabel p^* dan k^* , untuk $L_s = 1$

$\Theta_s(^*)$	p^*	k^*	$\Theta_s(^*)$	p^*	k^*	$\Theta_s(^*)$	p^*	k^*
0,5	0,0007272	0,4999987	14,0	0,0206655	0,4989901	27,5	0,0422830	0,4959406
1,0	0,0014546	0,4999949	14,5	0,0214263	0,4989155	28,0	0,0431365	0,4957834
1,5	0,0021820	0,4999886	15,0	0,0221896	0,4988381	28,5	0,0439946	0,4956227
2,0	0,0029098	0,4999797	15,5	0,0229553	0,4987580	29,0	0,0448572	0,4954585
2,5	0,0036378	0,4999683	16,0	0,0237236	0,4986750	29,5	0,0457245	0,4952908
3,0	0,0043663	0,4999543	16,5	0,0244945	0,4985892	30,0	0,0465966	0,4951196
3,5	0,0050953	0,4999377	17,0	0,0252681	0,4985005	30,5	0,0474735	0,4949448
4,0	0,0058249	0,4999187	17,5	0,0260445	0,4984090	31,0	0,0483550	0,4947665
4,5	0,0065551	0,4998970	18,0	0,0268238	0,4983146	31,5	0,0492422	0,4945845
5,0	0,0072860	0,4998728	18,5	0,0276060	0,4982172	32,0	0,0501340	0,4943988
5,5	0,0080178	0,4998461	19,0	0,0283913	0,4981170	32,5	0,0510310	0,4942094
6,0	0,0094843	0,4998167	19,5	0,0291797	0,4980137	33,0	0,0519333	0,4940163
6,5	0,0102191	0,4997848	20,0	0,0299713	0,4979075	33,5	0,0528408	0,4938194
7,0	0,0109550	0,4997503	20,5	0,0307662	0,4977983	34,0	0,0537536	0,4936187
7,5	0,0116922	0,4997132	21,0	0,0315644	0,4976861	34,5	0,0546719	0,4934141
8,0	0,0124307	0,4997350	21,5	0,0323661	0,4975708	35,0	0,05559557	0,4932057
8,5	0,0131706	0,4993120	22,0	0,0331713	0,4974525	35,5	0,0562500	0,4929933
9,0	0,0139121	0,4995862	22,5	0,0339801	0,4973311	36,0	0,0574601	0,4927769
9,5	0,0146551	0,4995387	23,0	0,0347926	0,4972065	36,5	0,0584008	0,4925566
10,0	0,0153997	0,4994884	23,5	0,0356088	0,490788	37,0	0,0593473	0,4923322
10,5	0,0161461	0,4994356	24,0	0,0364288	0,496979	37,5	0,0602997	0,4921037
11,0	0,0161461	0,4993800	24,5	0,0372528	0,4968139	38,0	0,0612581	0,4918711

11,5	0,0168943	0,4993218	25.0	0.0380807	0.4966766	38.5	0.0622224	0.4916343
12,0	0,0176444	0,4992609	25.5	0.0389128	0.495360	39.0	0.0631929	0.4913933
12,5	0,0183965	0,4991973	26.0	0.0397489	0.4963922	39.5	0.0641694	0.4911480
13,0	0,0191507	0,4991310	26.5	0.0405893	0.4962450	40.0	0.0651522	0.4908985
13,5	0,0199070	0,4990619	27.0	0.0414340	0.4960945			

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

2.6.3 Jari Jari Minimum

Kendaraan pada saat melalui tikungan dengan kecepatan (V) akan menerima gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Untuk mengurangi gaya sentrifugal tersebut perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi (e).

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

Rumus umum untuk lengkung horizontal adalah:

$$R = \frac{v^2}{127(e+f)} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$D = \frac{25}{2\pi R} \times 360^\circ \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana:

R = Jari-jari lengkung (m)

D = Derajat lengkung (°)

Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu dapat dihitung jari – jari minimum untuk superelevasi maksimum dan koefisien gesekan maksimum,

$$R_{min} = \frac{v_R^2}{127(e_{maks}+f_{maks})} \dots\dots\dots(2.18)$$

$$D_{maks} = \frac{181913,53(e_{maks} + f_{maks})}{V_R^2} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana:

R_{min} = Jari – jari tikungan minimum (m)

V_R = Kecepatan kendaraan rencana (km/jam)

e_{maks} = Superelevasi maksimum (%)

f_{maks} = Koefisien gesekan melintang maksimum

D = Derajat lengkung

D_{maks} = Derajat maksimum

Untuk pertimbangan perencanaan, digunakan $e_{maks} = 10\%$ dan f_{maks} yang hasilnya dibulatkan. Untuk berbagai variasi kecepatan dapat digunakan tabel 2.24

Tabel 2. 24 Panjang Jari-Jari Minimum (dibulatkan) untuk $e_{maks} = 10\%$

V_R (km/jam)	120	100	90	80	60	50	40	30	20
R_{min} (m)	600	370	280	210	115	80	50	30	15

(Sumber: Shirley L. Hendarsin, *Perencanaan Teknik Jalan Raya*, Politeknik Negeri Bandung, 2000)

2.6.4 Tikungan

Dalam perencanaan terdapat tiga bentuk tikungan, antara lain:

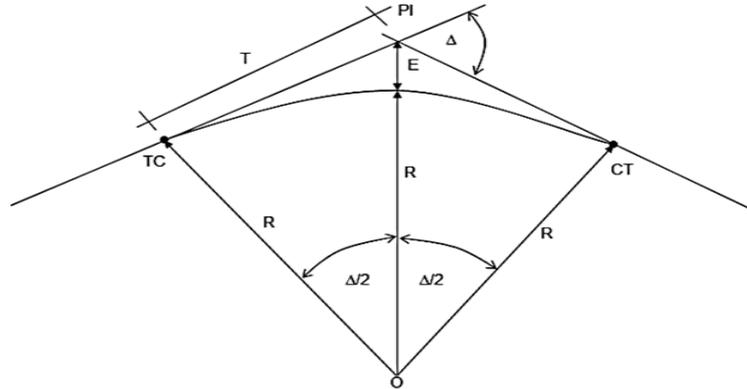
a. Bentuk Tikungan *Full Circle*

Full Circle adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan FC hanya digunakan untuk R (jari – jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka diperlukan superelevasi yang besar (Hendarsin, 2000).

Tabel 2. 25 Jari-jari tikungan yang tidak memerlukan lengkung peralihan

V_R (km/jam)	120	100	80	60	40	30
R_{min} (m)	2000	1500	1100	700	300	180

(Sumber: Bina Marga 2017)



Gambar 2. 14 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)

Dalam perhitungan tikungan full circle, rumus yang digunakan yaitu:

$$Tc = R \times tg \frac{1}{2} \times \Delta \dots\dots\dots(2.20)$$

$$Ec = Tc \times \tan \frac{\Delta}{4} \dots\dots\dots(2.21)$$

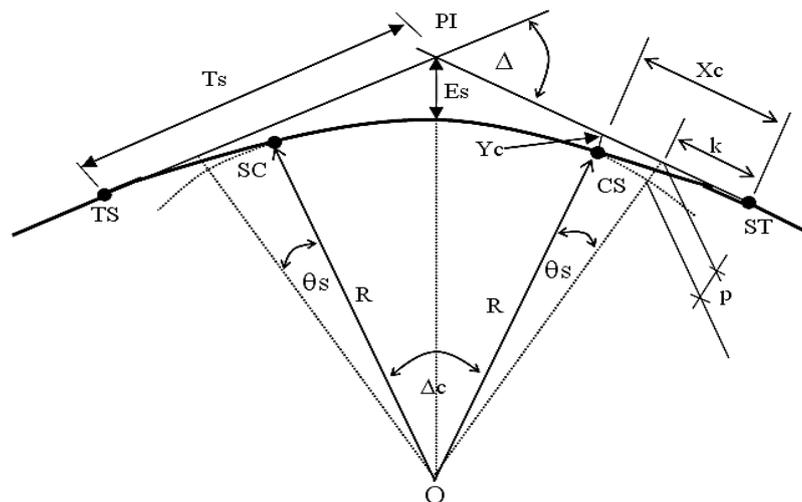
$$Lc = \frac{\Delta}{360} \times 2\pi R \dots\dots\dots(2.22)$$

Apabila nilai p kurang dari 0,25 meter, maka lengkung peralihan tidak diperlukan sehingga tipe tikungan menjadi FC.

b. Bentuk tikungan *Spiral – Circle – Spiral* (SCS)

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba – tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran ($R = \infty$)

→ $R = R_c$), jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lurus dan bagian lingkaran (*circle*), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan terbentuk busur lingkaran. Lengkung peralihan dengan bentuk spiral banyak digunakan juga oleh Bina Marga. Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan jenis S – C – S (Hendarsin, 2000).



Gambar 2. 15 Tikungan Spiral-Circle-Spiral (SCS)

Keterangan :

- Xs = Abis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC (jarak lurus lengkung peralihan).
- Ys = ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung.
- Ls = Panjang lengkung peralihan (panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST).
- Lc = panjang busur lingkaran (panjang dari titik SC ke CS).
- Ts = panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST.
- TS = *Tangent Spiral*, titik awal spiral (dari Tangent ke Spiral)
- SC = *Spiral Circle*, titik perubahan dari Spiral ke Circle
- Es = Panjang eksternal total dari PI ke tengah lengkung Lingkaran
- θ_s = Sudut lengkung spiral

- Rc = Jari-jari lingkaran (m)
 P = pergeseran tangen terhadap spiral
 K = absis dari p pada garis tangen spiral

Dalam perhitungan tikungan spiral-circle-spiral, rumus yang digunakan yaitu:

$$\theta_s = \frac{24,648}{Rc} x Ls \dots\dots\dots(2.23)$$

$$\Delta = \Delta - 2\theta_s \dots\dots\dots(2.24)$$

$$X_s = Ls \left(1 - \frac{Ls^2}{40 R^2}\right) \dots\dots\dots(2.25)$$

$$Y_s = \frac{Ls^2}{6 R} \dots\dots\dots(2.26)$$

$$P = Y_s - Rc (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots(2.27)$$

$$K = Ls - \frac{Ls^3}{40 Rc^2} - Rc \sin \theta_s \dots\dots\dots(2.28)$$

$$Lc = 0,01745 \cdot \Delta' \cdot R \dots\dots\dots(2.29)$$

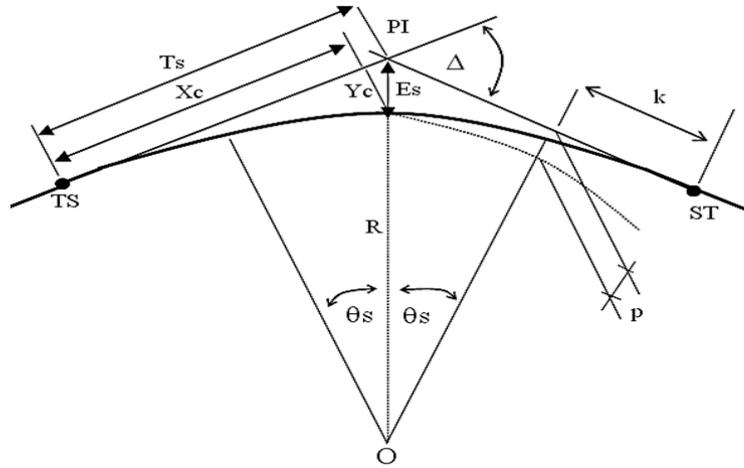
$$L = 2Ls + Lc \dots\dots\dots(2.30)$$

$$Ts = (R + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + K \dots\dots\dots(2.31)$$

$$Es = \frac{(R+P)}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \dots\dots\dots(2.32)$$

Jika diperoleh $Lc < 25$ m, maka sebaiknya tidak digunakan bentuk S-C-s, tetapi digunakan lengkung S-S, yaitu lengkung yang terdiri dari 2 lengkung peralihan.

c. Bentuk Tikungan Spiral-Spiral (SS)



Gambar 2. 16 Tikungan Spiral-Spiral (SS)

Keterangan:

- PI = Point of Intersection, titik perpotongan garis tangent utama
- Ts = Jarak antara PI dan TS
- Ls = Panjang bagian lengkung spiral
- E = Jarak PI ke lengkung spiral
- Δ = Sudut pertemuan antara tangent utama
- θs = Sudut spiral
- TS = Tangent Spiral, titik awal spiral (dari Tangent ke Spiral)
- ST = Spiral tangent, titik perubahan dari spiral ke tangent
- Rc = Jari-jari circle (m)

Dalam menentukan Nilai θ_s dan Kontrol Panjang Ls ($L_s^* > L_s$), gunakan rumus seperti gambar di bawah ini:

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

$$L_s^* = \frac{R \cdot \theta_s}{28,648} \dots \dots \dots (2.34)$$

$$L_s^* > L_s = \rightarrow oke \dots \dots \dots (2.35)$$

$$P = \frac{L_s^{*2}}{6R} - Rc(1 - \cos \theta_s) \dots \dots \dots (2.36)$$

$$K = L_s^* - \frac{L_s^{*3}}{40 Rc^2} - Rc \sin \theta_s \dots \dots \dots (2.37)$$

$$L = 2 \times L_s \dots \dots \dots (2.38)$$

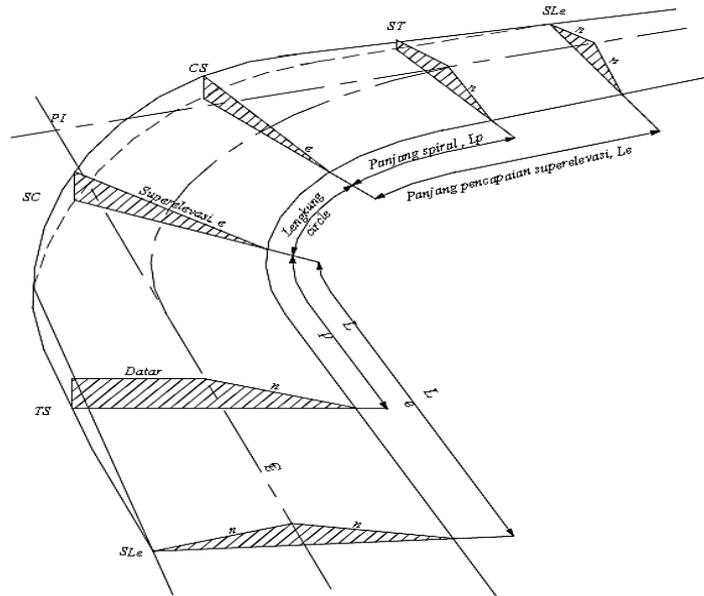
$$Ts = (R + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + K \dots \dots \dots (2.39)$$

$$Es = \frac{(R+P)}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \dots \dots \dots (2.40)$$

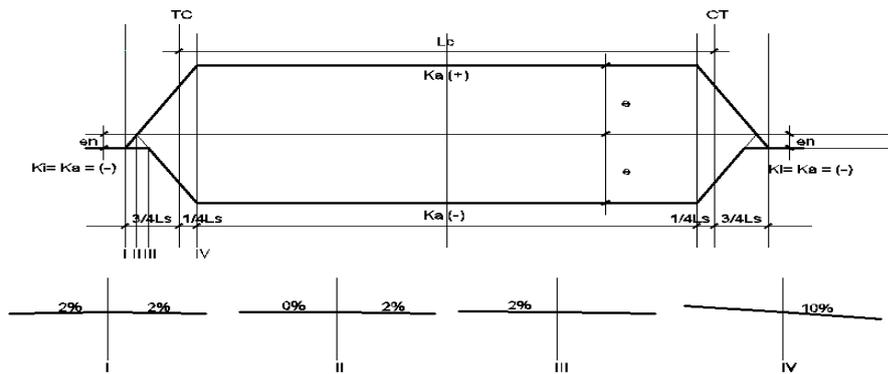
d. Superelevasi

Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.

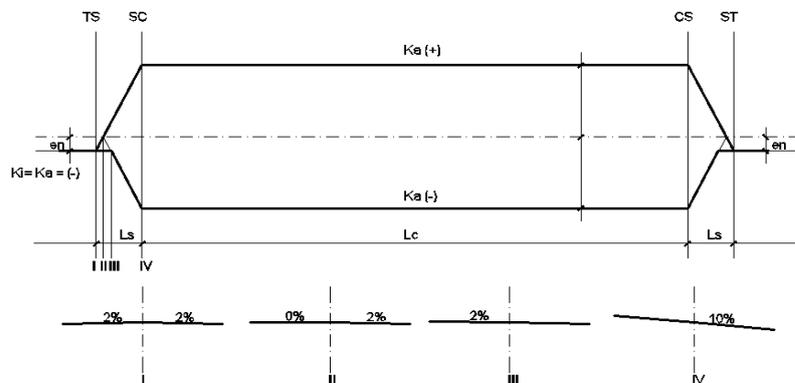
1. Pada tikungan SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bentuk normal sampai awal lengkung peralihan (TS) yang berbentuk pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan (SC).
2. Pada tikungan FC, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bagian lurus sepanjang $\frac{2}{3} L_s$ sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang $\frac{1}{3} L_s$.
3. Pada tikungan S – S, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.
4. Superelevasi tidak diperlukan jika radius (R) cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LP), atau bahkan tetap lereng normal (LN) (Hendarsin, 2000).



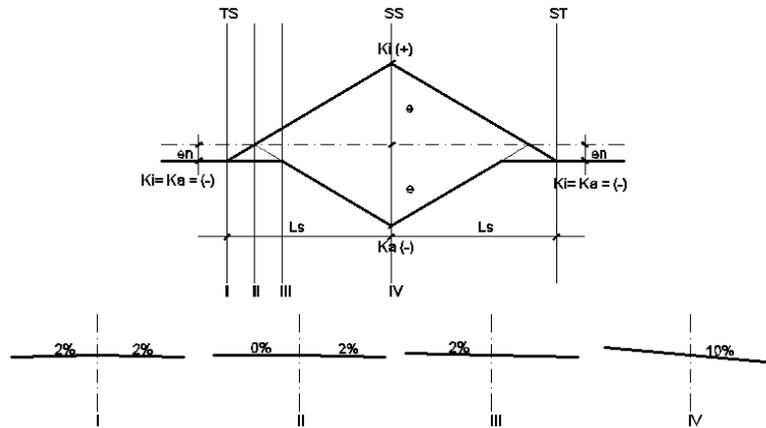
Gambar 2. 17 Perubahan Superelevasi



Gambar 2. 18 Diagram Superelevasi Full Circle



Gambar 2. 19 Diagram Superelevasi Spiral-Circle-Spiral



Gambar 2. 20 Diagram Superelevasi Spiral-Spiral.

2.6.5 Pelebaran Perkerasan Pada Tikungan

Kendaraan yang bergerak dari jalan lurus menuju tikungan, seringkali tidak dapat mempertahankan lintasannya pada lajur yang telah disediakan, disebabkan oleh:

1. Pada waktu membelok yang dibeikan sudut belokan, hanya roda depan, sehingga lintasan roda belakang menjalani lintasan lebih kedalam dari roda depan (*off tracking*).
2. Jejak lintasan kendaraan tidak lagi berimpit, karena bumper depan dan belakang kendaraan mempunyai lintasan yang berbeda antara roda depan dan roda belakang.
3. Pengemudi akan mengalami kesukaran dalam mempertahankan lintasannya untuk tetap pada lajur jalannya, terutama pada tikungan – tikungan yang tajam atau pada kecepatan yang tinggi. Untuk menghindari hal tersebut, maka pada tikungan yang tajam perlu diadakan pelebaran perkerasan jalan. Secara praktis, perkerasan harus diperlebar, bila radius lengkungan lebih kecil dari 120 m, untuk menjaga agar, pandangan bebas ke arah samping terhadap kendaraan – kendaraan lain sedangkan pelebaran tidak diperlukan lagi bilamana kecepatan rencana kurang dari 30 km/jam (Saodang, 2010).

$$R_c = R - \frac{1}{4} Bn + \frac{1}{2} b \dots\dots\dots(2.41)$$

$$B = \sqrt{\{\sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25\}^2 + 64} - \sqrt{(Rc^2 - 64)} + 1,25 \dots (2.42)$$

$$Z = \frac{0,105 \times V}{\sqrt{R}} \dots \dots \dots (2.43)$$

$$Bt = n(B + C) + Z \dots \dots \dots (2.44)$$

Dimana:

B = Lebar perkerasan pada tikungan (m)

Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar kendaraan rencana (m)

Rc = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan (m)

Z = Lebar tambahan akibat kesukaran dalam mengemudi (m)

R = Radius lengkung (m)

n = Jumlah lajur

C = Kebebasan samping (1,0 m)

2.6.6 Penentuan / Stationing

Penomoran (*Stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval – interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (STA Jalan) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenal lokasi suatu tempat. Nomor jalan ini sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Di samping itu dari penomoran jalan tersebut diperoleh informasi tentang panjang jalan secara keseluruhan. Setiap STA jalan dilengkapi dengan gambar potongan melintangnya (Sukirman, 1999).

Nomor jalan atau STA Jalan ini sama fungsinya dengan patok km di sepanjang jalan. Perbedaannya adalah:

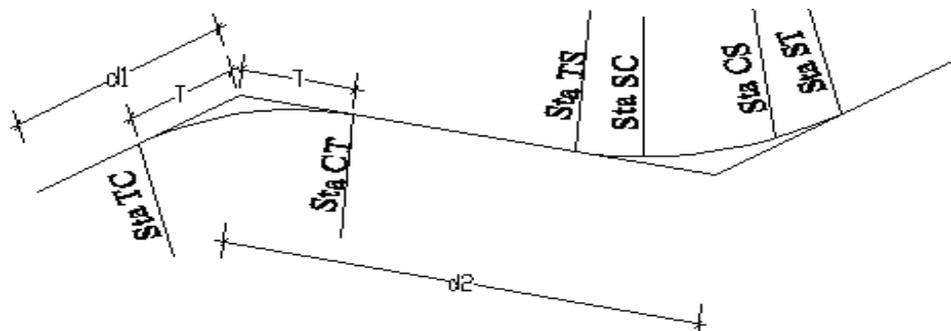
1. Patok km merupakan petunjuk jarak yang diukur dari patok km 0, yang umumnya terletak di ibukota provinsi atau kotamadya, sedangkan patok STA merupakan petunjuk jarak yang diukur dari awal sampai akhir pekerjaan.

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

STA Jalan dimulai dari 0+000 m yang berarti 0 km dan 0 m dari awal pekerjaan. STA 10+250 berarti lokasi jalan terletak pada jarak 10 km dan 250 m dari awal pekerjaan. Jika tidak terjadi perubahan arah tangen pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal, maka penomoran selanjutnya dilakukan:

1. Setiap 100 m, untuk daerah datar
2. Setiap 50 m, untuk daerah bukit
3. 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 (Sukirman, 1999)



Gambar 2. 21 Sistem Penomoran Stationing Jalan

2.7 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan yang umumnya biasa disebut profil/penampang memanjang jalan. Perencanaan alinyemen vertikal sangat dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain:

- a. Kondisi tanah dasar
- b. Keadaan Medan
- c. Fungsi Jalan
- d. Muka air banjir
- e. Muka air tanah
- f. Kelandaian yang masih memungkinkan

Selain hal tersebut diatas dalam perencanaan alinyemen vertikal, akan ditemui kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan), sehingga terdapat suatu kombinasi yang berupa lengkung cembung dan lengkung cekung serta akan ditemui pula kelandaian = 0 yang berarti datar.

Gambar rencana suatu profil memanjang jalan dibaca dari kiri ke kanan, sehingga landai jalan diberi tanda positif untuk pendakian dari kiri ke kanan, dan landai negatif untuk penurunan dari kiri ke kanan.

2.7.1 Kelandaian Alinyemen Vertikal

- a. Landai minimum

Untuk tanah timbunan yang tidak menggunakan kerb, maka lereng melintang jalan dianggap sudah cukup untuk dapat mengalirkan air diatas badan jalan yang selanjutnya dibuang ke lereng jalan. Untuk jalan-jalan yang berada diatas tanah timbunan dengan medan datar dan menggunakan kerb, kelandaian yang dianjurkan adalah sebesar 0,15 % yang dapat membantu mengalirkan air dari atas jalan dan membuangnya ke saluran tepi atau saluran pembuangan. Sedangkan untuk jalan-jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kerb, kelandaian jalan minimum yang dianjurkan untuk dirancang adalah 0,30 - 0,50 %. Lereng melintang jalan hanya cukup untuk mengalirkan air

hujan yang jatuh diatas badan jalan, sedangkan landau jalan dibutuhkan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping, untuk membuang air permukaan sepanjang jalan (Saodang, 2010).

b. Landai maksimum

Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk kendaraan yang bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa menggunakan gigi rendah. Kelandaian maksimum untuk V rencana ditetapkan dapat dilihat dalam tabel 2.26

Tabel 2. 26 Kelandaian Maksimum yang Diizinkan

Kecepatan Rencana	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)

c. Panjang Kritis Landai

Panjang kritis yaitu panjang landau maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh VR. Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak lebih dari 1 menit. Panjang kritis dapat ditetapkan dari tabel 2.27

Tabel 2. 27 Panjang Kritis (m)

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

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

2.7.2 Lajur Pendakian

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

dapat mendahului kendaraan lambat tersebut tanpa harus berpindah lajur atau menggunakan lajur arah berlawanan. Lajur pendakian harus disediakan pada ruas jalan yang mempunyai kelandaian yang besar, menerus, dan volume lalu lintasnya relatif padat. Penempatan lajur pendakian harus dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. disediakan pada jalan arteri atau kolektor
- b. apabila panjang kritis terlampaui, jalan memiliki VLHR > 15.000 SMP/hari, dan persentase truk $> 15\%$.

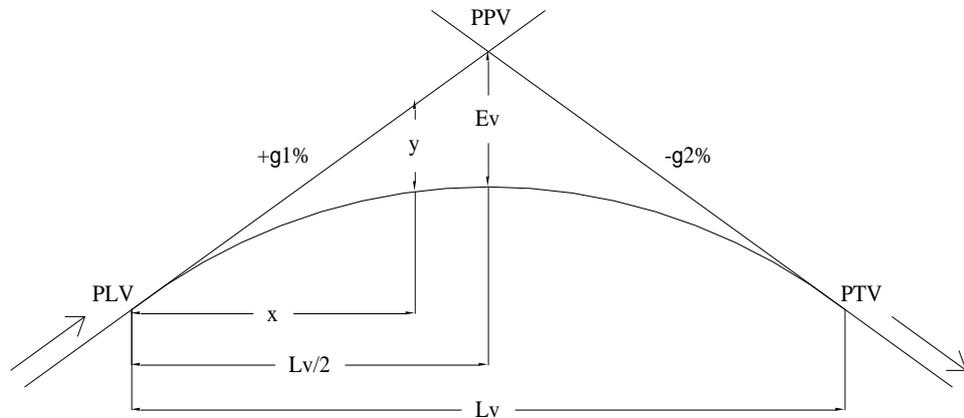
Lebar lajur pendakian sama dengan lebar lajur rencana. Lajur pendakian dimulai 30meter dari awal perubahan kelandaian dengan serongansepanjang 45meter dan berakhir 50meter sesudah puncak kelandaian dengan serongan sepanjang 45 meter. Jarak minimum antara 2 lajur pendakian adalah 1,5 km (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997).

2.7.3 Lengkung Vertikal

Pergantian dari satu kelandaian ke kelandaian berikutnya, dilakukan dengan mempergunakan lengkung vertikal. Lengkung vertikal direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat memenuhi keamanan, kenyamanan, dan drainase. Jenis lengkung vertikal dilihat dari titik perpotongan kedua bagian yang lurus tangens adalah:

- a. Lengkung vertikal cekung adalah suatu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan.
- b. Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan (Saodang, 2010).

Pada setiap penggantian landai harus dibuat lengkung vertikal yang memenuhi keamanan, kenyamanan dan drainase yang baik. Lengkung vertikal adalah lengkung yang dipakai untuk mengadakan peralihan secara berangsur-angsur dari suatu landai kelandai berikutnya.



Gambar 2. 22 Lengkung Vertikal

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

$$y' = \left[\frac{g_2 - g_1}{200 L} \right] \cdot X^2 \dots\dots\dots(2.45)$$

Dimana:

- x = Jarak horisontal dari titik PLV ke titik yang ditinjau (m)
- y' = Besarnya penyimpangan (jarak vertikal) antar garis kemiringan dengan lengkungan (m).
- g_1, g_2 = Besar kelandaian (kenaikan/penurunan) (%)
- L_v = Panjang lengkung vertikal (m)

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

$$E_v = \frac{(g_2 - g_1)L_v}{200 L} \dots\dots\dots(2.46)$$

Lengkung Vertikal Cekung

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

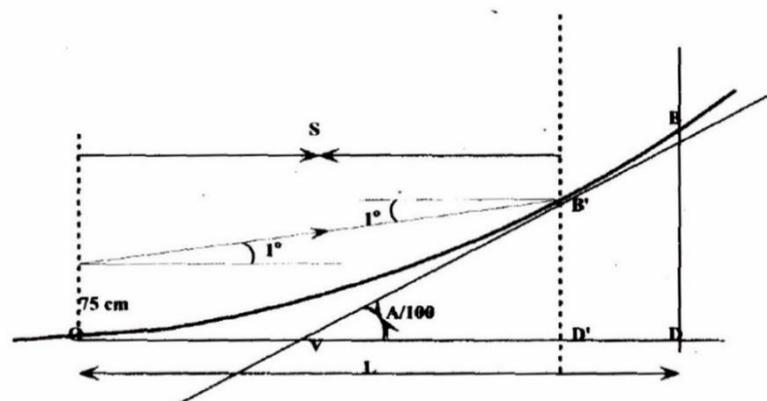
- Jarak penyinaran lampu kendaraan,
- Jarak pandang bebas di bawah bangunan,
- Persyaratan Drainase
- Kenyamanan Pengemudi
- Keluwesannya Bentuk

Jarak Penyinaran Lampu Kendaraan

Jangkauan lampu depan kendaraan pada lengkung vertikal cekung, merupakan batas jarak pandangan yang dapat dilihat oleh pengemudi pada malam hari. Di dalam perencanaan umumnya tinggi lampu depan diambil setinggi 60 cm, dengan sudut penyebaran sebesar 1° . Letak penyinaran lampu dengan kendaraan dapat dibedakan dalam 2 keadaan yaitu:

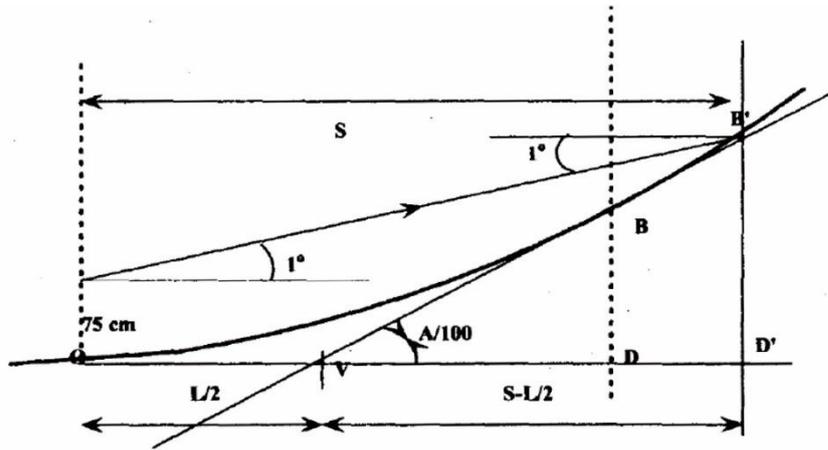
- Jarak pandangan akibat penyinaran lampu depan $< L$
- Jarak Pandangan akibat penyinaran lampu depan $> L$

(Sukirman, 1999)



Gambar 2. 23 Lengkung Vertikal Cekung dengan Jarak Pandangan Penyinaran Lampu Depan $< L$

$$L = \frac{A \times S^2}{150 + 3,50 S}$$

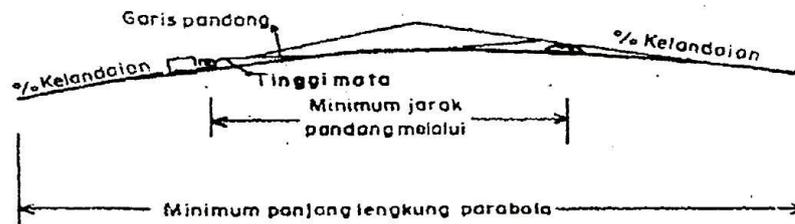


Gambar 2. 24 Lengkung Vertikal Cekung dengan Jarak Pandangan Penyinaran Lampu Depan > L

Lengkung Vertikal cekung dengan jarak penyinaran lampu depan >L.

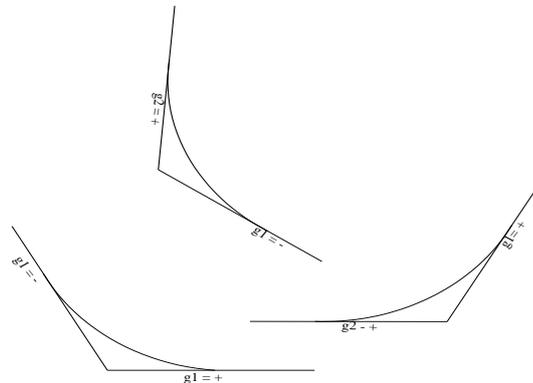
$$L = 2 S - \frac{150 + 3,50 S}{A} \dots\dots\dots(2.47)$$

Gambaran dari penentuan jarak pandangan menyiap diberikan pada gambar 2.25



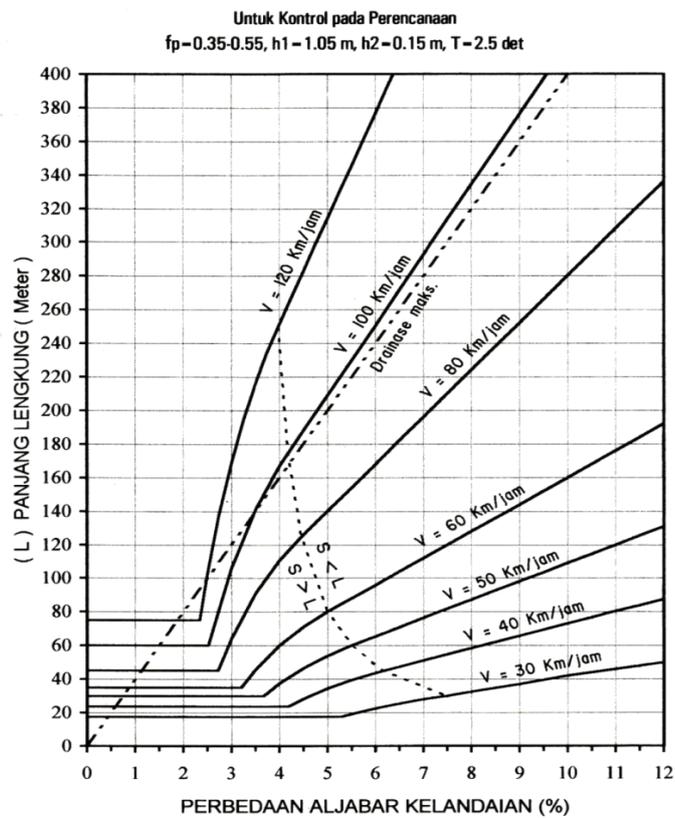
Gambar 2. 25 Gambaran jarak pandang menyiap pada lengkung vertikal

Titik perpotongan antara ke 2 tangen berada dibawah permukaan jalan.



Gambar 2. 26 Alinyemen Vertikal Cekung

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandangan pada waktu malam hari sebagaimana tercantum dalam grafik pada gambar 2.27



Gambar 2. 27 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

Jarak Pandangan bebas pengemudi pada jalan raya yang melintasi bangunan-bangunan lainnya seperti jalan raya lainnya, jembatan penyebrangan, viaduct, aquaduct, seringkali terhalang oleh bagian bawah dari bangunan tersebut. Panjang lengkung vertikal cekung minimum diperhitungkan berdasarkan jarak pandangan henti minimum dengan mengambil tinggi mata pengemudi kendaraan truk, yaitu 1,80meter dan tinggi objek 0,50 meter (tinggi lampu kendaraan belakang). Ruang bebas vertikal minimum 5 m. Dalam perencanaan disarankan untuk mengambil ruang bebas ± 5,50 meter. Untuk memberi kemungkinan adanya lapis tambahan (overlay) di kemudian hari.

Lengkung Vertikal Cembung

Tabel 2. 28 Ketentuan Tinggi untuk Jenis Jarak Pandang

Untuk Jarak Pandang	H1 (m) Tinggi Mata	H2 (m) Tinggi Objek
Jarak Pandang Henti	1,05	0,15
Jarak Pandang Mendahului	1,05	1,05

(Sumber: Konstruksi Jalan Raya, Hamirham Saodang, 2010)

1. Panjang L, berdasarkan Jh

$$Jh < L, \text{ maka: } L = \frac{A \times Jh^2}{399} \dots\dots\dots(2.48)$$

$$Jh > L, \text{ maka: } L = 2Jh - \frac{399}{A} \dots\dots\dots(2.49)$$

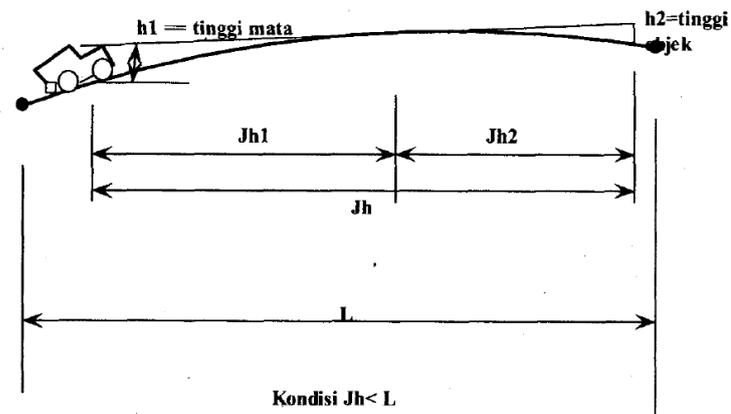
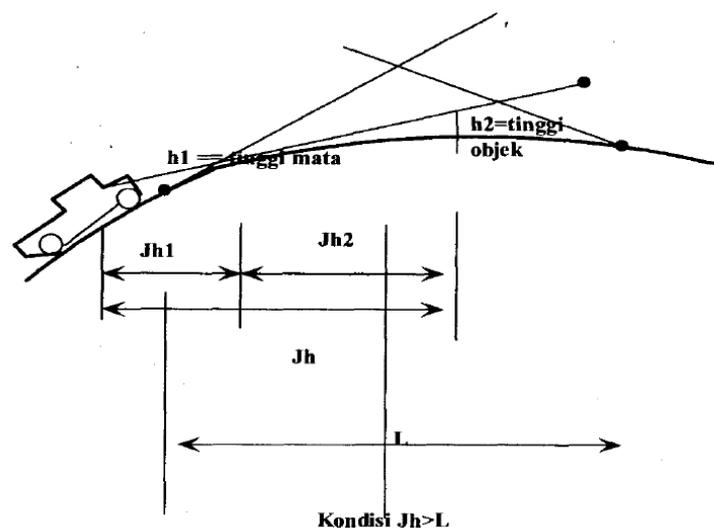
2. Panjang L, berdasarkan Jd

$$Jd < L, \text{ maka: } L = \frac{A \times Jd^2}{840} \dots\dots\dots(2.50)$$

$$Jd > L, \text{ maka: } L = 2Jd - \frac{840}{A} \dots\dots\dots(2.51)$$

Minimum panjang horizontal dari lengkung vertikal cembung, berdasarkan jarak pandangan henti mengikuti rumus 4.28, bila digunakan untuk kecepatan rendah v = 20-30 km/jam, menjadi:

$$L = \frac{v^2 \times A}{360} \dots\dots\dots(2.52)$$

Gambar 2. 28 Untuk $J_h < L$ Gambar 2. 29 Untuk $J_h > L$

Batas bawah panjang minimum, didasarkan pada kecepatan rencana dan jarak perjalanan selama 3 detik, demikian juga untuk lengkung vertikal cekung.

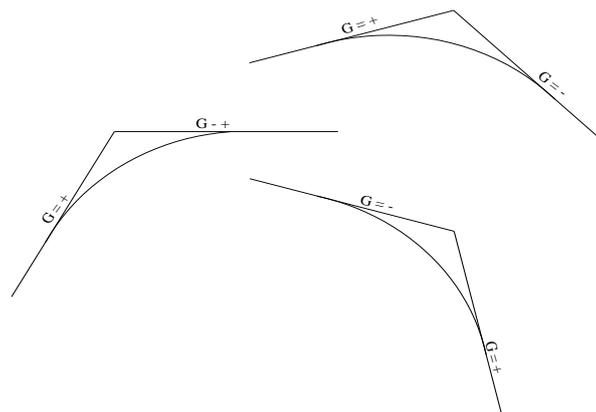
Untuk perhitungan lengkung vertikal, maka lengkung dianggap berbentuk parabola, dan panjang horisontal diatas, adalah panjang teoritis antara titik – titik potong dari garis lurus dan lengkung parabola, sebelum dan sesudah lengkungan.

Jarak pandangan menyiap/mendahului untuk lengkung vertikal, dengan perbedaan kelandaian A bervariasi antara 2% - 16%, dapat dilihat pada gambar 2.27, dengan anggapan – anggapan:

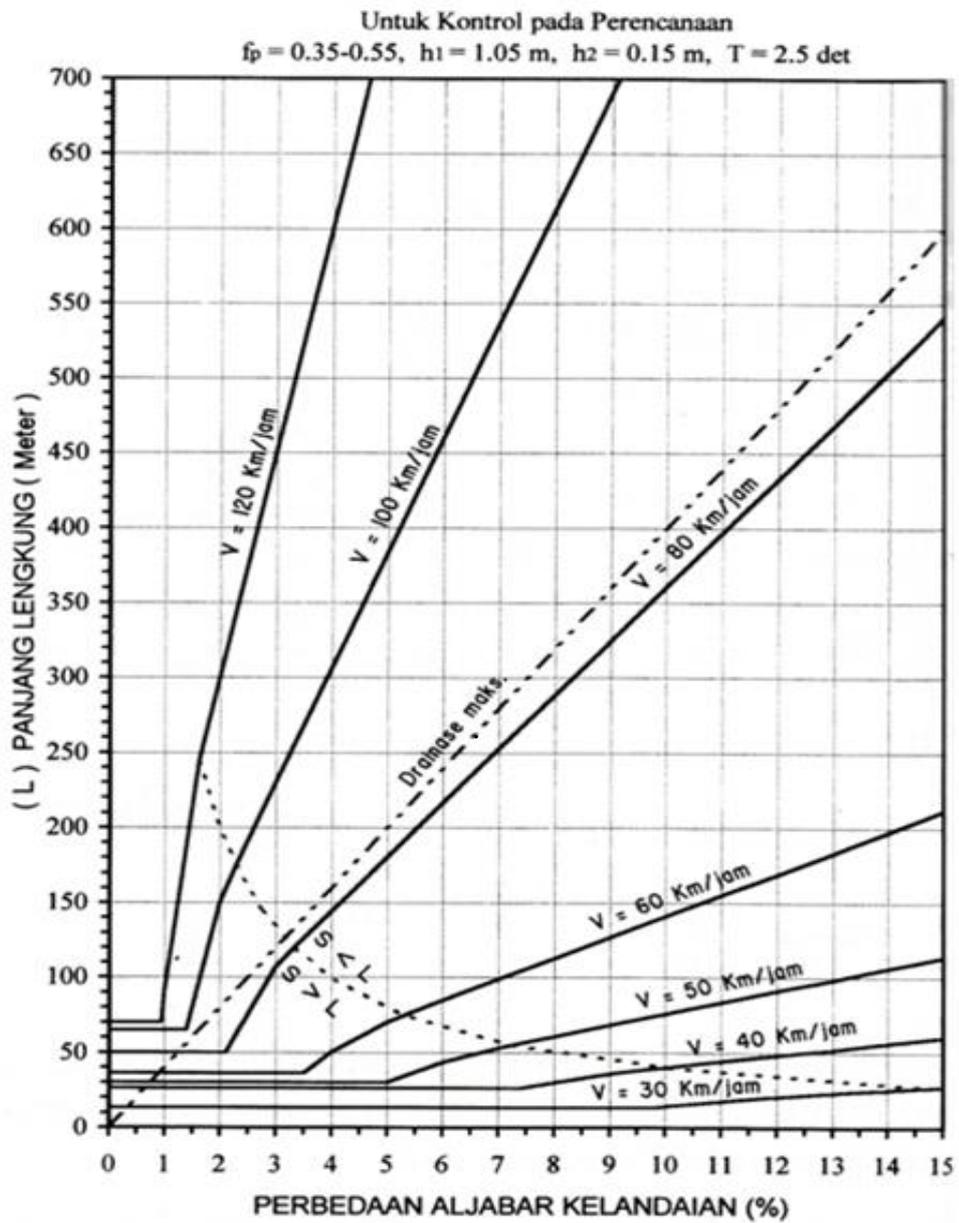
1. Kendaraan yang disalip berjalan pada kecepatan 20 km/jam lebih kecil dari kecepatan rencana.
2. Waktu Persiapan diambil 3 detik
3. Menyiap hanya akan berlangsung pada bagian lajur jalan yang lurus, dimana penglihatan pengemudi tidak terhalang.

Panjang minimum lengkung parabolis, untuk menyesuaikan dengan jarak pandangan, hasil hitungan yang diperlukan untuk menyiap (berdasarkan standar AASHTO), yang bergerak diantara 2% - 16% ini akan terlalu mahal bila diikuti secara penuh, pada jalan di medan pegunungan (Saodang, 2010).

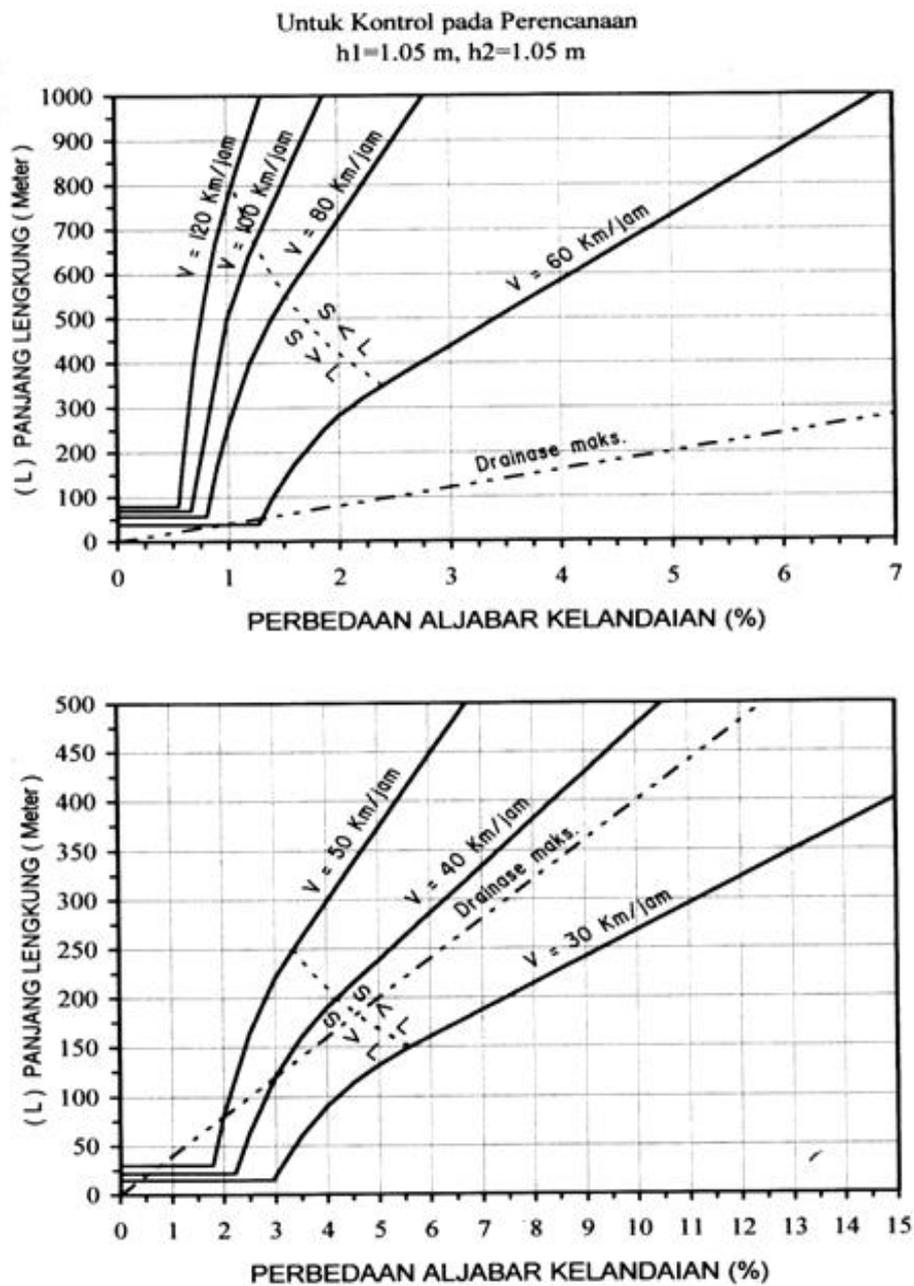
Lengkung vertikal cembung, yaitu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada dibawah permukaan jalan.



Gambar 2. 30 Alinyemen Vertikal Cembung



Gambar 2. 31 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Pandang Henti (Jh)



Gambar 2. 32 Grafik Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Pandang Mendahului (Jd)

2.8 Potongan Memanjang dan Melintang

2.8.1 Potongan Memanjang

Pembuatan potongan memanjang jalan dilakukan dengan menggunakan skala horizontal 1:1000 atau 1:2000 dan skala vertikal 1:100. Potongan memanjang jalan digambarkan secara langsung dari hasil pengukuran lapangan agar dapat diketahui bagian mana yang sebaiknya dilakukan penggalian maupun penimbunan dalam arah memanjang trase jalan. Gambar perencanaan potongan memanjang jalan didapat dari hasil perhitungan alinyemen vertikal serta standar-standar yang digunakan.

2.8.2 Potongan Melintang

Potongan melintang jalan yaitu potongan melintang tegak lurus dari sumbu jalan. Gambar potongan melintang dibuat pada setiap interval (jarak) patok yang dipasang di lapangan. Gambar potongan ini dikenal dengan *Cross Section*.

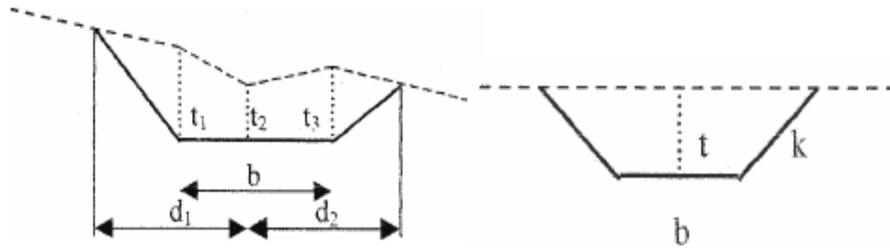
Potongan melintang jalan terdiri atas:

- a. Jalur lalu lintas
- b. Median dan jalur tepian (kalau ada)
- c. Bahu jalan
- d. Jalur pejalan kaki
- e. Selokan
- f. Lereng

2.8.3 Perhitungan Galian Timbunan

- a. Perhitungan penampang tanah

Untuk penampang yang tidak beraturan, luas penampang dapat dicari dengan cara sederhana seperti menggambar penampang pada kertas milimeter-blok, lalu hitung kumulatif kotak yang tercakup area penampang, kemudian kalikan dengan skala gambar.



Gambar 2. 33 Contoh Penampang Tanah

$$\text{Luas} = \frac{t_2 \cdot b + t_1 \cdot d_1 + t_3 \cdot d_2}{2} \dots\dots\dots(2.53)$$

$$\text{Luas} = t (b + k \cdot t) \dots\dots\dots(2.54)$$

b. Perhitungan Volume Tanah

Perhitungan volume tanah pada pekerjaan galian dan timbunan dapat dilakukan dengan metode *Double End Areas* (Luas Ujung Rangkap) yaitu dengan mengambil rata-rata luas kedua ujung penampang dari Sta. 1 dan Sta.2, kemudian dikalikan jarak kedua Sta. Cara ini dilakukan untuk semua titik Sta yang berada pada rancangan trase jalan.

$$\text{Volume} = \frac{(A_1 + A_2)}{2} \times \text{jarak} \text{ (m}^3\text{)} \dots\dots\dots(2.55)$$

2.9 Perencanaan Tebal Perkerasan

2.9.1 Metode Perencanaan Perkerasan lentur

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

1. Kekuatan lapisan tanah dasar yang dinamakan nilai CBR atau Modulus Reaksi Tanah Dasar (k).
2. Kekuatan aspal yang digunakan untuk lapisan perkerasan.
3. Prediksi volume dan komposisi lalu lintas selama usia rencana.
4. Ketebalan dan kondisi lapisan pondasi bawah (*sub base*) yang diperlukan untuk menopang konstruksi, lalu lintas, penurunan akibat air dan

perubahan volume lapisan tanah dasar serta sarana perlengkapan daya dukung permukaan yang seragam di bawah dasar beton.

Terdapat banyak metode yang telah dikembangkan dan dipergunakan. Metode tersebut diakui sebagai standar perencanaan tebal perkerasan yang dilakukan. Beberapa standar yang telah dikenal adalah:

a. Metode AASHTO, Amerika Serikat

Yang secara terus menerus mengalami perubahan sesuai dengan penelitian yang telah diperoleh. Perubahan terakhir dilakukan pada edisi 1986 yang dapat dibaca pada buku “AASHTO – *Guide For Design of Pavement Structure, 1986*”.

b. Metode NAASRA, Australia Yang dapat dibaca “*Interin Guide to Pavement Thicknecx Design*”.

c. Metode Road Note 29 dan Road Note 21

Road Note 29 diperuntukan bagi perencanaan tebal perkerasan di Inggris, sedangkan *Road Note 31* diperuntukan bagi perencanaan tebal perkerasan di negara-negara beriklim subtropis dan tropis.

d. Metode Asphalt Institute

Yang dapat dibaca pada *Thickness Design Asphalt Pavement for Highways and streets, MS-1*.

e. Metode Bina Marga, Indonesia

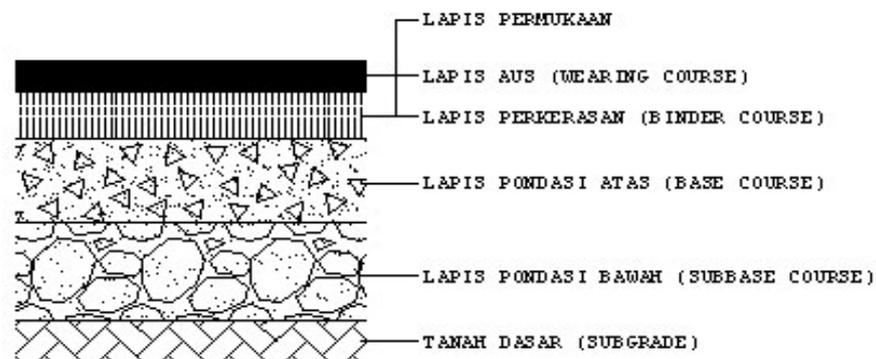
Yang merupakan modifikasi dari metode AASHTO 1972 revisi 1981. Metode ini dapat dilihat pada buku petunjuk perencanaan tebal perkerasan jalan raya dengan metode analisa komponen, SKBI-2.3.26.1987 UDC : 625.73(02) (Sukirman, 1999).

2.9.2 Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan di bawahnya, sehingga lapisan perkerasan tersebut mempunyai fleksibilitas/kelenturan yang dapat menciptakan kenyamanan kendaraan dalam melintas di atasnya.

Struktur dari perkerasan lentur ini terdiri dari beberapa lapisan. Lapisan itu sendiri terdiri dari yang paling atas lapisan permukaan (*surface course*) yaitu lapis aus (*wearing course*) dan lapis perkerasan (*binder course*), setelah dilanjutkan dengan lapisan pondasi yaitu lapis pondasi atas (*base course*) dan lapis pondasi bawah (*subbase course*), serta yang paling bawah yaitu tanah dasar (*subgrade*).

Setiap lapisan mempunyai peran untuk memikul beban lalu lintas dimana beban lalu lintas yang terpusat disalurkan ke lapisan dibawahnya dengan menyebarkan dari beban itu sendiri.



Gambar 2. 34 Struktur Lapisan Perkerasan Lentur

2.9.3 Kriteria Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur

Dalam mendesain tebal perkerasan tahapan-tahapan yang harus dilaksanakan antara lain:

a. Dalam mendesain tebal perkerasan tahapan-tahapan yang harus dilaksanakan antara lain:

1. Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah:

$$CBR_{\text{Segmen}} = (CBR_{\text{Rata}} - CBR_{\text{min}}) \dots\dots\dots(2.56)$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam satu segmen. Tabel nilai R untuk perhitungan CBR segmen adalah:

Tabel 2. 29 Nilai R untuk perhitungan CBR segmen

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

(Sumber: Silvia Sukirman, *Perkerasan Lentur Jalan Raya Nova*, 1999)

2. Cara Grafis

Prosedur perhitungan CBR dengan cara grafis adalah sebagai berikut:

1. Tentukan nilai CBR terendah.
2. Tentukan berapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR kemudian disusun secara tabelaris, mulai dari CBR terkecil sampai yang besar.
3. Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain merupakan persentase dari 100%.
4. Diberi grafik hubungan antara harga CBR dengan persentase nilai tadi.
5. Nilai CBR segmen adalah nilai pada keadaan 90%.

b. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data-data pertumbuhan series (*Historical Growth Data*) yang didapat dari proyek P2JN yaitu adalah 4,83%.

Tabel 2. 30 Faktor laju pertumbuhan lalu lintas (i%)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

(Sumber: Manual Design Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*):

$$R = \frac{(1+I)^{UR}-1}{i} \dots\dots\dots(2.57)$$

Dengan:

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

I = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR= Umur rencana (tahun)

c. Menentukan Umur Rencana

Dibawah ini ada tabel 2.31 Menjelaskan tentang umur rencana perkerasan baru.

Tabel 2. 31 Umur Rencana Perkerasan

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun)
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir dan CTB	20
	Pondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (<i>overlay</i>), seperti: jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, terowongan	
	<i>Cement Treated Based (CTB)</i>	
Perkerasan kaku	Lapis Fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan.	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

(Sumber: *Manual Design Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017*)

d. Pemilihan Struktur Perkerasan

Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi fondasi jalan. Batasan pada Tabel 2.25 tidak mutlak, perencana harus mempertimbangkan biaya terendah selama umur rencana, keterbatasan dan kepraktisan pelaksanaan. Pemilihan alternatif desain manual ini harus didasarkan pada *Discounted Lifecycle Cost* terendah.

Tabel 2. 32 Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0-0,5	0,1-4	>4-10	>10-30	>30-200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (diatas tanah dengan CBR \geq 2,5 %)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1,2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal \geq 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1,2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir	3A	-	1,2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Fondasi Soil Cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

(Sumber: Manual Design Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

Catatan:

Tingkat kesulitan:

1. Kontraktor kecil-medium.
2. Kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai.

3. Membutuhkan keahlian dan tenaga ahli khusus-kontraktor spesialis Burtu/Burda.

e. Lalu lintas Pada Lajur Rencana

Pada lajur rencana ini, untuk jalan dua arah faktor distribusi arah (DD) yang umumnya 0,50 kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu. Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Pada jalan yang demikian, walaupun sebagian besar kendaraan niaga akan menggunakan lajur luar, sebagian lainnya akan menggunakan lajur-lajur dalam. Faktor distribusi jalan yang ditunjukkan pada Tabel 2.33

Tabel 2. 33 Faktor Distribusi lajur (DL)

Jumlah lajur setiap arah	Kendaraan niaga pada lajur desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

(Sumber: *Manual Design Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017*)

f. Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

Dalam desain perkerasan, beban lalu lintas dikonversi ke beban standar (ESA) dengan menggunakan Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*). Analisis struktur perkerasan dilakukan berdasarkan jumlah kumulatif ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana.

Tabel 2. 34 Nilai VDF masing-masing jenis kendaraan niaga

Jenis kendaraan	Sumatera				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua			
	Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal	
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5
5B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6A	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5
6B	4,5	7,4	3,4	4,6	5,3	9,2	4,0	5,1	4,8	8,5	3,4	4,7	4,9	9,0	2,9	4,0	3,0	4,0	2,5	3,0
7A1	10,1	18,4	5,4	7,4	8,2	14,4	4,7	6,4	9,9	18,3	4,1	5,3	7,2	11,4	4,9	6,7	-	-	-	-
7A2	10,5	20,0	4,3	5,6	10,2	19,0	4,3	5,6	9,6	17,7	4,2	5,4	9,4	19,1	3,8	4,8	4,9	9,7	3,9	6,0
7B1	-	-	-	-	11,8	18,2	9,4	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-	13,7	21,8	12,6	17,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7C1	15,9	29,5	7,0	9,6	11,0	19,8	7,4	9,7	11,7	20,4	7,0	10,2	13,2	25,5	6,5	8,8	14,0	11,9	10,2	8,0
7C2A	19,8	39,0	6,1	8,1	17,7	33,0	7,6	10,2	8,2	14,7	4,0	5,2	20,2	42,0	6,6	8,5	-	-	-	-
7C2B	20,7	42,8	6,1	8,0	13,4	24,2	6,5	8,5	-	-	-	-	17,0	28,8	9,3	13,5	-	-	-	-
7C3	24,5	51,7	6,4	8,0	18,1	34,4	6,1	7,7	13,5	22,9	9,8	15,0	28,7	59,6	6,9	8,8	-	-	-	-

(Sumber: Manual Design Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

g. Beban Sumbu Standar Kumulatif

h. Beban sumbu standar kumulatif atau Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan sebagai berikut:

Menggunakan VDF masing-masing kendaraan niaga

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \dots \dots \dots (2.58)$$

Dengan:

ESA_{TH-1} = Kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen (*equivalent Standard axle*) pada tahun pertama.

LHR_{JK} = Lintas harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari).

VDF_{JK} = Faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*) tiap jenis kendaraan niaga.

DD = Faktor distribusi arah.

DL = Faktor distribusi lajur.

$CESAL$ = Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana.

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

i. Lapis Penopang (*Capping Layers*)

Tabel 2.2 menunjukkan tebal minimum lapis penopang untuk mencapai CBR desain 6 % yang digunakan untuk Pengembangan Katalog Desain Tebal Perkerasan. Apabila lapis penopang akan digunakan untuk kendaraan konstruksi mungkin diperlukan lapis penopang yang lebih tebal.

Pertimbangan-pertimbangan di bawah ini berlaku dalam pelaksanaan lapis penopang.

a. Persyaratan Umum

1. Material yang digunakan sebagai lapis penopang harus berupa bahan timbunan pilihan. Jika lapisan tersebut terletak di bawah permukaan air harus digunakan material batuan atau material berbutir. Dalam hal ini harus berupa material berbutir dengan kepekaan terhadap kadar air rendah.
2. Dapat berfungsi sebagai lantai kerja yang kokoh sepanjang periode pelaksanaan.
3. Tebal minimum 600 mm untuk tanah ekspansif.
4. Elevasi permukaan lapis penopang harus memenuhi persyaratan Tabel 3.20 (tinggi minimum tanah dasar di atas muka air tanah dan muka air banjir).
5. Kedalaman alur roda pada lapis penopang akibat lalu lintas selama periode konstruksi tidak lebih dari 40 mm.

Tabel 2. 35 Desain Fondasi Jalan Minimum

CBR Tanah dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5)			
			< 2	2 - 4	> 4	Stabilisasi Semen ⁽⁶⁾
			Tebal minimum perbaikan tanah dasar			
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Devisi 3 – Pekerjaan Tanah) (pemadatan lapisan ≤ 200 mm tebal gembur)	Tidak diperlukan perbaikan			300
5	SG5		-	-	100	
4	SG4		100	150	200	
3	SG3		150	200	300	
2,5	SG2.5		175	250	350	
Tanah ekspansif (potensi pemuaian > 5%)			400	500	600	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
Perkerasan di atas tanah lunak ⁽²⁾	SG1 ⁽³⁾	Lapis penopang ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	1000	1100	1200	
		-atau- lapis penopang dan geogrid ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	1000	1250	1500	

(1) Desain harus mempertimbangkan semua hal yang kritis; syarat tambahan mungkin berlaku.

(2) Ditandai dengan kepadatan dan CBR lapangan yang rendah.

(3) Menggunakan nilai CBR insitu, karena nilai CBR rendaman tidak relevan.

(4) Permukaan lapis penopang di atas tanah SG1 dan gambut diasumsikan mempunyai daya dukung setara nilai CBR 2.5%, dengan demikian ketentuan perbaikan tanah SG2.5 berlaku. Contoh: untuk lalu lintas rencana > 4 jt ESA, tanah SG1 memerlukan lapis penopang setebal 1200 mm untuk mencapai daya dukung setara SG2.5 dan selanjutnya perlu ditambah lagi setebal 350 mm untuk meningkatkan menjadi setara SG6.

(5) Tebal lapis penopang dapat dikurangi 300 mm jika tanah asal dipadatkan pada kondisi kering.

(6) Untuk perkerasan kaku, material perbaikan tanah dasar berbutir halus (klasifikasi A4 sampai dengan A6) harus berupa stabilisasi semen.

(Sumber: Manual Design Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

j. Menentukan Perhitungan Struktur Pondasi

a. Menggunakan cara CTB

Untuk jalan yang melayani lalu lintas sedang dan berat dapat dipilih lapis pondasi CTB, karena dapat menghemat secara signifikan dibandingkan dengan lapis fondasi berbutir. Biaya perkerasan dengan lapis pondasi CTB pada umumnya lebih murah daripada perkerasan beraspal konvensional dengan lapis pondasi berbutir untuk beban sumbu antara 10 – 30 juta ESA.

Ketebalan lapisan aspal dan CTB yang diuraikan pada Bagan Desain-3 ditetapkan untuk mengurangi retak reflektif dan untuk memudahkan konstruksi.

Tabel 2. 36 Desain Perkerasan Lentur Opsi Biaya Minimum dengan CTB

	F1 ²	F2	F3	F4	F5
	Untuk lalu lintas di bawah 10 juta ESA5 lihat bagan desain 3A – 3B dan 3C				
	Lihat Bagan Desain 4 untuk alternatif perkerasan kaku ³				
Repetisi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ ESA _s)	> 10 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200	> 200 - 500
Jenis permukaan berpengikat	AC	AC			
Jenis lapis Fondasi	Cement Treated Base (CTB)				
AC WC	40	40	40	50	50
AC BC ⁴	60	60	60	60	60
AC BC atau AC Base	75	100	125	160	220
CTB ⁵	150	150	150	150	150
Fondasi Agregat Kelas A	150	150	150	150	150

Catatan:

- Ketentuan-ketentuan struktur Fondasi Bagan Desain - 2 berlaku.
- CTB mungkin tidak ekonomis untuk jalan dengan beban lalu lintas < 10 juta ESA5. Rujuk Bagan Desain - 3A, 3B dan 3C sebagai alternatif.
- Pilih Bagan Desain - 4 untuk solusi perkerasan kaku dengan pertimbangan life cycle cost yang lebih rendah untuk kondisi tanah dasar biasa (bukan tanah lunak).
- Hanya kontraktor yang cukup berkualitas dan memiliki akses terhadap peralatan yang sesuai dan keahlian yang diizinkan melaksanakan pekerjaan CTB. LMC dapat digunakan sebagai pengganti CTB untuk pekerjaan di area sempit atau jika disebabkan oleh ketersediaan alat.
- AC BC harus dihampar dengan tebal padat minimum 50 mm dan maksimum 80 mm.

(Sumber: Manual Design Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

Tabel 2. 37 Desain Perkerasan Lentur-Aspal dengan Lapis Fondasi Berbutir

Bagan Desain - 3B. Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Fondasi Berbutir
(Sebagai Alternatif dari Bagan Desain- 3 dan 3A)

	STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
	Solusi yang dipilih				Lihat Catatan 2				
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ ESA _s)	< 2	≥ 2 - 4	> 4 - 7	> 7 - 10	> 10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200
	KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)								
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1			2			3		

Catatan Bagan Desain - 3B:

- FFF1 atau FFF2 harus lebih diutamakan daripada solusi FF1 dan FF2 (Bagan Desain - 3A) atau dalam situasi jika HRS berpotensi mengalami rutting.
- Perkerasan dengan CTB (Bagan Desain - 3) dan pilihan perkerasan kaku dapat lebih efektif biaya tapi tidak praktis jika sumber daya yang dibutuhkan tidak tersedia.
- Untuk desain perkerasan lentur dengan beban > 10 juta ESA5, diutamakan menggunakan Bagan Desain - 3. Bagan Desain - 3B digunakan jika CTB sulit untuk diimplementasikan. Solusi dari FFF5 - FFF9 dapat lebih praktis daripada solusi Bagan Desain - 3 atau 4 untuk situasi konstruksi tertentu seperti: (i) perkerasan kaku atau CTB bisa menjadi tidak praktis pada pelebaran perkerasan lentur eksisting atau, (ii) di atas tanah yang berpotensi konsolidasi atau, (iii) pergerakan tidak seragam (dalam hal perkerasan kaku) atau, (iv) jika sumber daya kontraktor tidak tersedia.
- Tebal minimum lapis fondasi agregat yang tercantum di dalam Bagan Desain - 3 dan 3 A diperlukan untuk memastikan drainase yang mencukupi sehingga dapat membatasi kehilangan kekuatan perkerasan pada musim hujan. Kondisi tersebut berlaku untuk semua bagan desain kecuali Bagan Desain - 3 B.
- Tebal LFA berdasarkan Bagan Desain - 3B dapat dikurangi untuk subgrade dengan daya dukung lebih tinggi dan struktur perkerasan dapat mengalirkan air dengan baik (faktor m ≥ 1). Lihat Bagan desain 3C.
- Semua CBR adalah nilai setelah sampel direndam 4 hari.

(Sumber: Manual Design Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

b. Ketebalan Lapis Perkerasan

Keterbatasan pelaksanaan pemadatan dan segregasi menentukan tebal struktur perkerasan. Perencana harus melihat batasan-batasan tersebut, termasuk ketebalan lapisan yang diizinkan pada Tabel 2.38. Jika pada bagan desain ditentukan bahwa suatu bahan dihamparkan

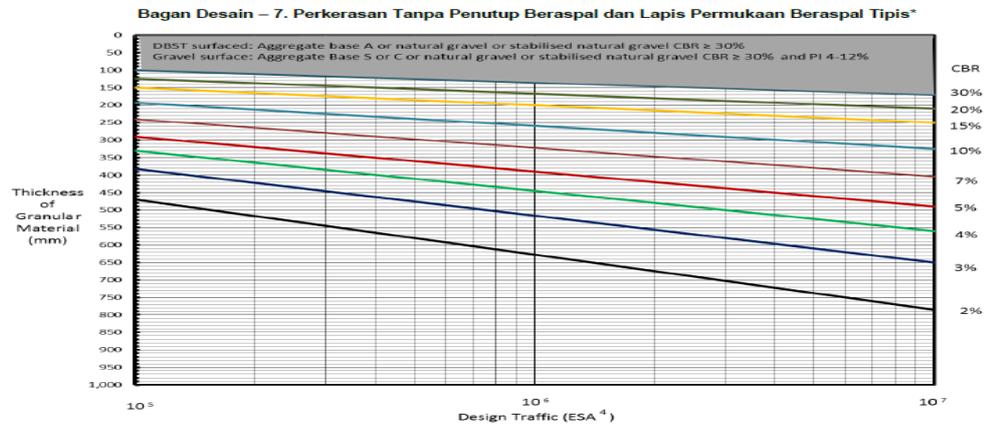
lebih tebal dari yang diizinkan, maka bahan tersebut harus dihamparkan dan dipadatkan dalam beberapa lapisan.

Tabel 2. 38 Ketebalan Lapisan yang diizinkan dan Penghamparan

Bahan	Tebal minimum (mm)	Tebal yang diperlukan (mm)	Diizinkan penghamparan dalam beberapa lapis
HRS WC	30	30-50	Tidak
HRS Base	35	35-50	Ya
AC WC	40	40-50	Tidak
AC BC	60	60-80	Ya
AC-Base	75	80-120	Ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas A (gradasi dengan ukuran maksimum 37,5 mm)	120	150-200	Ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas B (gradasi dengan ukuran maksimum 50 mm)	150	150-200	Ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas S (gradasi dengan ukuran maksimum 37,5 mm)	120	125-200	Ya
CTB (gradasi dengan ukuran maksimum 30 mm) atau LMC	100	150-200	Tidak
Stabilisasi tanah atau kerikil alam	100	150-200	Tidak
Kerikil alam	100	100-200	Ya

(Sumber: Manual Design Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

c. Menentukan Kebutuhan Lapisan (*Sealing*) Bahu Jalan



Gambar 2. 35 Grafik Desain Perkerasan Tanpa Penutup Beraspal dan Lapis Permukaan Beraspal Lapis

(Sumber: *Manual Design Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017*)

d. Tebal Lapis Berbutir

Elevasi tanah dasar untuk bahu harus sama dengan elevasi tanah dasar perkerasan atau setidaknya pelaksanaan tanah dasar badan jalan harus dapat mengalirkan air dengan baik. Untuk memudahkan pelaksanaan, pada umumnya tebal lapis berbutir bahu dibuat sama dengan tebal lapis berbutir perkerasan.

e. Lalu Lintas Untuk dan Bahu

Beban lalu lintas desain pada bahu jalan tidak boleh kurang dari 10% lalu lintas lajur rencana, atau sama dengan lalu lintas yang diperkirakan akan menggunakan bahu jalan (diambil yang terbesar). Untuk bahu diperkeras dengan lapis penutup. Pada umumnya, hal ini dapat dipenuhi dengan Burda atau penetrasi makadam yang dilaksanakan dengan baik.

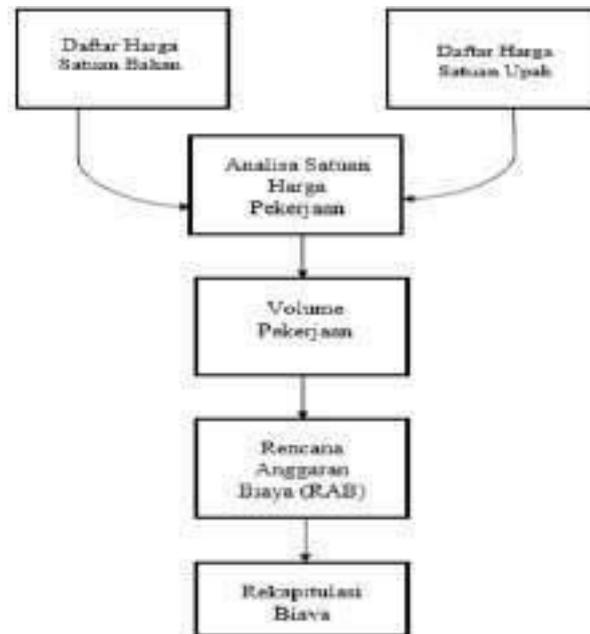
2.10 Manajemen proyek

Manajemen proyek adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Manajemen proyek tumbuh karena dorongan mencari pendekatan pengelolaan yang sesuai dengan

tuntutan dan sifat kegiatan proyek, suatu kegiatan yang dinamis dan berbeda dengan kegiatan operasional rutin.

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.

Pihak *owner* membuat estimasi dengan tujuan untuk mendapatkan informasi se jelas-jelasnya tentang biaya yang harus disediakan untuk merealisasikan proyeknya, hasil estimasi ini disebut OE (*Owner Estimate*) atau EE (*Engineer Estimate*). Pihak kontraktor membuat estimasi dengan tujuan untuk kegiatan penawaran terhadap proyek konstruksi. Kontraktor akan memenangkan lelang jika penawaran yang diajukan mendekati *owner estimate* (OW) atau *engineer estimate* (EE). Dalam menentukan harga penawaran, kontraktor harus memasukkan aspek-aspek lain yang sekiranya berpengaruh terhadap biaya proyek nantinya. Tahap-tahap yang sebaiknya dilakukan untuk menyusun anggaran biaya dapat dilihat pada gambar 2.36 Berikut ini.



Gambar 2. 36 Tahapan Estimasi Biaya

2.10.1 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 dari:

- a. Syarat Umum
- b. Syarat Administrasi
- c. Syarat Teknis
- d. Syarat Teknik Khusus

2.10.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan banyaknya biaya yang dibutuhkan baik upah maupun bahan dalam sebuah pekerjaan proyek konstruksi, membangun rumah, atau menngkat rumah, gedung, jembatan, masjid, dan lain-lain.

Rencana Anggaran Biaya dibuat berdasarkan uraian pekerjaan yang disusun menurut jenis pekerjaan yang ada dalam pelaksanaan konstruksi

dan disusun berdasarkan gambar kerja dan RKS (Rencana Kerja dan Syarat) dengan memperhitungkan segala biaya pengadaan bahan maupun alat. RAB sendiri terdiri dari:

- a. Perhitungan Kuantitas Pekerjaan
- b. Analisa Harga Satuan
- c. Rencana Anggaran Biaya
- d. Rekapitulasi

2.10.3 Network Planning

Network Planning adalah alat manajemen yang memungkinkan dengan lebih luas dan lengkap dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Proyek secara umum didefinisikan sebagai suatu rangkaian kegiatan-kegiatan (aktifitas) yang mempunyai saat permulaan dan yang harus dilaksanakan serta diselesaikan untuk mendapatkan satu tujuan tertentu. Ini penting untuk digunakan oleh orang yang bertanggung jawab atas bidang-bidang engineering, produksi, marketing administrasi dan lain-lain, dimana setiap kegiatan tersebut tidak merupakan kegiatan rutin. Cara membuat *network planning* bisa dengan cara manual atau menggunakan *software* komputer seperti *Ms. Project*. Untuk membuatnya kita membutuhkan data-data yaitu:

- a. Jenis pekerjaan yang dibuat detail rincian item pekerjaan, contohnya jika kita akan membuat *network planning* pondasi batu kali maka apabila dirinci ada pekerjaan galian tanah, pasangan pondasi batu kali kemudian urugan tanah kembali.
- b. Durasi waktu masing-masing pekerjaan, dapat ditentukan berdasarkan pengalaman atau menggunakan rumus analisa bangunan yang sudah ada.
- c. Jumlah total waktu pelaksanaan pekerjaan.
- d. Metode pelaksanaan konstruksi sehingga dapat diketahui urutan pekerjaan.

2.10.4 Barchart dan Kurva “S”

Barchart adalah suatu diagram yang terdiri dari batang-batang yang menunjukkan saat dimulai dan saat selesai yang direncanakan untuk kegiatan-kegiatan pada suatu proyek. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

Kurva “S” dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dari tahap pertama sampai berikutnya pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan dan jumlah harga penawaran.



Gambar 2. 37 Barchart dan Kurva “S”

