

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Jalan

Menurut PP RI No. 30 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Bidang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, Jalan adalah seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi Lalu Lintas umum, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel dan jalan kabel. (Pasal 1 Ayat 6).

Jalan raya adalah suatu lintasan yang bertujuan untuk melewatkan lalu lintas dari suatu tempat ke tempat lain. Lintasan tersebut menyangkut jalur tanah yang diperkuat (diperkeras) dan jalur tanah tanpa perkerasan.

Jalan juga digunakan sebagai prasarana penghubung masyarakat yang mempunyai hak untuk melewati tanpa diperlukannya izin khusus untuk itu.

Adapun definisi jalan menurut beberapa para ahli sebagai berikut :

- a. Jalan merupakan jejak yang digunakan manusia dalam memenuhi kebutuhan hidup mereka terutama makan dan minum (Ir. Djoko Untung Soedarsono,1982).
- b. Jalan merupakan rute atau jalur yang terbuat dari berbagai bahan secara berlapis-lapis (Arthur Wignall,1999).
- c. Jalan raya adalah jalur-jalur tanah di atas permukaan bumi yang dibuat oleh manusia dengan bentuk, ukuran-ukuran dan jenis konstruksinya sehingga dapat digunakan untuk menyalurkan lalu lintas orang, hewan dan kendaraan yang mengangkut barang dari suatu tempat ke tempat lainnya dengan mudah dan cepat (Clarkson H.Oglesby,1999).
- d. Jalan merupakan bagian dari jalur gerak, median dan pemisah luar (MKJI,1997).

Adapun tujuan umum pembuatan struktur jalan adalah untuk mengurangi tegangan atau tekanan akibat beban roda sehingga mencapai tingkat nilai yang dapat diterima oleh tanah yang menyokong struktur tersebut.

2.2 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan umum di Indonesia menurut Undang Undang Republik Indonesia No. 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan menjelaskan hubungan kelas jalan ,fungsi jalan , ukuran kendaraan dan Muatan Sumbu Terberat (MST) seperti dijelaskan pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2. 1 Hubungan Antara Fungsi dan Kelas Jalan

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Ukuran kendaraan bermotor	MST
Kelas I	Jalan Arteri	Lebar ≤ 2.500 mm	10 Ton
	Jalan Kolektor	Panjang ≤ 18.000 mm	
		Tinggi ≤ 4.200 mm	
Kelas II	Jalan Arteri	Lebar ≤ 2.500 mm	8 Ton
	Jalan Kolektor	Panjang ≤ 12.000 mm	
	Jalan Lokal	Tinggi ≤ 4.200	
	Jalan Lingkungan		
Kelas III	Jalan Arteri	Lebar ≤ 2.500 mm	8 Ton
	Jalan Kolektor	Panjang ≤ 9.000 mm	
	Jalan Lokal	Tinggi ≤ 3.500 mm	
	Jalan Lingkungan		
Kelas Khusus	Arteri	Lebar ≤ 2.500 mm	>10 Ton
		Panjang ≤ 18.000 mm	
		Tinggi ≤ 4.200 mm	

(Sumber : Undang Undang Republik Indonesia No. 22 Tahun 2009 tentang LLAJ)

2.2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi atau Peranannya

Klasifikasi jalan menurut fungsinya sesuai UU No 38 Tahun 2004 (Pasal 8) maka jalan terbagi atas jalan umum, dimana peruntukkannya untuk lalu-lintas umum dan jalan khusus dimana peruntukkannya bukan melayani lalu-lintas umum dalam rangka distribusi barang dan jasa yang dibutuhkan. Jalan umum menurut fungsinya dikelompokkan menjadi empat, yaitu sebagaiberikut:

- a. Jalan Arteri, merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.
- b. Jalan kolektor, merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- c. Jalan lokal, merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
- d. Jalan Lingkungan, merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri jarak perjalanan dekat dan kecepatanrendah.

2.2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi jalan menurut kelasnya terbagi menjadi dua, yaitu klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam MST, Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam perhitungan LHR. Pada SNI tentang Teknik Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997, kelas jalan dijelaskan sebagai berikut:

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

Tabel 2. 2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan dalam MST

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

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

b. Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam LHR

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

Tabel 2. 3 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan dalam LHR

No.	Fungsi	Kelas	Lalu Lintas Harian Rata – rata (LHR)
1.	Arteri	I	>20.000
2.	Kolektor	IIA	6.000-20.000
		IIB	1.500-8.000
		IIC	<2.000
3.	Lokal	III	-

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

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

Tabel 2. 4 Umur Rencana Perkerasaan Baru

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

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

Catatan:

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

2.2.3 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

Klasifikasi jalan menurut medan jalan merupakan pengelompokkan jalan berdasarkan kondisi jalan sebagian besar kemiringan medan jalan yang diukur tegak lurus garis kontur.

Tabel 2. 5 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

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

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

2.2.4 Klasifikasi Jalan Menurut Wewenang

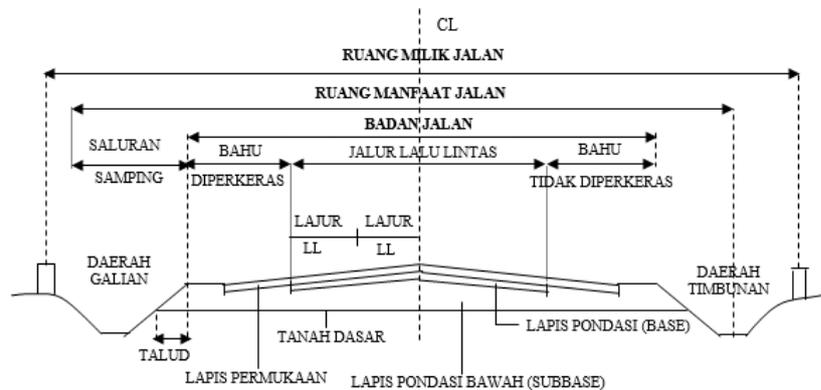
Klasifikasi jalan menurut UU Republik Indonesia No. 38 Tahun 2004 tentang Jalan menjelaskan bahwa jalan menurut wewenang terbagi menjadi sebagai berikut:

1. Jalan nasional sebagaimana dimaksud merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi, dan jalan strategis nasional, serta jalan tol.
2. Jalan provinsi sebagaimana dimaksud merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota, atau antar ibukota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi.
3. Jalan kabupaten sebagaimana dimaksud merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang tidak termasuk pada Jalan Nasional dan Jalan Provinsi, yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten, dan jalan strategis kabupaten.
4. Jalan kota sebagaimana dimaksud adalah jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antar persil, serta menghubungkan antar pusat permukiman yang berada di dalam kota.

5. Jalan desa sebagaimana dimaksud merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar permukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan.

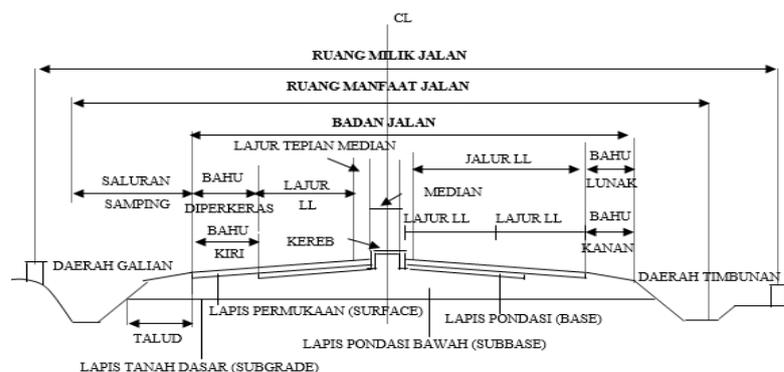
2.3 Penampang Melintang Jalan

Penampang melintang suatu jalan adalah proyeksi/potongan melintang tegak lurus sumbu jalan (Silvia Sukirman, 1999:21). Pada potongan melintang tersebut dapat dilihat bagian-bagian jalan. Bagian-bagian jalan tersebut meliputi Ruang Manfaat Jalan, Ruang Milik Jalan, dan Ruang Pengawasan Jalan. Penamaan tersebut sesuai dengan UU No 38 tahun 2004 tentang Jalan.



(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/TBM/1997)

Gambar 2. 1 Bagian-bagian Penampang Melintang Jalan



(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/TBM/1997)

Gambar 2. 2 Penampang Melintang Jalan dengan Median

Menurut Pasal 11 UU no 38 tahun 2004 tentang Jalan, Bagian-Bagian Jalan dibedakan menjadi:

- a. Bagian-bagian jalan meliputi ruang manfaat jalan, ruang milik jalan, dan ruang pengawasan jalan.
- b. Ruang manfaat jalan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengamanannya.
- c. Ruang milik jalan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi ruang manfaat jalan dan sejalur tanah tertentu di luar ruang manfaat jalan.
- d. Ruang pengawasan jalan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) merupakan ruang tertentu di luar ruang milik jalan yang ada di bawah pengawasan penyelenggara jalan.
- e. Ketentuan lebih lanjut mengenai ruang manfaat jalan, ruang milik jalan, dan ruang pengawasan jalan sebagaimana dimaksud pada ayat (2), ayat (3), dan ayat (4) diatur dalam peraturan pemerintah.

2.3.1 Jalur Lalu Lintas

Jalur lalu lintas (*travelled way/carriage way*) adalah keseluruhan bagian perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk lalu lintas jalan.

a. Lebar lajur lalu lintas

Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang, dibatasi oleh marka jalan. Besarnya lebar jalur lalu lintas hanya dapat ditentukan dengan pengamatan langsung di lapangan karena:

1. Lintasan kendaraan yang satu tidak mungkin akan dapat diikuti oleh lintasan kendaraan lain dengan tepat
2. Lajur lalu lintas tak mungkin tepat sama dengan lebar kendaraan maksimum. Untuk keamanan dan kenyamanan setiap pengemudi membutuhkan ruang gerak antara kendaraan
3. Lintasan kendaraan tak mungkin dibuat tetap sejajar sumbu lajur lalu lintas, karena kendaraan selama bergerak akan mengalami gaya-gaya samping seperti tidak rata permukaan, gaya sentrifugal di tikungan, dan gaya angin akibat kendaraan lain yang menyiap.

Lebar lajur tergantung pada kecepatan dan kendaraan rencana, yang dalam hal ini dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan seperti tabel berikut.

Tabel 2. 6 Penentuan Lebar Lajur Jalan Ideal

Fungsi	Kelas	Lebar Lajur Ideal (m)
Arteri	I	3,75
	II, III A	3,5
Kolektor	III A, III B	3
Lokal	III C	3

(Sumber :TPGJAK, 1997)

b. Lebar jalur lalu lintas

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

Tabel 2. 7 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu

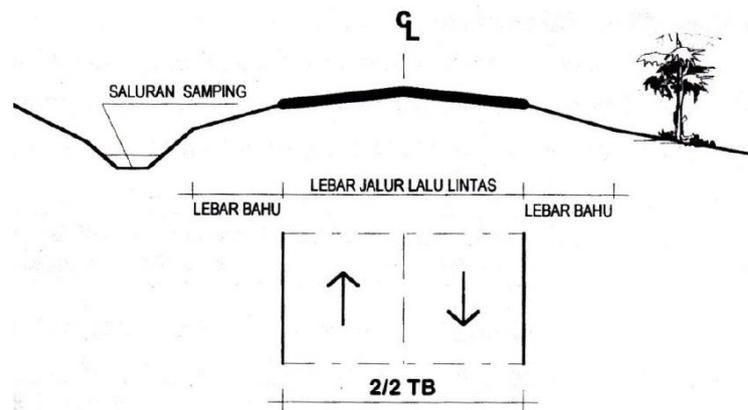
VLHR (smp/hari)	Arteri				Kolektor				Lokal			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu
< 3.000	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,0	4,5	1,0
3.000 - 10.000	7,0	2,0	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,0
10.001 - 25.000	7,0	2,0	7,0	2,0	7,0	2,0	Mengacu Pada Persyaratan Ideal				Tidak Ditentukan	
> 25.000	2n x 3,5	2,5	2n x 7	2,0	2n x 3,5	2,0						

(Sumber :TPGJAK, 1997)

c. Jumlah lajur lalu lintas

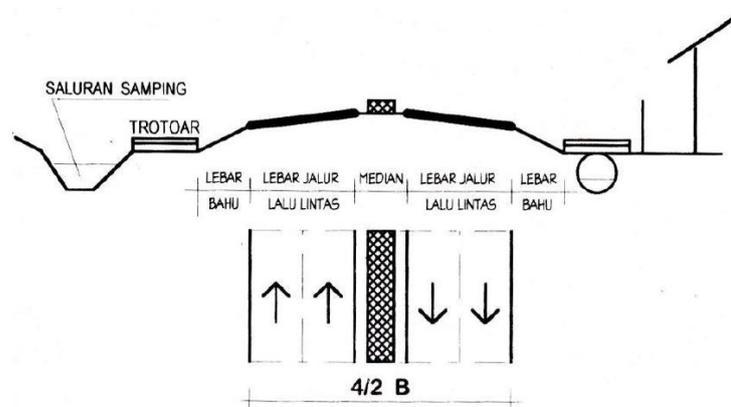
Jumlah lajur yang dibutuhkan sangat tergantung dari volume lalu lintas yang akan memakai jalan tersebut dan tingkat pelayanan jalan yang diharapkan. Jumlah lajur ditetapkan mengacu kepada MKJI berdasarkan tingkat kinerja yang direncanakan, dimana untuk suatu ruas jalan dinyatakan oleh nilai rasio antara volume terhadap kapasitas yang nilainya tidak lebih dari 0,80. Beberapa tipe lajur lalu lintas, diantaranya:

1. 2/2 TB (2/2 UD) : 2 lajur, 2 jalur, tak terbagi
2. 2/1 TB (2/1 UD) : 2 lajur, 1 jalur, tak terbagi
3. 4/2 B (4/2 D) : 4 lajur, 2 jalur, terbagi
4. n/2 B (n/2 D) : n lajur, 2 jalur, terbagi



(Sumber : Ervianto, 2005)

Gambar 2. 3 Penampang Melintang Jalan Tanpa Median



(Sumber : Ervianto, 2005 : 166)

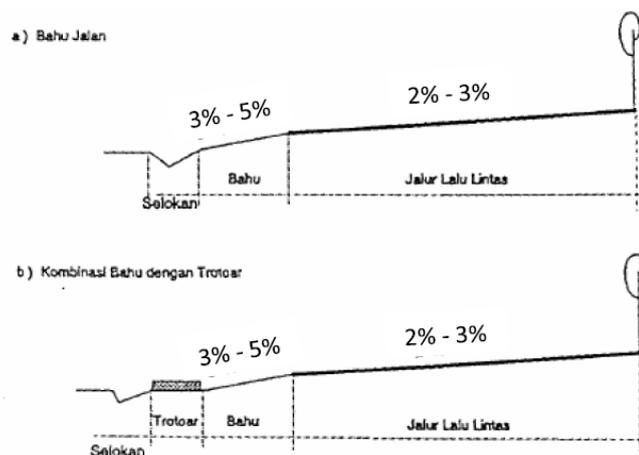
Gambar 2. 4 Penampang Melintang Jalan dengan Median

d. Kemiringan melintang jalur lalu lintas

Kemiringan melintang jalur lalu lintas di jalan lurus diperuntukkan terutama untuk kebutuhan drainase jalan. Air yang jatuh di atas permukaan jalan supaya cepat dialirkan ke saluran-saluran pembuangan. Kemiringan melintang bervariasi antara 2% - 3%, untuk jenis lapisan permukaan dengan menggunakan bahan pengikat seperti aspal dan semen. Semakin kedap air lapisan tersebut semakin kecil kemiringan melintang yang dapat dipergunakan. Sedangkan untuk jalan dengan lapisan permukaan belum mempergunakan bahan pengikat seperti jalan berkerikil kemiringan melintang dibuat sebesar 4-5%. Kemiringan melintang jalur lalu lintas di tikungan dibuat untuk kebutuhan keseimbangan gaya sentrifugal yang bekerja, di samping kebutuhan akan drainase. Besarnya kemiringan melintang yang dibutuhkan pada tikungan akan dibicarakan akan dibicarakan pada bab tentang “Alinyemen Horizontal”.

2.3.2 Bahu Jalan

Bahu jalan adalah jalur yang terletak di tepi jalur lalu lintas. Bahu jalan mempunyai kemiringan untuk keperluan pengairan air dari permukaan jalan dan juga untuk memperkokoh konstruksi perkerasan. Kemiringan bahu jalan normal antara 3% - 5%.



(Sumber :TPGJAK, 1997)

Gambar 2. 5 Bahu Jalan

Fungsi Bahu Jalan Bahu jalan berfungsi sebagai :

- a. Ruang untuk tempat berhenti sementara kendaraan yang mogok atau yang sekedar berhenti karena pengemudi ingin berorientasi mengenai jurusan yang akan ditempuh, atau untuk istirahat
- b. Ruang untuk menghindarkan diri dari saat-saat darurat, sehingga dapat mencegah terjadinya kecelakaan
- c. Memberikan kelelahan pada pengemudi dengan demikian dapat meningkatkan kapasitas jalan yang bersangkutan
- d. Memberikan sokongan pada konstruksi perkerasan jalan dari arah samping
- e. Ruang untuk lintasan kendaraan-kendaraan patroli, ambulans, yang sangat dibutuhkan pada keadaan darurat seperti terjadinya kecelakaan.

Berdasarkan tipe perkerasannya, bahu jalan dapat dibedakan atas :

1. Bahu lunak (*soft shoulder*) yaitu bahu jalan yang tidak diperkeras, hanya dibuat dari material perkerasan jalan tanpa pengikat. Biasanya digunakan material agregat bercampur sedikit lempung. Bahu yang tidak diperkeras ini dipergunakan untuk daerah-daerah yang tidak begitu penting, dimana kendaraan yang berhenti dan mempergunakan bahu tidak begitu banyak jumlahnya.
2. Bahu diperkeras (*hard shoulder*) 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 di sepanjang jalan tol, di sepanjang jalan arteri yang melintasi kota, dan di tikungan-tikungan yang tajam.

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

Trotoar adalah jalur yang terletak berdampingan dengan jalur lalu lintas yang khusus dipergunakan untuk pejalan kaki (pedestrian). Untuk keamanan pejalan kaki maka trotoar ini harus dibuat terpisah dari jalur lalu lintas oleh struktur fisik berupa

kerb. Perlu tidaknya trotoar disediakan sangat tergantung dari volume pedestrian dan volume lalu lintas pemakai jalan tersebut.

Lebar trotoar yang dibutuhkan ditentukan oleh volume pejalan kaki, tingkat pelayanan pejalan kaki yang diinginkan, dan fungsi jalan. Lebar trotoar yang umum digunakan berkisar 1,5 – 3,0 m.

2.3.4 Median

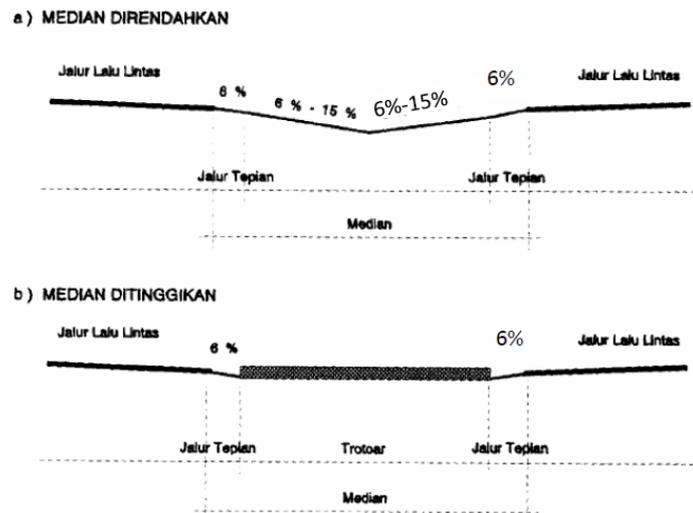
Median adalah suatu jalur yang terletak di tengah jalan untuk membagi jalan dalam masing-masing arah. Jalan 2 arah dengan 4 lajur atau lebih harus dilengkapi median.

1. Fungsi Median

- a. Menyediakan daerah netral yang cukup lebar 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
- e. Ruang lapak tunggu penyeberang jalan
- f. Penempatan fasilitas jalan
- g. Tempat prasarana kerja sementara
- h. Penghijauan

2. Jenis Median

- a. Median direndahkan, terdiri atas jalur tepian dan bangunan pemisah yang direndahkan
- b. Median ditinggikan, terdiri atas jalur tepian dan bangunan pemisah jalur yang ditinggikan



(Sumber :TPGJAK, 1997)

Gambar 2. 6 Median ditinggikan dan direndahkan

3. Lebar Median

Lebar minimum median terdiri atas jalur tepian selebar 0,25 – 0,50 meter dan bangunan pemisah lajur, ditetapkan menurut **Tabel 2.8.**

Tabel 2. 8 Penentuan Lebar Median

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

(Sumber :TPGJAK, 1997)

2.3.5 Saluran Samping

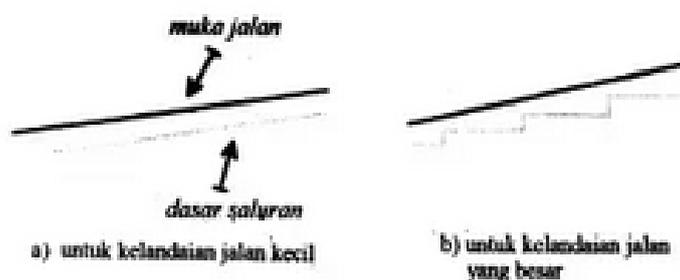
Saluran samping berguna untuk :

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

Umumnya bentuk saluran samping trapesium, atau empat persegi panjang. Untuk daerah perkotaan, dimana daerah pembebasan jalan sudah sangat terbatas, maka saluran samping dapat dibuat empat persegi panjang dari konstruksi beton dan ditempatkan di bawah trotoar. Sedangkan di daerah

pedalaman dimana pembebasan lahan bukan menjadi masalah, saluran samping 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 sebesar 30 cm.

Landai dasar biasanya dibulatkan mengikuti kelandaian dari jalan. Tetapi pada kelandaian jalan yang cukup besar, dan saluran hanya terbuat dari tanah asli, kelandaian dasar saluran tidak lagi mengikuti kelandaian jalan. Hal ini untuk mencegah pengkikisan oleh aliran air. Kelandaian dasar saluran dibatasi sesuai dengan material dasar saluran. Jika terjadi perbedaan yang cukup besar antara kelandaian saluran dan kelandaian jalan, maka perlu dibuatkan terasering.



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

Gambar 2. 7 Kelandaian Dasar Saluran

Talud untuk saluran samping yang berbentuk trapesium dan tidak diperkeras adalah 2H : IV, atau sesuai dengan kemiringan yang memberikan kestabilan lereng yang aman. Untuk saluran samping yang mempergunakan pasangan batu, talud dapat dibuat 1:1.

2.3.6 Ruang Manfaat Jalan (Rumaja)

Ruang manfaat jalan adalah suatu ruang yang dimanfaatkan untuk konstruksi jalan dan terdiri atas badan jalan, saluran tepi jalan, serta ambang pengamanannya. Badan jalan meliputi jalur lalu lintas, dengan atau tanpa jalur pemisah dan bahu jalan, termasuk jalur pejalan kaki. Ambang pengaman jalan terletak di bagian paling

luar, dari ruang manfaat jalan, dan dimaksudkan untuk mengamankan bangunan jalan.

Dalam rangka menunjang pelayanan lalu lintas dan angkutan jalan serta pengamanan konstruksi jalan badan jalan dilengkapi dengan ruang bebas. Ruang bebas dibatasi oleh lebar, tinggi, dan kedalaman tertentu. Lebar ruang bebas sesuai dengan lebar badan jalan. Tinggi dan kedalaman ruang ditetapkan lebih lanjut oleh penyelenggara jalan yang bersangkutan berdasarkan pedoman yang ditetapkan dengan Peraturan Menteri. Tinggi ruang bebas bagi jalan arteri dan jalan kolektor paling rendah 5 (lima) meter. Kedalaman ruang bagi jalan arteri dan jalan kolektor paling rendah 1,5 (satu koma lima) meter dari permukaan jalan.

2.3.7 Ruang Milik Jalan (Rumija)

Ruang milik jalan adalah sejalur tanah tertentu di luar ruang manfaat jalan yang masih menjadi bagian dari ruang milik jalan yang dibatasi oleh tanda batas ruang milik jalan yang dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan keluasan keamanan penggunaan jalan antara lain untuk keperluan pelebaran ruang manfaat jalan pada masa yang akan datang.

Ruang milik jalan paling sedikit memiliki lebar sebagai berikut:

- a. Jalan bebas hambatan 30 (tiga puluh) meter;
- b. Jalan raya 25 (dua puluh lima) meter;
- c. Jalan sedang 15 (lima belas) meter; dan
- d. Jalan kecil 11 (sebelas) meter.

2.3.8 Ruang Pengawasan Jalan (Ruwasja)

Ruang Pengawasan Jalan adalah ruang tertentu yang terletak di luar ruang milik jalan, yang penggunaannya diawasi oleh Pembina Jalan, dengan maksud agar tidak mengganggu pandangan pengemudi dan konstruksi bangunan jalan serta pengamanan fungsi jalan.

Dalam hal ruang milik jalan tidak cukup luas, lebar ruang pengawasan jalan sebagaimana dimaksud pada yang ditentukan dari tepi badan jalan paling sedikit dengan ukuran sebagai berikut:

- a. Jalan arteri primer 15 meter,
- b. Jalan kolektor primer 15 meter,
- c. Jalan lokal primer 10 meter,
- d. Jalan lingkungan primer 5 meter,
- e. Jalan arteri sekunder 15 meter,
- f. Jalan kolektor sekunder 5 meter
- g. Jalan lokal sekunder 3 meter
- h. Jalan lingkungan sekunder 2 meter, dan
- i. Jembatan 100 meter ke arah hilir atau hulu.

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. 9 Ketentuan Tipe Alinyemen

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

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

2.4 Karakteristik Lalu Lintas

Data lalu lintas adalah data utama yang diperlukan untuk perencanaan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan menggunakan jalan pada suatu segmen jalan yang di tinjau. Analisis data lalu lintas dilakukan untuk menentukan kapasitas jalan, akan tetapi jalan harus dilakukan bersamaan dengan perencanaan geometric dan lainnya, karena saling bersangkutan satu sama lain. Unsur lalu lintas benda atau pejalan kaki sebagai bagian dari lalu lintas diatas roda disebut kendaraan dalam unit (Hendarsin, 2000).

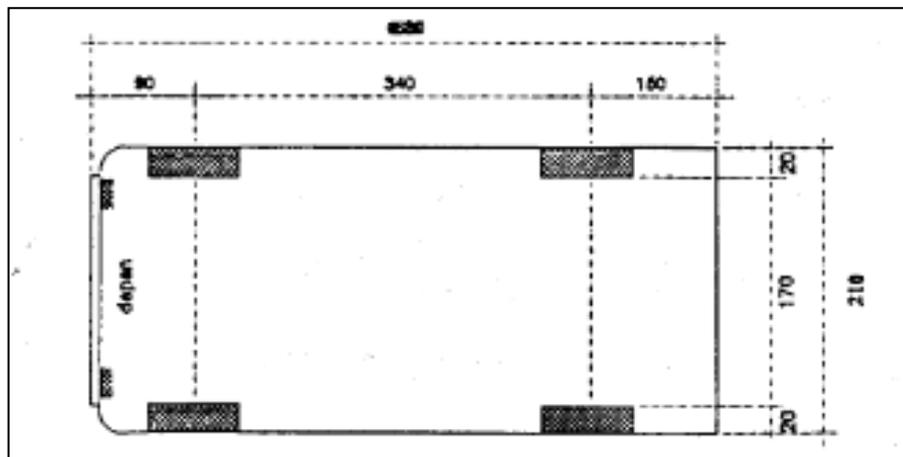
2.4.1 Kendaraan Rencana

Dilihat dari bentuk, ukuran, dan daya dari kendaraan-kendaraan yang mempergunakan jalan, kendaraan-kendaraan tersebut dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok. Umum-nya dapat dikelompokkan menjadi kelompok mobil penumpang, bus/truk, semi trailer, trailer. Untuk perencanaan, setiap kelompok diwakili oleh satu ukuran standar, dan disebut sebagai kendaraan rencana. Ukuran kendaraan rencana untuk masing-masing kelompok adalah ukuran terbesar yang mewakili kelompoknya. Untuk perencanaan geometrik jalan, ukuran lebar kendaraan rencana akan mempengaruhi lebar jalur yang dibutuhkan. Daya kendaraan juga akan mempengaruhi tingkat kelandaian yang dipilih, dan tinggi tempat duduk pengemudi akan mempengaruhi jarak pandangan pengemudi.

Tabel 2. 10 Dimensi Kendaraan Rencana

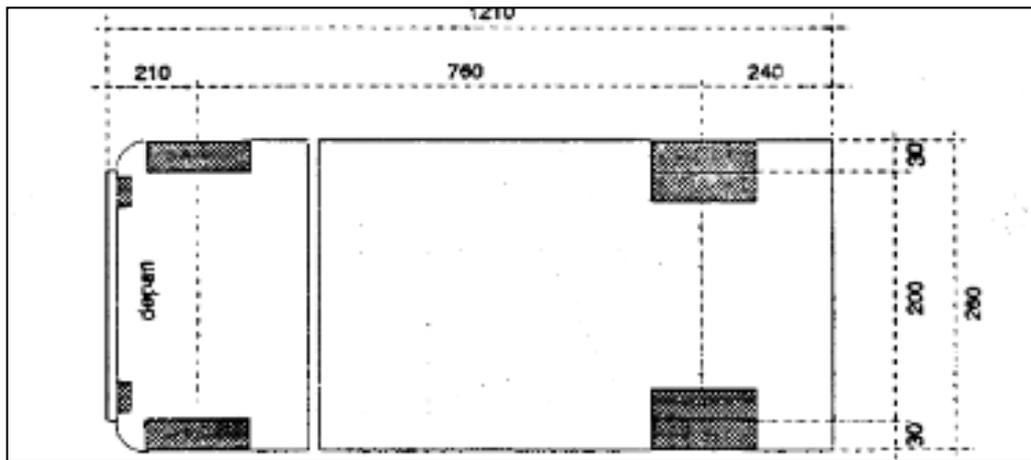
Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar (cm)		Radius Tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Minimum	Maksimum	
Kendaraan Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Kendaraan Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Kendaraan Besar	410	260	2100	120	90	290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

(Sumber: Modul RDE 10: Perencanaan Geometrik, 2005)



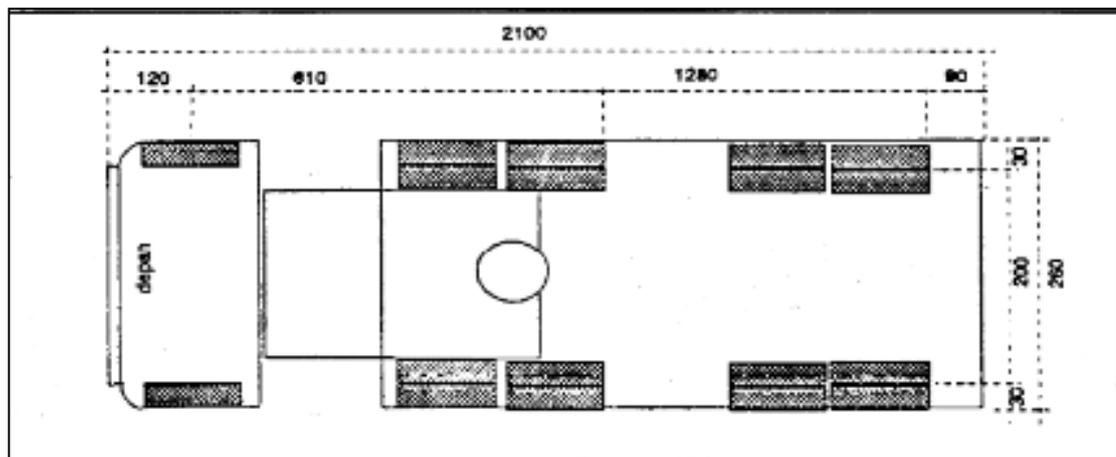
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/TBM/1997)

Gambar 2. 8 Kendaraan Rencana Kecil



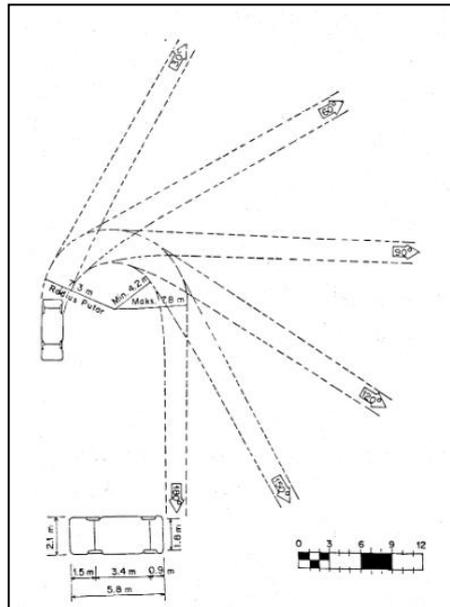
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/TBM/1997)

Gambar 2. 9 Kendaraan Rencana Sedang



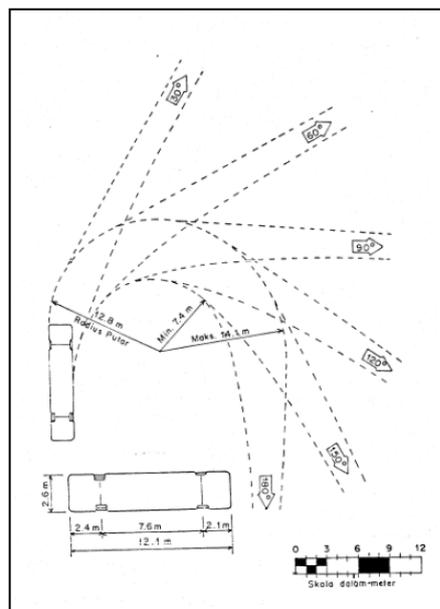
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/TBM/1997)

Gambar 2. 10 Kendaraan Rencana Besar



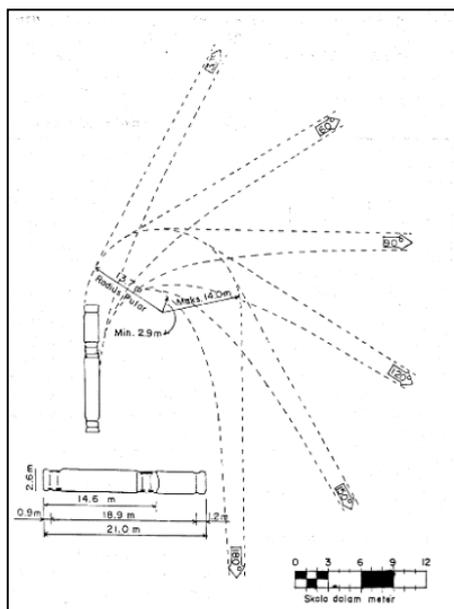
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/TBM/1997)

Gambar 2. 11 Jari-jari Manuver Kendaraan Kecil



(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/TBM/1997)

Gambar 2. 12 Jari-jari Manuver Kendaraan Sedang



(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/TBM/1997)

Gambar 2. 13 Jari-jari Manuver Kendaraan Besar

2.4.2 Komposisi Lalu Lintas

Komposisi lalu lintas untuk jalan bebas hambatan dalam manual MKJI (1997), dicerminkan dari nilai arus lalu lintas yang dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp). Semua nilai arus lalu lintas (tiap arah dan total) diubah menjadi satuan mobil penumpang (smp) dengan menggunakan ekivalensi mobil penumpang (emp) yang diturunkan secara empiris untuk tipe kendaraan berikut:

- Kendaraan ringan (LV) adalah kendaraan bermotor beroda empat roda dengan dua gandar berjarak 2,0 - 3,0 m, yang meliputi : mobil penumpang, oplet, mikro bis, pick-up, dan truk kecil (sesuai klasifikasi Bina Marga).
- Kendaraan berat menengah (MHV) adalah dengan dua gandar, dengan jarak 3,5 - 5,0 m yang meliputi : truk dua as dengan enam roda, bis kecil (sesuai dengan klasifikasi Bina Marga).
- Truk besar (LT) adalah truk tiga gandar dan truk kombinasi dengan jarak gandar (gandar pertama ke gandar kedua) 5 3,5 m (sesuai klasifikasi Bina Marga).
- Bis besar (LB) adalah bis dengan tiga gandar dengan jarak as 5,0 - 6.0 m (sesuai klasifikasi Bina Marga).

Dalam HCM (1994), komposisi lalu lintas untuk jalan bebas hambatan juga dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp) dengan menggunakan ekuivalensi mobil penumpang (emp). Komposisi kendaraan pada metode HCM 1994 ini ditentukan dengan berdasarkan perbandingan berat dan tenaga kuda, fungsi kendaraan, dan jenis pengemudi. Komposisi kendaraan menurut metode HCM 1994, yaitu :

- 1) Kendaraan penumpang (PC)
- 2) Kendaraan berat (HV) yang dibagi menjadi:
 - a. Truk, yaitu kendaraan yang digunakan untuk transportasi barang dengan perbandingan antara berat dan tenaga kuda lebih dari 100 lb/hp, dan pengemudi seorang profesional.
 - b. Kendaraan rekreasi, yaitu kendaraan yang digunakan sebagai fasilitas rekreasi dengan pengemudi bukan seorang yang profesional (sopir), dengan perbandingan berat dan tenaga kuda antara 30 - 60 lb/hp
 - c. Bis, yaitu kendaraan yang digunakan untuk transportasi penumpang dengan perbandingan berat dan tenaga kuda lebih dari 90 lb/hp dan menggunakan pengemudi seorang profesional.

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 bejalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya tergantung dari bentuk jalan. (*Silvia Sukirman*)

Kecepatan yang dipilih untuk mengikat komponen perencanaan geometrik jalan dinyatakan dalam kilometer per jam (km/h).

VR untuk suatu ruas jalan dengan kelas dan fungsi yang sama, diang gap sama sepanjang ruas jalan tersebut. VR untuk masing-masing fungsi jalan ditetapkan sesuai Tabel dibawah ini.

Untuk kondisi lingkungan dan atau medan yang sulit, VR suatu bagian jalan dalam suatu ruas jalan dapat diturunkan, dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak boleh lebih dari 20 kilometer per jam (km/h).

Tabel 2. 11 Kecepatan Rencana (Vr)

Fungsi	Kecepatan Rencana, Vr (km/jam)		
	Datar	Bukit	Pengunungan
Arteri	70-120	60-80	40-70
Kolektor	60-90	50-60	30-50
Lokal	40-70	30-50	20-30

(Sumber: Modul RDE-10 : Perencanaan Geometrik Jalan, 2005)

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 di analisis berdasarkan acuan perencanaan geometrik yang berlaku. Acuan perencanaan yang dimaksud adalah sesuai dengan standar perencanaan geometrik yang dianut di Indonesia. (Hamiran Saodang, 2010)

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

Perencanaan geometrik jalan adalah perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, meliputi beberapa elemen yang disesuaikan dengan kelengkapan dan data yang ada atau tersedia dari hasil survey lapangan dan telah dianalisis, serta mengacu pada ketentuan yang berlaku. (L. Herdansin Shirley, 2000).

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

2.5.2 Data Perencanaan

Dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya harus memiliki data perencanaan, diantaranya data topografi, data lalu lintas, data tanah dan data penunjang lainnya. Semua data ini diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya. Data ini diperlukan dalam merencanakan konstruksi jalan raya karena data ini dapat memberikan gambaran yang sebenarnya dari kondisi suatu daerah dimana ruas jalan ini akan dibangun. Dengan adanya data ini, kita dapat menentukan geometrik dan tebal perkerasan yang diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya.

a. Data peta topografi

Keadaan topografi dalam penempatan trase jalan memegang peranan penting, karena akan mempengaruhi penetapan alinemen, kelandaian jalan, jarak pandang, penampang melintang, saluran tepi dan lain sebagainya. (Hamirhan Saodang, 2004)

Pengukuran peta topografi dimaksudkan untuk mengumpulkan data topografi yang cukup untuk digunakan dalam perencanaan geometrik. Data peta topografi digunakan untuk menentukan kecepatan sesuai dengan daerahnya. Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan rencana. Pekerjaan pengukuran terdiri dari beberapa kegiatan berikut:

1. Pekerjaan Perintisan berupa merintis atau membuka sebagian daerah yang akan diukur sehingga pengukuran dapat berjalan lancar.
2. Kegiatan Pengukuran yang meliputi :
 - a. Penentuan titik-titik kontrol vertikal dan horizontal yang dipasang setiap interval 100 meter pada rencana as jalan.
 - b. Pengukuran penampang melintang dan penampang memanjang.
 - c. Pengukuran situasi pada bagian kiri dan kanan dari jalan yang dimaksud dan disebutkan serta tata guna tanah di sekitar trase.
 - d. Perhitungan perencanaan desain jalan dan penggambaran peta topografi berdasarkan titik-titik koordinat kontrol diatas.

b. Data lalu lintas

Data lalu lintas adalah data utama yang diperlukan dalam perencanaan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan menggunakan pada suatu segmen jalan yang akan ditinjau. Besarnya volume atau arus lalu lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar jalan, 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. (Hamirhan Saodang, 2004).

Data arus lalu lintas merupakan informasi dasar bagi perencanaan dan desain suatu jalan. Data ini dapat mencakup suatu jaringan jalan atau hanya suatu daerah tertentu dengan batasan yang telah ditentukan. Data lalu lintas didapatkan dengan melakukan pendataan kendaraan atau survey kendaraan yang melintasi suatu ruas jalan, sehingga dari hasil pendataan ini kita dapat mengetahui volume lalu lintas yang melintasi jalan tersebut. Data volume lalu lintas diperoleh dalam satuan kendaraan per jam (kend/jam).

Volume lalu lintas dinyatakan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP) yang didapat dengan mengalikan atau mengkonversikan angka faktor ekuivalensi (FE) setiap kendaraan yang melintasi jalan tersebut dengan jumlah kendaraan yang diperoleh dari hasil pendataan (kend/jam). Volume

lalu lintas dalam SMP ini menunjukkan besarnya Jumlah Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut. Dari Lalu Lintas Rata-rata (LHR) yang didapatkan kita dapat merencanakan tebal perkerasan.

Untuk merencanakan teknik jalan baru, survey lalu lintas tidak dapat dilakukan karena belum ada jalan. Akan tetapi untuk menentukan dimensi jalan tersebut diperlukan data jumlah kendaraan untuk itu hal yang harus dilakukan sebagai berikut:

1. Survey perhitungan lalu lintas dilakukan pada jalan yang sudah ada, yang diperkirakan mempunyai bentuk, kondisi dan keadaan komposisi lalu lintas akan serupa dengan jalan yang direncanakan.
2. Survey asal tujuan yang dilakukan pada lokasi yang dianggap tepat dengan cara melakukan wawancara kepada pengguna jalan untuk mendapatkan gambaran rencana jumlah dan komposisi pada jalan yang direncanakan. (L. Herdarsin, 2000)

c. Data Penyelidikan Tanah

Data penyelidikan tanah didapat dengan cara melakukan penyelidikan tanah di lapangan, meliputi pekerjaan:

1. Penelitian

Penelitian data tanah yang terdiri dari sifat-sifat indeks, klasifikasi USCS dan AASHTO, pemadatan dan nilai CBR. Pengambilan data CBR di lapangan dilakukan sepanjang ruas jalan rencana, dengan interval 100 meter dengan menggunakan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*). Hasil tes DCP ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampilkan hasil nilai CBR di setiap titik lokasi. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara analisis dan grafis.

a. Cara analisis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analisis adalah :

$$\text{CBR}_{\text{segmen}} = (\text{CBR rata-rata} - \text{CBR}_{\text{min}}) / R$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam suatu segmen. Nilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada **Tabel 2.12** di bawah ini:

Tabel 2. 12 Nilai R untuk perhitungan CBR segmen

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

(Sumber : Silvia Sukarman, Perkerasan lentur jalan raya, 1995)

b. Cara Grafis

Prosedur adalah sebagai berikut:

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

c. Analisa

Melakukan analisa pada contoh tanah terganggu dan tidak terganggu, juga terhadap bahan konstruksi, dengan menggunakan ketentuan ASTM dan AASTHO maupun standar yang berlaku di Indonesia.

d. Pengujian Laboratorium

Uji bahan konstruksi untuk mendapatkan :

1) Sifat-sifat Indeks (*indeks Properties*) yaitu meliputi Gs (*Specific gravity*), WN (*Water Natural Content*), γ (berat isi), e (angka pori), n (Porositas), Sr (derajat kejenuhan).

2) Klasifikasi USCS dan AASTHO

a) Analisa ukuran butir (*Grain Size Analysis*)

- (1) Analisa Saringan (*Sieve Analysis*)
- (2) Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)

b) Batas-batas *Atteberg* (*Atteberg Limits*)

- (1) Liquid Limit (LL) = batas cair
- (2) Plastic Limit (PL) = batas plastis
- (3) Indeks Plastis (IP) = LL - PL

c) Pemadatan : γ_d maks dan W_{opt}

- (1) Pemadatan standar
- (2) Pemadatan modifikasi
- (3) Dilapangan di cek dengan sandcone $\pm 100\%$ γ_d maks

d) CBR laboratorium (CBR rencana), berdasarkan pemadatan γ_{dmaks} dan W_{opt}

- (1) CBR lapangan : DCP->CBR lapangan

d. Data penyelidikan material

Data penyelidikan material dilakukan dengan melakukan penyelidikan material meliputi pekerjaan sebagai berikut:

1. Mengadakan penelitian terhadap semua data material yang ada selanjutnya melakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut akan

dilakukan berdasarkan survey langsung dilapangan 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.

Pengidentifikasi material secara virtual yang dilakukan oleh teknisi tanah dilapangan hanya berdasarkan gradasi butiran dan karakteristik keplastisannya saja yaitu:

- a. Tanah berbutir kasar

Tanah yang termasuk dalam kelompok butiran kasar contohnya adalah kerikil dan pasir.

- b. Tanah berbutir halus

Dilapangan tanah kelompok ini sudah dibedakan secara virtual antaralempung dan lanau, kecuali dengan cara perkiraan karakteristik plastisnya. (L. Hendarsin Shirley, 2000)

2.5.3 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

- a. Kendaraan Rencana

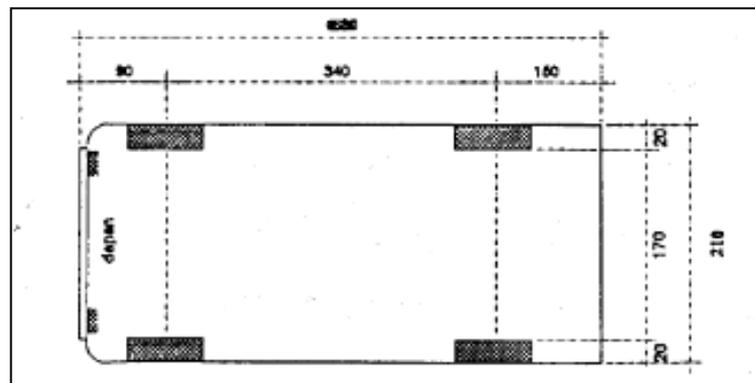
Dilihat dari bentuk, ukuran, dan daya dari kendaraan-kendaraan yang mempergunakan jalan, kendaraan-kendaraan tersebut dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok. Umum-nya dapat dikelompokkan menjadi kelompok mobil penumpang, bus/truk, semi trailer, trailer. Untuk perencanaan, setiap kelompok diwakili oleh satu ukuran standar, dan disebut sebagai kendaraan rencana. Ukuran kendaraan rencana untuk masing-masing kelompok adalah ukuran terbesar yang mewakili kelompoknya. Untuk perencanaan geometrik jalan, ukuran lebar kendaraan rencana akan mempengaruhi lebar jalur yang dibutuhkan.

Daya kendaraan juga akan mempengaruhi tingkat kelandaian yang dipilih, dan tinggi tempat duduk pengemudi akan mempengaruhi jarak pandangan pengemudi.

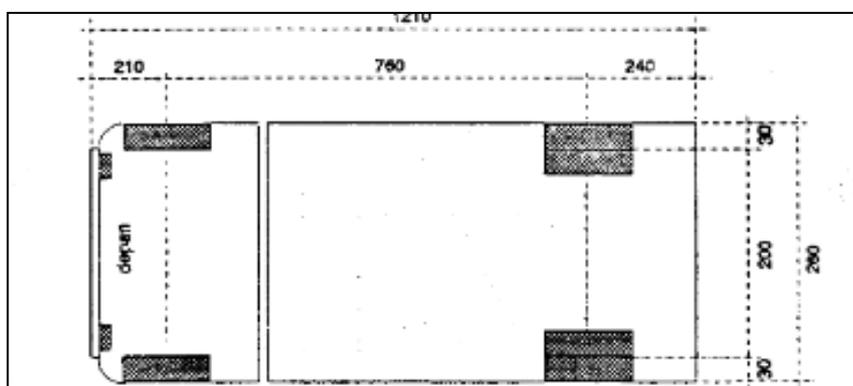
Tabel 2. 13 Dimensi Kendaraan Rencana

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

(Sumber:Modul RDE 10: Perencanaan Geometrik,2005)

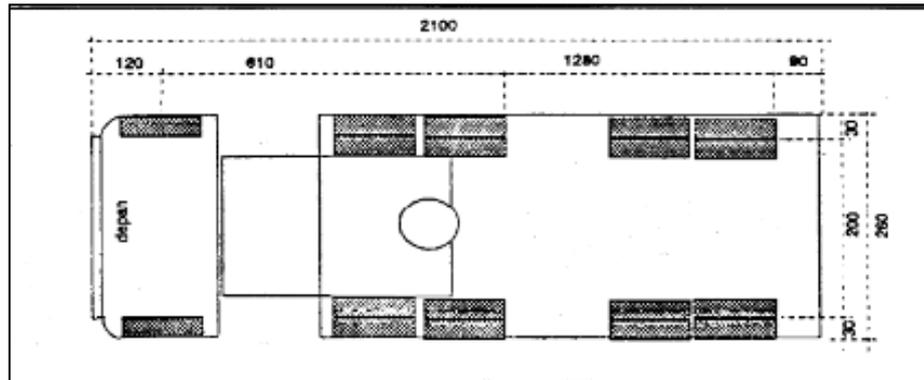


(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/TBM/1997)

Gambar 2. 14 Kendaraan Rencana Kecil

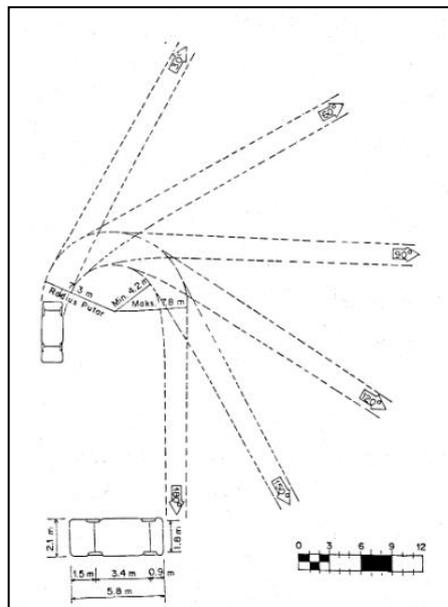
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/TBM/1997)

Gambar 2. 15 Kendaraan Rencana Sedang



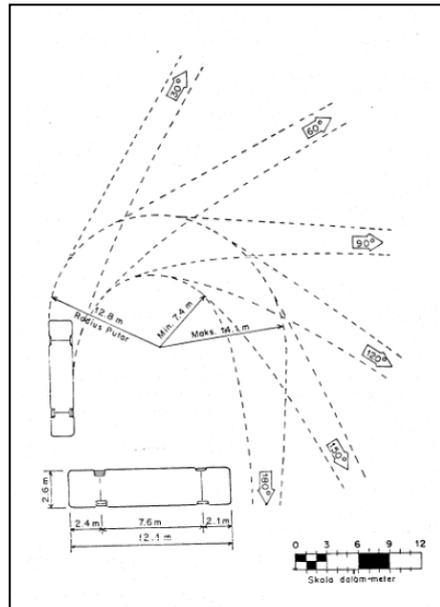
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/TBM/1997)

Gambar 2. 16 Kendaraan Rencana Besar



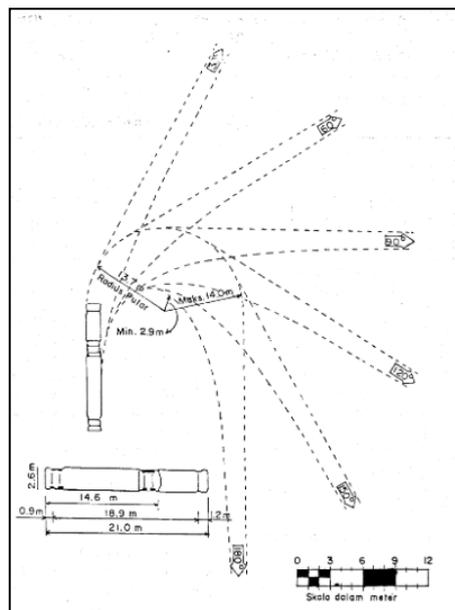
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/TBM/1997)

Gambar 2. 17 Jari-jari Manuver Kendaraan Kecil



(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/TBM/1997)

Gambar 2. 18 Jari-jari Manuver Kendaraan Sedang



(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/TBM/1997)

Gambar 2. 19 Jari-jari Manuver Kendaraan Besar

b. 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 bejalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya tergantung dari bentuk jalan. (*Silvia Sukirman*)

Kecepatan yang dipilih untuk mengikat komponen perencanaan geometrik jalan dinyatakan dalam kilometer per jam (km/h).

VR untuk suatu ruas jalan dengan kelas dan fungsi yang sama, diang gap sama sepanjang ruas jalan tersebut. VR untuk masing-masing fungsi jalan ditetapkan sesuai Tabel dibawah ini.

Untuk kondisi lingkungan dan atau medan yang sulit, VR suatu bagian jalan dalam suatu ruas jalan dapat diturunkan, dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak boleh lebih dari 20 kilometer per jam (km/h).

Tabel 2. 14 Kecepatan rencana (VR)

Fungsi	Kecepatan Rencana, Vr (km/jam)		
	Datar	Bukit	Pengunungan
Arteri	70-120	60-80	40-70
Kolektor	60-90	50-60	30-50
Lokal	40-70	30-50	20-30

(Sumber: Modul RDE-10 : Perencanaan Geometrik Jalan, 2005)

c. Volume Lalu Lintas

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 lebih lebar, sehingga tercipta kenyamanan dan keamanan (*Silvia Sukirman, 1999: 42-43*). Sebaliknya jalan yang terlalu lebar untuk volume lalu lintas rendah cenderung membahayakan, karena pengemudi cenderung mengemudi kendaraan pada kecepatan yang lebih tinggi sedangkan kondisi jalan belum tentu memungkinkan. Disamping itu

mengakibatkan peningkatan biaya pembangunan jalan yang jelas tidak pada tempatnya.

Satuan volume lalu lintas yang umum dipergunakan sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar lajur adalah:

1. Satuan Mobil Penumpang (smp)

Satuan mobil penumpang (smp) adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan, dari berbagai tipe kendaraan telah diubah menjadi kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan ekivalen mobil penumpang. Untuk jenis-jenis kendaraan dan kondisi medan lainnya dapat dilihat dalam **Tabel 2.15** di bawah ini.

Tabel 2.15 Jenis-jenis kendaraan

Jenis Kendaraan	Nilai smp
Sepeda	0,5
Mobil Penumpang/Sepeda Motor	1,0
Truk Ringan (< 5 Ton)	2,0
Truk Sedang (> 5 Ton)	2,5
Truk Berat (> 10 Ton)	3,0
Bus	3,0
Kendaraan Tak bermotor	7,0

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan)

Detail nilai SNIP dapat dilihat pada buku Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) No.036/TIBM/ 1997.

Tabel 2.16 Ekivalen Mobil Penumpang (emp)

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

(Sumber: Modul RDE 10: Perencanaan Geometrik)

a) Volume Lalu Lintas Harian Rencana (VLHR)

Volume Jam Rencana (VJR) adalah prakiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahurencana lalu lintas, dinyatakan dalam. smp/jam, dihitung dengan rumus:

$$VLHR = VJR \times \frac{k}{f}$$

Keterangan :

k = faktor volume Ialu lintas jam sibuk,

f = adalah faktor variasi tingkat Ialu lintas per – 15 detik dalam 1 jam

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

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

Tabel 2. 17 Penentuan faktor - k dan faktor - f berdasarkan Volume Lalu Lintas Harian Rata-rata

VLHR	Faktor-k (%)	Faktor-f (%)
> 50.000	4 - 6	0,90 – 1,0
30.000-50.000	6 - 8	0,80 – 1,0
10.000-30.000	6 - 8	0,80 – 1,0
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: Modul RDE 10 : Perencanaan Geometrik,2005)

d. Kapasitas Jalan

1. Kapasitas Jalan

Kapasitas adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu penampang jalan pada jalur jalan selama 1 jam dengan kondisi serta arus lalu lintas

tertentu (Silvia Sukirman, 1999:46). Kapasitas jalan akan menunjukkan jumlah arus lalu lintas yang maksimum dapat melewati penampang tersebut dalam waktu 1 jam sesuai kondisi jalan.

Rumus umumnya :

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

Dimana :

C = Kapasitas (smp/jam)

C_o = Kapasitas Dasar (smp/jam)

FC_w = Faktor Penyesuaian Lebar Jalan Lalu lintas

FC_{sp} = Faktor Penyesuaian Pemisah Arah

FC_{sf} = Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

Tabel 2. 18 Kapasitas dasar (C_o) pada jalan luar kota

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	1,65	1,90	2,30	Per Lajur
	Bukit		1,85	2,25	
	Gunung		1,80	2,15	
Empat lajur tak terbagi	Datar	1,50	1,70		Per Lajur
	Bukit		1,65		
	Gunung		1,60		
Dua lajur tak terbagi	Datar	2,90	3,10	3,40	Total dua Arah
	Bukit		3,00	3,30	
	Gunung		2,90	3,20	

(Sumber : MKJI, 1997)

Faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu lintas ditentukan berdasarkan lebar jalan efektif yang dapat dilihat dari **Tabel 2.19** berikut:

Tabel 2. 19 Faktor penyesuaian kapasitas akibat lebar jalur lalu lintas (FCw)

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

(Sumber : MKJI, 1997)

Tabel 2. 20 Faktor penyesuaian kapasitas akibat pemisahan arah (FCsp)

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

(Sumber : MKJI, 1997)

Tabel 2. 21 Faktor penyesuaian kapasitas akibat hambatan samping (FCsf)

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Jalan	Faktor Penyesuaian untuk Hambatan Samping (FCsf)			
		Lebar Bahu Efektif (WS)			
		≤ 0,5	1,00	1,50	≥ 2,0
4/2 D	VL	0,99	1,00	1,01	1,03
	L	0,96	0,97	0,99	1,01
	M	0,93	0,95	0,96	0,99
	H	0,90	0,92	0,95	0,97
	VH	0,88	0,9	0,93	0,96
2/2 UD 4/2 UD	VL	0,97	0,99	1,00	1,02
	L	0,93	0,95	0,97	1,00
	M	0,88	0,91	0,94	0,98
	H	0,84	0,87	0,91	0,95
	VH	0,80	0,83	0,88	0,93

(Sumber : MKJI, 1997)

2. Derajat Kejenuhan (DS)

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

$$DS = \frac{Q}{C}$$

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. 22 Tingkat pelayanan jalan berdasarkan Q/C

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

(Sumber : US-HCM, 1985)

3. Jarak Pandang

Jarak Pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayaka, pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman.

Jarak pandangan berguna untuk :

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

- e) Dibedakan dua Jarak Pandang, yaitu Jarak Pandang Henti (Jh) dan Jarak Pandang Mendahului (Jd).

(1) Jarak Pandang Henti

Jarak pandangan henti adalah jarak yang ditempuh pengemudi untuk dapat menghentikan kendaraannya. Guna memberikan keamanan pada pengemudi kendaraan, maka pada setiap panjangjalan haruslah dipenuhi paling sedikit jarak pandangan sepanjangjarak pandangan henti minimum.

Jarak pandangan henti minimum adalah jarak yang ditempuhpengemudi untuk menghentikan kendaraan yang bergerak setelahmelihat adanya rintangan pada lajur jalannya. Rintangan itu dilihatdari tempat duduk pengemudi dan setelah menyadari adanyarintangan, pengemudi mengambil keputusan untuk berhenti.

Jh diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur darl permukaan jalan.

Jh terdiri atas 2 elemen jarak, yaitu :

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

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

$$\checkmark J_h = J_{ht} + J_{hr}$$

$$\checkmark J_h = \frac{V_R}{3,6} T + \frac{\left(\frac{V_r}{3,6}\right)^2}{2gf}$$

Dari persamaan tersebut dapat disederhanakan menjadi:

Untuk jalan dasar:

$$\checkmark J_h = 0,278 \times V_r \times T + \frac{V_r^2}{254 \times f}$$

Untuk jalan dengan kelandaian tertentu:

$$J_h = 0,278 \times V_r \times T + \frac{V_r^2}{254 \times f \pm L}$$

Dimana:

VR = kecepatan rencana (km/jam)

T = waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

g = percepatan gravitasi, ditetapkan 9,8 m/dt²

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

L = landai jalan dalam (%) dibagi 100

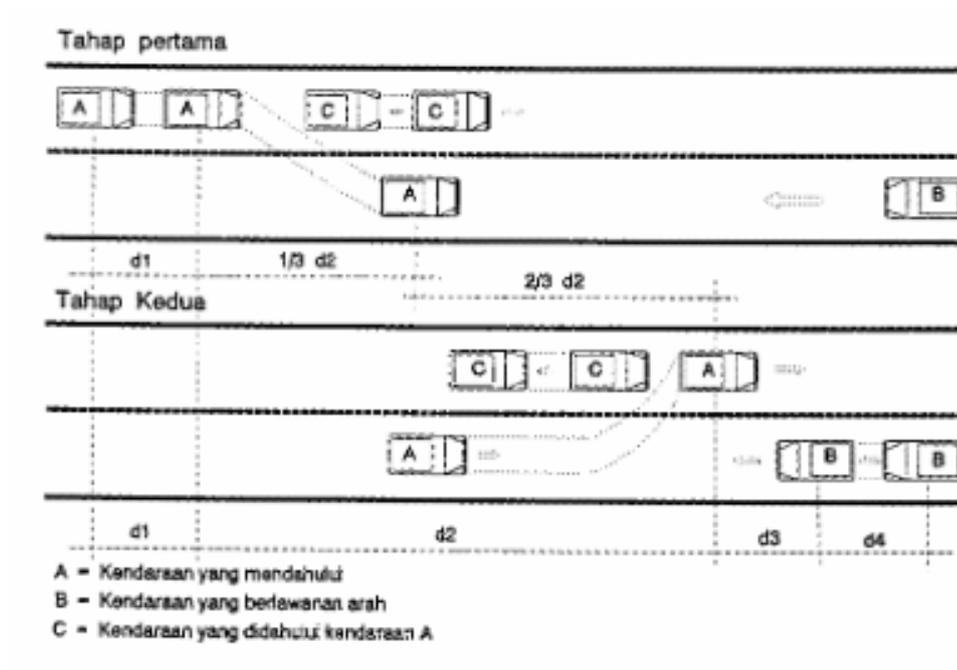
Tabel 2. 23 Jarak Pandang Henti (Jh) minimum

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

(Sumber: Modul RDE 10 : Perencanaan Geometrik,2005)

(2) Jarak Pandang Mendahului

Jarak pandang mendahului (Jd) adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula. Jarak pandang mendahului diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm (50 cm tinggi jok dan 55 cm tinggi mata orang posisi duduk) dan tinggi halangan adalah 105 cm.



(Sumber : Silvia Sukarman, Perkerasan lentur jalan raya, 1995)

Gambar 2. 20 Jarak Pandang Mendahului

Jd dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut :

$$Jd = d1 + d2 + d3 + d4$$

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, yang besarnya diambil sama dengan $2/3 d2$ (m).

Tabel 2. 24 Panjang Jarak Mendahului

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

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

2.6 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah busur peralihan, busur peralihan saja atau busur lingkaran saja.

Untuk itu perlu diperhatikan hal-hal berikut:

- a. Sedapat mungkin menghindari broken back, artinya tikungan searah yang hanya dipisahkan oleh tangen yang sangat pendek yang dapat mengurangi keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan.
- b. Pada bagian yang relatif lurus dan pajang jangan tiba-tibaterdapat tikungan yang tajam yang dapat membahayakan pengemudi.
- c. Kalau tidak terpaksa jangan menggunakan radius minimum sebab jalan tersebut akan sulit mengikuti perkembangan yang akan terjadi dimasa yang akan datang.
- d. Apabila terpaksa menghadapi tikungan ganda maka dalam perencanaan harus diusahakan agar jari-jari (R_1) lebih kecil atau sama dengan jari-jari lengkung kedua (R_2) x 1,5.
- e. Hindari sedapat mungkin lengkung yang terbalik dengan mendadak.
- f. Hindarkan lengkung yang tajam pada timbunan yang tinggi.

Pada perencanaan alinyemen horizontal pada seluruh bagian harus dapat memberikan pelayanan yang sesuai dengan fungsinya serta keamanan dan kenyamanan pengguna jalan. Untuk membuat jalan yang baik dan ideal, maka harus memperhatikan syarat-syarat berikut:

- a. Syarat Ekonomis
 1. Penarikan trase jalan yang tidak terlalu banyak memotong kontur, sehingga dapat menghemat biaya dalam pelaksanaan pekerjaan galian dan timbunan nantinya
 2. Penyediaan material dan tenaga kerja yang diharapkan tidak terlalu jauh dari lokasi proyek sehingga dapat menekan biaya.

b. Syarat Teknis

Tujuannya adalah untuk mendapatkan jalan yang memberikan rasa keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan. Oleh karena itu, perlu diperhatikan keadaan topografi lokasi jalan, sehingga dapat dicapai perencanaan yang baik dan sesuai dengan keadaan daerah setempat.

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

Tabel 2. 25 Panjang Bagian Lurus Maksimum

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

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan tahun 1992)

2.6.1 Tikungan *Full Circle* (FC)

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

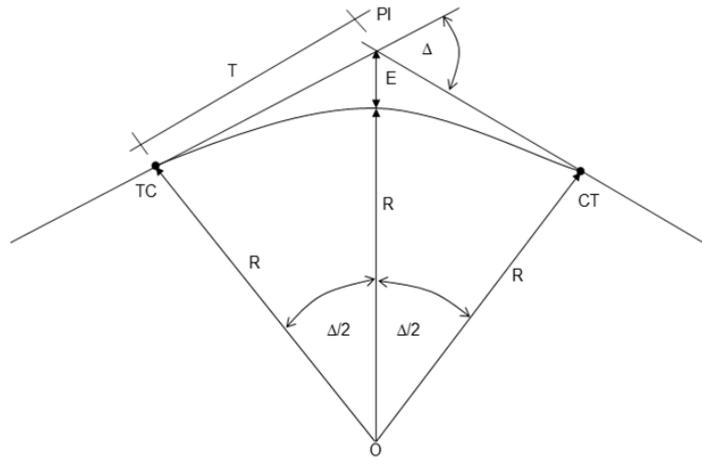
Adapun batasan yang diperbolehkan menggunakan tikungan *full circle*:

Tabel 2. 26 Jari-jari yang tidak memerlukan lengkung peralihan

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

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

Untuk tikungan yang jari-jarinya lebih kecil dari angka diatas maka bentuk tikunganyang dipakai adalah *Spiral Circle Spiral*. Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan yang mempunyai jari-jari besar dan sudut tangen yang relatif kecil.



(Sumber: Modul 4 : Perencanaan Geometrik : Alinemen Horizontal, Hamdi, B.Sc.E, M.T.)

Gambar 2. 21 Tikungan *Full Circle* (FC)

Keterangan Gambar:

PI = *Point of intersection*

Rc = Jari-jari *circle* (m)

Δ = Sudut *tangen*

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

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

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

Lc = Panjang bagian lengkung *circle* (m)

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

Dalam perhitungan tikungan *full circle*, rumus yang digunakan yaitu:

$$Lc = \frac{\Delta}{360} \cdot 2\pi R$$

$$Tc = R \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{2} \cdot \Delta$$

$$Ec = Tc \cdot \tan \frac{\Delta}{4}$$

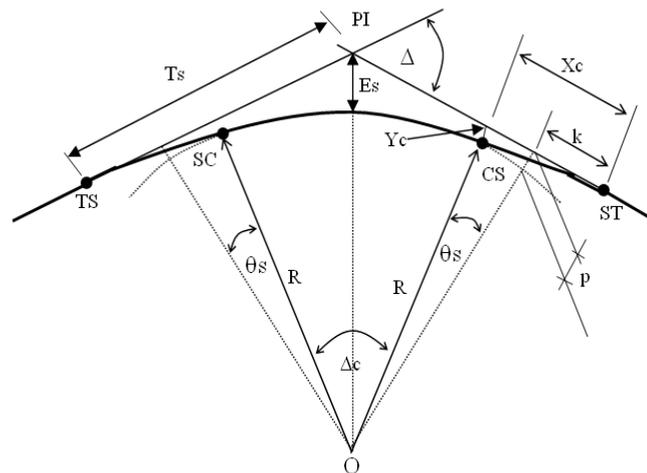
2.6.2 Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)

Bentuk tikungan ini digunakan pada daerah-daerah perbukitan atau pegunungan, karena tikungan seperti ini memiliki lengkung peralihan yang

memungkinkan perubahan menikung tidak secara mendadak dan tikungan tersebut menjadi aman.

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

1. Kemiringan maksimum antar jalan kota : 0,10
2. Kemiringan maksimum jalan dalam kota : 0,08



(Sumber: Modul 4 : Perencanaan Geometrik : Alinemen Horizontal, Hamdi, B.Sc.E, M.T.)

Gambar 2. 22 Tikungan *Spiral – Circle – Spiral* (SCS)

Rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS) :

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

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

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

$$L_s = \frac{V}{3,6} T$$

$$L_s = 0,022 \frac{V^3}{R c} - 2,727 \frac{V x e}{c}$$

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

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R}$$

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_s$$

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

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

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

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

$$L = L_c + 2 L_s$$

$$L_c = \frac{\Delta c}{180} \pi R$$

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^3}{40 R^2} \right)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6R}$$

Dimana:

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

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

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

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

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

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

Δ = Sudut tikungan, ($^{\circ}$)

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

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)

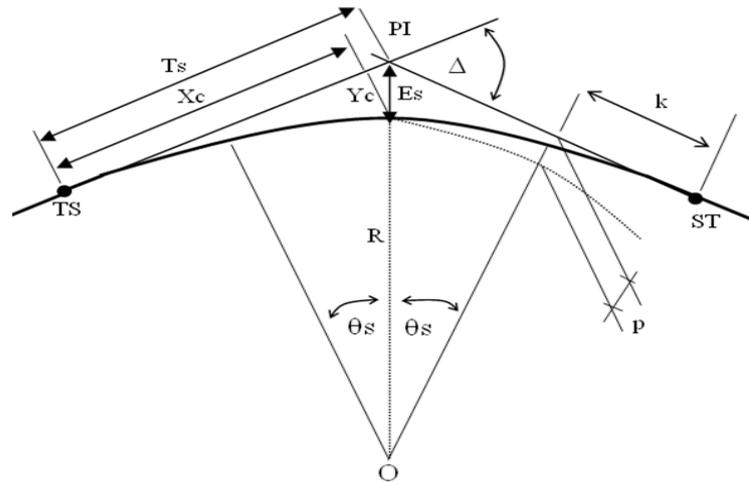
L = Panjang tikungan SCS, (m)

Persyaratan menurut TPGJAK 1997:

Jika diperoleh $L_c < 25$ m, maka sebaiknya tidak menggunakan bentuk tikungan SCS, tetapi gunakan lengkung SS, yaitu lengkung yang terdiri dari 2 lengkung peralihan.

2.6.3 Tikungan *Spiral-Spiral* (SS)

Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan tajam. Adapun rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *Spiral-Spiral* (SS) :



(Sumber: Modul 4 : Perencanaan Geometrik : Alinemen Horizontal, Hamdi, B.Sc.E, M.T.)

Gambar 2. 23 Tikungan *Spiral – Spiral* (SS)

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

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

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

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

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta$$

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

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

$$L_{tot} = 2 L_s$$

$$L_c = 0$$

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

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

Tabel p dan k untuk $L_s = 1$

Dimana:

Ts = Jarak antara PI dan TS

Ls = Panjang bagian lengkung spiral

E = Jarak PI ke lengkung spiral

Δ = Sudut pertemuan antara tangent utama

θ_s = Sudut spiral

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

ST = Spiral tangent, titik perubahan dari spiral ke tangent

Rc = Jari-jari circle (m)

Tabel 2. 27 Nilai p^* dan k^* untuk $L_s = 1$

Qs (°)	p^*	k^*	Qs (°)	p^*	k^*	Qs (°)	p^*	k^*
0,5	0,00073	0,5	14	0,02067	0,49899	27,5	0,04228	0,49594
1	0,00145	0,49999	14,5	0,02143	0,49892	28	0,04314	0,49578
1,5	0,00218	0,49999	15	0,02219	0,49884	28,5	0,04399	0,49562
2	0,00291	0,49998	15,5	0,02296	0,49876	29	0,04486	0,49546
2,5	0,00364	0,49997	16	0,02372	0,49868	29,5	0,04572	0,49529
3	0,00437	0,49995	16,5	0,02449	0,49859	30	0,0466	0,49512
3,5	0,0051	0,49994	17	0,02527	0,4985	30,5	0,04747	0,49494
4	0,00582	0,49992	17,5	0,02604	0,49841	31	0,04836	0,49477
4,5	0,00656	0,4999	18	0,02682	0,49831	31,5	0,04924	0,49458
5	0,00729	0,49987	18,5	0,02761	0,49822	32	0,05013	0,4944
5,5	0,00802	0,49985	19	0,02839	0,49812	32,5	0,05151	0,49421
6	0,00948	0,49982	19,5	0,02918	0,49801	33	0,05193	0,49402
6,5	0,01022	0,49978	20	0,02997	0,49791	33,5	0,05284	0,49382
7	0,01022	0,49975	20,5	0,03077	0,4978	34	0,05375	0,49362
7,5	0,01096	0,49971	21	0,03156	0,49769	34,5	0,05467	0,49341
8	0,01169	0,49974	21,5	0,03237	0,49757	35	0,0556	0,49321
8,5	0,01243	0,49931	22	0,03317	0,49745	35,5	0,05625	0,49299
9	0,01317	0,49959	22,5	0,03398	0,49733	36	0,05746	0,49278
9,5	0,01391	0,49954	23	0,03479	0,49721	36,5	0,0584	0,49256
10	0,01466	0,49949	23,5	0,03561	0,49708	37	0,05935	0,49233
10,5	0,0154	0,49944	24	0,03643	0,49695	37,5	0,0603	0,4921
11	0,01615	0,49938	24,5	0,03725	0,49681	38	0,06126	0,49187
11,5	0,01689	0,49932	25	0,03808	0,49668	38,5	0,06222	0,49163

Qs (°)	p*	k*	Qs (°)	p*	k*	Qs (°)	p*	k*
12	0,01764	0,49926	25,5	0,03891	0,49654	39	0,06319	0,49139
12,5	0,0184	0,4992	26	0,03975	0,49639	39,5	0,06417	0,49115
13	0,01915	0,49913	26,5	0,04059	0,49625	40	0,06515	0,4909
13,5	0,01991	0,49906	27	0,04143	0,49609	-	-	-

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1997)

2.6.4 Diagram Superelevasi

Diagram superelevasi menggambarkan pencapaian superelevasi dari lereng normal ke superelevasi penuh, sehingga dengan mempergunakan diagram superelevasi dapat ditentukan bentuk penampang melintang pada setiap titik di suatu lengkung horizontal yang direncanakan (Silvia Sukirman).

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

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

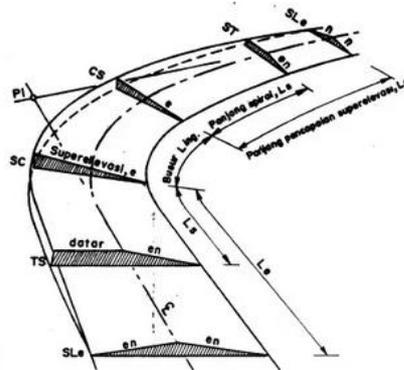
- a. Sumbu jalan dipergunakan sebagai sumbu putar
- b. Tepi perkerasan jalan sebelah dalam digunakan sebagai sumbu putar
- c. Tepi perkerasan jalan sebelah luar digunakan sebagai sumbu putar

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

- a. Masing-masing perkerasan diputar sendiri-sendiri dengan menggunakan sumbu jalan masing-masing jalur jalan sebagai sumbu putar.
- b. Kedua perkerasan diputar sendiri-sendiri dengan sisi median sebagai sumbu putar, sedangkan median dibuat dalam kondisi datar.

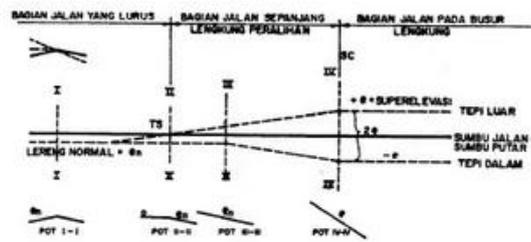
- c. Seluruh jalur jalan termasuk median diputar dalam satu bidang yang sama, dan sumbu putarnya adalah sumbu median.

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

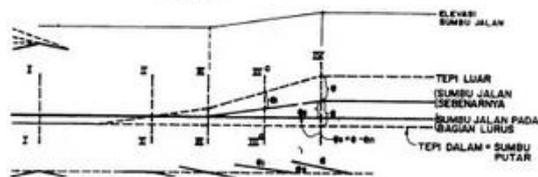


(Sumber : Silvia Sukarman, Perkerasan lentur jalan raya, 1995)

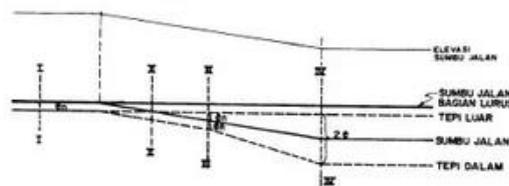
Gambar 2. 24 Perubahan kemiringan melintang



Gambar 4.16 Diagram superelevasi dengan sumbu jalan sebagai sumbu putar

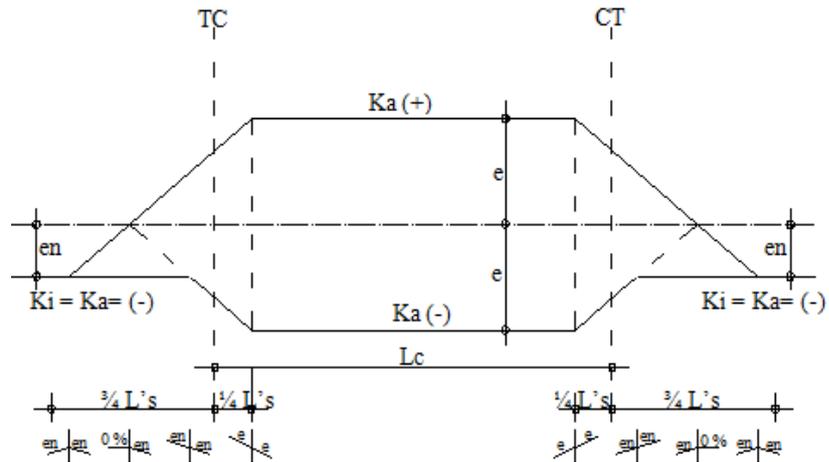


Gambar 4.17 Diagram superelevasi dengan tepi dalam perkerasan sebagai sumbu putar pada jalan tanpa median.



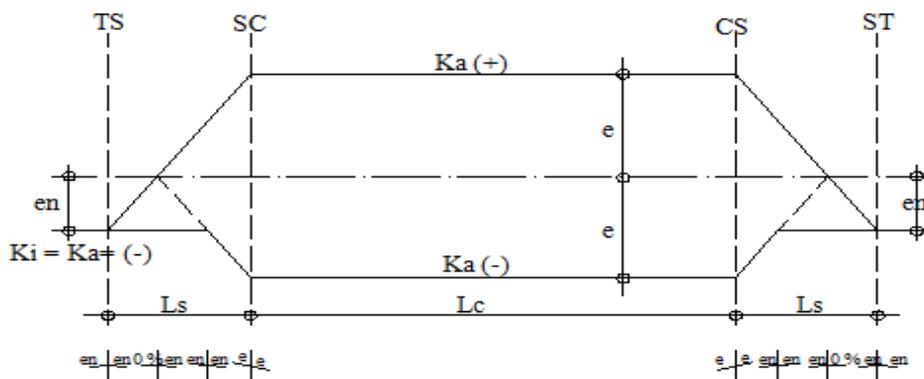
(Sumber : Silvia Sukarman, Perkerasan lentur jalan raya, 1995)

Gambar 2. 25 Diagram superelevasi dengan tipe perkerasan sebagai sumbu putar pada jalan tanpa median



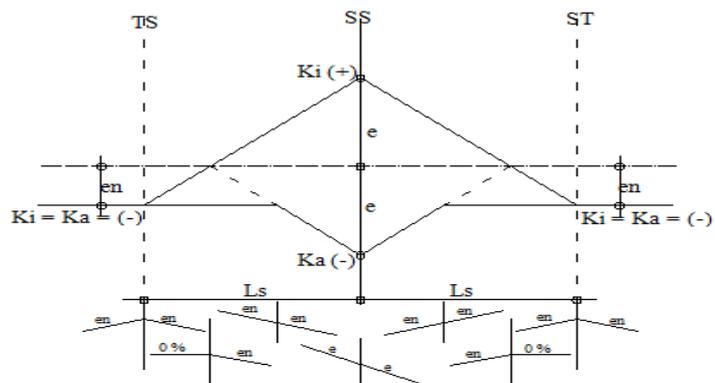
(Sumber: Pedoman Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Gambar 2. 26 Diagram Superelevasi Full Circle



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

Gambar 2. 27 Diagram Superelevasi Spiral Circle Spiral



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

Gambar 2. 28 Diagram Superelevasi Spiral Spiral

2.6.5 Pelebaran Perkerasan Jalan pada Tikungan

Kendaraan yang bergerak dari jalan lurus menuju tikungan, seringkali tidak dapat mempertahankan lintasannya pada lajur yang disediakan. Hal ini disebabkan karena:

- Pada waktu berbelok pertama kali hanya roda depan, sehingga lintasan roda belakang agak keluar lajur (*off tracking*).
- Jarak lintasan kendaraan tidak lagi berimpit, karena bempur depan dan belakang kendaraan akan mempunyai lintasan yang berbeda dengan lintasan roda depan dan roda belakang kendaraan.
- Pengemudi akan mengalami kesulitan dalam mempertahankan lintasannya tetap pada lajur jalannya terutama pada tikungan-tikungan yang tajam atau pada kecepatan-kecepatan tinggi.

Untuk menghindari hal-hal tersebut makapada tikungan yang tajam perlu perlu perkerasan jalan yang diperlebar. Pelebaran perkerasan ini merupakan faktordari jari-jari lengkung, kecepatan kendaraan, jenis dan ukuran kendaraan rencana yang akan dipergunakan sebagai jalan perencanaan.

Pelebaran perkerasan jalan pada tikungan sangat tergantung pada: Jari tikungan (R), Sudut tangent (Δ), dan Kecepatan rencana (V). Adapun rumus yang berlaku untuk menghitung pelebaran pada tikungan :

$$Rc = R - \frac{1}{4}Bn + \frac{1}{2}b$$

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

$$Z = \frac{0,105 \times V}{\sqrt{R}}$$

$$Bt = n(B + C) + Z$$

Dimana :

B = Lebar perkerasan pada tikungan (m)

Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar kendaraan rencana (m)

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

- Z = Lebar tambahan akibat kesukaran dalam mengemudi (m)
 R = Radius lengkung (m)
 n = Jumlah lajur
 C = Kebebasan samping (1,0 m)

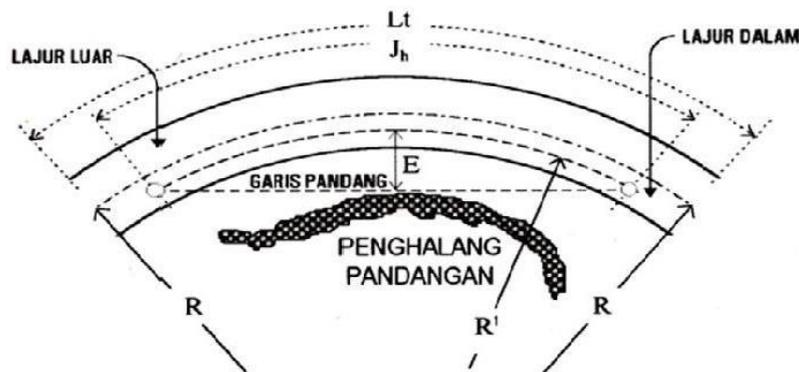
2.6.6 Kebebasan Samping pada Tikungan

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), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan J_h dipenuhi. (TPGJAK, 1997).

Rumus-rumus sebagai berikut :

- a. Jika $J_h < L_t$

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

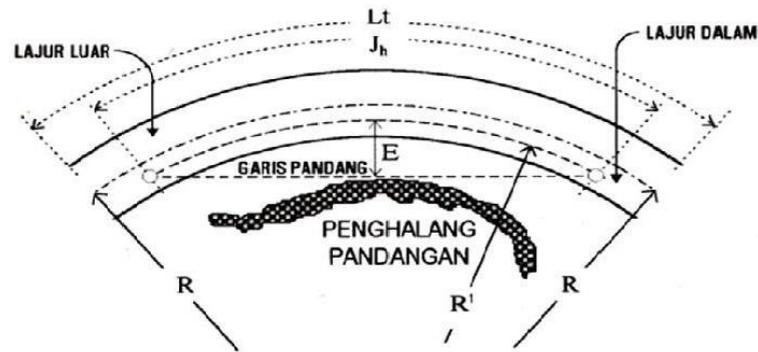


(Sumber: Pedoman Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Gambar 2. 29 Daerah bebas samping di tikungan, untuk $J_h < L_t$

- b. Jika $J_h > L_t$

$$E = R \left(1 - \cos \left(\frac{90^\circ J_h}{\pi R} \right) \right) + \frac{1}{2} (J_h - L_t) \sin \left(\frac{90^\circ J_h}{\pi R} \right)$$



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

Gambar 2. 30 Daerah bebas samping di tikungan, untuk $J_h > L_t$

Dimana :

R = Jari-jari tikungan (m)

J_h = Jarak Pandang Henti (m)

L_t = Panjang tikungan (m)

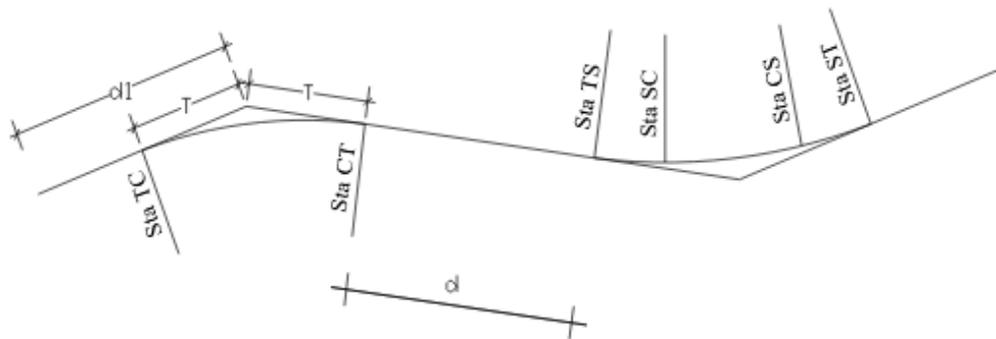
2.6.7 Penomoran Panjang Jalan (*Stationing*)

Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (STA jalan) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang dibicarakan, selanjutnya menjadipanduan untuk lokasi suatu tempat.

Disamping itu dari penomoran jalan tersebut diperoleh informasi tentang panjang jalan secara keseluruhan. Setiap STA jalan dilengkapi dengan gambar potongan melintangnya.

Adapun interval untuk masing-masing penomoran jika tidak adanya perubahan arah tangen pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal adalah sebagai berikut :

- Setiap 100 m, untuk daerah datar
- Setiap 50 m, untuk daerah bukit
- Setiap 25 m, untuk daerah gunung

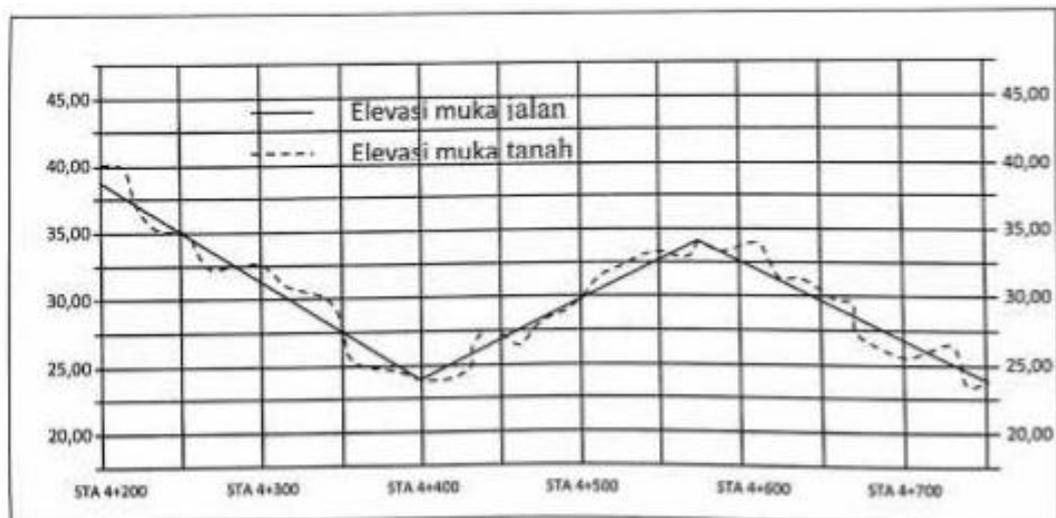


(Sumber: Pedoman Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Gambar 2. 31 Penomoran jalan

2.7 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah sebagai proyeksi sumbu jalan pada bidang vertikal, berbentuk penampang memanjang jalan. Alinyemen vertikal disebut juga penampang memanjang atau profil jalan. Permukaan jalan terdiri dari bagian lurus yang disebut bagian Tangen vertikal, dan bagian lengkung yang disebut lengkung vertikal jalan.



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

Gambar 2. 32 Alinyemen Vertikal

Berikut adalah faktor-faktor yang mempengaruhi desain alinyemen vertikal:

- a. Kondisi lapisan tanah sepanjang badan jalan
- b. Kondisi tanah disekitar daerah galian
- c. Muka air tanah dan muka air banjir
- d. Fungsi jalan
- e. Keseimbangan antara galian dan timbunan
- f. Pertimbangan lingkungan

2.7.1 Kelandaian

Kelandaian dibagi menjadi 2 bagian yaitu :

- a. Kelandaian minimum

Kelandaian Minimum jalan diperlukan untuk kepentingan drainase jalan (*Surface Drain*), agar supaya secepatnya air hujan dapat mengalir ke saluran samping, sehingga tidak terjadi Genangan pada permukaan Jalan. Genangan ini selain akan merusak lapis perkerasan, juga akan menurunkan tingkat keselamatan kendaraan yang melalui ruas tersebut.

Adapun beberapa hal yang harus dipertimbangkan :

1. Landai datar (0%) untuk jalan-jalan tanpa kerb dan terletak diatas tanah timbunan.
2. Landai 0,30-0,50% untuk jalan yang menggunakan kerb dan terletak diatas tanah timbunan.

- b. Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum adalah untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.

Tabel 2. 28 Kelandaian maksimum yang diizinkan

VR (Km/h)	120	110	100	80	60	50	40	< 40
Jd (m)	3	3	4	5	8	9	10	10

(Sumber: Modul RDE 10 : Perencanaan Geometrik,2005)

c. Panjang Kritis Suatu Kelandaian

Panjang kritis yaitu panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh VR.

Tabel 2. 29 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: Modul RDE 10 : Perencanaan Geometrik,2005)

d. Lajur Pendakian

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

Pada bagian tanjakan dengan landai 5 % atau lebih (3% atau lebih untuk jalan dengan kecepatan rencana 100 km/jam atau lebih), jalur pendakian kendaraan berat hendaknya disediakan, tergantung panjang dan karakteristik lalu lintas dan lebar lajur pendakian pada umumnya 3,0 meter

2.7.2 Lengkung Vertikal

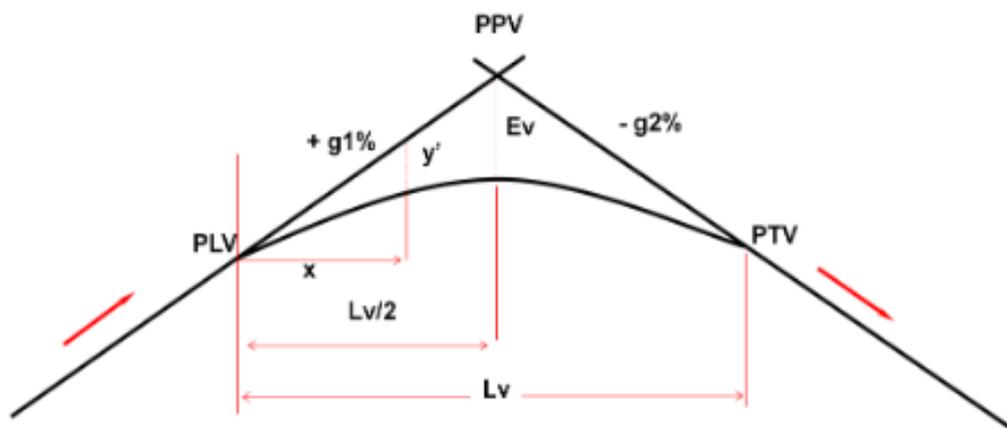
Lengkung Vertikal Pada setiap penggantian landai harus dibuat lengkung vertikal yang memenuhi keamanan, kenyamanan dan drainase yang baik.

Bentuk lengkung vertikal adalah parabola dengan asumsi sederhana sehingga elevasi panjang lengkung dapat diperkirakan panjangnya, panjang minimum lengkung vertikal bisa ditentukan langsung dengan **Tabel 2.30** berikut:

Tabel 2. 30 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: Modul RDE 10 : Perencanaan Geometrik,2005)



(Sumber: Modul 6 : Perencanaan Geometrik : Alinemen Vertikal, Hamdi, B.Sc.E, M.T.)

Gambar 2. 33 Lengkung Vertikal

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

$$Y' = \left[\frac{g_2 - g_1}{200 L} \right] x^2$$

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)

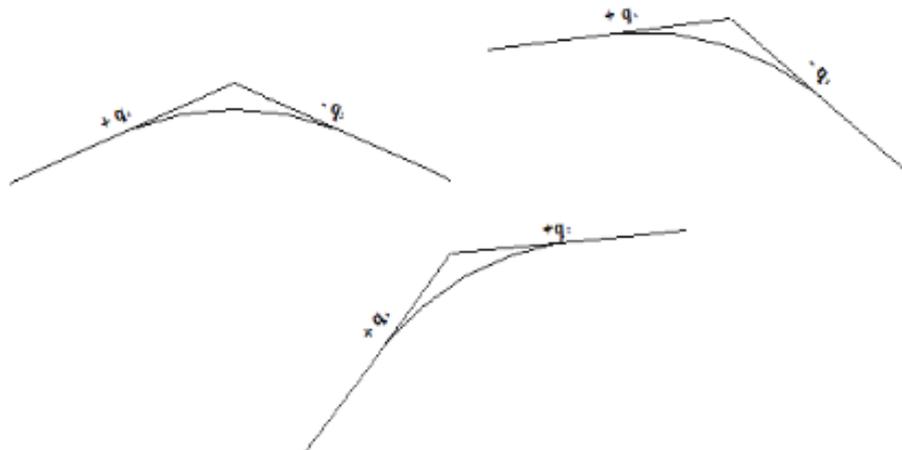
Untuk $x = \frac{1}{2} L_v$, maka $y'' = E_v$ dirumuskan sebagai :

$$E_v = \frac{(g_2 - g_1)L_v}{800}$$

Lengkung vertikal dibagi menjadi 2 macam, yaitu :

a. Lengkung vertikal cembung

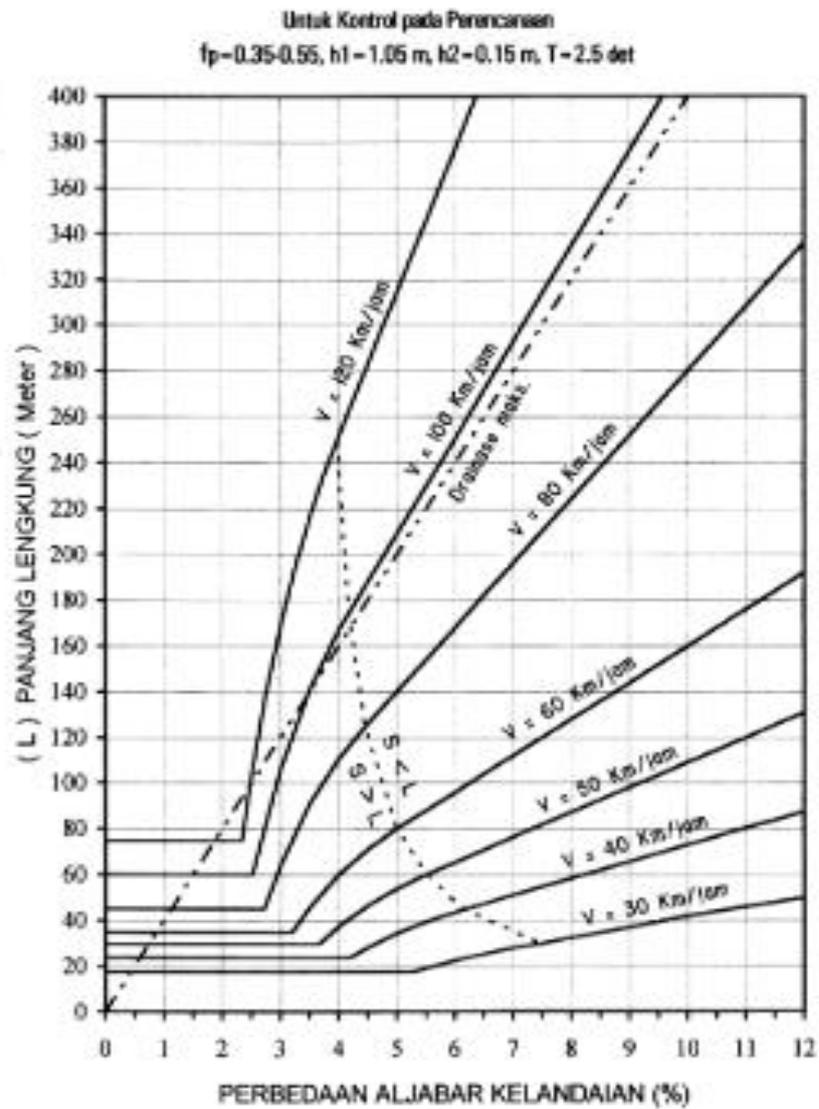
Titik perpotongan antara ke 2 tangen berada di atas permukaan jalan.



(Sumber: Modul 6 : Perencanaan Geometrik : Alinemen Vertikal, Hamdi, B.Sc.E, M.T.)

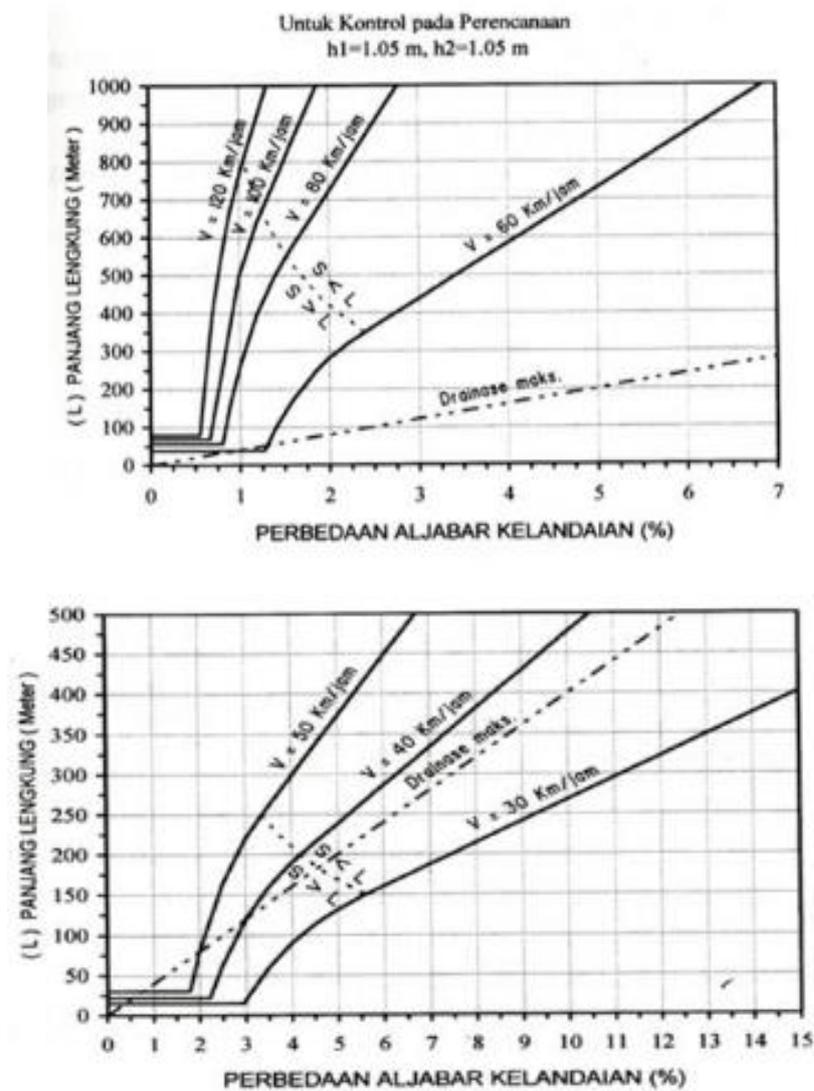
Gambar 2. 34 Alinyemen vertikal cembung

Untuk menentukan panjang lengkung vertikal cembung (L_v) dapat ditentukan berdasarkan grafik berikut ini:



(Sumber: Modul 6 : Perencanaan Geometrik : Alinemen Vertikal, Hamdi, B.Sc.E, M.T.)

Gambar 2. 35 Grafik panjang lengkung vertikal cembung

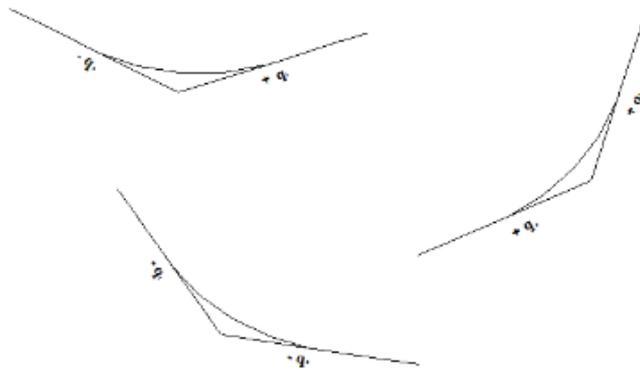


(Sumber: Modul 6 : Perencanaan Geometrik : Alinemen Vertikal, Hamdi, B.Sc.E, M.T.)

Gambar 2. 36 Grafik panjang lengkung vertikal cembung berdasarkan jarak pandang henti

b. Lengkung vertikal cekung

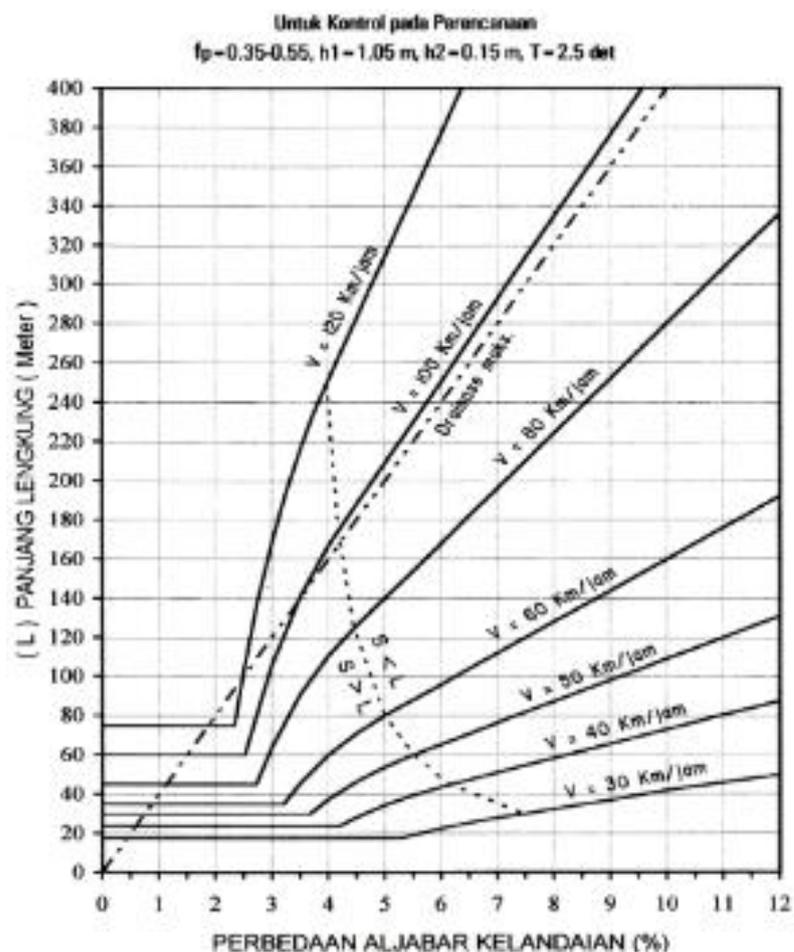
Titik perpotongan antara ke 2 tangen berada di bawah permukaan jalan.



(Sumber: Modul 6 : Perencanaan Geometrik : Alinemen Vertikal, Hamdi, B.Sc.E, M.T.)

Gambar 2. 37 Alinyemen Vertikal Cekung

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



(Sumber: Modul 6 : Perencanaan Geometrik : Alinemen Vertikal, Hamdi, B.Sc.E, M.T.)

Gambar 2. 38 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

2.8 Koordinasi Alinyemen

Alinyemen vertikal, alinyemen horizontal dan potongan melintang jalan adalah elemen-elemen jalan sebagai keluaran perencanaan harus dikoordinasikan sedemikian sehingga menghasilkan suatu bentuk jalan yang baik dalam arti memudahkan pegemudi mengemudikan kendaraannya dengan aman dan nyaman. bentuk kesatuan dari alinemen vertikal, alinemen horizontal dan potongan melintang jalan diharapkan dapat memberikan kesan atau petunjuk kepada pengemudi akan bentuk jalan yang akan dilalui di depannya agar pengemudi dapat melakukan antisipasi lebih awal.

Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar kota, 1997 koordinasi alinemen vertikal dan horizontal harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- a. Alinemen horizontal sebaiknya dengan alinemen vertikal dan secara ideal alinemen horizontal lebih panjang sedikit melingkupi alinemen vertikal.
- b. Tikungan yang tajam pada bagian bawah lengkung vertikal cekung atau pada bagian atas lengkung vertikal cembung harus dihindarkan.
- c. Lengkung vertikal cekung pada kelandaian jalan yang lurus dan panjang harus dihindarkan.
- d. Dua atau lebih lengkung vertikal dalam suatu lengkung horizontal harus dihindarkan.
- e. Tikungan yang tajam diantara dua bagian jalan yang lurus dan panjang harus dihindarkan.

2.9 Perencanaan Bangunan Pelengkap Jalan

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

2.9.1 Drainase Jalan

Drainase adalah saluran air di permukaan atau di bawah tanah, baik yang terbentuk secara alami maupun dibuat manusia. Drainase berperan penting untuk mengatur suplai air demi pencegahan banjir. Drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. (Dr. Ir. Suripin, M.Eng.2004)

Ada dua jenis drainase yaitu:

a. Drainase permukaan

Drainase permukaan berfungsi mengalirkan air hujan yang ada dipermukaan agar tidak menghambat arus lalu lintas di jalan tersebut dan juga mencegah air agar tidak merusak lapisan perkerasan jalan.

Menurut fungsinya drainase permukaan dibedakan menjadi:

1. Saluran Samping

Saluran samping adalah saluran yang berada dibagian sisi jalan yang dapat langsung menampung air dari badan jalan dan mengalirkannya keluar dari badan jalan. Saluran pembuang ini berfungsi untuk mengalirkan air dari saluran samping ketempat pembuangan yang lebih rendah seperti sungai, rawa atau kolam.

2. Saluran Penangkap

Saluran penangkap berfungsi untuk mengalirkan air permukaan dari daerah yang lebih tinggi, sebelum air mencapai badan jalan.

3. Gorong-gorong/*Box Culvert*

Gorong-gorong adalahsaluran melintang dan memotong badan jalan yang berada dibawah permukaan jalan yang berfungsi untuk mengalirkan air dari sisi jalan kesisi jalan lainnya.

Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan drainase permukaan adalah :

1. Plot rute jatan di peta topografi (L)

- a) Plot rute jalan rencana pada topografi ini diperlukan untuk mengetahui gambaran topografi atau daerah, kondisi sepanjang trase jalan yang akan dilalui dapat dipelajari.
 - b) Kondisi terain pada daerah layanan diperlukan untuk menentukan bentuk dan kemiringan yang akan mempengaruhi pola aliran.
2. Inventarisasi data bangunan drainase (gorong-gorong, jembatan dll) eksisting meliputi lokasi, dimensi, arah aliran pembuangan dan kondisinya. Data ini digunakan agar perencanaan sistem drainase jalan tidak mengganggu sistem drainase yang telah ada.
3. Panjang Segmen saluran (L)
- Penentuan panjang segmen saluran (L) didasarkan pada:
- a) Kemiringan saluran disarankan mendekati kemiringan rute jalan;
 - b) Adanya tempat buangan air seperti badan air (misalnya sungai, waduk, dll).
 - c) Dimensi saluran menggunakan langkah coba-coba, sehingga dimensi saluran paling ekonomis.
4. Luas daerah layanan (A)
- a) Perhitungan luas daerah layanan didasarkan pada panjang segmen jalan yang ditinjau;
 - b) Luas daerah layanan (A) untuk saluran samping jalan perlu curah hujan atau untuk memperkirakan volume limpasan permukaan diketahui agar dapat diperkirakan daya tampungnya terhadap yang akan ditampung saluran samping jalan.
 - c) Luas daerah layanan terdiri atas luas setengah badan jalan (A1), luas bahu jalan (A2) dan luas daerah di sekitar (A3).
 - d) Batasan luas daerah layanan tergantung dari daerah sekitar dan topografi serta daerah sekelilingnya panjang daerah pengaliran yang diperhitungkan terdiri atas setengah lebar badan jalan (L1), lebar bahu jalan (L2) dan daerah sekitar (l3) yang terbagi atas daerah perkotaan yaitu ± 10 m dan untuk daerah luar kota yang didasarkan pada topografi daerah tersebut.

- e) Jika diperlukan pada daerah perbukitan, direncanakan beberapa saluran (Lihat sub bab drainase lereng) untuk menampung limpasan dari daerah bukit dengan batas daerah layanan adalah puncak bukit tersebut tanpa merusak stabilitas lereng. Sehingga saluran tersebut hanya menampung air dari luas daerah layanan daerah sekitar (A3).

b. Drainase bawah

Drainase bawah ini harus dikerjakan terlebih dahulu sebelum melaksanakan pekerjaan badan jalan karena letaknya ada dibawah permukaan jalan yang biasa difungsikan sebagai penunjang utama dalam mengalirkan air. (H. A Halim Hasmar, 2011).

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

$$Q = \frac{C \times I_t \times A}{3,6}$$

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)

A. Koefisien Pengaliran (C)

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

B. Faktor Limpasan (fk)

Faktor limpasan merupakan faktor atau angka yang dikalikan dengan koefisien *runoff* biasa dengan tujuan agar kinerja saluran tidak melebihi kapasitasnya akibat daerah pengaliran yang terlalu luas.

Tabel 2. 31 Harga Koefisien Pengaliran (C) dan Harga Faktor Limpasan (fk)

No.	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)	Faktor Limpasan (fk)
BAHAN			
1.	Jalan beton dan jalan aspal	0,70-0,95	-
2.	Jalan kerikil dan 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	
TATA GUNA LAIN			
1.	Daerah perkotaan	0,70-0,95	2,0
2.	Daerah pinggir kota	0,60-0,70	1,5
3.	Daerah Industri	0,60-0,90	1,2
4.	Permukiman tidak padat	0,40-0,60	2,0
5.	Permukiman tidak padat	0,40-0,60	1,5
6.	Taman dan kebun	0,20-0,40	0,2
7.	Persawahan	0,45-0,60	0,5
8.	Perbukitan	0,70-0,80	0,4
9.	Pengunungan	0,75-0,90	0,3

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

Keterangan :

1. Harga koefisien pengaliran (C) untuk daerah datar diambil nilai C yang terkecil dan untuk daerah lereng diambil nilai C yang besar.

2. Harga faktor limpasan (f_k) hanya digunakan untuk guna lahan sekitar saluran selain bagian jalan.

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

$$C = \frac{C_1 \times A_1 + C_2 \times A_2 + C_3 \times A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \times f_k$$

Dimana :

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

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

f_k : faktor limpasan sesuai guna lahan

C. Waktu Konsentrasi (TC)

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

$$T_C = t_1 + t_2$$

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

$$t_2 = \frac{L}{60 \times V}$$

Dimana :

T_C = Waktu konsentrasi (menit)

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

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

l_o = Jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

L = Panjang saluran (m)

nd = Koefisien hambatan (**Tabel 2. 32**)

i_s = Kemiringan saluran memanjang

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

Tabel 2. 32 Koefisien hambatan (nd) berdasarkan kondisi permukaan

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

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

D. Analisa Hidrologi

1) Data Curah Hujan

- (a) Merupakan data curah hujan harian maksimum dalam setahun dinyatakan dalam mm/hari. Data curah hujan ini diperoleh dari BMKG.
- (b) Jika daerah layanan tidak memiliki data curah hujan, maka dapat digunakan data dari stasiun diuar daerah layanan yang dianggap masih dapat mewakili. Jumlah data curah hujan yang diperlukan minimal 10 tahun terakhir.

2) Periode Ulang

Karakteristik hujan menunjukkan bahwa hujan yang besar tertentu mempunyai periode ulang tertentu. Periode ulang untuk pembangunan saluran drainase ditentukan 5 tahun.

3) Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi.

Ada beberapa metode yang biasa digunakan dalam perhitungan intensitas curah hujan adalah sebagai berikut :

a. Metode Mononobe

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

Dimana :

I : Intensitas curah hujan (mm/jam)

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

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

b. Metode Van Breen

$$I = \frac{54 R_T + 0,07 R_T^2}{tc + 0,3 R_T}$$

Di mana :

I_T : Intensitas curah hujan pada suatu periode ulang (T tahun)

R_T : Tinggi curah hujan pada periode ulang T tahun (mm/hari)

2.9.2 Saluran Samping

Saluran samping terutama berguna untuk :

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

Umumnya bentuk saluran samping trapesium, atau empat persegi panjang. Untuk daerah perkotaan, dimana daerah pembebasan jalan sudah sangat terbatas, maka saluran samping dapat dibuat empat persegi panjang dari konstruksi beton dan ditempatkan di bawah trotoar, sedangkan di daerah pedalaman dimana pembebasan jalan bukan menjadi masalah, saluran samping umumnya dibuat berbentuk trapesium. Dinding saluran dapat mempergunakan pasangan batu kali, atau tanah asli.

Lebar dasar saluran disesuaikan dengan besarnya debit yang diperkirakan akan mengalir pada saluran tersebut, minimum sebesar 30 cm. Tetapi pada kelandaian jalan yang cukup besar, dan saluran hanya terbuat dari tanah asli, kelandaian dasar saluran tidak lagi mengikuti kelandaian Jalan. Hal ini untuk mencegah pengkikisan oleh aliran air.

Kelandaian dasar saluran dibatasi sesuai dengan material dasar saluran, jika terjadi perbedaan yang cukup besar antara kelandaian dasar saluran dan kelandaian jalan, maka perlu dibuatkan terasering. Talud untuk saluran samping yang berbentuk trapesium dan tidak diperkeras adalah 2H:1V, atau sesuai dengan kemiringan yang memberikan kestabilan lereng yang aman. Untuk saluran samping yang menggunakan pasangan batu, talud dapat dibuat 1:1

1. Kecepatan aliran dan kemiringan saluran samping

Berikut ini diberikan tabel dari berbagai sumber yang mmeberikan batasan kecepatan aliran air yang diizinkan maupun kemiringan saluran samping.

Tabel 2. 33 Kecepatan Aliran air yang diizinkan dan kemiringan saluran samping berdasarkan jenis material saluran samping

Material Saluran Samping	Kecepatan Aliran Air yang diizinkan (m/dt)	Kemiringan Saluran Samping (%)
Pasir Halus	0,45	0-5
Lempung Kepasiran	0,50	0-5
Lanau Aluvial	0,60	0-5
Kerikil Halus	0,75	0-5
Lempung Kokoh	0,75	5-10
Lempung Padat	1,10	5-10
Kerikil Kasar	1,20	5-10
Batu-batu Besar	1,50	5-10
Pasangan Batu	1,50	10
Beton	1,50	10
Beton Bertulang	1,50	10

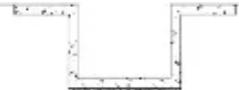
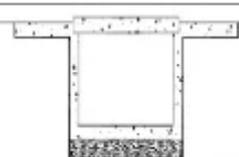
(Sumber : Pd. T-02-2006-B Perencanaan Sistem Drainase Jalan)

2. Penampang Melintang Saluran Samping

Penampang melintang saluran samping dipilih berdasarkan pertimbangan-pertimbangan ;

- a. Kondisi tanah dasar
- b. Kecepatan aliran
- c. Dalam atau dangkalnya kedudukan air tanah

Berikut ini adalah contoh-contoh bentuk saluran samping yang biasa digunakan dalam perencanaan jalan :

No.	Tipe Saluran Samping	Potongan Melintang	Bahan yang digunakan
1.	Bentuk Trapesium		Tanah Asli
2.	Bentuk Segitiga		Pasangan batu kali atau tanah asli
3.	Bentuk Trapesium		Pasangan batu kali
4.	Bentuk Segiempat		Pasangan batu kali
5.	Bentuk Segiempat		Beton bertulang pada bagian dasar diberi lapisan pasir ± 10 cm
6.	Bentuk Segiempat		Beton bertulang pada bagian dasar diberi lapisan pasir ± 10 cm, pada bagian atas ditutup plat beton bertulang
7.	Bentuk Segiempat		Pasangan batu kali pada bagian dasar diberi lapisan pasir ± 10 cm, pada bagian atas ditutup plat beton bertulang
8.	Bentuk setengah lingkaran		Pasangan batu kali atau beton bertulang

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

Gambar 2. 39 Bentuk-bentuk saluran samping

3. Komponen perhitungan penampang saluran

Tabel 2. 34 Perhitungan penampang saluran

Komponen	Jenis Penampang	
	Trapesium	Segi empat
Dimensi		
Lebar atas (b)	$b + 2 \times z$	B
Tinggi muka air (h)	H	H
Faktor kemiringan (z)	1:1 $\rightarrow z = h$ 1:1,5 $\rightarrow z = 1,5h$ 1:2 $\rightarrow z = 2h$	-
Penampang Basah		
Luas (F)	$(b + z) \times h$	$b \times h$
Keliling (P)	$B + 2 \times h \sqrt{1 + z^2}$	$b + 2 \times h$
Jari-jari hidrolis (R)	$\frac{(b+z) \times h}{b+2h \sqrt{1+z^2}}$	$\frac{b \times h}{b+2h}$
Kecepatan (V) :		
- Metode Manning	$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2}$	$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2}$
- Metode Chezy	$V = C\sqrt{R} \times I$	$V = C\sqrt{R} \times I$
	$C = \frac{23 + \frac{0,00155}{i} + \frac{1}{N}}{1 + \frac{N}{\sqrt{R}} (23 + \frac{0,00155}{i})}$	
Debit (Q _s)	F x V	F x V

Komponen	Jenis Penampang	
	Silinder	Lingkaran
Dimensi		
Lebar atas (b)	$2 \times z$	$2 \times (h-0,5 D)\tan\theta$
Tinggi muka air (h)	H	H
Faktor kemiringan (z)	1:1 $\rightarrow z = h$ 1:1,5 $\rightarrow z = 1,5h$ 1:2 $\rightarrow z = 2h$	$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{h-0,5 D}{0,5 D}\right)$
Penampang Basah		
Luas (F)	$z \times h$	$\frac{\pi D^2}{4}\left(1 - \frac{\theta}{180}\right) + (h-0,5D)^2 \tan\theta$
Keliling (P)	$2 \times h \sqrt{1 + z^2}$	$\pi D = \left(1 - \frac{\theta}{180}\right)$
Jari-jari hidrolis (R)	$\frac{z}{2h \sqrt{1+z^2}}$	$\frac{[\pi D^2 (1 - \frac{\theta}{180}) + 4(h-0,5D)^2 \tan\theta]}{[4\pi D (1 - \frac{\theta}{180})]}$
Kecepatan (V) :		
- Metode Manning	$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2}$	$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2}$
- Metode Chezy	$V = C\sqrt{R \times I}$	$V = C\sqrt{R \times I}$
	$C = \frac{23 + \frac{0,00155}{i} + \frac{1}{N}}{1 + \frac{N}{\sqrt{R}} \left(23 + \frac{0,00155}{I}\right)}$	$C = \frac{23 + \frac{0,00155}{i} + \frac{1}{N}}{1 + \frac{N}{\sqrt{R}} \left(23 + \frac{0,00155}{I}\right)}$
Debit (Q _s)	F x V	0,8 x (F x V)

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

Tabel 2. 35 Angka Kekasaran Manning (n)

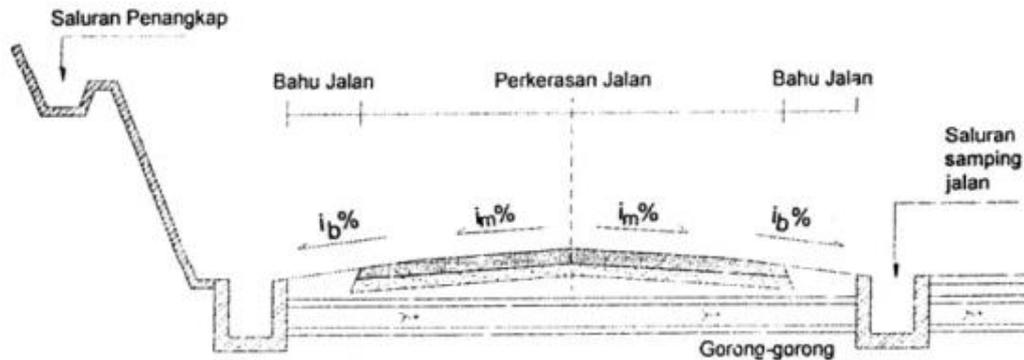
No.	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
Saluran Buatan					
1	Saluran tanah, lurus teratur	0,017	0,020	0,023	0,025
2	Saluran tanah yang dibuat dengan excavator	0,023	0,028	0,030	0,040
3	Saluran pada dinding batuan, lurus, teratur	0,020	0,030	0,033	0,035
4	Saluran pada dinding batuan, tidak lurus,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

No.	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
Saluran Buatan, Beton, atau Batu Kali					
16	Saluran pasangan batu, tanpa penyelesaian	0,025	0,030	0,033	0,035
17	Seperti no.16, tapi dengan penyelesaian	0,017	0,020	0,025	0,030
18	Saluran beton	0,014	0,016	0,019	0,021
19	Saluran beton halus dan rata	0,010	0,011	0,012	0,013
20	Saluran beton pracetak dengan acuan baja	0,013	0,014	0,014	0,015
21	Saluran beton pracetak dengan acuan kayu	0,015	0,016	0,016	0,018

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

2.9.3 Gorong-gorong (*Box Culvert*)

- a. Ditempatkan melintang jalan yang berfungsi untuk menampung air dari hulu saluran drainase dan mengalirkannya.
- b. Harus cukup besar untuk melewatkan debit air secara maksimum dari daerah pengaliran secara efisien
- c. Harus dibuat dengan tipe permanen (lihat **Gambar 2.40**). Adapun pembangunan gorong-gorong terdiri dari tiga konstruksi utama, yaitu :
 1. Pipa kanal air utama yang berfungsi untuk mengalirkan air dari bagian hulu ke bagian hilir secara langsung
 2. Apron (dasar) dibuat pada tempat masuk untuk mencegah terjadinya erosi dan dapat berfungsi sebagai dinding penyekat lumpur
 3. Bak penampung diperlukan pada kondisi :
 - a) pertemuan antara gorong-gorong dan saluran tepi
 - b) pertemuan lebih dari dua arah aliran



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

Gambar 2. 40 Bagian konstruksi gorong-gorong

- d. Jarak gorong-gorong pada daerah datar maksimum 100 meter. Untuk daerah pegunungan besarnya bisa dua kali lebih besar
- e. Kemiringan gorong-gorong antara 0,5% - 2% dengan pertimbangan faktor-faktor lain yang dapat mengakibatkan terjadinya pengendapan erosi ditempat air masuk dan pada bagian pengeluaran
- f. Tipe dan bahan gorong-gorong yang permanen (lihat **Tabel 2.36**) dengan desain umur rencana untuk periode ulang atau ulang hujan untuk perencanaan gorong-gorong disesuaikan dengan fungsi jalan tempat gorong-gorong berlokasi:
 1. Jalan Tol = 25 tahun
 2. Jalan Arteri = 10 tahun
 3. Jalan Kolektor = 7 tahun
 4. Jalan Lokal = 5 tahun
- g. Untuk daerah-daerah yang berpasir, bak kontrol dibuat/direncanakan sesuai dengan kondisi setempat
- h. Perhitungan dimensi gorong-gorong mengambil asumsi sebagai saluran terbuka.
- i. Dimensi gorong-gorong minimum dengan diameter 80 cm, kedalaman gorong-gorong yang aman terhadap permukaan jalan, tergantung tipe (Lihat **Tabel 2.36**) dengan kedalaman min 1 m-1,5 m dari permukaan jalan.

Tabel 2. 36 Tipe penampang gorong-gorong

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

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

2.9.4 Kriteria Perencanaan Saluran Samping dan Gorong-gorong

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

a. Saluran samping

Bahan bangunan saluran ditentukan oleh besarnya kecepatan rencana aliran air yang mengalir disaluran samping jalan tersebut.

Tabel 2. 37 Aliran Air yang diizinkan

No	Jenis Material	V izin (m/dt)
1	Pasir halus	0,45
2	Lempung kepasiran	0,50
3	Lanau alluvial	0,60
4	Krikil halus	0,75
5	Lempung kokoh	0,75
6	Lempung padat	1,10
7	Krikil kasar	1,20
8	Batu-batu besar	1,50
9	Pasangan batu	1,50
10	Beton	1,50

No	Jenis Material	V izin (m/dt)
11	Beton bertulang	1,50

(Sumber:Perencanaan Sistem Drainase,2006)

Kemiringan saluran ditentukan berdasarkan bahan yang direncanakan. Hubungan antara bahan yang digunakan dengan kemiringan saluran arah memanjang dapat dilihat pada **Tabel 2.38**.

Tabel 2. 38 Kemiringan saluran air berdasarkan jenis material penampang minimum saluran 0,50 m²

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

(Sumber:Perencanaan Sistem Drainase,2006)

b. Gorong-gorong (*box culvert*)

Ditempatkan melintang jalan yang berfungsi untuk menampung air dari hulu saluran drainase dan mengalirkannya, dengan dimensi yang harus cukup besar untuk melewati debit air secara maksimum dari daerah pengaliran secara efisien dengan tipe permanen. Dalam perencanaan dan pelaksanaan gorong-gorong, berpedoman pada standarisasi bertujuan untuk mempermudah pekerjaan sehingga tercapainya kelancaran pembangunan gorong-gorong. Dimensi gorong-gorong persegi beton bertulang, pada umumnya struktur beton bertulang mengalami tegangan tarik yang cukup besar akibat adanya gaya-gaya luar yang ada.

Tegangan tarik yang ditimbulkan oleh gaya-gaya luar tersebut ditahan oleh tuulangan tarik yang ada pada striktur beton bertulang. Kontruksi gorong-gorong persegi standar, direncanakan sesuai standar tipe single, panjang gorong-gorong persegi, merupakan lebar jalan ditambah dua kali lebar bahu jalan dan dua kali tebal dinding sayap. Konstruksi gorong-gorong persegi beton bertulang direncanakan dapat menampung berbagai variasi lebar perkerasan jalan, sehingga pada prinsipnya

panjang gorong-gorong persegi adalah bebas, tetapi pada perhitungan volume dan berat besi tulangan diambil terbatas dengan lebar perkerasan jalan yang umum yaitu 3,5 ; 4,5 ; 6 dan 7 meter.

2.9.5 Desain Dimensi Saluran Samping dan Gorong-gorong

Desain saluran dapat dibagi dalam beberapa bentuk penampang saluran samping dan gorong – gorong diantaranya yaitu:

- a. Saluran bentuk persegi (saluran samping):

$$A_d = \frac{Q}{V}$$

$$V = K_{st} R^{2/3} I^{1/2}$$

$$Q = V \times A$$

- b. Penampang ekonomis:

$$b = 2.h$$

$$A_d = b \cdot h = 2h \cdot h = 2h^2$$

- c. Tinggi Jagaan :

$$W = \sqrt{0,5 \frac{I}{2} y}$$

Keterangan :

A = Luas penampang melintang (m²)

b = lebar saluran (m)

p = keliling basah (m)

T = lebar puncak (m)

Y = kedalaman saluran yang tergenang air (m)

D = kedalaman hidrolis (m)

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

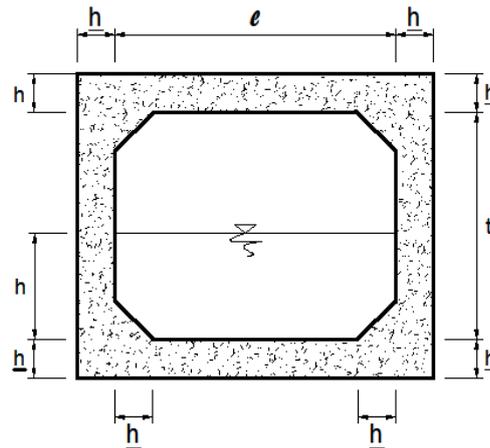
I = kemiringan dasar saluran

Q = debit aliran air (m³/detik)

Z = perbandingan kemiringan talud

W = tinggi jagaan (m)

h = tinggi muka air (m)



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

Gambar 2. 41 Sketsa *Box Culvert* dengan Bentuk persegi

$$A = Q/V$$

$$B = 2h$$

$$A = l \times h$$

$$I = \frac{R_t}{24} \times \left[\frac{24}{tc} \right]^{2/3}$$

Tinggi Jagaan :

$$W = \sqrt{0.5xh}$$

Dimana :

A = luas penampang melintang (m²)

l = lebar saluran (m)

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

W = tinggi jagaan

t = tinggi muka air (m)

h = tebal penampang saluran (cm)

I = Intensitas curah hujan

2.10 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perencanaan tebal perkerasan ini mengacu pada Bina Marga, 1997

2.10.1 Tipe-tipe Perkerasan

Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun di atas lapisan tanah dasar (*sub grade*), yang berfungsi untuk menopang beban lalu lintas. Jenis konstruksi perkerasan jalan pada umumnya ada 2 jenis, yaitu:

- a. Perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya (Sukirman, 1999)
- b. Perkerasan kaku (*rigid pavement*) adalah perkerasan yang terdiri dari pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan dan menerus dengan tulangan terletak di atas lapisan pondasi bawah tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal.

Selain dari dua jenis tersebut, sekarang telah banyak digunakan jenis gabungan (*composite pavement*), yaitu perpaduan antara lentur dan kaku (Sukirman, 1999).

2.10.2 Perkerasan Kaku

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

Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) biasanya terdiri dari plat beton semen (*slab*) yang dibangun langsung atau dengan perantara lapis pondasi di atas tanah dasar yang dipadatkan. Pada perkerasan kaku ini kekuatan memikul beban lebih tergantung pada kekuatan *slab* dalam menanggung momen lentur. Menurut Manual Desain Perkerasan (revisi juni 2017) no 04/SE/Db/2017 gambar tipikal perkerasan kaku dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



(Sumber : Manual Desain Perkerasan (revisi juni 2017))

Gambar 2. 42 Tipikal perkerasan kaku pada permukaan tanah asli



(Sumber : Manual Desain Perkerasan (revisi juni 2017))

Gambar 2. 43 Tipikal perkerasan kaku pada timbunan



(Sumber : Manual Desain Perkerasan (revisi juni 2017))

Gambar 2. 44 Tipikal perkerasan kaku pada galian

2.10.3 Persyaratan Teknis Perencanaan Perkerasan Kaku

Pedoman ini dimaksudkan untuk merencanakan perkerasan beton semen untuk jalan yang melayani lalu-lintas rencana lebih dari satu juta sumbu kendaraan niaga.

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 :

- a. Mengendalikan pengaruh kembang susut tanah dasar.
- b. Mencegah intrusi dan pemompaan pada sambungan, retakan dan tepi-tepi pelat.
- c. Memberikan dukungan yang mantap dan seragam pada pelat.
- d. Sebagai perkerasan lantai kerja selama pelaksanaan.

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

A. Tanah Dasar

Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR insitu sesuai dengan SNI 03-1731-1989 atau CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03-1744-1989, masing-masing untuk perencanaan tebal perkerasan lama dan perkerasan jalan baru. Apabila tanah dasar mempunyai nilai CBR lebih kecil dari 2 %, maka harus dipasang pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean-Mix Concrete*) setebal 15 cm yang dianggap mempunyai nilai CBR tanah dasar efektif 5 %.

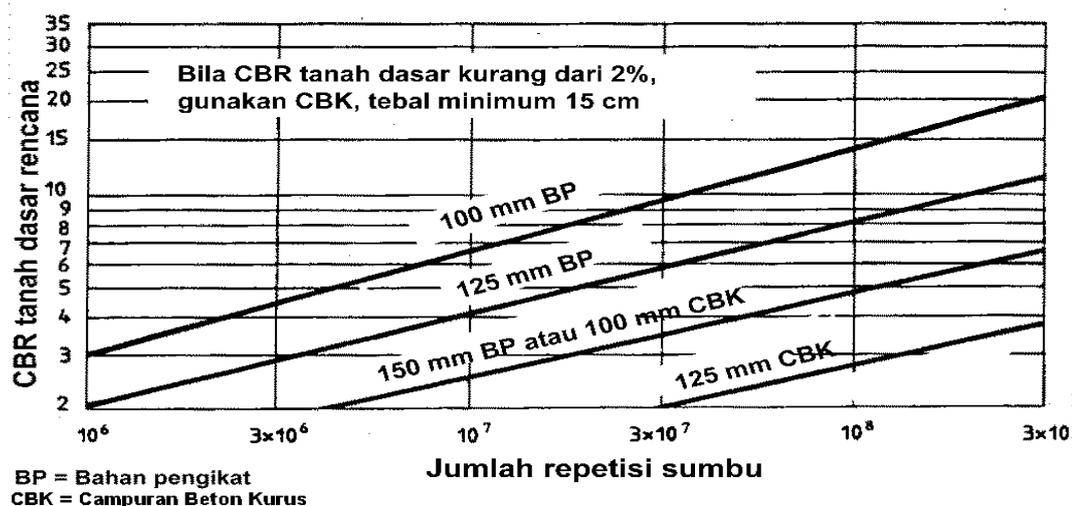
B. Pondasi Bawah

Bahan pondasi bawah dapat berupa :

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

Lapis pondasi bawah perlu diperlebar sampai 60 cm diluar tepi perkerasan beton semen. Untuk tanah ekspansif perlu pertimbangan khusus perihal jenis dan penentuan lebar lapisan pondasi dengan memperhitungkan tegangan pengembangan yang mungkin timbul. Pemasangan lapis pondasi dengan lebar sampai ke tepi luar lebar jalan merupakan salah satu cara untuk mereduksi perilaku tanah ekspansif. Tebal lapisan pondasi minimum 10 cm yang paling sedikit mempunyai mutu sesuai dengan

SNI No. 03-6388-2000 dan AASHTO M-155 serta SNI 03-1743-1989. Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus menggunakan campuran beton kurus (CBK). Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dapat dilihat pada **Gambar 2.45** dan CBR tanah dasar efektif didapat dari **Gambar 2.46**.



(Sumber: SNI 03-1743-1989)

Gambar 2. 45 Tebal pondasi bawah minimum untuk perkerasan beton semen



(Sumber: SNI 03-1743-1989)

Jika $CBR < 2\%$ gunakan tebal pondasi bawah CBK 150 mm dan anggap mempunyai nilai CBR tanah dasar efektif 5%

Gambar 2. 46 CBR tanah dasar efektif dan tebal pondasi bawah

C. Pondasi bawah material berbutir

Material berbutir tanpa pengikat harus memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI-03-6388- 2000. Persyaratan dan gradasi pondasi bawah harus sesuai dengan kelas B. Sebelum pekerjaan dimulai, bahan pondasi bawah harus diuji gradasinya dan harus memenuhi spesifikasi bahan untuk pondasi bawah, dengan penyimpangan ijin 3% - 5%. Ketebalan minimum lapis pondasi bawah untuk tanah dasar dengan CBR minimum 5% adalah 15 cm. Derajat kepadatan lapis pondasi bawah minimum 100 %, sesuai dengan SNI 03-1743-1989.

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

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

1. Stabilisasi material berbutir dengan kadar bahan pengikat yang sesuai dengan hasil perencanaan, untuk menjamin kekuatan campuran dan ketahanan terhadap erosi. Jenis bahan pengikat dapat meliputi semen, kapur, serta abu terbang dan/atau slag yang dihaluskan.
2. Campuran beraspal bergradasi rapat (*dense-graded asphalt*).

3. Campuran beton kurus giling padat yang harus mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5 MPa (55 kg/cm^2).

E. Pondasi bawah dengan campuran beton kurus (Lean-Mix Concrete)

Campuran Beton Kurus (CBK) harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum 5 MPa (50 kg/cm^2) tanpa menggunakan abu terbang, atau 7 MPa (70 kg/cm^2) bila menggunakan abu terbang, dengan tebal minimum 10 cm.

F. Lapis pemecah ikatan pondasi bawah dan pelat

Perencanaan ini didasarkan bahwa antara pelat dengan pondasi bawah tidak ada ikatan. Jenis pemecah ikatan dan koefisien geseknya dapat dilihat pada **Tabel 2.39**.

Tabel 2. 39 Nilai koefisien gesekan (μ)

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

(Sumber : PD-T-14-2003)

G. Beton semen

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal sekitar 3–5 MPa ($30\text{-}50 \text{ kg/cm}^2$).

Kuat tarik lentur beton yang diperkuat dengan bahan serat penguat seperti serat baja, aramit atau serat karbon, harus mencapai kuat tarik lentur 5–5,5 MPa (50-

55 kg/cm²). Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 MPa (2,5 kg/cm²) terdekat.

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

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

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

Dengan pengertian :

f_{cs} : kuat tarik belah beton 28 hari

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

Semen yang akan digunakan untuk pekerjaan beton harus dipilih dan sesuai dengan lingkungan dimana perkerasan akan dilaksanakan.

2.10.4 Lalu Lintas Rencana untuk Perkerasan Kaku

Solusi penggunaan perkerasan kaku umumnya lebih tepat biaya pada volume lalu lintas lebih dari 30 juta ESA. Tetapi juga layak dipertimbangkan untuk jalan perkotaan dan pedesaan kelebihannya untuk kondisi tertentu. Kehati-hatian sangat dibutuhkan untuk desain perkerasan kaku diatas tanah lunak atau kawasan lainnya yang berpotensi menghasilkan pergerakan struktur yang tidak seragam. Untuk daerah yang demikian, perkerasan lentur akan lebih murah karena perkerasan kaku memerlukan biaya yang lebih tinggi untuk pondasi jalan yang lebih tebal dan biaya penulangan. Beberapa keuntungan dari perkerasan kaku adalah:

- a. Struktur perkerasan lebih tipis kecuali untuk area tanah lunak yang membutuhkan struktur pondasi jalan lebih tebal daripada perkerasan lentur.
- b. Pekerjaan konstruksi dan pengendalian mutu yang lebih mudah untuk daerah perkotaan yang tertutup termasuk jalan dengan lalu lintas rendah.
- c. Biaya pemeliharaan lebih rendah jika dilaksanakan dengan baik: keuntungan signifikan untuk area perkotaan dengan Lintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT) tinggi.
- d. Pembuatan campuran yang lebih mudah (contoh, tidak perlu pencucian pasir). Kerugiannya antara lain adalah: Biaya konstruksi lebih tinggi untuk jalan dengan lalu lintas rendah.
- e. Rentan terhadap retak jika dilaksanakan di atas tanah lunak, atau tanpa daya dukung yang memadai atau tidak dilaksanakan dengan baik (mutu pelaksanaan rendah)
- f. Umumnya memiliki kenyamanan berkendara yang lebih rendah.

Oleh karena itu, perkerasan kaku sebaiknya digunakan hanya untuk jalan dengan beban lalu lintas tinggi.

2.10.5 Pertumbuhan Lalu Lintas

Pertumbuhan lalu lintas didasarkan pada data – data pertumbuhan historis atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang valid, bila tidak ada maka pada **Tabel 2.40** digunakan sebagai nilai minimum.

Tabel 2. 40 Faktor pertumbuhan lalu lintas (i) minimum untuk desain

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

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan (Revisi 2017))

Tabel 2. 41 Faktor pertumbuhan lalu lintas (R)

Umur Rencana (Tahun)	Laju Pertumbuhan Lalu lintas (i) pertahun (%)					
	0	2	0	6	0	10
5	5	5,2	5,4	5,6	5,9	6,1
10	10	10,9	12	13,2	14,5	15,9
15	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, 2003)

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (FKB). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya tingkat realibitas perencanaan seperti terlihat pada **Tabel 2.42**.

Tabel 2. 42 Faktor Keamanan Beban (F_{KB})

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

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

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

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

Dimana:

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

I = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = umur rencana (tahun)

Apabila diperkirakan akan terjadi perbedaan laju pertumbuhan tahunan sepanjang total umur rencana (UR), dengan $i_1\%$ selama periode awal (UR1 tahun) dan $i_2\%$ selama sisa periode berikutnya (UR – UR1), faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif dapat dihitung dari formula berikut :

$$R = \frac{(1+0,01 i_1)^{UR1}-1}{0,01 i_1} + (1+0,01 i_1)^{(UR1-1)} (1+0,01 i_2) \left(\frac{(1+0,01 i_2)^{(UR-UR1)}-1}{0,01 i_2} \right)$$

Dimana :

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

i_1 = laju pertumbuhan tahunan lalu lintas periode 1 (%)

i_2 = laju pertumbuhan tahunan lalu lintas periode 2 (%)

UR = total umur rencana (tahun)

UR1 = umur rencana periode 1 (tahun)

Formula di atas digunakan untuk periode rasio volume kapasitas (RVK) yang belum mencapai tingkat kejenuhan ($RVK \leq 0.85$). Apabila kapasitas lalu lintas diperkirakan tercapai pada tahun ke (Q) dari umur rencana (UR), faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif dihitung sebagai berikut:

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

Dimana:

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

i_1 = laju pertumbuhan lalu lintas periode 1 (%)

UR = umur rencana (tahun)

Q = kapasitas lalu lintas diperkirakan tercapai pada tahun ke

2.10.6 Umur Rencana

Umur rencana *rigid pavement* umumnya diambil 20 tahun untuk konstruksi baru. Lalu-lintas harian rata-rata (LHR) dan pertumbuhan lalu-lintas tahunan. Ciri pengenalan penggolongan kendaraan seperti dibawah ini, penggolongan lalu-lintas terdapat paling tidak 3 versi yaitu berdasarkan:

- a. Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Tabel 2. 43 Golongan kendaraan menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

No.	Type Kendaraan	Golongan
1	Sedan, jeep, st wagon	2
2	Pick-up, combi	3
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4
4	Bus kecil	5a
5	Bus besar	5b
6	Truck 2 as (H)	6
7	Truck 3 as	7a
8	Trailer 4as, truck gandengan	7b
9	Truck s, trailer	7c

(Sumber : Modul Desain perkerasan Jalan Kaku dengan metode AASHTO 1993)

b. Pedoman Teknis No. Pd.T-19-2004-B

Tabel 2. 44 Golongan kendaraan menurut Pedoman Teknis No. Pd.T-19-2004-B

No.	Jenis Kendaraan	Golongan
1	Sedan, Jeep, St Wagon	2
2	Opelet, pick-up opelet, Sub-urban, Combi, Minibus	3
3	Pick-up, Micro truck, dan Mobil hantaran atau Pick-up Box	4
4	Bus kecil	5a
5	Bus besar	5b
6	Truck ringan 2 sumbu	6a
7	Truck sedang 2 sumbu	6b
8	Truck 3 sumbu	7a
9	Truck Gandengan	7b
10	Truck semi trailer	7c

(Sumber : Modul Desain perkerasan Jalan Kaku dengan metode AASHTO 1993)

c. PT. Jasa Marga (Persero)

Tabel 2. 45 Golongan kendaraan menurut PT. Jasa Marga (Persero)

No.	Golongan Kendaraan
1	Golongan 1
2	Golongan 1 au
3	Golongan 2 a
4	Golongan 2 a au
5	Golongan 2b

(Sumber : Modul Desain perkerasan Jalan Kaku dengan metode AASHTO 1993)

2.10.7 Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi

Lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL).

Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasi- lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu. Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu.

Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Pada jalan yang demikian, walaupun sebagian besar kendaraan niaga akan menggunakan lajur luar, sebagian lainnya akan menggunakan lajur-lajur dalam. Faktor distribusi jalan yang ditunjukkan pada **Tabel 2.44**.

Beban desain pada setiap lajur tidak boleh melampaui kapasitas lajur selama umur rencana. Kapasitas lajur mengacu Permen PU No.19/PRT/M/2011 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan berkaitan rasio antara volume dan kapasitas jalan yang harus dipenuhi.

Tabel 2. 46 Faktor Distribusi Lajur (DL)

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

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan (Revisi 2017))

Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut:

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

Dimana :

JSKN = Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana

JSKNH = Jumlah sumbu kendaraan niaga harian, saat jalan dibuka

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

C = Koefisien distribusi kendaraan.

2.10.8 Perencanaan Tebal Pelat

Langkah – langkah perencanaan tebal perkerasan kaku adalah sebagai berikut:

- a. Pilih jenis perkerasan beton semen, bersambung tanpa ruji, bersambung dengan ruji atau menerus dengan tulangan.
- b. Tentukan apakah akan menggunakan bahu beton atau bukan.
- c. Tentukan jenis dan tebal pondasi bawah berdasarkan nilai CBR rencana dan perkiraan jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana sesuai dengan **Gambar 2.45**.
- d. Tentukan CBR efektif berdasarkan nilai CBR rencana dan pondasi bawah yang sesuai dengan **Gambar 2.46**.
- e. Pilih kuat tarik lentur atau kuat tekan beton pada umur 28 hari (f'_{cf}).
- f. Pilih faktor keamanan beban lalu lintas (FKB).
- g. Taksir tebal pelat beton (taksiran awal dengan tebal tertentu berdasarkan pengalaman atau menggunakan contoh yang tersedia).
- h. Tentukan tegangan ekuivalen (TE) dan faktor erosi (FE) untuk STRT dari **Tabel 2.41** atau **Tabel 2.42**.
- i. Tentukan faktor rasio tegangan (FRT) dengan membagi tegangan ekuivalen (TE) oleh kuat tarik lentur (f'_{cf}).

- j. Untuk setiap rentang beban kelompok sumbu tersebut, tentukan beban per-roda dan kalikan dengan faktor keamanan (FKB) 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 2.48**.
- k. Dengan faktor rasio tegangan (FRT) dan beban rencana, tentukan jumlah repetisi ijin untuk fatik dari **Gambar 2.47**, yang dimulai dari beban roda tertinggi dari jenis sumbu STRT tersebut.
- l. Hitung persentase dari repetisi fatik yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
- m. Dengan menggunakan faktor erosi (FE), tentukan jumlah repetisi ijin untuk erosi, dari **Gambar 2.48**.
- n. Hitung persentase dari repetisi erosi yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
- o. Ulangi lagi langkah 11 sampai dengan 14 untuk setiap beban per-roda pada sumbu tersebut sampai jumlah repetisi beban ijin yang terbaca pada Gambar 2.30 yang masing – masing mencapai 10 juta dan 100 juta repetisi.
- p. Hitung jumlah total fatik dengan menjumlahkan persentase fatik dari setiap beban roda pada STRT tersebut.
- q. Ulangi langkah 8 sampai dengan langkah 16 untuk setiap kelompok sumbu lainnya.
- r. Hitung jumlah total kerusakan akibat fatik dan jumlah total kerusakan akibat erosi untuk seluruh jenis kelompok sumbu.
- s. Ulangi langkah 7 sampai dengan 18 hingga diperoleh ketebalan tertipis yang menghasilkan total kerusakan akibat fatik dan atau erosi $\leq 100\%$. Tebal tersebut sebagai tebal perkerasan beton semen yang direncanakan.

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

Tabel 2. 47 Tegangan ekuivalen dan faktor erosi untuk perkerasan tanpa bahu beton

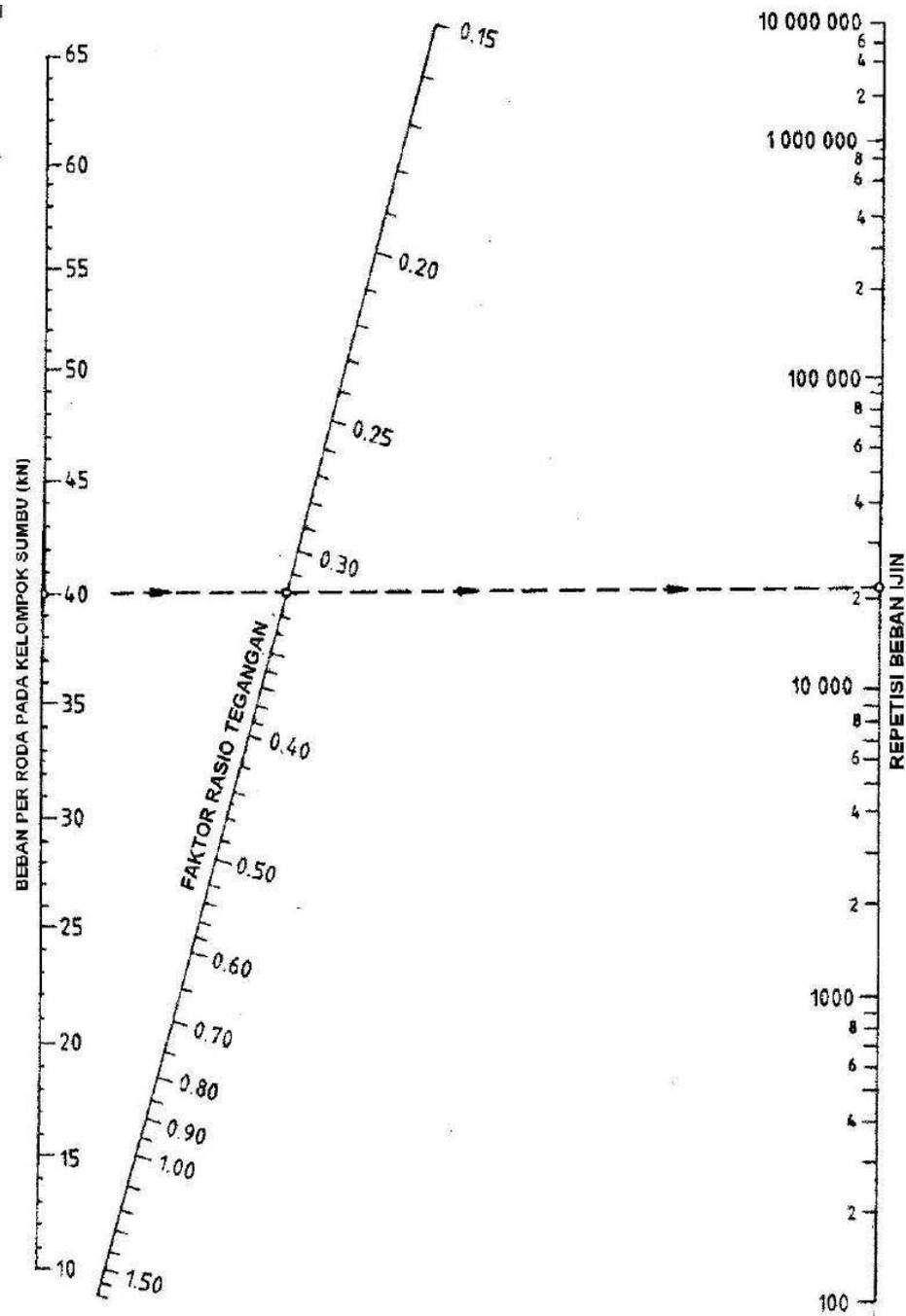
TebalSlab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
						STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
150	5	1,7	2,72	2,25	1,68	2,8	3,4	3,50	3,55	2,6	3,21	3,3	3,37
150	10	1,62	2,56	2,09	1,58	2,79	3,39	3,46	3,5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

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

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

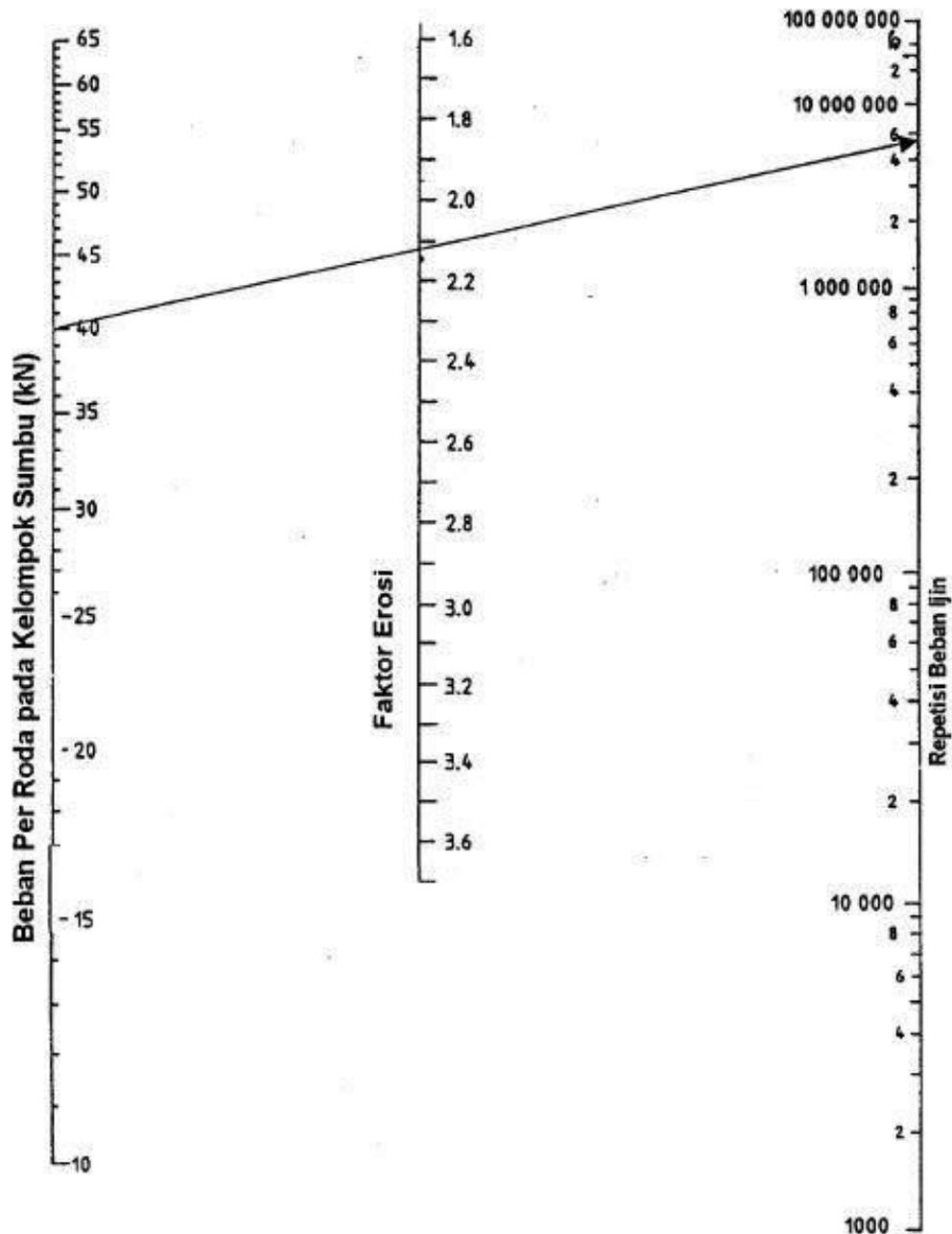
(Sumber: SNI Pd T-14-2003, 2003)

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



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

Gambar 2. 47 Analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan/tanpa bahu beton



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

Gambar 2. 48 Analisis Erosi dan Jumlah Repetisi Beban Ijin Berdasarkan Faktor Erosi Dengan Bahu Beton

2.10.9 Perencanaan Penulangan

Tujuan dasar perencanaan penulangan baja adalah bukan untuk mencegah terjadinya retak pada pelat beton tetapi untuk membatasi lebar retakan yang timbul pada daerah dimana beban terkonsentrasi agar tidak terjadi pembelahan pelat beton

pada daerah retak tersebut, sehingga kekuatan pelat tetap dapat dipertahankan. Banyaknya tulangan baja yang didistribusikan sesuai dengan kebutuhan untuk keperluan ini yang ditentukan oleh jarak sambungan susut, dalam hal ini dimungkinkan penggunaan pelat yang lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan.

a. Kebutuhan penulangan pada perkerasan bersambung tanpa tulangan

Pada perkerasan bersambung tanpa tulangan, penulangan tetap dibutuhkan untuk mengantisipasi atau meminimalkan retak pada tempat-tempat dimana dimungkinkan terjadi konsentrasi tegangan yang tidak dapat dihindari.

Tipikal penggunaan penulangan khusus ini antara lain :

1. Tambahan pelat tipis.
2. Sambungan yang tidak tepat.
3. Pelat kulah atau struktur lain.

b. Penulangan pada perkerasan bersambung dengan tulangan

Luas tulangan pada perkerasan ini dihitung dari persamaan sebagai berikut :

$$A_s = \frac{11,76 F L h}{f_s}$$

Dimana :

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

F = Koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan bawahnya (Tabel 2.)

L = Jarak antara sambungan (m)

h = Tebal pelat (mm)

f_s = Tegangan tarik baja ijin (Mpa)

Catatan: A_s minimum menurut SNI 1991 untuk segala keadaan = 0,14 % dari luas penampang beton.

Tabel 2. 48 Koefisien gesekan antara pelat beton semen dengan lapisan pondasi dibawahnya

Type material dibawah slab	Friction factor (F)
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 sungai	1,5
Batu pecah	1,5
Sirtu	1,2
Tanah	0,9

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan (Revisi 2017))

- c. Penulangan pada perkerasan menerus dengan tulangan
1. Penulangan Memanjang

$$P_s = \frac{100 \text{ ft} (1,3 - 0,2 F)}{f_y - n \text{ ft}}$$

Dimana:

P_s = persentase tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap penampang beton (%).

f_t = kuat tarik lentur beton yang digunakan = $0,4 - 0,5 f_r$

f_y = tegangan leleh rencana baja (SNI 1991. $f_y < 400 \text{ MPa} - \text{BJTD40}$)

n = angka ekuivalen antara baja dan beton = $\frac{E_s}{E_c}$ (Tabel 2.)

F = koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan dibawahnya

E_s = modulus elastisitas baja (Berdasarkan Sni 1991 digunakan 200.000 Mpa)

E_c = modulus elastisitas beton (SNI 1991 digunakan $4700 \sqrt{f' c'} \text{ Mpa}$)

Tabel 2. 49 Hubungan antara kuat tekan beton dan angka ekivalen baja dan beton (n) serta fr

fc' (kg/cm ²)	fc' (Mpa)	n	fr (Mpa)
115	11,3	13	2,1
120-135	11,8-13,2	12	2,2
140-165	13,7-16,2	11	2,4
170-200	16,7-19,6	10	2,6
205-250	20,1-24,5	9	2,9
260-320	25,5-31,4	8	3,3
330-425	32,4-41,7	7	3,7
450	44,1	6	4,1

(Sumber : SNI 1991)

Persentase minimum tulangan memanjang pada perkerasan beton menerus adalah 0,6 % dari luas penampang beton. Jarak antara retakan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dapat dihitung dengan persamaan:

$$L_{cr} = \frac{ft^2}{n p^2 u f_b (S E_c - ft)}$$

L_{cr} = jarak teoritis antara retakan (m), jarak optimum antara 1-2 m

p = luas tulangan memanjang per satuan luas

f_b = tegangan lekat antara tulangan dengan beton yang dikenal sebagai lekat lentur (Mpa). Besaran lekat lentur yang dipakai dalam praktek menurut ACI 1963 untuk tulangan dengan diameter $\leq 35,7$ mm (#11) :

$$\text{tegangan lekat dasar} = \frac{9,5}{d} \sqrt{fc'} \leq 800 \text{ psi}$$

atau dalam SI unit : d = diameter tulangan (cm)

$$\text{tegangan lekat dasar} = \frac{0,79}{d} \sqrt{fc'} \leq 5,5 \text{ Mpa}$$

S = koefisien susut beton, umumnya dipakai antara 0,0005 – 0,0006 untuk pelat perkerasan jalan

ft = kuat tarik lentur beton yang digunakan = 0,4 – 0,5 f_r (Mpa)

n = angka ekivalen antara baja dan beton = $\frac{E_s}{E_c}$ (Tabel 2.)

u = keliling penampang tulangan persatuan luas tulangan = $\frac{4}{d}$ (dalam m⁻¹)

$$E_c = \text{modulus elastisitas beton} = 4700 \sqrt{f'c'} \text{ (Mpa)}$$

d. Penulangan melintang

Luas tulangan melintang yang diperlukan pada perkerasan beton menerus, dihitung dengan persamaan yang sama seperti pada perhitungan penulangan perkerasan beton bersambung dengan tulangan.

2.10.10 Sambungan

Perencanaan sambungan pada perkerasan kaku, merupakan bagian yang harus dilakukan, baik jenis perkerasan beton bersambung tanpa atau dengan tulangan, maupun pada jenis perkerasan beton menerus dengan tulangan.

A. Jenis sambungan

Sambungan dibuat atau ditempatkan pada perkerasan beton dimaksudkan untuk menyiapkan tempat muai dan susut beton akibat terjadinya tegangan yang disebabkan: perubahan lingkungan (suhu dan kelembaban), gesekan dan keperluan konstruksi (pelaksanaan). Sambungan pada perkerasan beton umumnya terdiri dari 3 jenis, yang fungsinya sebagai berikut:

1. Sambungan susut

Sambungan pada bidang yang diperlemah (*dummy*) dibuat untuk mengalihkan tegangan tarik akibat: suhu, kelembaban, gesekan sehingga akan mencegah retak. Jika sambungan susut tidak dipasang, maka akan terjadi retakacak pada permukaan beton.

2. Sambungan muai

Fungsi utamanya untuk menyiapkan ruang muai pada perkerasan, sehingga mencegah terjadinya tegangan tekan yang akan menyebabkan perkerasan tertekuk.

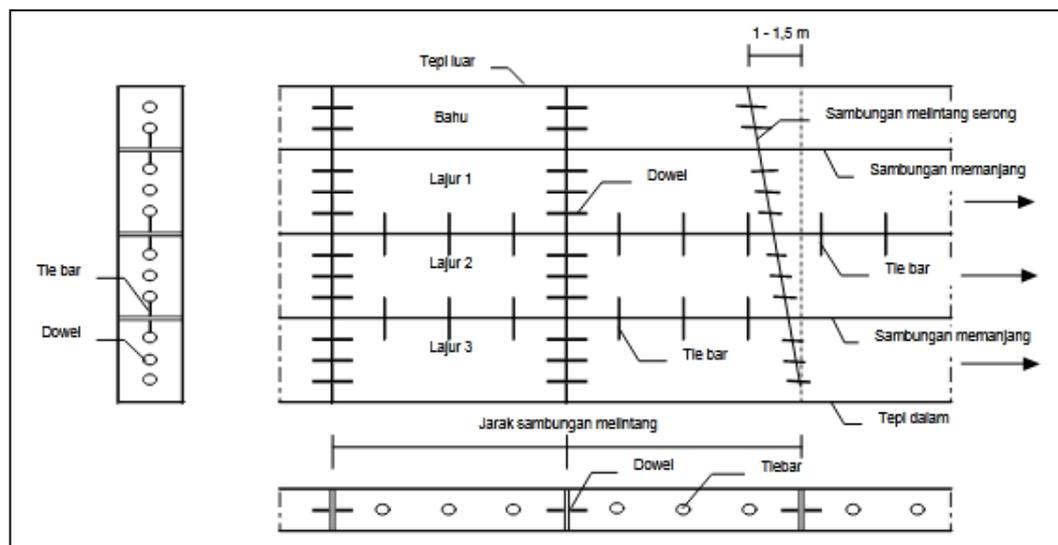
3. Sambungan konstruksi (pelaksanaan)

Diperlukan untuk kebutuhan konstruksi (berhenti dan mulai pengecoran). Jarak antara sambungan memanjang disesuaikan dengan lebar alat atau mesin penghampar (*paving machine*) dan oleh tebal perkerasan. Selain 3 jenis sambungan tersebut, jika pelat perkerasan cukup lebar (> 7 m) maka diperlukan

sambungan ke arah memanjang yang berfungsi sebagai penahan gaya lenting (*warping*) yang berupa sambungan engsel, dengan diperkuat batang pengikat (*tie bar*).

B. Geometrik sambungan

Geometrik sambungan adalah tata letak secara umum dan jarak antara sambungan.



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

Gambar 2. 49 Tata Letak sambungan pada perkerasan kaku

1. Jarak sambungan

Pada umumnya jarak sambungan konstruksi memanjang dan melintang tergantung keadaan bahan dan lingkungan setempat, dimana sambungan muai dan susut sangat tergantung pada kemampuan konstruksi dan tata letaknya. Untuk sambungan muai, jarak untuk mencegah retak sedang akan mengecil jika koefisien panas, perubahan suhu atau gaya gesek tanah dasar bertambah bila tegangan tarik beton bertambah. Jarak berhubungan dengan tebal pelat dan kemampuan daya ikat sambungan. Untuk menentukan jarak sambungan yang akan mencegah retak, yang terbaik dilakukan dengan mengacu petunjuk dari catatan kemampuan pelayanan setempat.

Pengalaman setempat penting diketahui karena perubahan jenis agregat kasar akan memberi dampak yang nyata pada koefisien panas beton dengan konsekuensi jarak sambungan yang dapat diterima. Sebagai petunjuk awal, jarak sambungan untuk beton biasa $\leq 2h$ (dua kali tebal pelat beton dalam satuan berbeda, misalkan: Tebal pelat $h = 8$ inci, maka jarak sambungan = 16 feet,

Jadi kalau dengan SI unit jarak sambungan = 24 – 25 kali tebal pelat, misalkan tebal pelat 200 mm, maka jarak sambungan 4.800 mm) dan secara umum perbandingan antara lebar pelat dibagi panjang pelat $\leq 1,25$.

Jarak antara sambungan konstruksi, biasanya diatur pada penempatan dilapangan dan kemampuan peralatan. Sambungan konstruksi memanjang harus ditempatkan pada tepi lajur untuk memaksimalkan kerataan perkerasan dan meminimalkan persoalan pengalihan beban. Sambungan konstruksi melintang terjadi pada akhir pekerjaan atau pada saat penghentian pengecoran.

2. Tata letak sambungan

Sambungan menyerong atau acak (random), akan meminimalkan dampak kekasaran sambungan, sehingga dapat memperbaiki mutu pengendalian. Sambungan melintang serong akan meningkatkan penampilan dan menambah usia perkerasan kaku, yaitu biasa atau bertulang, dengan atau tanpa ruji. Sambungan harus serong sedemikian agar beban roda dari masing-masing sumbu dapat melalui sambungan pada saat yang tidak bersamaan. Sudut tumpul pada sisi luar perkerasan harus dibagian depan sambungan pada arah lalu-lintas, karena sudut akan menerima dampak beban roda terbesar secara tiba-tiba.

Untuk lebih meningkatkan penampilan perkerasan biasa adalah dengan menggunakan sambungan serong pada jarak acak atau tidak teratur. Pola jarak acak mencegah irama atau resonansi pada kendaraan yang bergerak dalam kecepatan normal. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pola jarak pelat 2,50 m harus dihindarkan.

3. Dimensi sambungan

Lebar sambungan, ditentukan oleh alur yang akan diuraikan pada bagian bawah. Kedalaman takikan sambungan susut harus cukup memadai untuk memastikan akan terjadi retak pada tempat yang dikehendaki dan tidak pada sembarang tempat. Biasanya kedalaman takikan sambungan susut melintang $\frac{1}{4}$ tebal pelat dan sambungan memanjang $\frac{1}{3}$ ketebalan.

Sambungan tersebut dibuat dengan pemotongan, penyelipan atau pembentukan. Waktu pemotongan sangat kritis untuk mencegah retak acak sehingga sambungan harus dipotong dengan hati-hati untuk memastikan semuanya bekerja bersamaan. Jarak waktu untuk pengecoran dengan pemotongan akan berubah dengan perubahan suhu pelat, keadaan pengeringan dan proporsi campuran.

C. Dimensi bahan penutup sambungan

1. Sambungan susut

Pergerakan sambungan dan kemampuan bahan penutup alur harus dioptimalkan. Pada umumnya mutu bahan penutup sambungan harus ditingkatkan jika pergerakan sambungan diperkirakan akan bertambah. Bertambahnya pergerakan sambungan dapat diakibatkan oleh perpanjangan pelat, perubahan suhu yang besar dan atau koefisien panas beton yang tinggi. Pergerakan sambungan pada perkerasan dipengaruhi faktor-faktor seperti perubahan sifat volume panjang beton dan gesekan antara pelat dan pondasi bawah (tanah dasar).

Dalam batasan praktis, kedalaman sambungan minimum lubang harus mendekati segiempat dan berada dibawah permukaan minimum 3 mm ($\frac{1}{8}$ inci). Dengan demikian berarti takikan biasanya dibentuk dengan menambah lebar dan mengurangi kedalaman bagian atas sambungan untuk mengikat bahan penutup. Untuk sambungan yang sempit dengan jarak sambungan yang dekat, lubang dapat dibentuk dengan menyisipkan tali ataubahan lain sampai kedalaman yang telah ditentukan. Metoda ini mengurangi kebutuhan bahan penutup. Pada umumnya dalam berbanding lebar berkisar 1 – 1,5 dengan kedalaman minimum 9,5 mm ($\frac{3}{8}$

inci) untuk sambungan memanjang dan 12,5 mm (1/2 inci) untuk sambungan melintang.

Untuk keperluan perencanaan bukaan sambungan melintang rata-rata pada selang waktu dapat dihitung dengan pendekatan. Lebar sambungan harus memperhitungkan pergerakan ditambah dengan tegangan sisa yang diijinkan pada penutup sambungan.

- a) Menurut AASHTO : disyaratkan lebar bukaan $\leq 0,04$ inci untuk sambungan tanpa ruji (dowel).
- b) Menurut Yoder & Witczak : lebar bukaan $\leq 0,04$ inci untuk sambungan tanpa dowel, lebar bukaan $\leq 0,25$ inci untuk sambungan dengan dowel.
- c) Menurut SKBI 1988 : lebar bukaan retakan minimum (mm) = $0,45 \times \text{Panjang Pelat (m)}$, umumnya lebar retakan yang diijinkan berkisar antara 1 – 3 mm, tetapi untuk kemudahan pengisian bahan penutup, lebar bukaan pada bagian atas diperlebar maximum 6 – 10 mm dengan kedalaman ± 20 mm dan semua sambungan susut melintang harus dipasang ruji.

2. Sambungan muai

Pergerakan pada sambungan muai didasarkan pada pengalaman agen pembuat. Dimensi alur takikan akan optimal didasarkan pada pergerakan dan kemampuan bahan pengisi. Pada umumnya, dimensi akan lebih besar dari pada untuk sambungan susut.

3. Sambungan pelaksanaan

Menurut AASHTO, tipikal sambungan susut melintang juga dapat digunakan untuk sambungan pelaksanaan dan sambungan memanjang lainnya.

D. Dowel (ruji)

Dowel berupa batang baja tulangan polos (maupun profil), yang digunakan sebagai sarana penyambung / pengikat pada beberapa jenis sambungan pelat beton perkerasan jalan dan berfungsi sebagai penyalur beban pada sambungan, yang dipasang dengan separuh panjang terikat dan separuh panjang dilumasi atau dicat

untuk memberikan kebebasan bergeser. Dibawah ini adalah tabel ukuran dan jarak batang dowel (ruji):

Tabel 2. 50 Ukuran dan jarak batang dowel (ruji)

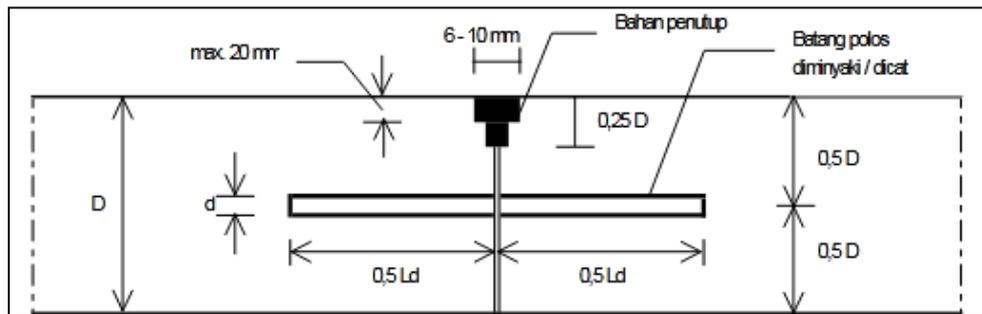
Tebal Pelat		Diameter		Panjang		Jarak	
inci	mm	inci	mm	inci	mm	inci	mm
6	150	$\frac{3}{4}$	19	18	450	12	300
7	175	1	25	18	450	12	300
8	200	1	32	18	450	12	300
9	250	$1\frac{1}{4}$	32	18	450	12	300
10	275	$1\frac{1}{4}$	32	18	450	12	300
11	300	$1\frac{1}{4}$	32	18	450	12	300
12	325	$1\frac{1}{2}$	38	18	450	12	300
13	325	$1\frac{1}{2}$	38	18	450	12	300
14	350	$1\frac{1}{2}$	38	18	450	12	300

(Sumber : *Principles of pavement design by yoder and witzak*,1975)

Tabel 2. 51 Diameter ruji

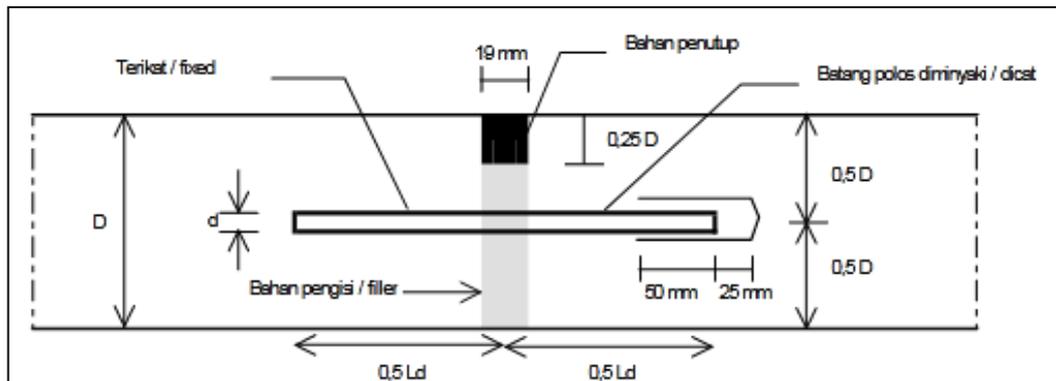
No.	Tebal pelat beton, h (mm)	Diameter ruji (mm)
1	$125 < h \leq 140$	20
2	$140 < h \leq 160$	24
3	$160 < h \leq 190$	28
4	$190 < h \leq 220$	33
5	$220 < h \leq 250$	36

(Sumber:Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)



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

Gambar 2. 50 Sambungan susut melintang dengan dowel



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

Gambar 2. 51 Sambungan muai dengan dowel

Dimana :

d = diameter batang dowel

L_d = panjang batang dowel

D = tebal pelat beton perkerasan

E. Batang pengikat (*Tie Bar*)

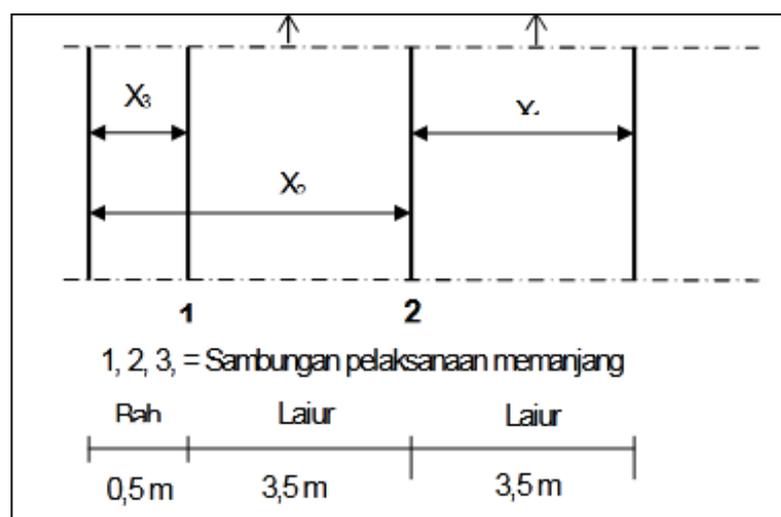
Tie bar adalah potongan baja yang diprofilkan yang dipasang pada sambungan lidah-alur dengan maksud untuk mengikat pelat agar tidak bergerak horizontal.

Cara menentukan dimensi batang pengikat :

Tabel 2. 52 Jarak sambungan dari tepi terdekat

Nomor Sambungan	Jarak (X) meter	Jarak Maximum <i>Tie Bar</i> (m)	
		Φ12 mm	Φ16 mm
2	3,50	Tergantung tebal pelat	Tergantung tebal pelat

(Sumber : Modul Perencanaan *Rigid Pavement* dengan Metode AASHTO 1993)



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

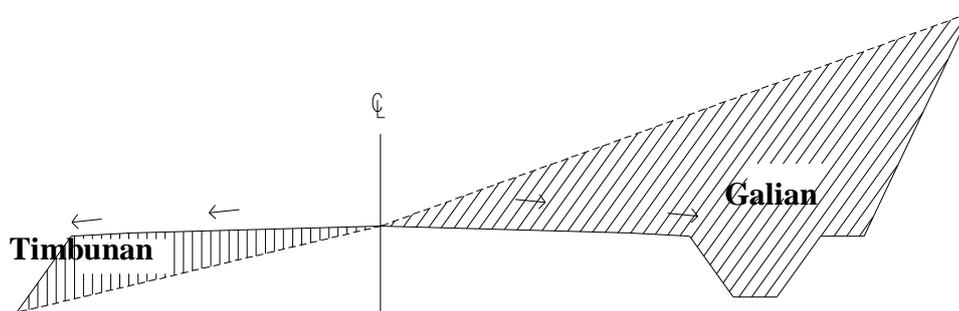
Gambar 2. 52 Jarak sambungan dari tepi terdekat

2.11 Perhitungan Galian dan Timbunan

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

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

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



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

Gambar 2. 53 Galian dan timbunan

2.12 Manajemen Proyek

A. Pengertian Manajemen Proyek

Manajemen adalah proses perencanaan, pengaturan, pengontrolan, dan pengkoordinasian kegiatan-kegiatan kerja dan penggunaan sumber daya agar tercapainya suatu hasil dan tujuan yang diinginkan.

Proyek adalah proyek bersifat sementara namun dibutuhkan sub-sub pekerjaan dalam hal-hal waktu, biaya dan sumber daya yang dapat menunjang jalannya proyek agar dapat menghasilkan produk atau hasil yang baik dan jelas.

Adapun apabila diartikan secara lebih spesifik maka penerapan suatu ilmu pengetahuan, ketrampilan, dan keahlian yang berkaitan dengan proyek yang ditangani serta metode teknisyang digunakan dalam mengelola sumber daya yang ada guna memperoleh tujuan yang telah ditetapkan yaitu output/hasil yang maksimal yang terkait dengan kualitas, waktu, kinerja, dan keselamatan kerja.

Menurut Hughes dan Cotterell (2002, pp8-9), Manajemen proyek adalah suatu cara untuk menyelesaikan masalah yang harus dipaparkan oleh *user*, kebutuhan *user* harus terlihat jelas dan harus terjadi komunikasi yang baik agar kebutuhan *user* bisa diketahui.

Menurut Schwalbe (2004, p8) Manajemen Proyek adalah aplikasi pengetahuan, keahlian, peralatan dan teknik untuk kegiatan proyek yang sesuai dengan kebutuhan proyek.

Sedangkan pendapat lain menyatakan bahwa manajemen proyek adalah cara mengorganisir dan mengelola sumber penghasilan yang penting untuk menyelesaikan proyek.

Dari beberapa pendapat diatas, maka disimpulkan bahwa manajemen proyek adalah kegiatan merencanakan, mengatur, mengkoordinasikan seluruh sumber daya, biaya, waktu untuk menghasilkan suatu hasil yang bersifat sementara atau suatu produk yang unik dan sesuai dengan kebutuhan yang diminta.

B. Fungsi-fungsi Manajemen Proyek

Ada beberapa penjelasan singkat tentang fungsi dari manajemen proyek yaitu sebagai berikut:

1. Mencakup “*Scooping*” yang menerangkan tentang batas-batas dari suatu proyek
2. Perencanaan “*Planning*” mengidentifikasi tugas apa saja yang diperlukan dalam menyelesaikan suatu proyek.
3. Perkiraan “*Estimating*” masing-masing tugas yang dibutuhkan dalam menyelesaikan suatu proyek harus diperkirakan
4. Penjadwalan “*Scheduling*” seorang manajer proyek harus bertanggung jawab terhadap penjadwalan semua aktivitas sebuah proyek.
5. Pengorganisasian “*Organizing*” seorang manajer proyek memastikan bahwa semua anggota tim dari sebuah proyek mengetahui peran dan juga tanggung jawab setiap orang dan hubungan laporan mereka kepada manajer proyek.
6. Pengarahan “*Directing*” mengarahkan semua kegiatan-kegiatan tim didalam proyek
7. Pengontrolan “*Controlling*” fungsi pengontrolan atau pengendalian ini kemungkinan adalah fungsi paling sulit dan juga paling penting untuk seorang manajer apakah proyek akan berjalan semestinya atau tidak.

8. Penutupan “*Closing*” manajer proyek seharusnya selalu memberi penilaian keberhasilan atau kegagalan kepada kesimpulan dari suatu proyek yang dijalani.

C. Tahap Pengembangan Manajemen Proyek

1. Inisiasi (*Initiation*)

Menurut Schwalbe (2004, p71), Inisiasi adalah proses mengenal, mendefinisikan dan memulai sebuah proyek baru. Tindakan yang harus dilakukan oleh manajer proyek dan manajemen senior di dalam inisiasi proyek adalah sebagai berikut :

- a) Dengan cepat menentukan sebuah tim proyek yang kuat.
- b) Mendapatkan keterlibatan pemegang saham di dalam awal proyek.
- c) Menyiapkan analisis rinci dari masalah bisnis dan mengembangkannya.
- d) Menggunakan pendekatan fase per fase.
- e) Menyiapkan rencana yang berguna dan realistis untuk proyek.

2. Perencanaan (*Planning*)

Menurut Schwalbe (2004, p78), perencanaan meliputi kegiatan pemikiran serta memperhatikan skema kerja untuk memastikan bahwa proyek berjalan sesuai kebutuhan organisasi. Untuk dapat memenuhi kebutuhan tersebut maka rencana yang dibuat harus realistis dan berguna serta melibatkan banyak waktu dan usaha dalam proses perencanaan.

3. Eksekusi (*Executing*)

Menurut Schwalbe (2004, p90), Eksekusi meliputi kegiatan mengkoordinasi sumber daya manusia dan sumber daya lainnya serta melaksanakan perencanaan proyek untuk menghasilkan produk, jasa atau hasil dari suatu proyek atau fase. Produk dari proyek dihasilkan selama eksekusi proyek dan biasanya memakan banyak sumber daya untuk diselesaikan.

4. Pengawasan dan Pengendalian (*Monitoring* dan *Controlling*)

Menurut Schwalbe (2004, pp94-95), Pengawasan dan pengendalian proyek meliputi pengukuran dan pemantauan kemajuan proyek secara berkala untuk memastikan tim proyek memenuhi tujuan dari proyek. Manajer proyek mengawasi dan mengukur kemajuan yang bertentangan dengan rencana dan mengambil tindakan perbaikan jika diperlukan.

5. Penutupan (*Closing*)

Menurut Schwalbe (2004, p96), penutupan meliputi penerimaan formal atas proyek dan mengakhiri proyek secara efektif. Kegiatan administratif sering dilibatkan dalam proses ini. Misalnya, pengumpulan data-data proyek, kontrak penutupan dan penerimaan formal dari proyek. Proses penutupan juga melibatkan kegiatan untuk mendapatkan penerimaan pemegang saham dan pelanggan dari produk akhir dan proyek atau fase proyek, untuk pemesanan akhir.

D. Tujuan Manajemen Proyek

Proyek ialah serangkaian rencana kegiatan terkait untuk mencapai tertentu tujuan bisnis. Proyek sistem informasi termasuk pengembangan sistem informasi baru, peningkatan sistem yang ada atau upgrade atau penggantian teknologi informasi perusahaan “TI” infrastruktur. Manajemen proyek mengacu pada penerapan pengetahuan, keterampilan, peralatan dan teknik untuk mencapai target tertentu dalam anggaran dan waktu yang ditentukan kendala.

Kegiatan manajemen proyek termasuk perencanaan pekerjaan, menilai risiko, memperkirakan sumber daya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan, pengorganisasian pekerjaan, memperoleh sumber daya manusia dan material, menetapkan tugas, kegiatan mengarahkan, mengendalikan pelaksanaan proyek, melaporkan kemajuan dan menganalisis hasil. Sebagai di daerah lain bisnis, manajemen proyek untuk sistem informasi harus berurusan dengan lima variabel utama: ruang lingkup, waktu, biaya, kualitas dan risiko.

Manajemen proyek memiliki tujuan tertentu. Tujuan manajemen proyek harus bisa dicapai saat pelaksanaan proyek supaya tujuan utama yaitu mencapai tujuan

proyek secara efektif dan efisien dapat tercapai. Berikut tujuan-tujuan manajemen proyek :

1. *On Time*. Penyelesaian suatu proyek sesuai dengan waktu yang ditentukan dan tidak terjadi keterlambatan.
2. Anggaran Sesuai Dengan Perencanaan. Penggunaan anggaran dalam proyek sesuai dengan rencana anggaran yang telah disusun dan tidak ada pemborosan dan biaya tambahan di luar rencana anggaran.
3. Kualitas Sesuai dengan Kriteria yang disyaratkan.
4. Keberjalanan Kegiatan Proyek berlangsung dengan lancar.

E. Time Schedule

Jadwal pelaksanaan (*Time Schedule*) adalah suatu alat pengendalian prestasi pelaksanaan proyek secara menyeluruh agar pelaksanaan proyek tersebut berjalan dengan lancar.

Pembuatan jadwal pelaksanaan (*Time Schedule*) harus memperhatikan beberapa factor, yaitu :

1. Kondisi Atau Keadaan Lapangan

Seperti memantau kondisi di lapangan, mempelajari medan yang akan dibangun untuk proyek konstruksi tersebut atau Penelitian dilapangan, sehingga didapat data-data yang diperlukan dalam pelaksanaan.
2. Metode Pelaksanaan

Spesifikasi pekerjaan dan gambar secara lengkap yang sesuai dengan persyaratan mutu pekerjaan yang diperlukan dan Peralatan yang digunakan dalam pelaksanaan proyek.
3. Sumber Daya Manusia (SDM)

Kemampuan dan keahlian yang dimiliki para pekerja, hal ini sangat berpengaruh pada waktu pelaksanaan pekerjaan.
4. Perkiraan Iklim Dan Cuaca

Faktor cuaca juga mempengaruhi jalannya pelaksanaan, misalnya pengecoran berjalan kurang baik karena adanya hujan.

5. Jenis Pekerjaan Dan Spesifikasi Teknis

Seperti jenis pekerjaan penggalian, pengecoran atau pekerjaan akan dimulainya proyek, apakah jalan akses masuk perlu dibuat atau sudah ada, apakah lokasi proyek di tengah hutan dan mempertimbangkan terlebih dahulu pekerjaan penebasan pohon, land clearing atau pemindahan tanah.

6. Batasan Yang Ditentukan.

Daerah dimana pekerjaan konstruksi tersebut memiliki batas yang jelas pada suatu wilayah dan abash secara hukum.

7. Peraturan Pemerintah Daerah

Peraturan yang dibuat dari pemda setempat karena daerah tersebut berkaitan dengan budaya atau adat dan ijin lahan dan sebagainya yang menjadi acuan dasar untuk melaksanakan pekerjaan konstruksi.

Untuk dapat menyusun time schedule atau jadwal pelaksanaan proyek yang baik dibutuhkan :

1. Gambar Kerja proyek dan data lokasi proyek berada
2. Rencana anggaran biaya pelaksanaan proyek
3. *Bill of Quantity* (BQ) atau daftar volume pekerjaan
4. Data cuaca atau musim di lokasi pekerjaan proyek.
5. Data sumber daya meliputi material , peralatan , sub kontraktor yang tersedia di sekitar lokasi pekerjaan proyek berlangsung.
6. Data sumber daya material , peralatan, sub kontraktor yang harus didatangkan ke lokasi proyek.
7. Data kebutuhan tenaga kerja dan ketersediaan tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan.
8. Data jenis transportasi yang dapat digunakan disekitar lokasi proyek.
9. Metode kerja yang digunakan untuk melaksanakan masing – masing item pekerjaan.
10. Data kapasitas produksi meliputi peralatan , tenaga kerja , sub kontraktor , material.
11. Data keuangan proyek meliputi arus kas cara pembayaran pekerjaan tenggang waktu pembayaran progress dan lain-lain.

Tujuan atau manfaat pembuatan *time schedule* pada sebuah proyek konstruksi antara lain :

1. Pedoman waktu untuk pengadaan sumber daya manusia yang dibutuhkan
2. Pedoman waktu untuk kedatangan material yang sesuai dengan item pekerjaan yang akan dilaksanakan
3. Pedoman waktu untuk pengadaan alat – alat kerja
4. *Time schedule* juga berfungsi sebagai alat untuk mengendalikan waktu pelaksanaan proyek.
5. Sebagai tolak ukur pencapaian target waktu pelaksanaan pekerjaan.
6. Time Schedule sebagai acuan untuk memulai dan mengakhiri sebuah kontrak kerja proyek konstruksi.
7. Sebagai pedoman pencapaian progress pekerjaan setiap waktu tertentu
8. Sebagai pedoman untuk penentuan batas waktu denda atas keterlambatan proyek atau bonus atas percepatan proyek.
9. Sebagai pedoman untuk mengukur nilai suatu investasi.

2.12.1 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

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

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

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

Menurut Firmansyah (2011:25) dalam bukunya Rancang Bangun Aplikasi Rencana Anggaran Biaya Dalam Pembangunan Rumah. Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan

upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek pembangunan.

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

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

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

2.12.2 Network Planning (NWP)

Network planning adalah satu model yang digunakan dalam suatu penyelenggaraan proyek yang produknya adalah informasi mengenai kegiatan–kegiatan yang ada dalam network diagram proyek yang bersangkutan. Informasi tersebut mengenai sumber daya yang digunakan oleh kegiatan yang bersangkutan dan informasi mengenai jadwal pelaksanaannya.

Pada prinsipnya network planning adalah hubungan ketergantungan antara bagian–bagian pekerjaan (variabel) yang digambarkan atau divisualkan dalam diagram network. Dengan demikian diketahui bagian–bagian pekerjaan mana yang harus diketahui, bila perlu di lakukan lembur, pekerjaan mana yang harus menunggu selesainya pekerjaan yang lain, pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa–gesa sehingga alat dan orang dapat digeser ketempat lain demi mencapai efisiensi. (Haedar Ali, Tubagus, 1990, hal 4).

A. *Critical Path Method (CPM)*

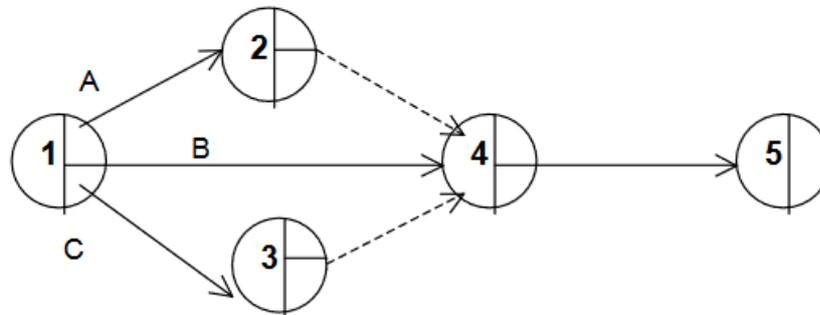
CPM atau jadwal metode lintasan kritis merupakan salah satu jenis jadwal jaringan rencana kerja atau biasa disebut Network Planning. Menurut Schroeder (1996: 432), critical path method adalah sebuah jaringan yang menggunakan keseimbangan waktu – biaya linier.

Adapun langkah – langkah pembuatan CPM, sebagai berikut:

1. Pahami urutan (*sequence*) dari masing masing kegiatan atau pekerjaan tersebut dan ketergantungan (interdependensinya) antar masing – masing kegiatan / pekerjaan yang bersangkutan.
2. Rangkaian suatu jaringan aturan atau persyaratan seperti yang telah dijelaskan.
3. Kegiatan mana yang harus didahului kegiatan lain dan mana yang merupakan kelanjutan dari kegiatan sebelumnya.
4. Kalau jumlah macam kegiatan atau work item-nya sedemikian banyak jumlahnya sampai ratusan, maka untuk mempermudah penyusunan CPM bisa dikerjakan dengan mengikuti urutan pekerjaan dari masing – masing kelompok kerjanya (*work item group*).
5. CPM dari work item group yang sudah jadi lantas digabungkan dengan CPM detail work item yang juga dibuat sendiri.
6. CPM gabungan merupakan CPM lengkap atau seluruh kegiatan / pekerjaan kalau perlu diedit lagi, dengan memperhatikan hal – hal berikut :
 - a) Untuk pekerjaan / kegiatan pada masing – masing kelompok pekerjaan yang pelaksanaannya meneruskan dan atau dilaksanakan oleh satu kelompok pelaksana suatu pekerjaan yang bersangkutan, maka path / lintasan dari kegiatan tersebut bisa dipisah. Kalau mungkin kegiatan ini dijadikan satu rangkaian, sehingga rangkaian jaringan aktifitasnya menjadi sederhana misalnya, proyek teknik sipil pekerjaan pengukuran (*surveying*).
 - b) Pengujian material / hasil pekerjaan dan laboratorium, serta pekerjaan persiapan yang sifatnya processing dari material yang akan digunakan dalam kegiatan /pekerjaan proyek tersebut. Lintasannya bisa diletakkan

pada bagian paling luar dari rangkaian network planning yang bersangkutan.

7. Ada beberapa dari pekerjaan dalam work item group, yang pelaksanaannya bisa dikerjakan tanpa harus tergantung dengan pekerjaan sebelumnya dari kelompok pekerjaan lainnya. Hal ini sepenuhnya mempengaruhi dan ditentukan oleh metode, area kerja, dan sumber daya manusia yang tersedia untuk kegiatan pelaksanaan proyek tersebut, semua keputusan dari manajer proyek tetap memperhatikan aturan dan persyaratan CPM. Setelah rangkaian jaringan rencana kerja lengkap terangkai, benar, dan nomor urut kejadian sudah terisi, maka pengisian EEF dan LEF baru bisa dilakukan



(Sumber : Ervianto, 2005 : 166)

Gambar 2. 54 Network Planning/Jaringan Kerja

Keterangan :

→ (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu dan *resources* tertentu. Anak panah menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak - anak panah menunjukkan urutan - urutan waktu.

○ (*Node / vent*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan .

= => (*Double arrow*), anak panah yang sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critikcal path*).\

----> (*Dummy*), bentuknya merupakan anak panah terputus - putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.



1 = Nomor kejadian. EET (*Earliest Event Time*) = waktu paling cepat yaitu menjumlahkan durasi dari kejadian yang dimulai dari kejadian awal dilanjutkan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka yang terbesar. LET (*Laetest Event Time*) = waktu yang paling lambat, yaitu mengurangi durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir akan dilanjutkan kegiatan sebelumnya dengan mengambil angka terkecil.

A → A, B, C, D, E, F, G, H merupakan kegiatan, sedangkan La, Lb, Lc, Ld,
La Le, Lf, Lg dan Lh merupakan durasi dari kegiatan.

2.12.3 Bar Chart

Bar Chart (Bagan Balok) telah ada sejak abad ke-19 berupa grafik/chart yang menggambarkan work vs time, pertama kali diperkenalkan oleh Henry L. Gantt sehingga sering disebut juga dengan nama Gantt Chart. Gantt menciptakan teknik ini untuk memeriksa perkiraan durasi tugas versus durasi aktual sehingga dengan melihat sekilas, pemimpin proyek dapat melihat kemajuan pelaksanaan proyek (Rusdi, 2014).

Bar Chart mencantumkan daftar aktivitas proyek beserta waktu mulai dan waktu penyelesaiannya. Secara visual *Bar Chart* menunjukkan kapan dan berapa lama berbagai tugas berlangsung dalam sebuah proyek pengembangan, beserta kebutuhan sumber daya pekerjanya. Teknik ini merepresentasikan setiap tugas sebagai sebuah batang horizontal yang panjangnya sebanding dengan waktu penyelesaiannya. Namun, penggunaan *Bar Chart* tidak menjelaskan ketergantungan tugasnya, bagaimana satu tugas akan terpengaruh apabila tugas lain mengalami keterlambatan, atau bagaimana sebaiknya tugas disusun (Laudon, 2008).

Hingga saat ini, metode *Bar Chart* masih sering digunakan dan merupakan metode yang umum digunakan sebagian besar penjadwalan dan pengendalian pada industri konstruksi, terutama dalam menyusun jadwal induk suatu proyek mulai dari kontraktor kecil hingga kontraktor besar, baik sektor swasta maupun BUMN. Metode ini dapat dikombinasikan dengan metode lain yang lebih canggih (Soeharto, 1999).

Pada *Bar Chart* juga dapat ditentukan milestone atau tonggak kemajuan sebagai bagian target yang harus diperhatikan guna kelancaran produktifitas proyek secara keseluruhan. *Bar Chart* juga dapat diperpanjang atau diperpendek yang menunjukkan bahwa durasi suatu kegiatan akan bertambah atau berkurang sesuai kebutuhan perbaikan jadwal sebagai proses updating (Husen, 2008). Sedangkan Kekurangannya, *Bar Chart* adalah merupakan teknik yang paling umum digunakan dalam penjadwalan proyek konstruksi, namun penyajian informasi menggunakan teknik ini memiliki keterbatasan, misalnya tidak dapat secara spesifik menunjukkan urutan kegiatan dan hubungan ketergantungan antara satu kegiatan dengan kegiatan lain sehingga kegiatan yang menjadi prioritas tidak dapat ditentukan, dan jika terjadi keterlambatan proyek akan susah dikoreksi (Husen, 2008).

No.	Deskripsi	Nilai (Rp)	Durasi (minggu)	Bobot	Minggu																	
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10								
1	Pekerjaan persiapan	1,000,000	2	2.22%	1.111	1.111																
2	Pekerjaan galian tanah	500,000	2	1.11%		0.556	0.556															
3	Pekerjaan pondasi	1,500,000	3	3.33%			1.111	1.111	1.111													
4	Pekerjaan beton bertulang	10,000,000	2	22.22%				11.11	11.11													
5	Pekerjaan pasangan/plesteran	2,000,000	3	4.44%					1.481	1.481	1.481											
6	Pekerjaan pintu jendela	6,000,000	2	13.33%						6.667	6.667											
7	Pekerjaan atap	7,000,000	2	15.56%							7.778	7.778										
8	Pekerjaan langit-langit	2,000,000	2	4.44%								2.222	2.222									
9	Pekerjaan lantai	5,000,000	2	11.11%									5.556	5.556								
10	Pekerjaan finishing	10,000,000	2	22.22%														11.11	11.11			
NILAI NOMINAL		45,000,000		100%																		
PRESTASI PER MINGGU					1.111	1.667	1.667	12.22	13.7	8.148	15.93	15.56	18.89	11.11								
PRESTASI KUMULATIF					1.111	2.778	4.444	16.67	30.37	38.52	54.44	70	88.89	100								

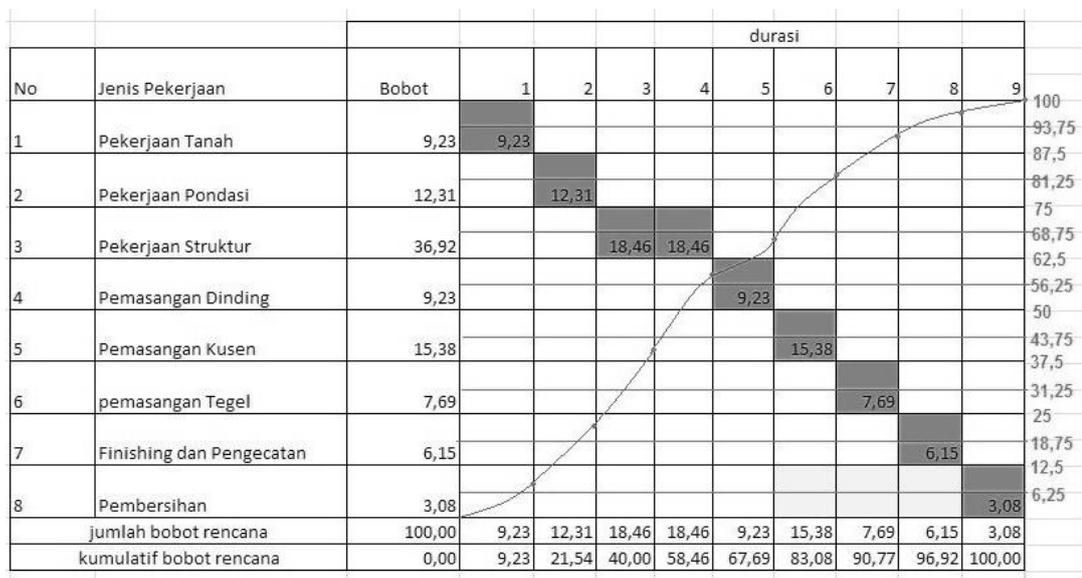
(Sumber : Ervianto, 2005 : 166)

Gambar 2. 55 Bar Chart

2.12.4 Kurva S

Kurva-S, model penjadwalan semacam ini berupa penjadwalan yang berfungsi untuk memberikan informasi berupa bobot pekerjaan (Sb-y) dengan index dari 0 – 100% berdasarkan waktu durasi proyek (Sb-x) sehingga hubungan kedua sumbu tersebut membentuk kurva yang berbentuk S.

Kurva-S umumnya berguna dalam memonitoring kemajuan pekerjaan dalam pelaksanaan konstruksi guna bermanfaat dalam memberikan bukti laporan atas proses administrasi pembayaran kepada pihak pemilik/owner berdasarkan kemajuan proyek yang telah dikerjakan serta dapat mengetahui kemajuan kinerja waktu pelaksanaan proyek apakah proyek mengalami kemajuan/keterlambatan waktu pekerjaan.



(Sumber : Ervianto, 2005 : 166)

Gambar 2. 56 Kurva - S