

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Jalan

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel (Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006). Jalan adalah seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi Lalu lintas umum, yang berada pada permukaan tanah, diatas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel dan jalan kabel (Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2009).

Untuk perencanaan jalan raya yang baik, bentuk geometriknya harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal kepada lalu lintas sesuai dengan fungsinya, sebab tujuan akhir dari perencanaan geometrik ini adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan biaya juga memberikan rasa aman dan nyaman kepada pengguna jalan.

2.2 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton dan kemampuan jalan tersebut dalam melayani lalu lintas dengan dimensi tertentu

Tabel 2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas, Fungsi, Dimensi Kendaraan dan Muatan Sumbu Terberat

No	Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan (maksimum)			MST, ton
			Lebar, mm	Panjang, mm	Tinggi, mm (PP no. 44- 1993, pasal 115)	
1	I	Arteri	2.500	18.000	4.200 mm dan $\leq 1,7 \times$ lebar kendaraan	> 10,0
2	II	Arteri	2.500	18.000		$\leq 10,0$
3	IIIA	Arteri atau Kolektor	2.500	18.000		$\leq 8,0$
4	IIIB	Kolektor	2.500	12.000		$\leq 8,0$
5	IIIC	Lokal	2.100	9.000		$\leq 8,0$

(Sumber : UU No 22 Thn 2009 pasal 19 ayat 2)

Sesuai dengan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TPGJAK No. 038/TBM/1997) klasifikasi jalan terbagi menjadi:

a. Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi Jalan

1. Jalan arteri, yaitu jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-cirinya seperti perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
2. Jalan kolektor, yaitu jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri – ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata tinggi sedang dan jumlah jarak masuk dibatasi.
3. Jalan lokal, yaitu jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

b. Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam Muatan Sumbu Terberat dalam satuan ton dan kemampuan jalan tersebut dalam melayani lalu lintas dengan dimensi tertentu. Pada SNI tentang Teknik Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997, kelas jalan dijelaskan sebagai berikut :

1. Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton.

Tabel 2.2 Klasifikasi Jalan dalam MST

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	IIIA	8
Kolektor	IIIA	8
	IIIB	

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

Tabel 2.3 Klasifikasi Kelas Jalan dalam LHR

No.	Fungsi	Kelas	Lalu Lintas Harian Rata – rata (smp)
1.	Jalan Arteri	I	> 20.000
2.	Jalan Kolektor	II A	6.000 – 20.000
		II B	1.500 – 8.000
		II C	< 2.000
3.	Jalan Lokal	III	-

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

c. Klasifikasi menurut medan jalan

Klasifikasi jalan menurut medannya terbagi atas :

1. Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur.
2. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam **Tabel 2.4**

Tabel 2.4 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

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

(Sumber : *Teknik Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997*; 5)

3. Keseragaman kondisi medan yang diproyeksikan harus mempertimbangkan keseragaman kondisi medan menurut rencana trase jalan dengan mengabaikan perubahan-perubahan pada bagian kecil dari segmen rencana jalan tersebut.

d. Klasifikasi menurut pengawasannya

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

1. Jalan Nasional

Jalan arteri dan kolektor yang menghubungkan Ibukota Provinsi dan jalan lain provinsi yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan nasional.

2. Jalan Provinsi

Jalan kolektor yang menghubungkan Ibukota Provinsi dengan Ibukota Kabupaten/Kota, antar Ibukota Kabupaten/Kota dan jalan yang bersifat strategis regional.

3. Jalan Kabupaten

Jalan lokal yang menghubungkan Ibukota Kabupaten dengan Ibukota Kecamatan, antar Ibukota, Kecamatan, Kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan Kota serta jalan strategis lokal.

4. Jalan Kotamadya

Jalan sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam Kota, pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antar pusat pemukiman dan berada di dalam kota.

5. Jalan Desa

Jalan umum yang menghubungkan kawasan di dalam Desa dan antar pemukiman serta jalan lingkungan.

6. Jalan Khusus

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

2.3 Penampang Melintang Jalan

Penampang melintang jalan merupakan potongan melintang tegak lurus sumbu jalan (Silvia Sukirman, 1999:21). Pada potongan melintang jalan dapat terlihat bagian-bagian jalan. Bagian-bagian jalan dikelompokkan sebagai berikut :

2.3.1 Jalur Lalu Lintas

Jalur lalu lintas (*travelled way = carriage way*) adalah keseluruhan bagian perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk lalu lintas kendaraan. Jalur lalu lintas terdiri beberapa lajur (*lane*) kendaraan. Lajur kendaraan yaitu bagian dari jalur lalu lintas yang khusus diperuntukkan untuk dilewati oleh satu rangkaian kendaraan beroda empat atau lebih dalam satu arah (Silvia Sukirman, 1999:22). Jadi jumlah lajur minimal untuk jalan 2 arah adalah 2 dan pada umumnya disebut sebagai jalan 2 lajur 2 arah. Jalur lalu lintas untuk 1 arah minimal terdiri dari 1 lajur lalu lintas.

Lebar lajur lalu lintas merupakan bagian yang paling menentukan lebar melintang jalan secara keseluruhan. Besarnya lebar lajur lalu lintas hanya dapat ditentukan dengan pengamatan langsung di lapangan. Lebar kendaraan penumpang pada umumnya bervariasi antara 1,50 m – 1,75 m. Bina Marga mengambil lebar kendaraan rencana untuk mobil penumpang adalah 1,70 m – 2,50 m untuk kendaraan rencana truk/bis/semitrailer. Lebar lajur lalu lintas

merupakan lebar kendaraan ditambah dengan ruang bebas antara kendaraan yang besarnya sangat ditentukan oleh keamanan dan kenyamanan yang diharapkan. Jalan yang di pergunakan untuk lalu lintas dengan kecepatan tinggi, membutuhkan ruang bebas untuk menyiap dan bergerak yang lebih besar dibandingkan dengan jalan untuk kecepatan rendah.

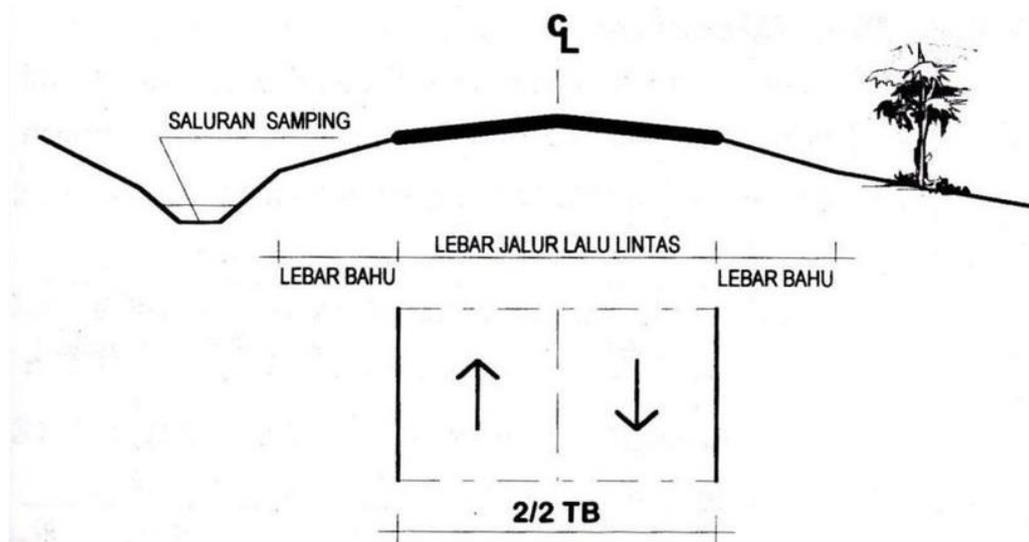
Pada jalan lokas (kecepatan rendah) lebar jalan minimum 5,50 m (2 x 2,75 m) cukup memadai untuk jalan 2 lajur dengan 2 arah. Dengan pertimbangan biaya yang tersedia, lebar 5 m pun masih diperkenankan. Jalan arteri yang direncanakan untuk kecepatan tinggi, mempunyai lebar lajur lintas lebih besar dari 3,25 m, sebaiknya 3,50 m.

Lebar lajur jalan ideal berdasarkan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM.1997 dapat dilihat pada **Tabel 2.5** berikut :

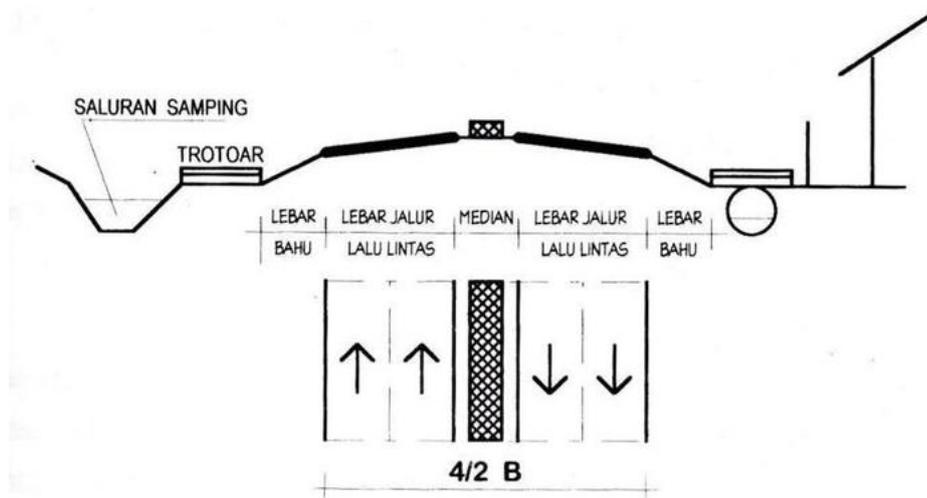
Tabel 2.5 Lebar Lajur Jalan Ideal

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

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



Gambar 2.1 Penampang Melintang Jalan Tanpa Median



Gambar 2.2 Penampang Melintang Jalan dengan Median

2.3.2 Bahu Jalan

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

- Ruangan untuk tempat berhenti sementara kendaraan yang mogok atau yang sekedar berhenti karena pengemudi ingin berorientasi mengenai jurusan yang akan ditempuh, atau untuk beristirahat.
- Ruangan untuk menghindarkan diri dari saat – saat darurat, sehingga dapat mencegah terjadinya kecelakaan.
- Memberikan kelegaan pada pengemudi, dengan demikian dapat meningkatkan kapasitas jalan yang bersangkutan.
- Memberikan sokongan pada konstruksi perkerasan jalan dari arah samping.
- Ruangan pembantu pada waktu mengadakan pekerjaan perbaikan atau pemeliharaan jalan (untuk tempat penempatan alat – alat, dan penimbunan bahan material).
- Ruangan untuk lintasan kendaraan – kendaraan patroli, ambulans, yang sangat dibutuhkan pada keadaan darurat.

Berdasarkan tipe perkerasannya, bahu jalan dapat dibedakan atas :

- Bahu yang tidak diperkeras, yaitu bahu yang hanya dibuat dari material perkerasan jalan tanpa bahan pengikat. Biasanya digunakan material agregat bercampur sedikit lempung. Bahu yang tidak diperkeras ini dipergunakan untuk daerah – daerah yang tidak begitu –enting, dimana kendaraan yang berhenti dan mempergunakan bahu tidak begitu banyak jumlahnya.
- Bahu yang diperkeras, yaitu bahu yang dibuat dengan mempergunakan bahan pengikat sehingga lapisan tersebut lebih kedap air dibandingkan dengan bahu yang tidak diperkeras. Bahu jenis ini dipergunakan untuk jalan – jalan dimana kendaraan yang akan berhenti dan memakai bagian tersebut besar jumlahnya, seperti sepanjang jalan tol, di sepanjang jalan arteri yang melintasi kota, dan di tikungan – tikungan yang tajam.

Dilihat dari letaknya bahu terhadap arah arus lalu lintas, maka bahu jalan dapat dibedakan atas :

- Bahu kiri/bahu luar (*left shoulder/outer shoulder*) adalah bahu yang terletak di tepi sebelah kiri dari jalur lalu lintas.
- Bahu kanan/bahu dalam (*right/inner shoulder*) adalah bahu yang terletak di tepi sebelah kanan dari jalur lalu lintas.

Adapaun lebar bahu pada jalan dapat dipengaruhi oleh :

- Fungsi jalan
Jalan arteri direncanakan untuk kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan jalan lokal. Dengan demikian jalan arteri membutuhkan kebebasan samping, keamanan, dan kenyamanan yang lebih besar, atau menurut lebar bahu yang lebih lebar dari jalan lokal.
- Volume lalu lintas
Volume lalu lintas yang tinggi membutuhkan lebar bahu yang lebih besar dibandingkan dengan volume lalu lintas yang lebih rendah.

- Kegiatan disekitar jalan
Jalan yang melintasi daerah perkotaan, pasar, sekolah, membutuhkan lebar bahu jalan yang lebih besar daripada jalan yang melintasi daerah rural, karena bahu jalan tersebut dipergunakan pula sebagai tempat parkir dan pejalan kaki.
- Ada atau tidak adanya trotoar
- Biaya yang tersedia sehubungan dengan biaya pembebasan tanah, dan biaya untuk konstruksi. Lebar bahu jalan dengan demikian dapat bervariasi antara 0,5 m – 2,5 m.

Tabel 2.6 Lebar Jalur dan Bahu Jalan

VLHR (smp/hari)	ARTERI				KOLEKTOR				LOKAL			
	Lebar Ideal (m)		Lebar Minimum (m)		Lebar Ideal (m)		Lebar Minimum (m)		Lebar Ideal (m)		Lebar Minimum (m)	
	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu
<3000	6.0	1.5	4.5	1.0	6.0	1.5	4.5	1.0	6.0	1.0	4.5	1.0
3000- 10000	7.0	2.0	6.0	1.5	7.0	1.5	6.0	1.5	7.0	1.5	6.0	1.0
10001- 25000	7.0	2.0	7.0	2.0	7.0	2.0	**)	**))	-	-	-	-
>25000	2nx3.5)	2.5	2x7.0	2.0	2nx3.5)	2.0	**))	**))	-	-	-	-

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

Keterangan : **) : mengacu pada persyaratan ideal

*) : 2 jalur terbagi

- : tidak ditentukan

2.3.3 Trotoar atau Jalur Pejalan Kaki (*Side Walk*)

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

volume pedestrian dan volume lalu lintas pemakai jalan tersebut (Silvia Sukirman, 1999, 28).

Lebar trotoar yang dibutuhkan ditentukan oleh volume pejalan kaki, tingkat pelayanan pejalan kaki yang diinginkan, dan fungsi jalan. Untuk itu lebar 1,5 – 3,0 m merupakan nilai yang umum dipergunakan. Lebar jalur tepian median dapat bervariasi antara 0,25 – 0,75 m dan dibatasi dengan marka berupa garis putih menerus.

2.3.4 Median

Median adalah jalur yang terletak ditengah jalan untuk membagi jalan dalam masing – masing arah. Secara garis besar median berfungsi sebagai :

- a. Menyediakan daerah netral yang cukup besar dimana pengemudi masih dapat mengontrol kendaraannya pada saat – saat darurat.
- b. Menyediakan jarak yang cukup untuk membatasi/ mengurangi kesilauan terhadap lampu besar dari kendaraan yang berlawanan arah.
- c. Menambah rasa kelegaan, kenyamanan dan keindahan bagi setiap pengemudi.
- d. Mengamankan kebebasan samping dari masing – masing arah arus lalu lintas.

Untuk memenuhi keperluan – keperluan tersebut di atas, maka median serta batas – batasnya harus nyata oleh setiap mata pengemudi baik pada siang hari maupun pada malam hari serta segala cuaca dan keadaan. Lebar median bervariasi antara 1,0 – 12 m.

Median dengan lebar samapai 5 m sebaiknya ditinggalkan dengan kereb atau dilengkapi dengan pembatas agar tidak dilanggar kendaraan. Semakin lebar median semakin baik bagi lalu lintas tetapi semakin mahal biaya yang dibutuhkan. Jadi biaya yang tersedia dan fungsi jalan sangat menentukan lebar median yang dipergunakan.

2.3.5 Saluran Sampung

Umumnya bentuk saluran sampung trapesium, atau empat persegi panjang. Untuk daerah perkotaan, dimana daerah pembebasan jalan sudah sangat terbatas, maka saluran sampung dapat dibuat empat persegi panjang dari konstruksi beton dan ditempatkan dibawah trotoar. Sedangkan di daerah pedalaman dimana pembebasan jalan bukan menjadi masalah, saluran sampung umumnya dibuat berbentuk trapesium. Dinding saluran dapat dengan mempergunakan pasangan batu kali atau tanah asli. Lebar dasar saluran disesuaikan dengan besarnya debit yang diperkirakan akan mengalir pada saluran tersebut, minimum 30 cm.

Saluran sampung terutama berguna untuk :

- a. Mengalirkan air dari permukaan perkerasan jalan ataupun dari bagian luar jalan.
- b. Menjaga supaya konstruksi jalan selalu berada dalam keadaan kering tidak terendam.

2.3.6 Ruang Manfaat Jalan (Rumaja)

Ruang manfaat jalan adalah ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi, dan kedalaman tertentu yang ditetapkan oleh penyelenggara jalan yang digunakan untuk badan jalan, saluran tepi jalan dan ambang pengamanannya. Badan meliputi jalur lalu lintas, dengan atau tanpa jalur pemisah dan bahu jalan dan diperuntukkan bagimedian, perkerasan jalan, pemisahan jalur, bahu jalan, saluran tepi jalan, trotoar, lereng, ambang pengaman timbunan dan galian gorong-gorong perlengkapan jalan dan bangunan pelengkap lainnya. Ruang manfaat jalan (Rumaja) dibatasi oleh :

- a. Lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan dikedua sisi jalan.
- b. Tinggi minimum 5 m di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan.
- c. Kedalaman minimum 1,5 m diukur dari permukaan perkerasan pada sumbu jalan.

2.3.7 Ruang Milik Jalan (Rumija)

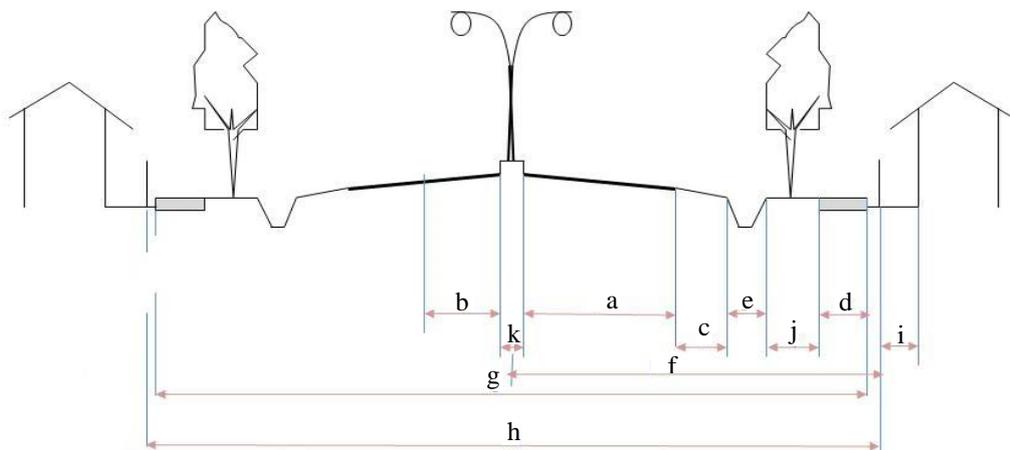
Ruang milik jalan adalah ruang manfaat jalan dan sejalur tanah tertentu di luar manfaat jalan yang diperuntukkan bagi ruang manfaat jalan, pelebaran jalan, penambahan jalur lalu lintas di masa datang serta kebutuhan ruangan untuk pengamanan jalan dan dibatasi oleh lebar, kedalaman, dan tinggi tertentu.

Rumija juga dimaksudkan sebagai ruang untuk dapat melakukan perawatan rutin dan pelebaran terhadap jalan / jalur di masa mendatang. Istilah rumija biasanya digunakan dalam konstruksi jalan tol, jalan setapak, transportasi rel, kanal, saluran listrik udara, serta jalur pipa minyak dan gas.

Biasanya pada jarak tiap 1 km dipasang patok rumija berwarna kuning. Sejalur tanah tertentu di luar ruang manfaat jalan tetapi di dalam ruang milik jalan dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan keluasaan keamanan penggunaan jalan antara lain untuk keperluan pelebaran ruang manfaat jalan dikemudian hari.

2.3.8 Ruang Pengawasan Jalan (Ruwasja)

Ruang pengawasan jalan adalah ruang sepanjang jalan di luar rumija yang dibatas oleh lebar dan tinggi tertentu, yang ditetapkan oleh pembina jalan, dan digunakan untuk pandangan bebas pengemudi dan pengamanan konstruksi.



Gambar 2.3 Bagian – bagian Jalan

Keterangan :

a : Jalur Lalu Lintas	g : Ruang Manfaat Jalan (Rumaja)
b : Lajur Lalu Lintas	h : Ruang Milik Jalan (Rumija)
c : Bahu Jalan	i : Ruang Pengawasan Jalan (Ruwasja)
d : Jalur Pejalan Kaki	j : Jalur Hijau
e : Saluran Drainase	k : Median
f : Sempadan Bangunan	

2.3.9 Tipe Alinyemen

Tipe alinyemen adalah gambaran kemiringan daerah yang dilalui jalan, dan ditentukan oleh jumlah naik dan turun (m/km) dan jumlah lengkung horizontal (rad/km) sepanjang segmen jalan.

Tabel 2.7 Ketentuan Tipe Alinyemen

Tipe Alinyemen	Lengkung Vertikal Naik + Turun (m/km)	Lengkung Horizontal (rad/km)
Datar (D)	<10	<1,0
Bukit (B)	10 – 30	1,0 – 2,5
Gunung (G)	>30	>2,5

(Sumber : TPGJAK No.038/TBM/1997)

2.4 Karakteristik Lalulintas

Data lalulintas adalah data utama yang diperlukan untuk perencanaan teknik jalan karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalulintas yang akan menggunakan jalan pada suatu segmen jalan yang ditinjau Shirley L. Hendarsin (2000).

Besarnya volume atau arus lalulintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar jalur pada satu jalur jalan dalam penentuan karakteristik geometrik, sedangkan jenis kendaraan akan menentukan kelas beban atau MST (Muatan Sumbu Terberat) yang berpengaruh langsung pada perencanaan konstruksi perkerasan. Analisis data lalulintas pada intinya dilakukan untuk menentukan

kapasitas jalan, akan tetapi harus dilakukan bersamaan dengan perencanaan geometrik dan lainnya, karena saling berkaitan satu sama lain. Unsur lalulintas, adalah benda atau pejalan kaki sebagai bagian dari lalulintas, sedangkan unsur lalulintas diatas roda disebut kendaraan dengan unit.

2.4.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya digunakan sebagai acuan dalam perencanaan geometrik jalan (Dirjen Bina Marga, 1997). Kendaraan rencana dapat dikelompokkan kedalam beberapa kategori, yaitu:

1. Kendaraan kecil

Kendaraan ringan/kecil adalah kendaraan bermotor ber as dua dengan empat roda dan dengan jarak as 2,0 – 3,0 m (meliputi mobil penumpang, oplet, mikrobus, pick up, dan truk kecil sesuai sistem klasifikasi bina marga).

2. Kendaraan sedang

Kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5 – 5,0 m (termasuk bus kecil, truk dua as dengan enam roda, sesuai sistem klasifikasi bina marga).

3. Kendaraan besar

- a. Bus besar (LB)

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

- b. Truk besar (LT)

Truk tiga gandar dan truk kombinasi tiga, jarak gandar (gandar pertama ke kedua) < 3,5 m (sesuai sistem klasifikasi bina marga).

4. Sepeda motor (MC)

Kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda (meliputi sepeda motor dan kendaraan roda 3 sesuai sistem klasifikasi bina marga).

5. Kendaraan tak bermotor

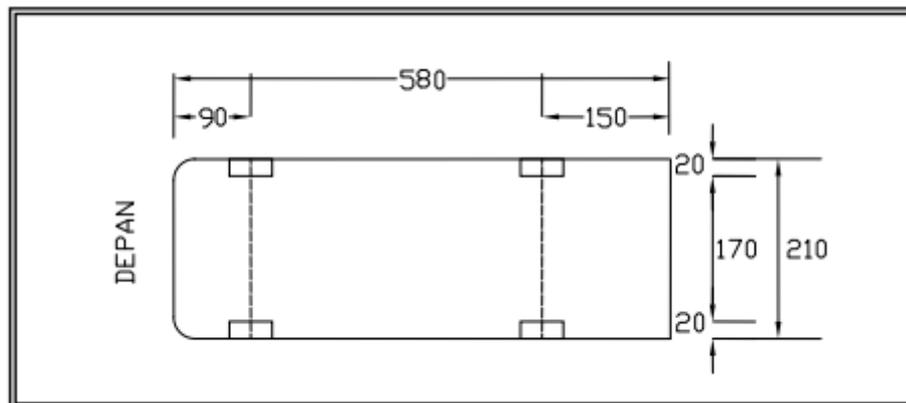
Kendaraan dengan roda yang digerakkan oleh orang atau hewan (meliputi sepeda, becak, kereta kuda, dan kereta dorong sesuai sistem klasifikasi bina marga).

Dimensi dasar untuk masing – masing kategori kendaraan rencana ditunjukkan dalam **Tabel 2.8**

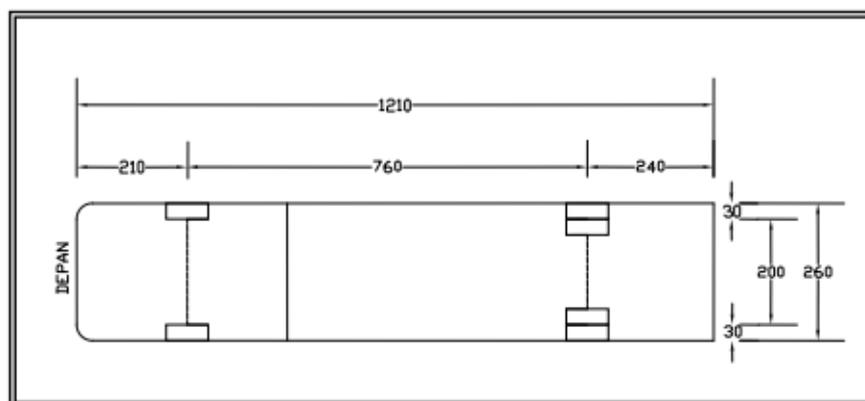
Tabel 2.8 Dimesi Kendaraan Rencana

Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan Rencana (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar		Radius Tonjolan (cm)
	T	L	P	Depan	Belakang	Min	Max	
Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	420	260	2100	120	90	290	1400	1370

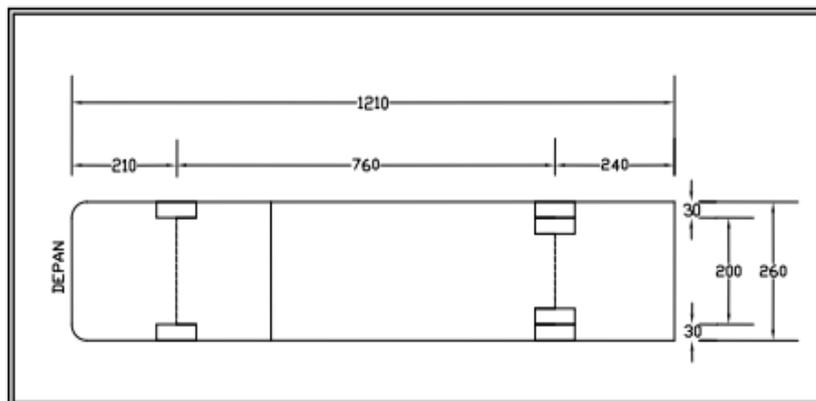
(Sumber :Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)



Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar 2.5 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.6 Dimensi Kendaraan Besar

2.4.2 Komposisi Lalulintas

Volume Lalulintas Harian Rata-Rata (VLHR) adalah prakiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalulintas dinyatakan dalam smp/hari.

1. Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Satuan arus lalu lintas, dimana arus dari berbagai tipe kendaraan telah diubah menjadi 2 kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan smp.

2. Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP)

Faktor konversi berbagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalulintas (untuk mobil penumpang dan kendaraan ringan lainnya, $EMP = 1,0$)

Tabel 2.9 Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP)

No.	Jenis Kendaraan	Datar/Bukit	Gunung
1.	Sedan , Jeep, Station wagon	1,0	1,0
2.	Pick up, Bus kecil, Truck kecil	1,2 - 2,4	1,9 - 3,5
3.	Bus dan Truck besar	1,2 - 5,0	2,2 - 6,0

(Sumber : TPGJAK No.038/TBM/1997)

3. Faktor (F)

Faktor adalah variasi tingkat lalulintas per 15 menit dalam satu jam.

4. Faktor VLHR (K)

Faktor untuk mengubah volume yang dinyatakan dalam VLHR menjadi lalulintas jam sibuk.

5. Volume Jam Rencana (VJR)

LHR dan LHRT adalah volume lalulintas dalam satu hari, merupakan volume harian, sehingga nilai LHR dan LHRT itu tak dapat memberikan gambaran tentang fluktuasi arus lalulintas lebih pendek dari 24 jam. LHR dan LHRT itu dapat memberikan gambaran perubahan-perubahan yang terjadi pada berbagai jam dalam hari, yang nilainya dapat bervariasi antara 0-100 % LHR. Oleh karena itu LHR atau LHRT itu tak dapat langsung dipergunakan dalam perencanaan geometrik.

Arus lalulintas bervariasi dari jam ke jam berikutnya dalam satu hari, maka sangat cocoklah jika volume lalulintas dalam 1 jam dipergunakan untuk perencanaan. Volume dalam 1 jam yang dipakai untuk perencanaan dinamakan “Volume Jam Perencanaan (VJP)”.

Volume jam perencanaan digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalulintas lainnya yang diperlukan, dihitung dengan rumus :

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

Tabel 2.10 Volume Jam Perencanaan

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

(Sumber : TPGJAK No.038/TBM/1997)

6. Kapasitas (C)

Kapasitas adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu penampang jalan pada jalur jalan selama 1 jam dengan kondisi tertentu Volume lalulintas maksimum yang dapat dipertahankan pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu. Nilai kapasitas dapat diperoleh dari penyesuaian kapasitas dasar/ideal dengan kondisi dari jalan yang direncanakan.

7. Derajat Kejenuhan (DS)

Rasio volume lalulintas terhadap kapasitas.

2.4.3 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih untuk keperluan perencanaan setiap bagian jalan raya seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang, dan lain-lain.

Kecepatan yang dipilih tersebut adalah kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya tergantung dari bentuk jalan. Hampir semua rencana bagian jalan dipengaruhi oleh kecepatan rencana, baik secara langsung seperti tikungan horizontal, kemiringan melintang di tikungan, jarak pandangan maupun secara tak langsung seperti lebar lajur, lebar bahu, kebebasan melintang dan lain-lain.

Oleh karena itu pemilihan kecepatan rencana sangat mempengaruhi keadaan seluruh bagian-bagian jalan dan biaya untuk pelaksanaan jalan tersebut. Kecepatan rencana untuk masing-masing fungsi jalan yang ditetapkan dari **Tabel 2.11** untuk kondisi medan yang sulit, kecepatan rencana suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20km/jam.

Tabel 2.11 Kecepatan Rencana, Sesuai dengan Klasifikasi Fungsi dan Klasifikasi Medan Jalan

Fungsi	Kecepatan rencana (Km/Jam)		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	70 – 120	60 – 80	40 – 70
Kolektor	60 – 90	50 – 60	30 – 50
Lokal	40 – 70	30 – 50	20 – 30

(Sumber : TPGJAK No.038/TBM/1997)

2.5 Perencanaan Geometrik

2.5.1 Pengertian Perencanaan Geometrik

Perencanaan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar, yang didapatkan dari hasil survey lapangan, kemudian dianalisis berdasarkan acuan persyaratan perencanaan geometrik yang berlaku (Ir. Hamirhan Saodang MSCE, 2010:20).

Yang menjadi dasar perencanaan geometrik adalah sifat gerakan, dan ukuran kendaraan, sifat pengemudi dalam mengendalikan gerak kendaraannya, dan karakteristik arus lalu lintas (Silvia Sukirman, 1999:17-18). Hal – hal tersebut haruslah menjadi bahan pertimbangan perencana sehingga dihasilkan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan yang memenuhi tingkat kenyamanan dan keamanan yang diharapkan.

2.5.2 Data Perencanaan

Dalam pelaksanaan perencana geometrik konstruksi jalan raya membutuhkan data – data perencanaan yang meliputi data lalu lintas, data topografi, data penyelidikan tanah, data penyelidikan material dan data penunjang lainnya. Dengan adanya data – data ini, dapat ditentukan geometrik dan tebal perkerasan yang diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya karena data ini memberikan gambaran yang sebenarnya dari lokasi suatu daerah dimana ruas jalan ini akan dibangun.

a. Data Lalulintas

Data lalulintas adalah data utama yang diperlukan dalam perencanaan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalulintas yang akan menggunakan pada suatu segmen jalan yang akan ditinjau. Besarnya volume atau arus lalulintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar lajur, pada satu jalur dalam penentuan karakteristik geometrik, sedangkan jenis kendaraan akan menentukan kelas beban atau muatan sumbu terberat yang akan berpengaruh langsung pada perencanaan konstruksi perkerasan (Saodang, 2004:34).

Data arus lalulintas merupakan informasi dasar bagi perencanaan dan desain suatu jalan. Data lalulintas didapatkan dengan melakukan pendataan kendaraan yang melintasi suatu ruas jalan, sehingga dari hasil pendataan ini dapat diketahui volume lalulintas yang melintasi jalan tersebut. Data volume lalulintas diperoleh dalam satuan kendaraan per jam (kend/jam).

Seorang ahli mengatakan bahwa untuk merencanakan teknik jalan baru, survey lalulintas tidak dapat dilakukan karena belum ada jalan (Shirley L. Hendarsin, 2000:45-46). Akan tetapi, untuk menentukan dimensi jalan tersebut diperlukan data jumlah kendaraan. Untuk itu dapat dilakukan sebagai berikut :

- 1) Survei perhitungan lalulintas (*traffic counting*), dilakukan pada jalan yang sudah ada, yang diperkirakan mempunyai bentuk, kondisi dan keadaan komposisi lalulintas akan serupa dengan jalan yang direncanakan.
- 2) Survei asal dalam tujuan (*origin and destination survey*), dilakukan pada lokasi yang dianggap dapat mewakili, dengan cara melakukan wawancara kepada pengguna jalan untuk mendapatkan gambaran rencana jumlah dan komposisi kendaraan pada jalan yang direncanakan.

Volume lalulintas dinyatakan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP) yang didapat dengan mengalihkan atau mengonversi angka Faktor Ekuivalensi (FE) setiap kendaraan yang melintasi jalan tersebut dengan jumlah kendaraan yang kita peroleh dari hasil pendataan (km/jam). Volume lalulintas dalam SMP ini

menunjukkan besarnya jumlah Lalulintas Harian Rata-rata (LHR) yang didapatkan untuk merencanakan tebal perkerasan.

Ekuivalen mobil penumpang adalah angka satuan kendaraan dalam kapasitas jalan. Nilai emp untuk kendaraan rencana jalan antar kota seperti pada

Tabel 2.12 berikut ini :

Tabel 2.12 Ekuivalensi Kendaraan Penumpang (emp) untuk Jalan Empat Lajur Dua Arah (4/2)

Tipe Alinyemen	Arus Total (kend/jam)		emp			
	Jalan terbagi per arah (kend/jam)	Jalan tak terbagi per arah (kend/jam)	MHV	LB	LT	MC
Datar	0	0	1,2	1,2	2,6	0,5
	1000	1700	1,4	1,4	2,0	0,6
	1800	3250	1,6	1,7	2,5	0,8
	>2150	>3950	1,3	1,5	2,0	0,5
Bukit	0	0	1,8	1,6	4,8	0,4
	750	1350	2,0	2,0	4,6	0,5
	1400	2500	2,2	2,3	4,3	0,7
	>1750	>3150	1,8	1,9	3,5	0,4
Gunung	0	0	3,2	2,2	5,5	0,3
	550	1000	2,9	2,6	5,1	0,4
	1100	2000	2,6	2,9	4,8	0,6
	>1500	>2700	2,0	2,4	3,8	0,3

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

b. Data Topografi

Data topografi merupakan hasil pengukuran yang dilakukan untuk memindahkan kondisi permukaan bumi dari lokasi yang diukur pada kertas yang berupa peta planimetri. Peta ini akan digunakan sebagai peta dasar untuk plotting perencanaan geometrik jalan raya, dalam hal ini perencanaan alinyemen horizontal. (Shirley L. Hendarsin, 2000).

Data topografi atau disebut juga peta kontur merupakan faktor penting dalam menentukan lokasi jalan dan pada umumnya mempengaruhi alinyemen sebagai perencanaan geometrik. Untuk memperkecil biaya pembangunan maka dalam perencanaan geometrik perlu sekali disesuaikan dengan keadaan topografi. Pengukuran peta topografi digunakan untuk mengumpulkan data topografi yang cukup guna menentukan kecepatan sesuai dengan daerahnya. Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan rencana dengan mengadakan tambahan dan pengukuran detail pada tempat yang memerlukan realinyemen dan tempat-tempat persilangan dengan sungai atau jalan lain, sehingga memungkinkan didapatkannya trase jalan yang 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 kontrol 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 tiga golongan umum yaitu datar, perbukitan dan gunung.

Tabel 2.13 Klasifikasi Medan dan Besarnya

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

(Sumber : Silvia Sukirman, *Dasar – Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*, 1999)

c. Data Penyelidikan Tanah

Untuk menentukan bahan konstruksi jalan atau highway materials, dilakukan survey pada lokasi – lokasi sumber material (*quarry*) yang berada pada daerah sepanjang trase jalan dengan pertimbangan ekonomis, tetapi apabila tidak ditemukan, maka dilakukan survey 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 proyek tersebut yang akan dilakukan berdasarkan survey 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.

2.5.3 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat beberapa parameter perencanaan yang harus dipahami seperti, kendaraan rencana, kecepatan rencana, volume dan kapasitas jalan, dan tingkat pelayanan yang diberikan oleh jalan tersebut. Parameter-parameter ini merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan (Silvia Sukirman, 1999:37). Berikut ini adalah parameter yang digunakan dalam perencanaan geometrik jalan raya yaitu:

a. Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Dilihat dari bentuk, ukuran, dan daya dari kendaraan-kendaraan yang mempergunakan jalan, kendaraan-kendaraan tersebut umumnya dikelompokkan menjadi beberapa macam, seperti mobil penumpang, bus/truk, semi trailer dan trailer. Untuk perencanaan, setiap kelompok diwakili oleh satu ukuran standar. Dan ukuran standar kendaraan rencana untuk masing – masing kelompok adalah ukuran terbesar yang mewakili kelompoknya.

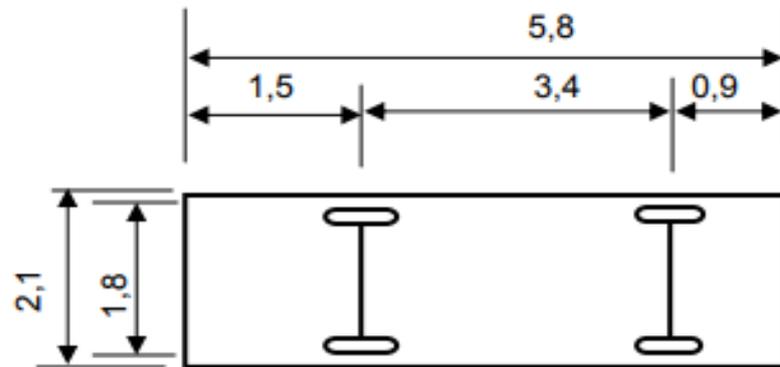
Dimensi kendaraan bermotor untuk keperluan perencanaan geometrik jalan ditetapkan seperti **Tabel 2.14** berikut :

Tabel 2.14 Dimensi Kendaraan Rencana

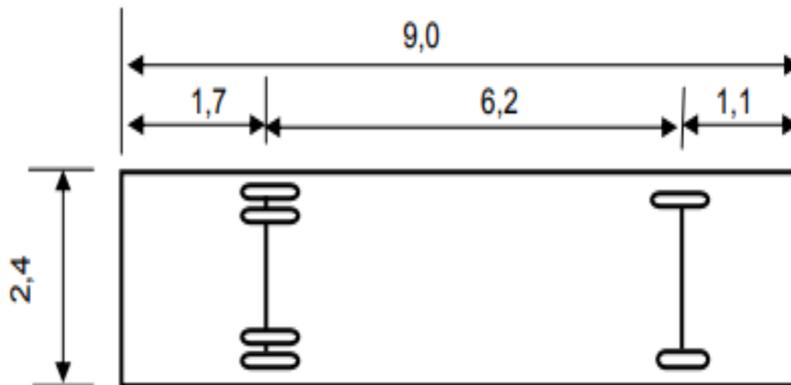
Jenis Kendaraan Rencana	Simbol	Dimensi Kendaraan			Dimensi Tonjolan		Radius Putar Minimum	Radius Tonjolan Minimum
		Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang		
Mobil Penumpang	P	1,3	2,1	5,8	0,9	1,5	7,3	4,4
Truk As Tunggal	SU	4,1	2,4	9,0	1,1	1,7	12,8	8,6
Bus Gandengan	A-BUS	3,4	2,5	18,0	2,5	2,9	12,1	6,5
Truk Semitrailer Kombinasi Sedang	WB-12	4,1	2,4	13,9	0,9	0,8	12,2	5,9
Truk Semitrailer Kombinasi Besar	WB-15	4,1	2,5	16,8	0,9	0,6	13,7	5,2
<i>Convesional School Bus</i>	SB	3,2	2,4	10,9	0,8	3,7	11,9	7,3
<i>City Transit Bus</i>	CB	3,2	2,5	12,0	2,0	2,3	12,8	7,5

(Sumber :RSNI Geometrik Jalan Perkotaan, 2004)

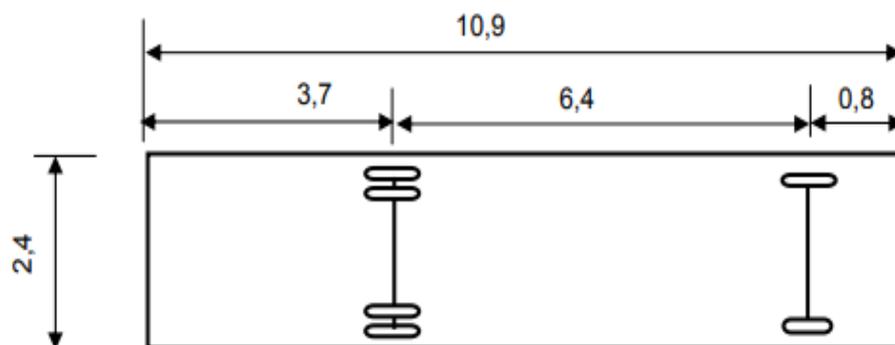
Gambar 2.7 s.d. Gambar 2.13 berikut menampilkan sketsa dimensi kendaraan rencana berdasarkan **Tabel 2.14** :



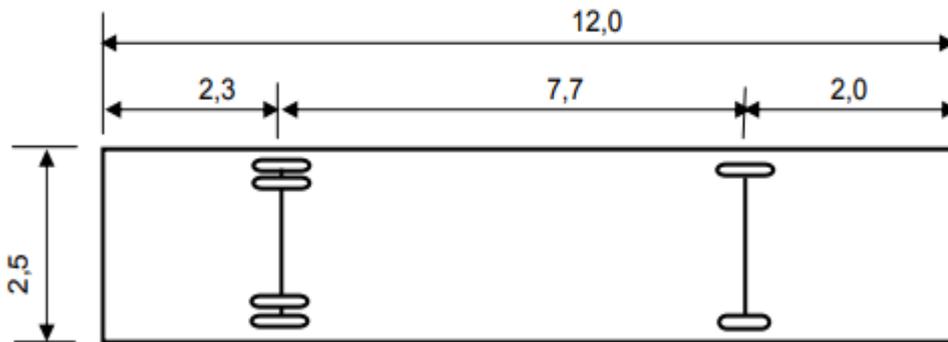
Gambar 2.7 Kendaraan Penumpang (P)



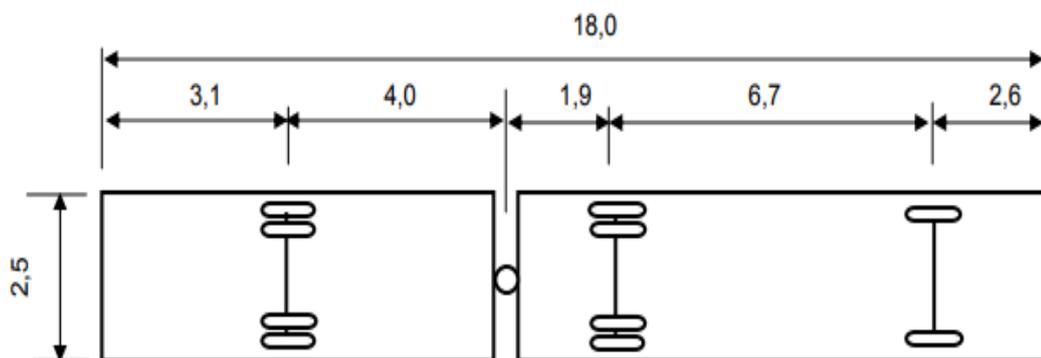
Gambar 2.8 Kendaraan Truk As Tunggal (SU)



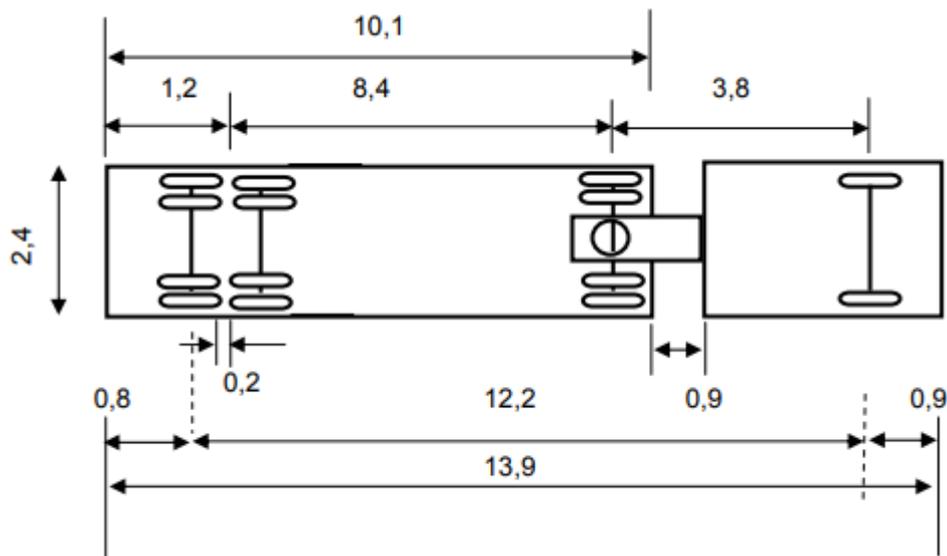
Gambar 2.9 Kendaraan Bus Sekolah (SB)



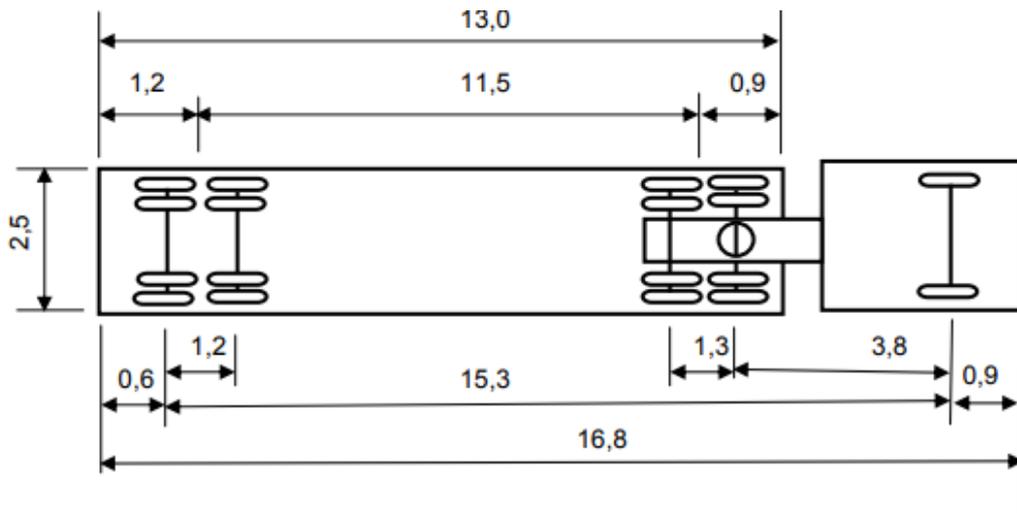
Gambar 2.10 Kendaraan *City Bus* (CB)



Gambar 2.11 Kendaraan Bus Tempel atau Gandengan (A-BUS)



Gambar 2.12 Kendaraan Semitrailer Kombinasi Sedang (WB-12)



Gambar 2.13 Kendaraan Semitrailer Kombinasi Besar (WB-15)

b. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan pada suatu ruas jalan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang, dan lain-lain. Kecepatan yang dipilih tersebut adalah kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya dari bentuk jalan. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kecepatan rencana antara lain:

- 1) Kondisi pengemudi dan kendaraan yang bersangkutan.
- 2) Sifat fisik jalan dan keadaan medan sekitarnya.
- 3) Sifat dan penggunaan daerah. 13
- 4) Cuaca.
- 5) Adanya gangguan dari kendaraan lain.
- 6) Batasan kecepatan yang diizinkan.

Kecepatan rencana (VR), pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraankendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti (Bina Marga, 2004).

Tabel 2.15 Kecepatan Rencana (VR) 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 : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

c. Volume dan Kapasitas Jalan

Sebagai pengukur jumlah dari arus lalu lintas, maka digunakan “volume”. Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintas satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). Volume lalu lintas yang tinggi membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebar sehingga tercipta kenyamanan dan keamanan (Silvia Sukirman, 1999:42-43).

Menurut Silvia Sukirman (1999:43) satuan lalu lintas yang digunakan sehubungan dengan jumlah dan lebar lajur adalah :

1) Lalu Lintas Harian Rata – rata

Lalu lintas harian rata – rata adalah volume lalu lintas yang dua arah yang melalui suatu titik rata-rata dalam satu hari, biasanya dihitung sepanjang tahun. LHR adalah istilah yang baku digunakan dalam menghitung beban lalu lintas pada suatu ruas jalan dan merupakan dasar dalam proses perencanaan transportasi ataupun dalam pengukuran polusi yang diakibatkan oleh arus lalu lintas pada suatu ruas jalan. Dari cara memperoleh data tersebut dikenal 2 jenis lalu lintas harian rata – rata, yaitu Lalu Lintas Harian Rata – rata Tahunan (LHRT) dan Lalu lintas Harian Rencana (LHR).

(a) Lalu Lintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT)

Lalu Lintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT) adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data satu tahun penuh.

$$LHRT = \frac{\text{Jumlah Lalu Lintas dalam satu tahun}}{365 \text{ hari}} \dots\dots\dots(2.2)$$

(b) Lalu Lintas Harian Rencana (LHR)

Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan.

$$\text{LHR} = \frac{\text{Jumlah Lalu lintas selama pengamatan}}{\text{Lamanya pengamatan}} \dots\dots\dots(2.3)$$

(Silvia Sukirman, 1999)

2) Volume Jam Rencana

Berdasarkan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038 Tahun 1997, volume arus lalu lintas harian rencana (VLHR) adalah prakiraan volume lalu lintasharian pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam SMP/hari. Sedangkan volume arus lalu lintas jam rencana adalah prakiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam SMP/jam dan dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Q_{DH} = LHRT \times k \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

Q_{DH} = Volume jam rencana

k = Faktor volume arus lalu lintas jam sibuk

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

- (a) Volume tersebut tidak boleh terlalu sering terdapat pada distribusi arus lalulintas setiap jam untuk periode satu tahun.
- (b) Apabila terdapat volume arus lalulintas per jam yang melebihi volume perencanaan, maka kelebihan tidak boleh terlalu besar.
- (c) Volume tersebut tidak boleh mempunyai nilai yang terlalu besar, sehingga akan mengakibatkan jalan akan menjadi lenggang dan biayanya pun menjadi besar.

Tabel 2.16 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 : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No. 038/T/BM/1997)

3) 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 :

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs} \text{ (smp/jam) } \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

C : Kapasitas (smp/jam)

CO : Kapasitas dasar (smp/jam)

FC_w : Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas

FC_{sp} : Faktor penyesuaian pemisah arah

FC_{sf} : Faktor penyesuaian hambatan samping

Tabel 2.17 Kapasitas Dasar (Co) pada Jalan Luar Kota 4/2

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 dua arah
	Bukit	-	3,000	3,300	
	Gunung	-	2,900	3,200	

(Sumber : MKJI, 1997)

Faktor penyesuaian akibat lebar lajur lalu lintas ditentukan berdasarkan lebar jalan efektif yang dapat dilihat pada **Tabel 2.18**

Tabel 2.18 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Lajur Lalulintas (FCw)

Tipe Jalan	Lebar Lajur Lalu Lintas Efektif (Wc) (m)	FCw
Empat lajur terbagi atau jalan satu arah	Per lajur	
	3,00	0,92
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,04
	4,00	1,08
Empat lajur tak terbagi	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,95
	3,50	1,00
	3,75	1,05
	4,00	1,09
Dua lajur tak terbagi	Total dua arah	
	5	0,56
	6	0,87
	7	1,00
	8	1,34
	9	1,25
	10	1,29
	11	1,34

(Sumber : MKJI, 1997)

Tabel 2.19 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisahan Arah (FCsp)

Pemisahan 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 4/1	1,00	0,975	0,95	0,925	0,90

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

Tabel 2.20 Faktor Penyesuaian Akibat Hambatan Samping (FCsf)

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	Faktor Penyesuaian Untuk Hambatan Samping (FCsf)			
		Lebar Bahu Efektif (WS)			
		$\leq 0,5$ m	1,0 m	1,5 m	≥ 2 m
Empat lajur terbagi 4/2 D	Sangat Rendah	0,99	1,00	1,01	1,03
	Rendah	0,96	0,97	0,99	1,01
	Sedang	0,93	0,95	0,96	0,99
	Tinggi	0,90	0,92	0,95	0,97
	Sangat Tinggi	0,88	0,90	0,93	0,96
Empat lajur tak terbagi 4/2 D	Sangat Rendah	1,02	1,03	1,03	1,04
	Rendah	0,98	1,00	1,02	1,03
	Sedang	0,93	0,96	0,99	1,02
	Tinggi	0,87	0,91	0,94	0,98
	Sangat Tinggi	0,80	0,86	0,90	0,95
Dua lajur tak terbagi 2/2 UD atau jalan satu arah	Sangat Rendah	1,00	1,01	1,01	1,01
	Rendah	0,96	0,98	0,99	1,00
	Sedang	0,91	0,93	0,96	0,99
	Tinggi	0,82	0,86	0,90	0,95
	Sangat Tinggi	0,73	0,79	0,85	0,91

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

(b) Derajat Kejenuhan (DS)

Derajat kejenuhan didefinisikan sebagai rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas jalan, digunakan sebagai faktor kunci dalam penentuan tingkat kinerja suatu segmen jalan (MKJI, 1997). Nilai Derajat Kejenuhan menunjukkan apakah segmen jalan akan mempunyai masalah kapasitas atau tidak. Persamaan dasar untuk menentukan derajat kejenuhan adalah sebagai berikut :

$$DS = \frac{Q}{C} \dots\dots\dots(2.6)$$

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 2.21 Tingkat Pelayanan Jalan Berdasarkan Q/C

Tingkat Pelayanan	Kondisi Lapangan	Rasio (Q/C)
A	Arus bebas dengan kecepatan tinggi, pengemudi dapat memilih kecepatan yang diinginkan tanpa tundaan	0,00 – 0,20
B	Arus stabil, kecepatan mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas, pengemudi memiliki kebebasan yang cukup untuk memilih kecepatan	0,20 – 0,44
C	Arus stabil, tetapi kecepatan dan gerak kendaraan dibatasi oleh kondisi lalu lintas, pengemudi dibatasi dalam memilih kecepatan	0,45 – 0,74
D	Arus mendekati tidak stabil, kecepatan masih dikendalikan oleh kondisi arus lalu lintas, rasio Q/C masih bisa ditoleransi	0,75 – 0,84
E	Volume lalu lintas mendekati kapasitas, arus tidak stabil, kecepatan terkadang terhenti	0,85 – 1,00
F	Arus lalu lintas macet, kecepatan rendah, volume dibawah kapasitas, terjadi hambatan besar	>1,00

(Sumber : US-HCM, 1985)

(c) Jarak Pandang

Berdasarkan Tata Cara Perencanaan Jalan Antar Kota No.038 tahun 1997, jarak pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi jika melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman.

Jarak pandang dibedakan menjadi dua jenis jarak pandang, yaitu jarak pandang henti (J_h) dan jarak pandang mendahului (J_d) :

1) Jarak Pandang Henti (J_h)

Jarak pandang henti adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik disepanjang jalan harus memenuhi ketentuan jarak pandang jenti. Jarak pandang henti diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan.

Jarak pandang henti terdiri atas 2 elemen jarak, yaitu :

- (a) Jarak tanggap (J_{ht}) adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.
- (b) Jarak pengereman (J_{hr}) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaran berhenti.

Berdasarkan Shirley L. Hendarsin (2000:90) jarak pandang henti dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus :

$$J_h = J_{ht} + J_{hr} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$J_h = \frac{V_R}{3,6} T + \frac{\left(\frac{V_R}{3,6}\right)^2}{2g \cdot fp} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dari persamaan tersebut dapat disederhanakan menjadi :

(a) Untuk jalan dasar

$$J_h = 0,278 \times V_r \times T + \frac{V_r^2}{254 \times fp} \dots\dots\dots(2.9)$$

(b) Untuk jalan dengan kelandaian tertentu

$$J_h = 0,278 \times V_r \times T + \frac{V_r^2}{254 \times f_p \pm L} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

V_r : Kecepatan rencana (km/jam)

T : Waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

g : Percepatan gravitas, ditetapkan 9,8 m/det²

f_p : Koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35 – 0,55 (menurut Bina Marga)

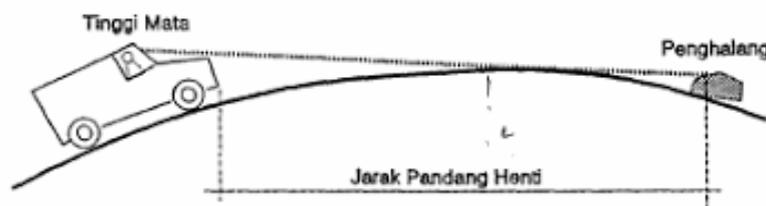
L : Landai jalandalam (%) dibagi 100

Tabel 2.22 Jarak Pandang Henti (J_h) Minimum

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

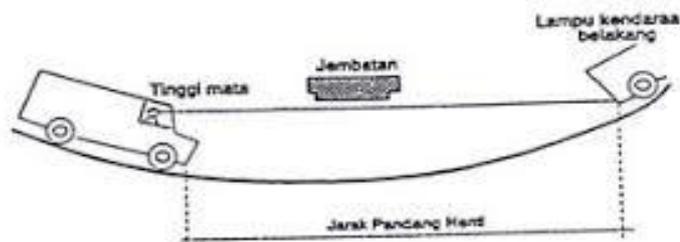
(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Jenderal Bina Marga, 1997)

Jarak pandang henti dapat dilihat pada **gambar 2.14** dan **gambar 2.15** berikut ini :



Gambar 2.14 Jarak Pandang Henti pada Lengkung Vertikal Cembung

Lengkung Cekung



Gambar 2.15 Jarak Pandang Henti pada Lengkung Vertikal Cekung

2) Jarak Pandang Mendahului

Jarak pandang mendahului adalah jarak yang dibutuhkan pengemudi sehingga dapat melakukan gerakan menyiap suatu kendaraan dengan sempurna dan aman berdasarkan asumsi yang diambil.

Penentuan jarak pandang menyiap yang diperlukan pada jalan 2 lajur menurut AASHTO didasarkan pada jarak yang ditempuh dengan posisi kritis dari gerakan menyiap, sehingga secara teoritis diusahakan mendekati keadaan sesungguhnya.

Jarak pandangan menyiap standar pada jalan 2 jalur 2 arah dihitung berdasarkan beberapa asumsi terhadap sifat arus lalu lintas yaitu :

- Kendaraan yang akan disiap harus mempunyai kecepatan yang tetap
- Sebelum melakukan gerakan menyiap, kendaraan harus mengurangi dan mengikuti kendaraan yang akan disiap dengan kecepatan yang sama
- Apabila kendaraan sudah berada pada lajur untuk menyiap, maka pengemudi harus mempunyai waktu untuk menentukan apakah gerakan menyiap dapat diteruskan atau tidak
- Kecepatan kendaraan yang menyiap mempunyai perbedaan sekitar 15 km/jam dengan kecepatan kendaraan yang akan disiap pada waktu melaksanakan kegiatan menyiap
- Pada saat kendaraan yang menyiap telah berada kembali pada laju jalannya, maka harus tersedia cukup jarak dengan kendaraan yang bergerak dari arah yang berlawanan
- Tinggi mata pengemudi dikur dari permukaan perkerasan menurut AAHSTO'90 = 1,06 m (3,5 ft) dan tinggi objek yaitu kendaraan yang akan disiap adalah 1,25 m (4,25 ft), sedangkan Bina Marga (antar kota) mengambil tinggi mata pengemudi sama dengan tinggi objek (halangan) yaitu 1,05 m.

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

$$Jd = d1 + d2 + d3 + d4 \dots\dots\dots(2.11)$$

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, d4 adalah sebagai berikut :

$$d1 = 0,278 T1 (V_R - m + \frac{a \cdot T1}{2}) \dots\dots\dots(2.12)$$

$$d2 = 0,278 V_R T_2 \dots\dots\dots(2.13)$$

$$d3 = \text{antara } 30 - 100 \text{ m} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$d4 = 2/3 \cdot d2 \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana :

T1 : Waktu dalam (detik), = 2,12 + 0,026 V_R

T2 : Waktu kendaraan berada di jalur lawan (detik) = 6,56 + 0,048 V_R

a : Percepatan rata – rata (km/jam/detik) = 2,052 + 0,0036 V_R

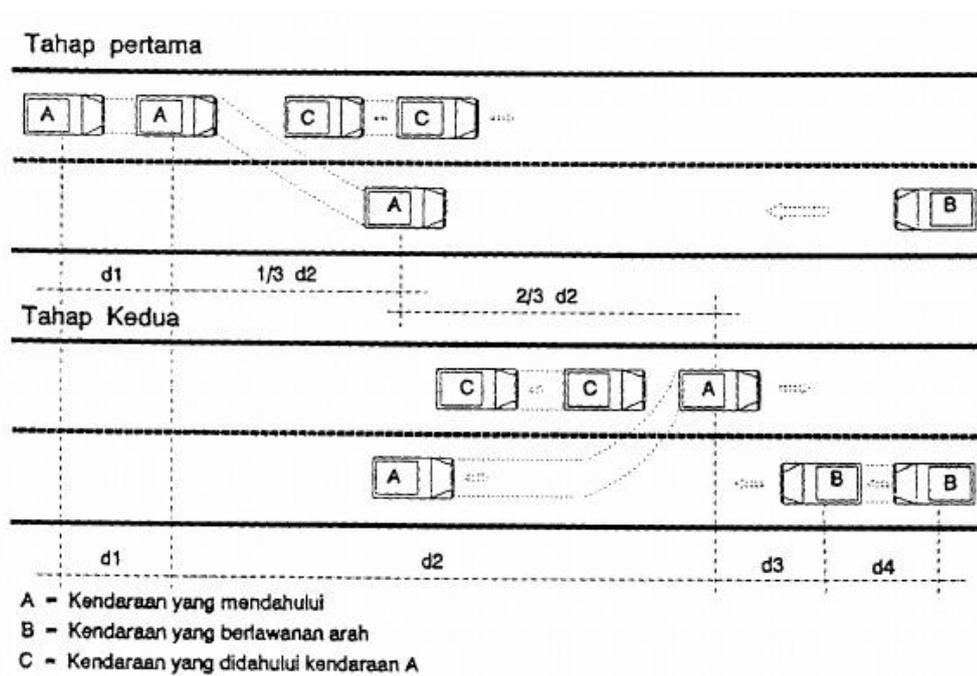
m : Perbedaan kecepatan dari kendaraan yang mendahului dan kendaraan yang didahului, (biasanya diambil 10 – 15 km/jam)

Daerah mendahului harus disebar disepanjang jalan dengan jumlah panjang minimum 30 % dari panjang total ruas jalan tersebut. Jarak pandang mendahului minimum dapat dilihat pada **Tabel 2.23**

Tabel 2.23 Jarak Pandang Mendahului (Jd) berdasarkan V_R

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

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



Gambar 2.16 Diagram Pergerakan Kendaraan Untuk Mendahului

2.6 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal dikenal juga dengan sebutan "situasi jalan". Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis-garis lengkung tersebut terdiri dari busur lingkaran ditambah busur peralihan, busur peralihan saja, ataupun busur lingkaran saja (Shirley L. Hendarsin, 1999:67).

Dalam perencanaan garis lurus atau bagian jalan yang lurus perlu dipertimbangkan keselamatan pemakai jalan akibat kelelahan pengemudi dimana panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit (V_R). Nilai panjang bagian lurus maksimum dapat dilihat pada **Tabel 2.24**

Tabel 2.24 Panjang Bagian Lurus Maksimum

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

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

Pada saat kendaraan melalui tikungan 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 2.25** berikut ini :

Tabel 2.25 Panjang Jari – Jari Minimum untuk $e_{maks} = 10\%$

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

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

Pada perencanaan garis – garis lengkung peralihan atau tikungan perlu dilakukan perhitungan kemiringan jalan atau superelevasi, karena ada tikungan akan bekerja gaya yang dapat mendorong kendaraan secara radial keluar jalur yang disebut gaya sentrifugal. Superelevasi bertujuan untuk memperoleh komponen berat kendaraan untuk mengimbangi gaya sentrifugal. Semakin besar superelevasi, maka semakin besar komponen berat kendaraan yang diperoleh.

Desain alinyemen horizontal sangat dipengaruhi oleh kecepatan rencana yang ditentukan berdasarkan perlu tipe dan kelas jalan. Menurut Silvia Sukirman (1999:120) ada 3 bentuk lengkung horizontal atau tikungan, yaitu :

- a. Tikungan *Full Circle (FC)*
- b. Tikungan *Spiral – Circle – Spiral (SC)*
- c. Tikungan *Spiral – Spiral (SS)*

2.6.1 Tikungan *Full Circle (FC)*

Tikungan *Full Circle* adalah jenis tikungan yang 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 (Shirley L. Hendarsin, 2000:96). Jari – jari tikungan jenis *Full Circle* ditunjukkan pada **Tabel 2.26** :

Tabel 2.26 Jari-jari Tikungan yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

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

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

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

$$T = R \cdot \tan \frac{\Delta}{2} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$E = T \cdot \tan \frac{\Delta}{4} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$L_c = \frac{\Delta}{180^\circ} \cdot \pi \cdot R \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana :

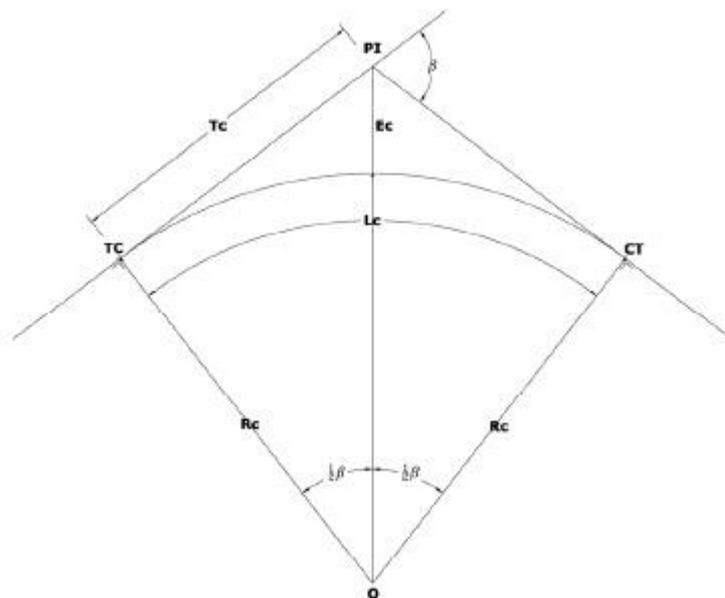
Δ : Sudut tangen ($^\circ$)

T_c : Panjang tangen jarak dari TC ke PI ke CT (m)

R_c : Jari-jari lingkaran (m)

E_c : Panjang luar PI ke busur lingkaran (m)

L_c : Panjang busur lingkaran (m)

**Gambar 2.17** Tikungan *Full Circle*

2.6.2 Tikungan *Spiral – Circle – Spiral*

Dalam bentuk tikungan ini, spiral di sini merupakan lengkung peralihan dari bagian lurus (tangent) berubah menjadi lingkaran (circle). Pada saat kendaraan melaju di daerah spiral, maka terjadi perubahan gaya sentrifugal yang terjadi mulai dari 0 ke harga $F =$ (Suryadharma H., dan Susanto B., 1999).

Menurut Shirley L. Hendarsin (2000:96) 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 maksimum (3 detik) untuk melintasi lengkung peralihan, maka panjang:

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} \cdot T \dots\dots\dots(2.19)$$

- b. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal:

$$L_s = 0,022 \cdot \frac{V^3}{R_c \cdot C} - 2,727 \cdot \frac{V \cdot e}{C} \dots\dots\dots(2.20)$$

- c. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \cdot G_e} \cdot V_R \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana :

T : Waktu tempuh = 3 detik

V_R : Kecepatan rencana (km/jam)

e : Superelevasi

C : Perubahan percepatan, 0,3 – 1,0 (disarankan 0,4 m/det³)

R_c : Jari – jari busur lingkaran (m)

e_m : Superelevasi maksimum

e_n : Superelevasi minimum

Γ_e : Tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan

- Untuk $V_R \leq 70$ km/jam, $\Gamma_e = 0,035$ m/m/det
- Untuk $V_R \geq 80$ km/jam, $\Gamma_e = 0,025$ m/m/det

Adapun ketentuan dan rumus yang digunakan untuk jenis tikungan *Spiral – Circle – Spiral* adalah sebagai berikut:

$$\Theta_s = \frac{90^\circ}{\pi} \cdot \frac{L_s}{R} \dots\dots\dots(2.22)$$

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_s \dots\dots\dots(2.23)$$

$$L_c = \frac{\Delta_c}{180^\circ} \cdot \pi \cdot R \dots\dots\dots(2.24)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6R} \dots\dots\dots(2.25)$$

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40 R^2} \right) \dots\dots\dots(2.26)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6R} - R (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots(2.27)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 \cdot R} - R \cdot \sin \theta_s \dots\dots\dots(2.28)$$

$$T_s = (R + p) \cdot \tan \frac{\Delta}{2} + k \dots\dots\dots(2.29)$$

$$E_s = (R + p) \cdot \sec \frac{\Delta}{2} - R \dots\dots\dots(2.30)$$

$$L = L_c + 2L_s \dots\dots\dots(2.31)$$

Dimana :

θ_s : Sudut lengkung spiral ($^\circ$)

Δ_c : 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)

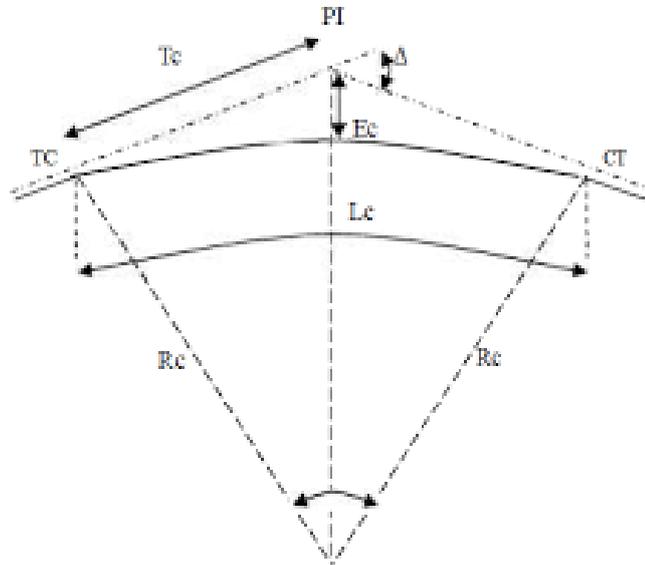
k : Absis p pada garis tangen *spiral* (m)

T_s : Jarak tangen dari PI ke TS atau ST (m)

E_s : Jarak dari PI ke puncak busur lingkaran (m)

Dengan kontrol jika :

- a. $L_c < 25$, maka sebaiknya digunakan tikungan jenis S – S
- b. $P \frac{L_s^2}{24 \cdot R_c} < 0,25$ m, maka digunakan tikungan jenis F - C



Gambar 2.18 Tikungan *Spiral – Circle – Spiral*

2.6.3 Tikungan *Spiral – Spiral*

Tikungan tipe *Spiral - Spiral* merupakan tikungan dimana lengkung peralihannya dipasang pada bagian awal yaitu pada bagian ujung dan di titik balik pada lengkungan untuk menjamin perubahan yang tidak mendadak pada jari-jari tikungan, superelevasi dan pelebaran jalan.

Menurut Silvia Sukriman, 1999:134 lengkung horizontal berbentuk *Spiral-Spiral* adalah lengkung tanpa busur lingkaran sehingga titik SC berimpit dengan titik CS. Panjang busur lingkaran $L_c = 0$, dan $\theta_s = \frac{1}{2} \Delta$.

Adapun ketentuan dan rumus yang digunakan untuk jenis tikungan *spiral – spiral* adalah sebagai berikut :

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots(2.32)$$

$$L_s = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{360^\circ} \cdot 2 \theta_s \dots\dots\dots(2.33)$$

$$L_c = 0 \dots\dots\dots(2.34)$$

$$T_s = (R + p) \cdot \tan \frac{\Delta}{2} + k \dots\dots\dots(2.35)$$

$$E_s = (R + p) \cdot \sec \frac{\Delta}{2} - R \dots\dots\dots(2.36)$$

$$L = 2 \cdot L_s \dots\dots\dots(2.37)$$

$$K = k^* \times L_s \dots\dots\dots(2.38)$$

$$P = p^* \times L_s \dots\dots\dots(2.39)$$

Dimana :

L_s : Panjang lengkung peralihan (jarak TS – SC atau CS – ST), (m)

L_c : Panjang besar 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 : Absis p pada garis tangen *spiral* (m)

L : Panjang tikungan S – S (m)

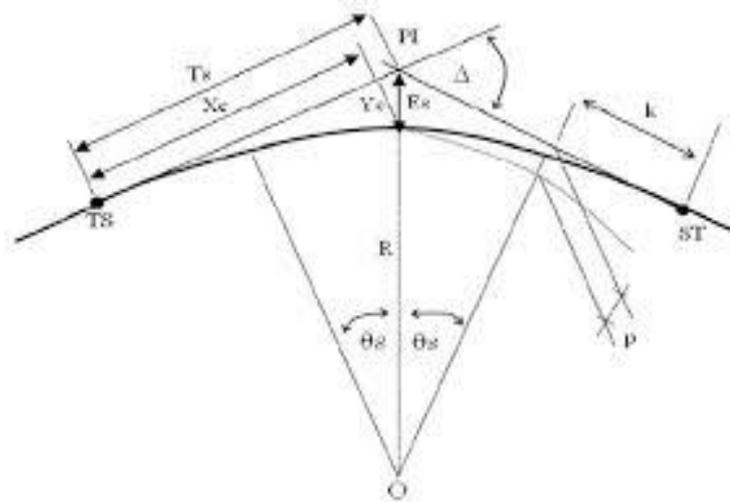
Tabel 2.27 Tabel p^* dan k^* , untuk $L_s = 1$

qs(*)	p^*	k^*	qs(*)	p^*	k^*	qs(*)	p^*	k^*
0,5	0,0007272	0,4999987	14,0	0,0206655	0,4989901	27,5	0,0422830	0,4959406
1,0	0,0014546	0,4999949	14,5	0,0214263	0,4989155	28,0	0,0431365	0,4957834
1,5	0,0021820	0,4999886	15,0	0,0221896	0,4988381	28,5	0,0439946	0,4956227
2,0	0,0029098	0,4999797	15,5	0,0229553	0,4987580	29,0	0,0448572	0,4954585
2,5	0,0036378	0,4999683	16,0	0,0237236	0,4986750	29,5	0,0457245	0,4952908
3,0	0,0043663	0,4999543	16,5	0,0244945	0,4985892	30,0	0,0465966	0,4951196
3,5	0,0050953	0,4999377	17,0	0,0252681	0,4985005	30,5	0,0474735	0,4949448
4,0	0,0058249	0,4999187	17,5	0,0260445	0,4984090	31,0	0,0483550	0,4947665
4,5	0,0065551	0,4998970	18,0	0,0268238	0,4983146	31,5	0,0492422	0,4945845
5,0	0,0072860	0,4998728	18,5	0,0276060	0,4982172	32,0	0,0501340	0,4943988
5,5	0,0080178	0,4998461	19,0	0,0283913	0,4981170	32,5	0,0510310	0,4942094
6,5	0,0094843	0,4998167	19,5	0,0291797	0,4980137	33,0	0,0519333	0,4940163
6,5	0,0102191	0,4997848	20,0	0,0299713	0,4979075	33,5	0,0528408	0,4938194
7,0	0,0109550	0,4997503	20,5	0,0307662	0,4977983	34,0	0,0537536	0,4936187
7,5	0,0116922	0,4997132	21,0	0,0315644	0,4976861	34,5	0,0546719	0,4934141

Lanjutan Tabel 2.27

qs(*)	p*	k*	qs(*)	p*	k*	qs(*)	p*	k*
8,0	0,0123407	0,4997350	21.5	0,0323661	0,4975708	35.0	0,05559557	0,4932057
8,5	0,0131706	0,4993120	22.0	0,0331713	0,4974525	35.5	0,0562500	0,4929933
9,0	0,0139121	0,4995862	22.5	0,0339801	0,4973311	36.0	0,0574601	0,4927769
9,5	0,0146551	0,4995387	23.0	0,0347926	0,4972065	36.5	0,0584008	0,4925566
10,0	0,0153997	0,4994884	23.5	0,0356088	0,490788	37.0	0,0593473	0,4923322
10,5	0,0161461	0,4994356	24.0	0,0364288	0,496979	37.5	0,0602997	0,4921037
11,0	0,0161461	0,4993800	24.5	0,0372528	0,4968139	38.0	0,0612581	0,4918711
11,5	0,0168943	0,4993218	25.0	0,0380807	0,4966766	38.5	0,0622224	0,4916343
12,0	0,0176444	0,4992609	25.5	0,0389128	0,495360	39.0	0,0631929	0,4913933
12,5	0,0183965	0,4991973	26.0	0,0397489	0,4963922	39.5	0,0641694	0,4911480
13,0	0,0191507	0,4991310	26.5	0,0405893	0,4962450	40.0	0,0651522	0,4908985
13,5	0,0199070	0,4990619	27.0	0,0414340	0,4960945			

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



Gambar 2.19 Tikungan *Spiral – Spiral*

2.6.4 Diagram Superelevasi

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

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

Pada tikungan *Full Circle* (FC) karena lengkung hanya berbentuk busur lingkaran saja, maka pencapaian superelevasi dilakukan sebagian pada jalan lurus dan sebagian lagi pada bagian lengkung. Karena bagian lengkung peralihan itu sendiri tidak ada, maka panjang daerah pencapaian kemiringan disebut sebagai panjang peralihan fiktif (L_s'). Bina Marga menempatkan $3/4 L_s'$ dibagian lurus (kiri TC atau kanan CT) dan $1/4 L_s'$ ditempatkan di bagian lengkung (kanan TC atau kiri CT). Sedangkan AASHTO menempatkan $2/3 L_s'$ di bagian lurus (kiri TC atau kanan CT) dan $1/3 L_s'$ ditempatkan di bagian lengkung (kanan TC atau kiri CT).

Pada tikungan SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier melalui dari bentuk normal pada bagian lurus sampai bentuk superelevasi penuh pada bagian akhir lengkung peralihan SC. Pada tikungan SS, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral. Superelevasi tidak diperlukan jika jari – jari (R) cukup besar untuk itu cukup lereng diputar sebesar lereng normal (LP) atau bahkan tetap dipertahankan sebesar lereng normal (LN). Untuk nilai panjang lengkung peralihan minimum dan superelevasi dapat dilihat pada **Tabel 2.28** di bawah ini.

Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan – kemiringan jalan pada bagian tertentu berfungsi untuk mempermudah dalam pekerjaannya dan pelaksanaannya di lapangan. Diagram superelevasi digambarkan berdasarkan elevasi sumbu jalan sebagai garis nol. Ada tiga cara dalam menggambarkan diagram superelevasi, yaitu :

- Sumbu jalan dipergunakan sebagai sumbu putar.
- Tepi perkerasan jalan sebelah dalam digunakan sebagai sumbu putar.
- Tepi perkerasan jalan sebelah luar digunakan sebagai sumbu putar.

Tabel 2.28 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi yang dibutuhkan ($e_{maks} = 10\%$, metode Bina Marga)

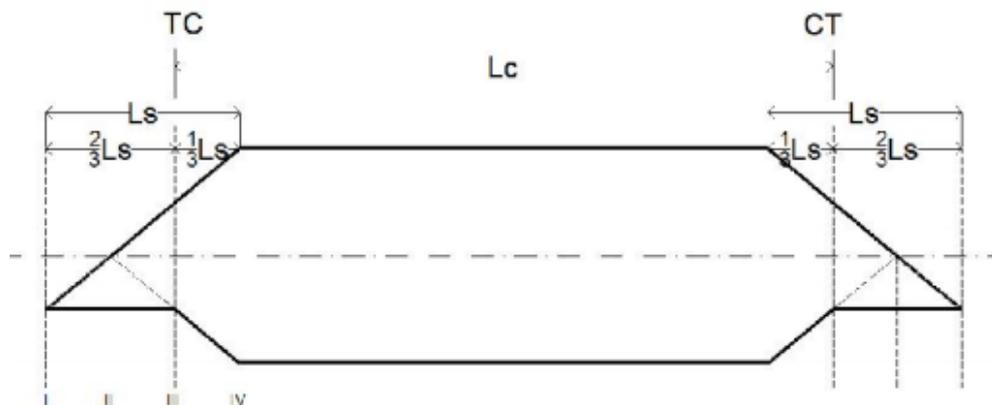
D	R	V = 50 km/jam		V = 60 km/jam		V = 70 km/jam		V = 80 km/jam		V = 90 km/jam	
		Ls	Ls								
0.250	5730	Ln	45	LN	50	LN	60	LN	70	LN	75
0.500	2865	Ln	45	LN	50	LP	60	LP	70	LP	75
0.750	1910	Ln	45	LP	50	LP	60	0.020	70	0.025	75
1.000	1432	Lp	45	LP	50	0.021	60	0.027	70	0.033	75
1.250	1146	Lp	45	LP	50	0.025	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	60	0.079	60	0.093	70	0.100	75
6.000	286	0.055	45	0.073	60	0.088	60	0.098	70	Dmaks = 5,12	
7.000	239	0.062	45	0.080	60	0.094	60	Dmaks = 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	Dmaks = 9,12					
11.000	130	0.083	45	0.098	60						

Lanjutan Tabel 2.28

D	R	V = 50 km/jam		V = 60 km/jam		V = 70 km/jam		V = 80 km/jam		V = 90 km/jam	
		Ls	Ls								
12.000	119	0.087	45	0.100	60						
13.000	110	0.091	45	Dmaks = 12,79							
14.000	102	0.093	45								
16.000	90	0.097	45								
17.000	84	0.099	45								
18.000	80	0.099	45								
19.000	75	Dmaks = 18,8									

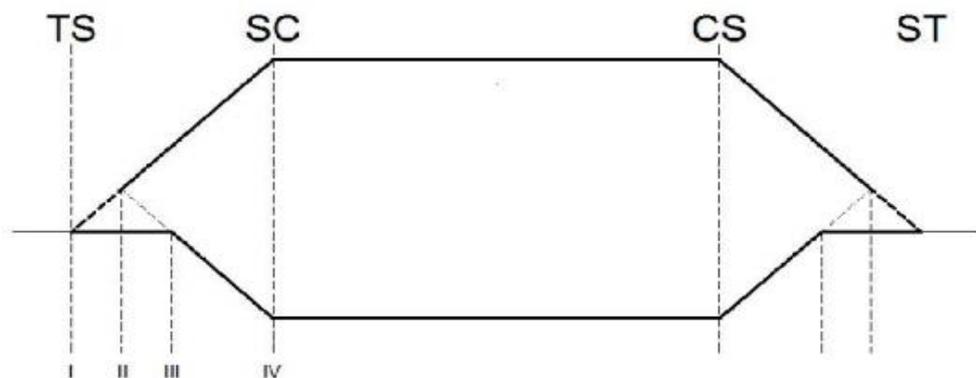
(Sumber : Silvia Sukirman, 1999)

a. Diagram Superelevasi *Full Circle*



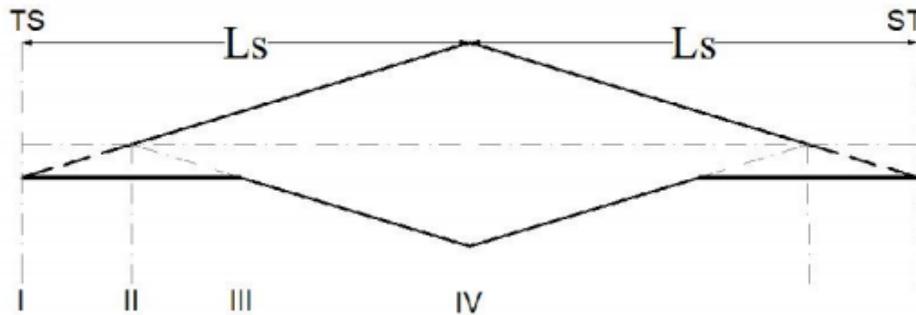
Gambar 2.20 Diagram Pencapaian Superelevasi *Full Circle*

b. Diagram Superelevasi *Spiral – Circle – Spiral*



Gambar 2.21 Diagram Pencapaian Superelevasi *Spiral – Circle – Spiral*

c. Diagram Superelevasi *Spiral – Spiral*

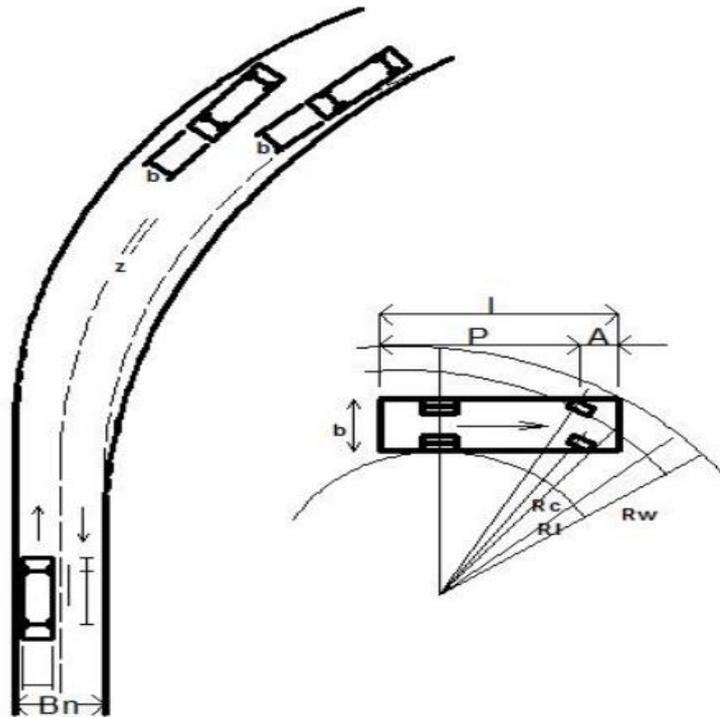


Gambar 2.22 Diagram Pencapaian Superelevasi *Spiral – Spiral*

2.6.5 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.



Gambar 2.23 Pelebaran Perkerasan pada Tikungan

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

$$B = \sqrt{Rc^2 - 64 + 1,25 + 64 - Rc^2} - 64 + 1,25 \dots\dots\dots(2.40)$$

Dimana :

B : Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan di tikungan pada lajur sebelah dalam (m).

Rc : Radius lengkung untuk lintasan roda depan.

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

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

Dimana :

R : Jari – jari busur lingkaran pada tikungan (m)

Bn : Lebar total perkerasan pada abgian lurus (m)

b : Lebar kendaraan rencana (m)

$$B_t = n (B + C) + Z \dots\dots\dots(2.42)$$

$$Z = 0,015 \frac{V}{\sqrt{R}} \text{ (m)} \dots\dots\dots(2.43)$$

Dimana :

n : Jumlah jalur lalu lintas

B : Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan di tikungan pada lajur sebelah dalam (m).

Z : Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi di tikungan (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

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

$$\Delta b = B_t - B_n \dots\dots\dots(2.44)$$

Dimana :

Δb : Tambahan lebar perkerasan di tikungan (m)

B_n : Lebar total perkerasan pada abgian lurus (m)

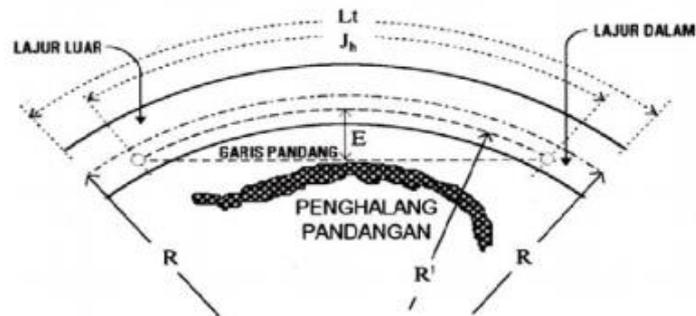
V : Kecepatan rencana (km/jam)

R : Jari – jari tikungan

2.6.6 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 $J_h < L_t$



Gambar 2.24 Daerah bebas samping ditikungan untuk $J_h < L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{90J_h}{\pi R} \right)$$

Dimana :

E : Jarak bebas samping (m)

R : Jari – jari tikungan (m)

R' : Jari – jari sumbu jalur dalam (m)

Jh : Jarak pandang henti (m)

2. Jika $J_h > L_t$



Gambar 2.25 Daerah bebas samping ditikungan untuk $J_h > L_t$

Dimana :

E : Jarak bebas samping (m)

R : Jari – jari tikungan (m)

R' : Jari – jari sumbu jalur dalam (m)

Jh : Jarak pandang henti (m)

Lt : Panjang tikungan (m)

Nilai E (m) dapat dilihat dibawah ini :

Daerah bebas samping ditikung dihitung berdasarkan jarak pandang mendahului menggunakan rumus – rumus sebagai berikut :

$$M = R (1 - \text{Cos } \theta) + \frac{1}{2} (S - L) \text{Sin } \theta$$

Dimana :

M : Jarak dari sumbu penghalang ke sumbu lajur sebelah dalam (m)

θ : Setengah sudut pusat sepanjang L (°)

R : Radius sumbu lajur sebelah dalam (m)

S : Jarak pandangan (m)

L : Panjang tikungan (m)

2.10.7 Penomoran Panjang Jalan (*Stationing*)

Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval – interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (STA ajaln) dibuthkan sebagai sarana komunikasi, selanjutnya menjadi panduan untuk lokasi suatu tempat. Nomor jalan ini sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Di samping itu dari penomoran jalan tersebut dapat diperoleh informasi tentang panjang jalan secara keseluruhan. Setiap STA jalan dilengkapi dengan gambar potongan melintangnya (Silvia Sukirman, 1999:181).

Nomor jalan (STA jalan) ini sama fungsinya dengan patok – patok km di sepanjang jalan, namun juga terdapat perbedaanya antara lain :

- a. Patok km merupakan petunjuk jarak yang diukur dari patok km 0, yang umumnya terletak di Ibukota Provinsi atau Kotamadya, sedangkan patok STA merupakan petunjuk jarak yang diukur dari awal sampai akhir pekerjaan.
- b. Patok km berupa patok permanen yang dipasang dengan ukuran standar yang berlaku, sedangkan patok STA merupakan patok sementara selama masa pelaksanaannya proyek jalan tersebut.

2.7 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan, yang umumnya biasa disebut dengan profil/penampang memanjang jalan untuk 2 laur 2 arah atau melalui tepi masing – masing perkerasan untuk jalan dengan median.

Perencanaan alinyemen vertikal dipengaruhi oleh besarnya biaya pembangunan yang tersedia. Alinyemen vertikal yang mengikuti muka tanah asli akan mengurangi pekerjaan tanah, tetapi mungkin saja akan mengakibatkan jalan itu terlalu banyak mempunyai tikungan. Tentu saja hal ini belum tentu sesuai dengan persyaratan yang diberikan sehubungan dengan fungsi jalannya.

Muka jalan sebaiknya diletakkan sedikit diatas muka tanah asli sehingga memudahkan dalam pembuatan drainase jalannya, terutama di daerah yang datar. Pada daerah yang seringkali di landa banjir sebaiknya penampang memanjang jalan diletakkan diatas elevasi muka banjir. Di daerah perbukitan atau pegunungan di usahakan banyaknya pekerjaan galian seimbang dengan pekerjaan timbunan, sehingga secara keseluruhan biaya yang dibutuhkan tetap dapat dipertanggungjawabkan.

Perlu pula diperhatikan bahwa alinyemen vertikal yang direncanakan itu akan berlalu untuk masa panjang, sehingga sebaiknya alinyemen vertikal yang dipilih tersebut dapat dengan mudah mengikuti perkembangan lingkungan.

Alinyemen vertikal disebut juga penampang memanjang jalan yang terdiri, dari garis – garis lurus dan garis – garis lengkung. Garis lurus tersebut dapat datar, mendaki, menurun dan biasa disebut landai dengan dinyatakan persen. Pada perencanaan alinyemen vertikal akan ditemui kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan) sehingga kombinasinya berupa lengkung cembung dan lengkung cekung, disamping kedua lengkung tersebut ditemui juga kelandaian = 0 (datar).

2.7.1 Kelandaian

a. Kelandaian Minimum

Untuk tanah timbunan yang tidak menggunakan kerb, maka lereng melintang jalan dianggap sudah cukup untuk dapat mengalirkan air di atas badan jalan yang selanjutnya dibuang ke lereng jalan.

Untuk jalan – jalan di atas tanah timbunan dengan medan datar dan menggunakan kerb, kelandaian yang dianjurkan adalah 0,15% yang dapat membantu mengalirkan air dari atas jalan dan membuangnya ke saluran tepi atau saluran pembuangan.

Sedangkan untuk jalan – jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kerb, kelandaian jalan minimum yang dianjurkan adalah 0,30 – 0,50%. Lereng melintang jalan hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh di atas badan jalan, sedangkan landai jalan dibutuhkan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping, untuk membuang air permukaan sepanjang jalan.

b. Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah. Kelandaian maksimum untuk berbagai V_R dapat dilihat dalam **Tabel 2.29**.

Tabel 2.29 Kelandaian Maksimum yang Diizinkan

V_R (km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40
Kelandaian maksimum	3	3	4	5	8	9	10	10

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

c. Panjang Kritis Suatu Kelandaian

Panjang kritis adalah panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian rupa sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan rencana (V_R). Lama perjalanan pada panjang kritis tidak lebih dari 1 menit.

Tabel 2.30 Panjang Kritis (m)

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

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

d. Lajur Pendakian

Pada jalan jalur dengan rencana volume lalu lintas yang tinggi, maka kendaraan berat akan berjalan pada lajur pendakian dengan kecepatan di bawah kecepatan rencana (V_R), sedangkan kendaraan lainnya masih dapat bergerak dengan kecepatan rencana. Dalam hal ini sebaiknya dipertimbangkan untuk membuat lajur tambahan disebelah kiri lajur jalan.

**Gambar 2.26** Lajur Pendakian

2.7.2 Lengkung Vertikal

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

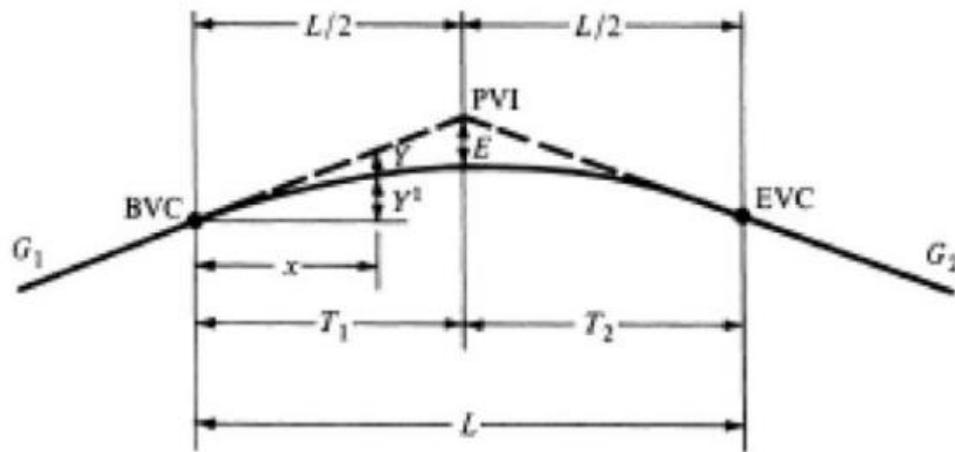
Bentuk lengkung vertikal adalah parabola dengan asumsi sederhana sehingga elevasi panjang lengkung dapat diperkirakan panjangnya, panjang minimum lengkung vertikal bisa ditentukan langsung sesuai dengan **Tabel 2.31**

Tabel 2.31 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 Jenderal Bina Marga, 1997)

Kelandaian menaik diberi tanda (+) dan kelandaian menurun diberi tanda (-) ketentuan pendakian atau penurunan ditinjau dari kiri ke kanan. Gambar lengkung vertikal dapat dilihat pada **Gambar 2.25** di samping ini :



Gambar 2.27 Lengkung Vertikal

Adapun rumus yang dipergunakan untuk lengkung vertikal adalah sebagai berikut :

$$A = g_1 \pm g_2 \dots\dots\dots(2.45)$$

$$y' = \left[\frac{g_2 - g_1}{200 Lv} \right] \cdot x^2 \dots\dots\dots(2.46)$$

Untuk $x = \frac{1}{2} Lv$, maka $y' = Ev$ yang dirumuskan sebagai berikut :

$$Ev = \frac{(g_2 - g_1) Lv}{800} \dots\dots\dots(2.47)$$

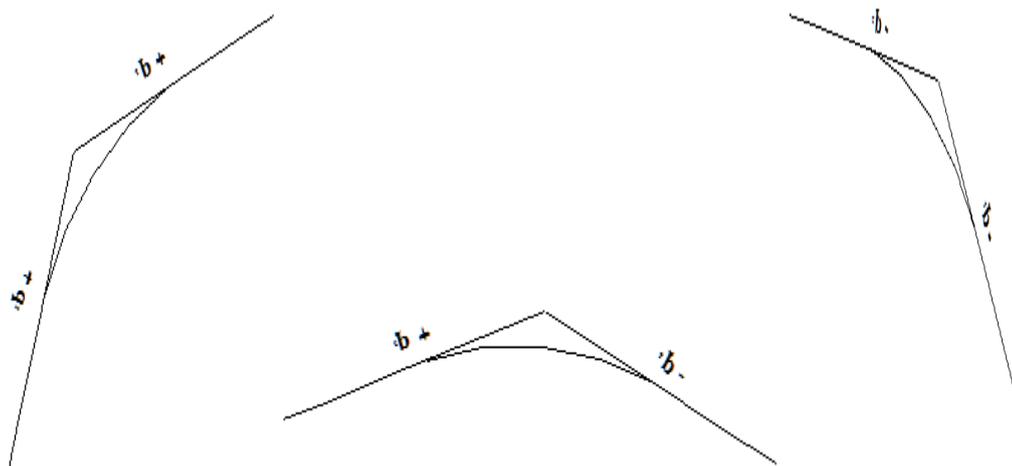
Dimana :

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

Jenis lengkung vertikal dilihat dari titik perpotongan kedua bagian yang lurus (*tangen*), yaitu :

a. Lengkung Vertikal Cembung

Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua *tangen* berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan. Gambar lengkung vertikal cembung dapat dilihat pada **gambar 2.28** di bawah ini :

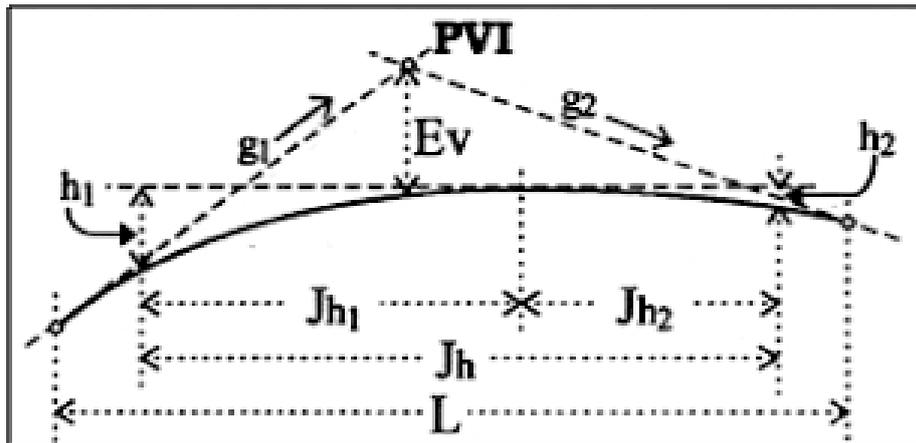


Gambar 2.28 Alinyemen Vertikal Cembung

Panjang lengkung vertikal cembung (L_v), dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

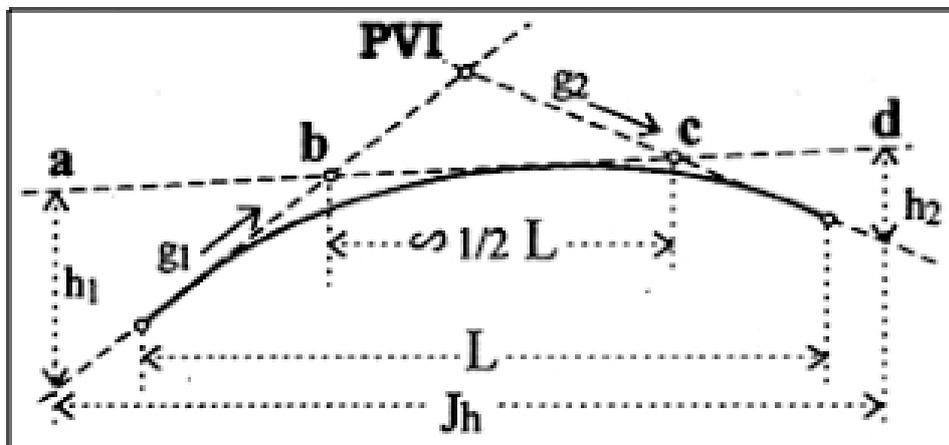
- a) Panjang L_v berdasarkan J_h (dalam meter)

$$J_h < L_v, \text{ maka } L_v = \frac{A \cdot J_h^2}{399} \dots\dots\dots(2.48)$$



Gambar 2.29 Panjang Lv untuk $J_h < L_v$

$J_h > L_v$, maka $L_v = 2 J_h - \frac{399}{A}$ (2.50)



Gambar 2.30 Panjang Lv untuk $J_h > L_v$

b) Panjang Lv berdasarkan Jd (dalam meter)

$J_d < L_v$, maka $L_v = \frac{A \cdot J_d^2}{840}$ (2.51)

$J_d > L_v$, maka $L_v = 2 J_d - \frac{840}{A}$ (2.52)

Dimana :

J_h : Jarak pandang henti (m)

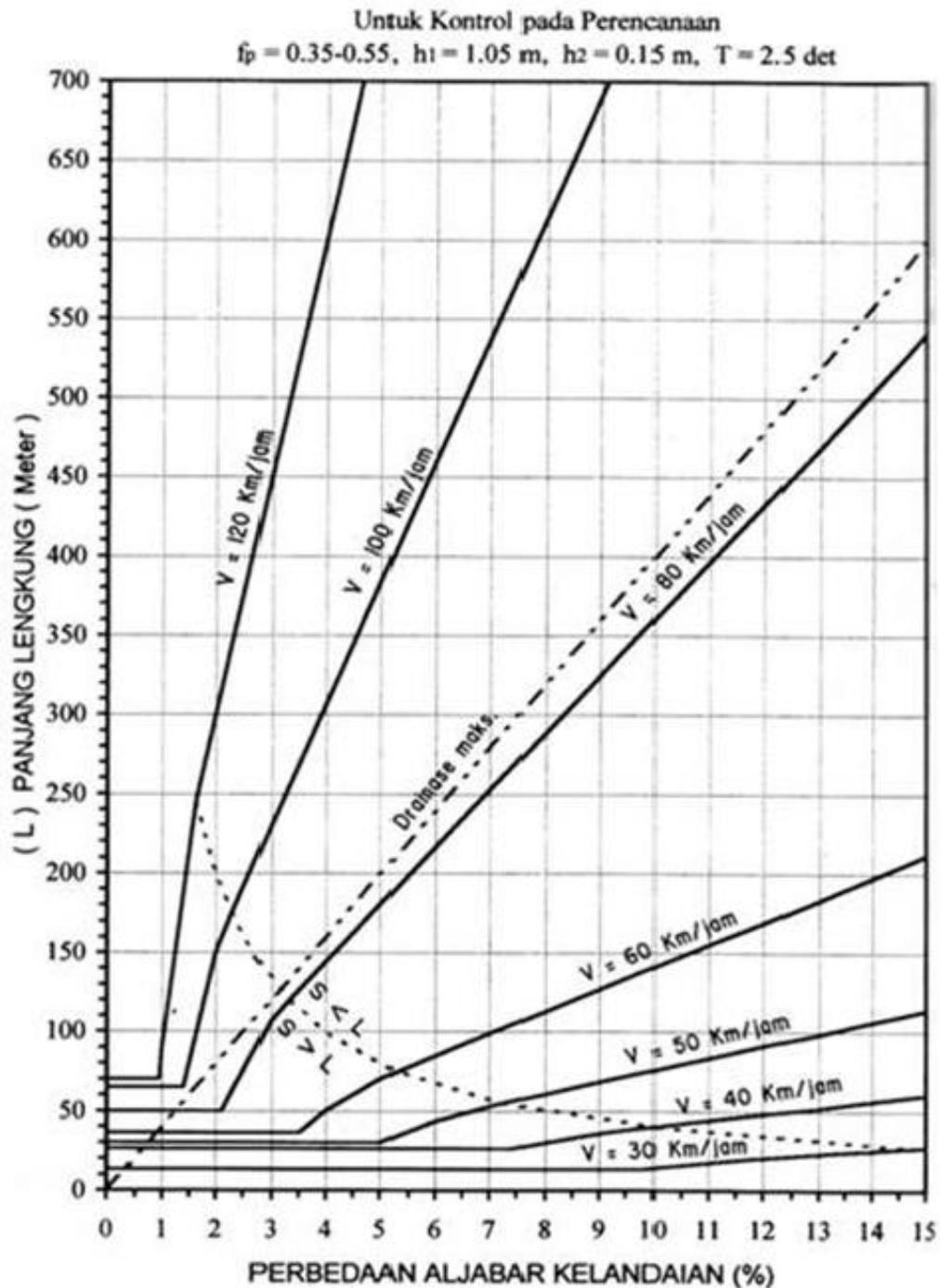
J_d : Jarak pandang mendahului/menyiap (m)

g_1, g_2 : Kemiringan/*tangen* (%)

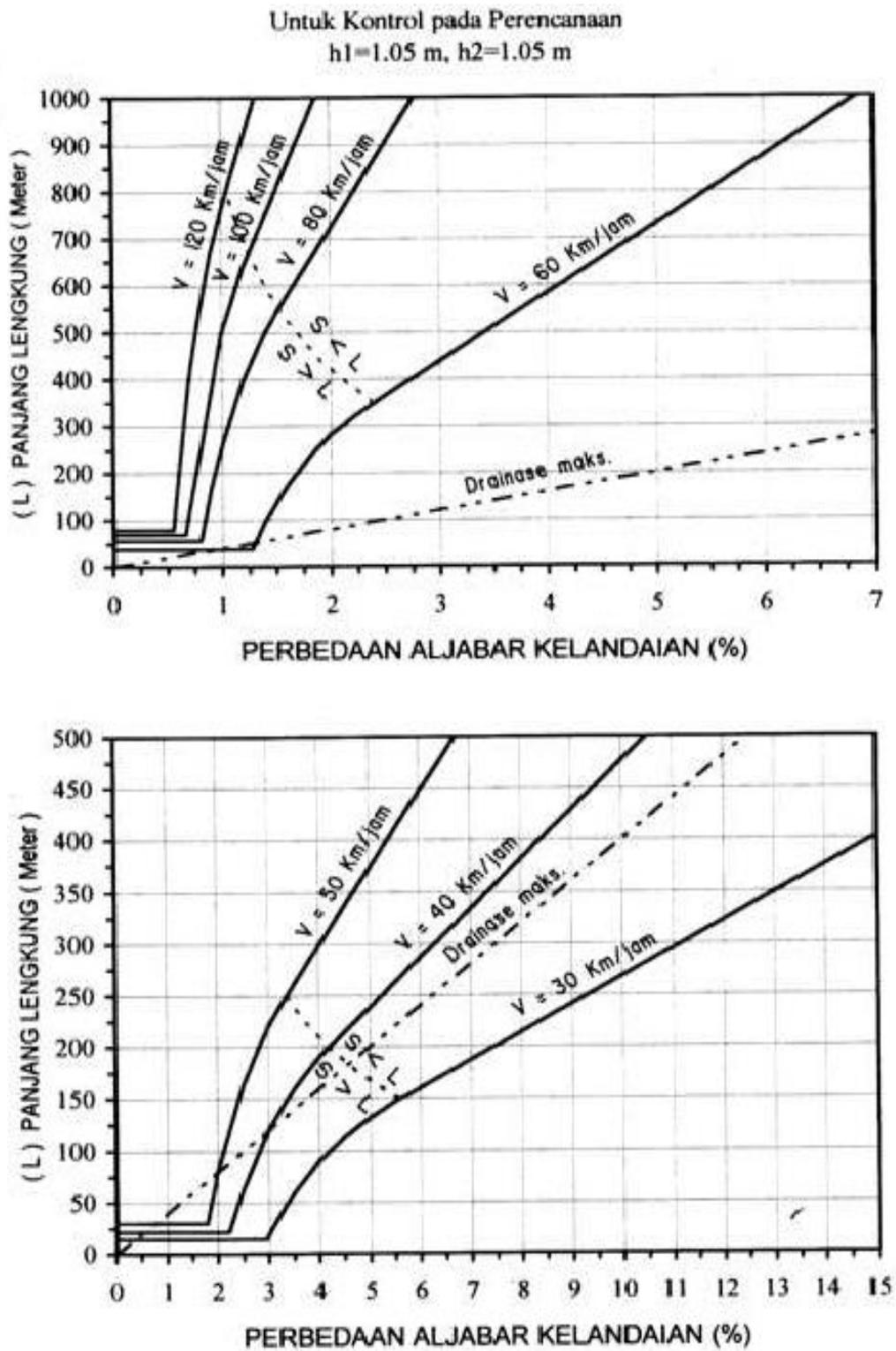
L_v : Panjang Lengkung (m)

A : Perbedaan aljabar untuk kelandaian (%), dimana $A = g_1 \pm g_2$

Untuk menentukan panjang lengkung vertikal cembung (L_v) dapat juga ditentukan berdasarkan grafik pada **gambar 2.31** (untuk jarak pandang henti) dan grafik pada **gambar 2.32** (untuk jarak pandang menyiap) di bawah ini:



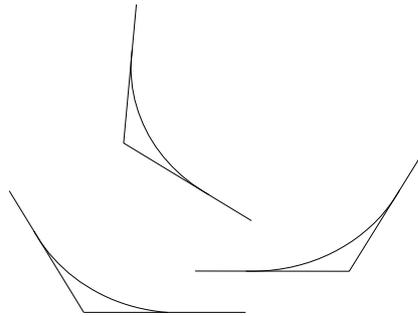
Gambar 2.31 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Pandang Henti (J_h)



Gambar 2.32 Jarak Pandang Mendahului (Jd)

b. Lengkung Vertikal Cekung

Lengkung vertikal cekung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua *tangen* berada di bawah permukaan jalan. Gambar lengkung vertikal cekung dapat dilihat pada **gambar 2.33** di bawah ini :



Gambar 2.33 Alinyemen Vertikal Cekung

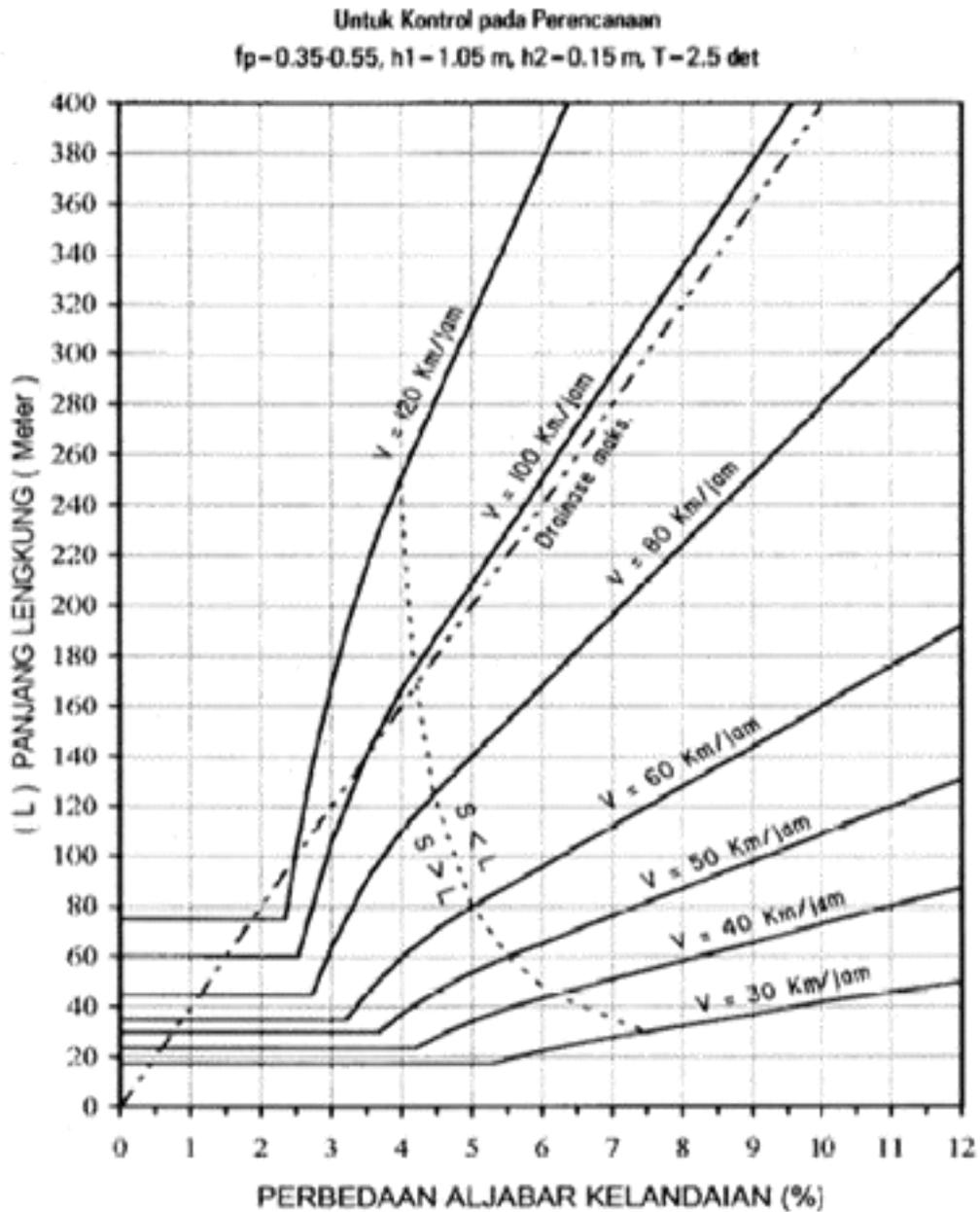
Dalam menentukan panjang lengkung vertikal cekung, harus memperhatikan antara lain :

- a) Jarak penyinaran lampu kendaraan.
- b) Jarak pandang bebas di bawah bangunan.
- c) Persyaratan drainase.
- d) Kenyamanan Pengemudi.
- e) Keluwesan bentuk.

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandang pada waktu malam hari dan syarat drainase sebagaimana tercantum dalam grafik pada **gambar 2.34**. Rumus- rumus yang berlaku pada lengkung cekug vertikal adalah sebagai berikut :

$$\text{a) } J_h < L_v, \text{ maka } L_v = \frac{A \cdot J_h^2}{120 + 3,5 J_h} \dots\dots\dots(2.53)$$

$$\text{b) } J_h > L_v, \text{ maka } L_v = 2 J_h - \frac{120 + 3,5 J_h}{A} \dots\dots\dots(2.54)$$



Gambar 2.34 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

2.8 Koordinasi Alinyemen

Menurut Shirley L. Hendarsin (2000:124-125), koordinasi alinyemen pada perencanaan teknik jalan, diperlukan untuk menjamin suatu perencanaan teknik jalan raya yang baik dan menghasilkan keamanan serta rasa nyaman bagi pengemudi kendaraan (selaku pengguna jalan) yang melalui jalan tersebut. Maksud koordinasi dalam hal ini, yaitu penggabungan beberapa elemen dalam

perencanaan geometrik jalanyang terdiri dari perencanaan alinyemen horizontal, alinyemen vertikal dan potongan memanjang dalam suatu panduan sehingga menghasilkan produk perencanaan teknik sedemikian yang memenuhi unsur aman, nyaman dan ekonomis. Beberapa ketentuan atau syarat – syarat sebagai panduan yang dapat digunakan untuk proses koordinasi alinyemen, yaitu :

- a. Alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal terletak pada suatu fase, dimana alinyemen horizontal sedikit lebih panjang dari alinyemen vertikal.
- b. Tikungan tajam yang terletak di atas lengkung vertikal cembung atau di bawah lengkung vertikal cekung harus dihindarkan, karena hal ini akan menghalangi pandangan mata pengemudi pada saat memasuki tikungan pertama dan juga jalan terkesan putus.
- c. Pada kelandaian jalan yang lurus dan panjang, sebaiknya tidak dibuat lengkung vertikal cekung, karena pandangan pengemudi akan terhalang oleh puncak alinyemen vertikal sehingga sulit untuk memperkirakan alinyemen dibalik puncak tersebut.
- d. Lengkung vertikal dua atau lebih pada satu lengkung horizontal, sebaiknya dihindarkan.
- e. Tikungan tajam yang terletak diantara bagian jalan yang lurus dan panjang harus dihindarkan.

2.9 Perencanaan Bangunan Pelengkap

Bangunan pelengkap jalan merupakan bagian dari jalan yang dibangun untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas dan menghindari kerusakan yang mungkin terjadi pada permukaan jalan yang nantinya akan berdampak pada kenyamanan pemakai jalan. 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.

2.9.1 Drainase Jalan

Pada pembangunan dan pemeliharaan jalan, drainase sangat penting diperhatikan karena kondisi drainase yang buruk juga merupakan penyebab utama kerusakan perkerasan. Drainase jalan yang baik harus mampu menghindari masalah – masalah atau kerusakan jalan yang disebabkan oleh pengaruh cuaca dan beban lalu lintas.

Air masuk ke struktur perkerasan jalan melalui banyak cara antara lain retak pada permukaan jalan, air tanah tinggi pada musim hujan atau infiltrasi dan kapilerisasi air pada daerah sekitar perkerasan.

Drainase yang digunakan sebagai bangunan pelengkapan 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.

Ada dua jenis drainase yaitu drainase permukaan dan drainase bawah permukaan. Drainase permukaan berfungsi untuk membuang air dari permukaan perkerasan ke saluran pembuang. Saluran drainase permukaan terdiri dari tiga jenis, yaitu saluran (saluran penangkap; saluran samping), gorong – gorong (culvert) dan saluran alam (sungai) yang memotong jalan.

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

Untuk menghitung besarnya hujan rencana, dapat digunakan berbagai cara tergantung data hujan (dari hasil pengamatan) yang tersedia, karena tidak semua post pencatat hujan model otomatis dan pengamatan yang dilakukan juga tidak selalu kontinu (berbagai pertimbangan dari segi SDM, keamanan, kondisi lokasi, teknisi dan suku cadang).

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

$$Q = \frac{C \cdot I_t \cdot A}{3,6} \dots\dots\dots(2.55)$$

Dimana :

- Q : Debit limpasan (m^3/det)
 C : Koefisien limpasan atau pengaliran
 I_t : Intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)
 A : Luas daerah tangkapan hujan (km^2)

2.9.2 Saluran Sampung

Tahanan untuk menentukana kapasitas saluran sampung jika menggunakan metode rasional.

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

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

$$X = \frac{\sum x}{n} \dots\dots\dots(2.56)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (x^2) - x \sum x}{n-1}} \dots\dots\dots(2.57)$$

$$R_T = X + S_x \dots\dots\dots(2.58)$$

Dimana :

- X : Curah hujan harian maksimal pertahun (mm)
 N : Jumlah data curah hujan
 X : Curah hujan harian rata – rata (mm)
 S_x : Standar deviasi
 R_T : Frekuensi hujan pada periode ulang T
 K : Faktor frekuensi

Tabel 2.32 Nilai K Sesuai Lama Pengamatan

T	Y _T	Lama Pengamatan (Tahun)				
		10	15	20	25	30
2	0.3665	-0,1355	-0,1434	-,1478	-0,1506	-0,1526
5	1.4999	1,0580	0,9672	0,9186	0,8878	0,8663
10	2,2502	1,8482	1,7023	1,6246	1,5752	1,5408
20	2,9702	2,6064	2,4078	2,3020	2,2348	2,1881
25	3,1985	2,8468	2,6315	2,5168	2,4440	2,3933
50	3,9019	2,5875	3,3207	3,1787	3,1787	3,0256
100	4,6001	4,3228	4,0048	3,8356	3,8356	3,6533

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

b. Menentukan Intensitas Hujan Rencana

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

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24^{\frac{2}{3}}}{t} \right) \dots\dots\dots(2.59)$$

Dimana :

I : Intensitas Hujan (mm/jam)

t : Lamanya curah hujan (menit)

R₂₄ : Curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm)

Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisi data hujan baik secara statis maupun secara empiris. Biasanya intensitas hujan dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek misalnya 5 menit, 30 menit, 60 menit dan jam.

c. Luas Daerah Pengaliran (A)

Luas daerah tangkapan hujan (*catchment area*) pada perencanaan saluran samping jalan adalah daerah pengaliran yan menerima curah hujan selama waktu tertentu (intensitas hujan) sehingga menimbulkan debit limpasan yang harus dialirkan perhitungan luas daerah pengaluran didasarkan pada panjang segmen jalan yang ditinjau.

d. Koefisien Pengaliran dan Faktor Limpasan

Koefisien pengaliran (C) dan koefisien limpasan (fk) adalah angka reduksi dari intensitas hujan, yang besarnya disesuaikan dengan kondisi permukaan kemiringan atau kelandaian, jenis tanah dan druasai hujan, koefisien ini tidak berdimensi. Berdasarkan pada T-02-2006-B tentang Perencanaan Drainase Jalan nilai C dengan berbagai kondisi permukaan, dapat dihitung atau ditentukan dengan cara sebagai berikut :

$$C_w = \frac{C_1 . A_1 + C_2 . A_2 + C_3 . A_3 . f_k}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots} \dots\dots\dots(2.60)$$

Dimana :

C1, C2.... : Koefisien pengaliran sesuai dengan jenis permukaan

A1, A2.... : Luas daerah pengaliran (km²)

Cw : C rata – rata pada daerah pengaliran yang dihitung

fk : Faktor limpasan sesuai guna jalan

Harga koefisien pengaliran (C) atau koefisien limpasan (fk) dapat dilihat pada **Tabel 2.33** berikut ini :

Tabel 2.33 Harga Koefisien Pengaliran (C) dan Harga Faktor Limpasan (fk)

No.	Kondisi Permukaan	Koefisien Pengaliran (C)	Faktor Limpasan (fk)
	BAHAN		
1	Jalan beton & jalan aspal	0,70-0,90	-
2	Jalan kerikil & jalan tanah	0,40-0,70	-
3	Bahu jalan :		
	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	-

Lanjutan Tabel 2.33

No.	Kondisi Permukaan	Koefisien Pengaliran (C)	Faktor Limpasan (fk)
TATA GUNA LAHAN			
1	Daerah Perkotaan	0,70-0,95	2,0
2	Daerah Pinggiran Kota	0,60-0,70	1,5
3	Daerah Industry	0,60-0,90	1,2
4	Pemukiman Padat	0,40-0,60	2,0
5	Pemukiman Tidak Padat	0,40-0,60	1,5
6	Taman dan Kebun	0,20-0,40	0,2
7	Persawitan	0,45-0,60	0,5
8	Perbukitan	0,70-0,80	0,4
9	Pegunungan	0,75-0,95	0,3

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

e. Waktu Konsentrasi (Tc)

Waktu konsentrasi adalah waktu terpanjang yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan aliran air secara simultan (*runoff*) setelah melewati titik – titik tertentu.

Terdiri dari (t_1) waktu untuk mencapai saluran dari titik terjauh dan (t_2) waktu pengaliran. Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan rumus :

$$T_c = t_1 + t_2 \dots\dots\dots(2.61)$$

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times I_o \times \frac{nd}{\sqrt{k}} \right)^{0,167} \dots\dots\dots(2.62)$$

$$t_2 = \frac{L}{60 \times v} \dots\dots\dots(2.63)$$

Dimana :

Tc : Waktu konsentrasi (menit)

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

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

I_o : Jarak dari titik terjauh sampai sarana drainase (m)

- L : Panjang saluran (m)
 K : Kelandaian permukaan
 n_d : Koefisien hambatan (lihat **Tabel 2.34**)
 Is : Kemiringan saluran memanjang
 V : Kecepatan air rata – rata pada saluran drainase
 f. Debit Banjir

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

$$Q = \frac{1}{3,6} \times Cw \times I \times A \dots\dots\dots(2.64)$$

Dimana :

- Q : Debit aliran ($m^3/detik$)
 Cw : Koefisien pengaliran rata – rata
 I : Intensitas curah hujan (mm/jam)
 A : Luas daerah layanan (km^2)

Tabel 2.34 Koefisien Hambatan Berdasarkan Kondisi Permukaan

No.	Kondisi Permukaan yang Dilalui Aliran	n_d
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan halus dan kedap air	0,02
3	Permukaan halus dan padat	0,10
4	Lapangan dengan rumput jarang, lading, dan tanah lapang kosong dengan permukaan cukup kasar	0,20
5	Lading dan lapangan rumput	0,40
6	Hutan	0,60
7	Hutan dan rimba	0,80

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

2.9.3 Gorong – gorong (*Box 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 pada **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 2.35 Tipe Penampang Gorong – gorong

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

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

Berdasarkan standar gorong – gorong persegi *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. Konstruksi gorong – gorong persegi beton bertulang ini direncanakan dapat menampung berbagai variasi lebar perkerasan sehingga pada prinsipnya panjang gorong – gorong persegi adalah bebas, tetapi pada perhitungan volume dan berat besi tulangan diambil terbatas dengan lebar perkerasan yang umum, yaitu 3,5;4,5;6 dan 7 meter.

Dimensi gorong – gorong persegi beton bertulang direncanakan seperti pada **Tabel 2.36** berikut ini :

Tabel 2.36 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 Jenderal Bina Marga, 1997)

2.9.4 Kriteria Perencanaan Saluran Samping dan Gorong – gorong

Pada perencanaan saluran terbuka secara hidrolika, jenis aliran yang terjadi adalah aliran terbuka, yaitu pengaliran air dengan permukaan bebas. Perencanaan ini digunakan untuk perencanaan saluran samping jalan maupun gorong – gorong. Bahan bangunan saluran ditentukan oleh besarnya kecepatan rencana aliran air yang mengalir di saluran samping tersebut. Sedangkan besarnya kemiringan saluran memanjang ditentukan berdasarkan bahan yang digunakan.

Tabel 2.37 Kemiringan Saluran Memanjang Berdasarkan Jenis Material

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

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

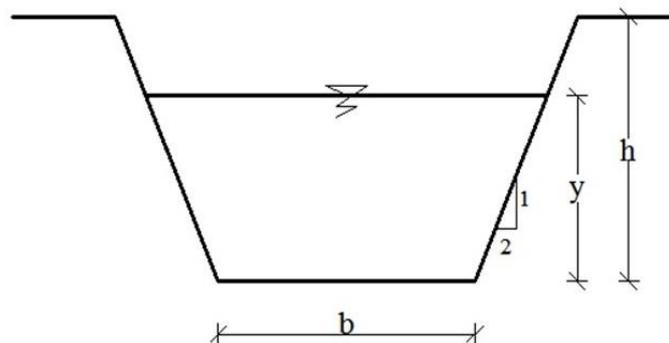
Tabel 2.38 Kecepatan Aliran Air yang Diijinkan Berdasarkan Jenis Material

No.	Jenis Bahan	Kecepatan Aliran Air yang Diijinkan (m/detik)
1	Pasir halus	0,45
2	Lempung kepasiran	0,50
3	Lanau aluvial	0,60
4	Kerikil halus	0,75
5	Lempung kokoh	0,75
6	Lempung padat	1,10
7	Kerikil kasar	1,20
8	Batu – batu besar	1,50
9	Pasangan batu	1,50
10	Beton	1,50
11	Beton bertulang	1,50

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

2.9.5 Desain Dimensi Saluran Samping dan Gorong – gorong

a. Dimensi Saluran Samping



Gambar 2.35 Penampang Saluran Berbentuk Trapesium

Perhitungan dimensi saluran dilakukan dengan menggunakan rumus Manning :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2.65)$$

$$Q = V \times A \dots\dots\dots(2.67)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.68)$$

$$w = \sqrt{0,5h} \dots\dots\dots(2.69)$$

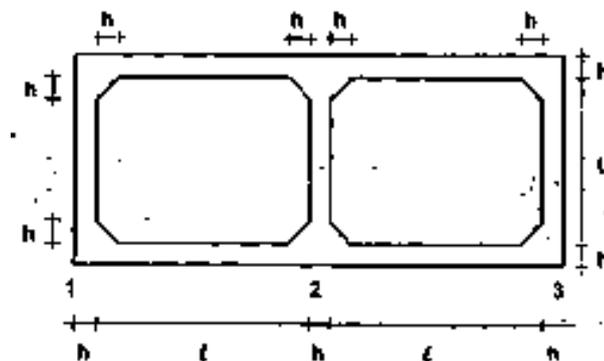
Rumus Penampang Ekonomis :

$$B + 2 mh = 2 h \sqrt{m^2 + 1} \dots\dots\dots(2.70)$$

Dimana :

- V : Kecepatan aliran dalam saluran (m/detik)
- R : Radius hidrolis (m)
- S : Kemiringan saluran (%)
- A : Luas penampang basah saluran (m²)
- P : Keliling basah saluran (m)
- Q : Debit aliran (m³/detik)
- n : Koefisien kekasaran Manning (**Tabel 2.39**)
- w : Tinggi jagaan (m)
- B : Lebar saluran (m)
- m : Perbandingan kemiringan talud
- h : Tinggi muka air (m)

b. Dimensi Gorong – gorong Berbentuk Persegi (*Boxculvert*)



Gambar 2.36 Dimensi Gorong – gorong Persegi

$$A = \frac{Q}{V} \dots\dots\dots(2.71)$$

$$b = 2h \dots\dots\dots(2.72)$$

$$A = I \times h \dots\dots\dots(2.73)$$

$$w = \sqrt{0,5h} \dots\dots\dots(2.74)$$

Dimana :

V : Kecepatan aliran dalam saluran (m/detik)

Q : Debit aliran (m³/detik)

A : Luas penampang basah saluran (m²)

w : Tinggi jagaan (m)

b : Tinggi penampang saluran (m)

I : Lebar saluran (m)

h : Tinggi muka air (m)

Tabel 2.39 Koefisien Kekasaran Manning

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	0,030	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
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 : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

2.10 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan adalah lapisan atas badan jalan yang menggunakan bahan – bahan khusus yang secara konstruktif lebih baik dari pada tanah dasar. Perkerasan berfungsi memberika pelayanan optimal kepada sarana transportasi.

Secara umum perkerasan jalan mempunyai persyaratan yaitu kuat, awet, kedap air, rata, tidak licin, murah, dan mudah dikerjakan. Oleh karena itu bahan perkerasan jalan yang paling cocok adalah pasir, kerikil, batu, dan bahan pengikat (aspal atau semen). Perkerasan akan mempunyai kinerja yang baik, bila perencanaan dilakukan dengan baik dan komponen utama dalam sistem perkerasan berfungsi dengan baik pula. Menurut *Federal Highway Administration* (dalam Hardiyatmo, 2015:2) komponen – komponen perkerasan meliputi:

- a. Lapis aus (*wearing course*) yang memberikan cukup kekesatan, tahanan gesek dan penutup kedap air atau drainase dipermukaan.
- b. Lapis perkerasan terikat atau tersementasi (aspal dan beton) yang memberikan daya dukung yang cukup dan sekaligus sebagai penghalang air yang masuk kedalam material tak terikat dibawahnya.
- c. Lapis pondasi (*base course*) dan lapisan pondasi bawah (*sub-base course*) tak terikat yang memberikan tambahan kekuatan (khususnya untuk perkerasan lentur dan ketahanan terhadap pengaruh air yang merusak struktur perkerasan, serta pengaruh degradasi yang lain (erosi dan instruksi butiran halus).
- d. Tanah dasar (*subgrade*) yang memberikan cukup kekakuan, kekuatan yang seragam dan merupakan landasan yang stabil bagi lapisan material perkerasan di atasnya.
- e. Sistem drainase yang dapat membuang air dengan cepat dari sistem perkerasan, sebelum air menurunkan kualitas lapisan material granuler tak terikat dan tanah dasar.

2.10.1 Tipe – Tiper Perkerasan

Pertimbangan tiper perkerasan yang dipilih terkait dengan dana pembangunan yang tersedia, biaya pemeliharaan, volume lalu lintas yang dilayani, serta kecepatan pembangunan agar lalu lintas tidak terlalu terganggu oleh pelaksanaan proyek.

Tipe – tipe perkerasan yang banyak digunakan adalah :

1) Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku yaitu perkerasan yang menggunakan bahan campuran beton.

2) Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur yaitu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dari agregat atau bahan – bahan yang bersifat tidak kaku / lentur.

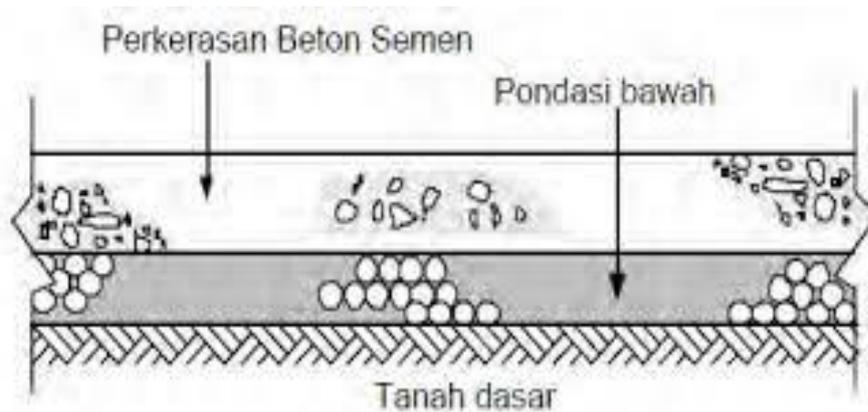
3) Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

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

2.10.2 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 Perkerasan 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 2.37 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 strenght* – f_{ct}).
- c. Beban lalu lintas.

Menurut Shirley L. Hendarsin (2000:236) metode perencanaan yang diambil untuk menentukan tebal lapisan perkerasan kaku didasarkan pada perkiraan sebagai berikut:

- a. Kekuatan tanah dasar yang dinamakan CBR atau modulus reaksi tanah dasar (k).
- b. Kekuatan beton yang digunakan untuk lapisan perkerasan.
- c. Prediksi volume dan komposisi lalu lintas selama usia rencana.

- d. Ketebalan dan kondisi lapisan pondasi bawah (*sub-base*) yang diperlukan untuk menopang konstruksi, lalu lintas, penurunan akibat air dan perubahan volume lapisan tanah dasar serta sarana perlengkapan daya dukung permukaan yang seragam di bawah dasar beton.

Menurut *National Association of Australian State Road Authorities* (NAASRA) dalam Shirley L. Hendarsin (2000:236), tipe perkerasan beton semen dibedakan kedalam lima jenis yaitu :

- a. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan (BBTT).
- b. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan (BBDT).
- c. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan (BMDT).
- d. Perkerasan beton semen dengan tulangan serat baja (*fiber*).
- e. Perkerasan beton semen pra-tekan.

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

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

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

Adapun kelebihan dalam pemakaian konstruksi perkerasan kaku :

- a) Biaya awal pembangunan lebih murah daripada perkerasan aspal.
- b) Perkerasan kaku lebih tahan terhadap drainase yang buruk.
- c) Umur rencana dapat mencapai 20 – 40 tahun.
- d) Pencampuran adukan beton mudah dikontrol.
- e) Keseluruhan tebal perkerasan jauh lebih kecil daripada perkerasan aspal sehingga dari segi lingkungan / *environment* lebih menguntungkan
- f) Biaya pemeliharaan kecil, namun bila terjadi kerusakan biaya pemeliharaan lebih tinggi.
- g) Perkerasan dibuat dalam panel – panel sehingga dibutuhkan sambungan – sambungan.

2.10.3 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 struktural. 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:

1. Mengendalikan kembang dan susut tanah dasar
2. Mencegah instrusi dan pemompaan (*pumping*) pada sambungan retakan dan tepi – tepi pelat.
3. Memberikan dukungan yang mantap dan seragam pada pelat.

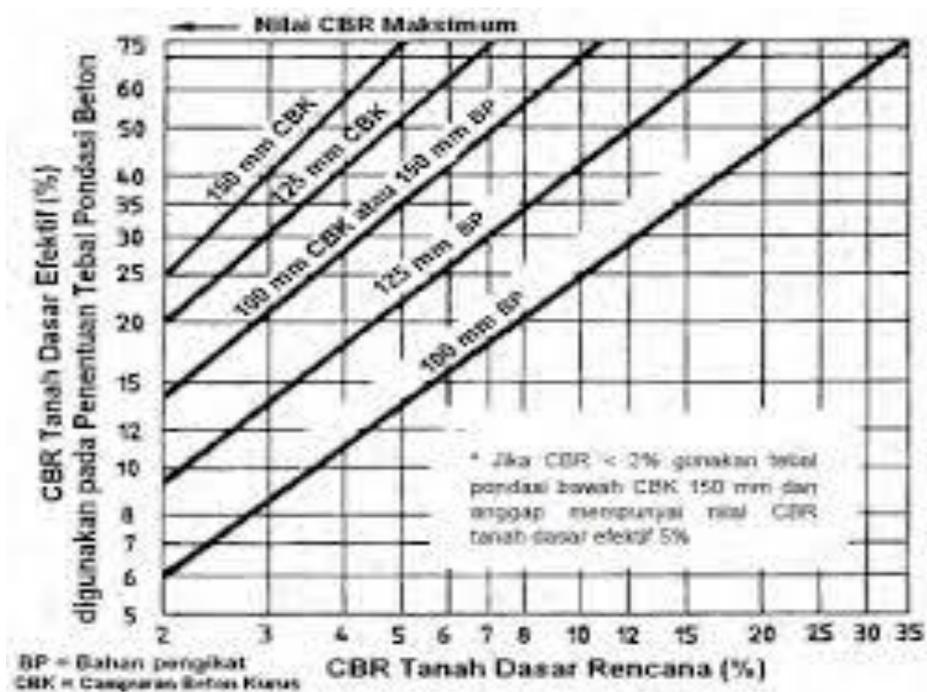
Beberapa alternatif lapis pondasi bawah yang dapat digunakan :

- 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 03-1743-1989.
- 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 (55 kg/cm^2).
- c. Pondasi bawah dengan campuran beton kurus (*lean mix concrete*), harus mempunyai kuat tekan beton berkarakteristik pada umur 28 hari minimum 5 Mpa (50 kg/cm^2) tanpa menggunakan abu terbang atau 7 Mpa (70 kg/cm^2) bila menggunakan abu terbang dengan 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 2.38** dan nilai CBR tanah dasar efektif dapat dilihat dari **Gambar 2.39**.



Gambar 2.38 Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Perkerasan Kaku Terhadap Repetisi Sumbu



Gambar 2.39 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah

C. Beton Semen

Kekuatan beton semen harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strenght*) 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 -50 kg/cm²).

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

$$f_{cf} = K \times (f_c')^{0,5} \text{ (dalam Mpa) } \dots\dots\dots(2.75)$$

$$f_{cf} = 3,13 \times K \times (f_c')^{0,5} \text{ (dalam kg/cm}^2\text{) } \dots\dots\dots(2.76)$$

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 pekerjaan 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 dan terbebas dari minyak, garam, asam, lanau atau bahan – bahan lain dalam jumlah tertentu yang dapat merusak kualitas beton.

2.10.4 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 lalulintas 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 lalulintas rencana didapatkan dengan mengakumulasikan 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 2.40**

Tabel 2.40 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 alternatif, maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15	1,2
2	Jalan bebas hambatan (<i>freeway</i>) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah	1,1
3	Jalan dengan volume niaga rendah	1,0

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 20003)

2.10.5 Pertumbuhan Lalulintas

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

$$R = \frac{(1+i)^{UR} - 1}{i} \dots\dots\dots(2.77)$$

Dimana :

R : Faktor pertumbuhan lalu lintas

I : Laju pertumbuhan lalu lintas pertahun (%)

UR : Umur rencana (tahun)

Tabel 2.41 Faktor Lajur Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-Rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor Rural	3,80	3,50	3,50	3,50
Jalan Desa	1,00	1,00	1,00	1,00

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan,2017)

Faktor pertumbuhan lalulintas juga dapat ditentukan melalui **Tabel 2.42** berikut ini :

Tabel 2.42 Faktor Pertumbuhan Lalulintas (R)

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

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 20003)

2.10.6 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.

2.10.7 Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari satu ruas jalan raya yang menampung lalulintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai dengan **Tabel 2.43** berikut :

Tabel 2.43 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
$8,35 \leq L_p < 11,25$ 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 Permukiman dan Prasarana Wilayah, 20003)

2.10.8 Perencanaan Tebal Pelat

Langkah – langkah dalam 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 2.38**.
4. Tentukan CBR efektif berdasarkan nilai CBR rencana dan pondasi bawah yang sesuai dengan **Gambar 2.39**.
5. Pilih kuat tarik lentur atau kuat beton pada umur 28 hari (f^c).
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 2.44**.
9. Tentukan faktor rasio tegangan (FRT) dengan membagi tegangan ekuivalen (TE) oleh kuat tarik lentur (f^c).

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 2.40** sampai **Gambar 2.42**.
11. Dengan faktor rasio tegangan (FRT) dan beban rencana, tentukan jumlah repetisi ijin untuk fatik dari **Gambar 2.40**, yang dimulai dari beban roda tertinggi dari jenis sumbu STRT tersebut.
12. Hitung persentase dari repetisi datik yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
13. Dengan menggunakan faktor erosi (FE), tentukan jumlah repetisi ijin untuk erosi, dari **Gambar 2.41** dan **Gambar 2.42**.
14. Hitung persentase dari repetisi erosi yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
15. Ulangi langkah 11 sampai dengan 14 untuk setiap beban per roda pada sumbu tersebut sampai jumlah repetisi beban ijin yang terbaca pada **Gambar 2.40** dan **Gambar 2.41** atau **Gambar 2.42** yang masing – masing mencapai 10 juta dan 100 juga 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 tebal perkerasan beton semen yang direncanakan.

Tabel 2.44 Tegangan Ekivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Dengan Bahu

Tegangan Ekivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Tanpa Bahu Beton

Tebal Slab (mm)	CBR ER Tanah (%)	Tegangan Detase				Faktor Erosi							
		STRT	STRG	STDRG	STRD	Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
						STRT	STRG	STDRG	STRD	STRT	STRG	STDRG	STRD
150	5	1.71	2.72	2.23	1.68	2.41	3.44	3.50	2.21	3.21	3.33	3.37	3.37
150	10	1.61	2.56	2.08	1.58	2.26	3.29	3.35	2.09	3.09	3.21	3.25	3.25
150	15	1.50	2.48	2.01	1.53	2.19	3.28	3.44	1.97	2.97	3.09	3.13	3.13
150	20	1.58	2.43	1.97	1.51	2.22	3.27	3.43	1.98	2.98	3.10	3.14	3.14
150	25	1.64	2.37	1.92	1.48	2.17	3.21	3.42	1.94	2.95	3.07	3.11	3.11
150	30	1.49	2.28	1.82	1.43	2.16	3.20	3.39	1.94	2.98	3.10	3.14	3.14
180	5	1.23	2.16	1.73	1.4	2.34	3.34	3.36	1.97	2.97	3.17	3.21	3.21
180	10	1.28	2.02	1.64	1.36	2.32	3.32	3.32	1.92	2.95	3.14	3.18	3.18
180	15	1.54	2.49	2.06	1.45	2.32	3.32	3.43	1.97	2.92	3.12	3.16	3.16
180	20	1.47	2.34	1.92	1.44	2.31	3.31	3.39	1.93	2.91	3.11	3.15	3.15
180	25	1.44	2.30	1.84	1.39	2.31	3.31	3.37	1.91	2.91	3.11	3.15	3.15
180	30	1.41	2.22	1.8	1.37	2.29	3.29	3.36	1.9	2.9	3.1	3.14	3.14
192	5	1.38	2.18	1.78	1.34	2.49	3.36	3.35	1.98	2.93	3.13	3.17	3.17
192	10	1.34	2.07	1.71	1.32	2.48	3.35	3.34	1.96	2.92	3.12	3.16	3.16
192	15	1.27	1.99	1.63	1.23	2.41	3.21	3.29	1.92	2.82	3.01	3.1	3.1
192	20	1.25	1.9	1.54	1.18	2.6	3.2	3.25	1.9	2.81	3.01	3.08	3.08
192	25	1.18	1.87	1.48	1.14	2.58	3.19	3.22	1.85	2.8	3.01	3.08	3.08
192	30	1.14	1.7	1.37	1.1	2.57	3.17	3.19	1.8	2.8	3	3.04	3.04
192	35	1.08	1.63	1.3	1.04	2.54	3.16	3.17	1.75	2.79	3	3.04	3.04
192	40	1.03	1.57	1.25	0.99	2.52	3.15	3.16	1.7	2.78	3	3.04	3.04
192	45	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	50	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	55	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	60	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	65	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	70	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	75	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	80	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	85	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	90	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	95	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	100	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	105	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	110	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	115	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	120	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	125	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	130	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	135	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	140	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	145	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	150	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	155	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	160	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	165	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	170	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	175	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	180	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	185	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	190	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	195	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	200	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	205	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	210	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	215	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	220	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	225	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	230	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	235	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	240	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	245	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	250	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	255	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	260	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	265	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	270	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	275	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	280	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	285	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	290	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	295	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	300	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	305	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	310	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	315	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	320	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	325	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	330	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	335	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	340	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	345	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	350	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	355	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	360	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	365	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	370	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	375	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	380	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	385	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	390	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	395	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	400	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	405	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	410	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04
192	415	1.01	1.52	1.21	0.96	2.51	3.14	3.15	1.68	2.77	3	3.04	3.04</

Tabel 2.45 Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Tanpa Bahu

Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Tanpa Bahu Beton (lanjutan)

Tebal Slab (mm)	CBR EF Dasar (%)	Tegangan Setara								Faktor Erosi								
		Tanpa Ruj.				Dengan Ruj. beton bertulang				Tanpa Ruj.				Dengan Ruj. beton bertulang				
		STR1	STR2	STR3	STR4	STR1	STR2	STR3	STR4	STR1	STR2	STR3	STR4	STR1	STR2	STR3	STR4	
75	5	0.91	1.08	1.14	1.1	1.21	1.31	1.35	1.35	1.53	1.75	1.75	1.66	1.71				
75	10	0.58	1.01	0.92	0.73	1.09	2.58	2.85	2.88	1.74	2.54	2.58	2.71					
75	15	0.58	0.99	0.9	0.7	1.01	2.58	2.8	2.8	1.74	2.54	2.52	2.68					
75	20	0.57	0.98	0.88	0.67	1.06	2.5	2.79	2.83	1.73	2.33	2.51	2.67					
75	25	0.56	0.94	0.85	0.65	1.05	2.58	2.77	2.91	1.73	2.33	2.5	2.65					
75	30	0.54	0.9	0.8	0.6	1.05	2.54	2.75	2.77	1.75	2.32	2.44	2.61					
75	35	0.53	0.89	0.79	0.6	1.05	2.52	2.69	2.74	1.71	2.31	2.44	2.58					
75	40	0.5	0.91	0.88	0.62	1.0	2.3	2.64	2.68	1.7	2.3	2.42	2.53					
300	5	0.58	1.03	1	0.77	1.37	3.57	2.85	3.8	1.71	2.31	2.55	2.74					
300	10	0.56	0.97	0.91	0.7	1.06	2.55	2.6	2.85	1.7	2.3	2.51	2.68					
300	15	0.55	0.94	0.87	0.67	1.07	2.57	2.7	2.82	1.68	2.3	2.48	2.65					
300	20	0.54	0.92	0.85	0.65	1.02	2.53	2.76	2.8	1.68	2.29	2.48	2.64					
300	25	0.53	0.9	0.82	0.63	1.01	2.52	2.74	2.78	1.68	2.29	2.48	2.62					
300	30	0.51	0.9	0.77	0.59	1.0	2.4	2.7	2.74	1.67	2.28	2.43	2.58					
300	35	0.49	0.87	0.75	0.54	1.0	2.48	2.66	2.7	1.66	2.28	2.41	2.53					
300	40	0.47	0.78	0.65	0.5	1.0	2.48	2.61	2.65	1.65	2.26	2.37	2.48					
310	5	0.55	0.99	0.97	0.74	1.04	2.54	2.83	2.88	1.67	2.27	2.51	2.71					
310	10	0.53	0.92	0.88	0.68	1.01	2.51	2.77	2.82	1.66	2.26	2.47	2.63					
310	15	0.52	0.89	0.84	0.65	1.05	2.49	1.65	2.78	1.65	2.25	2.45	2.61					
310	20	0.51	0.88	0.82	0.63	1.06	2.49	1.64	2.77	1.64	2.24	2.44	2.61					
310	25	0.49	0.86	0.79	0.61	1.06	2.48	1.64	2.76	1.64	2.24	2.43	2.59					
310	30	0.48	0.82	0.74	0.55	1.06	2.48	1.63	2.75	1.63	2.23	2.4	2.55					
310	35	0.47	0.78	0.68	0.51	1.04	2.44	1.62	2.67	1.62	2.21	2.37	2.5					
310	40	0.45	0.74	0.63	0.48	1.02	2.42	1.6	2.62	1.61	2.21	2.34	2.43					
320	5	0.55	0.94	0.93	0.71	1.0	2.5	2.6	2.85	1.65	2.23	2.48	2.68					
320	10	0.51	0.88	0.85	0.63	1.07	2.48	2.74	2.78	1.62	2.22	2.44	2.65					
320	15	0.5	0.86	0.81	0.62	1.05	2.48	2.71	2.76	1.61	2.21	2.42	2.6					
320	20	0.48	0.84	0.79	0.5	1.05	2.44	2.7	2.74	1.6	2.2	2.41	2.58					
320	25	0.48	0.82	0.76	0.59	1.04	2.44	2.68	2.72	1.6	2.2	2.4	2.56					
320	30	0.46	0.78	0.71	0.54	1.02	2.42	2.64	2.68	1.59	2.19	2.37	2.52					
320	35	0.44	0.75	0.67	0.51	1.0	2.4	2.6	2.64	1.58	2.18	2.33	2.47					
320	40	0.42	0.71	0.61	0.46	1.0	2.38	2.55	2.58	1.57	2.17	2.31	2.41					
330	5	0.5	0.9	0.89	0.69	1.07	2.47	2.78	2.82	1.66	2.18	2.45	2.66					
330	10	0.48	0.86	0.82	0.69	1.04	2.44	2.72	2.78	1.65	2.18	2.41	2.6					
330	15	0.47	0.82	0.78	0.58	1.02	2.42	2.69	2.73	1.64	2.17	2.38	2.57					
330	20	0.46	0.8	0.76	0.58	1.01	2.42	2.67	2.72	1.64	2.16	2.38	2.55					
330	25	0.44	0.78	0.74	0.54	1.0	2.41	2.65	2.7	1.64	2.16	2.36	2.53					
330	30	0.42	0.74	0.69	0.52	1.0	2.39	2.61	2.68	1.63	2.15	2.33	2.49					
330	35	0.42	0.71	0.64	0.49	1.0	2.38	2.57	2.62	1.64	2.14	2.3	2.43					
330	40	0.41	0.68	0.58	0.45	1.04	2.35	2.52	2.57	1.63	2.13	2.29	2.4					
340	5	0.48	0.95	0.87	0.69	1.04	2.44	2.75	2.79	1.65	2.15	2.42	2.63					
340	10	0.46	0.9	0.78	0.61	1.01	2.41	2.69	2.74	1.64	2.14	2.39	2.57					
340	15	0.45	0.78	0.76	0.58	1.0	2.39	2.66	2.71	1.63	2.14	2.36	2.54					
340	20	0.44	0.77	0.75	0.57	1.0	2.38	2.64	2.69	1.62	2.13	2.35	2.51					
340	25	0.44	0.75	0.71	0.55	1.07	2.37	2.62	2.67	1.62	2.12	2.33	2.47					
340	30	0.43	0.72	0.68	0.53	1.06	2.36	2.59	2.63	1.61	2.11	2.31	2.44					
340	35	0.4	0.68	0.62	0.47	1.05	2.33	2.54	2.58	1.5	2.1	2.27	2.42					
340	40	0.38	0.65	0.58	0.43	1.01	2.31	2.48	2.54	1.49	2.09	2.24	2.37					
350	5	0.48	0.93	0.85	0.63	1.0	2.41	2.72	2.77	1.61	2.11	2.39	2.61					
350	10	0.44	0.78	0.73	0.59	1.07	2.38	2.67	2.71	1.5	2.1	2.35	2.52					
350	15	0.43	0.75	0.74	0.58	1.06	2.38	2.64	2.69	1.5	2.1	2.33	2.5					
350	20	0.42	0.74	0.71	0.55	1.05	2.37	2.62	2.66	1.49	2.09	2.32	2.47					
350	25	0.42	0.72	0.69	0.53	1.04	2.34	2.6	2.64	1.49	2.09	2.3	2.48					
350	30	0.41	0.69	0.64	0.49	1.02	2.32	2.56	2.6	1.48	2.08	2.27	2.44					
350	35	0.39	0.66	0.6	0.48	1.0	2.29	2.52	2.58	1.48	2.07	2.24	2.39					
350	40	0.37	0.62	0.54	0.43	1.07	2.28	2.47	2.51	1.46	2.04	2.21	2.34					

STR1: Sumbu Tunggai Roda Tunggai, STR2: Sumbu Tunggai Roda Ganda, STR3: Sumbu Tandem Roda Ganda, STR4: S

Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Dengan Bahu Beton

Tebal Slab (mm)	CBR EF Dasar (%)	Tegangan Setara								Faktor Erosi								
		Tanpa Ruj.				Dengan Ruj. beton bertulang				Tanpa Ruj.				Dengan Ruj. beton bertulang				
		STR1	STR2	STR3	STR4	STR1	STR2	STR3	STR4	STR1	STR2	STR3	STR4	STR1	STR2	STR3	STR4	
150	5	1.42	2.16	1.81	1.45	2.34	2.94	2.98	3	2.14	2.74	2.78	2.81					
150	10	0.86	2.04	1.7	1.36	2.25	2.92	2.96	2.99	2.12	2.72	2.7	2.74					
150	15	0.55	1.98	1.65	1.36	2.25	2.92	2.91	2.91	2.12	2.72	2.7	2.72					
150	20	0.52	1.94	1.62	1.36	2.31	2.81	2.8	2.8	2.11	2.71	2.68	2.7					
150	25	0.5	1.9	1.59	1.35	2.3	2.8	2.8	2.8	2.1	2.7	2.67	2.67					
150	30	0.47	1.85	1.53	1.3	2.26	2.8	2.8	2.8	2.08	2.68	2.64	2.63					
150	35	0.45	1.74	1.49	1.1	2.21	2.87	2.85	2.81	2.06	2.67	2.6	2.6					
150	40	0.4	1.66	1.43	1.0	2.26	2.86	2.74	2.77	2.04	2.65	2.57	2.64					
160	5	1.29	1.86	1.67	1.33	2.26	2.97	2.93	2.96	2.08	2.72	2.77	2.77					
160	10	0.74	1.67	1.56	1.26	2.24	2.85	2.88	2.89	2.04	2.64	2.67	2.68					
160	15	0.71	1.62	1.51	1.25	2.24	2.84	2.84	2.84	2.04	2.64	2.64	2.64					
160	20	0.7	1.78	1.48	1.21	2.23	2.83	2.84	2.84	2.03	2.63	2.62	2.64					
160	25	0.68	1.76	1.46	1.2	2.23	2.83	2.82	2.82	2.03	2.63	2.62	2.62					
160	30	0.66	1.67	1.41	1.17	2.22	2.82	2.79	2.79	2	2.61	2.61	2.61					
160	35	0.64	1.6	1.38	1.16	2.2	2.8	2.78	2.78	1.98	2.6	2.53	2.53					
160	40	0.61	1.52	1.3	1.13	2.18	2.78	2.76	2.76	1.97	2.57	2.5	2.49					
170	5	1.17	1.85	1.66	1.22	2.19	2.8	2.8	2.8	2.0	2.6	2.6	2.6					
170	10	0.73	1.72	1.45	1.16	2.17	2.78	2.83	2.83	1.97	2.57	2.57	2.57					
170	15	0.71	1.68	1.4	1.13	2.17	2.77	2.8	2.8	1.96	2.57	2.56	2.56					
170	20	0.7	1.65	1.38	1.12	2.16	2.76	2.79	2.79	1.95	2.56	2.55	2.55					
170	25	0.68	1.62	1.36	1.1	2.16	2.76	2.77	2.77	1.95	2.56	2.55	2.55					
170	30	0.65	1.55	1.33	1.07	2.16	2.76	2.76	2.76	1.94	2.55	2.51	2.53					
170	35	0.63	1.48	1.28	1.04	2.15	2.75											

Tabel 2.45 Lanjut Tegangan Ekivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Tanpa Bahu

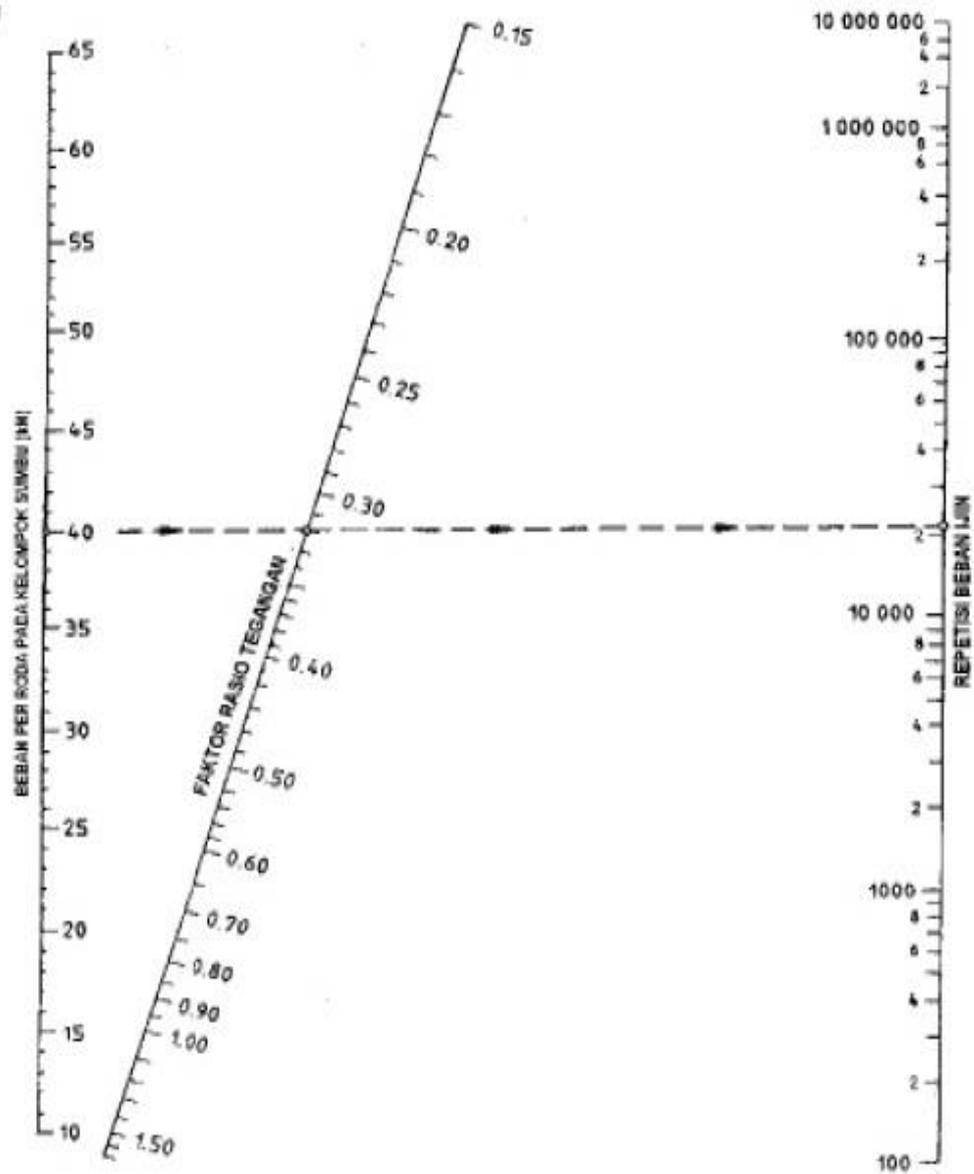
Tegangan Ekivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Dengan Bahu Beton (lanjutan)

Tabel Suhu (°C)	CBR Eff Dasar (%)	Tegangan Setera				Faktor Erosi							
		STR1	STR2	STR3	STR4	STR1	STR2	STR3	STR4	STR1	STR2	STR3	STR4
220	5	0.19	1.3	1.13	0.87	1.61	2.51	2.97	2.72	1.98	2.29	2.44	2.54
220	10	0.17	1.22	1.03	0.81	1.69	2.49	2.91	2.64	1.99	2.27	2.39	2.46
220	15	0.16	1.19	1.02	0.79	1.80	2.46	2.89	2.61	1.96	2.26	2.35	2.42
220	20	0.15	1.17	0.99	0.78	1.87	2.43	2.88	2.58	1.94	2.24	2.33	2.38
220	25	0.14	1.15	0.97	0.76	1.90	2.40	2.86	2.56	1.92	2.22	2.31	2.37
220	30	0.12	1.11	0.92	0.73	1.85	2.38	2.85	2.52	1.92	2.22	2.31	2.32
220	35	0.11	1.08	0.88	0.71	1.83	2.33	2.87	2.48	1.9	2.2	2.29	2.35
220	40	0.1	1.05	0.84	0.69	1.81	2.31	2.41	2.41	1.88	2.18	2.28	2.33
220	45	0.1	1.01	0.85	0.69	1.81	2.41	2.41	2.41	1.88	2.18	2.28	2.33
240	5	0.14	1.22	1.08	0.82	1.66	2.48	2.83	2.66	1.93	2.23	2.4	2.5
240	10	0.12	1.18	1	0.77	1.64	2.44	2.87	2.61	1.91	2.21	2.34	2.42
240	15	0.11	1.13	0.97	0.75	1.69	2.43	2.83	2.60	1.9	2.21	2.31	2.38
240	20	0.1	1.1	0.94	0.74	1.67	2.42	2.82	2.56	1.89	2.2	2.29	2.36
240	25	0.09	1.08	0.91	0.73	1.61	2.41	2.85	2.53	1.88	2.19	2.27	2.34
240	30	0.09	1.04	0.87	0.69	1.6	2.4	2.48	2.48	1.88	2.17	2.25	2.32
240	35	0.07	1	0.83	0.67	1.78	2.38	2.43	2.44	1.84	2.15	2.19	2.28
240	40	0.06	0.98	0.8	0.65	1.79	2.36	2.37	2.37	1.83	2.13	2.17	2.16
260	5	0.09	1.14	1.03	0.78	1.61	2.41	2.6	2.66	1.84	2.18	2.36	2.42
260	10	0.07	1.09	0.95	0.72	1.59	2.38	2.54	2.58	1.82	2.17	2.3	2.38
260	15	0.06	1.04	0.92	0.7	1.70	2.38	2.51	2.66	1.85	2.16	2.27	2.36
260	20	0.06	1.01	0.89	0.69	1.77	2.37	2.49	2.62	1.84	2.14	2.26	2.33
260	25	0.05	1.02	0.87	0.69	1.76	2.36	2.47	2.6	1.83	2.13	2.25	2.31
260	30	0.04	0.99	0.83	0.66	1.81	2.31	2.45	2.65	1.81	2.11	2.23	2.3
260	35	0.03	0.95	0.79	0.63	1.73	2.32	2.39	2.41	1.8	2.1	2.15	2.18
260	40	0.02	0.89	0.74	0.61	1.71	2.31	2.34	2.48	1.79	2.1	2.13	2.15
280	5	0.05	1.08	0.98	0.73	1.77	2.37	2.58	2.63	1.84	2.14	2.32	2.42
280	10	0.03	1.03	0.9	0.68	1.74	2.36	2.47	2.61	1.83	2.13	2.28	2.37
280	15	0.02	1	0.87	0.67	1.73	2.34	2.47	2.62	1.8	2.11	2.23	2.33
280	20	0.01	0.98	0.85	0.66	1.72	2.33	2.45	2.66	1.78	2.1	2.22	2.3
280	25	0.01	0.97	0.83	0.64	1.72	2.3	2.43	2.47	1.78	2.09	2.2	2.28
280	30	0.0	0.93	0.78	0.61	1.71	2.3	2.39	2.42	1.77	2.07	2.16	2.22
280	35	0.0	0.9	0.75	0.6	1.66	2.28	2.36	2.46	1.74	2.05	2.11	2.18
280	40	0.0	0.88	0.72	0.57	1.65	2.27	2.3	2.51	1.73	2.03	2.09	2.1
280	45	0.01	0.84	0.69	0.53	1.72	2.33	2.33	2.61	1.7	2.02	2.07	2.12
300	5	0.01	1.04	0.93	0.71	1.72	2.33	2.53	2.61	1.79	2.09	2.29	2.42
300	10	0.0	0.98	0.88	0.65	1.7	2.3	2.47	2.53	1.77	2.07	2.25	2.34
300	15	0.0	0.95	0.83	0.63	1.66	2.28	2.45	2.63	1.76	2.06	2.2	2.3
300	20	0.0	0.94	0.81	0.62	1.68	2.28	2.42	2.46	1.75	2.05	2.16	2.26
300	25	0.0	0.92	0.79	0.61	1.67	2.27	2.4	2.44	1.74	2.04	2.16	2.25
300	30	0.0	0.89	0.76	0.59	1.65	2.26	2.39	2.39	1.72	2.02	2.12	2.18
300	35	0.0	0.85	0.71	0.55	1.64	2.24	2.37	2.35	1.7	2.0	2.08	2.15
300	40	0.0	0.81	0.69	0.54	1.62	2.22	2.37	2.36	1.69	1.99	2.01	2.06
320	5	0.0	0.99	0.89	0.66	1.66	2.26	2.5	2.56	1.75	2.05	2.25	2.32
320	10	0.0	0.93	0.83	0.62	1.69	2.26	2.44	2.6	1.73	2.03	2.2	2.31
320	15	0.0	0.9	0.8	0.6	1.65	2.25	2.41	2.45	1.71	2.01	2.16	2.25
320	20	0.0	0.88	0.78	0.59	1.64	2.24	2.38	2.44	1.7	2.01	2.16	2.25
320	25	0.0	0.87	0.76	0.58	1.63	2.23	2.37	2.42	1.69	2.0	2.13	2.22
320	30	0.0	0.84	0.72	0.56	1.61	2.22	2.33	2.37	1.67	1.99	2.04	2.12
320	35	0.0	0.8	0.68	0.53	1.6	2.2	2.29	2.32	1.65	1.98	2.04	2.11
320	40	0.0	0.77	0.65	0.52	1.58	2.18	2.24	2.25	1.64	1.94	1.99	2.05
340	5	0.0	0.94	0.85	0.63	1.64	2.26	2.48	2.56	1.74	2.01	2.22	2.32
340	10	0.0	0.89	0.79	0.6	1.62	2.25	2.41	2.49	1.72	1.99	2.16	2.25
340	15	0.0	0.88	0.78	0.59	1.61	2.2	2.39	2.44	1.71	1.97	2.13	2.22
340	20	0.0	0.87	0.76	0.57	1.61	2.2	2.36	2.42	1.7	1.96	2.1	2.2
340	25	0.0	0.83	0.73	0.55	1.59	2.18	2.34	2.36	1.69	1.95	2.1	2.2
340	30	0.0	0.8	0.69	0.54	1.57	2.18	2.3	2.34	1.63	1.93	2.04	2.14
340	35	0.0	0.78	0.64	0.51	1.55	2.16	2.29	2.29	1.61	1.91	2.01	2.08
340	40	0.0	0.74	0.62	0.49	1.54	2.14	2.21	2.22	1.59	1.89	1.99	2

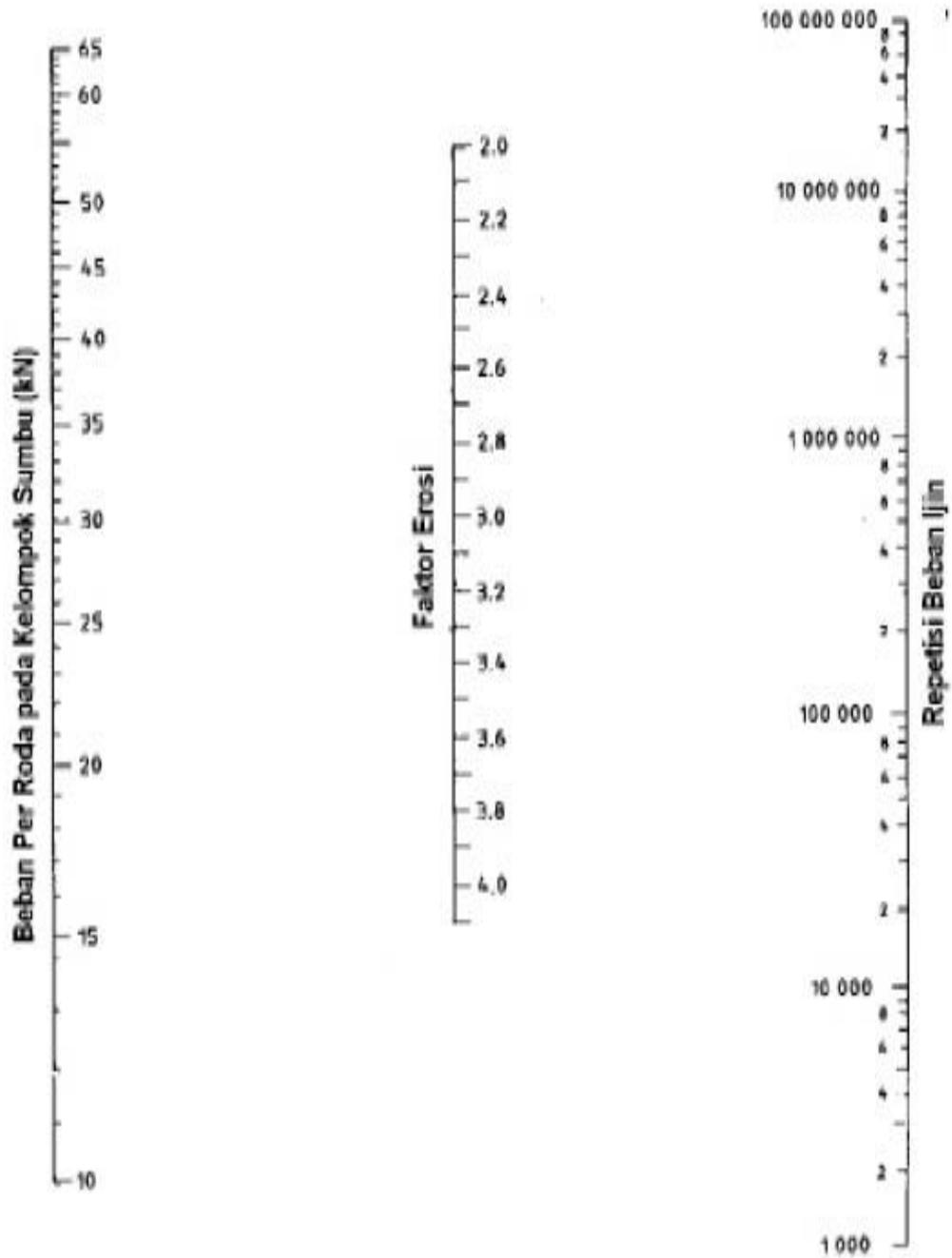
STR1: Sambut Tunggul Roda Jajap; STR2: Sambut Tunggul Roda Ganda; STR3: Sambut Tunggul Roda Ganda; STR4: Sambut Tunggul Roda Ganda

Tegangan Ekivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Dengan Bahu Beton (lanjutan)

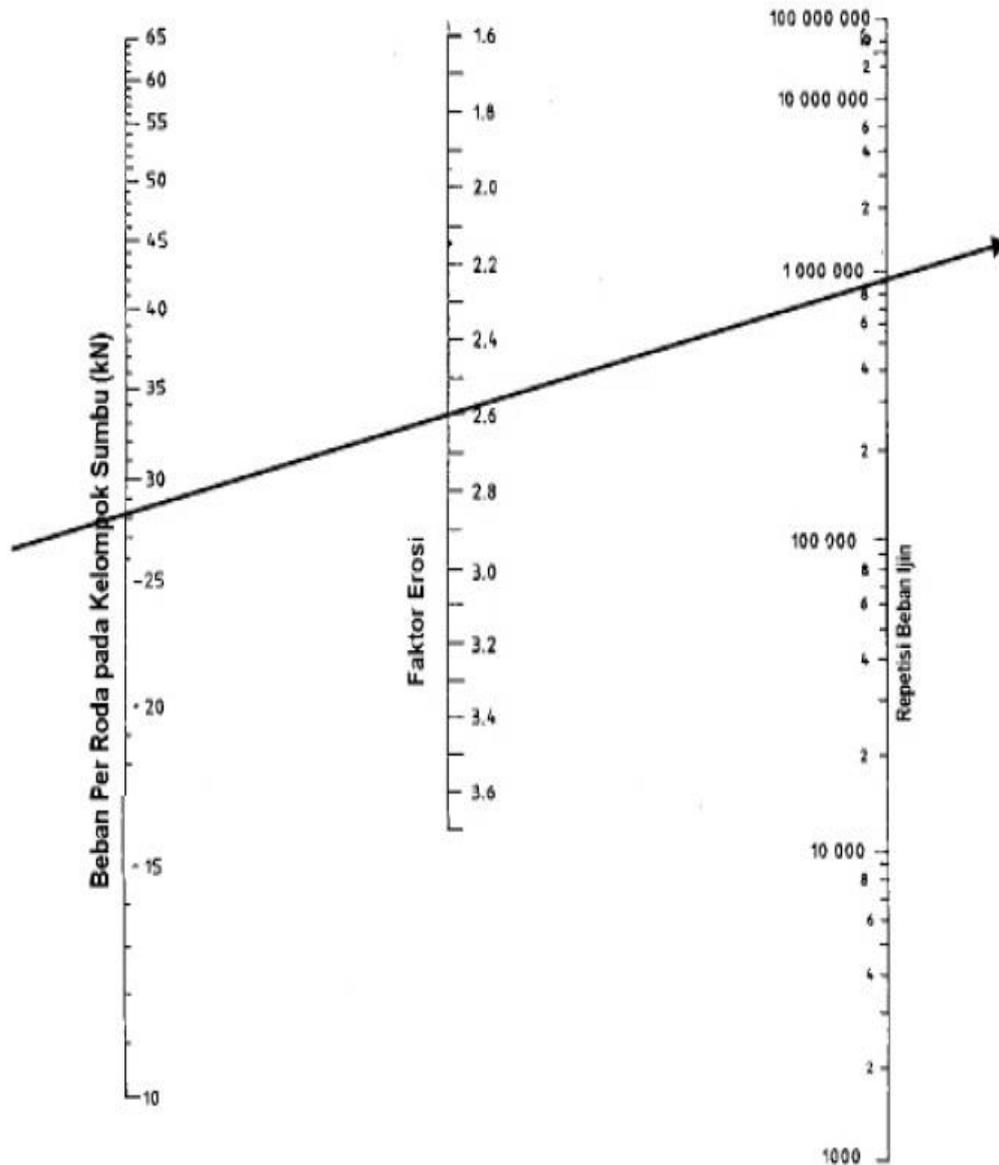
Tabel Suhu (°C)	CBR Eff Dasar (%)	Tegangan Setera				Faktor Erosi							
		STR1	STR2	STR3	STR4	STR1	STR2	STR3	STR4	STR1	STR2	STR3	STR4
280	5	0.51	0.9	0.82	0.6	1.91	2.73	2.45	2.54	1.99	1.97	2.18	2.34
280	10	0.5	0.85	0.78	0.57	1.98	2.78	2.48	2.54	1.94	1.94	2.13	2.28
280	15	0.5	0.82	0.75	0.56	1.94	2.74	2.46	2.52	1.93	1.93	2.12	2.27
280	20	0.48	0.81	0.72	0.54	1.96	2.71	2.44	2.5	1.92	1.92	2.11	2.26
280	25	0.48	0.79	0.7	0.53	1.95	2.71	2.43	2.47	1.91	1.91	2.09	2.24
280	30	0.48	0.76	0.68	0.51	1.93	2.7	2.42	2.46	1.9	1.9	2.08	2.21
280	35	0.47	0.73	0.63	0.49	1.91	2.7	2.42	2.47	1.89	1.89	2.07	2.2
280	40	0.47	0.7	0.6	0.47	1.9	2.7	2.41	2.47	1.88	1.88	2.06	2.19
300	5	0.49	0.86	0.79	0.6	1.97	2.77	2.47	2.52	1.92	1.92	2.16	2.32
300	10	0.48	0.81	0.75	0.58	1.96	2.75	2.46	2.5	1.91	1.91	2.15	2.3
300	15	0.47	0.78	0.7	0.53	1.93	2.74	2.45	2.49	1.9	1.9	2.14	2.29
300	20	0.46	0.77	0.68	0.52	1.93	2.73	2.44	2.47	1.89	1.89	2.13	2.28
300	25	0.48	0.76	0.67	0.51	1.91	2.72	2.43	2.46	1.88	1.88	2.12	2.27
300	30	0.48	0.73	0.64	0.49	1.9	2.71	2.42	2.45	1.87	1.87	2.11	2.26
300	35	0.47	0.7	0.6	0.48	1.88	2.69	2.4	2.44	1.86	1.86	2.1	2.25
300	40	0.45	0.67	0.57	0.45	1.86	2.68	2.39	2.43	1.85	1.85	2.09	2.24
310	5	0.48	0.83	0.76	0.56	1.94	2.74	2.4	2.47	1.89	1.89	2.13	2.28
310	10	0.4	0.77	0.7	0.52	1.93	2.71	2.42	2.47	1.87	1.87	2.12	2.27
310	15	0.45	0.75	0.66	0.5	1.89	2.69	2.4	2.46	1.86	1.86	2.11	2.26
310	20	0.44	0.74	0.69	0.5	1.89	2.68	2.39	2.45	1.85	1.85	2.1	2.25
310	25	0.44	0.72	0.64	0.48	1.88	2.67	2.38	2.44	1.84	1.84	2.09	2.24
310	30	0.43	0.69	0.61	0.47	1.88	2.66	2.37	2.43	1.83	1.83	2.08	2.23
310	35	0.43	0.67	0.58	0.44	1.84	2.64	2.36	2.42	1.82	1.82	2.07	2.22
310	40	0.42	0.63	0.54	0.43	1.82	2.62	2.35	2.41	1.81	1.81	2.07	2.22
320	5	0.44	0.78	0.74	0.55	1.9	2.71	2.43	2.48	1.85	1.85	2.1	2.27
320	10	0.43	0.74	0.68	0.5	1.88	2.68	2.41	2.47	1.83	1.83	2.09	2.24
320	15	0.43	0.72	0.65	0.48	1.86	2.66	2.39	2.46	1.82	1.82	2.08	2.23
320	20	0.42	0.71	0.64	0.48	1.85	2.66	2.38	2.45	1.81	1.81	2.07	2.22
320	25	0.42	0.69	0.62	0.47	1.84	2.65	2.34	2.44	1.8	1.8	2.06	2.21
320	30	0.41	0.65	0.59	0.45	1.82	2.63	2.33	2.43	1.79	1.79	2.05	2.2
320	35	0.41	0.64	0.56	0.43	1.81	2.62	2.32	2.42	1.78	1.78	2.04	2.19
320	40	0.41	0.62	0.53	0.41	1.8	2.61	2.31	2.41	1.77	1.77	2.03	2.18
330	5	0.45	0.74	0.71	0.51	1.87	2.67	2.35	2.46	1.82	1.82	2.07	2.22
330	10	0.44	0.71	0.68	0.49	1.86	2.66	2.34	2.45	1.81	1.81	2.06	2.21



Gambar 2.40 Analisis Fatik dan Beban Repetisi Ijin Berdasarkan Rasio Tegangan, dengan / Tanpa Bahu Beton



Gambar 2.41 Analisis Erosi dan Jumlah Repetisi Beban Ijin, Berdasarkan Faktor Erosi, Tanpa Bahu Beton



Gambar 2.42 Analisis Erosi dan Jumlah Repetisi Beban Ijin, Berdasarkan Faktor Erosi, dengan Bahu Beton

2.10.9 Perencanaan Penulangan

Jumlah tulangan yang diperlukan dipengaruhi 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 teta[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 tegangan yang tidak dapat dihindari, tipikal penggunaan penulangan khusus ini antara lain pada ambahan pelat tipis, sambungan yang tidak tepat dan pelat kulah atau struktur lainnya.

B. Penulangan pada Perkerasan Bersambung dengan Tulangan

Luas tulangan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$A_s = \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times f_s} \dots\dots\dots(2.78)$$

Dimana :

μ : Koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan dibawahnya (**Tabel 2.46**)

A_s : Luas tulangan yang diperlukan (mm^2/m lebar)

M : Berat per satuan volume pelat

L : Jarak antara sambungan (m)

H : Tebal pelat (m)

f_s : Kuat tarik ijin tulangan (Mpa)

catatan : A_s minimum menurut SNI '91 untuk segala keadaan 0,14% dari luas penampang beton.

Tabel 2.46 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 65 mm dari permukaan untuk tebal pelat ≤ 20 cm maksimum sampai sepertiga tebal pelat untuk tebal pelat > 20 cm. Tulangan arah memanjang dipasang di atas tulangan arah melintang.

2.10.10 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 2.47**. 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 2.47 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, 20003)

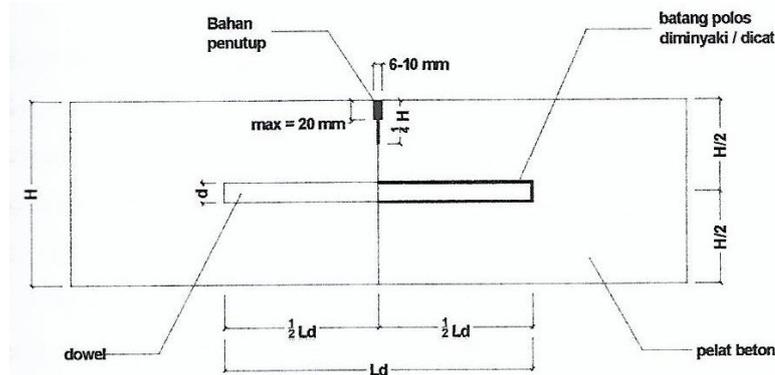
Pada dasarnya terdapat tiga jenis sambungan yang digunakan dalam konstruksi perkerasan beton bersambung, yaitu:

a. Sambungan Susut

Sambungan ini dibuat dalam arah melintang, pada jarak yang sama dengan panjang pelat yang telah ditentukan. Sambungan ini diperlukan untuk mengendalikan tegangan lenting dan retakan pada beton yang baru dihampar, yang diakibatkan oleh perubahan tempertaur dan kelembapan u. pelat hingga batas tertentu. Agar retakan susut dapat terjadi pada sambungan susut, maka kedalaman tarikan dibuat sama dengan $\frac{1}{4}$ tebal pelat.

Pada sambungan yang dibuat dengan memasang pengisi yang sudah dibentuk seperti *self expanding cork*. Bahan ini berfungsi sebagai bahan pengisi sekaligus sebagai bahan penutup sambungan. Sedangkan pada sambungan yang digergaji, penggergajian dilakukan setelah beton cukup keras. Waktu penggergajian dapat dilakukan antara 8 hingga 20 jam setelah pengecoran. Lebar penggergajian tidak kurang dari 3 mm dan tidak lebih dari

5 mm. Setiap sambungan susut harus dipasang ruji (*dowel*) yang berfungsi sebagai penyalur beban.

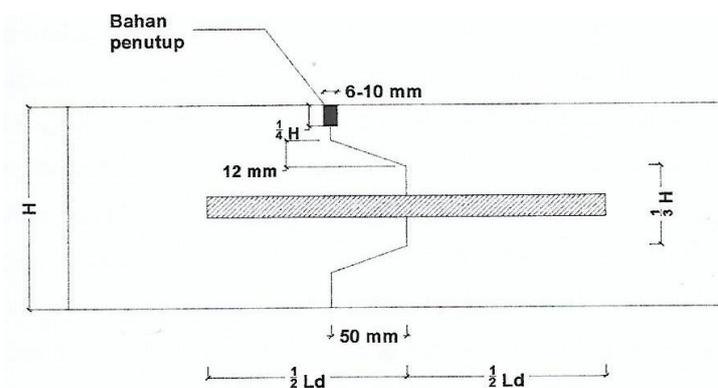


Gambar 2.43 Sambungan Susut Melintang deng Dowel

b. Sambungan Pelaksanaan

Sambungan pelaksanaan ditempatkan pada perbatasan antar akhir pengecoran dengan awal pengecoran berikutnya, untuk memisahkan bagian – bagian yang dicor disaat yang berbeda. Sambungan pelaksanaan dalam arah memanjang dipasang diantara jalur – jalur perkerasan yang berbatasan. Sambungan dapat dibuat dengan cara menggergaji permukaan (membentuk takikan) yang kemudian diisi dengan bahan penutup sambungan (*preformed joint sealer*).

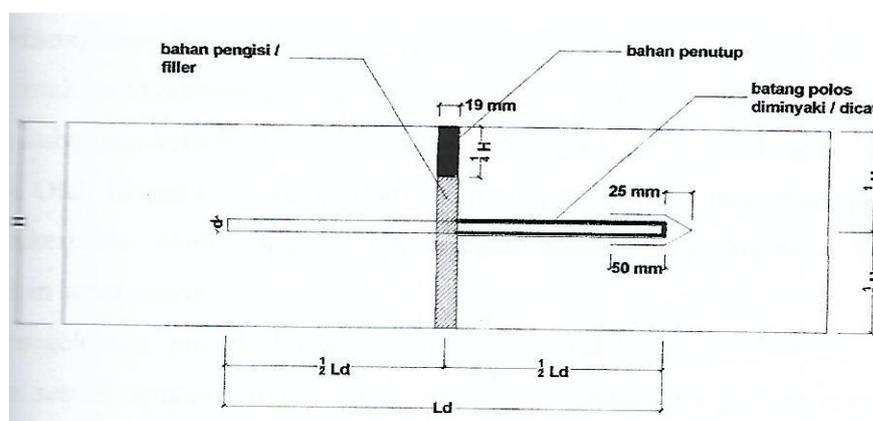
Sambungan pelaksanaan memanjang dengan bentuk lidah dari alur harus dilengkapi dengan batang pengikat (*tie bar*) yang diprofilkan serta dibuat dari baja U_{24} dan dengan \varnothing 16 mm, panjang 800 mm dan jarak 750 mm, sedangkan untuk sambungan pelaksanaan melintang harus dilengkapi dengan ruji (*dowel*).



Gambar 2.44 Sambungan Pelaksanaan Memanjang dengan Lidah Alur
Dan Tie Bar

c. Sambungan Muai

Sambungan muai bertujuan untuk membebaskan tegangan pada perkerasan beton. Sambungan ini terdapat pada pertemuan jalan baru dengan perkerasan lama pada persimpangan jalan. Sambungan muai dibuat dari bahan yang sudah dibentuk dan tidak merusak serta dapat mengikuti perubahan bentuk akibat tekanan. Bahan ini dipasang pada seluruh permukaan sambungan beton dan dipasang hanya setelah salah satu bidang sambungan mengeras. Untuk sambungan muai yang memisahkan dua bidang beton yang berdekatan, maka harus dipasang ruji (*dowel*) sebagai penyalur beban.



Gambar 2.45 Sambungan Muai dengan *Dowel*

2.11 Perhitungan Galian dan Timbunan

Dalam perencanaan jalan raya diusahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen vertikal dan horizontal memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan

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

- a. Penentuan *stationing* (jarak patok) sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase jalan).

- b. Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan beda tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.
- c. Gambarkan potongan melintang (*Cross Section*) pada titik *stationing*, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan.
- d. Hitung volume galian dan timbunan dengan mengalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.

Tabel 2.48 Perhitungan Galian dan Timbunan

STA	Luas (m ²)		Jarak (m)	Volume (m ³)	
	Galian	Timbunan		Galian	Timbunan
0 + 000	A	A		$\frac{A+B}{2} \times L = C$	$\frac{A+B}{2} \times L = C$
0 + 100	B	B		$\frac{A+B}{2} \times L = C$	$\frac{A+B}{2} \times L = C$
Jumlah				ΣC	ΣC

2.12 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 pengolahan proyek maka pekerjaan yang akan dikerjakan dapat sesuai dengan sasaran dan tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya.

Pengolahan 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 tepat 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. Proyek

konstruksi dilakukan melalui beberapa tahapan yang membutuhkan rentang waktu tertentu sehingga estimasi biaya sangat dibutuhkan. Suatu proyek konstruksi akan sulit terwujud apabila tidak tersedia cukup dana untuk membiayainya. Sebaliknya, suatu proyek konstruksi akan berjalan lancar apabila dana yang dibutuhkan terpenuhi. Besarnya estimasi biaya yang diperlukan untuk merealisasikan suatu proyek konstruksi harus sudah diketahui terlebih dahulu sebelum proyek berjalan agar dana yang dibutuhkan untuk melaksanakan proyek tersebut dapat dipersiapkan. Apabila dana untuk pelaksanaan proyek sudah dipersiapkan sejak awal maka kemungkinan terhentinya proyek ditengah jalan akibat kekurangan dana dapat diminimalisir.

Pengetahuan mengenai biaya proyek yang akan dilaksanakan sangat penting bagi para kontraktor dan pemilik proyek. Bagi para kontraktor, pengetahuan tersebut bermanfaat untuk menyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB). Apabila suatu RAB memiliki nilai yang lebih jauh besar dari pada estimasi biaya maka hampir dapat dipastikan kontraktor telah melakukan *mark up* (pembengkakan) biaya proyek. Sedangkan apabila suatu RAB memiliki nilai yang jauh lebih kecil dari pada estimasi biaya maka bangunan yang akan dihasilkan kemungkinan tidak memiliki kualitas sebagaimana yang diharapkan. Agar suatu estimasi/perkiraan mendekati suatu kebenaran (optimal), diperlukan pengetahuan teknik dan berbagai pengetahuan kereayasaan konstruksi, rekayasa konstruksi, rekayasa manajemen konstruksi, sebagaimana dalam definisi yang dikemukakan oleh AACE (*The American Association of Cost Engineering*) yang mengatakan bahwa : “*Cost Engineering*” adalah area dari kegiatan *engineering* dimana pengalaman dan pertimbangan *engineering* dipakai pada aplikasi – aplikasi prinsip – prinsip teknik dan ilmu pengetahuan di dalam masalah perkiraan biaya dan pengendalian biaya.

Untuk memperkirakan biaya konstruksi perkerasan jalan raya diperlukan desain tebal perkerasan, bahan, tenaga kerja, dan peralatan, hal tersebut memegang peranan penting dalam menentukan nilai estimasi biaya. 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 dibuat oleh masing-masing pelaku jasa konstruksi sesuai dengan tahapan proyek konstruksi tersebut, juga dibuat 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 Estimate* (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.
- 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 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 lapangan.
- 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), metode 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 – 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 Estimate* atau *Parametric Estimate*), dimana proyek dibagi atas sistem fungsionalnya. Harga satuan ditentukan oleh penjualan tiap harga satuan elemen dalam setiap sistem atau mengalikan dengan data faktor pengali yang ada.

2.13 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

RAB (Rencana Anggaran Biaya) adalah perkiraan atau perhitungan biaya yang diperlukan untuk tiap – tiap pekerjaan dalam suatu proyek konstruksi baik upah maupun bahan dalam sebuah proyek pekerjaan proyek konstruksi, baik rumah, gedung, jembatan, jalan, bandara, pelabuhan dan lain – lain, sehingga kita memperoleh 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):

- a. 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.

- b. Menetapkan daftar dan jumlah material yang dibutuhkan. Dalam RAB harus dipastikan jumlah masing-masing material disetiap 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*.
- c. 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.
- d. 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 biaya meliputi Rencana Kerja dan Syarat – Syarat (RKS), perhitungan sewa alat, rencana anggaran biaya (RAB), Rekapitulasi Biaya.

1) Rencana Kerja dan Syarat (RKS)

Penyusunan rencana kerja dan syarat merupakan penjelasn tertulis perencanaan secara keseluruhan yang meliputi:

- (a) Keterangan mengenai pekerjaan
 - (b) Keterangan mengenai pemberian tugas
 - (c) Keterangan mengenai perancangan
 - (d) Keterangan mengenai pengawas bangunan
- 2) Daftar Harga Satuan Bahan dan Upah

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

3) Analisa Satuan Harga Pekerjaan

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

2.14 Rencana Kerja (*Time Schedule*)

Untuk penyelesaian suatu pekerjaan konstruksi diperlukasn perencanaan yang tepat untuk menyelesaikan tiap – tiap pekerjaan yang ada. Perencanaan kerja proyek meliputi pembuatan *Network Planning* (NWP) untuk mengetahui hubungan antar pekerjaan pada proyek, pembuatan *Barchart* untuk mengidentifikasi unsur waktu dan urutan pelaksanaan pekerjaan sehingga pengaturan pemakaian alat dan bahan antar pekerjaan tidak saling mengganggu dan kurva “S” untuk mengetahui bobot tiap pekerjaan.

Rencana kerja memberikan informasi pembagian waktu secara rinci 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

2.14.1 *Network Planning* (NWP)

Adanya *network* ini menjadikan sistem manajemen dapat menyusun perencanaan penyelesaian proyek dengan waktu dan biaya yang paling efisien. Di samping itu *network* juga dapat dipergunakan sebagai alat pengawasan yang cukup baik untuk menyelesaikan proyek tersebut. Diagram *network* merupakan kerangka penyelesaian proyek secara keseluruhan, ataupun masing-masing pekerjaan yang menjadi bagian daripada penyelesaian proyek secara keseluruhan.

Pada prinsipnya *network* dipergunakan untuk perencana penyelesaian berbagai macam pekerjaan terutama pekerjaan yang terdiri atas berbagai unit pekerjaan yang semakin sulit dan rumit.

Menurut Sofwan Badri (1997 : 13) dalam bukunya “Dasar-Dasar *Network Planning*” adalah sebagai berikut : “*Network planning* pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan (variabel) yang digambarkan / divisualisasikan dalam diagram *network*”. Dengan demikian

diketahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, bila perlu dilembur (tambah biaya), pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan yang lain, pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga alat dan tenaga dapat digeser ke tempat lain demi efisiensi.

Sedangkan menurut Soetomo Kajatmo (1977: 26) adalah : “*Network planning* merupakan sebuah alat manajemen yang memungkinkan dapat lebih luas dan lengkapnya perencanaan dan pengawasan suatu proyek”. Adapun definisi proyek itu sendiri adalah suatu rangkaian kegiatan-kegiatan (aktivitas) yang mempunyai saat permulaan dan yang harus dilaksanakan serta diselesaikan untuk mendapatkan tujuan tertentu.

Pengertian lainnya yang dikemukakan oleh Tubagus Haedar Ali (1995: 38) yaitu: “*Network planning* adalah salah satu model yang digunakan dalam penyelenggaraan proyek yang produknya adalah informasi mengenai kegiatan-kegiatan yang ada dalam *network* diagram proyek yang bersangkutan.

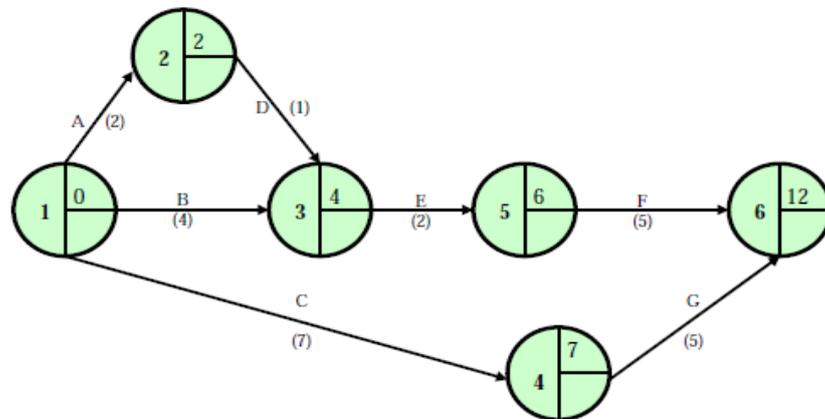
Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

- a. Dapat memfokuskan perhatian pada hal-hal yang kritis yang mungkin terjadi pada pelaksanaan sebuah pekerjaan konstruksi.
- b. Mengarahkan seorang pimpinan mengambil keputusan dan mengelola resources (sumber daya) dalam usaha mempercepat selesainya proyek. Resources yang dibutuhkan dapat berupa orang, peralatan dan juga fasilitas-fasilitas khusus untuk mengerjakan proyek tersebut.
- c. Memudahkan koordinasi dengan orang-orang atau lembaga yang terlibat.
- d. Memudahkan pengawasan dan pengendalian.
- e. Pedoman bagi para pelaksana pekerjaan sebuah proyek.

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

- (1) Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian pekerjaan, banyaknya durasi maupun *resources* yang dibutuhkan.
- (2) Aktifitas-aktifitas apa yang mendahului dan aktifitas-aktifitas apa yang mengikuti.

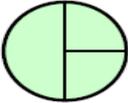
- (3) Aktifitas-aktifitas apa yang dapat dilakukan bersama-sama.
- (4) Aktifitas-aktifitas itu dibatasi mulai dan selesai.
- (5) Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan aktifitas-aktifitas itu, kemudian mengikutinya.
- (6) Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan. Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Jika proyek itu baru sama sekali biasanya diberikan.
- (7) Kepala anak panah menjadi arah pedoman dari setiap kegiatan.
- (8) Besar kecilnya lingkaran juga tidak mempunyai arti dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa.



Gambar 2.46 Network Planning (NWP)

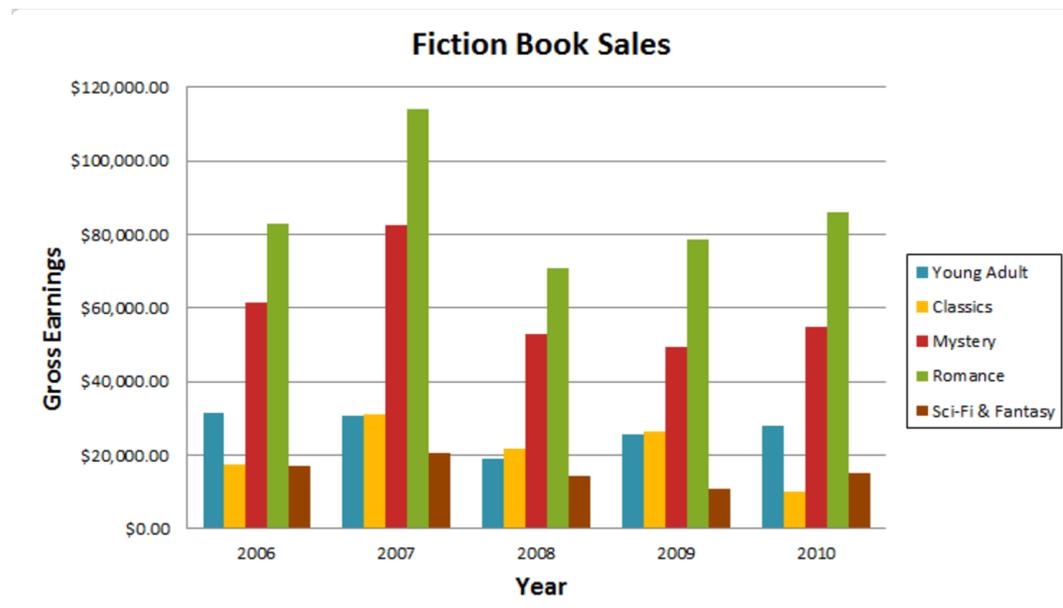
Keterangan :

1.  (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.

2.  (Node/event), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan.
3.  (Double Arrow), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*).
4.  (Dummy), bentuknya merupakan anak panah putus-putus yang artinya, kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semua adalah aktifitas yang tidak memakan waktu.
5.  (Event/kejadian), Event adalah saat dimulainya atau berakhirnya suatu kegiatan. Simbol yang digunakan biasanya berupa lingkaran atau ellips. Ruangan sebelah kiri digunakan untuk memberi identitas dari event itu, biasanya berupa bilangan (tak berdimensi). Ruangan kanan digunakan kapan terjadinya kejadian itu, bagian kanan atas menunjukkan kapan paling cepat saat itu terjadi (EET=Earliest Event Time) dan kanan bawah menunjukkan paling lambat saat itu boleh terjadi (LET=Latest Event time). Setiap kegiatan selalu dimulai oleh sebuah event (disebut Start event atau saat dimulai) dan berakhir pada event lain (disebut finish event atau saat selesai). Event tidak membutuhkan waktu.
6. A,...,H merupakan kegiatan, sedangkan $L_a, L_b, L_c, L_d, L_e, L_f, L_g$ dan L_h merupakan durasi dari kegiatan tersebut.

2.14.2 Barchart

Diagram *barchart* merupakan suatu yang erat hubungannya dengan NWP, *barchart* ditunjukkan dengan diagram batang yang dapat menunjukkan waktu pelaksanaan. Disamping itu dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan yang diperlukan dan pengaturan hal-hal tersebut agar tidak terganggu pelaksanaan pekerjaan.



Gambar 2.47 Barchart

2.14.3 Kurva S

Kurva S adalah suatu kurva yang disusun untuk menunjukkan hubungan antara nilai kumulatif biaya atau jam-orang (*man hours*) yang telah digunakan atau persentase (%) penyelesaian pekerjaan terhadap waktu. Dengan demikian pada kurva S dapat digambarkan kemajuan volume pekerjaan yang diselesaikan sepanjang berlangsungnya proyek. Oleh karena itu pengendalian proyek dengan memanfaatkan Kurva S sering kali digunakan dalam pengendalian suatu proyek. Pada Kurva “S” sumbu horizontal menunjukkan waktu kalender, dan sumbu vertikal menunjukkan nilai kumulatif biaya atau persentase penyelesaian pekerjaan.

