

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Jalan

Jalan adalah seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi Lalu lintas umum, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel dan jalan kabel. Berdasarkan UU RI No 22 Tahun 2009 tentang Lalu lintas dan Angkutan Jalan yang diundangkan setelah UU No 38.

2.2 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan merupakan aspek penting yang pertama kali harus diidentifikasi sebelum melakukan perencanaan jalan. Karena kriteria desain suatu rencana jalan yang ditentukan dari standar desain ditentukan oleh klasifikasi jalan rencana. Pada prinsipnya klasifikasi jalan dalam standar desain (baik jalan dalam kota maupun jalan luar kota) didasarkan kepada klasifikasi jalan menurut undang – undang dan peraturan pemerintah yang berlaku.

2.2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsinya

Klasifikasi jalan, menurut fungsinya terbagi atas:

a. Jalan Arteri

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

b. Jalan Kolektor

Jalan kolektor melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri – ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata – rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

c. Jalan Lokal

Jalan lokal merupakan jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri – ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata – rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak di batasi.

d. Jalan Lingkungan

Jalan lingkungan merupakan jalan angkutan lingkungan (jarak pendek dan kecepatan rendah).

2.2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi jalan menurut kelasnya terbagi menjadi dua, yaitu klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam MST, Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam perhitungan LHR.

a. Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam MST

Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam MST (Muatan Sumbu Terberat), merupakan penentuan kelas jalan berdasarkan kemampuan suatu jalan dalam menerima beban lalu lintas yang ada pada jalan tersebut. MST ini dinyatakan dalam satuan ton. Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam MST ini dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan dalam MST

No	Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (ton)
1	Arteri	I	>10
		II	10
		III A	8
2	Kolektor	III A	8
		III B	-

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

b. Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam LHR

Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam LHR, merupakan penentuan kelas jalan berdasarkan kapasitas Lalu Lintas Harian Rata – rata (LHR) yang dilayani dalam satuan smp. Klasifikasi kelas jalan dalam LHR ini dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan dalam LHR

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

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

Umur rencana perkerasan baru seperti yang di tulis pada tabel berikut:

Tabel 2.3 Umur Rencana Perkerasan Baru

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (Tahun)
Perkerasan Lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir	20
	Pondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (<i>overlay</i>), jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, terowongan.	
	Cement Treated Based	
Perkerasan Kaku	Lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, lapis beton semen, dan pondasi jalan.	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen	Minimum 10

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan (Nomor:02/M/BM/2013))

Catatan:

1. Jika dianggap sulit untuk menggunakan umur rencana diatas, maka dapat digunakan umur rencana berbeda, namun sebelumnya harus dilakukan analisis dengan *discounted whole of life cost*, dimana ditunjukkan bahwa umur rencana tersebut dapat memberikan *discounted whole of life cost* terendah. Nilai bunga diambil dari bunga rata-rata Bank Indonesia.
2. Umur rencana tidak boleh diambil melampaui kapasitas jalan pada saat umur rencana.

2.2.3 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

Klasifikasi jalan menurut medan jalan merupakan pengelompokkan jalan berdasarkan kondisi jalan sebagian besar kemiringan medan jalan yang diukur tegak lurus garis kontur. Klasifikasi jalan menurut medan jalan ini dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

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

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

2.2.4 Klasifikasi Jalan Menurut Wewenang dan Pembinaan Jalan

Klasifikasi jalan menurut wewenang dan pembinaan jalan di atur menjadi beberapa golongan, berdasarkan pendanaan dari pemerintah, yaitu:

- a. Jalan Negara yaitu jalan yang menghubungkan ibukota – ibukota provinsi.
- b. Jalan Provinsi merupakan jalan yang menghubungkan antara tempat atau kota di dalam suatu provinsi.
- c. Jalan Kabupaten/Kota merupakan jalan yang meliputi lingkungan kabupaten maupun kota madya.
- d. Jalan desa merupakan jalan yang ada di lingkungan suatu desa.

Selain jalan Negara yang jalannya didanai oleh pemerintah pusat, jalan – jalan tersebut juga didanai oleh pemerintah daerah setempat, baik Pemerintah Daerah Tingkat I, maupun Pemerintah Daerah Tingkat II.

2.3 Perencanaan Geometrik Jalan

2.3.1 Pengertian Perencanaan Geometrik Jalan

Perencanaan geometrik jalan adalah perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, meliputi beberapa elemen yang disesuaikan dengan kelengkapan dan data dasar yang ada atau tersedia dari hasil *survey* lapangan dan telah dianalisis serta mengacu kepada ketentuan/standar yang berlaku.

Tujuan dari perencanaan geometrik jalan ialah menghasilkan infrastruktur yang aman, nyaman, dan efisien pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan resiko tingkat penggunaan biaya pelaksanaan ruang.

2.3.2 Data Perencana

Perencanaan konstruksi jalan raya membutuhkan data – data perencanaan yang meliputi data lalu lintas, data topografi, data penyelidikan tanah, data penyelidikan material, dan data penunjang lainnya. Semua data ini sangat diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan, karna data ini memberikan gambaran yang sebenarnya dari kondisi suatu daerah dimana ruas jalan ini akan dibangun. Dengan adanya data – data ini, kita dapat menentukan geometrik dan tebal perkerasan yang diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan (Silvia Sukirman, 1999).

a. Data lalu lintas

Data lalu lintas adalah data utama yang diperlukan untuk perencanaan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan menggunakan jalan pada suatu segmen jalan yang di tinjau. Data arus lalu lintas merupakan informasi dasar bagi perencanaan dan desain suatu jalan. Data lalu lintas didapatkan dengan melakukan pendataan kendaraan yang melintasi suatu ruas jalan, sehingga dari hasil pendataan ini dapat diketahui

volume lalu lintas yang meliputi jalan tersebut. Data volume lalu lintas diperoleh dalam satuan kendaraan per jam (kend/jam).

Volume lalu lintas dinyatakan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP) yang di dapat dengan mengalihkan atau mengonversi angka Faktor Ekuivalen (FE) setiap kendaraan yang melintasi jalan tersebut dengan jumlah kendaraan yang kita peroleh dari hasil pendataan (km/jam). Volume lalu lintas dalam SMP ini menunjukkan besarnya jumlah Lalu lintas Harian Rata – rata (LHR) yang di dapatkan untuk merencanakan tebal perkerasan. LHR merupakan jumlah kendaraan yang meliputi satu titik pengamatan dibagi dengan lamanya pengamatan itu sendiri.

Rumus Umum :

$$LHR = LHR \times (1 + I)^n \dots\dots\dots (2.1)$$

Ekivalensi mobil penumpang (EMP) adalah suatu faktor konversi untuk menyetarakan berbagai tipe kendaraan yang beroperasi di suatu ruas jalan kedalam satu jenis kendaraan yakni mobil penumpang.

Tabel 2.5 Ekuivalen Mobil Penumpang

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

(Sumber : TPGJAK,1997)

b. Data topografi

Survei topografi dalam perencanaan jalan dilakukan dengan tujuan memindahkan kondisi yang diukur pada kertas yang berupa peta planimetri yang berupa peta planimetri yang akan digunakan sebagai peta dasar data, perencanaan geometrik jalan (Shirley L.Hendarsin, 2000:30).

Data peta topografi digunakan untuk menentukan kecepatan rencana sesuai dengan kondisi daerahnya. Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan rencana dan pengukuran detail pada lokasi – lokasi tertentu yang memerlukan situasi detail, misalnya pada lokasi yang bersilangan dengan sungai atau jalan lain, sehingga trase jalan yang direncanakan akurat dan efisien sesuai dengan standar.

Pekerjaan pengukuran ini terdiri dari beberapa kegiatan berikut:

- 1) Pekerjaan perintisan untuk pengukuran, yaitu membuka sebagian lokasi yang akan diukur agar pengukuran tidak terhalangi oleh semak/perdu.
- 2) Kegiatan pengukuran, meliputi:
 - (a) Penentuan titik – titik vertikal dan horizontal
 - (b) Penentuan situasi selebar kiri dan kanan dari jalan yang dimaksud dan disebutkan serta tata guna lahan disekitar trase jalan.
 - (c) Pengukuran penampang melintang (*cross section*) dan penampang memanjang.
 - (d) Perhitungan perencanaan desain jalan dan penggambaran peta topografi berdasarkan titik – titik koordinat kontrol di atas.

Berdasarkan besarnya lereng melintang dengan arah kurang lebih tegak lurus sumbu jalan raya, jenis medan dibagi menjadi 3 golongan umum seperti pada tabel 2.6 berikut ini.

Tabel 2.6 klasifikasi Menurut Medan Jalan

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

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

c. Data penyelidikan tanah

Tanah dasar dapat terdiri dari tanah dasar asli, tanah dasar tanah galian atau tanah dasar tanah urug yang disiapkan dengan cara dipadatkan (Silvia Sukirman,

2010:55). Data penyediaan tanah dasar di dapat dengan cara melakukan penyelidikan tanah di lapangan, meliputi pekerjaan:

- 1) Penelitian terhadap semua kondisi tanah yang ada pada proyek jalan tersebut, dilakukan berdasarkan survei langsung di lapangan maupun dengan pemeriksaan di laboratorium. Pengambilan data *California Bearing Ratio* (CBR) di lapangan dilakukan sepanjang ruas rencana, dilakukan setiap jarak 250 m. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan 2 metode yaitu grafis dan analitis.
- 2) Membakukan analisa pada contoh tanah yang terganggu dan tidak terganggu, *American Standard Testing and Materials* (ASTM) dan *The American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) maupun standar yang berlaku di Indonesia.

d. Data penyelidikan material

Untuk menentukan bahan konstruksi jalan atau highway material, dilakukan survei pada lokasi – lokasi sumber material (quarry) yang berada pada daerah sepanjang trase jalan dengan mempertimbangkan ekonomis, tetapi apabila tidak ditemukan, maka dilakukan survei pada daerah disekitarnya. Data penyelidikan material dilakukan dengan melakukan penyelidikan material meliputi pekerjaan sebagai berikut:

- 1) Mengadakan penelitian terhadap semua data material yang ada, selanjutnya melakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut yang akan dilakukan berdasarkan survei di lapangan maupun dengan pemeriksaan laboratorium.
- 2) Penyelidikan lokasi sumber material yang ada beserta perkiraan jumlahnya untuk pekerjaan – pekerjaan penimbunan pada jalan dan jembatan serta bangunan pelengkap jalan.

2.3.3 Parameter Perencanaan

Dalam perencanaan geometrik jalan, terdapat beberapa parameter perencanaan yang harus dipahami seperti, kendaraan rencana, kecepatan rencana, volume dan kapasitas jalan serta tingkat pelayanan yang diberikan oleh jalan

tersebut. Parameter – parameter ini merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan (Shirley L.Hendarsin, 2000:30).

a. Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Untuk perencanaan, setiap kelompok diwakilkan dengan satu ukuran standar. Dan ukuran standar kendaraan rencana untuk masing – masing kelompok adalah ukuran tersebut yang mewakili kelompoknya. Daya kendaraan akan mempengaruhi tingkat kelandaian yang terpilih, dan tingkat tempat duduk pengemudi akan mempengaruhi jarak pandang pengemudi.

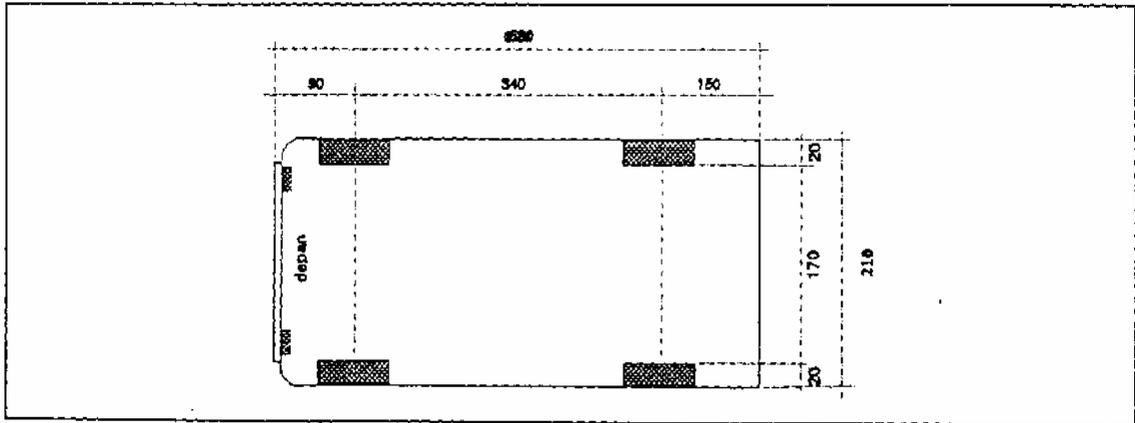
Kendaraan rencana yang akan dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan ditentukan oleh fungsi jalan dan jenis kendaraan dominan yang memakai jalan tersebut. Pertimbangkan biaya tentu juga ikut menentukan kendaraan rencana yang dipilih sebagai kriteria perencanaan. Berikut dimensi kendaraan rencana pada tabel 2.7 dibawah ini:

Tabel 2.7 Dimensi Kendaraan Rencana

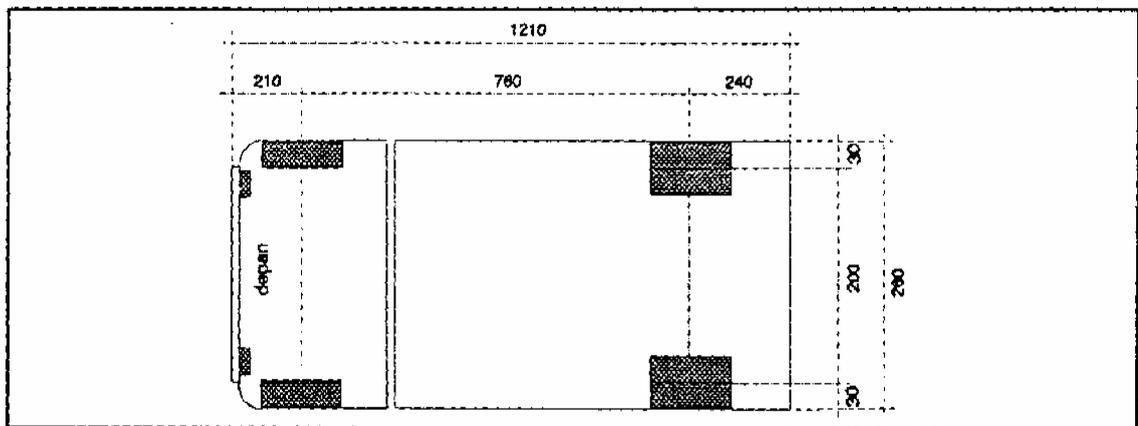
Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar (cm)		Radius Tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Minimum	Maksimum	
Kendaraan Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Kendaraan Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Kendaraan Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

(Sumber : TPGJAK, 1997)

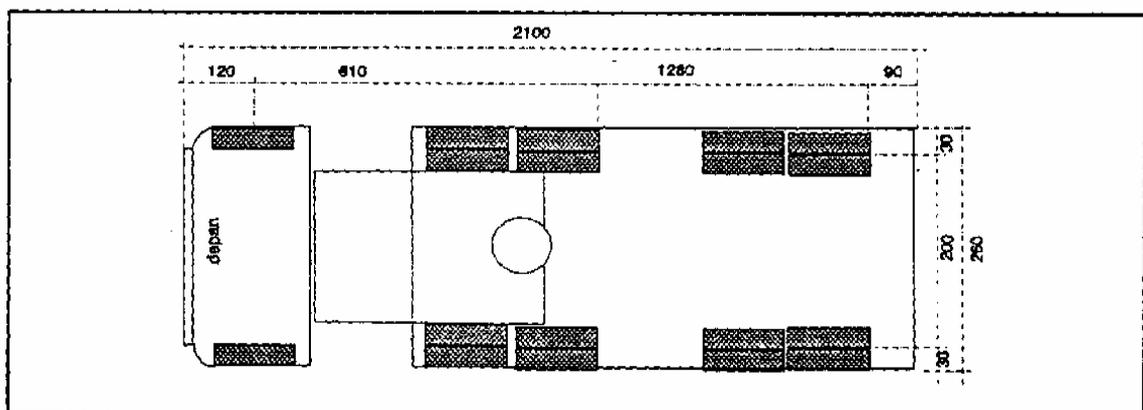
Berikut gambar dimensi dari kendaraan ringan, kendaraan sedang dan kendaraan besar. Dapat dilihat pada gambar dimensi kendaraan di bawah ini:



Gambar 2.1 Dimensi Kendaraan Kecil

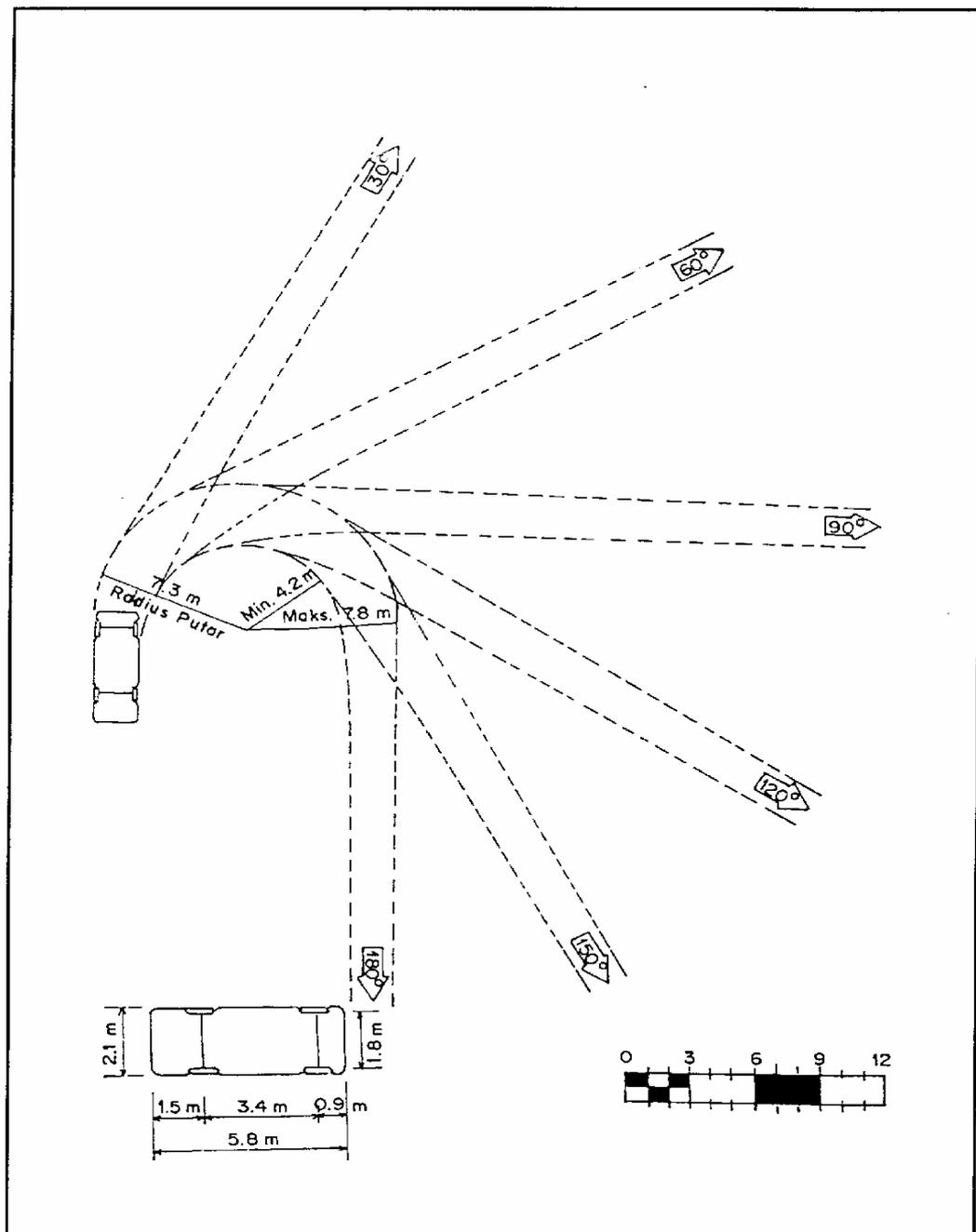


Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Ringan

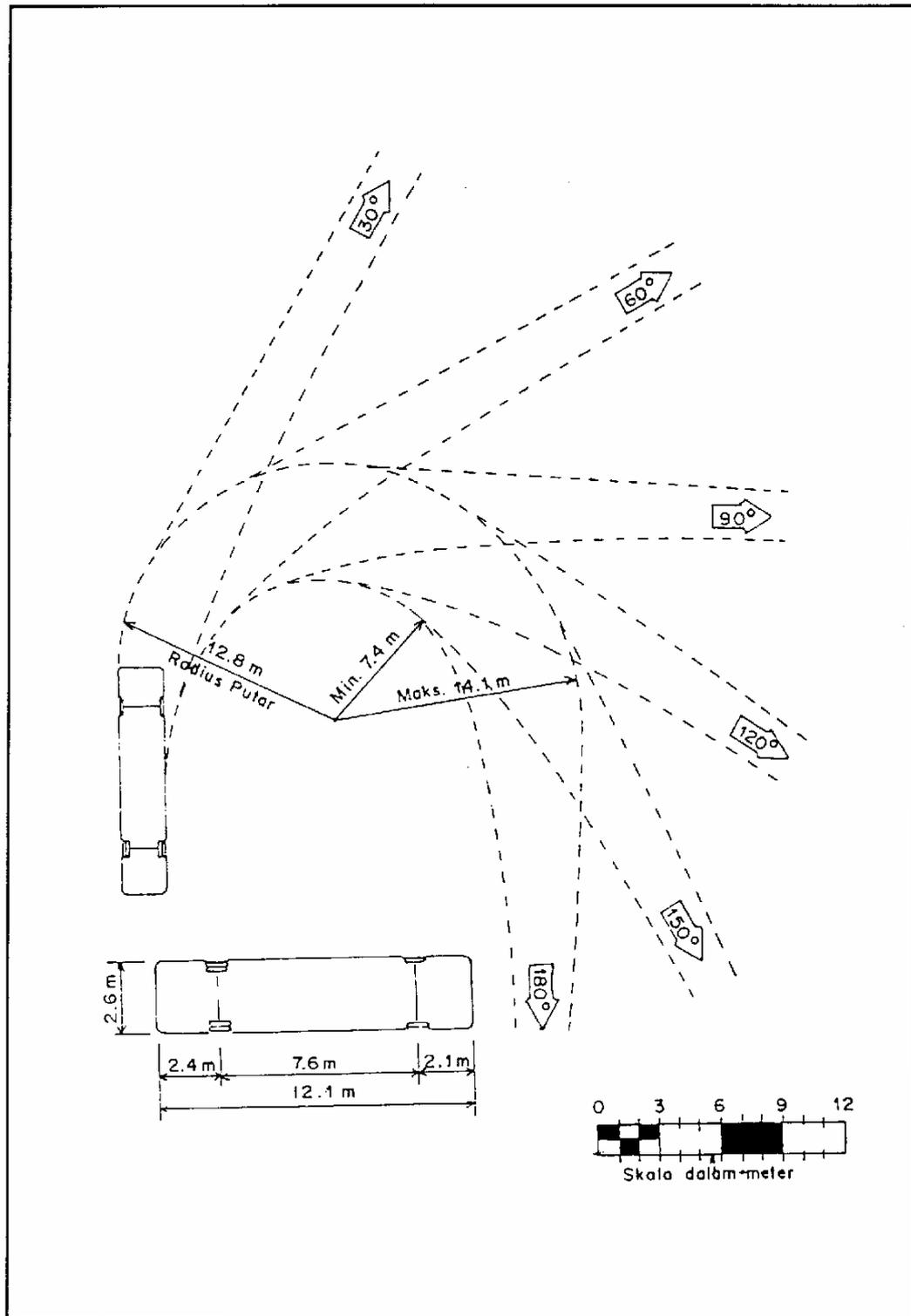


Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Besar

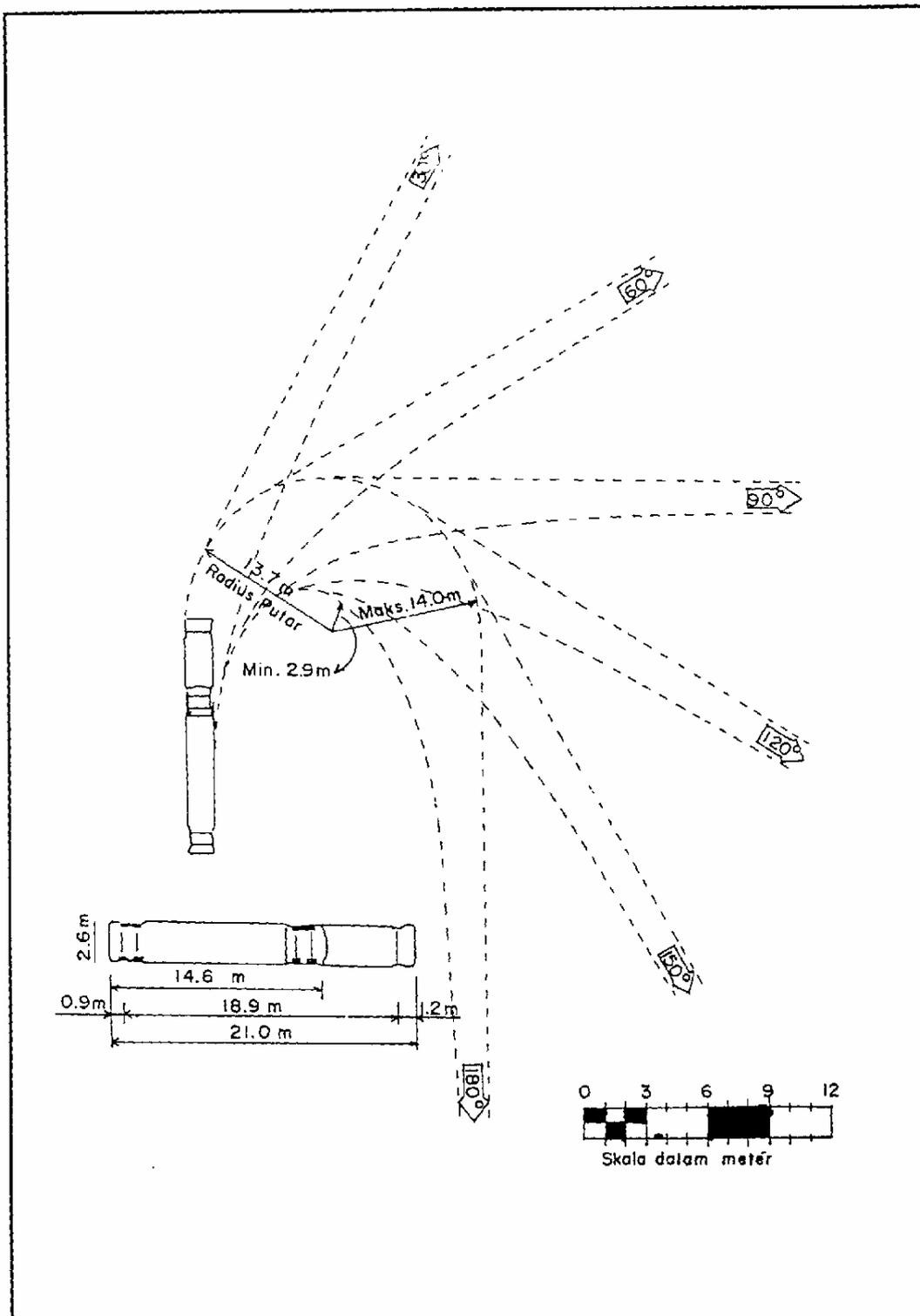
Berikut gambar jari – jari maneuver dari kendaraan ringan, kendaraan sedang dan kendaraan besar. Dapat dilihat pada gambar dimensi kendaraan di bawah ini:



Gambar 2.4 Jari – jari Maneuver Kendaraan Kecil



Gambar 2.5 Jari – jari Maneuver Kendaraan Sedang



Gambar 2.6 Jari – jari Maneuver Kendaraan Besar

b. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan pada ruas jalan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan seperti tikungan, kemiringan jalan, dan jarak pandang. Dengan adanya kecepatan rencana, kendaraan berjalan dengan aman, karena keamanan itu sepenuhnya bergantung dari bentuk jalan.

Kecepatan rencana bergantung pada kondisi jalan, perilaku pengemudi dan kendaraannya, keadaan fisik dan medan jalan, cuaca sekitar, adanya gangguan dari kendaraan lain dan batas rencana kendaraan yang diijinkan. Adapun kecepatan rencana yang diperbolehkan dapat dilihat pada tabel 2.8 adalah sebagai berikut.

Tabel 2.8 Kecepatan Rencana (V_R) Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Medan Jalan

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

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

c. Volume Lalu lintas Harian

Volume arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu penampang tertentu pada suatu ruas jalan tertentu dalam satuan waktu tertentu. Volume arus lalu lintas harian rencana (VLHR) adalah prakiraan volume arus lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam SMP/hari.

Sedangkan volume arus lalu lintas jam rencana (VJR) adalah prakiraan volume arus lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam satuan SMP/jam, dan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

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

Dimana:

K : faktor volume arus lalu lintas jam sibuk

F : faktor variasi tingkat lalu lintas per- 15 detik dalam satu jam

VJR digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalu lintas lainnya yang diperlukan. Arus lalulintas bervariasi dari jam ke jam berikutnya dalam satu hari. Volume satu jam yang dapat dipergunakan sebagai VJR harus sedemikian rupa, sehingga:

- a. Volume tidak boleh terlalu sering terdapat pada distribusi arus lalu lintas setiap jam untuk periode satu tahun.
- b. Apabila terdapat volume arus lalu lintas per jam yang melebihi volume jam perencanaan, maka kelebihan tidak boleh terlalu besar.
- c. Volume tidak boleh mempunyai nilai yang sangat besar, sehingga akan mengakibatkan biaya yang mahal.

Tabel 2.9 Penentuan Faktor-K dan Faktor-F Berdasarkan Volume Lalu Lintas Harian Rata – rata (VLHR)

VLHR (SMP/Hari)	Faktor-K	Faktor-F (%)
> 50.000	4 – 6	0,90 – 1
30.000 – 50.000	6 – 8	0,80 – 1
10.000 – 30.000	6 – 8	0,80 – 1
5.000 – 10.000	8 – 10	0,60 – 0,80
1.000 – 5.000	10 – 12	0,60 – 0,80
< 1.000	12 – 16	< 0,60

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

d. Kapasitas Jalan

(a) Kapasitas

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

Rumus umumnya :

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \text{ (smp/jam)} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

- C = Kapasitas (smp/jam)
- C_o = Kapasitas Dasar (smp/jam)
- FC_w = Faktor Penyesuaian Lebar Jalan Lalu lintas
- FC_{sp} = Faktor Penyesuaian Pemisah Arah
- FC_{sf} = Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

Tabel 2.10 Kapsitas Dasar Ruas Jalan

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

(Sumber : MKJI, 1997)

Faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu lintas ditentukan berdasarkan lebar jalan efektif yang dapat dilihat dari tabel 2.10 berikut:

Tabel 2.11 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu lintas (FCw)

Tipe	Lebar Jalan Efektif (Wc)(m)	FCw
Empat – lajur terbagi Enam – lajur terbagi	Per Lajur	
	3,00	0,91
	2,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,03
Empat – lajur tak terbagi	Per Lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,03
Dua – lajur tak terbagi	Total kedua arah	
	5	0,69
	6	0,91
	7	1,00
	8	1,08
	9	1,15
	10	1,21
11	1,27	

(Sumber : MKJI, 1997)

Tabel 2.12 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisahan Arah (FCsp)

Pemisah Arah SP % - %		50 - 50	55 - 45	60 - 40	65 - 35	70 - 30
FCsp	Dua - lajur 2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat – lajur 4/4	1,00	0,975	0,95	0,925	0,90

(Sumber : MKJI, 1997)

Tabel 2.13 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FCsf)

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Jalan	Faktor Penyesuaian untuk Hambatan Samping (FCsf)			
		Lebar Bahu Efektif (WS)			
		≤ 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
2/2 UD 4/2 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	0,91	0,95
	VH	0,80	0,83	0,88	0,93

(Sumber : MKJI, 1997)

(b) Derajat Kejenuhan (DS)

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio arus jalan terhadap kapasitas, yang digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkar kinerja simpang dan segmen jalan. Nilai DS menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak. Persamaan dasar untuk menentukan derajat kejenuhan adalah sebagai berikut:

$$DS = \frac{Q}{C} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

DS = Derajat Kejenuhan

Q = Arus Lalu Lintas (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

Derajat kejenuhan dihitung dengan menggunakan arus dan kapasitas yang dinyatakan dalam smp/jam, untuk perilaku lalu lintas berupa kecepatan.

Tabel 2.14 Tingkat pelayanan Jalan

Tingkat Pelayanan	Karakteristik	Batas Lingkup (Q/C)
A	Arus Bebas ; Volume rendah dan kecepatan tinggi, pengemudi dapat memili kecepatan yang dikehendaki	0,00 - 0,20
B	Arus Stabil ; Kecepatan sedikit terbatas oleh lalu lintas	0,20 - 0,44
C	Arus Stabil ; Kecepatan di kontrol oleh lalu lintas	0,45 - 0,74
D	Arus mendekati tidak stabil ; kecepatan menurun akibat hambatan yang timbul dan kebebasan 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 : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

e. 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. Panjang jalan didepan yang masih dapat dilihat dengan jelas diukur dari titik kedudukan pengemudi, disebut dengan jarak pandang. Jarak pandang berguna untuk:

- a) Menghindari terjadinya tabrakan yang dapat membahayakan kendaraan dan manusia akibat adanya benda yang berukuran cukup besar, kendaraan yang sedang berhenti, pejalan kaki, atau hewan-hewan pada lajur jalannya.
- b) Memberikan kemungkinan untuk mendahului kendaraan lain yang bergerak dengan kecepatan lebih rendah dengan mempergunakan lajur disebelahnya.
- c) Menambah efisiensi jalan sehingga volume pelayanan dapat dicapai semaksimal mungkin.
- d) Sebagai pedoman bagi pengatur lalu lintas dengan menempatkan rambu-rambu lalu lintas yang diperlukan pada setiap segmen jalan. (Silvia Sukirman, 1999).

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

1. Jarak Pandang Henti (Jh)

Jarak pandang henti (Jh) adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman, begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik di sepanjang jalan harus memenuhi jarak pandang henti (Jh). Jarak pandang henti diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 15 cm, diukur dari permukaan jalan. Jarak pandang henti (Jh) terdiri atas dua elemen jarak, yaitu:

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

Berdasarkan Shirley L. Hendarsin (2000:9) jarak pandang henti dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus:

$$Jh = Jht + Jhr \dots \dots \dots (2.5)$$

$$J_h = \frac{V_R}{3,6} T + \frac{\left(\frac{V_R}{3,6}\right)^2}{2g \cdot f_p} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dari persamaan tersebut dapat disederhanakan menjadi :

(a) Untuk jalan datar

$$J_h = 0,278 \times V_r \times T + \frac{V_r^2}{254 \times f_p} \dots \dots \dots (2.7)$$

(b) Untuk jalan dengan kelandaian tertentu

$$J_h = 0,278 \times V_r \times T + \frac{V_r^2}{254 \times f_p} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana :

V_r = Kecepatan rencana (km/jam)

T = Waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

g = Percepatan gravitasi, ditetapkan 9,8 m/det²

f_p = Koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, di tetapkan 0,35 – 0,55

L = Landai jalan dalam (%)

Tabel 2.15 Jarak Pandang Henti (Jh) Minimum untuk Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (m)

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

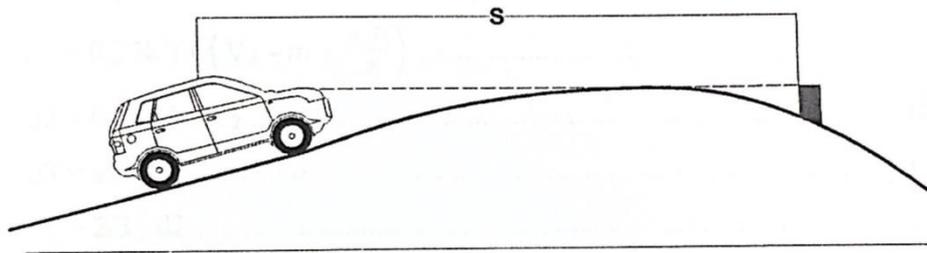
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Tabel 2.16 Jarak Pandang Henti (J_h) Minimum untuk Perencanaan Geometrik Jalan Perkotaan (m)

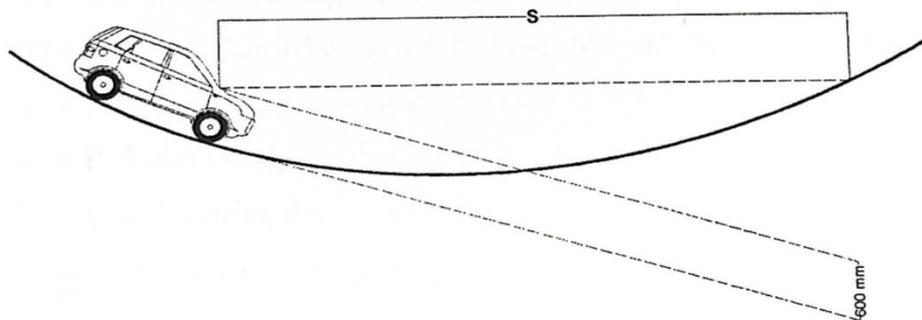
Kecepatan Rencana (Km/jam)	Jarak Pandang Henti Minimum (m)
100	165
80	110
60	75
50	55
40	40
30	30
20	20

(Sumber: Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan perkotaan, 1992)

Jarak pandang henti dapat dilihat pada gambar 2.7 dan gambar 2.8 berikut ini:



Gambar 2.7 Jarak Pandang Henti pada Lengkung Vertikal Cembung



Gambar 2.8 Jarak Pandang Henti pada Lengkung Vertikal Cekung

2. Jarak Pandang Mendahului (Jd)

Jarak pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula. Jarak pandang diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 15cm.

Berdasarkan Shirley L. Hendarsin (2000:92) Rumus yang digunakan:

$$Jd = d1 + d2 + d3 + d4 \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

d1 = Jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m)

d2 = Jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m)

d3 = Jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m)

d4 = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan (m)

Adapun rumusan estimasi d1, d2, d3 dan d4 adalah sebagai berikut:

$$d1 = 0,278 T1 \left(V_R - m + \frac{a \cdot T_1}{2} \right) \dots\dots\dots (2.10)$$

$$d2 = 0,278 V_R T_2 \dots\dots\dots (2.11)$$

$$d3 = \text{antara } 30 - 100 \text{ m} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$d4 = 2/3 \cdot d2 \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana:

$$T1 = \text{Waktu dalam (detik)} = 2,12 + 0,026 V_R$$

$$T2 = \text{Waktu kendaraan berada di jalur lawan (detik)} = 6,56 + 0,048 V_R$$

$$a = \text{Percepatan rata - rata (km/jam/detik)} = 2,052 + 0,0036 V_R$$

m = Perbedaan kecepatan dari kendaraan yang mendahului dan kendaraan yang di dahului (biasanya diambil 10 – 15 km/jam)

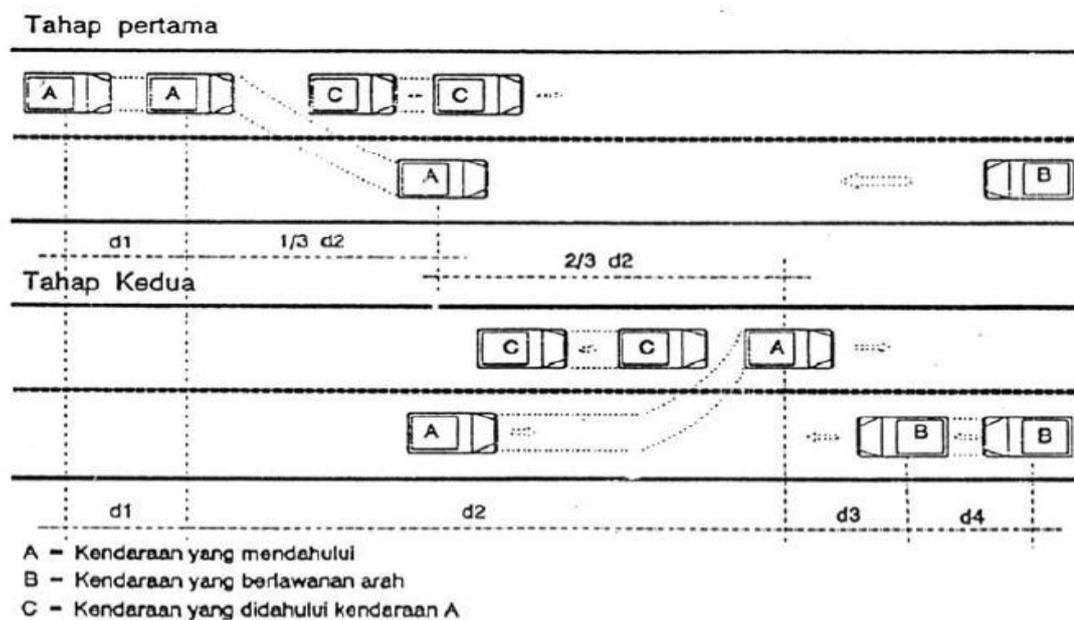
Syarat untuk menentukan jarak pandang mendahului minimum dapat dilihat pada tabel 2.16

Tabel 2.17 Panjang Jarak Pandang Mendahului Jalan Antar Kota

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

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

Gambar proses pergerakan mendahului untuk jarak pandang mendahului dapat dilihat pada gambar 2.9



Gambar 2.9 Proses Pergerakan Kendaraan yang Mendahului

2.4 Penampang Melintang

Penampang melintang jalan merupakan potongan melintang tegak lurus sumbu jalan. Pada potongan melintang jalan dapat terlihat bagian – bagian jalan yang utama dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Bagian yang langsung berguna untuk lalu lintas
 - a. Jalur lalu lintas
 - b. Lajur lalu lintas
 - c. Bahu jalan
 - d. Trotoar

- e. Median
- 2. Bagian yang berguna untuk drainase jalan
 - a. Saluran samping
 - b. Kemiringan melintang jalur lalu lintas
 - c. Kemiringan lereng
- 3. Bagian pelengkap jalan
 - a. Kereb
 - b. Pengaman tepi
- 4. Bagian konstruksi jalan
 - a. Lapisan permukaan perkerasan jalan
 - b. Lapisan pondasi atas
 - c. Lapisan pondasi bawah
 - d. Lapisan tanah dasar
- 5. Daerah manfaat jalan (Damaja)
- 6. Daerah milik jalan (Damija)
- 7. Daerah pengawasan jalan (Dawasja)

2.4.1 Jalur Lalu lintas

Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang diperuntukkan untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan. Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa tipe yaitu:

- a. 1 jalur – 2 lajur – 2 arah (2/2 TB)
- b. 1 jalur – 2 lajur – 1 arah (2/1 TB)
- c. 2 jalur – 4 lajur – 1 arah (4/2 B)
- d. 2 jalur – n lajur – 2 arah (n/2 B)

Pada lajur lalu lintas terdiri dari beberapa lajur yang terletak memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan dan memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana. Untuk kelancaran drainase jalan supaya air yang jatuh di atas permukaan jalan cepat dialirkan ke saluran – saluran pembuangan, lajur lalu lintas pada alinyemen lurus memerlukan kemiringan melintang normal sebagai berikut:

- a. 2 – 4% untuk lapisan permukaan menggunakan bahan pengikat aspal atau beton
- b. 5% untuk jalan dengan lapisan permukaan belum mempergunakan bahan pengikat seperti jalan kerikil. (Silvia Sukirman, 1999)

Lebar jalur tergantung pada kecepatan dari kendaraan rencana, yang dalam hal ini dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan seperti ditetapkan dalam tabel 2.18

Tabel 2.18 Lebar Lajur dan Bahu Jalan

VLHR (smp/hari)	ARTERI				KOLEKTOR				LOKAL			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu
<3000	6	1,5	4,5	1	6	1,5	4,5	1	6	1	4,5	1
3000-10000	7	2	6	1,5	7	1,5	6	1,5	7	1,5	6	1
10001-25000	7	2	7	2	7	2	MENGACU PADA PERSYARATAN IDEAL		TIDAK DITENTUKAN			
>25000	2n x3,5	2,5	2 x 7	2	2nx 3,5	2						
2 n x 3,5 e 2 jalur, n = jumlah lajur per lajur. n x 3,5 = lebar per lajur												

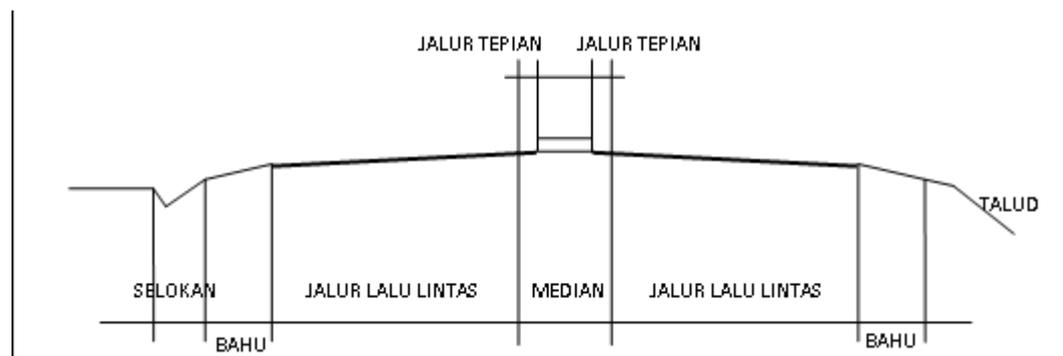
(Sumber : TPGJAK 1997)

2.4.2 Lajur Lalu lintas

Lajur adalah bagian dari 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.

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 0,8. Untuk kelancaran drainase permukaan, lajur lalu lintas pada alinyement lurus/jalan lurus memerlukan kemiringan melintang normal, untuk perkerasan kaku (beton) dan perkerasan lentur (aspal) kemiringan melintang normal adalah 2 – 3%, sedangkan pada perkerasan yang hanya menggunakan kerikil kemiringannya adalah 4 – 5% sebagai contoh lihat pada gambar berikut:



Gambar 2.10 Kemiringan Melintang Jalan Normal

Tabel 2.19 Lebar Lajur Jalan Ideal

Fungsi	Kelas	Lebar Lajur Ideal (m)
Arteri	I	3,75
	II, IIIA	3,50
Kolektor	IIIA, IIIB	3,00
Lokal	IIIC	3,00

(Sumber : TPGJAK 1997)

2.4.3 Bahu Jalan

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

- a) Lajur lalu lintas darurat, tempat berhenti sementara dan atau tempat parkir darurat
- b) Ruang bebas samping bagi lalu lintas, dan

- c) Penyangga standar badan jalan dari sisi luar, untuk menjaga kestabilan perkerasan agar tidak bergeser ataupun amblas.

2.5 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah menjelaskan kondisi jalan yang lurus menikung ke kiri-menikung ke kanan; dimana sumbu jalan tampak berupa rangkaian garis lurus, atau lengkung berbentuk lingkaran dan lengkung peralihan dari bentuk lurus ke bentuk busur lingkaran. Perencanaan geometrik jalan memfokuskan pada pemilihan letak dan panjang dari bagian-bagian ini sesuai dengan kondisi medan sehingga terpenuhi kebutuhan akan pengoperasian lalu lintas dan keamanan.

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pengguna jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit (sesuai VR). Nilai panjang bagian lurus maksimum dapat dilihat pada tabel 2.20.

Tabel 2.20 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi Jalan	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	3000	2500	2000
Kolektor	2000	1750	1500

(Sumber: TPGJAK 1997)

Pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi, akan terjadi gesekan arah melintang jalan antara ban kendaraan dengan permukaan aspal yang menimbulkan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang. Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu ditentukan jari-jari minimum untuk superelevasi maksimum dapat dilihat pada tabel 2.20 berikut

Tabel 2.21 Panjang Jari-jari Minimum untuk $e_{\text{maks}} = 10\%$

VR (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Rmin (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

(Sumber: TPGJAK1997)

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

- Tikungan *Full Circle (FC)*
- Tikungan *Spiral – Circle – Spiral (SCS)*
- Tikungan *Spiral – Spiral*

2.5.1 Tikungan *Full Circle (FC)*

Tikungan *Full circle* adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan *full circle* hanya digunakan untuk R (jari-jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka diperlukan superelevasi yang besar. Jari-jari tikungan untuk tikungan jenis *full circle* ditunjukkan pada tabel 2.21 berikut ini:

Tabel 2.22 Jari-jari yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

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

(Sumber: TPGJAK, 1997)

Rumus yang digunakan pada perencanaan tikungan *Full Circle*, yaitu:

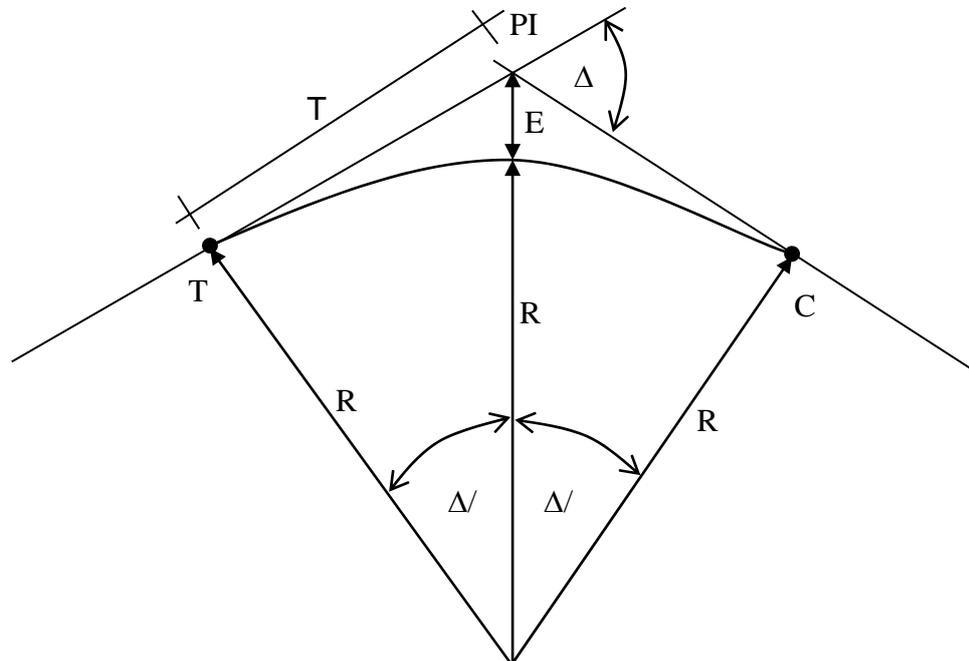
$$T = R \cdot \tan \frac{\Delta}{2} \dots \dots \dots (2.14)$$

$$E = T \cdot \tan \frac{\Delta}{4} \dots \dots \dots (2.15)$$

$$L_c = \frac{\Delta}{180^\circ} \cdot \pi \cdot R \dots \dots \dots (2.16)$$

Dimana:

- Δ = Sudut tangen ($^\circ$)
 T_c = Panjang tangen jarak dari TC ke PI atau PI ke CT
 R_c = Jari - jari lingkaran (m)
 E_c = Jarak luar dari PI ke busur lingkaran (m)
 L_c = Panjang busur lingkaran (m)



Gambar 2.11 Tikungan *Full Circle*

2.5.2 Tikungan *Spiral – Circle – Spiral (SCS)*

Tikungan ini terdiri dari bagian lingkaran (*circle*) dan dua lengkung peralihan (*spiral*) yang diletakkan sebelum dan sesudah busur lingkaran. Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba – tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran.

Panjang lengkung peralihan (L_s) menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997, diambil nilai terbesar dari tiga persamaan

berikut ini:

- a. Berdasarkan waktu tempuh maksimu (3 detik) untuk melintasi lengkung peralihan, makanpanjang lengkung :

$$L_S = \frac{V_R}{3,6} \cdot T \dots \dots \dots (2.17)$$

- b. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal :

$$L_S = 0,22 \cdot \frac{V^3}{R_c \cdot C} - 2,727 \cdot \frac{V \cdot e}{C} \dots \dots \dots (2.18)$$

- c. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian :

$$L_S = \frac{(e_m \cdot e_n)}{3,6 \cdot \tau e} \cdot V_R \dots \dots \dots (2.19)$$

- d. Berdasarkan tabel hubungan antara jari – jari radius dengan kecepatan .. (2.20)

Dimana :

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

VR = Kecepatan rencana (km/jam)

e = Superelevasi

C = Perubahan percepatan diambil 0,3 – 1,0 disarankan 0,4m/det²

Rc = Jari- jari busur lingkaran (m)

em = Superelevasi maksimum

en = Superelevasi normal

τe = Tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintangjalan (m/m/detik)

- Untuk VR = 70 km/jam nilai r mak = 0,035 m/m/det

- Untuk VR = 80 km/jam nilai r mak = 0,025 m/m/det

Adapun rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *spiral- circle- spiral*, yaitu:

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

$$\Delta c = \Delta - 20 \text{ s} \dots \dots \dots (2.22)$$

$$L_c = \frac{\Delta c}{180^\circ} \cdot \pi \cdot R \dots \dots \dots (2.23)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6R} \dots \dots \dots (2.24)$$

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

$$p = \frac{L_s^2}{6R} - R (1 - \cos \theta_s) \dots \dots \dots (2.26)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 \cdot R^2} - R \cdot \sin \theta_s \dots \dots \dots (2.27)$$

$$T_s = (R + p) \cdot \tan \frac{\Delta}{2} + K \dots \dots \dots (2.28)$$

$$E_s = (R + p) \cdot \sec \frac{\Delta}{2} + R \dots \dots \dots (2.29)$$

$$L = L_c + 2L_s \dots \dots \dots (2.30)$$

Dimana :

θ_s = sudut lengkung spiral ($^\circ$)

Δc = sudut lengkung circle ($^\circ$)

L_c = panjang busur lingkaran (jarak SC-CS) (m)

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

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

P = pergeseran tangen terhadap spiral (m)

K = absis p pada garis tangen spiral (m)

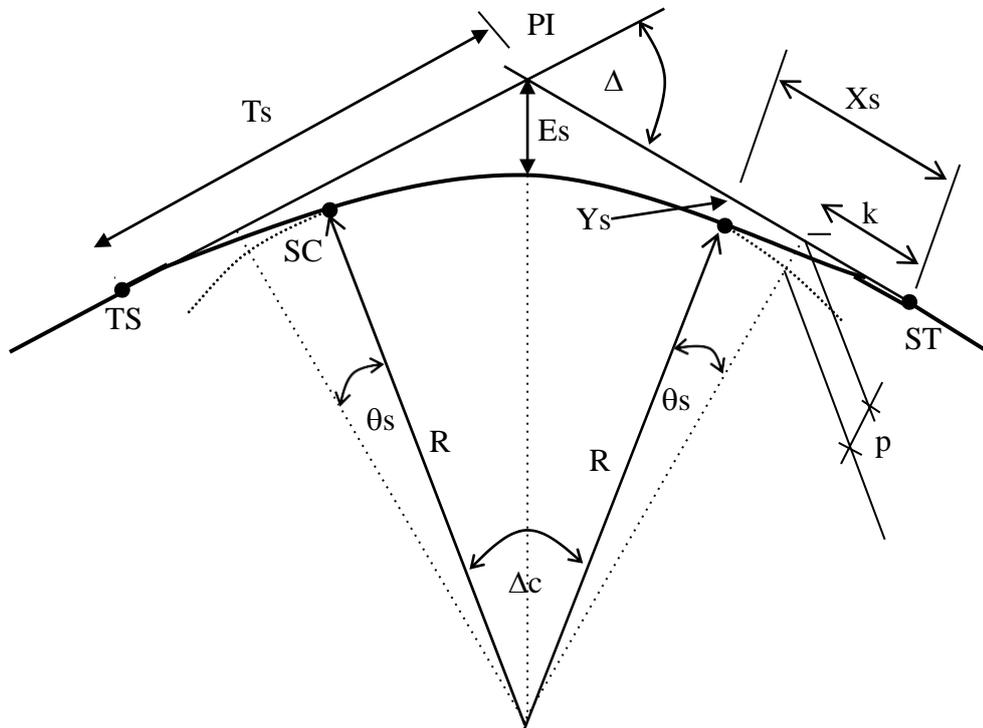
T_s = jarak tangen dari PI ke TS atau ST (m)

E_s = jarak dari PI ke puncak busur lingkaran (m)

L = panjang tikungan SCS (m)

Jika diperoleh $L_c < 25$ m, maka sebaiknya tidak digunakan bentuk S – C – S, tetapi digunakan lengkung S – S, yaitu lengkung yang terdiri dari dua buah lengkung peralihan.

Komponen-komponen untuk tikungan *spiral – circle – spiral* dapat dilihat pada gambar 2.12



Gambar 2.12 Komponen *Spiral Circle-Spiral*

2.5.3 Tikungan *Spiral – Spiral*

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

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta \dots \dots \dots (2.31)$$

$$L_s = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{360^\circ} \cdot 2 \theta_s \dots \dots \dots (2.32)$$

$$L_c = 0 \dots \dots \dots (2.33)$$

$$T_s = (R + p) \cdot \tan \frac{\Delta}{2} + K \dots \dots \dots (2.34)$$

$$E_s = (R + p) \cdot \sec \frac{\Delta}{2} + R \dots \dots \dots (2.35)$$

$$L = 2 \cdot L_s \dots \dots \dots (2.36)$$

$$K = k \cdot x \cdot L_s \dots \dots \dots (2.37)$$

$$P = p * x L_s \dots \dots \dots (2.38)$$

Dimana :

L_s = panjang lengkung peralihan (jarak TS-SC atau CS-ST) (m)

L_c = panjang busur lingkaran (jarak SC-CS) (m)

Δ = sudut tikungan, ($^{\circ}$)

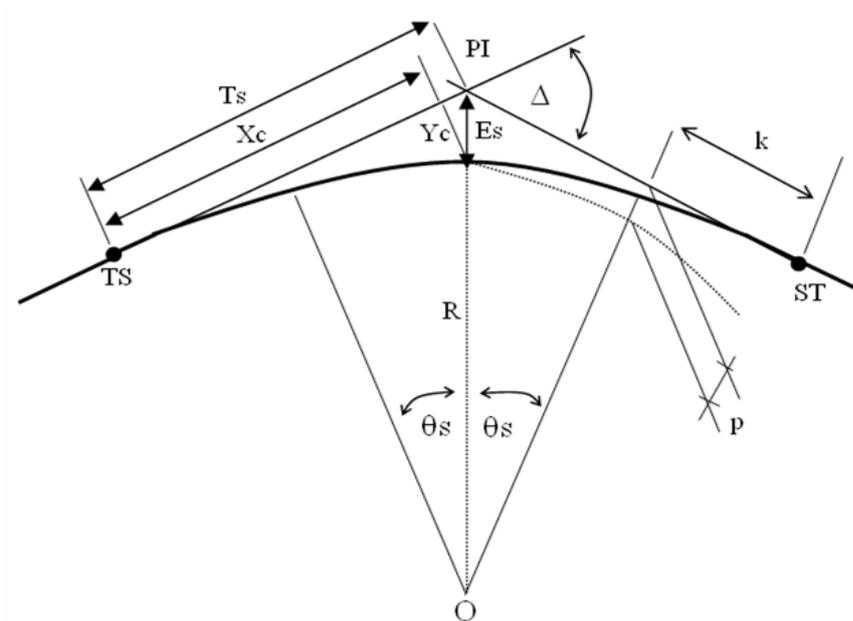
θ_s = sudut lengkung spiral ($^{\circ}$)

R = jari-jari tikungan (m)

P = pergeseran tangen terhadap spiral (m)

K = pergeseran tangen terhadap spiral (m)

L = panjang tikungan SCS (m)



Gambar 2.13 Komponen *Spiral - Spiral*

Tabel 2.23 Nilai p* dan k* untuk Ls = 1

Qs (°)	p*	k*	qs (°)	p*	k*	qs(°)	p*	k*
0,5	0,00073	0,5	14	0,02067	0,49899	27,5	0,04228	0,49594
1	0,00145	0,49999	14,5	0,02143	0,49892	28	0,04314	0,49578
1,5	0,00218	0,49999	15	0,02219	0,49884	28,5	0,04399	0,49562
2	0,00291	0,49998	15,5	0,02296	0,49876	29	0,04486	0,49546
2,5	0,00364	0,49997	16	0,02372	0,49868	29,5	0,04572	0,49529
3	0,00437	0,49995	16,5	0,02449	0,49859	30	0,0466	0,49512
3,5	0,0051	0,49994	17	0,02527	0,4985	30,5	0,04747	0,49494
4	0,00582	0,49992	17,5	0,02604	0,49841	31	0,04836	0,49477
4,5	0,00656	0,4999	18	0,02682	0,49831	31,5	0,04924	0,49458
5	0,00729	0,49987	18,5	0,02761	0,49822	32	0,05013	0,4944
5,5	0,00802	0,49985	19	0,02839	0,49812	32,5	0,015103	0,49421
6	0,00948	0,49982	19,5	0,02918	0,49801	33	0,05193	0,49402
6,5	0,01022	0,49978	20	0,02997	0,49791	33,5	0,05284	0,49382
7	0,01022	0,49975	20,5	0,03077	0,4978	34	0,05375	0,49362
7,5	0,01096	0,49971	21	0,03156	0,49769	34,5	0,05467	0,49341
8	0,01169	0,49974	21,5	0,03237	0,49757	35	0,0556	0,49321
8,5	0,01243	0,49931	22	0,03317	0,49745	35,5	0,05625	0,49299
9	0,01317	0,49959	22,5	0,03398	0,49733	36	0,05746	0,49278
9,5	0,01391	0,49954	23	0,03479	0,49721	36,5	0,0584	0,49256
10	0,01466	0,49949	23,5	0,03561	0,49708	37	0,05935	0,49233
10,5	0,0154	0,49944	24	0,03643	0,49695	37,5	0,0603	0,4921
11	0,01615	0,49938	24,5	0,03725	0,49681	38	0,06126	0,49187
11,5	0,01689	0,49932	25	0,03808	0,49668	38,5	0,06222	0,49163
12	0,01764	0,49926	25,5	0,03891	0,49654	39	0,06319	0,49139
12,5	0,0184	0,4992	26	0,03975	0,49639	39,5	0,06417	0,49115
13	0,01915	0,49913	26,5	0,04059	0,49625	40	0,06515	0,4909
13,5	0,01991	0,49906	27	0,04143	0,49609	-	-	-

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1997)

2.5.4 Superelevasi

Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus, sampai ke kemiringan maksimum (superelevasi) pada bagian lengkung jalan. Dengan mempergunakan diagram superelevasi, dapat ditentukan bentuk penampang melintang pada setiap titik di suatu lengkung horizontal yang direncanakan. (Hamirhan Saodang, 2004: 79)

Diagram superelevasi digambarkan berdasarkan elevasi sumbu jalan sebagai garis nol. Ada tiga cara dalam menggambarkan diagram superelevasi menurut Hamirhan Saodang (2004) yaitu :

1. Sumbu jalan dipergunakan sebagai sumbu putar
2. Tepi perkerasan jalan sebelah dalam digunakan sebagai sumbu putar
3. Tepi perkerasan jalan sebelah luar digunakan sebagai sumbu putar.

Untuk jalan raya yang mempunyai median (jalan raya terpisah), pencapaian kemiringan didasarkan pada lebar serta bentuk penampang melintang median yang bersangkutan dan dapat dilakukan dengan menggunakan ketiga cara tersebut diatas, yaitu :

1. Masing-masing perkerasan diputar sendiri-sendiri dengan menggunakan sumbu jalan masing-masing jalur jalan sebagai sumbu putar.
2. Kedua perkerasan diputar sendiri-sendiri dengan sisi median sebagai sumbu putar, sedangkan median dibuat dalam kondisi datar.
3. Seluruh jalur jalan termasuk median diputar dalam satu bidang yang sama, dan sumbu putarnya adalah sumbu median.

Superelevasi tidak diperlukan jika radius tikungan cukup besar. Dalam kondisi begitu, cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal atau bahkan tetap sebagai lereng normal.

Tabel 2.24 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi yang
Dibutuhkan (e maksimum = 10%, untuk metode Bina Marga)

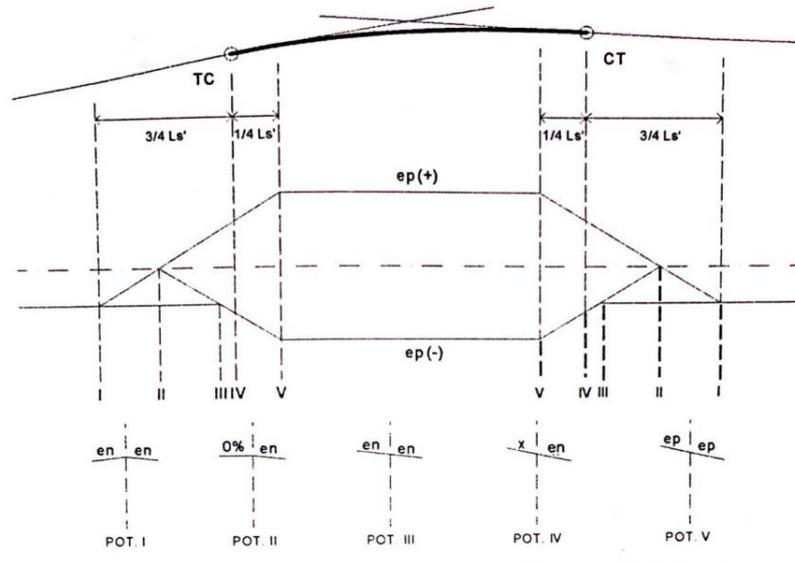
D	R	V=50 km/jam		V=60 km/jam		V=70 km/jam		V=80 km/jam		V= 90 km/jam	
		Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls
0.250	5730	Ln	45	LN	50	LN	60	LN	70	LN	75
0.500	2865	Ln	45	LN	50	LP	60	LP	70	LP	75
0.750	1910	Ln	45	LP	50	LP	60	0.020	70	0.025	75
1.000	1432	Lp	45	LP	50	0.021	60	0.027	70	0.033	75
1.250	1146	Lp	45	LP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

11.000	130	0.083	45	0.098	60
12.000	119	0.087	45	0.100	60
13.000	110	0.091	45	D maks = 12,79	
14.000	102	0.093	45		
15.000	96	0.096	45		
16.000	90	0.097	45		
17.000	84	0.099	45		
18.000	80	0.099	45		
19.000	75	D maks = 18,8			

(Sumber : Hamirham Saodang, 2004)

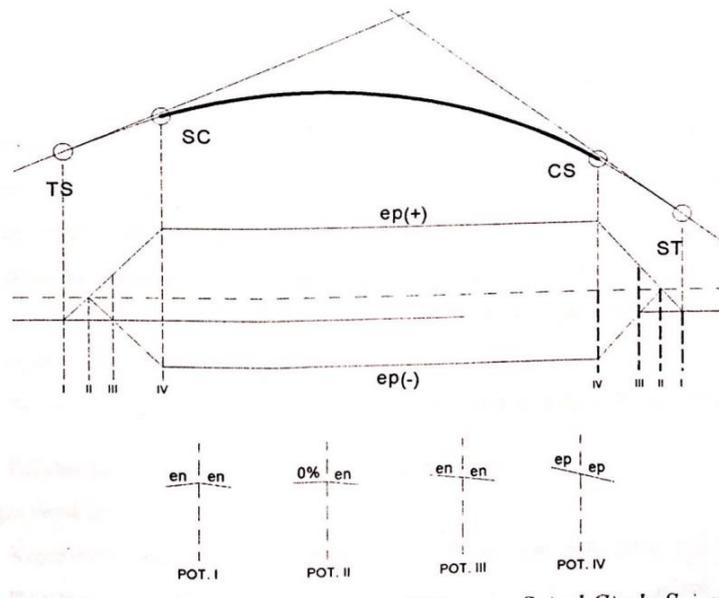
Diagram Superelevasi:

a. Tikungan *Full Circle (FC)*



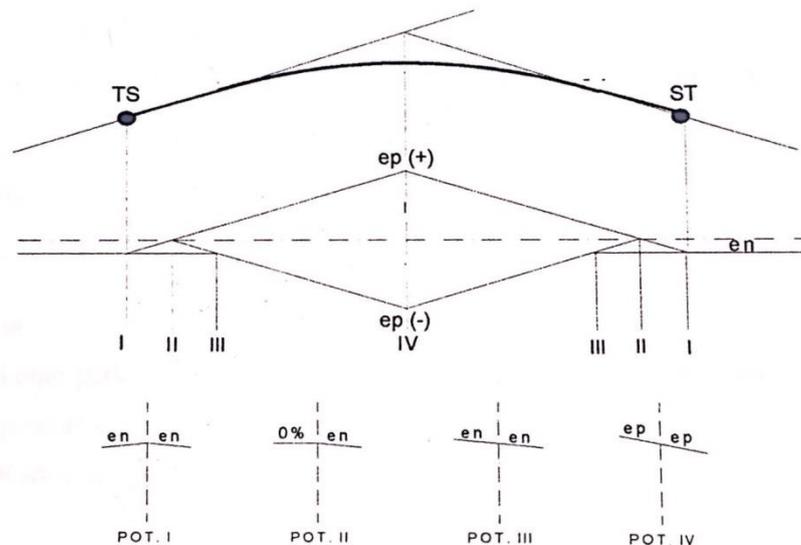
Gambar 2.14 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Full Circle*

b. Tikungan *Spiral Circle Spiral (SCS)*



Gambar 2.15 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

c. Tikungan *Spiral – Spiral (SS)*

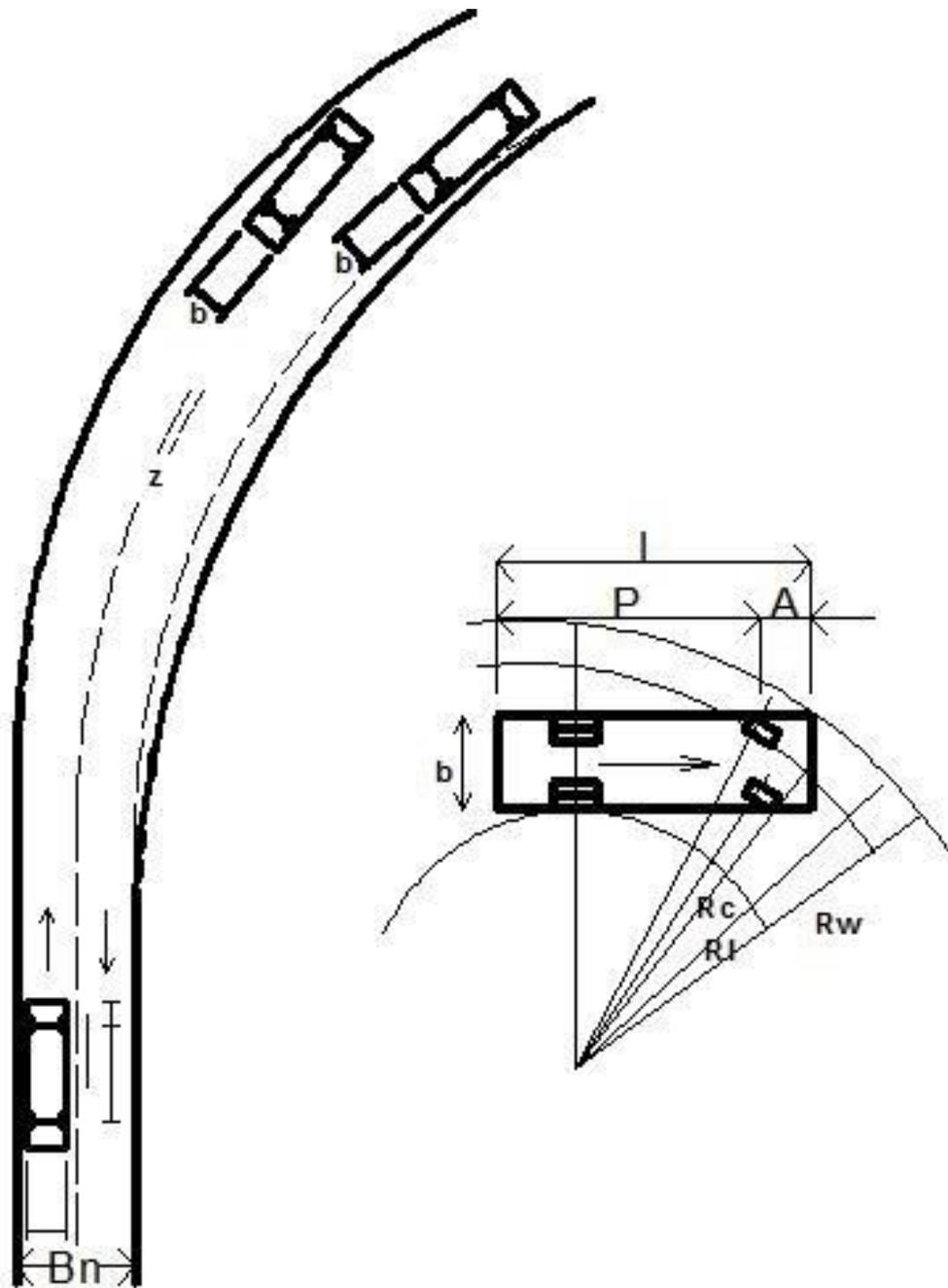


Gambar 2.16 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Spiral*

2.5.5 Pelebaran Perkerasan Jalan Pada Tikungan

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

1. Pada waktu membelok yang diberikan sudut belokan hanya roda depan, sehingga lintasan roda belakang menjalani lintasan lebih kedalam dari roda depan.
2. Jejak lintasan kendaraan tidak lagi berhimpit, karena bumper depan dan belakang kendaraan mempunyai lintasan yang berbeda antara roda depan dan belakang.
3. Pengemudi akan mengalami kesukaran dalam mempertahankan lintasannya untuk tetap pada lajur jalannya, terutama pada tikungan-tikungan yang tajam atau pada kecepatan yang tinggi. Untuk menghindari hal di atas, maka pada tikungan yang tajam perlu diadakan pelebaran jalan seperti Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Pelebaran perkerasan pada tikungan

Adapun rumus – rumus yang berlaku untuk menghitung pelebaran pada tikungan adalah sebagai berikut:

$$B = \sqrt{(\sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25)^2 + 64} - \sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25 \dots\dots\dots(3.39)$$

Dimana:

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

Rc = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan

Dimana nilai radius lengkung untuk lintasan luar roda depan (Rc) dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$Rc = R - \frac{1}{2} Bn + \frac{1}{2}b \dots\dots\dots(3.40)$$

Dimana:

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

Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar Kendaraan Rencana (m)

$$Bt = n (B + C) + Z \dots\dots\dots(3.41)$$

Dimana :

n = Jumlah jalur lalu lintas

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

C = Lebar kebebasan samping di kiri dan kanan jalan (m)
0,5 m untuk lebar lajur 6 m; 1 m untuk lebar lajur 7 m; 1,25 m untuk lebar lajur 7,5 m

Z = Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi ditikungan (m)

Adapun rumus untuk menghitung tambahan lebar perkerasan di tikungan sebagai berikut:

$$\Delta b = Bt - Bn \dots \dots \dots (3.42)$$

Dimana:

Δb = Tambahan lebar perkerasan ditikungan (m)

Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

V = Kecepatan rencana (km/jam)

R = Jari – jari tikungan

2.5.6 Kebebasan Samping pada Tikungan

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

1. Jika $J_h < L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R'} \right) \dots \dots \dots (3.43)$$

Dimana :

E = jarak bebas samping (m)

R = jarak bebas samping (m)

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

J_h = jarak pandang henti (m)



Gambar 2.18 Daerah Bebas Samping Di Tikungan, Untuk $J_h < L_t$

2. Jika $J_h > L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R'} \right) + \left(\frac{J_h - L_t}{2} \sin \frac{28,65 J_h}{R'} \right) \dots \dots \dots (3.44)$$

Dimana :

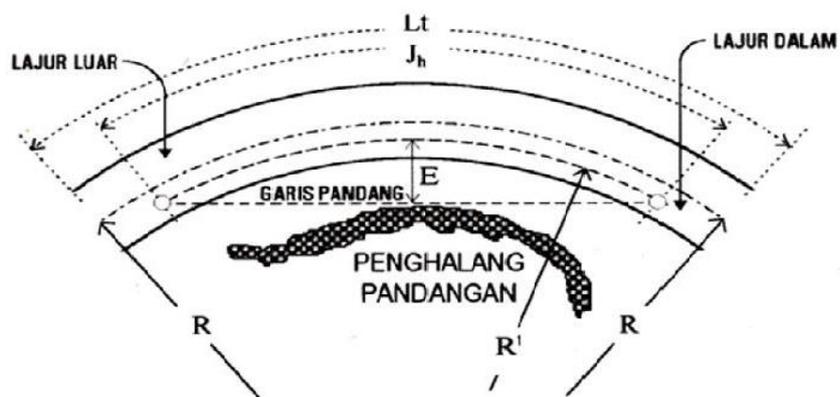
E = Jarak bebas samping (m)

R = Jarak bebas samping (m)

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

J_h = Jarak pandang henti (m)

L_t = Panjang tikungan (m)



Gambar 2.19 Daerah Bebas Samping Di Tikungan, untuk $J_h > L_t$

2.6 Alinyemen Vertikal

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

2.6.1 Kelandaian

Kelandaian pada alinyemen vertikal terbagi menjadi 4 bagian, yaitu :

1. Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah. Kelandaian maksimum untuk berbagai VR ditetapkan dapat dilihat dalam Tabel 2.25 berikut:

Tabel 2.25 Landai Maksimum

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

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

2. Kelandaian Minimum

Kelandaian minimum untuk tanah timbunan yang tidak menggunakan kerb, maka lereng melintang jalan dianggap sudah cukup untuk dapat mengalirkan air diatas badan jalan yang selanjutnya dibuang ke lereng jalan. Untuk jalan – jalan diatas tanah timbunan dengan medan datar dan menggunakan kerb, kelandaian yang dianjurkan adalah sebesar 0,15%, yang dapat membantu mengalirkan air dari atas badan jalan dan membuangnya ke saluran tepi atau saluran pembuangan. Sedangkan untuk jalan – jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kerb, kelandaian jalan minimum yang dianjurkan adalah 0,3 – 0,5%. Lereng melintang jalan hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang

jatuh diatas badan jalan, sedangkan landai jalan dibutuhkan untuk membuat kemiringan dasar saluran sampin, untuk membuang air permukaan sepanjang jalan.

3. Panjang Kritis Suatu Kelandaian

Panjang kritis yaitu panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh VR. Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak lebih dari satu menit. Panjang kritis dapat ditetapkan dari Tabel 2.26 berikut:

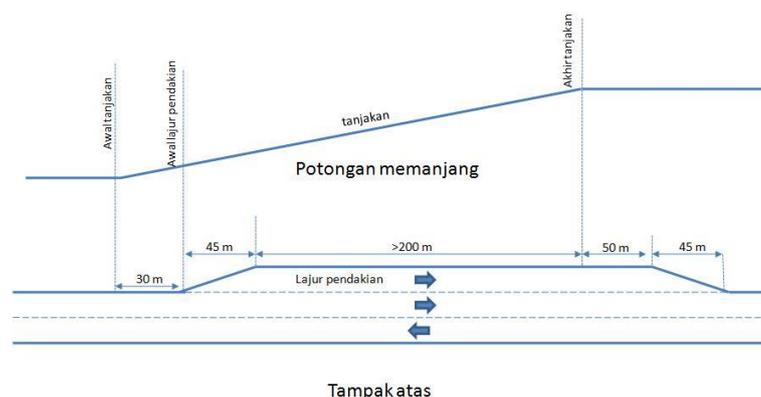
Tabel 2.26 Panjang Kritis

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

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

4. Lajur Pendakian

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



Gambar 2.20 Lajur Pendakian

2.6.2 Lengkung Vertikal

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

Bentuk lengkung vertikal adalah parabola dengan asumsi sederhana sehingga elevasi panjang lengkung dapat diperkirakan panjangnya, panjang minimum lengkung vertikal bisa ditentukan langsung dengan tabel 2.27 berikut:

Tabel 2.27 Panjang Minimum Lengkung Vertikal

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

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

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

$$y' = \frac{g_2 - g_1}{200 L} \cdot X^2 \dots \dots \dots (3.45)$$

Dimana :

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

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

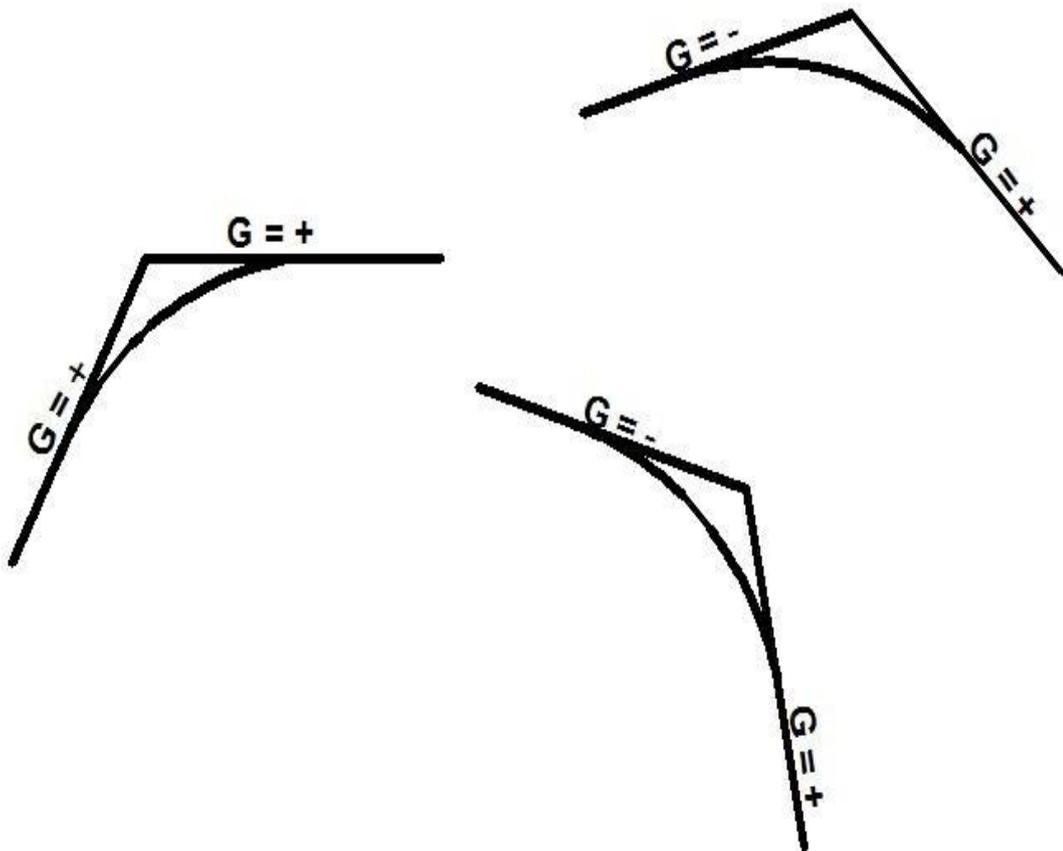
g_1, g_2 = Besar kelandaian (kenaikan/penurunan) (%)

L = Panjang lengkung vertikal (m)

Lengkung vertikal dibagi dua macam, yaitu :

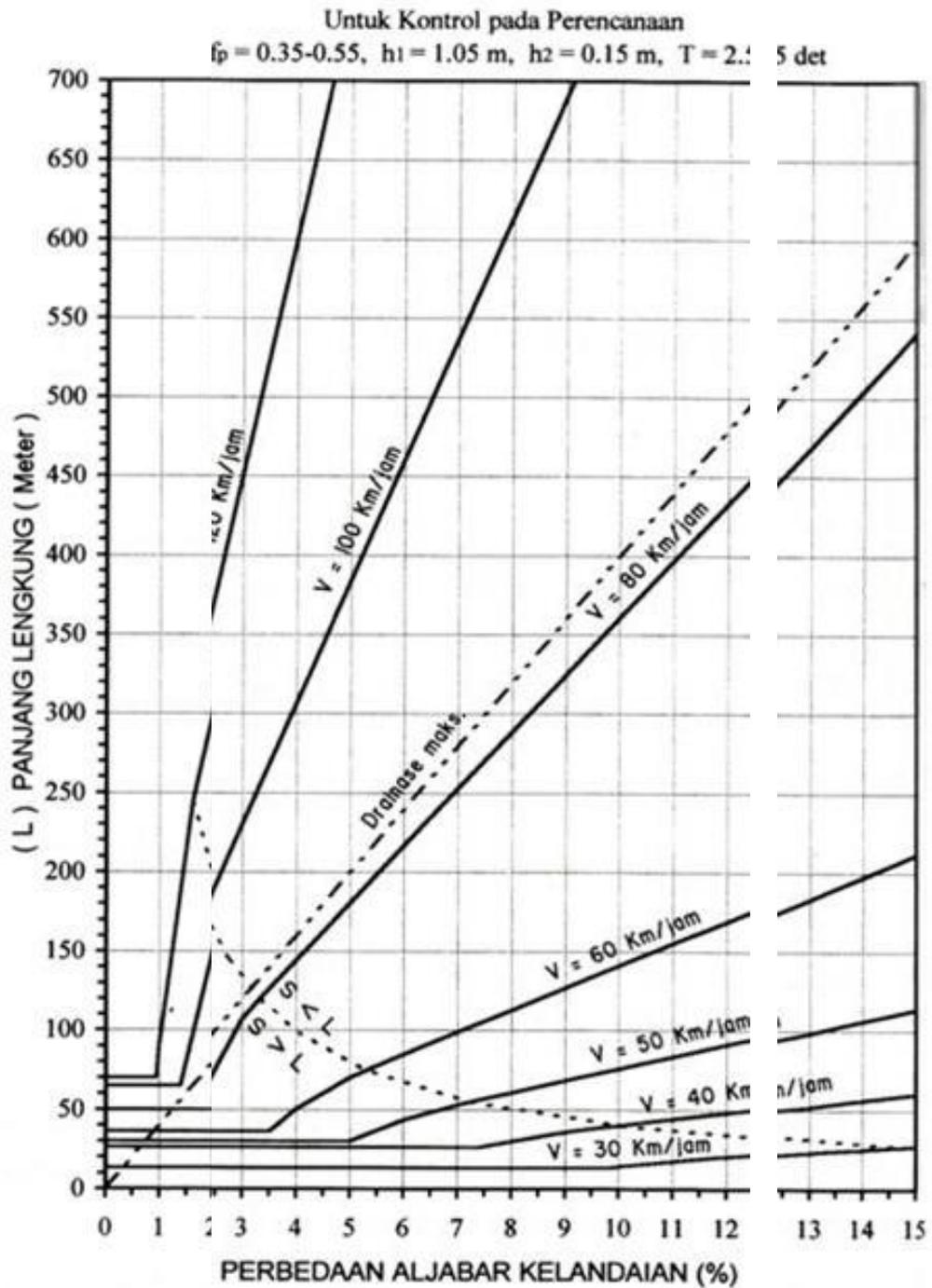
a. Lengkung Vertikal Cembung

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

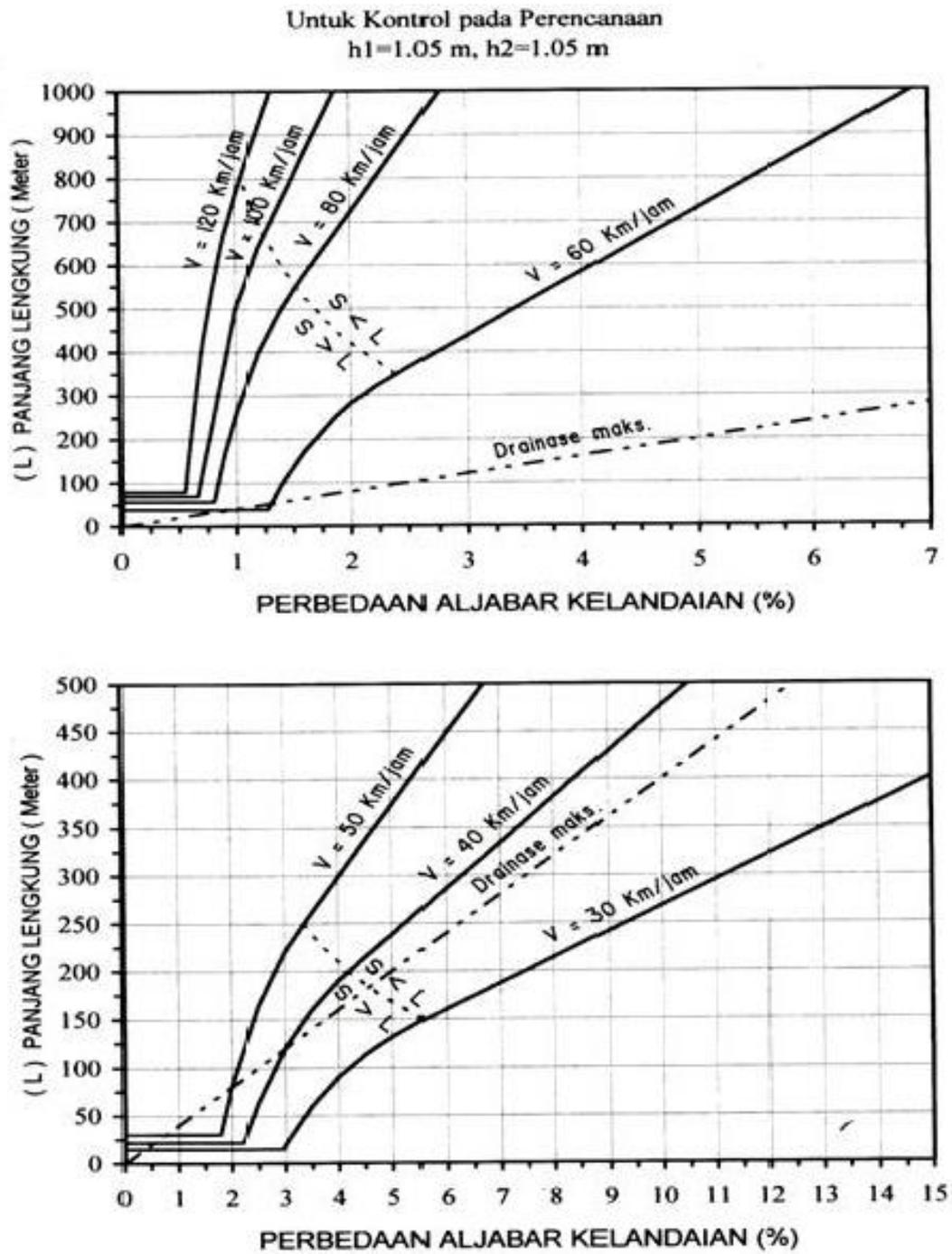


Gambar 2.21 Alinyemen Vertikal Cembung

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



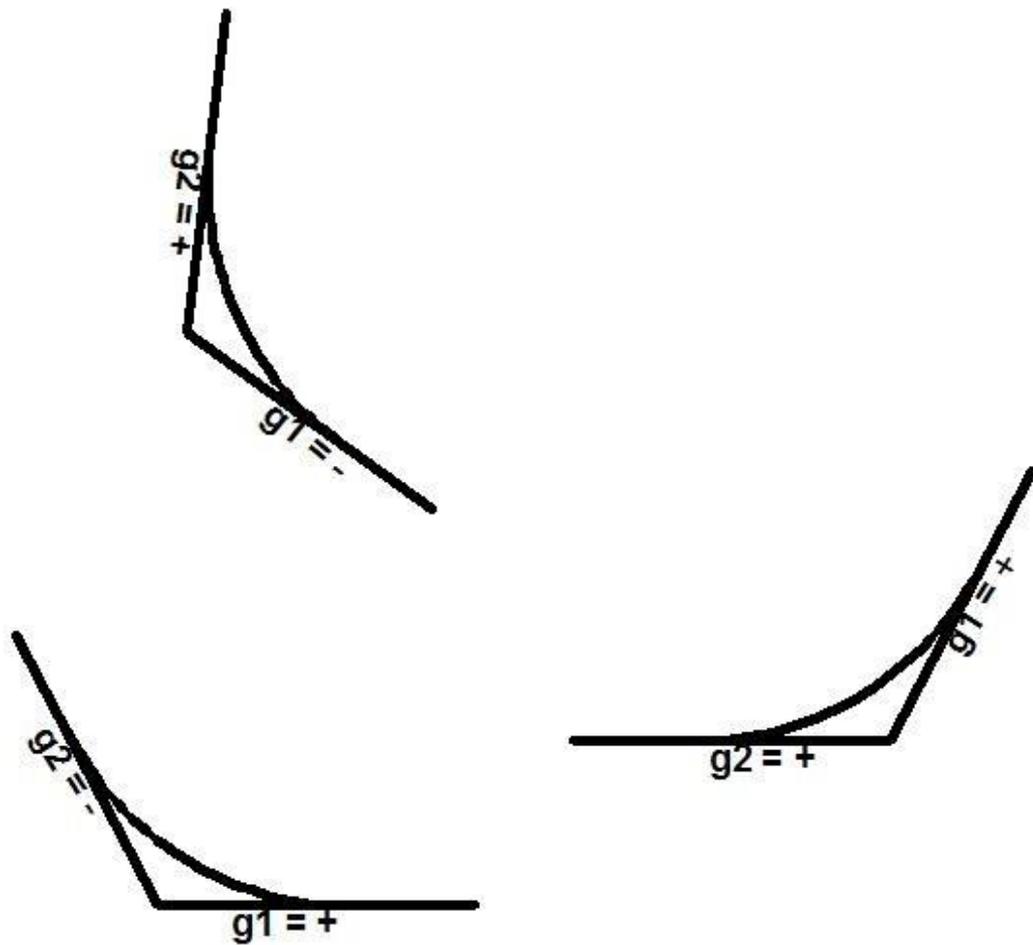
Gambar 2.22 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan



Gambar 2.23 Grafik Panjang Lengkung Vertikal
Cembung berdasarkan Jarak Pandang Mendahului

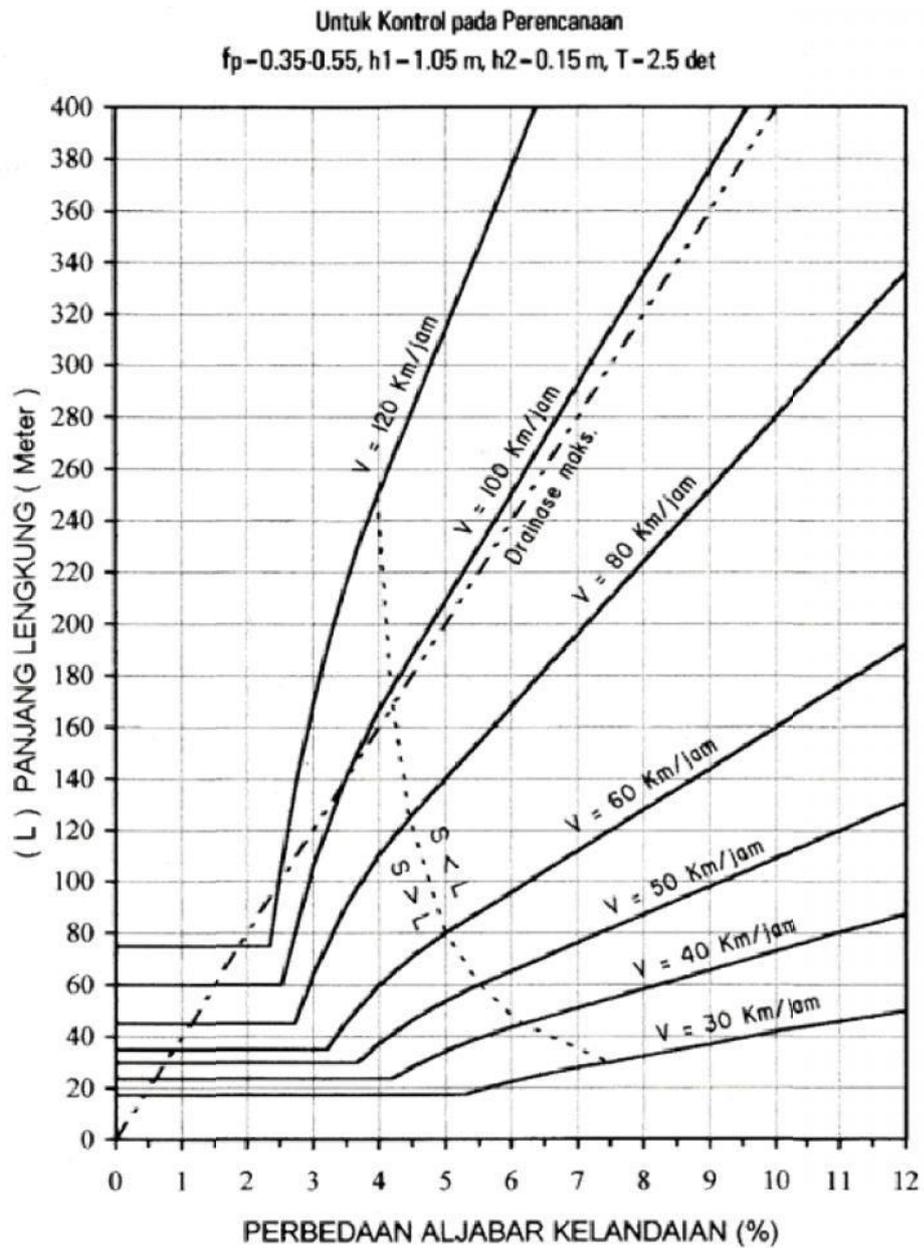
b. Lengkung Vertikal Cekung

Titik perpotongan antara ke 2 tangen berada dibawah permukaan jalan.



Gambar 2.24 Alinyemen Vertikal Cekung

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandangan pada waktu malam hari dan syarat drainase sebagaimana tercantum dalam grafik pada gambar.

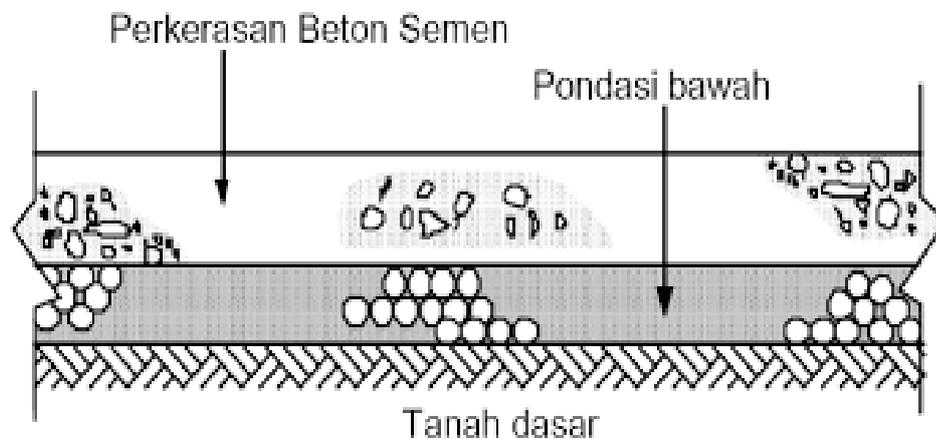


Gambar 2.25 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

2.7 Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku

Perkerasan jalan beton semen atau secara umum disebut perkerasan kaku, terdiri atas lapisan permukaan (*surface*) berupa plat (*slab*) beton semen, lapisan pondasi bawah (*sub-base-course*) berupa sirtu (batu pecah) atau semen tipis dan lapisan tanah dasar (*subgrade*) yang sudah dipadatkan.

Berdasarkan Pd T-14-2003 mengenai Perencanaan Perkerasaan Beton Semen, “Perkerasan beton semen adalah struktur yang terdiri atas plat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan, terletak di atas lapis pondasi bawah atau tanah dasar, tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal”.



Gambar 2.26 Tipikal Struktur Perkerasan Beton Semen

Dalam konstruksi perkerasan kaku, plat beton sering disebut sebagai lapis pondasi karena dimungkinkan masih adanya lapisan aspal beton di atasnya yang berfungsi sebagai lapis permukaan, karena kekuatan perkerasan lebih banyak ditentukan oleh kekuatan betonnya sendiri, maka peran pondasi bawah dalam mendukung beban lalu lintas menjadi tidak begitu signifikan. Hal ini berbeda dengan perkerasan lentur, dimana kekuatan perkerasan diperoleh dari tebal lapis pondasi bawah, lapis pondasi dan lapis permukaan.

Menurut Saodang (2005:118) tiga faktor desain untuk perancangan perkerasan kaku yang sangat penting adalah:

- a. Kekuatan tanah dasar (*subgrade*) dan lapisan pondasi bawah (*sub-base*) yang diindikasikan lewat parameter k (*sub-base reaction*) atau CBR.
- b. Modulus keruntuhan lentur beton (*flexural strength - f_{cf}*)
- c. Beban lalu lintas

Pada perkerasan beton semen, daya dukung perkerasan terutama diperoleh dari pelat beton, sifat daya dukung dan keseragaman tanah dasar sangat mempengaruhi keawetan dan kekuatan perkerasan beton semen. Faktor – faktor yang perlu diperhatikan adalah kadar air pemadatan, kepadatan dan perubahan kadar air selama masa pelayanan. Lapis pondasi bawah pada perkerasan beton semen adalah bukan merupakan bagian utama yang memikul beban, tetapi merupakan bagan yang berfungsi sebagai berikut:

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

Pelat beton semen mempunyai sifat yang cukup kaku serta dapat menyebarkan beban pada bidang yang luas dan menghasilkan tegangan yang rendah pada lapisan dibawahnya. Bila diperlukan tingkat kenyamanan yang tinggi, permukaan perkerasan beton semen dapat dilapisi campuran beraspal setebal 5 cm.

Adapun kelebihan dalam pemakaian konstruksi perkerasan kaku:

- 1) Biaya awal pembangunan lebih murah daripada perkerasan aspal.
- 2) Perkerasan kaku lebih tahan terhadap drainase yang buruk.
- 3) Umur rencana dapat mencapai 20 – 40 tahun.
- 4) Pencampuran adukan beton mudah dikontrol.
- 5) Keseluruhan tebal perkerasan jauh lebih kecil daripada perkerasan aspal sehingga segi lingkungan lebih menguntungkan.

- 6) Biaya pemeliharaan kecil, namun bila terjadi kerusakan biaya pemeliharaan lebih tinggi.
- 7) Perkerasan dibuat dalam panel – panel sehingga dibutuhkan sambungan – sambungan.

2.7.1 Persyaratan Teknis Perencanaan Perkerasan Kaku

A. Kekuatan Lapisan Tanah Dasar

Daya dukung tanah dasar pada konstruksi perkerasan beton semen, ditentukan berdasarkan nilai CBR insitu dengan SNI 03-1731-1989, atau CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03-1744-1989 masing-masing untuk perencanaan tebal perkerasan lama dan perkerasan jalan baru. Disini apabila tanah dasar memiliki nilai CBR dibawah 2% maka digunakan pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean-Mix Concrete*) setebal 15 cm sehingga tanah dianggap memiliki CBR 5%.

B. Lapisan Pondasi Bawah

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

Lapis pondasi bawah pada perkerasan kaku mempunyai fungsi utama sebagai lantai kerja yang rata dan uniform karena jika permukaan subbase tidak rata dapat menyebabkan ketidakrataan pelat beton dan dapat memicu timbulnya keretakan pelat, disamping itu fungsi lain lapis pondasi bawah adalah sebagai berikut:

- Mengendalikan kembang dan susut tanah dasar
- Mencegah instruksi dan pemompaan (pumping) pada sambungan retakan dan tepi-tepi pelat
- Memberikan dukungan yang mantap dan seragam pada pelat

Beberapa alternatif lapis pondasi bawah yang dapat digunakan:

- a. Pondasi bawah dengan material berbutir lepas (*unbound granular*), dapat berupa sirtu. Harus memenuhi persyaratan SNI 03-6388-2000 dengan gradasi agregat minimum kelas B. ketebalan minimum CBR 5% adalah 15 cm. derajat kepadatan lapis pondasi bawah adalah minimum 100% sesuai dengan SNI 03-174301989.
- b. Pondasi bawah dengan bahan pengikat (*bound granular subbase*), dikenal dengan *Cement Treated Subbase*. Dapat digunakan salah satu dari:
 - i. Stabilisasi material berbutir dengan kadar bahan pengikat sesuai rancangan, untuk menjamin kekuatan campuran dan ketahanan terhadap erosi. Bahan pengikat berupa semen, kapur, abu terbang (*Fly Ash*) atau Slog yang harus dihaluskan.
 - ii. Campuran beraspal bergradasi rapat (*dense-graded asphalt*)
 - iii. Campuran beton kurus giling padat (*lean rolled concrete*) yang mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5 Mpa (55kg/cm^2)
- c. Pondasi bawah dengan campuran beton kurus (*lean mix concrete*), harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum 5 Mpa (50kg/cm^2) tanpa menggunakan abu terbang atau 7 Mpa (70 kg/cm^2) bila menggunakan abu terbang dengan minimal tebal minimum 10 cm.

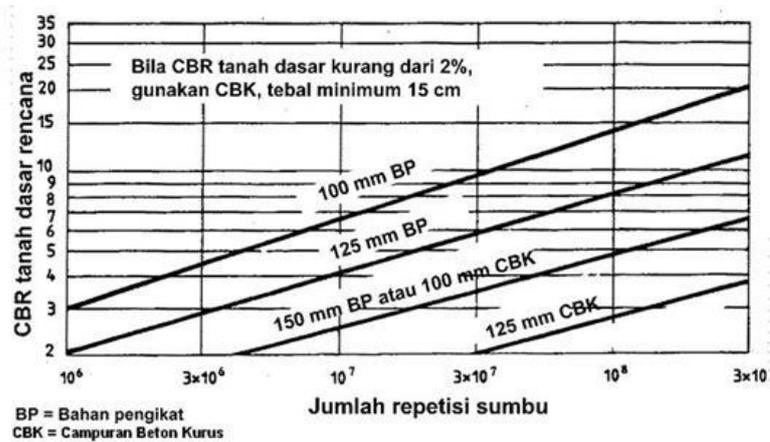
Lapis pondasi bawah perlu diperlebar sampai 60 cm, diluar tepi perkerasan beton semen. Pemasangan lapis pondasi dengan lebar sampai ke tepi luar lebar jalan merupakan salah satu cara untuk mereduksi perilaku tanah ekspansif. Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus mempergunakan campuran beton kurus (CBK). Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dapat dilihat pada gambar 2.27 dan nilai CBR tanah dasar efektif dapat dilihat dari gambar 2.27 berikut:

Perencanaan ini didasarkan bahwa antara pelat dengan pondasi bawah tidak ada ikatan. Jenis pemecah ikatan dan koefisien geseknya dapat dilihat dari tabel berikut:

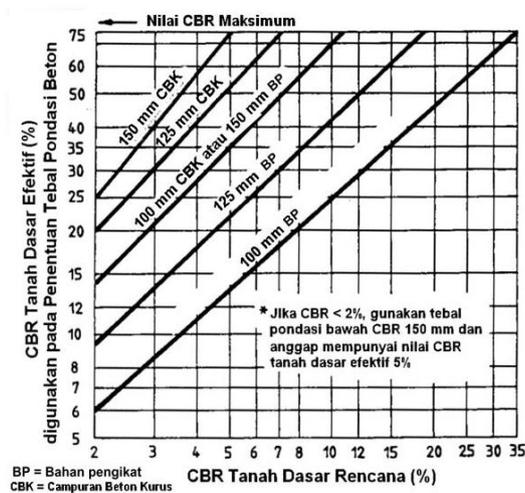
Tabel 2.28 Nilai Koefisien Gesekan (μ)

No.	Lapis Pemecah Ikatan	Koefisien Gesekan (μ)
1.	Lapis resap ikat aspal di atas permukaan pondasi bawah	1,0
2.	Laburan paraffin tipis pemecah ikat	1,5
3.	Karet kompon (<i>A chlorinated rubber curing compound</i>)	2,0

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Pd T-14-2003)



Gambar 2.27 Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Perkerasan Kaku Terhadap Repetisi Sumbu



Gambar 2.28 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah

C. Beton Umur

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

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

$$f_{cf} = K \times (f_c')^{0,5} \text{ (dalam Mpa)} \dots\dots\dots (2.46)$$

$$f_{cf} = 3,13 \times K \times (f_c')^{0,5} \text{ (dalam kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (2.47)$$

Dimana :

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

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

K = Konstanta 0,7 untuk agregat tidak pecah 0,75 untuk agregat pecah

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

a. Agregat

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

b. Semen

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

c. Air

Air yang digunakan untuk campuran harus bersih dari minyak serta benda lainnya agar tidak merusak kualitas beton.

2.7.2 Lalulintas Rencana untuk Perkerasan Kaku

Penentuan beban lalu lintas rencana untuk perkerasan beton semen, dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (*commercial vehicle*), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana. Lalu lintas harus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalu lintas dan konfigurasi sumbu, menggunakan data terakhir atau data 2 tahun terakhir.

Konfigurasi sumbu untuk perencanaan yang terdiri dari 4 jenis kelompok sumbu adalah sebagai berikut:

- Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
- Sumbu tunggal roda ganda (STRG)
- Sumbu tandem roda ganda (STdRG)
- Sumbu tridem roda ganda (STrRG)

Dengan karakteristik kendaraan yang diperhitungkan

- a. Pada perencanaan perkerasan kaku, jenis kendaraan yang diperhitungkan hanya kendaraan niaga yang mempunyai berat total minimum 5 ton.
- b. Khusus untuk perencanaan perkerasan kaku, beban lalu lintas rencana didapatkan dengan mengakumulasi jumlah beban sumbu untuk masing – masing jenis kelompok dalam rencana lajur selama umur rencana.

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (F_{KB}). Faktor keamanan beban terlihat pada Tabel 2.29

Tabel 2.29 Faktor Keamanan Beban (F_{KB})

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

2.	Jalan bebas hambatan (<i>freeway</i>) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah	1,1
3.	Jalan dengan volume niaga rendah	1,0

(Sumbu : Departemen Permukaan dan Prasarana Wilayah, 2003)

2.7.3 Umur Rencana

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

2.7.4 Pertumbuhan Lalulintas

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

$$R = \frac{(1 + i)^{UR} - 1}{i} \dots \dots \dots (2.48)$$

Dimana :

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas

I = Laju pertumbuhan lalu lintas pertahun (%)

UR = Umur rencana (tahun)

Faktor pertumbuhan lalu lintas juga dapat ditentukan melalui tabel 2.30 berikut :

Tabel 2.30 Faktor Pertumbuhan Lalulintas (R)

Umur Rencana (Tahun)	Laju Pertumbuhan Lalu lintas (i) pertahun (%)					
	0	2	0	6	0	10
5	5	5,2	5,4	5,6	5,9	6,1
10	10	10,9	12	13,2	14,5	15,9
15	10	17,3	20	23,3	27,2	31,8

Umur Rencana (Tahun)	Laju Pertumbuhan Lalu lintas (i) pertahun (%)					
	0	2	0	6	0	10
20	20	24,3	29,8	36,8	45,8	57,3
25	25	32	41,6	54,9	73,1	98,3
30	30	40,6	56,1	79,1	113,3	164,5
35	35	50	73,7	111,4	172,3	271
40	40	60,4	95	154,8	259,1	442,6

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (F_{KB}). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya tingkat realibilitas perencanaan seperti terlihat pada Tabel 2.31.

Tabel 2.31 Faktor Keamanan Beban (F_{KB})

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

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

2.7.5 Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari satu ruas jalan raya yang menampung lalu lintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak

memiliki tanda batas lajur, maka jumlah dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dan lebar perkerasan sesuai dengan Tabel 2.32 berikut:

Tabel 2.32 Jumlah lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi (C) Kendaraan Niaga pada Lajur Rencana

Lebar Perkerasan	Jumlah Lajur (n)	Koefisien Distribusi (C)	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5,50$ m	1 Lajur	1	1
$5,50 \leq L_p < 8,35$ m	2 Lajur	0,70	0,50
$8,25 \leq L_p < 11,25$ m	3 Lajur	0,50	0,475
$11,25 \leq L_p < 15,00$ m	4 Lajur	-	0,45
$15,00 \leq L_p < 18,75$ m	5 Lajur	-	0,425
$18,75 \leq L_p < 22,00$ m	6 Lajur	-	0,40

(Sumber : Departemen Permukaan dan Prasarana Wilayah, 2003)

2.7.6 Perencanaan Tebal Pelat

Langkah – langkah perencanaan tebal perkerasan kaku adalah sebagai berikut:

1. Pilih jenis perkerasan beton semen, bersambung tanpa ruji, bersambung dengan ruji atau menerus dengan tulangan.
2. Tentukan apakah akan menggunakan bahu beton atau bukan.
3. Tentukan jenis dan tebal pondasi bawah berdasarkan nilai CBR rencana dan perkiraan jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana sesuai dengan Gambar 2.27.
4. Tentukan CBR efektif berdasarkan nilai CBR rencana dan pondasi bawah yang sesuai dengan Gambar 2.28.
5. Pilih kuat tarik lentur atau kuat tekan beton pada umur 28 hari (f'_{cf}).
6. Pilih faktor keamanan beban lalu lintas (F_{KB}).
7. Taksir tebal pelat beton (taksiran awal dengan tebal tertentu berdasarkan pengalaman atau menggunakan contoh yang tersedia).
8. Tentukan tegangan ekuivalen (TE) dan faktor erosi (FE) untuk STRT dari Tabel 2.30 atau tabel 2.31.

9. Tentukan faktor rasio tegangan (FRT) dengan membagi tegangan ekuivalen (TE) oleh kuat tarik lentur (f'_{cf}).
10. Untuk setiap rentang beban kelompok sumbu tersebut, tentukan beban per-roda dan kalikan dengan faktor keamanan (F_{KB}) untuk menentukan beban rencana per-roda. Jika beban rencana per-roda ≥ 65 Kn (6,5 ton), anggap dan gunakan nilai tersebut sebagai batas tertinggi pada Gambar 2.30.
11. Dengan faktor rasio tegangan (FRT) dan beban rencana, tentukan jumlah repetisi ijin untuk fatik dari Gambar 2.29 , yang dimulai dari beban roda tertinggi dari jenis sumbu STRT tersebut.
12. Hitung persentase dari repetisi fatik yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
13. Dengan menggunakan faktor erosi (FE), tentukan jumlah repetisi ijin untuk erosi, dari Gambar 2.30.
14. Hitung persentase dari repetisi erosi yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
15. Ulangi lagi langkah 11 sampai dengan 14 untuk setiap beban per-roda pada sumbu tersebut sampai jumlah repetisi beban ijin yang terbaca pada Gambar 2.30 yang masing – masing mencapai 10 juta dan 100 juta repetisi.
16. Hitung jumlah total fatik dengan menjumlahkan persentase fatik dari setiap beban roda pada STRT tersebut.
17. Ulangi langkah 8 sampai dengan langkah 16 untuk setiap kelompok sumbu lainnya.
18. Hitung jumlah total kerusakan akibat fatik dan jumlah total kerusakan akibat erosi untuk seluruh jenis kelompok sumbu.
19. Ulangi langkah 7 sampai dengan 18 hingga diperoleh ketebalan tertipis yang menghasilkan total kerusakan akibat fatik dan atau erosi $\leq 100\%$. Tebal tersebut sebagai tebal perkerasan beton semen yang direncanakan.

Adapun tabel tegangan ekuivalen dan faktor untuk perkerasan tanpa bahu beton seperti yang terlihat pada tabel berikut:

Tabel 2.33 Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan
Tanpa Bahu Beton

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

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

(Sumber: SNI Pd T-14-2003, 2003)

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

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

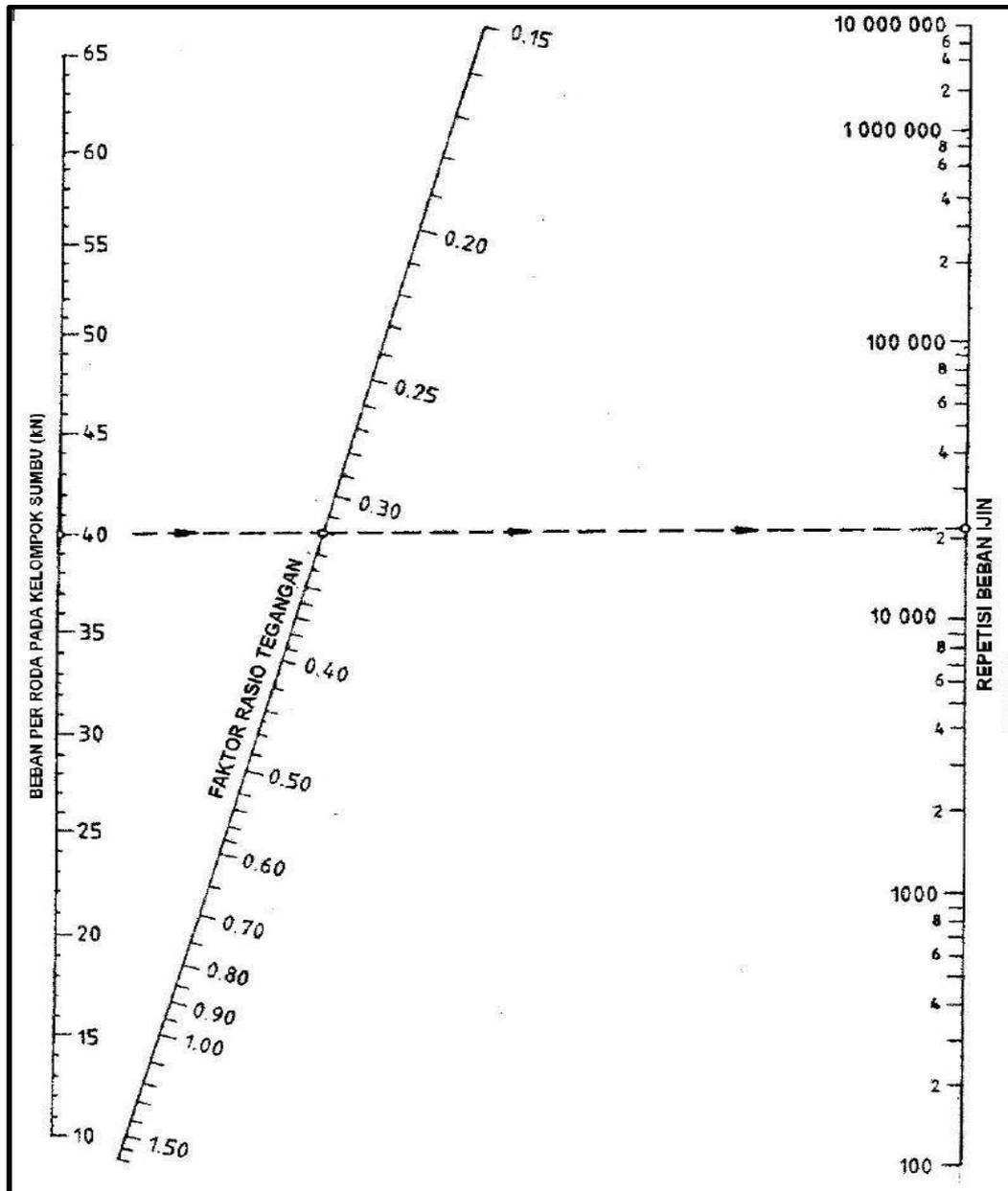
(Sumber: SNI Pd T-14-2003, 2003)

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

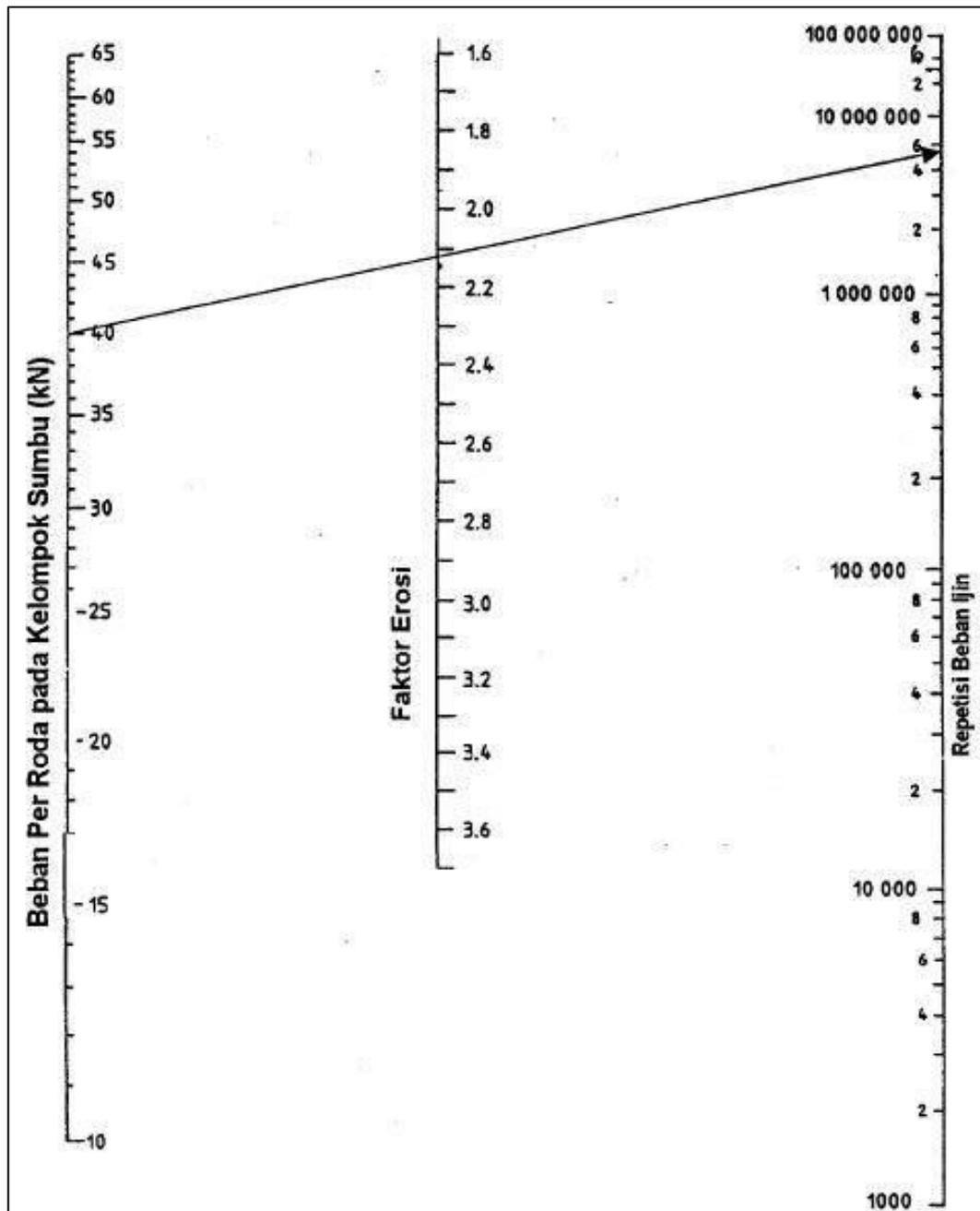
STRT: Sumbu Tunggal Roda Tunggal; STRG: Sumbu Tunggal Roda Ganda; STdRG: Sumbu Tandem Roda Ganda; STrRG: Su

(Sumber: SNI Pd T-14-2003, 2003)(Sumber : SNI Pd T-14-2003, 2003)

Berikut gambar dari analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan/tanpa bahu beton:



Gambar 2.29 Analisis Fatik dan Beban Repetisi Ijin Berdasarkan Rasio Tegangan,Dengan/Tanpa Bahu Beton



Gambar 2.30 Analisis Erosi dan Jumlah Repetisi Beban Ijin
Berdasarkan Faktor Erosi Dengan Bahu Beton

2.7.7 Perencanaan Penulangan

Jumlah tulangan yang diperlukan oleh jarak sambungan susut, sedangkan untuk beton bertulang menerus diperlukan jumlah tulangan yang cukup untuk mengurangi sambungan susut. Tujuan utama penulangan, yaitu:

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

A. Kebutuhan Penulangan pada Perkerasan Bersambung Tanpa Tulangan

Pada perkerasan bersambung tanpa tulangan, penulangan tetap dibutuhkan untuk mengantisipasi atau meminimalkan retak pada tempat –tempat dimana dimungkinkan terjadi konsentrasi tegangan yang tidak dapat dihindari, tipikal penggunaan penulangan khusus ini antara lain pada ambahan pelat tipis, sambungan yang tidak tepat dan pelat kubah atau struktur lain.

B. Penulangan pada Perkerasan Bersambung dengan Tulangan

Luas tulangan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

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

Dimana:

- A_s = Luas tulangan yang diperlukan (mm^2/m lebar)
 μ = Koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan dibawahnya
 M = Berat per satuan volume pelat
 L = Jarak antara sambungan (m)
 H = Tebal pelat (m)
 f_s = Kuat tarik ijin tulangan (Mpa)

Tabel 2.34 Koefisien Gesekan antara Pelat Beton Semen dengan Lapisan Pondasi dibawahnya

Jenis Pondasi	Faktor Gesekan (μ)
BURTU, LAPEN dan Konstruksi Sejenis	2,2
Aspal beton, LATASTON	1,8
Stabilisasi Kapur	1,8
Stabilisasi Aspal	1,8
Stabilisasi Semen	1,8
Koral	1,5
Batu Pecah	1,5
Sirtu	1,2
Tanah	0,9

(Sumber : Shirley L. Hendarsin, 2000)

C. Penempatan Tulangan

Penulangan melintang pada perkerasan beton semen harus ditempatkan pada kedalaman lebih besar dari 65 mm dari permukaan untuk tebal pelat ≤ 20 cm dan maksimum sampai sepertiga tebal pelat > 20 cm. tulangan arah memanjang dipasang di atas tulangan arah melintang.

2.7.8 Sambungan

Keterbatasan kemampuan peralatan pelaksanaan serta pembatasan terhadap tegangan – tegangan yang timbul akibat pemuaian, penyusutan, perbedaan suhu dan kadar air pada ketebalan pelat menuntut perkerasan beton semen dikerjakan dalam pola terpotong. Sehingga perencanaan sambungan pada perkerasan kaku merupakan bagian yang harus dilakukan pada perencanaan.

Semua sambungan pada perkerasan kaku harus ditutup dengan bahan penutup (*joint sealer*).

Penyaluran beban antara pelat perkerasan disalurkan melalui ruji (*dowel*) berupa batang baja tulangan polos maupun profil yang digunakan sebagai sarana penyambungan/pengikat pada beberapa jenis sambungan pelat beton perkerasan jalan. *Dowel* dipasang dengan separuh panjang terikat dan separuh panjang dilumasi/dicat untuk memberikan kebebasan bergeser. Ukuran dan jarak ruji yang disarankan dapat dilihat pada Tabel 2.32. sedangkan *Tie Bar* atau batang pengikat merupakan potongan baja yang diprofilkan yang dipasang pada sambungan lidah alur dengan maksud untuk mengikat pelat agar tidak bergerak horizontal.

Tabel 2.35 Ukuran dan Jarak Ruji yang Disarankan

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

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

2.8 Bangunan Pelengkap Jalan

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

- a. Bangunan Drainase Jalan
- b. Bangunan Penguat Tebing
- c. Bangunan Pengaman lalu lintas, Rambu dan Marka Jalan.

2.8.1 Drainase Jalan

Pada pembangunan dan pemeliharaan jalan, drainase sangat penting diperhatikan karena kondisi drainase yang buruk juga merupakan penyebab utama kerusakan pekerasan. Drainase jalan yang baik harus mampu menghindari masalah – masalah atau kerusakan jalan yang disebabkan oleh pengaruh cuaca dan beban lalu lintas. Drainase digunakan sebagai bangunan pelengkap jalan untuk mengalirkan air pada permukaan jalan secepat mungkin agar jalan tidak tergenang air dalam waktu yang cukup lama yang akan mengakibatkan kerusakan konstruksi jalan.

Koefisien pengaliran (C) dipengaruhi kondisi permukaan tanah (tata guna lahan) pada daerah layanan dan kemungkinan perubahan tata guna lahan. Angka ini akan mempengaruhi debit yang mengalir, sehingga dapat diperkirakan daya tampung saluran. Untuk itu diperlukan peta topografi dan melakukan survei lapangan agar corak topografi daerah proyek dapat lebih diperjelas.

Diperlukan pula jenis sifat erosi dan tanah pada daerah sepanjang trase jalan rencana, antara lain tanah dengan permeabilitas tinggi (sifat lulus air) atau tanah dengan tingkat erosi permukaan. Secara visual akan nampak pada daerah yang menunjukkan alur-alur pada permukaan.

1. Faktor limpasan (fk)

- a. Merupakan faktor atau angka yang dikalikan dengan koefisien *runoff* biasa dengan tujuan agar kinerja saluran tidak melebihi kapasitasnya akibat daerah pengaliran yang terlalu luas. Harga faktor limpasan (fk) disesuaikan dengan kondisi permukaan tanah.

Tabel 2.36 Harga Koefisien Pengaliran (C) dan Harga Faktor Limpasan (fk)

No.	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)	Faktor Limpasan (fk)
	BAHAN		
1	Jalan beton & jalan aspal	0,70 – 0,95	-
2	Jalan kerikil & jalan tanah	0,40 – 0,70	-
3	Bahu jalan		-

No.	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)	Faktor Limpasan (fk)
	BAHAN		
	- Tanah berbutir halus	0,40 – 0,65	-
	- Tanah berbutir kasar	0,10 – 0,20	-
	- Batuan masif keras	0,70 – 0,85	-
	- Batuan masif lunak	0,60 – 0,75	-
	TATA GUNA LAHAN		
1	Daerah perkotaan	0,70 – 0,95	2,0
2	Daerah pinggir kota	0,60 – 0,70	1,5
3	Daerah industri	0,60 – 0,90	1,2
4	Permukiman padat	0,40 – 0,60	2,0
5	Permukiman tidak padat	0,40 – 0,60	1,5
6	Taman dan kebun	0,20 – 0,40	0,2
7	Persawahan	0,45 – 0,60	0,5
8	Perbukitan	0,70 – 0,80	0,4
9	Pegunungan	0,75 – 0,90	0,3

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

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

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \dots \dots \dots (2.50)$$

Dengan :

C_1, C_2, C_3 Koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan

A_1, A_2, A_3 Luas daerah pengaliran yang diperhitungan sesuai dengan kondisi permukaan

Fk faktor limpasan sesuai guna lahan

2. Waktu konsentrasi

Waktu terpanjang yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan aliran air secara simultan (*runoff*) setelah melewati titik-titik tertentu. Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan rumus di bawah ini.

$$T_c = t_1 + t_2 \dots \dots \dots (2.51)$$

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times I_0 \times \frac{nd}{\sqrt{i_s}} \right)^{0,167} \dots \dots \dots (2.52)$$

$$t_2 = \frac{L}{60 \times V} \dots \dots \dots (2.53)$$

Dengan :

T_c : Waktu konsentrasi (menit)

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

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

I_0 : Jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

L : Panjang saluran (m)

nd : Koefisien hambatan (lihat Tabel 2.37)

I_s : Kemiringan saluran memanjang

V : Kecepatan air rata-rata pada saluran drainase (m/detik)

Tabel 2.37 Koefisien hambatan (nd) berdasarkan kondisi permukaan

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

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

3. Analisa hidrologi

a. Data curah hujan

- Merupakan data curah hujan harian maksimum dalam setahun dinyatakan dalam mm/hari. Data curah hujan ini diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) yaitu stasiun curah hujan yang terletak pada daerah layanan saluran samping jalan.
- Jika daerah layanan tidak memiliki data curah hujan, maka dapat digunakan data dari stasiun di luar daerah layanan yang dianggap masih dapat mewakili. Jumlah data curah hujan yang diperlukan minimal 10 tahun terakhir.

b. Periode ulang

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

c. Intensitas curah hujan

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

Untuk menghitung debit aliran air (Q) menggunakan rumus:

$$Q = \frac{1}{3,6} \cdot C \times I \times A \dots \dots \dots (2.54)$$

Dengan :

Q : Debit aliran air ($m^3/deik$)

C : Koefisien pengaliran rata-rata dari C_1, C_2, C_3

I : Intensitas curah hujan

A : Luas daerah layanan (km^2) terdiri atas A_1, A_2, A_3

Kemiringan melintang normal pada perkerasan jalan dapat dilihat dari tabel berikut:

Tabel 2.38 Kemiringan melintang perkerasan dan bahu jalan

No.	Jenis lapisan perkerasan jalan	Kemiringan Melintang I_{in} (%)
1.	Aspal, Beton	2 – 3
2.	Japat (jalan yang didapatkan)	2 – 4
3.	Kerikil	3 – 6
4.	Tanah	4 – 6

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

Kemiringan talud pada penampang saluran trapesium tergantung dari besarnya debit.

Tabel 2.39 Kemiringan talud berdasarkan debit

No.	Debit air, Q ($m^3/detik$)	Kemiringan talud (1:m)
1.	0,00 – 0,75	1 : 1
2.	0,75 – 15	1 : 1,5
3.	15 – 80	1 : 2

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

Tabel 2.40 Angka kekerasan *Manning* (n)

No.	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
Saluran Buatan					
1	Saluran tanah, lurus teratur	0,017	0,020	0,023	0,025
2	Saluran tanah yang dibuat dengan excavator	0,023	0,028	0,030	0,040
3	Saluran pada dinding batuan, lurus, teratur	0,020	0,030	0,033	0,035
4	Saluran pada dinding batuan, tidak lurus, tidak teratur	0,035	0,040	0,045	0,045
5	Saluran batuan yang diledakkan, ada tumbuh-tumbuhan	0,025	0,030	0,035	0,040
6	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0,028	0,030	0,033	0,035
7	Saluran lengkung, dengan kecepatan aliran rendah	0,020	0,025	0,028	0,030
No.	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
Saluran Alam					
8	Bersih, lurus, tidak berpasir dan tidak berlubang	0,025	0,028	0,030	0,033
9	Seperti no.8 tapi ada timbunan atau kerikil	0,030	0,033	0,035	0,040
10	Melengkung, bersih, berlubang dan berdinding pasir	0,030	0,035	0,040	0,045
11	Seperti no. 10, dangkal, tidak teratur	0,040	0,045	0,050	0,055
12	Seperti no. 10, berbatu dan ada tumbuh-tumbuhan	0,035	0,040	0,045	0,050
13	Seperti no.11, sebagian berbatu	0,045	0,050	0,055	0,060
14	Aliran pelan, banyak tumbuh-tumbuhan dan berlubang	0,050	0,060	0,070	0,080
15	Banyak tumbuh-tumbuhan	0,075	0,100	0,125	0,150
Saluran Buatan, Beton, atau Batu Kali					
16	Saluran pasangan batu, tanpa penyelesaian	0,025	0,030	0,033	0,035
17	Seperti no. 16, tapi dengan penyelesaian	0,017	0,020	0,025	0,030
18	Saluran beton	0,014	0,016	0,019	0,021
19	Saluran beton halus dan rata	0,010	0,011	0,012	0,013
20	Saluran beton pracetak dengan acuan baja	0,013	0,014	0,014	0,015
21	Saluran beton pracetak dengan acuan kayu	0,015	0,016	0,016	0,018

(Sumber: *Perencanaan Sistem Drainase*, 2006)

2.8.2 Gorong – gorong (Culvert)

Pada drainase jalan, gorong – gorong berfungsi sebagai penerus aliran dari saluran samping ke tempat pembuangan, gorong – gorong ditempatkan melintang jalan di beberapa lokasi sesuai kebutuhan.

Tipe dan bahan gorong – gorong yang permanen dapat dilihat Tabel 2.35 dengan desain umur rencana untuk periode ulang untuk perencanaan gorong – gorong disesuaikan dengan fungsi jalan tempat gorong – gorong berlokasi.

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

Perhitungan gorong – gorong mengambil asumsi sebagai saluran terbuka dan dimensi gorong – gorong harus memperkirakan debit yang masuk gorong – gorong tersebut. Dimensi gorong – gorong minimum dengan diameter 80 cm dengan kedalaman minimum 1 m – 1,5 m tergantung tipe.

Tabel 2.41 Tipe Penampang Gorong – gorong

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

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

Berdasarkan standar gorong – gorong persefi *single* beton bertulang dari Bina Marga panjang gorong – gorong persegi merupakan lebar jalan ditambah dua kali lebar bahu jalan dan dua kali tebal dinding sayap. Dimensi gorong - gorong persegi beton bertulang direncanakan seperti pada tabel 2.42 berikut ini:

Tabel 2.42 Ukuran Dimensi Gorong – gorong

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

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

2.9 Manajemen Proyek

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi yang tepat diperlukan adanya hubungan ketergantungan antar bagian-bagian pekerjaan dengan pekerjaan lainnya. Oleh karena itu dengan adanya pengelolaan proyek maka pekerjaan yang akan dikerjakan akan dapat sesuai dengan sasaran dan tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya. Pengelolaan proyek harus diatur secara baik agar pelaksanaan proyek berjalan sesuai dengan aturan, maka dari itu diperlukan pengaturan manajemen proyek dan perhitungan anggaran biaya proyek.

Manajemen proyek adalah semua kegiatan perencanaan, pelaksanaan, pengendalian sumber daya untuk mencapai tujuan proyek yang tepat biaya, tepat mutu, dan waktu. Ada banyak faktor yang mempengaruhi lancarnya pelaksanaan suatu proyek konstruksi. Salah satunya adalah ketersediaan dana untuk membiayai pelaksanaan proyek konstruksi. Dalam industri konstruksi, estimasi biaya adalah istilah yang sering digunakan untuk menggambarkan perkiraan biaya yang akan digunakan untuk merealisasikan suatu proyek konstruksi.

Kualitas suatu estimasi proyek tergantung pada tersedianya data dan informasi, teknik atas metode yang digunakan serta kecakapan dan pengalaman estimator. Tersedianya data dapat menambah keakuratan hasil estimasi biaya proyek yang dihasilkan. Keakuratan pekerjaan estimasi tergantung dari estimator yang membuat estimasi biaya.

Fungsi dari estimasi biaya dalam industri konstruksi adalah:

- a. Untuk melihat apakah perkiraan biaya konstruksi dapat terpenuhi dengan biaya yang ada
- b. Untuk mengatur aliran dana ketika pelaksanaan konstruksi sedang berjalan
- c. Untuk kompetensi pada saat proses penawaran.

Pada proyek konstruksi estimasi biaya selain di buat oleh masing-masing pelaku jasa konstruksi sesuai dengan tahapan proyek konstruksi tersebut, juga di buat oleh *owner* sebagai dasar memperkirakan harga proyek konstruksi terutama pada tahap pelaksanaan, sehingga dalam prakteknya terdapat beberapa istilah estimasi yang didasarkan pada pembuatan estimasi tersebut.

1. Estimasi yang dibuat oleh Pemilik, yang lebih pada umumnya disebut *Owner Estimasi* (OE) digunakan oleh pemilik sebagai patokan biaya untuk menentukan kelanjutan investasi, patokan/pembanding dengan harga penawaran, analisa harga satuan yang akan diajukan oleh kontraktor dan untuk patokan/pembanding dengan analisa harga satuan, serta RAB yang dibuat oleh konsultan perencanaan.
2. Estimasi yang dibuat oleh Konsultan Kelayakan digunakan untuk memperkirakan harga konstruksi sebagai suatu investasi (biaya yang dikeluarkan antara lain biaya pembangunan gedungnya, pembebasan tanah, pengadaan peralatan utama dan lain sebagainya) dan selanjutnya akan dihitung dengan teori-teori perhitungan ekonomi investasi bahwa proyek konstruksi tersebut layak untuk dibangun.
3. Estimasi yang dibuat oleh Konsultan Perencana yang pada umumnya disebut dengan *Engineering Estimate* (EE) adalah rencana anggaran biaya (RAB) merupakan hasil kerja konsultan selain gambar rencana dan spesifikasi. RAB ini dibuat berdasarkan hasil survey lapangan, berkaitan dengan kriteria desain dan metode pelaksanaan. Perkiraan biaya (RAB) ini merupakan dokumen pemilik (rahasia) yang selanjutnya sebagai pembanding harga yang akan ditawarkan oleh kontraktor pada saat lelang.
4. Estimasi yang dibuat oleh Kontraktor pada umumnya disebut dengan *Contractor Estimate* (CE) atau *Bid Price*, digunakan kontraktor untuk mengajukan penawaran kepada pemilik, dengan keuntungan yang cukup memadai bagi kontraktor.

Sumber informasi terbaik adalah pengalaman perusahaan dari proyek-proyek yang pernah dikerjakan antara lain. Informasi mengenai jumlah material yang terpakai, jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk suatu jenis pekerjaan.

Sebagaimana tahapan proyek konstruksi data dan informasi akan semakin lengkap dari tahap studi kelayakan sampai dengan tahap pelaksanaan, atau dalam arti kualitas perkiraan biaya akan semakin mendekati ketepatannya. Terdapat beberapa jenis estimasi yang didasarkan pada cara memperkirakan biaya suatu konstruksi, yaitu:

- a. Estimasi kelayakan adalah sebagaimana tujuan dari tahap studi kelayakan adalah untuk menentukan apakah bangunan tersebut layak dibangun, maka memperkirakan biaya konstruksinya berdasarkan membandingkan dengan bangunan yang identik, dapat termasuk di dalamnya adalah biaya pembebasan tanah, namun untuk biaya bangunan dapat digunakan dengan cara estimasi konseptual.
- b. Estimasi Konseptual adalah memperkirakan biaya suatu bangunan berdasarkan satuan volume bangunan, atau faktor yang lain, dengan patokan harga yang didasarkan pada bangunan yang identik. Pada estimasi konseptual telah tersedia gambar lengkap ataupun belum lengkap. Beberapa metode estimasi konseptual sebagai berikut:
 1. Metode Satuan luas (m^2), metodis ini mengandalkan data dari proyek sejenis yang pernah dibangun. Metoda ini bersifat garis besar dan ketelitiannya rendah.
 2. Metode Satuan isi (m^3) dapat dipakai pada bangunan dimana volume sangat dipentingkan. Metoda ini hanya dapat diandalkan untuk fase awal perencanaan dan perancangan untuk bangunan yang kurang lebih identik.
 3. Metode Harga Satuan Fungsional, yang menggunakan fungsi dari fasilitas sebagai dasar penetapan biaya.
 4. Metode Faktorial, dapat digunakan pada proyek bertipe sama. Metode ini berguna untuk proyek yang mempunyai komponen utama sama. Biaya komponen utama ini akan berfungsi sebagai faktor dasar 1.00. Semua komponen yang lain harganya merupakan fungsi dari komponen utama.
 5. Metode Sistematis (*Elemental Estimates* atau *Parametric Estimates*), di mana proyek dibagi atas sistem fungsionalnya. Harga satuan ditentukan oleh penjumlahan tiap harga satuan elemen.

2.9.1 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

RAB (Rencana Anggaran Biaya) adalah perkiraan atau perhitungan biaya-biaya yang diperlukan untuk tiap-tiap pekerjaan dalam suatu proyek konstruksi baik upah maupun bahan dalam sebuah pekerjaan proyek konstruksi, baik rumah,

gedung, jembatan, jalan, bandara, pelabuhan dan lain-lain, sehingga kita peroleh biaya total yang diperlukan dalam menyelesaikan proyek tersebut. RAB sangat dibutuhkan dalam sebuah proyek konstruksi agar proyek dapat berjalan dengan efisien kena dana yang cukup. Anggaran biaya merupakan harga dari bahan bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda di masing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

Secara umum ada 4 fungsi utama dari Rencana Anggaran Biaya (RAB):

1. Menetapkan jumlah total biaya pekerjaan yang menguraikan masing-masing item pekerjaan yang akan dibangun. RAB harus menguraikan jumlah semua biaya upah kerja, material dan peralatan termasuk biaya lainnya yang diperlukan misalnya perizinan, kantor atau gudang sementara, fasilitas pendukung misalnya air, dan listrik sementara.
2. Menetapkan daftar dan jumlah material yang dibutuhkan. Dalam RAB harus dipastikan jumlah masing-masing material di setiap komponen pekerjaan. Jumlah material didasarkan dari volume pekerjaan, sehingga kesalahan perhitungan volume setiap komponen pekerjaan akan mempengaruhi jumlah material yang dibutuhkan. Daftar dan jenis material yang tertuang dalam RAB menjadi dasar pembelian material ke *Supplier*.
3. Menjadi dasar untuk penunjukan/ pemilihan kontraktor pelaksana. Berdasarkan RAB yang ada, maka akan diketahui jenis dan besarnya pekerjaan yang akan dilaksanakan. Dari RAB tersebut akan kelihatan pekerja dan kecakapan apa saja yang dibutuhkan. Berdasarkan RAB tersebut akan diketahui apakah cukup diperlukan satu kontraktor pelaksana saja atau apakah diperlukan untuk memberikan suatu pekerjaan kepada subkontraktor untuk menangani pekerjaan yang dianggap perlu dengan spesialis khusus.
4. Peralatan-peralatan yang dibutuhkan dalam pelaksanaan pekerjaan akan diuraikan dalam estimasi biaya yang ada. Seorang estimator harus memikirkan bagaimana pekerjaan dapat berjalan secara mulus dengan menentukan peralatan apa saja yang dibutuhkan dalam pekerjaan tersebut. Dari RAB juga dapat diputuskan peralatan yang dibutuhkan apakah perlu dibeli langsung atau

hanya perlu dengan sistem sewa. Kebutuhan peralatan dispesifikasikan berdasarkan jenis, jumlah dan lama pemakaian sehingga dapat diketahui berapa biaya yang diperlukan.

Rencana anggaran kerja meliputi Rencana Kerja dan Syarat – Syarat (RKS) perhitungan sewa alat, rencana anggran biaya (RAB), Rekapitulasi Biaya.

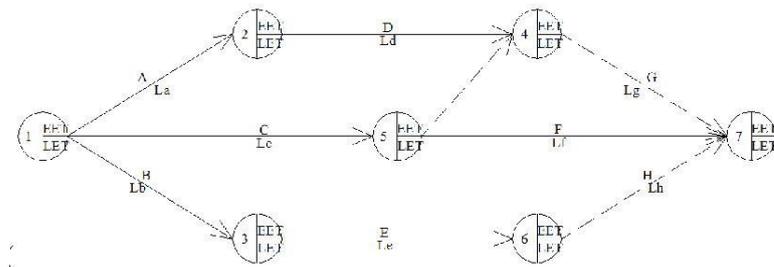
- 1) Rencana Kerja dan Syarat (RKS)
- 2) Daftar Harga Satuan Bahan dan Upah
- 3) Analisa satuan Harga Pekerjaan

2.9.2 Rencana Kerja (*Time Schedule*)\

Rencana kerja yaitu pembagian waktu secara rinci yang disediakan untuk masing-masing bagian pekerjaan dari pekerjaan awal sampai pekerjaan akhir. Manfaat dan kegunaan rencana kerja sebagai berikut:

- a) Alat koordinasi bagi pemimpin
 - b) Pedoman kerja para pelaksana
 - c) Pemimpin kemajuan pekerjaan
 - d) Evaluasi hasil pekerjaan
1. *Network Planning* (NWP) *Network planning* adalah sebuah jadwal kegiatan pekerjaan berbentuk diagram *network* sehingga dapat diketahui pada area mana pekerjaan yang termasuk kedalam lintasan kritis dan harus diutamakan pelaksanaannya. 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 bangun yang sudah ada.
 - c. Jumlah total waktu pelaksanaan pekerjaan.
 - d. Metode pelaksanaan konstruksi sehingga dapat diketahui urutan

pekerjaan.



Gambar 2.30 Sketsa *Network Planning* (NWP)

keterangan :

- a. \longrightarrow (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan resources tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.
- b. (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan.
- c. \Longrightarrow (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critikcal path*).
- d. $- - - - \rightarrow$ (*Dummy*), bentuknya merupakan anak oanh putus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.

2. *Barchart*

Diagram *barchart* mempunyai hubungan yang erat dengan *network planning*, *barchart* ditunjukkan dengan diagram batang yang dapat menunjukkan lamanya waktu pelaksanaan. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut

tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan. *Barchart* mempunyai kelebihan dan kekurangan.

Kelebihan *barchart* sebagai berikut:

1. Mudah dibaca
2. Mudah dibuat
3. Bersifat sederhana

Kekurangan *barchart* sebagai berikut:

1. Sulit digunakan untuk pekerjaan yang besar
2. Tidak terperinci
3. Apabila terdapat kesalahan sukar untuk mengadakan perbaikan
4. Tidak menunjukkan secara spesifik adanya hubunganketergantungan

3. Kurva S

Kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dari tahap pertama sampai akhirnya pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang di dapat dari perbandingan antara harga pekerjaan dengan harga total keseluruhan dari jumlah harga penawaran.