BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Perencanaan Geometrik Jalan

2.1.1 Pengertian

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)

Dalam merencanakan suatu kontruksi 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 kontruksi jalan raya. Data ini diperlukan dalam merencanakan kontruksi 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. (Sukirman, 1999)

2.1.2 Data Peta Topografi

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

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

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

2.1.3 Data Lalu Lintas

Data lalu lintas adalah data utama yang diperlukan dalam perencanaaan 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 kontruksi perkerasan. (Hamirhan Saodang, 2004)

Data arus lalu lintas merupakan informasi dasar bagi perncanaan 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 :

a. 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.
b. 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)

2.1.4 Data Penyelidikan Tanah

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

a. Penelitian

Penelitian data tanah yang terdiri dari sifat-sifat indeks, klasifikasi USCS dan AASHTO, pemadatan dan nilai CBR. Pengambilan data CBR dilapangan 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 menampkan hasil nilai CBR di setiap titik lokasi. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara analisis dan grafis.

1. Cara analisis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analisis adalah :

CBRsegmen = (CBRrata-rata – CBRmin) / R .....(2.1)

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam suatu segmen. Nilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada tabel 2.1 di bawah ini :

Tabel 2.1 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)

2. Cara Grafis

Prosedur adalah sebagai berikut :

a) Tentukan nilai CBR terendah.
b) Tentukan berapa banyak nilai CBR yang sama atau lebir besar dari masing-masing nilai CBR kemudian disusun pada tabel, mulai dari CBR terkecil sampai yang terbesar.
c) Angka terbanyak diberinilai 100 %, angka yang lain merupakan persentase dari 100 %.
d) Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dengan persentase nilai tadi.
e) Nilai CBR segmen adalah nilai pada keadaan 90 %.

3. Analisa

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

4. Pengujian Laboratorium

Uji bahan kontruksi untuk mendapatkan :

a) Sifat–sifat Indeks (*Indeks Properties*) yaitu meliputi Gs (*Specific gravity*), WN (*Water Natural Content*), ɣ (berat isi), e (angka pori), n (*Porositas*), Sr (derajat kejenuhan).
b) Klasifikasi USCS dan AASTHO
    1) Analisa ukuran butir (Graim Size Analysis)
        (a) Analisa Saringan (sieve Analysis)
        (b) Hidrometer (Hydrometer Analysis)
    2) Batas-batas Atteberg (Atteberg Limits)
        (a) Liquid Limit (LL) = batas cair
        (b) Plastic Limit (PL) = batas plastis
        (c) Indeks Plastis (IP) = LL - PL
    3) Pemadatan : ɣ d maks dan Wopt
        (a) Pemadatan standar

(b) Pemadatan modifikasi

(c) Dilapangan di cek dengan sandcone ± 100 % ɣ d maks

4) CBR laboratorium (CBR rencana), berdasarkan pemadatan ɣ d maks dan Wopt

(a) CBR lapangan : DCP CBR lapangan

2.1.5 Data Penyelidikan Material

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

a. Mengadakan penelitian terhadap semua data material yang ada selanjutnya melakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut akan dilakukan berdasarkan survey langsung dilapangan maupun dengan pemerikasaan laboratorium.
b. Penyelidikan lokasi sumber material yang ada beserta perkiraan jumlahnya untuk pekerjaan-pekerjaan penimbunan pada jalan dan jembatan serta bangunan pelengkap.

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

1. Tanah berbutir kasar

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

2. Tanah berbutir halus

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

2.2 Klasifikasi Jalan

2.2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi Jalan

Klasifikasi menurut fungsi jalan terbagi atas:

1) **Jalan Arteri** : Jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
2) **Jalan Kolektor** : Jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
3) **Jalan Lokal** : Jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

2.2.2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

1) Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton.
2) Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan kasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam Tabel 2.2 (Pasal 11, PP. No.43/1993).

Tabel 2.2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

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

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

2.2.3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

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

Tabel 2.3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

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

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

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

2.2.4 Klasifikasi Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaannya sesuai PP. No.26/1985 adalah jalan Nasional, Jalan Propinsi, Jalan Kabupaten/Kotamadya, Jalan Desa, dan Jalan Khusus.

2.3 Kriteria Perencanaan

2.3.1 Kendaraan Rencana

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

(1) Kendaraan Kecil, diwakili oleh mobil penumpang;

(2) Kendaraan Sedang, diwakili oleh truk 3 as tandem atau oleh bus besar 2 as;

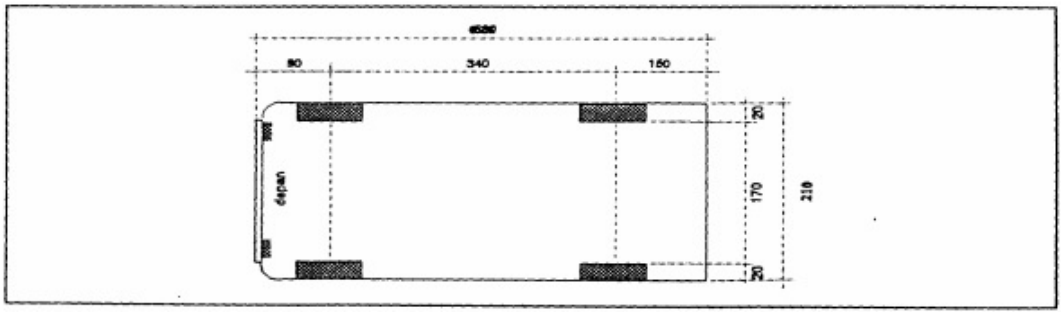
(3) Kendaraan Besar, diwakili oleh truk-semi-trailer.

Dimensi dasar untuk masing-masing kategori Kendaraan Rencana ditunjukkan dalam Tabel 2.4 Gambar 2.1 s.d. Gambar 2.3 menampilkan sketsa dimensi kendaraan rencana tersebut.

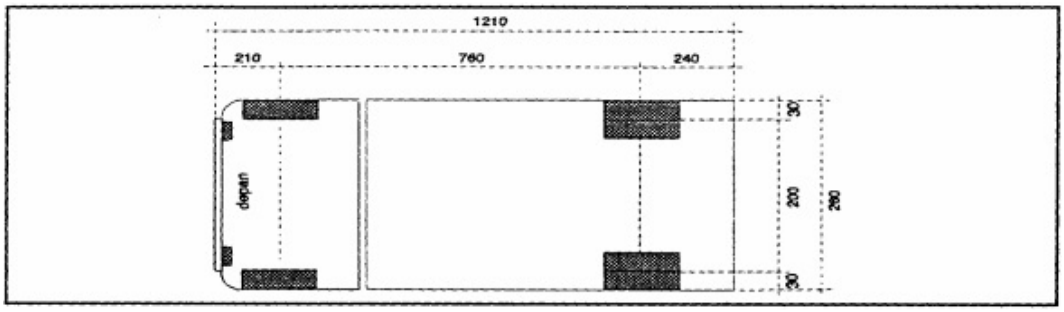
Tabel 2.4 Dimensi Kendaraan Rencana

KATAGORI KENDARAAN RENCANA	**DIMENSI KENDARAAN (cm)**			**TONJOLAN (cm)**		**RADIUS PUTAR**		**RADIUS TONJOLAN (cm)**
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min	Maks	
Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	410	260	2100	1.20	90	290	1400	1370

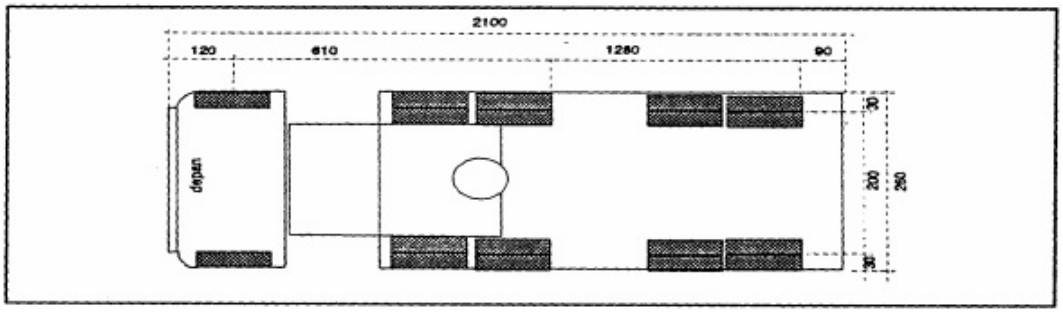
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)



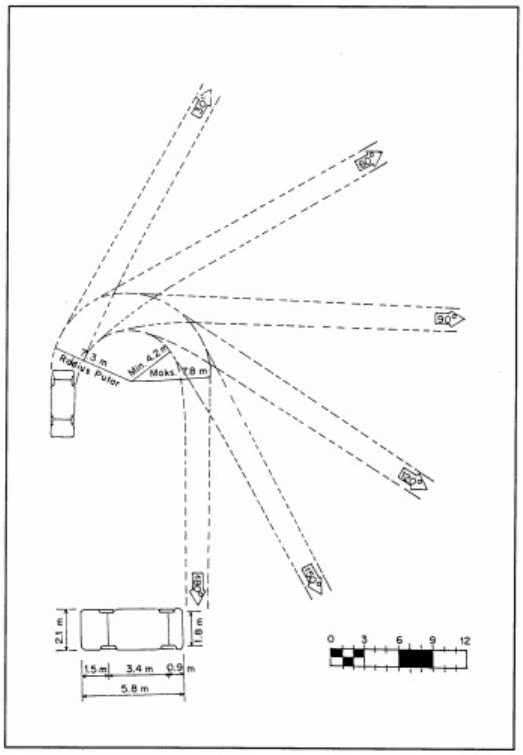
Gambar 2.1 Dimensi Kendaraan Kecil



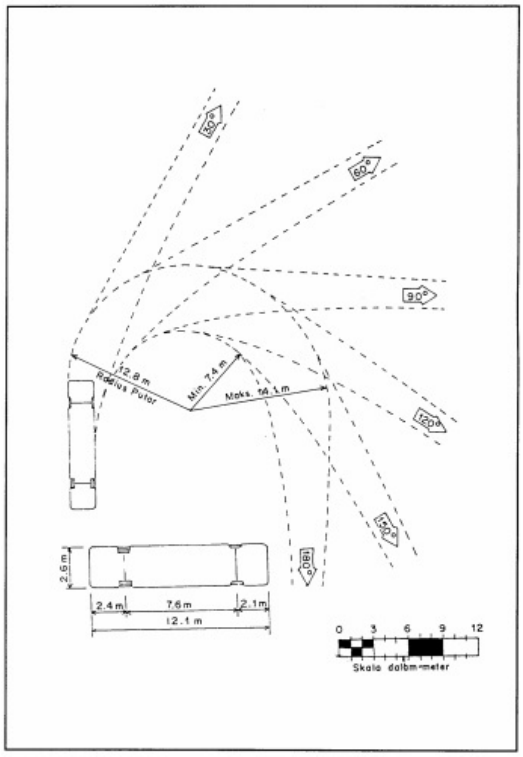
Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Sedang



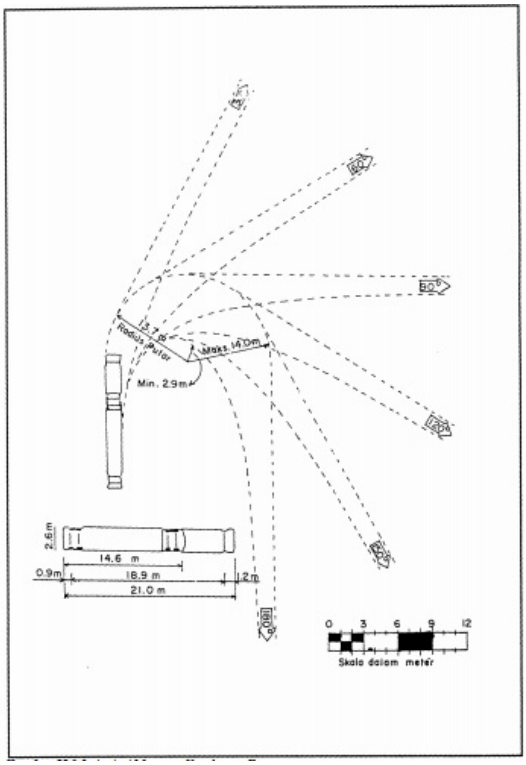
Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Besar



Gambar 2.4 Jari-Jari Manuver Kendaraan Kecil



Gambar 2.5 Jari-Jari Manuver Kendaraan Sedang



Gambar 2.6 Jari-Jari Manuver Kendaraan Besar

2.3.2 Satuan Mobil Penumpang

SMP adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan, di mana mobil penumpang ditetapkan memiliki satu **SMP**. **SMP** untuk jenis jenis kendaraan dan kondisi medan lainnya dapat dilihat dalam Tabel II.4. Detail nilai **SMP** dapat dilihat pada buku Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) No.036/TBM/1997.

Tabel 2.5 Ekivalen Mobil Penumpang (EMP)

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

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

2.3.3 Volume Lalu Lintas Rencana

Volume Lalu Lintas Harian Rencana (VLHR) adalah prakiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam SMP/hari. Volume Jam Rencana (VJR) adalah prakiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam SMP/jam, dihitung dengan rumus :

$$VJR = VLRH \times \frac{K}{F} \quad \text{.....(2.2)}$$

di mana **K** (disebut faktor **K**), adalah faktor volume lalu lintas jam sibuk, dan

F (disebut faktor **F**), adalah faktor variasi tingkat lalu lintas perseperempat jam dalam satu jam.

VJR digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalu lintas lainnya yang diperlukan. Tabel 2.6 menyajikan faktor-**K** dan faktor-**F** yang sesuai dengan **VLHR**-nya.

Tabel 2.6 Penentuan faktor-K dan faktor-F berdasarkan Volume Lalu Lintas Harian Rata-rata.

VLHR	FAKTOR-K (%)	FAKTOR-F (%)
> 50.000	4 - 6	0,9 - 1
30.000 - 50.000	6 - 8	0,8 - 1
10.000 - 30.000	6 - 8	0,8 - 1
5.000 - 10.000	8 - 10	01,6 - 0,8
1.000 - 5.000	10 - 12	0,6 - 0,8
< 1.000	12 - 16	< 0,6

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

2.3.4 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana, V_R, pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti. V_R untuk masing masing fungsi jalan dapat ditetapkan dari Tabel 2.7. Untuk kondisi medan yang sulit, V_R suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam.

Tabel 2.7 Kecepatan Rencana, V_R, sesuai Klasifikasi Fungsi dan Klasifikasi Medan Jalan.

Fungsi	Kecepatan Rencana, V_R' Km/jam		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	70 - 120	60 - 80	40 - 70
Kolektor	60 - 90	50 - 60	30 - 50
Lokal	40 - 70	30 - 50	20 - 30

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

2.4 Bagian - Bagian Jalan

1) Ruang Manfaat Jalan (Rumaja)

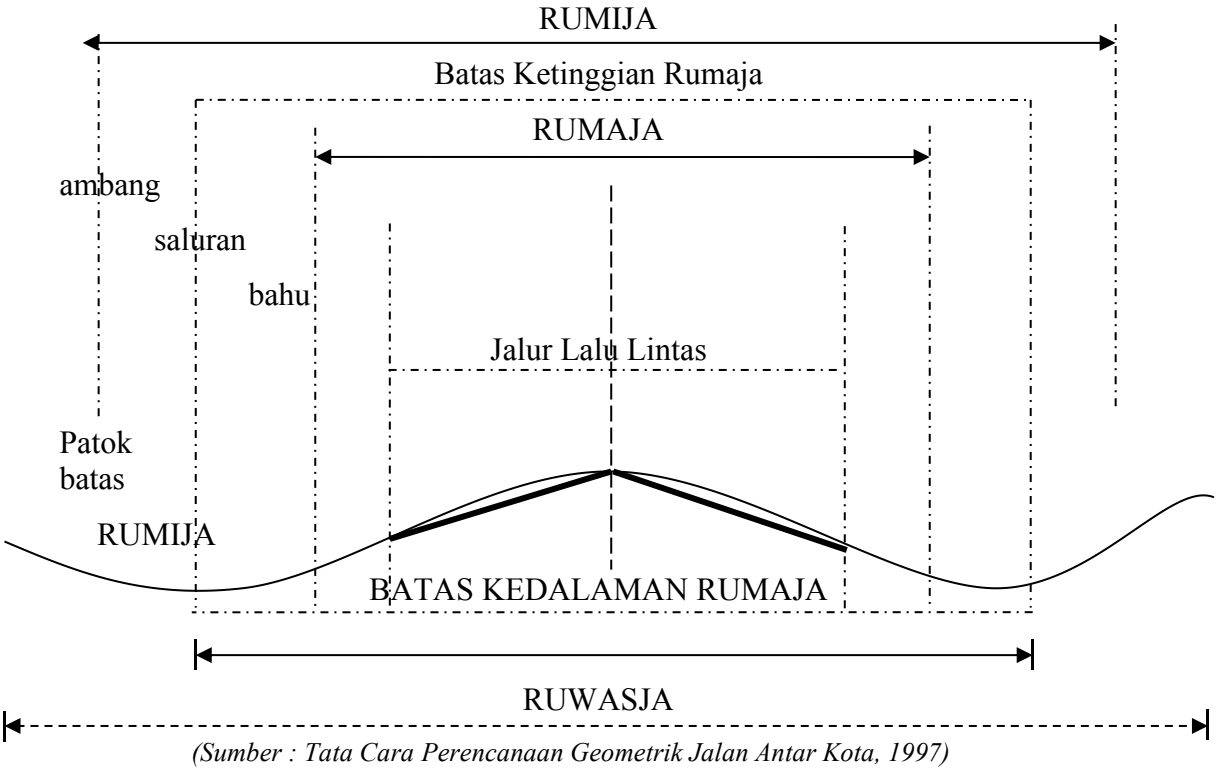
Ruang manfaat jalan merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi (min 5 meter) dan kedalaman tertentu (min 1,5 meter dari permukaan jalan) yang dimanfaatkan untuk konstruksi jalan yang terdiri atas badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengaman. (Peraturan Pemerintah RI No.34 Tahun 2006 Tentang Jalan).

2) Ruang Milik Jalan (Rumija)

Ruang milik jalan terdiri dari ruang manfaat jalan dan sejalur tertentu di luar ruang manfaat jalan. Ruang milik jalan diperuntukan bagi ruang manfaat jalan , pelebaran jalan, dan penambahan jalur lalu lintas di masa yang akan datang serta kebutuhan ruangan untuk pengamanan jalan. (Peraturan Pemerintah RI No.34 Tahun 2006 Tentang Jalan).

3) Ruang Pengawasan Jalan (Ruwasja)

Ruang milik jalan terdiri dari ruang manfaat jalan dan sejalur tertentu di luar ruang manfaat jalan. Ruang milik jalan diperuntukan bagi ruang manfaat jalan, pelebaran jalan, dan penambahan jalur lalu lintas di masa yang akan datang serta kebutuhan ruangan untuk pengamanan jalan. (Peraturan Pemerintah RI No.34 Tahun 2006 Tentang Jalan).



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

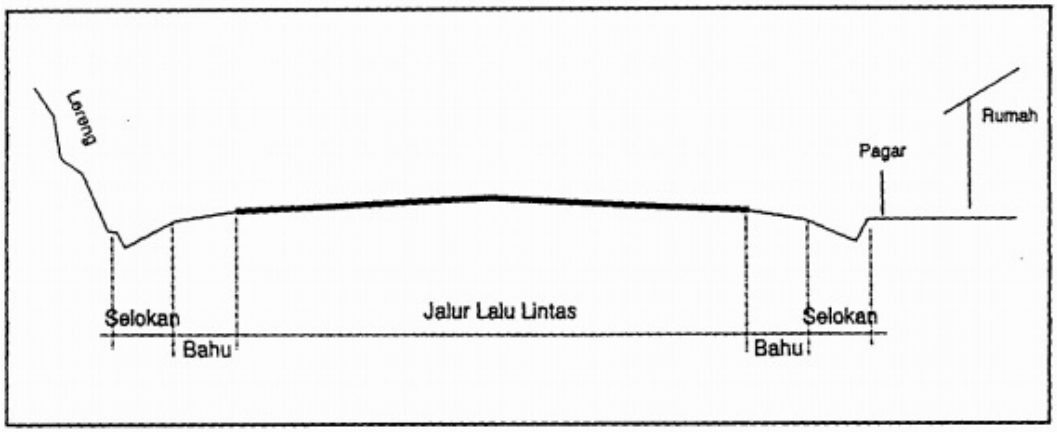
Gambar 2.7 Rumaja, Rumija, Ruwasja di Lingkungan Jalan Antar Kota

2.5 Penampang Melintang

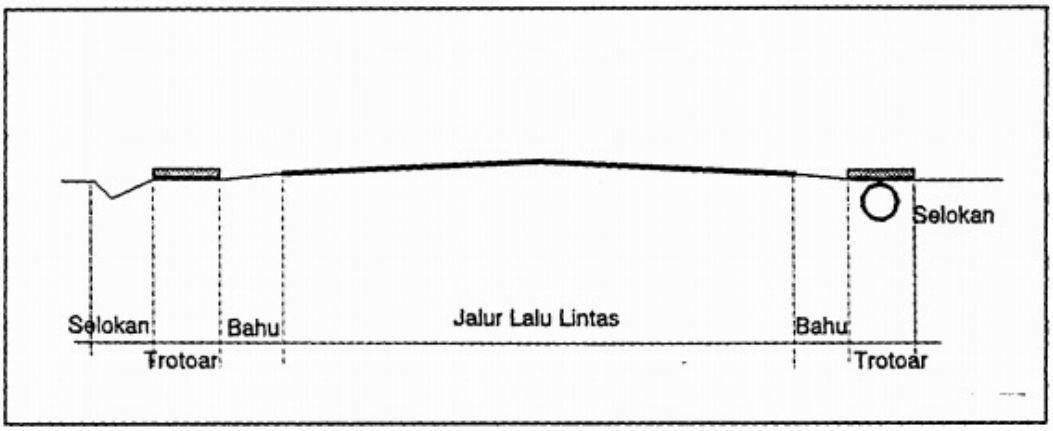
2.5.1 Komposisi Penampang Melintang

Penampang melintang jalan terdiri atas bagian-bagian sebagai berikut (lihat Gambar 2.8 dan Gambar 2.9) :

- Jalur lalu lintas;
- Median dan jalur tepian (kalau ada);
- Bahu;
- Jalur pejalan kaki;
- Selokan; dan
- Lereng.



Gambar 2.8 Penampang Melintang Jalan Tipikal



Gambar 2.9 Penampang Melintang Jalan Tipikal Yang Dilengkapi Trotoar

Tabel 2.8 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan

VLHR (smp/hari)	ARTERI				KOLEKTOR				LOKAL			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)
< 3.000	6,0	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	**)	**)	-	-	-	-
> 25.000	2nx3,5*)	2,5	2x7,0*)	20	2n3,5*)	2,0	**)	**)	-	-	-	-

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

Keterangan : **) = Mengacu pada persyaratan ideal

*) = 2 jalur terbagi, masing - masing n x 3,5m, dimana n = Jumlah lajur per jalur

\- = Tidak ditentukan

2.5.2 Lajur

Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan, memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana. Lebar lajur tergantung pada kecepatan dan kendaraan rencana, yang dalam hal ini dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan seperti ditetapkan dalam Tabel 2.9. Jumlah lajur ditetapkan dengan mengacu kepada MKJI berdasarkan tingkat kinerja yang direncanakan, di mana untuk suatu ruas jalan dinyatakan oleh nilai rasio antara volume terhadap kapasitas yang nilainya tidak lebih dari 0.80. Untuk kelancaran drainase permukaan, lajur lalu lintas pads alinemen lurus memerlukan kemiringan melintang normal sebagai berikut (lihat Gambar 2.10) :

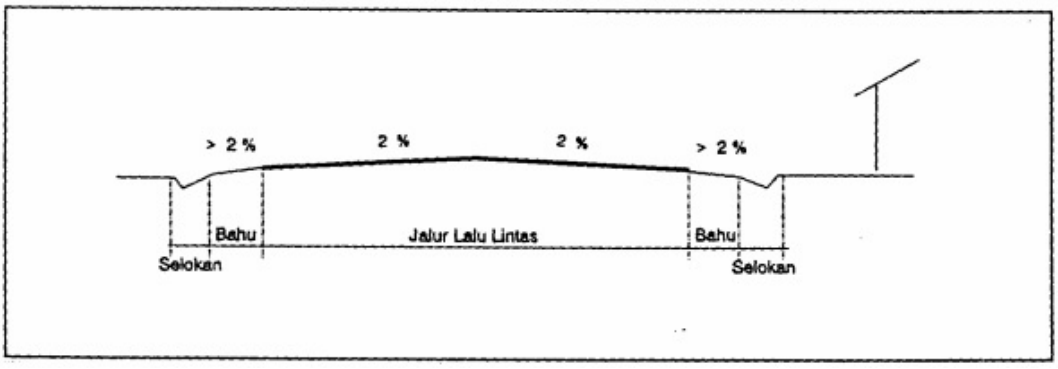
(1) 2-3% untuk perkerasan aspal dan perkerasan beton;

(2) 4-5% untuk perkerasan kerikil

Tabel 2.9 Lebar Lajur Jalan Ideal

FUNGSI	KELAS	LEBAR LAJUR IDEAL (m)
Arteri	I	3,75
	II, III A	3,50
Kolektor	III A, III B	3,00
Lokal	III C	3,00

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



Gambar 2.10 Kemiringan Melintang Jalan Normal

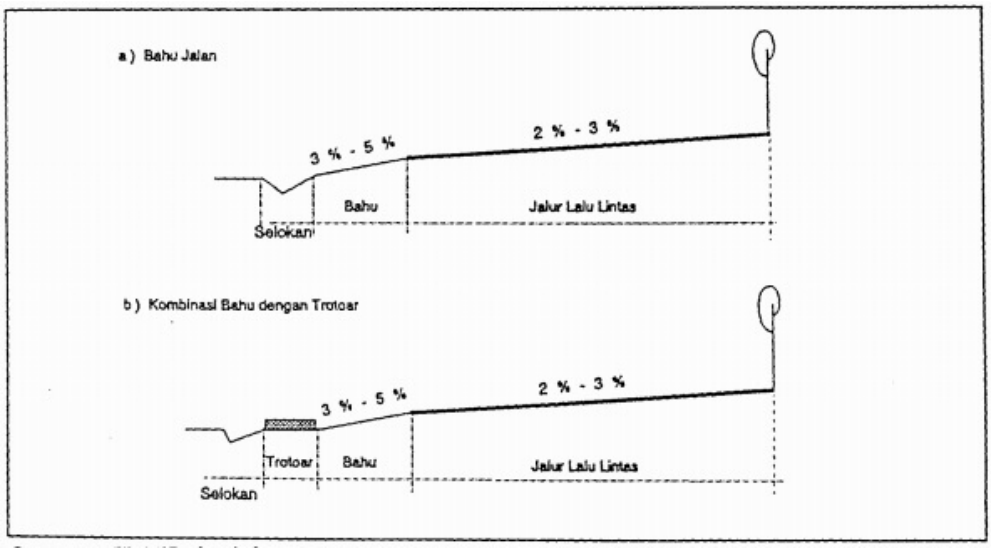
2.5.3 Bahu Jalan

Bahu Jalan adalah bagian jalan yang terletak di tepi jalur lalu lintas dan harus diperkeras (lihat Gambar 2.11). Kemiringan bahu jalan normal antara 3-5%. Lebar bahu jalan dapat dilihat dalam Tabel 2.8. Fungsi bahu jalan adalah sebagai berikut :

(1) lajur lalu lintas darurat, tempat berhenti sementara, dan atau tempat parkir darurat;

(2) ruang bebas samping bagi lalu lintas; dan

(3) penyangga sampai untuk kestabilan perkerasan jalur lalu lintas.



Gambar 2.11 Bahu Jalan

2.5.4 Median

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

- Memisahkan dua aliran lalu lintas yang berlawanan arah;
- Uang lapak tunggu penyeberang jalan;
- Penempatan fasilitas jalan;
- Tempat prasarana kerja sementara;
- Penghijauan;
- Tempat berhenti darurat (jika cukup luas);
- Cadangan lajur (jika cukup luas); dan
- Mengurangi silau dari sinar lampu kendaraan dari arah yang berlawanan.

Jalan 2 arah dengan 4 lajur atau lebih perlu dilengkapi median. Median dapat dibedakan atas (lihat Gambar 2.12) :

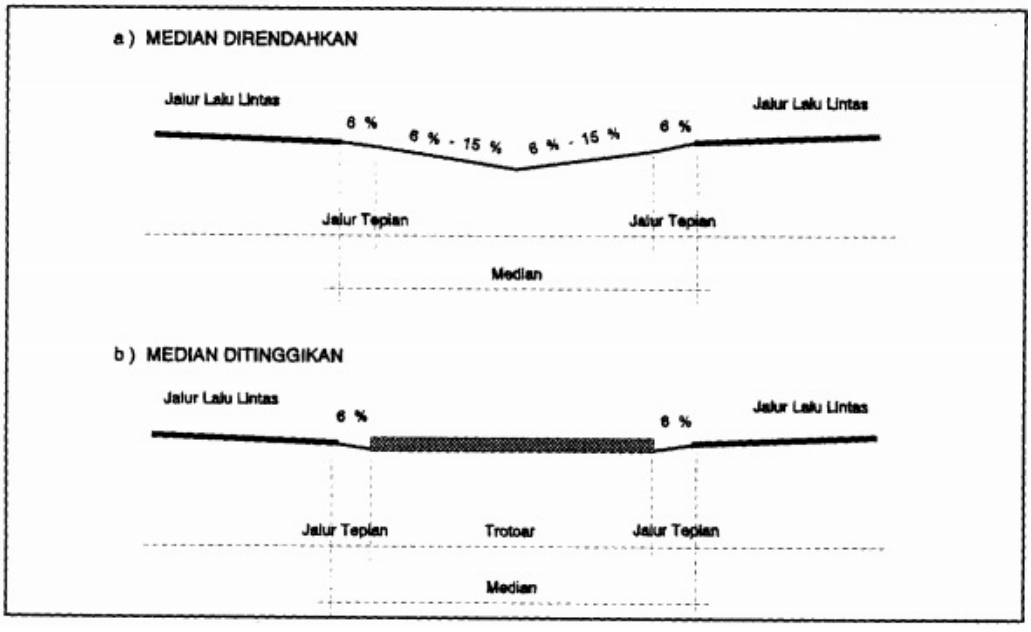
1. Median direndahkan, terdiri atas jalur tepian dan bangunan pemisah jalur yang direndahkan.
2. Median ditinggikan, terdiri atas jalur tepian dan bangunan pemisah jalur yang ditinggikan.

Lebar minimum median terdiri atas jalur tepian selebar 0,25-0,50 meter dan bangunan pemisah jalur, ditetapkan dapat dilihat dalam Tabel 2.10. Perencanaan median yang lebih rinci mengacu pada Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, Direktorat Jenderal Bina Marga, Maret 1992.

Tabel 2.10 Lebar Minimum Median

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

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



Gambar 2.12 Median direndahkan dan ditinggikan

2.5.5 Fasilitas Pejalan Kaki

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

2.6 Jarak Pandang

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

2.6.1 Jarak Pandang Henti

Jarak pandang henti (Jh) adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik di sepanjang jalan harus memenuhi Jarak pandang henti. Jarak pandang henti diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan. Jh terdiri atas 2 elemen jarak, yaitu:

1) jarak tanggap (Jht) adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem; dan
2) jarak pengereman (Jh') adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

   Jh' dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus :

$$J_h = \frac{V_R}{3,6}.T + \frac{\left(\frac{V_R}{3,6}\right)^2}{2.g.f} \quad \text{.....(2.3)}$$

Dari persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi :

Untuk jalan datar :

$$Jh = 0{,}278.V_R.T + \frac{{V_R}^2}{254.f_p} \quad \text{.....(2.4)}$$

Untuk jalan dengan kelandaian tertentu :

$$Jh = 0{,}278.V_R.T + \frac{{V_R}^2}{254.f_p \pm L} \quad \text{.....(2.5)}$$

di mana :

V*R* = kecepatan rencana (km/jam)

T = waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

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

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

L = landai jalan dalam (%) dibagi 100

Adapun nilai jarak pandang henti minimum untuk jalan antar kota menurut kecepatan rencana yang dipilih dapat dilihat pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Jarak Pandang Henti (Jh) Minimum

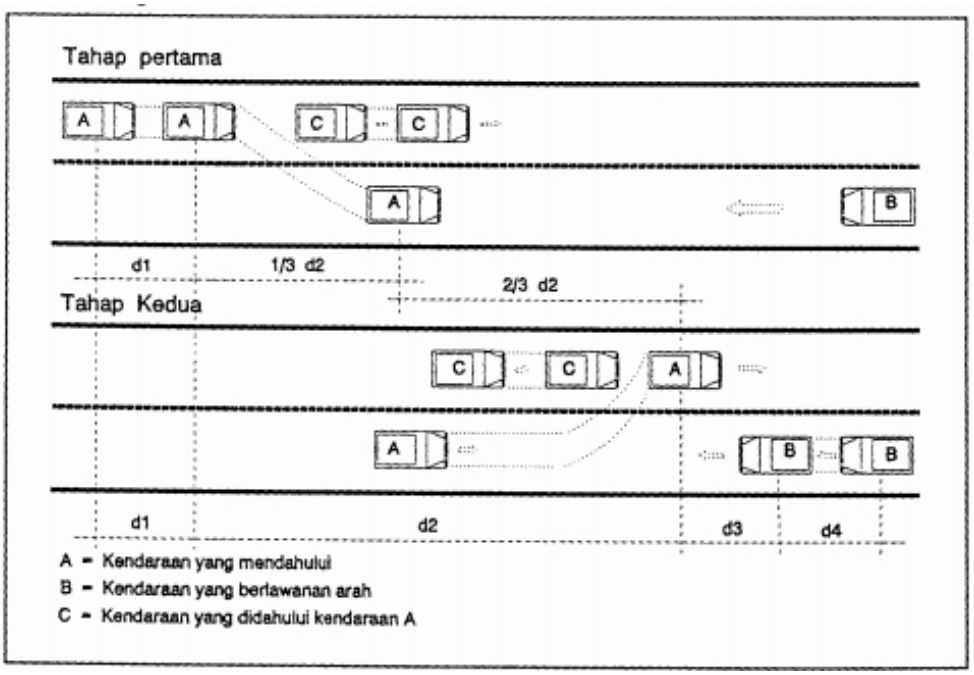
Vr (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jh Minimum (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

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

2.6.2. 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 (lihat Gambar 2.13). Jarak pandang mendahului diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm. Daerah mendahului harus disebar

disepanjang jalan dengan jumlah panjang minimum 30% dari panjang total ruas jalan tersebut.



Gambar 2.13 Jarak Pandang Mendahului

Jarak pandang mendahului (Jd), dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut :

$$Jd = dl + d2 + d3 + d4 \quad (2.6)$$

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 213 d2 (m).

Adapun nilai jarak pandang mendahului untuk jalan antar kota menurut kecepatan rencana yang dipilih dapat dilihat pada Tabel 2.12.

Tabel 2.12 Jarak Pandang Mendahului (Jd)

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

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

2.7 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung (disebut juga tikungan). Perencanaan geometri pada bagian lengkung dimaksudkan untuk mengimbangi gaya entrifugal yang diterima oleh kendaraan yang berjalan pada kecepatan VR. Untuk keselamatan pemakai jalan, jarak pandang dan daerah bebas samping jalan harus diperhitungkan.

2.7.1 Panjang Bagian Lurus

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu tidak lebih dari 2,5 menit (sesuai VR). Panjang bagian lurus dapat ditetapkan dari Tabel 2.13

Tabel 2.13 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi	**Panjang Bagian Lurus Maximum**		
	Datar	**Perbukitan**	**Pegunungan**
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

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

2.7.2 Jenis - Jenis Tikungan

Pada perencanaan alinyemen horizontal umumnya digunakan tikungan yang terdiri dari tiga jenis tikungan yang digunakan, yaitu: *Full Circle* (FC), *Spiral Circle Spiral* (SCS), *Spiral-Spiral* (SS) antara lain sebagai berikut :

1) Tikungan *Full Circle* (FC)

Full Circle (FC) adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan FC hanya digunakan untuk R (jari-jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka diperlukan superelevasi yang besar. (Shirley L.Hendarsin, 2000: 96)

Rumus yang digunakan pada tikungan *Full Circle* yaitu :

Fm = - 0,00065.Vr + 0,192 (untuk kec. < 80 km/jam) ..... (2.7)

$$\frac{ep+en}{L_s} = \frac{x+en}{\frac{3}{4}L_s}$$

$$X = \frac{(ep+en)\,.\,\frac{3}{4}.L_s}{L_s} - en \quad \text{.....(2.8)}$$

$$Rmin = \frac{V^2}{127(emax+Fm)} \quad \text{.....(2.9)}$$

$$D_{max} = \frac{181913{,}53(emaks+fmaks)}{V^2} \quad \text{.....(2.10)}$$

$$D = \frac{1432{,}4}{R} \quad \text{.....(2.11)}$$

$$e = -\frac{emax}{D^2max}D^2 + \frac{2\,.emax}{Dmax}\,D \quad \text{.....(2.12)}$$

$$\theta s = \frac{\Delta}{2} \quad \text{.....(2.13)}$$

$$Tc = R\,.\,tan\,½\,\Delta \quad \text{.....(2.14)}$$

$$Ec = Tc\,.\,tan\,¼\,\Delta \quad \text{.....(2.15)}$$

$$Lc = \frac{\pi}{180}\,.\,\Delta\,.\,R \quad \text{.....(2.16)}$$

Kontrol = $2 \, . \, T_c > L_c$ ..... (2.17)

Keterangan :

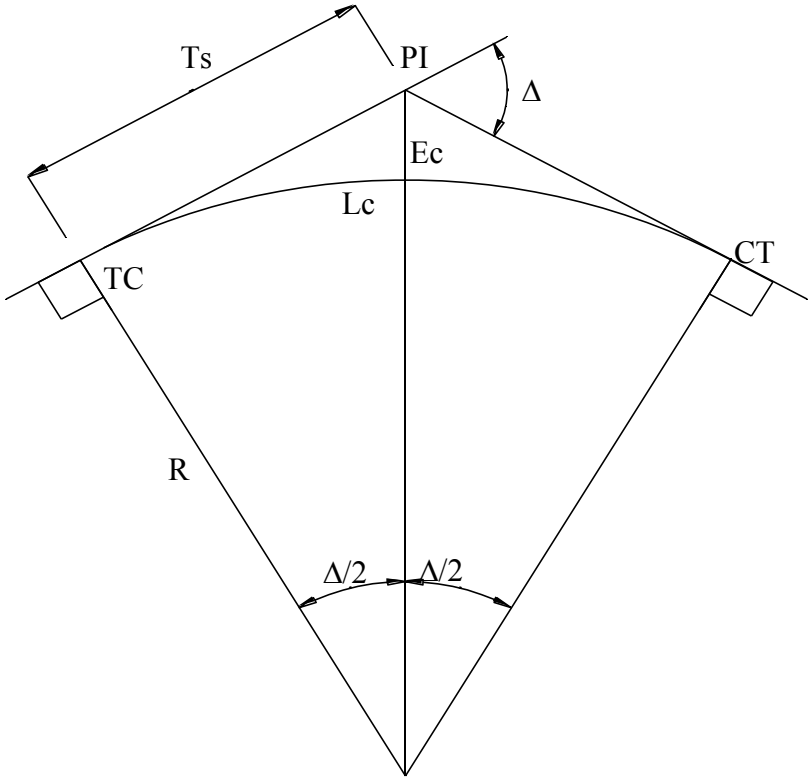
Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen

Tc = Jarak tangen jarak dari Tc ke PI ke CT (m)

Rc = Jari-jari lingkaran (m)

Ec = Panjang Luar PI ke busur lingkaran (m)

Lc = Panjang busur lingkaran (m)



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

Gambar 2.14 Bentuk Tikungan *Full Circle*

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

Bentuk tikungan ini digunakan pada daerah-daerah perbukitan atau pegunungan, karena tikungan jenis ini memiliki lengkung peralihan uang memungkinkan perubahan menikung tidak secara mendadak dan tikungan tersebut menjadi aman. Lengkung Spiral merupakan peralihan dari bagian lurus ke bagian circle (*transition curve*) yang panjangnya diperhitungkan

dengan mempertimbangkan bahwa perubahan gaya sentrifugal dari nol sampai mencapai bagian lengkung. Jari-ari yang diambil untuk tikungan *Spiral Circle Spiral* haruslah sesuai dengan kecepatan rencana dan tidak mengakibatkan kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang telah ditentukan. Ketentuan dan rumus yang digunakan untuk jenis tikungan ini adalah sebagai berikut :

Fm = - 0,00065 . Vr + 0,192 (untuk kec. < 80 km/jam) .....(2.18)

$$Rmin = \frac{V^2}{127(emax+Fm)} \quad \text{.....(2.19)}$$

$$D_{max} = \frac{181913{,}53\ (emaks+fmaks)}{V^2} \quad \text{.....(2.20)}$$

$$D = \frac{1432{,}4}{R} \quad \text{.....(2.21)}$$

$$e = -\frac{emax}{D^2max} D^2 + \frac{2\,.\,emax}{Dmax}\, D \quad \text{.....(2.22)}$$

Untuk menentukan nilai L_s dapat digunakan beberapa pendekatan sebagai berikut :

a) Berdasarkan tabel Bina Marga

L_s1 = 50 m ..... (2.23)

b) Berdasarkan waktu tempuh maksimum 3 detik

$$L_s2 = \frac{V_R}{3{,}6} \,.\, T \quad \text{..... (2.24)}$$

c) Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_s3 = 0{,}022 \frac{V^3}{R\,.\,C} - 2{,}727 \frac{V\,.\,e}{C} \quad \text{.....(2.25)}$$

d) Berdasarkan tingkat pencapaian kelandai

$$L_s4 = \frac{(em-en)}{3{,}6\,.\,re} \,.\, V \quad \text{.....(2.26)}$$

Berdasarkan dari L_s Alternatif a, b, c, dan d diambil nilai yang terbesar

$\Theta s = \frac{90 \,.\, Ls}{\Pi \,.\, R}$ ..... (2.27)

$\Delta c = \Delta - 2 \,.\, \theta s$ ..... (2.28)

$P = \frac{Ls^2}{6 \,.\, R} - R\,(1 - \text{Cos}\,\theta s)$ ..... (2.29)

$k = Ls - \frac{Ls^3}{40 \,.\, R^2} - R \,.\, \sin \theta s$ ..... (2.30)

$Ts = (R+P)\,\tan\frac{\Delta}{2} + k$ ..... (2.31)

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

$Lc = \frac{\Delta - 2 \,.\, \theta s}{180}\,\pi \,.\, R$ ..... (2.33)

$Ltotal = Lc + 2 \,.\, Ls$ ..... (2.34)

$Xs = Ls\left(1 - \frac{Ls^2}{40\,R^2}\right)$ ..... (2.35)

$Ys = \frac{Ls^2}{6 \,.\, R}$ ..... (2.36)

$Kontrol = Ltotal < 2 \,.\, Ts$ ..... (2.37)

Keterangan :

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

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

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

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

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

Es = jarak dari PI ke puncak busur lingkaran, (m)

Δ = sudut tikungan, (^{o})

Δc = sudut lengkung *circle* (^{o})

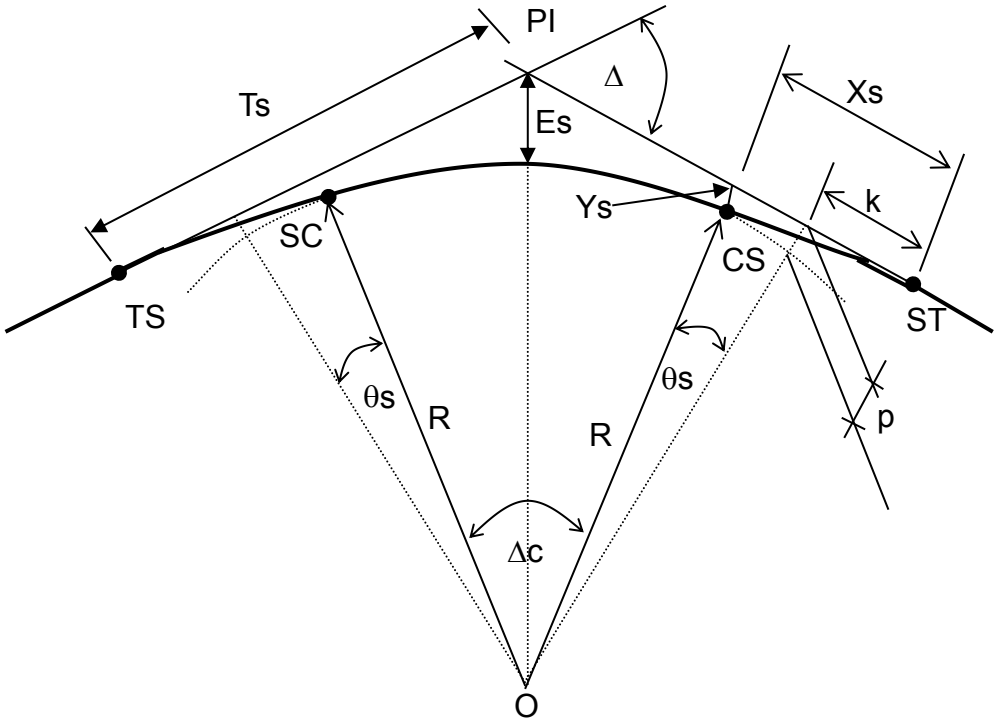
θs = sudut lengkung spiral, (^{o})

R = jari-jari tikungan, (m)

p = pergeseran tangen terhadap spiral, (m)

k = absis p pada garis tangen spiral, (m)

Ltotal = panjang tikungan SCS, (m)



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

Gambar 2.15 Bentuk Tikungan *Spiral Circle Spiral*

3) Tikungan *Spiral-Spiral* (SS)

Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan yang tajam. Lengkung horizontal berbentuk spiral-spiral adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga SC berimpit dengan titik CS. Adapun rumus- rumus yang digunakan pada tikungan *spiral-spiral*, yaitu :

Fm = - 0,00065.Vr + 0,192 (untuk kec. < 80 km/jam) ..... (2.38)

$$Rmin = \frac{V^2}{127(emax+Fm)} \quad \text{..... (2.39)}$$

$$D_{max} = \frac{181913{,}53(\text{emaks}+\text{fmaks})}{V^2} \quad \text{..... (2.40)}$$

$$D = \frac{1432,4}{R} \quad \text{.....(2.41)}$$

$$e = -\frac{emax}{D^2max} D^2 + \frac{2\,.emax}{Dmax} D \quad \text{.....(2.42)}$$

$$\theta s = \frac{\Delta}{2} \quad \text{.....(2.43)}$$

Untuk menentukan nilai L_s dapat digunakan beberapa pendekatan sebagai berikut :

a) Berdasarkan tabel Bina Marga

L_s1 = 50 m ..... (2.44)

b) Berdasarkan waktu tempuh maksimum 3 detik

$$L_s2 = \frac{V_R}{3,6} \,.\, T \quad \text{.....(2.45)}$$

c) Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_s3 = 0,022 \frac{V^3}{R\,.\,C} - 2,727 \frac{V\,.\,e}{C} \quad \text{.....(2.46)}$$

d) Berdasarkan tingkat pencapaian kelandai

$$L_s4 = \frac{(em-en)}{3,6\,.\,re} \,.\, V \quad \text{.....(2.47)}$$

L_s yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$L_s5 = \frac{\theta s\,.\,\pi\,.\,R}{90} \quad \text{.....(2.48)}$$

$L_s5 > L_s$min, maka L_s yang digunakan L_s5

Misalkan θs = 31,33° , maka dari tabel 2.16 Besaran p* dan k* didapat :

θs = 31° → p* = 0,0486115 → k* = 0,4947620

θs = 31,5° → p* = 0,0495022 → k* = 0,4945798

Interpolasi :

$$p^* = 0,0486115 + \frac{0,0495022 - 0,0486115}{31,5-31} \text{ x } (31,33° - 31°)$$

$$= 0,0491993$$

k* $= 0{,}4947620 + \frac{0{,}4947620 - 0{,}4945798}{31{,}5 - 31} \text{ x } (31{,}33° - 31°)$

$= 0{,}4948822$

P = p* x Ls ..... (2.49)

K = k* x Ls ..... (2.50)

Ts $= (R + P) \tan\frac{\Delta}{2} + K$ ..... (2.51)

Es $= \frac{(R+P)}{\cos\frac{1}{2}.\ \Delta} - R$ ..... (2.52)

Ltotal = 2 . Ls ..... (2.53)

Kontrol $= 2 . L_s < 2 . T_s$ ..... (2.54)

Keterangan :

Es = Jarak dari P1 ke busur lingkaran

Ts = Panjang tangent dari titik ke P1 ke titik TS atau ke titik ST (m)

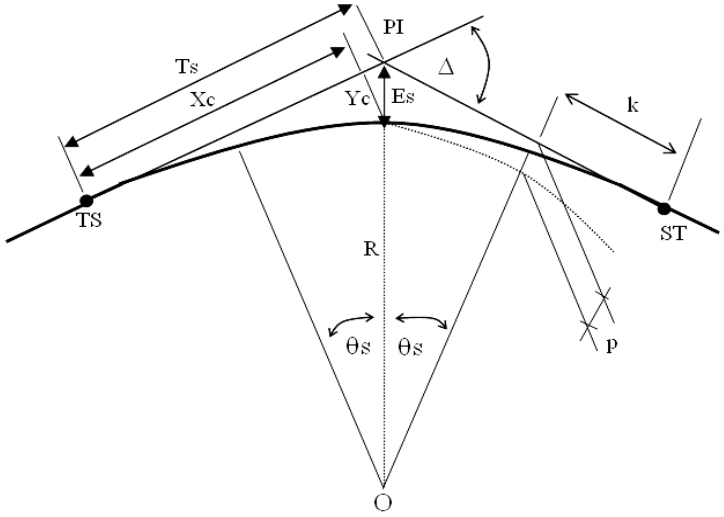
TS = Titik dari tangent ke spiral (m)

SC = Titik dari spiral ke lingkaran (m)

Rc = Jari-jari lingkaran (m)

Θs = Sudut Spiral

Δ = Sudut pertemuan antara tangent utama



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

Gambar 2.16 Bentuk Tikungan *Spiral Spiral*

2.7.3 Superelevasi

Superelevasi adalah suatu kemiringan melintang di tikungan yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima kendaraan pada saat berjalan melalui tikungan pads kecepatan VR. Nilai superelevasi maksimum ditetapkan 10%. Jari-Jari Tikungan minimum (Rmin) ditetapkan sebagai berikut :

$$R_{min} = \frac{V_R^2}{127\,(e_{max} \times f)} \quad \text{.....(2.55)}$$

di mana :

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

VR = Kecepatan Rencana (km/j),

e_{max} = Superelevasi maximum (%),

F = Koefisien gesek, untuk perkerasan aspal f = 0,14 - 0,24

Tabel 2.14 Panjang Jari-jari Minimum (dibulatkan)

V_R (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jari jari Minimum, R_{min} (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

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

Lengkung peralihan adalah lengkung yang disisipkan di antara bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan berjari jari tetap R; berfungsi mengantisipasi perubahan alinemen jalan dari bentuk lurus (R tak terhingga) sampai bagian lengkung jalan berjari jari tetap R sehingga gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan saat berjalan di tikungan berubah secara berangsur-angsur, baik ketika kendaraan mendekati tikungan maupun meninggalkan tikungan. Bentuk lengkung peralihan dapat berupa parabola atau spiral (clothoid). Dalam tata cara ini digunakan bentuk spiral. Panjang lengkung peralihan (L) ditetapkan atas pertimbangan bahwa :

a) lama waktu perjalanan di lengkung peralihan perlu dibatasi untuk menghindarkan kesan perubahan alinemen yang mendadak, ditetapkan 3 detik (pada kecepatan VR);

b) gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan dapat diantisipasi berangsur angsur pada lengkung peralihan dengan aman; dan

c) tingkat perubahan kelandaian melintang jalan (re) dari bentuk kelandaian normal ke kelandaian superelevasi penuh tidak boleh melampaui re-max yang ditetapkan sebagai berikut :

- untuk VR d 70 km/jam, re-max = 0.035 m/m/detik,
- untuk VR t 80km/jam, re-maz = 0.025 m/m/detik.

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

1. Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan,

$$L_s = \frac{V_R}{3.6} T \quad \text{..... (2.56)}$$

dimana : T = waktu tempuh pada lengkung peralihan, ditetapkan 3 detik.
VR = kecepatan rencana (km/jam).

2. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal,

$$L_s = 0.222 \frac{V_R^3}{R\,C} - 2{,}727 \frac{V_R e}{C} \quad \text{..... (2.57)}$$

3. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian,

$$L_S = \frac{(e_m - e_n) V_R}{3{,}6\, r_e} \quad \text{..... (2.58)}$$

dimana : VR = kecepatan rencana (km/jam),
em = superelevasi maximum,
en = superelevasi normal,
re = tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan (m/m/detik).

Selain menggunakan rumus-rumus untuk tujuan praktis, LS dapat ditetapkan dengan menggunakan Tabel 2.15

Tabel 2.15 Panjang Lengkung Peralihan (L,) dan panjang pencapaian superelevasi (L_e) untuk jalan ljalur-2lajur-2arah.

V_R (Km/Jam)	Superelevasi, e (%)									
	2		4		6		8		10	
	L_s	L_e	L_s	L_e	L_s	L_e	L_s	L_e	L_s	L_e
20										
30										
40	10	20	15	25	15	25	25	30	35	40
50	15	25	20	30	20	30	30	40	40	50
60	15	30	20	35	25	40	35	50	50	60
70	20	35	25	40	30	45	40	55	60	70
80	30	55	40	60	45	70	65	90	90	120
90	30	60	40	70	50	80	70	100	10	130
100	35	65	45	80	55	90	80	110	0	145
110	40	75	50	85	60	100	90	120	11	-
120	40	80	55	90	70	110	95	135	0	-

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

Lengkung dengan R lebih besar atau sama dengan yang ditunjukkan pada Tabel 2.16, tidak memerlukan lengkung peralihan.

Tabel 2.16 Jari-Jari Tikungan yang Tidak Memerlukan Lengkungan Peralihan

V_R (Km/Jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R_{min} (m)	25000	1500	900	500	350	250	130	60

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

Jika lengkung peralihan digunakan, posisi lintasan tikungan bergeser dari bagian jalan yang lurus ke arah sebelah dalam (lihat Gambar 11.20) sebesar p. Nilai p (m) dihitung berdasarkan rumus berikut :

$$p = \frac{L_S^2}{24\,R_C} \quad \text{.....(2.59)}$$

di mana : LS = panjang lengkung peralihan (m),
R = jari jari lengkung (m).

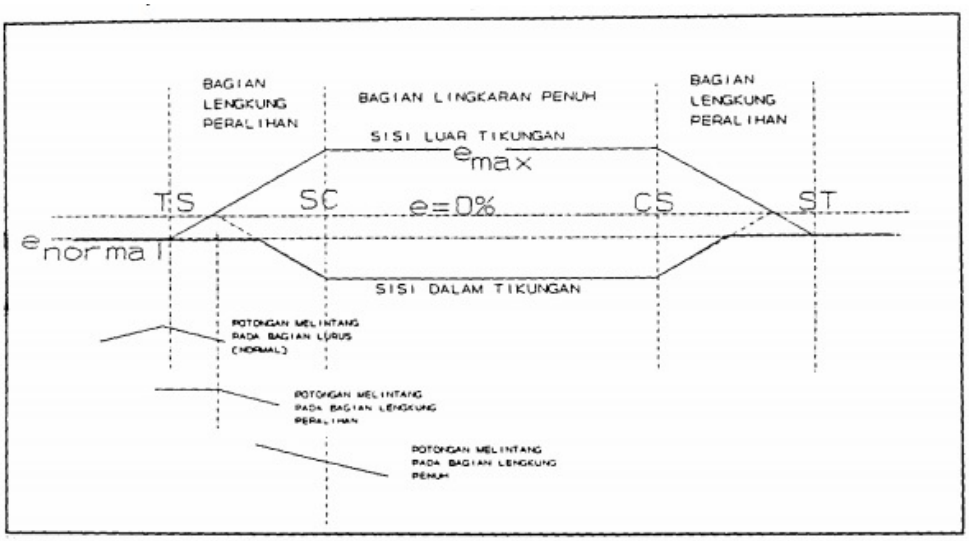
Apabila nilai p kurang dari 0,25 meter, maka lengkung peralihan tidak diperlukan sehingga tipe tikungan menjadi fC. Superelevasi tidak diperlukan apabila nilai R lebih besar atau sama dengan yang ditunjukkan dalam Tabel 2.17

Tabel 2.17 Jari-Jari yang Diizinkan Tanpa Lengkung Peralihan

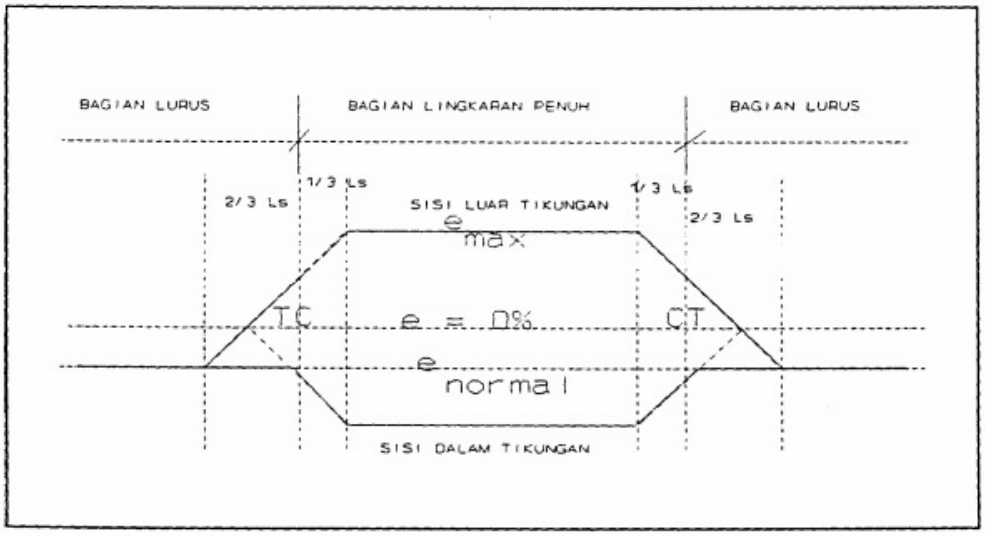
Kecepatan rencana (km/jam)	R (m)
60	700
80	1.250
100	2.000
120	5.000

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

Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung. Pada tikungan SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear (lihat Gambar 2.17), diawali dari bentuk normal sampai awal lengkung peralihan (TS) yang berbentuk pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan (SC). Pada tikungan fC, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear (lihat Gambar 2.18), diawali dari bagian lurus sepanjang 213 LS sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang 113 bagian panjang LS. Pada tikungan S-S, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.



Gambar 2.17 Metoda Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan Tipe SCS



Gambar 2.18 Metoda Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan Tipe fC

2.7.4 Pelebaran Jalur Lalu Lintas di Tikungan

Pelebaran pada tikungan dimaksudkan untuk mempertahankan konsistensi geometrik jalan agar kondisi operasional lalu lintas di tikungan sama dengan di bagian lurus. Pelebaran jalan di tikungan mempertimbangkan :

1. Kesulitan pengemudi untuk menempatkan kendaraan tetap pada lajurnya.
2. Penambahan lebar (ruang) lajur yang dipakai saat kendaraan melakukan gerakan melingkar. Dalam segala hal pelebaran di tikungan harus memenuhi

gerak perputaran kendaraan rencana sedemikian sehingga proyeksi kendaraan tetap pada lajumya.

3. Pelebaran di tikungan ditentukan oleh radius belok kendaraan rencana (lihat Gambar 11.1 s.d. Gambar 11.3), dan besarnya ditetapkan sesuai Tabel 2.18.
4. Pelebaran yang lebih kecil dari 0.6 meter dapat diabaikan.
5. Untuk jalan 1 jalur 3 lajur, nilai-nilai dalam Tabel 2.18 harus dikalikan 1,5.
6. Untuk jalan 1 jalur 4 lajur, nilai-nilai dalam Tabel 2.18 harus dikalikan 2.

Tabel 2.18 Pelebaran di Tikungan

Lebar jalur 20.50m, 2 arah atau 1 arah.

R	Kecepatan Rencana, V_d (km/jam)							
(m)	50	60	70	80	90	100	110	120
1500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1000	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
750	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3
500	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	
400	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5		
300	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5			
250	0.4	0.5	0.5	0.6				
200	0.6	0.7	0.8					
150	0.7	0.8						
140	0.7	0.8						
130	0.7	0.8						
120	0.7	0.8						
110	0.7							
100	0.8							
90	0.8							
80	1.0							
70	1.0							

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

Tabel 2.19 (Lanjutan) Pelebaran di tikungan per Lajur (m)

Lebar jalur 2x3.00m, 2 arah atau 1 arah.

R	Kecepatan Rencana, V_d (km/jam)						
(m)	50	60	70	80	90	100	110
1500	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6
1000	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6
750	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8
500	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	0.1
400	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	
300	0.9	1.0	1.0	1.1			
250	1.0	1.1	1.1	1.2			
200	1.2	1.3	1.3	1.4			
150	1.3	1.4					
140	1.3	1.4					
130	1.3	1.4					
120	1.3	1.4					
110	1.3						
100	1.4						
90	1.4						
80	1.6						
70	1.7						

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

2.7.5 Tikungan Gabungan

Ada dua macam tikungan gabungan, sebagai berikut:

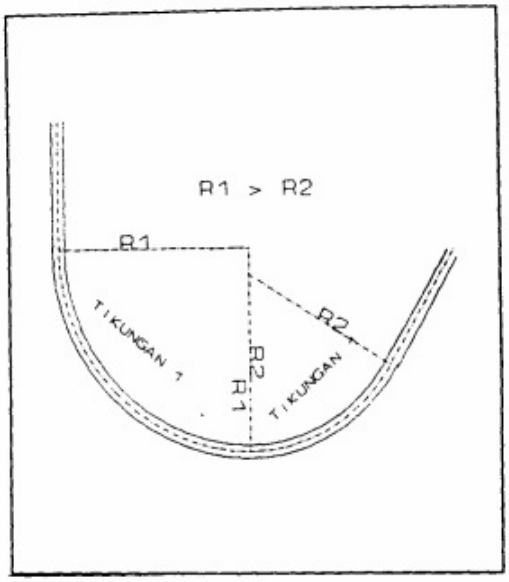
1. Tikungan gabungan searah, yaitu gabungan dua atau lebih tikungan dengan arah putaran yang sama tetapi dengan jari jari yang berbeda (lihat Gambar 2.16);
2. Tikungan gabungan balik arah, yaitu gabungan dua tikungan dengan arah putaran yang berbeda (lihat Gambar 2.18).

Penggunaan tikungan gabungan tergantung perbandingan R_1 dan R_2 :

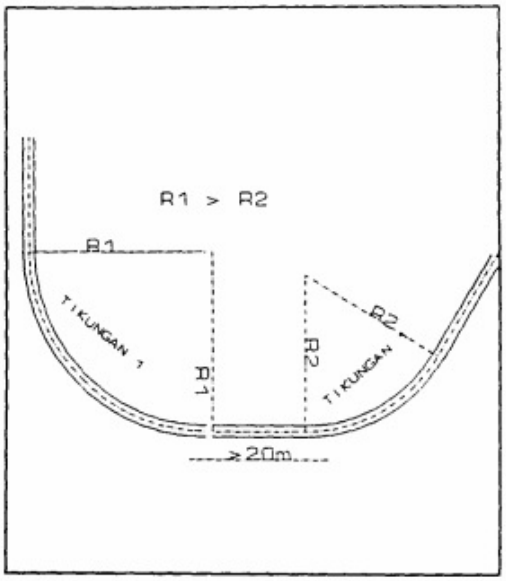
$\frac{R_1}{R_2} > \frac{2}{3}$, tikungan gabungan searah harus dihindarkan,

$\frac{R_1}{R_2} < \frac{2}{3}$, tikungan gabungan harus dilengkapi bagian lurus atau clothoide sepanjang paling tidak 20 meter (lihat Gambar 2.17).

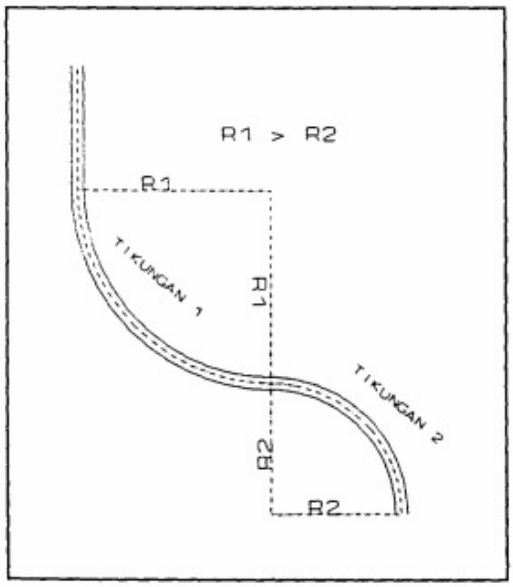
Setiap tikungan gabungan balik arah harus dilengkapi dengan bagian lurus di antara kedua tikungan tersebut sepanjang paling tidak 30 m (lihat Gambar 2.19)



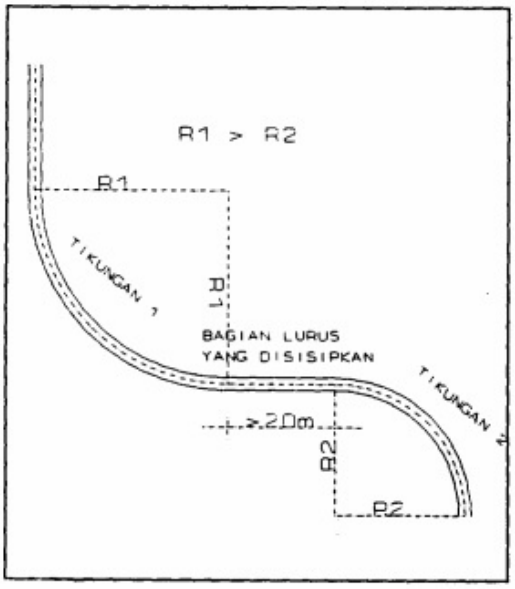
Gambar 2.19 Tikungan Gabungan Searah



Gambar 2.20 Tikungan Gabungan Searah dengan Sisipan Bagian Lurus Minimum Sepanjang 20 meter



Gambar 2.21 Tikungan Gabungan Balik



Gambar 2.22 Tikungan Gabungan Balik dengan Sisipan Bagian Lurus Minimum Sepanjang 20 meter

2.8 Alinyemen Vertikal

Alinemen vertikal terdiri atas bagian landai vertikal dan bagian lengkung vertikal. Ditinjau dari titik awal perencanaan, bagian landai vertikal dapat berupa landai positif (tanjakan), atau landai negatif (turunan), atau landai nol (datar). Bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cekung atau lengkung cembung.

2.8.1 Landai Maksimum

Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah. Kelandaian maksimum untuk berbagai VR ditetapkan dapat dilihat dalam Tabel 2.20

Tabel 2.20 Kelandaian Maksimum yang Diizinkan

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

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

Panjang kritis yaitu panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh VR. Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak lebih dari **satu** menit. Panjang kritis dapat ditetapkan dari Tabel 2.21

Tabel 2.21 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: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

2.8.2 Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal harus disediakan pada setiap lokasi yang mengalami perubahan kelandaian dengan tujuan mengurangi goncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti. Lengkung vertikal dalam tata cara ini ditetapkan berbentuk parabola sederhana,

a. jika jarak pandang henti lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cembung, panjangnya ditetapkan dengan rumus :

$$L = \frac{AS^2}{405} \quad \text{.....(2.60)}$$

b. jika jarak pandang henti lebih besar dari panjang lengkung vertikal cekung, panjangnya ditetapkan dengan rumus :

$$L = 2S - \frac{405}{A} \quad \text{.....(2.61)}$$

Panjang minimum lengkung vertikal ditentukan dengan rumus :

$$L = A\,Y \quad \text{.....(2.62)}$$

$$L = \frac{S^2}{405} \quad \text{.....(2.63)}$$

dimana :

L = Panjang lengkung vertikal (m),

A = Perbedaan grade (m),

Jh = Jarak pandangan henti (m),

Y = Faktor penampilan kenyamanan, didasarkan pada tinggi obyek 10 cm dan tinggi mata 120 cm.

Y dipengaruhi oleh jarak pandang di malam hari, kenyamanan, dan penampilan. Y ditentukan sesuai Tabel 2.22

Tabel 2.22 Penentuan Faktor penampilan kenyamanan, Y

Kecepatan Rencana (km/jam)	**Faktor Penampilan Kenyamanan, Y**
< 40	1,5
40 - 60	3
> 60	8

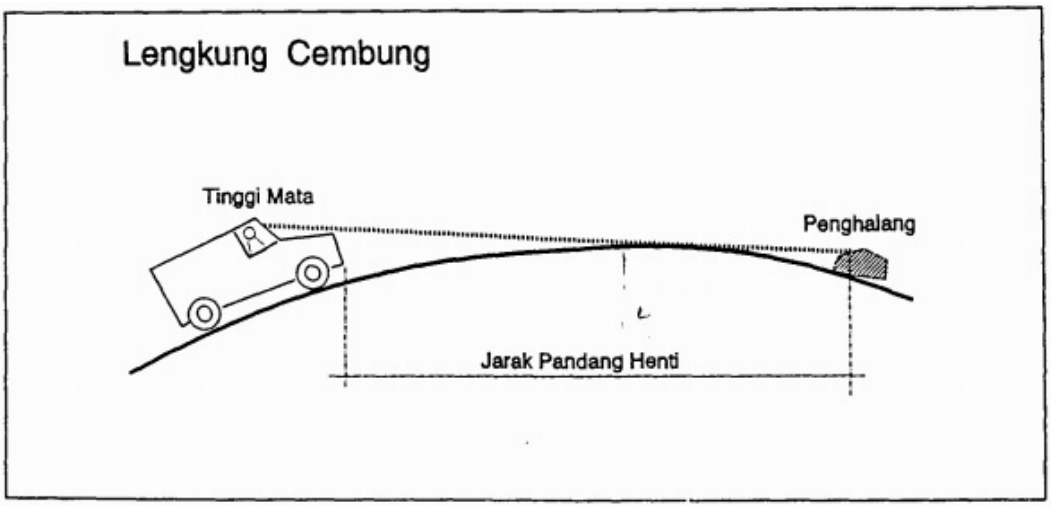
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Panjang lengkung vertikal bisa ditentukan langsung sesuai Tabel 2.23 yang didasarkan pada penampilan, kenyamanan dan jarak pandang. Untuk jelasnya lihat Gambar 2.20 dan Gambar 2.21.

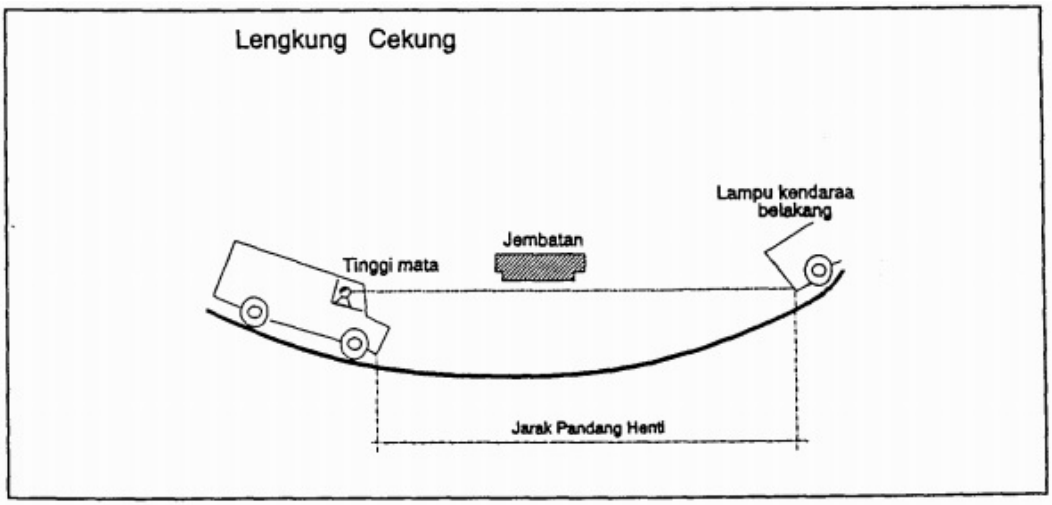
Tabel 2.23 Panjang Minimum Lengkung Vertikal

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: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)



Gambar 2.23 Lengkung Vertikal Cembung

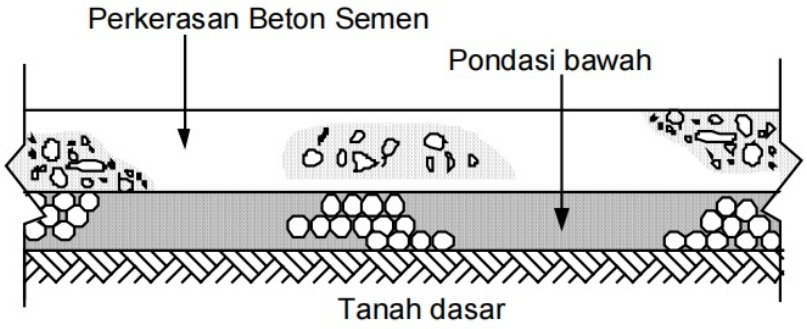


Gambar 2.24 Lengkung Vertikal Cekung

2.9 Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan

2.9.1 Struktur dan Jenis Perkerasan Beton Semen

Perkerasan beton semen adalah struktur yang terdiri atas pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan, terletak di atas lapis pondasi bawah atau tanah dasar, tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal. Struktur perkerasan beton semen secara tipikal sebagaimana terlihat pada Gambar 2.22.



Gambar 2.25 Tipikal Struktur Perkerasan Beton Semen

Perkerasan beton semen dibedakan ke dalam 4 jenis :

- Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan
- Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan
- Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan
- Perkerasan beton semen pra-tegang

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 :

- Mengendalikan pengaruh kembang susut tanah dasar.
- Mencegah intrusi dan pemompaan pada sambungan, retakan dan tepi-tepi pelat.
- Memberikan dukungan yang mantap dan seragam pada pelat.
- 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 kenyaman yang tinggi, permukaan perkerasan beton semen dapat dilapisi dengan lapis campuran beraspal setebal 5 cm.

2.9.2 Persyaratan Teknis Perencanaan Perkerasan Kaku

Adapun Persyaratan Teknis Perencanaan Perkerasan Kaku adalah sebagai berikut :

1. 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 %.

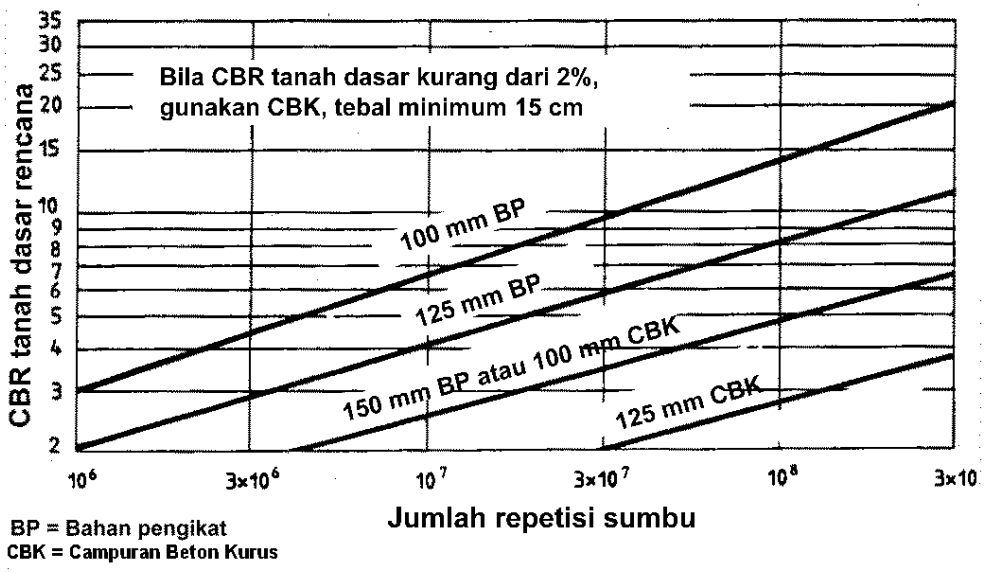
2. Pondasi bawah

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 prilaku tanah ekspansif. Tebal lapisan pondasi minimum 10 cm yang paling sedikit mempunyai mutu sesuai dengan SNI No. 03-6388-2000 dan AASHTO M-155

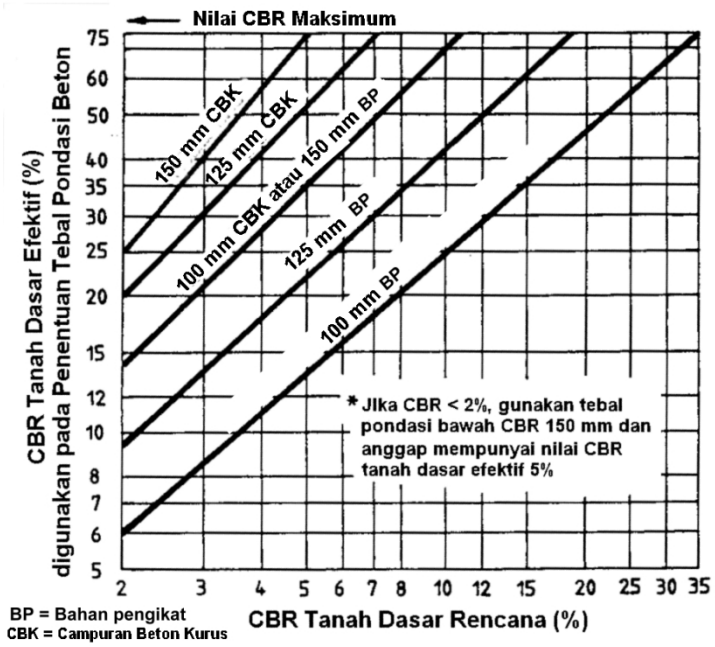
serta SNI 03-1743-1989. Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus menggunakan campuran beton kurus (CBK). Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dapat dilihat pada Gambar 2.23 dan CBR tanah dasar efektif didapat dari Gambar 2.24.

Bahan pondasi bawah dapat berupa :

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



Gambar 2.26 Tebal Pondasi Bawah Minimum Untuk Perkerasan Beton Semen



Gambar 2.27 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah

a. 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.

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

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

i. 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.
ii. Campuran beraspal bergradasi rapat (*dense-graded asphalt*).

iii. Campuran beton kurus giling padat yang harus mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5 MPa (55 kg/cm2).

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

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

d. 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 2.24.

Tabel 2.24 Nilai Koefisien Gesekan (μ)

No.	Lapis pemecah ikatan	Koefisien gesekan (μ)
1	Lapis resap ikat aspal di atas permukaan pondasi bawah	1,0
2	Laburan parafin tipis pemecah ikat	1,5
3	Karet kompon (*A chlorinated rubber curing compound*)	2,0

(Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Pd T-14-2003)

3. Beton semen

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal sekitar 3–5 MPa (30-50 kg/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/cm^2). Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 MPa (2,5 kg/cm^2)

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

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

fcf = 3,13 K (fc')0,50 dalam kg/cm^2 ..... (2.64)

Dengan Pengertian :

f_c' : kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm^2)

f_{cf} : kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm^2)

K : konstanta, 0,7 untuk agregat tidak dipecah dan 0,75 untuk agregat pecah.

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

$f_{cf} = 1,37.f_{cs}$, dalam MPa atau

fcf = 13,44.fcs, dalam kg/cm^2 .....(2.65)

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/m^3. Semen yang akan digunakan untuk pekerjaan beton harus dipilih dan sesuai dengan lingkungan dimana perkerasan akan dilaksanakan.

4. Lalu-lintas

Penentuan beban lalu-lintas rencana untuk perkerasan beton semen, dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (*commercial vehicle*), sesuai

dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana. Lalu-lintas harus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalu-lintas dan konfigurasi sumbu, menggunakan data terakhir atau data 2 tahun terakhir. Kendaraan yang ditinjau untuk perencanaan perkerasan beton semen adalah yang mempunyai berat total minimum 5 ton. Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri atas 4 jenis kelompok sumbu sebagai berikut :

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

a. Lajur rencana dan koefisien distribusi

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalu-lintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur dan koefsien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai Tabel 2.25.

Tabel 2.25 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga pada lajur rencana

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

(Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Pd T-14-2003)

b. Umur rencana

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

c. Pertumbuhan lalu-lintas

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

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} \quad \text{..... (2.66)}$$

Dengan pengertian :

R : Faktor pertumbuhan lalu lintas

i : Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %.

UR : Umur rencana (tahun)

Tabel 2.26 Faktor Pertumbuhan Lalu-Lintas (R)

Umur Rencana (Tahun)	Laju Pertumbuhan (i) per tahun (%)					
	0	2	4	6	8	10
5	5	5,2	5,4	5,6	5,9	6,1
10	10	10,9	12	13,2	14,5	15,9
15	15	17,3	20	23,3	27,2	31,8
20	20	24,3	29,8	36,8	45,8	57,3
25	25	32	41,6	54,9	73,1	98,3
30	30	40,6	56,1	79,1	113,3	164,5
35	35	50	73,7	111,4	172,3	271
40	40	60,4	95	154,8	259,1	442.6

(Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Pd T-14-2003)

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

$$R = \frac{(1+i)^{UR}}{i} + (UR - URm)\{(1+i)^{URm} - 1\} \quad \text{.....(2.67)}$$

Dengan pengertian :

R : Faktor pertumbuhan lalu lintas

i : Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %.

URm : Waktu tertentu dalam tahun, sebelum UR selesai.

d. Lalu-lintas rencana

Lalu-lintas rencana adalah jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan. Beban pada suatu jenis sumbu secara tipikal dikelompokkan dalam interval 10 kN (1 ton) bila diambil dari survai beban. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut :

JSKN = JSKNH x 365 x R x C .....(2.68)

Dengan pengertian :

JSKN : Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana .

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

R : Faktor pertumbuhan komulatif dari Rumus (5) atauTabel 3 atau Rumus (6), yang besarnya tergantung dari pertumbuhan lalu lintas tahunan dan umur rencana.

C : Koefisien distribusi kendaraan

e. Faktor keamanan beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (FKB). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya berbagai tingkat realibilitas perencanaan seperti telihat pada Tabel 2.27.

Tabel 2.27 Faktor Keamanan Beban (FKB)

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

(Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Pd T-14-2003)

5. Bahu

Bahu dapat terbuat dari bahan lapisan pondasi bawah dengan atau tanpa lapisan penutup beraspal atau lapisan beton semen. Perbedaan kekuatan antara bahu dengan jalur lalu-lintas akan memberikan pengaruh pada kinerja perkerasan. Hal tersebut dapat diatasi dengan bahu beton semen, sehingga akan meningkatkan kinerja perkerasan dan mengurangi tebal pelat yang dimaksud dengan bahu beton semen dalam pedoman ini adalah bahu yang dikunci dan diikatkan dengan lajur lalu-lintas dengan lebar minimum 1,50 m, atau bahu yang menyatu dengan lajur lalu-lintas selebar 0,60 m, yang juga dapat mencakup saluran dan kereb.

6. Sambungan

Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk :

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

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan antara lain :

- Sambungan memanjang
- Sambungan melintang
- Sambungan isolasi

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

a. Sambungan memanjang dengan batang pengikat (*tie bars*)

Pemasangan sambungan memanjang ditujukan untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang. Jarak antar sambungan memanjang sekitar 3-4 m. Sambungan memanjang harus dilengkapi dengan batang ulir dengan mutu minimum BJTU-24 dan berdiameter 16 mm. Ukuran batang pengikat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$At = 204 \times b \times h$ dan

$l = (38{,}3 \times \varphi) + 75$ .....(2.69)

Dengan pengertian :

At = Luas penampang tulangan per meter panjang sambungan (mm2 =).

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

h = Tebal pelat (m).

l = Panjang batang pengikat (mm).

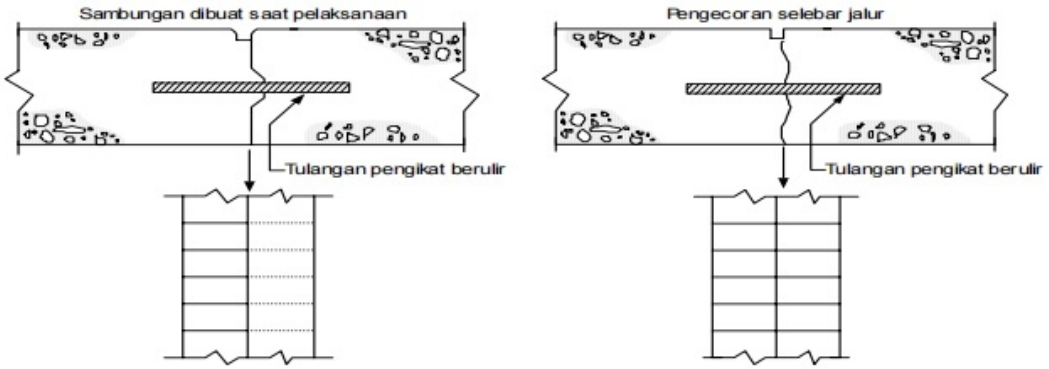
φ = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm).

Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm.

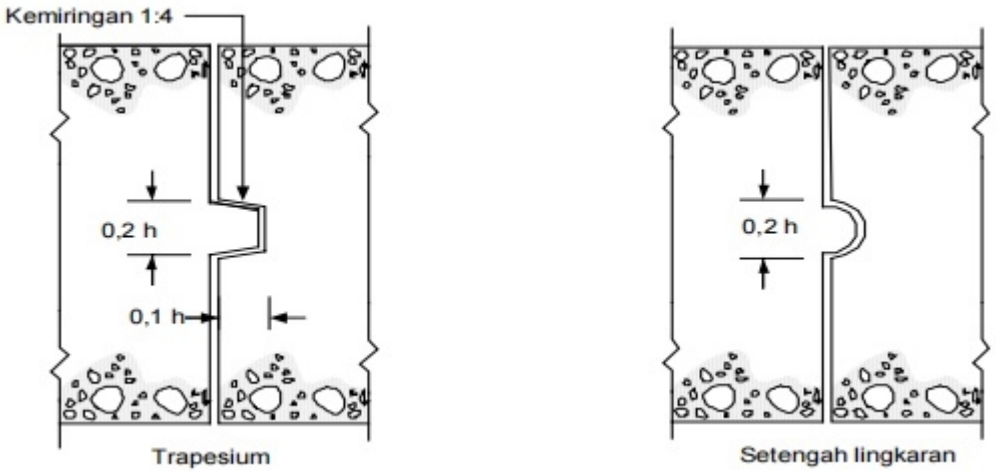
Tipikal sambungan memanjang diperlihatkan pada Gambar 2.25

b. Sambungan pelaksanaan memanjang

Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dilakukan dengan cara penguncian. Bentuk dan ukuran penguncian dapat berbentuk trapesium atau setengah lingkaran sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 2.26.



Gambar 2.28 Tipikal Sambungan Memanjang



Gambar 2.29 Ukuran Standar Penguncian Sambungan Memanjang

Sebelum penghamparan pelat beton di sebelahnya, permukaan sambungan pelaksanaan harus dicat dengan aspal atau kapur tembok untuk mencegah terjadinya ikatan beton lama dengan yang baru.

c. Sambungan susut memanjang

Sambungan susut memanjang dapat dilakukan dengan salah satu dari dua cara ini, yaitu menggergaji atau membentuk pada saat beton masih plastis dengan kedalaman sepertiga dari tebal pelat.

d. Sambungan susut dan sambungan pelaksanaan melintang

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

e. Sambungan susut melintang

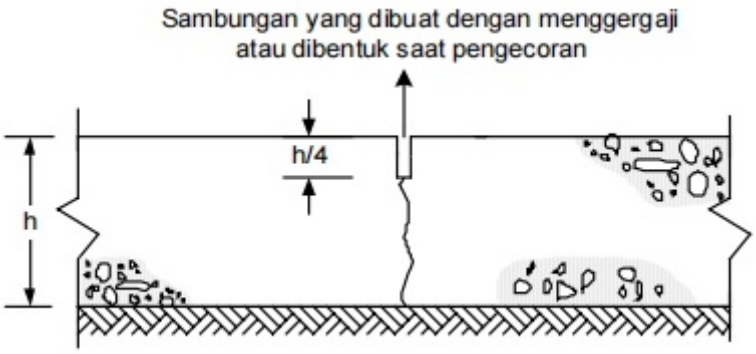
Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 6 dan 7. Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4 - 5 m, sedangkan untuk perkerasan beton bersambung dengan tulangan 8 - 15 m dan untuk sambungan perkerasan beton menerus dengan tulangan sesuai dengan kemampuan pelaksanaan.

Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas pada saat pelat beton menyusut. Setengah panjang ruji polos harus dicat atau dilumuri dengan bahan anti lengket untuk menjamin tidak ada ikatan dengan beton.

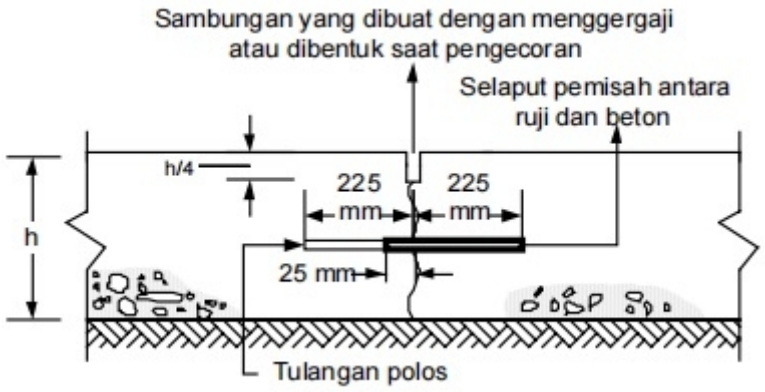
Tabel 2.28 Diameter Ruji

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

(Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Pd T-14-2003)



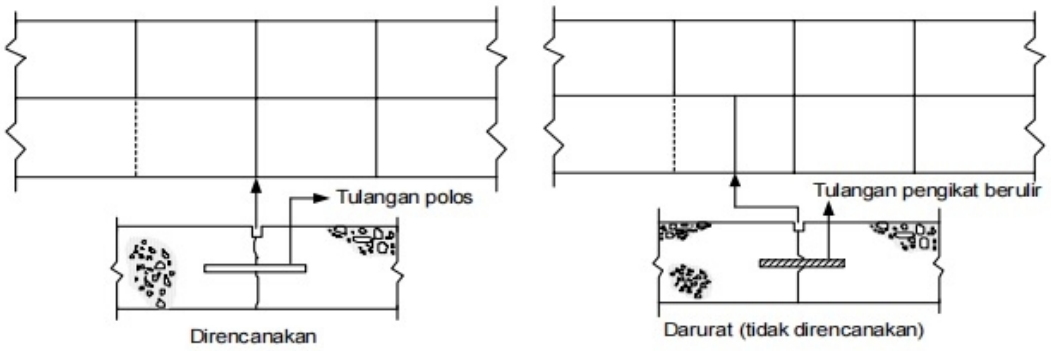
Gambar 2.30 Sambungan Susut Melintang Tanpa Ruji



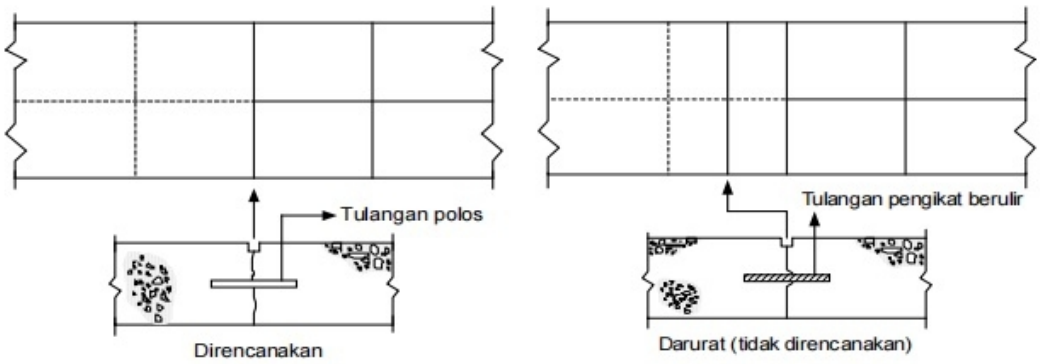
Gambar 2.31 Sambungan Susut Melintang Dengan Ruji

f. Sambungan pelaksanaan melintang

Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak direncanakan (darurat) harus menggunakan batang pengikat berulir, sedangkan pada sambungan yang direncanakan harus menggunakan batang tulangan polos yang diletakkan di tengah tebal pelat. Tipikal sambungan pelaksanaan melintang diperlihatkan pada Gambar 8 dan Gambar 9. Sambungan pelaksanaan tersebut di atas harus dilengkapi dengan batang pengikat berdiameter 16 mm, panjang 69 cm dan jarak 60 cm, untuk ketebalan pelat sampai 17 cm. Untuk ketebalan lebih dari 17 cm, ukuran batang pengikat berdiameter 20 mm, panjang 84 cm dan jarak 60 cm.



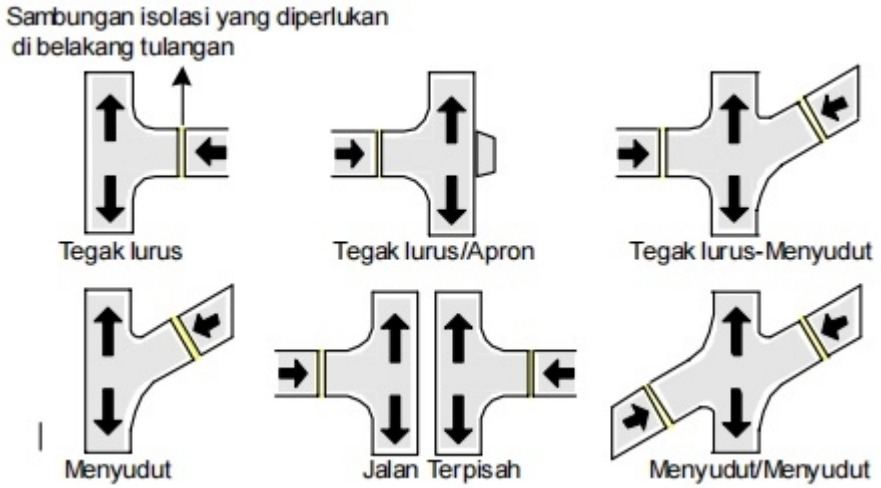
Gambar 2.32 Sambungan Pelaksanaan yang Direncanakan dan yang Tidak Direncanakan Untuk Pengecoran Per Lajur



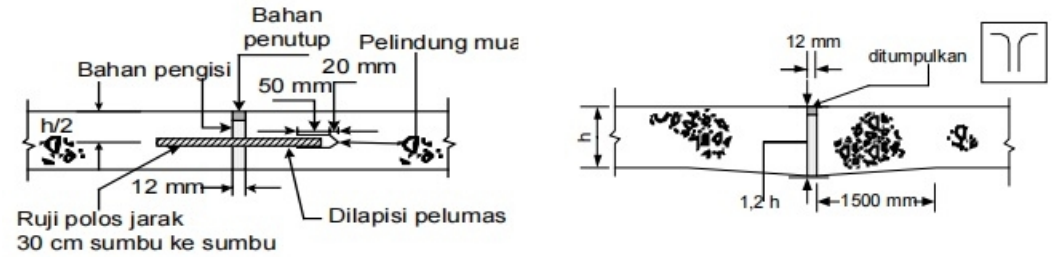
Gambar 2.33 Sambungan Pelaksanaan yang Direncanakan dan yang Tidak Direncanakan Untuk Pengecoran Seluruh Lebar Perkerasan

g. Sambungan isolasi

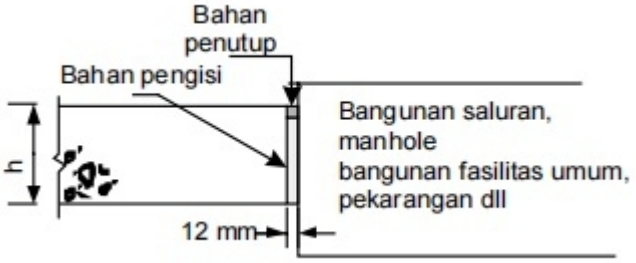
Sambungan isolasi memisahkan perkerasan dengan bangunan yang lain, misalnya *manhole*, jembatan, tiang listrik, jalan lama, persimpangan dan lain sebagainya. Contoh persimpangan yang membutuhkan sambungan isolasi diperlihatkan pada Gambar 2.31. Sambungan isolasi harus dilengkapi dengan bahan penutup (*joint sealer*) setebal 5 – 7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (*joint filler*) sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 2.32.



Gambar 2.34 Contoh Persimpangan yang Membutuhkan Sambungan Isolasi



a) SAMBUNGAN ISOLASI DENGAN RUJI b) SAMBUNGAN ISOLASI DENGAN PENEBALAN TEPI



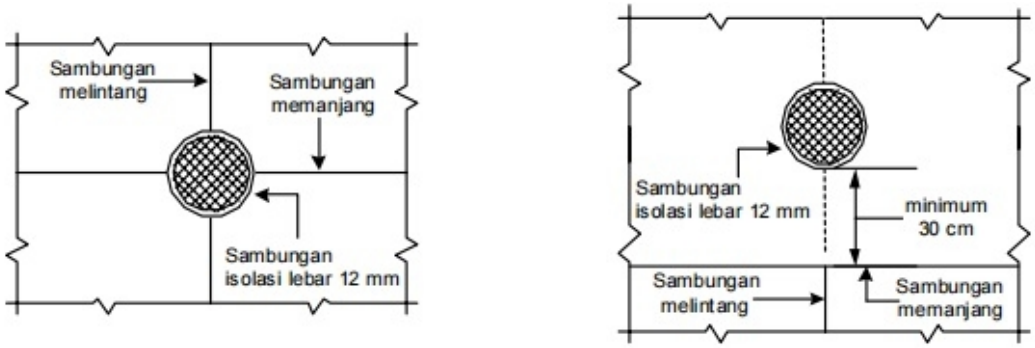
c) SAMBUNGAN ISOLASI TANPA RUJI

Gambar 2.35 Sambungan Isolasi

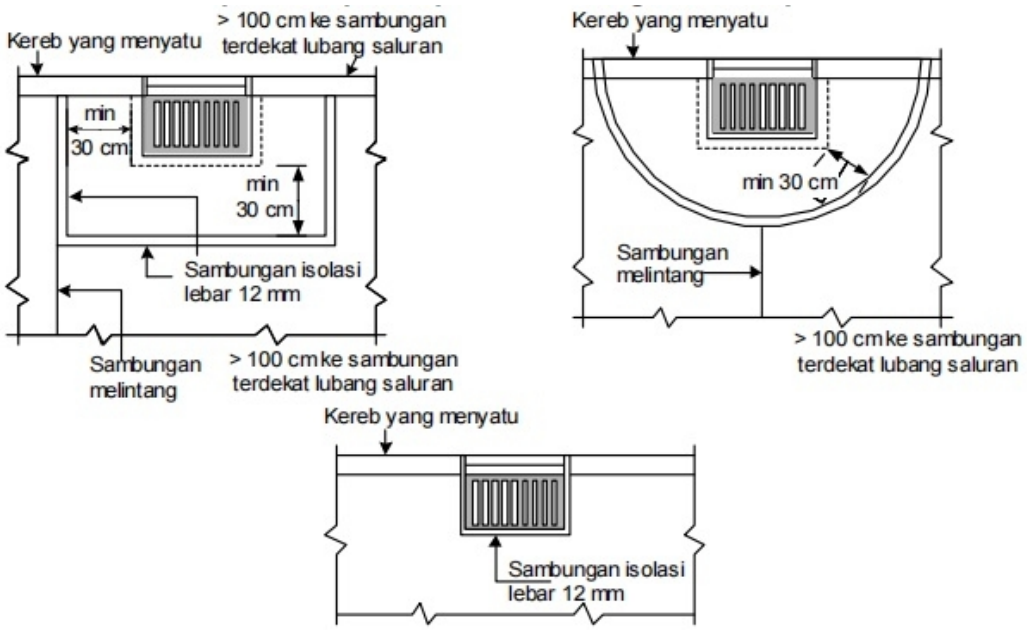
Sambungan isolasi yang digunakan pada bangunan lain, seperti jembatan perlu pemasangan ruji sebagai transfer beban. Pada ujung ruji harus dipasang pelindung muai agar ruji dapat bergerak bebas. Pelindung muai harus cukup panjang sehingga menutup ruji 50 mm dan masih mempunyai ruang bebas yang

cukup dengan panjang minimum lebar sambungan isolasi ditambah 6 mm seperti diperlihatkan pada Gambar 2.35a. Ukuran ruji dapat dilihat pada Tabel 2.27

Sambungan isolasi pada persimpangan dan ram tidak perlu diberi ruji tetapi diberikan penebalan tepi untuk mereduksi tegangan. Setiap tepi sambungan ditebalkan 20% dari tebal perkerasan sepanjang 1,5 meter seperti diperlihatkan pada Gambar 2.35b. Sambungan isolasi yang digunakan pada lubang masuk ke saluran, manhole, tiang listrik dan bangunan lain yang tidak memerlukan penebalan tepi dan ruji, ditempatkan di sekeliling bangunan tersebut sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 2.35c, 2.36 dan 2.37.



Gambar 2.36 Tampak Atas Penempatan Sambungan Isolasi Pada Manhole



Gambar 2.37 Tampak Atas Penempatan Sambungan Isolasi Pada Lubang Masuk Saluran

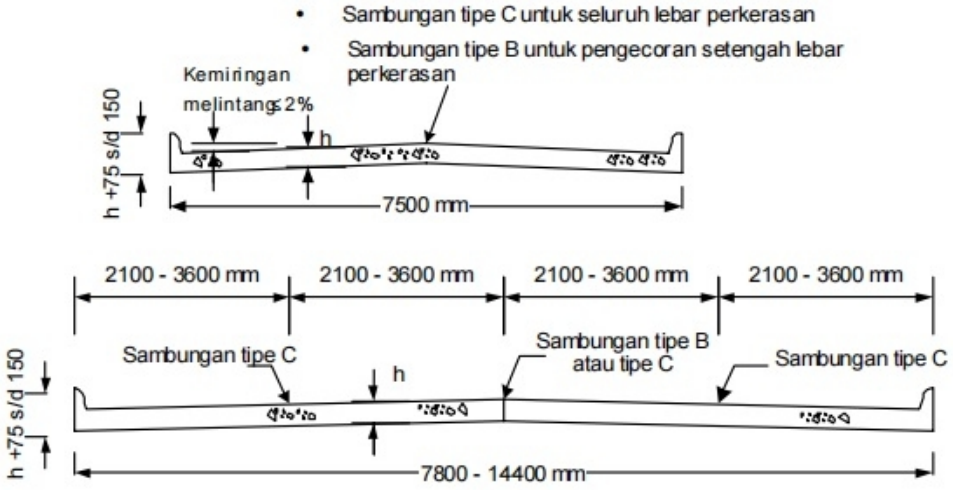
h. Pola sambungan

Pola sambungan pada perkerasan beton semen harus mengikuti batasan-batasan sebagai berikut :

- Hindari bentuk panel yang tidak teratur. Usahakan bentuk panel sepersegi mungkin. Perbandingan maksimum panjang panel terhadap lebar adalah 1,25.
- Jarak maksimum sambungan memanjang 3 - 4 meter.
- Jarak maksimum sambungan melintang 25 kali tebal pelat, maksimum 5,0 meter.
- Semua sambungan susut harus menerus sampai kerb dan mempunyai kedalaman seperempat dan sepertiga dari tebal perkerasan masing-masing untuk lapis pondasi berbutir dan lapis stabilisasi semen.
- Antar sambungan harus bertemu pada satu titik untuk menghindari terjadinya retak refleksi pada lajur yang bersebelahan.
- Sudut antar sambungan yang lebih kecil dari 60 derajat harus dihindari dengan mengatur 0,5 m panjang terakhir dibuat tegak lurus terhadap tepi perkerasan.
- Apabila sambungan berada dalam area 1,5 meter dengan manhole atau bangunan yang lain, jarak sambungan harus diatur sedemikian rupa sehingga antara sambungan dengan manhole atau bangunan yang lain tersebut membentuk sudut tegak lurus. Hal tersebut berlaku untuk bangunan yang berbentuk bundar. Untuk bangunan berbentuk segi empat, sambungan harus berada pada sudutnya atau di antara dua sudut.
- Semua bangunan lain seperti *manhole* harus dipisahkan dari perkerasan dengan sambungan muai selebar 12 mm yang meliputi keseluruhan tebal pelat.
- Perkerasan yang berdekatan dengan bangunan lain atau *manhole* harus ditebalkan 20% dari ketebalan normal dan berangsur-angsur berkurang sampai ketebalan normal sepanjang 1,5 meter seperti diperlihatkan pada Gambar 2.35b.
- Panel yang tidak persegi empat dan yang mengelilingi manhole harus diberi tulangan berbentuk anyaman sebesar 0,15% terhadap penampang beton

semen dan dipasang 5 cm di bawah permukaan atas. Tulangan harus dihentikan 7,5 cm dari sambungan.

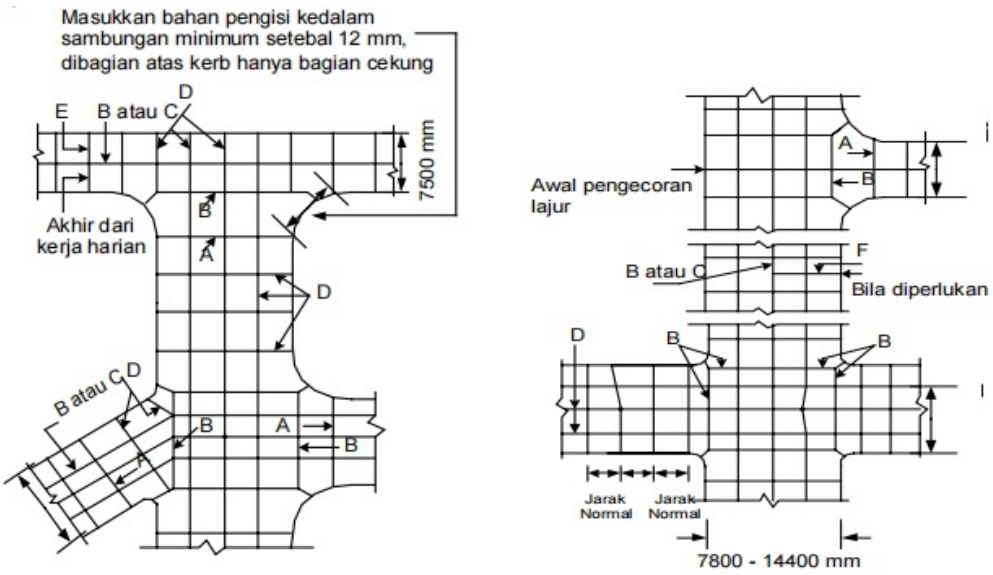
Tipikal pola sambungan diperlihatkan pada Gambar 2.38 dan 2.39.



Gambar 2.38 Potongan Melintang Perkerasan dan Lokasi Sambungan

i. Penutup sambungan

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



Gambar 2.39 Detail Potongan Melintang Sambungan Perkerasan

Keterangan Gambar 2.38 dan 2.39 :

A = Sambungan isolasi

B = Sambungan pelaksanaan memanjang

C = Sambungan susut memanjang

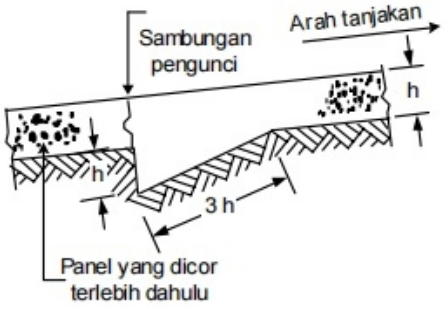
D = Sambungan susut melintang

E = Sambungan susut melintang yang direncanakan

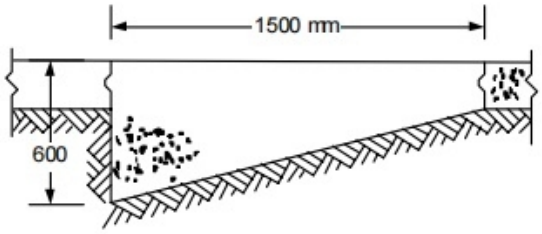
F = Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak direncanakan

2.9.3 Perkerasan Beton Semen Untuk Kelandaian Yang Curam

Untuk jalan dengan kemiringan memanjang yang lebih besar dari 3%, perencanaan serta prosedur mengacu pada Butir 6 dan harus ditambah dengan angker panel (*panel anchored*) dan angker blok (*anchor block*). Jalan dengan kondisi ini harus dilengkapi dengan angker yang melintang untuk keseluruhan lebar pelat sebagaimana diuraikan pada Tabel 2.29 dan diperlihatkan pada Gambar 2.37 dan 2.38.



Gambar 2.40 Angker Panel



Gambar 2.41 Angker Blok

Tabel 2.29 Penggunaan Angker Panel Dan Angker Blok Pada Jalan Dengan Kemiringan Memanjang yang Curam

Kemiringan (%)	Angker Panel	Angker blok
3 - 6	Setiap panel ketiga	Pada bagian awal kemiringan
6 - 10	Setiap panel kedua	Pada bagian awal kemiringan
> 10	Setiap panel	Pada bagian awal kemiringan dan pada setiap interval 30 meter berikutnya

(Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Pd T-14-2003)

2.9.4 Prosedur Perencanaan

Prosedur perencanaan perkerasan beton semen didasarkan atas dua model kerusakan yaitu :

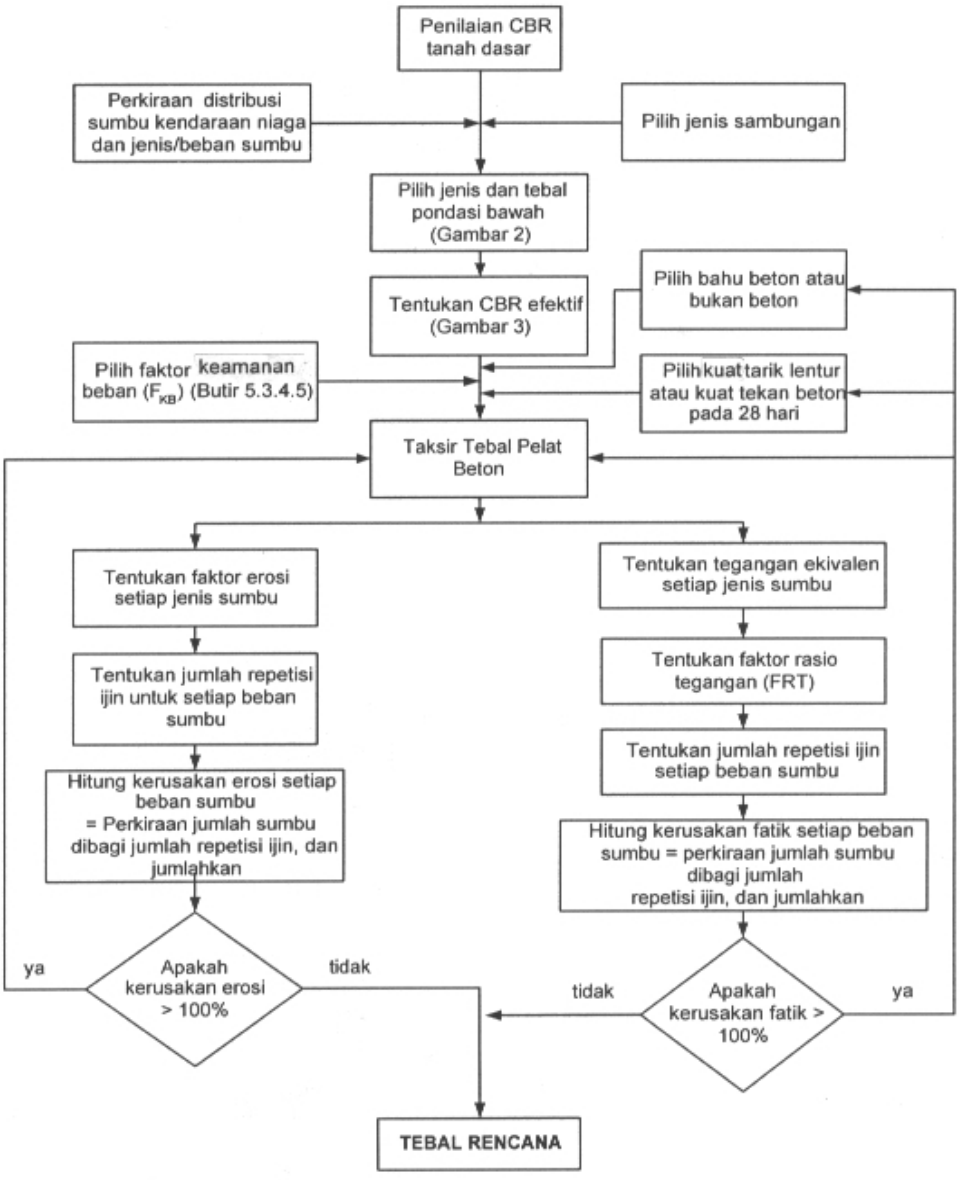
1) Retak fatik (lelah) tarik lentur pada pelat.
2) Erosi pada pondasi bawah atau tanah dasar yang diakibatkan oleh lendutan berulang pada sambungan dan tempat retak yang direncanakan.

Prosedur ini mempertimbangkan ada tidaknya ruji pada sambungan atau bahu beton. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan dianggap sebagai perkerasan bersambung yang dipasang ruji. Data lalu-lintas yang diperlukan adalah jenis sumbu dan distribusi beban serta jumlah repetisi masing-masing jenis sumbu/kombinasi beban yang diperkirakan selama umur rencana.

1. Perencanaan tebal pelat

Tebal pelat taksiran dipilih dan total fatik serta kerusakan erosi dihitung berdasarkan komposisi lalu-lintas selama umur rencana. Jika kerusakan fatik atau erosi lebih dari 100%, tebal taksiran dinaikan dan proses perencanaan diulangi.

Tebal rencana adalah tebal taksiran yang paling kecil yang mempunyai total fatik dan atau total kerusakan erosi lebih kecil atau sama dengan 100%. Langkah-langkah perencanaan tebal pelat diperlihatkan pada Gambar 2.39 dan Tabel 2.30.



Gambar 2.42 Sistem Perencanaan Perkerasan Beton Semen

Tabel 2.30 Langkah-Langkah Perencanaan Tebal Perkerasan Beton Semen

Langkah	Uraian Kegiatan
1	Pilih jenis perkerasan beton semen, bersambung tanpa ruji, bersambung dengan ruji, atau menerus dengan tulangan.
2	Tentukan apakah menggunakan bahu beton atau bukan.
3	Tentukan jenis dan tebal pondasi bawah berdasarkan nilai CBR rencana dan perkirakan jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana sesuai dengan Gambar 2
4	Tentukan CBR efektif bedasarkan nilai CBR rencana dan pondasi bawah yang dipilih sesuai dengan Gambar 3,
5	Pilih kuat tarik lentur atau kuat tekan beton pada umur 28 hari (fcf)
6	Pilih faktor keamanan beban lalu lintas (FKB)
7	Taksir tebal pelat beton (taksiran awal dengan tebal tertentu berdasarkan pengalaman atau menggunakan contoh yang tersedia atau dapat menggunakan Gambar 24 sampai dengan Gambar 31
8	Tentukan tegangan ekivalen (TE) dan faktor erosi (FE) untuk STRT dari Tabel 8 atau Tabel 9
9	Tentukan faktor rasio tegangan (FRT) dengan membagi tegangan ekivalen (TE) oleh kuat tarik-lentur (fcf).
10	Untuk setiap rentang beban kelompok sumbu tersebut, tentukan beban per roda dan kalikan dengan faktor keamanan beban (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 19 sampai Gambar 21
11	Dengan faktor rasio tegangan (FRT) dan beban rencana, tentukan jumlah repetisi ijin untuk fatik dari Gambar 19, yang dimulai dari beban roda tertinggi dari jenis sumbu STRT tersebut.
12	Hitung persentase dari repetisi fatik yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
13	Dengan menggunakan faktor erosi (FE), tentukan jumlah repetisi ijin untuk erosi, dari Gambar 20 atau 21.
14	Hitung persentase dari repetisi erosi yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
15	Ulangi langkah 11 sampai dengan 14 untuk setiap beban per roda pada sumbu tersebut sampai jumlah repetisi beban ijin yang terbaca pada Gambar 19 dan Gambar 20 atau Gambar 21 yang masing-masing menapai 10 juta dan 100 juta repetisi.
16	Hitung jumlah total fatik dengan menjumlahkan persentase fatik dari setiap beban roda pada STRT tersebut. Dengan cara yang sama hitung jumlah total erosi dari setiap beban roda pada STRT tersebut.
17	Ulangi langkah 8 sampai dengan langkah 16 untuk setiap jenis kelompok sumbu lainnya.
18	Hitung jumlah total kerusakan akibat fatik dan jumlah total kerusakan akibat erosi untuk seluruh jenis kelompok sumbu.
19	Ulangi langkah 7 sampai dengan langkah 18 hingga diperoleh ketebalan tertipis yang menghasilkan total kerusakan akibat fatik dan atau erosi ≤ 100%. Tebal tersebut sebagai tebal perkerasan beton semen yang direncanakan.

(Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Pd T-14-2003)

Tabel 2.31 Tegangan Ekivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Tanpa Bahu Beton

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
						Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
150	5	1,7	2,72	2,25	1,68	2,8	3,4	350	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	229	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	144	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	135	1,11	0,83	2,32	2,92	3,01	3,04	2,13	2,73	2,81	2,86
210	75	0,82	1,27	1,03	0,78	2,3	2,9	2,95	2,98	2,12	2,72	2,79	2,83

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

(Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Pd T-14-2003)

Tabel 2.31 Tegangan Ekivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Tanpa Bahu Beton (lanjutan)

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
						Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
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	70	1,16	1,01	0,76	2,13	2,73	2,91	2,95	1,92	2,52	2,66	2,78
250	35	0,68	1,11	0,95	0,71	2,12	2,71	2,87	2,91	1,91	2,51	2,64	2,74
250	50	0,65	1,06	0,89	0,67	2,1	2,7	2,83	2,88	1,9	2,5	2,61	2,7
250	75	0,63	0,99	0,82	0,61	2,08	2,69	2,79	2,83	1,89	2,49	2,59	2,65
260	5	0,73	1,26	1,18	0,9	2,13	2,73	2,99	3,03	1,89	2,49	2,69	2,87
260	10	0,7	1,18	1,08	0,82	2,11	2,71	2,93	2,98	1,88	2,48	2,66	2,81
260	15	0,68	1,15	1,03	0,78	2,1	2,7	2,9	2,95	1,88	2,48	2,64	2,78
260	20	0,67	1,12	1	0,75	2,09	2,69	2,89	2,93	1,87	2,47	2,63	2,76
260	25	0,66	1,1	0,97	0,73	2,08	2,69	2,87	2,91	1,87	2,47	2,62	2,74
260	35	0,64	1,05	0,91	0,68	2,07	2,68	2,83	2,87	1,86	2,46	2,59	2,7
260	50	0,61	1	0,85	0,64	2,05	2,65	2,8	2,84	1,85	2,45	2,56	2,67
260	75	0,59	0,95	0,78	0,58	2,03	2,64	2,75	2,78	1,84	2,44	2,54	2,61
270	5	0,68	1,19	1,13	0,87	2,09	2,69	2,95	3	1,84	2,44	2,65	2,83
270	10	0,66	1,12	1,03	0,79	2,07	2,67	2,9	2,94	1,83	2,43	2,62	2,78
270	15	0,64	1,09	0,98	0,75	2,06	2,66	2,87	2,91	1,83	2,43	2,6	2,75
270	20	0,63	1,06	0,96	0,72	2,05	2,65	2,85	2,9	1,82	2,42	2,59	2,73
270	25	0,62	1,04	0,93	0,7	2,04	2,64	2,83	2,88	1,82	2,42	2,58	2,71
270	35	0,6	0,99	0,87	0,65	2,02	2,63	2,79	2,84	1,81	2,41	2,55	2,67
270	50	0,58	0,95	0,81	0,61	2	2,61	2,76	2,8	1,8	2,4	2,52	2,63
270	75	0,56	0,89	0,74	0,57	1,99	2,59	2,7	2,75	1,79	2,39	2,5	2,58
280	5	0,65	1,13	1,08	0,83	2,05	2,65	2,92	2,97	1,8	2,4	2,62	2,8
280	10	0,62	1,06	0,99	0,75	2,03	2,63	2,86	2,91	1,79	2,39	2,58	2,74
280	15	0,6	1,03	0,94	0,72	2,01	2,62	2,83	2,88	1,78	2,38	2,56	2,71
280	20	0,6	1,01	0,92	0,69	2	2,61	2,82	2,87	1,77	2,37	2,55	2,7
280	25	0,59	0,99	0,89	0,67	1,99	2,6	2,8	2,85	1,77	2,37	2,54	2,68
280	35	0,57	0,94	0,83	0,62	1,97	2,58	2,76	2,81	1,76	2,36	2,51	2,64
280	50	0,55	0,9	0,78	0,59	1,96	2,56	2,72	2,77	1,75	2,35	2,48	2,6
280	75	0,53	0,86	0,71	0,53	1,94	2,55	2,68	2,72	1,74	2,34	2,46	2,55

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

(Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Pd T-14-2003)

Tabel 2.31 Tegangan Ekivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Tanpa Bahu Beton (lanjutan)

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
						Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
290	5	0,61	1,08	1,04	0,8	2,01	2,61	2,89	2,93	1,75	2,35	2,58	2,77
290	10	0,59	1,01	0,95	0,73	1,99	2,59	2,83	2,88	1,74	2,34	2,54	2,71
290	15	0,58	0,98	0,9	0,7	1,97	2,58	2,8	2,85	1,74	2,34	2,52	2,68
290	20	0,57	0,96	0,88	0,67	1,96	0,2	2,79	2,83	1,73	2,33	2,51	2,67
290	25	0,56	0,94	0,85	0,65	1,95	2,56	2,77	2,81	1,73	2,33	2,5	2,65
290	35	0,54	90	80	60	1,93	2,54	2,73	2,77	1,72	2,32	2,47	2,61
290	50	0,52	86	75	56	1,92	2,52	2,69	2,74	1,71	2,31	2,44	2,56
290	75	0,5	0,81	0,68	0,52	1,9	2,5	2,64	2,68	1,7	2,3	2,42	2,51
300	5	0,58	1,03	1	0,77	1,97	2,57	2,86	2,9	1,71	2,31	2,55	2,74
300	10	0,56	0,97	0,91	0,7	1,95	2,55	2,8	2,85	1,7	2,3	2,51	2,68
300	15	0,55	0,94	0,87	0,67	1,93	2,54	2,77	2,82	1,69	2,3	2,49	2,65
300	20	0,54	0,92	0,85	0,65	1,92	2,53	2,76	2,8	1,68	2,29	2,48	2,64
300	25	0,53	0,9	0,82	0,63	1,91	2,52	2,74	2,78	1,68	2,29	2,46	2,62
300	35	0,51	0,86	0,77	0,58	1,89	2,5	2,7	2,74	1,67	2,28	2,43	2,58
300	50	0,49	0,82	0,72	0,54	1,88	2,48	2,66	2,7	1,66	2,26	2,41	2,53
300	75	0,47	0,78	0,65	0,5	1,86	2,46	2,61	2,65	1,65	2,26	2,37	2,48
310	5	0,55	0,98	0,97	0,74	1,94	2,54	2,83	2,88	1,67	2,27	2,51	2,71
310	10	0,53	0,92	0,89	0,68	1,91	2,51	2,77	2,82	166	2,26	2,47	2,65
310	15	0,52	0,89	0,84	0,65	1,89	2,49	1,65	2,79	1,65	2,25	2,45	2,62
310	20	0,51	0,88	0,82	0,63	1,89	2,49	1,64	2,77	1,64	2,24	2,44	2,61
310	25	0,5	0,86	0,79	0,6	1,88	2,48	1,64	2,75	1,64	2,24	2,43	2,592
310	35	0,49	0,82	0,74	0,55	1,86	2,46	1,63	2,71	1,63	223	2,4	2,55
310	50	0,47	0,78	0,69	0,51	1,84	2,44	1,62	2,67	1,62	2,22	2,37	2,5
310	75	0,45	0,74	0,63	0,48	1,82	2,42	2,58	2,62	1,61	2,21	2,34	2,45
320	5	0,53	0,94	0,93	0,71	1,9	2,5	2,8	2,85	1,63	2,23	2,48	2,69
320	10	0,51	0,88	0,85	0,65	1,87	2,48	2,74	2,79	1,62	2,22	2,44	2,63
320	15	0,5	0,85	0,81	0,62	1,85	2,46	2,71	2,76	1,61	2,21	2,42	2,6
320	20	0,49	0,84	0,79	0,6	1,85	2,45	2,7	2,74	1,6	2,2	2,41	2,58
320	25	0,48	0,82	0,76	0,58	1,84	2,44	2,68	2,72	1,6	2,2	2,4	2,56
320	35	0,46	0,78	0,71	0,54	1,82	2,42	2,64	2,68	159	219	2,37	2,52
320	50	0,44	0,75	0,67	0,51	1,8	2,4	2,6	2,64	158	218	2,33	2,47
320	75	0,43	0,71	0,61	0,45	1,78	2,38	2,55	2,59	1,57	2,17	2,31	2,42
330	5	0,5	0,9	0,9	0,69	1,87	2,47	2,78	2,82	1,59	2,19	2,45	2,66
330	10	0,48	0,85	0,82	0,63	1,84	2,44	2,72	2,76	1,58	2,18	2,41	2,6
330	15	0,47	0,82	0,79	0,6	1,82	2,42	2,69	2,73	1,57	2,17	2,39	2,57
330	20	0,46	0,8	0,76	0,58	1,81	2,42	2,67	2,72	1,56	2,16	2,38	2,55
330	25	0,46	0,78	0,74	0,56	1,8	2,41	2,65	2,7	1,56	2,16	2,36	2,53
330	35	45	0,74	0,69	0,52	1,78	2,39	2,61	2,66	1,55	2,15	2,33	2,49
330	50	0,42	0,71	0,64	48	1,76	2,36	2,57	2,62	1,54	2,14	2,3	2,45
330	75	0,41	0,68	0,59	0,45	1,74	2,35	2,52	2,57	1,53	2,13	2,28	2,4
340	5	0,48	0,86	0,87	0,65	1,84	2,44	2,75	2,79	1,55	2,15	2,42	2,63
340	10	0,46	0,8	0,79	0,61	1,81	2,41	2,69	2,74	1,54	2,14	2,38	2,57
340	15	0,45	0,78	0,76	0,58	1,79	2,39	2,66	2,71	1,53	2,14	2,36	2,54
340	20	0,44	0,77	0,73	0,57	1,78	2,38	2,64	2,69	1,52	2,13	2,35	2,52
340	25	0,44	0,75	0,71	0,55	1,77	2,37	2,62	2,67	1,52	2,12	2,33	2,5
340	35	0,43	0,72	0,66	0,51	1,75	2,35	2,58	2,63	1,51	2,11	2,3	2,46
340	50	0,4	0,68	0,62	0,47	1,73	2,33	2,54	2,59	1,5	2,1	2,27	2,42
340	75	0,39	0,65	0,56	0,43	1,71	2,31	2,49	2,54	1,49	2,09	2,24	2,37
350	5	0,46	0,83	0,85	0,63	1,8	2,41	2,72	2,77	1,51	2,11	2,39	2,61
350	10	0,44	0,78	0,77	0,59	1,77	2,38	2,67	2,71	1,5	2,1	2,35	2,55
350	15	0,43	0,75	0,74	0,56	1,75	2,36	2,64	268	1,5	2,1	2,33	2,52
350	20	0,42	0,74	0,71	0,55	1,75	2,35	2,62	2,66	1,49	2,09	2,32	2,5
350	25	0,42	0,72	0,69	0,53	1,74	2,34	2,6	2,64	1,49	2,09	2,3	2,48
350	35	0,41	0,69	0,64	0,49	1,72	2,32	2,56	2,6	1,48	2,08	2,27	2,44
350	50	0,39	0,65	0,6	0,46	1,69	2,29	2,52	2,56	1,46	2,07	2,24	2,39
350	75	0,37	0,62	0,54	0,42	1,67	2,28	2,47	2,51	1,46	2,06	2,21	2,34

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

(Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Pd T-14-2003)

Tabel 2.32 Tegangan Ekivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Dengan Bahu Beton

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

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

(Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Pd T-14-2003)

Tabel 2.32 Tegangan Ekivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Dengan Bahu Beton (lanjutan)

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
						Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
220	5	0,79	1,3	1,13	0,87	1,91	2,51	2,67	2,72	168	2,29	2,44	2,54
220	10	0,77	1,22	1,05	0,81	1,89	2,49	2,61	2,64	1,66	2,27	2,38	2,46
220	15	0,76	1,19	1,02	0,79	1,88	2,48	2,58	2,61	1,66	2,26	2,35	2,42
220	20	0,75	1,17	0,99	0,78	1,87	2,47	2,56	2,58	1,65	2,25	2,33	2,39
220	25	0,74	1,15	0,97	0,76	1,86	2,46	2,54	2,56	1,64	2,24	2,31	2,37
220	35	0,72	1,11	0,92	0,73	1,85	2,45	2,5	2,52	1,62	2,22	2,27	2,32
220	50	0,71	1,06	0,88	0,71	1,83	2,43	2,47	2,48	1,6	2,2	2,23	2,26
220	75	0,7	1,01	0,85	0,69	1,81	2,41	2,41	2,41	1,58	2,18	2,18	2,19
230	5	0,74	1,22	1,08	0,82	1,86	2,46	2,63	2,69	1,63	2,23	2,4	2,5
230	10	0,72	1,15	1	0,77	1,84	2,44	2,57	2,61	1,61	2,21	2,34	2,42
230	15	0,71	1,12	0,97	0,75	1,83	2,43	2,54	2,58	1,6	2,21	2,31	2,39
230	20	0,7	1,1	0,94	0,74	1,82	2,42	2,52	2,55	1,59	2,2	2,29	2,36
230	25	0,69	1,08	0,92	0,72	1,81	2,41	2,5	2,53	1,58	2,19	2,27	2,34
230	35	0,68	1,04	0,87	0,69	1,8	2,4	2,46	2,48	1,56	2,17	2,23	2,28
230	50	0,67	1	0,83	0,67	1,78	2,38	2,43	2,44	1,54	2,15	2,19	2,22
230	75	0,66	0,96	0,8	0,65	1,76	2,36	2,37	2,37	1,53	2,13	2,12	2,16
240	5	0,69	1,16	1,02	0,78	1,81	2,41	2,6	2,66	1,58	2,18	2,36	2,47
240	10	0,67	1,09	0,95	0,72	1,79	2,39	2,54	2,58	1,56	2,17	2,3	2,39
240	15	0,66	1,06	0,92	0,7	1,78	2,38	2,51	2,55	1,55	2,15	2,27	2,36
240	20	0,65	1,04	0,89	0,69	1,77	2,37	2,49	2,52	1,54	2,14	2,25	2,33
240	25	0,65	1,02	0,87	0,68	1,76	2,36	2,47	2,5	1,53	2,13	2,23	2,31
240	35	0,64	0,98	0,83	0,66	1,75	2,35	2,43	2,45	1,51	2,11	2,19	2,25
240	50	0,63	0,95	0,79	0,63	1,73	2,33	2,39	2,41	1,49	2,1	2,15	2,19
240	75	0,62	0,89	0,76	0,61	1,71	2,31	2,34	2,34	1,48	2,08	2,1	2,13
250	5	0,65	1,09	0,98	0,73	1,77	2,37	2,56	2,63	1,54	2,14	2,32	2,45
250	10	0,63	1,03	0,9	0,69	1,74	2,35	2,5	2,55	1,52	2,12	2,26	2,37
250	15	0,62	1	0,87	0,67	1,73	2,34	2,47	2,52	1,5	2,11	2,23	2,33
250	20	0,61	0,99	0,85	0,66	1,72	2,33	2,45	2,49	1,49	2,1	2,22	2,3
250	25	0,61	0,97	0,83	0,64	1,72	2,32	243	2,47	1,48	2,09	2,2	2,28
250	35	0,6	0,93	0,79	0,61	1,71	2,3	2,39	2,42	1,4	2,07	2,16	2,22
250	50	0,59	0,9	0,75	0,59	1,68	2,28	2,36	2,38	1,44	2,05	2,11	2,16
250	75	0,58	0,86	0,72	0,57	1,66	2,27	2,3	2,31	1,43	2,03	2,06	2,1
260	5	0,61	1,04	0,93	0,71	1,72	2,33	2,53	2,61	1,49	2,09	2,29	2,42
260	10	0,6	0,98	0,86	0,66	1,7	2,3	2,47	2,53	1,47	2,07	2,23	2,34
260	15	0,59	0,95	0,83	0,63	1,69	2,28	2,44	2,49	1,46	2,06	2,2	2,3
260	20	0,58	0,94	0,81	0,62	1,68	2,28	2,42	2,46	1,45	2,05	2,18	2,28
260	25	0,57	0,92	0,79	0,61	1,67	2,27	2,4	2,44	1,44	2,04	2,16	2,25
260	35	0,56	0,88	0,75	0,59	1,66	2,26	2,36	2,39	1,42	2,02	2,12	2,19
260	50	0,56	0,85	0,71	0,56	1,64	2,24	2,32	2,35	1,4	2	2,08	2,13
260	75	0,55	0,81	0,68	0,54	1,62	2,22	2,27	2,28	1,38	1,98	2,01	2,06
270	5	0,57	0,99	0,89	0,66	1,68	2,28	2,5	2,58	1,45	2,05	2,25	2,39
270	10	0,55	0,93	0,83	0,62	1,66	2,26	2,44	2,5	1,43	2,03	2,2	2,31
270	15	0,55	0,9	0,8	0,6	1,65	2,25	2,41	2,47	1,41	2,02	2,17	2,27
270	20	0,54	0,89	0,78	0,59	1,64	2,24	2,39	2,44	1,4	2,01	2,15	2,25
270	25	0,54	0,87	0,76	0,58	1,63	2,23	2,37	2,42	1,39	2	2,13	2,22
270	35	0,53	0,84	0,72	0,56	1,61	2,22	2,33	2,37	1,37	1,98	2,09	2,16
270	50	0,53	0,8	0,68	0,53	1,59	2,2	2,29	2,32	1,35	1,96	2,04	2,11
270	75	0,52	0,77	0,65	0,52	1,58	2,18	2,24	2,25	1,34	1,94	1,99	2,03
280	5	0,54	0,94	0,86	0,63	1,64	2,25	2,48	2,56	1,4	2,01	2,22	2,37
280	10	0,52	0,89	0,79	0,6	1,62	2,22	2,41	2,48	1,38	1,99	2,16	2,29
280	15	0,52	0,86	0,76	0,58	1,61	2,2	2,38	2,44	1,37	1,97	2,13	2,25
280	20	0,51	0,85	0,74	0,57	1,6	2,2	2,36	2,42	1,36	1,96	2,12	2,22
280	25	0,51	0,83	0,73	0,56	1,59	2,19	2,34	2,39	1,35	1,95	2,1	2,2
280	35	0,5	0,8	0,69	0,54	1,57	2,18	2,3	2,34	1,33	1,93	2,06	2,14
280	50	0,5	0,76	0,66	0,51	1,55	2,16	2,26	2,29	1,31	1,91	2,01	2,08
280	75	0,49	0,74	0,62	0,49	1,54	2,14	2,21	2,22	1,29	1,89	1,96	2

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

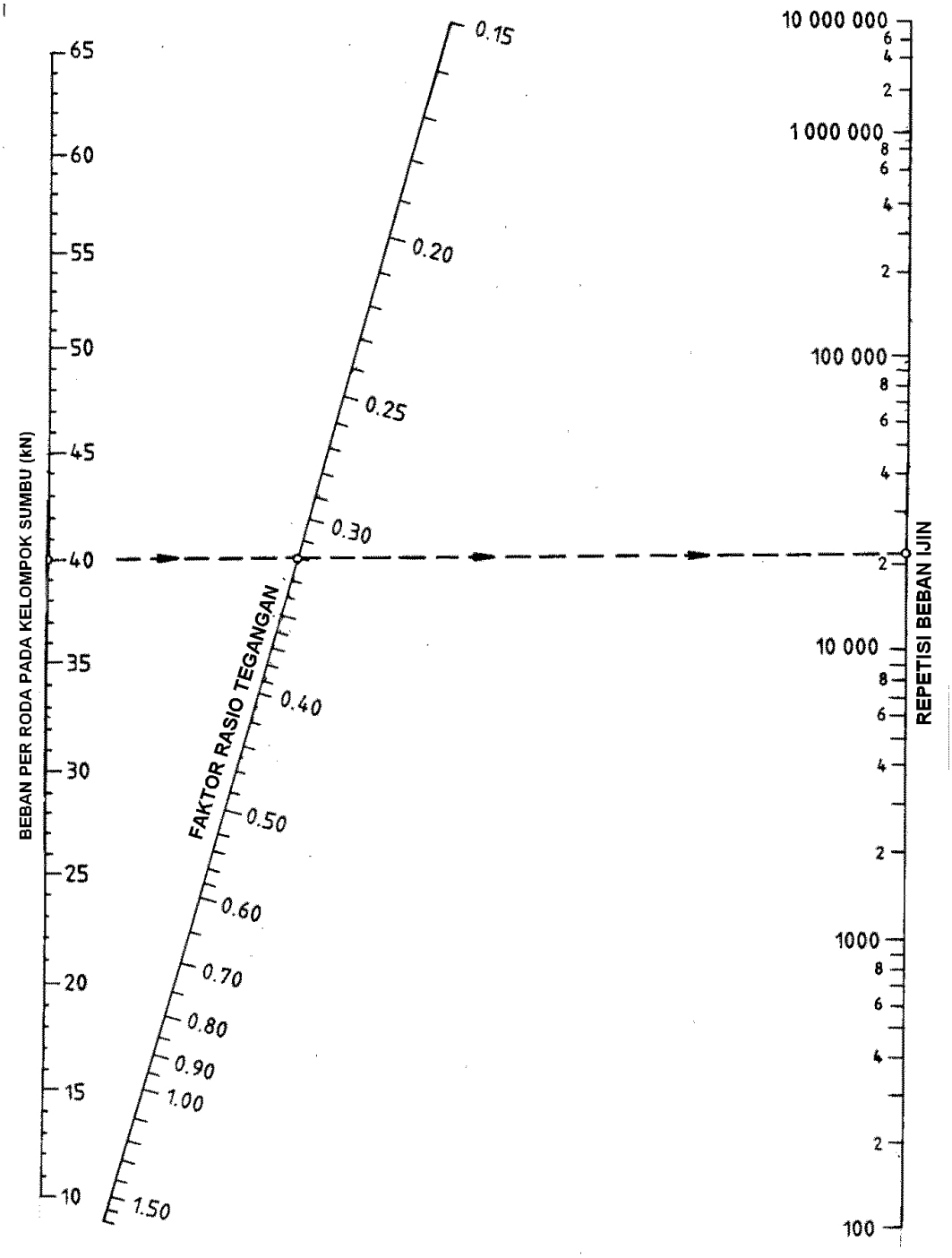
(Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Pd T-14-2003)

Tabel 2.32 Tegangan Ekivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Dengan Bahu Beton (lanjutan)

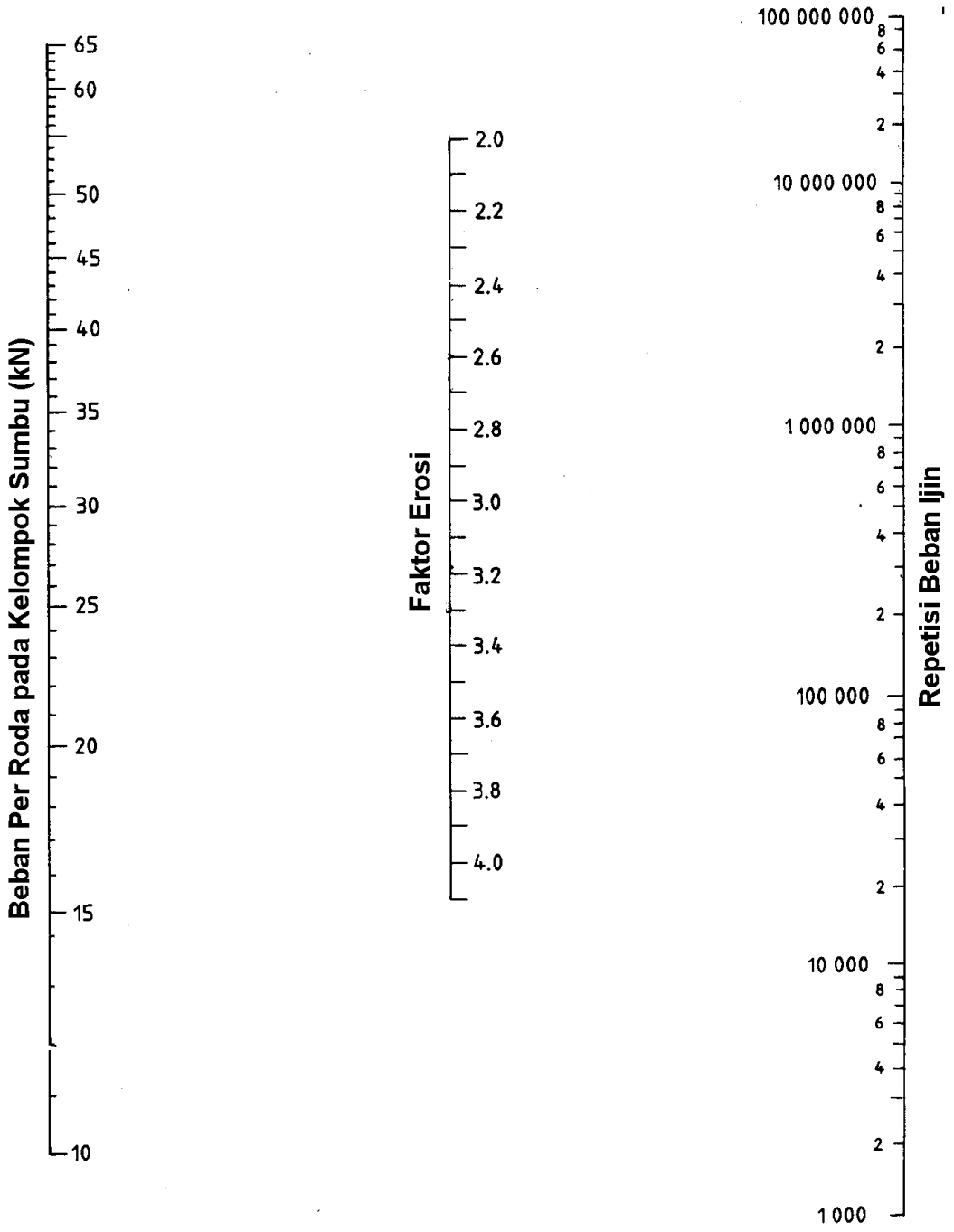
Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
						Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
290	5	0,51	0,9	0,82	0,6	1,61	2,21	2,45	2,54	1,36	1,97	2,19	2,34
290	10	0,5	0,85	0,76	0,57	1,58	2,18	2,39	2,46	1,34	1,94	2,13	2,26
290	15	0,5	0,82	0,73	0,55	1,56	2,16	2,36	2,42	1,33	1,92	2,1	2,22
290	20	0,49	0,81	0,72	0,54	1,56	2,16	2,34	2,39	1,32	1,92	2,08	2,2
290	25	0,49	0,79	0,7	0,53	1,55	2,15	2,32	2,37	1,31	1,91	2,06	2,17
290	35	0,48	0,76	0,66	0,51	1,53	2,14	2,28	2,32	1,29	1,89	2,02	2,11
290	50	0,47	0,73	0,63	0,49	1,51	2,12	2,23	2,27	1,27	1,87	1,98	2,05
290	75	0,47	0,7	0,6	0,47	1,5	2,1	2,18	2,19	1,25	1,85	1,93	1,98
300	5	0,49	0,86	0,79	58	157	2,17	2,42	2,52	1,32	1,93	2,16	2,32
300	10	0,48	0,81	0,73	0,55	1,55	2,15	2,36	2,44	1,3	1,91	2,1	2,24
300	15	0,47	0,78	0,7	0,53	1,53	2,14	2,33	2,4	1,29	1,89	2,07	2,2
300	20	0,46	0,77	0,69	0,52	1,52	2,13	2,31	2,37	1,28	1,88	2,05	2,18
300	25	0,48	0,76	0,67	0,51	1,51	2,12	2,29	2,35	1,27	1,87	2,03	2,15
300	35	0,46	0,73	0,64	0,49	1,49	2,1	2,25	2,3	1,25	1,85	1,99	2,09
300	50	0,45	0,7	0,6	0,46	1,48	2,08	2,2	2,24	1,23	1,83	1,95	2,03
300	75	0,45	0,67	0,57	0,45	1,46	2,06	2,15	2,17	1,21	1,81	1,9	1,95
310	5	0,46	0,81	0,76	0,55	1,54	2,14	2,4	2,5	1,29	1,89	2,13	2,3
310	10	0,4	0,77	0,7	0,52	1,51	2,11	2,33	2,42	1,27	1,87	2,07	2,22
310	15	0,45	0,75	0,68	0,5	1,49	2,09	2,3	2,38	1,25	1,86	2,04	2,18
310	20	0,44	0,74	0,66	0,5	1,49	2,09	2,28	2,35	1,24	1,85	2,03	2,15
310	25	0,44	0,72	0,64	0,49	1,48	2,08	2,26	2,33	1,23	1,84	2,01	2,13
310	35	0,43	0,69	0,61	0,47	1,48	2,06	2,22	2,28	1,21	1,82	1,97	2,07
310	50	0,43	0,67	0,58	0,44	1,44	2,04	2,18	2,22	1,19	1,79	1,92	2,01
310	75	0,42	0,63	0,54	0,43	1,42	2,02	2,13	2,15	1,17	1,77	1,87	1,93
320	5	0,44	0,78	0,74	0,53	1,5	2,11	2,37	2,48	1,25	1,85	2,1	2,27
320	10	0,43	0,74	0,68	0,5	1,48	2,08	2,31	2,4	1,23	1,83	2,05	2,19
320	15	0,43	0,72	0,65	0,48	1,46	2,06	2,28	2,36	1,22	1,82	2,02	2,15
320	20	0,42	0,71	0,64	0,48	1,45	2,06	2,26	2,33	1,21	1,81	2	2,13
320	25	0,42	0,69	0,62	0,47	1,44	2,05	2,24	2,31	1,2	1,8	1,98	2,1
320	35	0,41	0,66	0,59	0,45	1,42	2,03	2,2	2,26	1,18	1,78	1,94	2,04
320	50	0,41	0,64	0,55	0,43	1,41	2,01	2,15	2,2	1,15	1,76	1,89	1,98
320	75	0,41	0,62	0,53	0,41	1,39	1,99	2,1	2,12	1,13	1,74	1,84	1,91
330	5	0,42	0,74	0,71	0,51	1,47	2,07	2,35	2,46	1,22	1,82	2,07	2,25
330	10	0,41	0,71	0,65	0,48	1,44	2,05	2,29	2,38	1,19	1,79	2,02	2,17
330	15	0,41	0,69	0,63	0,46	1,42	2,03	2,26	2,34	1,17	1,77	1,99	2,13
330	20	0,4	0,68	0,62	0,46	1,42	2,02	2,24	2,31	1,17	1,77	1,97	2,11
330	25	0,4	0,67	0,6	0,45	1,41	2,01	2,21	2,29	1,16	1,76	1,95	2,08
330	35	0,39	0,64	0,57	0,43	1,39	1,99	2,17	2,24	1,14	1,74	1,91	2,02
330	50	0,39	0,61	0,53	0,41	1,37	1,97	2,13	2,18	1,12	1,72	1,87	1,96
330	75	0,39	0,59	0,51	0,39	1,35	1,95	2,06	2,1	1,1	1,7	1,8	188
340	5	0,4	0,71	0,69	0,49	1,44	2,04	2,33	2,44	1,18	1,78	2,05	2,23
340	10	0,39	0,68	0,64	0,47	1,41	2,02	2,26	2,36	1,16	1,76	1,99	2,15
340	15	0,39	0,66	0,61	0,45	1,39	2	2,23	2,32	1,15	1,75	1,96	2,11
340	20	0,38	0,65	0,6	0,44	1,39	1,99	2,21	2,29	1,14	1,74	1,94	2,09
340	25	0,38	0,64	0,58	0,43	1,38	1,98	2,19	2,27	1,13	1,73	1,92	2,06
340	35	0,37	0,62	0,55	0,41	1,36	1,96	2,15	2,22	1,11	1,71	1,88	2
340	50	0,37	0,59	0,52	0,39	1,34	1,94	2,1	2,16	1,08	1,69	1,84	1,94
340	75	0,37	0,57	0,49	0,38	1,32	1,92	2,05	2,08	1,06	1,67	1,79	186
350	5	0,38	0,69	0,67	0,47	1,41	2,01	2,31	2,43	1,15	1,75	2,02	2,21
350	10	0,37	0,65	0,62	0,45	1,38	1,98	2,24	2,35	1,13	1,73	1,97	2,13
350	15	0,37	0,63	0,59	0,44	1,36	1,96	2,21	2,3	1,11	1,71	1,94	2,09
350	20	0,36	0,62	0,58	0,43	1,36	1,96	2,19	2,28	1,1	1,7	1,92	2,07
350	25	0,36	0,61	0,56	0,42	1,35	1,95	2,17	2,25	1,09	1,69	1,9	2,04
350	35	0,36	0,59	0,53	0,4	1,33	1,93	2,13	2,19	1,07	1,67	1,86	1,98
350	50	0,36	0,57	0,5	0,38	1,31	1,91	2,08	2,14	1,05	1,65	1,81	1,92
350	75	0,35	0,55	0,47	0,36	1,29	1,89	2,03	2,06	1,03	1,63	1,76	1,84

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

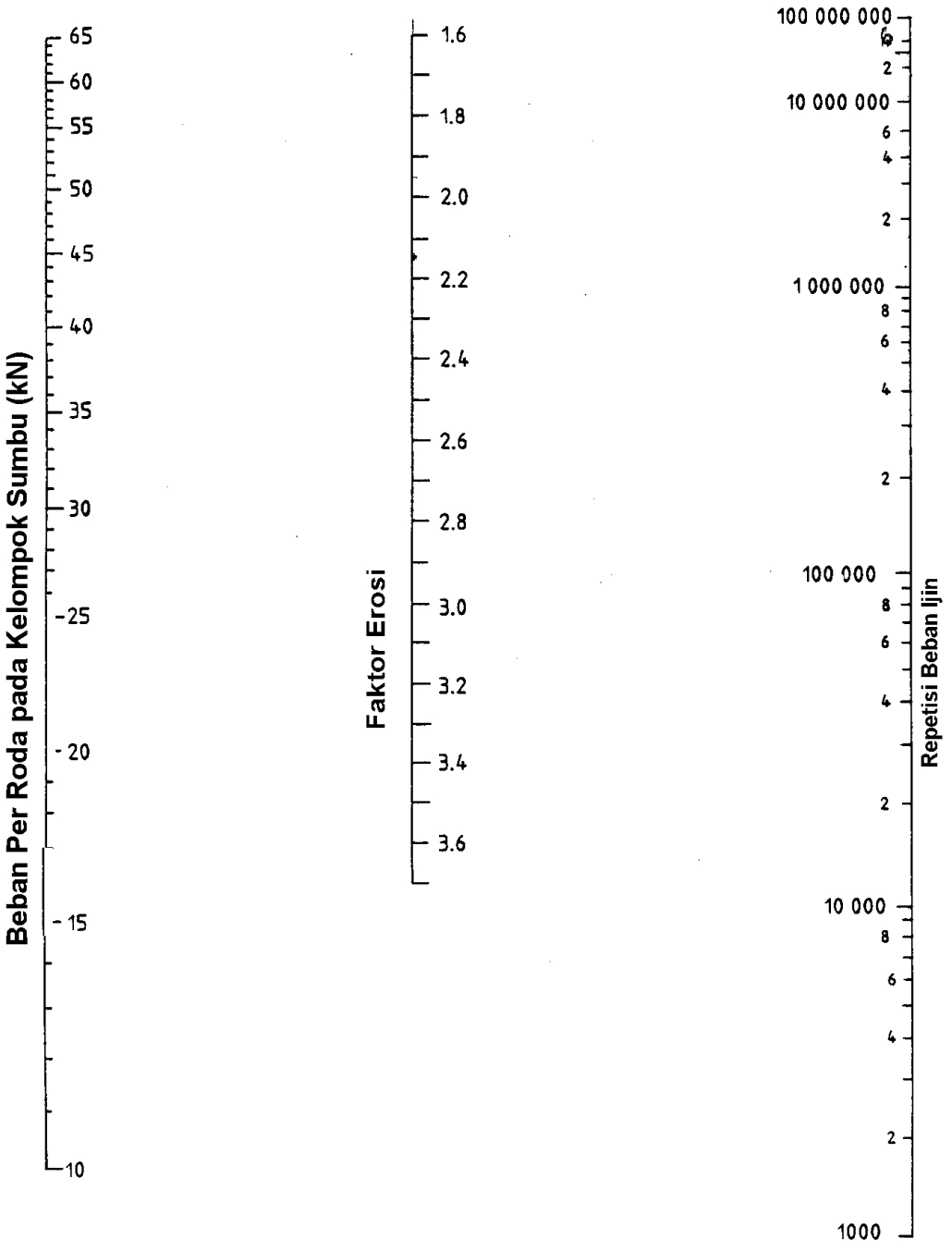
(Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Pd T-14-2003)



Gambar 2.43 Analisis Fatik dan Beban Repetisi Ijin Berdasarkan Rasio Tegangan, Dengan / Tanpa Bahu Beton



Gambar 2.44 Analisis Erosi dan Jumlah Repetisi Beban Ijin, Berdasarkan Faktor Erosi, Tanpa Bahu Beton



Gambar 2.45 Analisis Erosi dan Jumlah Repetisi Beban Berdasarkan Faktor Erosi, Dengan Bahu Beton

2. Perencanaan tulangan

Tujuan utama penulangan untuk :

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

Jumlah tulangan yang diperlukan dipengaruhi oleh jarak sambungan susut, sedangkan dalam hal beton bertulang menerus, diperlukan jumlah tulangan yang cukup untuk mengurangi sambungan susut.

a. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan

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

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

b. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan

Luas penampang tulangan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$A_s = \frac{\mu.L.M.g.h}{2.fs} \quad \text{..... (2.70)}$$

Dengan pengertian :

A_s : luas penampang tulangan baja (mm2 /m lebar pelat)

f_s : kuat-tarik ijin tulangan (MPa). Biasanya 0,6 kali tegangan leleh.

g : gravitasi (m/detik2).

h : tebal pelat beton (m)

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

M : berat per satuan volume pelat (kg/m3)

μ : koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah sebagaimana pada Tabel 2.24.

Luas penampang tulangan berbentuk anyaman empat persegi panjang dan bujur sangkar ditunjukkan pada Tabel 2.33.

Tabel 2.33 Ukuran dan Berat Tulangan Polos Anyaman Las

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

(Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Pd T-14-2003)

c. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan

- Penulangan memanjang

Tulangan memanjang yang dibutuhkan pada perkerasan beton semen bertulang menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan berikut :

$$P_S = \frac{100 \,.\, f_{ct} \,.\, (1{,}3 - 0{,}2\mu)}{f_y - n\, f_{ct}} \quad \text{.....(2.71)}$$

Dengan pengertian :

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

f_{ct} : kuat tarik langsung beton = (0,4 – 0,5 fcf) (kg/cm^2)

f_y : tegangan leleh rencana baja (kg/cm^2)

n : angka ekivalensi antara baja dan beton (E_s/E_c), dapat dilihat pada Tabel 11 atau dihitung dengan rumus

μ : koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan di bawahnya

Es : modulus elastisitas baja = 2,1 x 106 (kg/cm^2)

Ec : modulus elastisitas beton = 1485 √ f'c (kg/cm^2)

Tabel 2.34 Hubungan Kuat Tekan Beton dan Angka Ekivalen Baja dan Beton (n)

f'$_c$ (kg/cm^2)	n
175 - 225	10
235 - 285	8
290 - ke atas	6

(Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Pd T-14-2003)

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

$$L_{cr} = \frac{{f_{ct}}^2}{n \cdot p^2 \cdot u \cdot f_b \, (\varepsilon_s \cdot E_c \cdot f_{ct})} \quad \text{.....(2.72)}$$

Dengan pengertian :

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

p : perbandingan luas tulangan memanjang dengan luas penampang beton.

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

f_b : tegangan lekat antara tulangan dengan beton = (1,97√f'c)/d. (kg/cm2)

ε_s : koefisien susut beton = (400.10-6).

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

n : angka ekivalensi antara baja dan beton = (Es/Ec).

E_c : modulus Elastisitas beton =14850√ f'c (kg/cm2)

E_s : modulus Elastisitas baja = 2,1x106 (kg/cm2)

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

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

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

- Penulangan melintang

Luas tulangan melintang (As) yang diperlukan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung menggunakan persamaan 2.70.

Tulangan melintang direkomendasikan sebagai berikut :

a. Diameter batang ulir tidak lebih kecil dari 12 mm.
b. Jarak maksimum tulangan dari sumbu-ke-sumbu 75 cm.

- Penempatan tulangan

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

2.9.5 Perencanaan Lapis Tambah

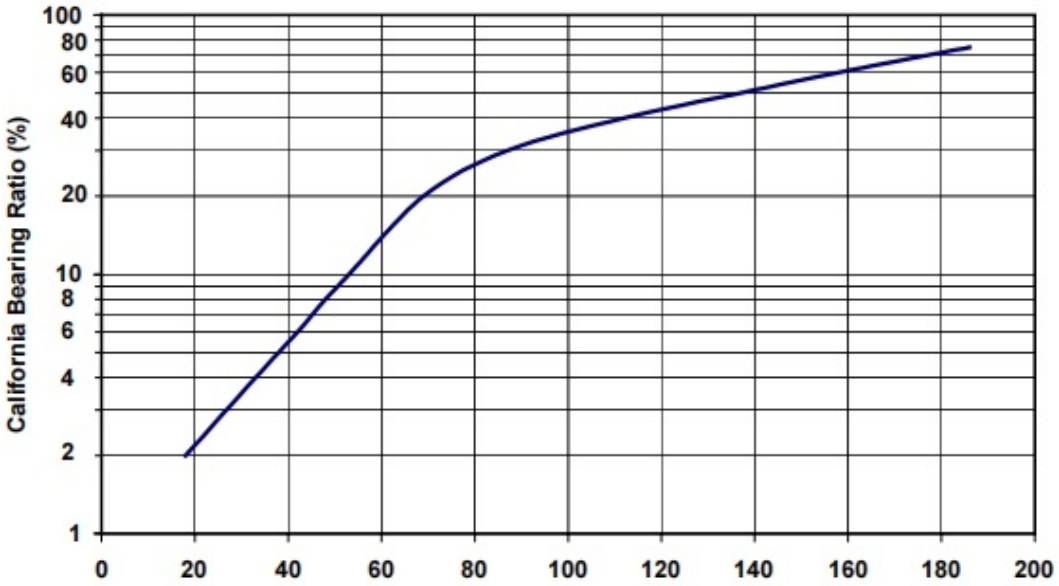
Pelapisan tambahan pada perkerasan beton semen dibedakan atas 3 bagian, yaitu :

a. Pelapisan tambahan perkerasan beton semen di atas perkerasan lentur.
b. Pelapisan tambahan perkerasan beton semen di atas perkerasan beton semen.
c. Pelapisan tambahan perkerasan lentur di atas perkerasan beton semen.

1. Pelapisan tambahan perkerasan beton semen di atas perkerasan beton aspal

Tebal lapis tambahan perkerasan beton semen di atas perkerasan lentur dihitung dengan cara yang sama seperti perhitungan tebal pelat beton semen pada perencanaan baru yang telah diuraikan sebelumnya.

Modulus reaksi perkerasan lama (k) diperoleh dengan melakukan pengujian pembebanan pelat (plate bearing test) menurut AASHTO T.222-81 di atas permukaan perkerasan lama yang selanjutnya dikorelasikan terhadap nilai CBR menurut Gambar 2.43. Bila nilai k lebih besar dari 140 kPa/mm (14 kg/cm3), maka nilai k dianggap sama dengan 140 kPa/mm (14 kg/cm3) dengan nilai CBR 50%.



Gambar 2.46 Hubungan antara CBR dan Modulus Reaksi Tanah Dasar

2. Pelapisan tambahan perkerasan beton semen di atas perkerasan beton semen

Jenis pelapisan tambahan perkerasan beton semen di atas perkerasan beton semen, antara lain :

a. Pelapisan tambahan dengan lapis pemisah (*unbonded atau separated overlay*).
b. Pelapisan tambahan langsung (*direct overlay*).
c. Pelapisan tambahan perkerasan beton semen dengan lapis pemisah

Tebal lapis tambahan dihitung berdasarkan rumus berikut :

$$Tr = \sqrt{(T2 - Cs.T02)} \quad \text{..... (2.73)}$$

Dengan pengertian :

T_r : tebal lapis tambahan

T : tebal perlu berdasarkan beban rencana dan daya dukung tanah dasar dan lapis pondasi bawah dari jalan lama sesuai dengan cara yang telah diuraikan.

T_0 : tebal pelat lama (yang ada)

C_s : koefisien yang menyatakan kondisi pelat lama yang nilainya sebagai berikut :

C_s = 1, kondisi struktur perkerasan lama masih baik

C_s = 0,75, kondisi perkerasan lama, baru mengalami retak awal pada sudut-sudut sambungan

C_s = 0,35, kondisi perkerasan lama secara struktur telah rusak

Tebal minimum lapis tambahan dengan lapis pemisah sebesar 150 mm. Lapis pemisah dimaksudkan untuk mencegah refleksi penyebaran retak perkerasan lama ke lapis tambahan, yang biasanya terbuat dari beton aspal dengan ketebalan minimum 3 cm. Letak dan jenis sambungan serta penulangan pada lapis tambahan tidak perlu sama dengan yang ada pada perkerasan lama. Penulangan pada lapis tambahan tidak tergantung pada tulangan dan kondisi perkerasan lama.

a. Pelapisan tambahan langsung

Tebal lapis tambahan dihitung berdasarkan rumus berikut :

$$Tr = 1{,}4\sqrt{(T1{,}4 - Cs.T01{,}4)} \quad \text{..... (2.74)}$$

Dengan pengertian :

T_r : tebal lapis tambahan

T : tebal perlu berdasarkan beban rencana dan daya dukung tanah dasar dan atau lapis pondasi bawah dari jalan lama sesuai prosedur yang telah diuraikan

T0 : tebal pelat lama (yang ada)

Cs : faktor yang menyatakan keadaan struktural perkerasan lama, yang besarnya antara 0,75 - 1. Tebal minimum lapis tambahan ini sebesar 130 mm. Letak sambungan pada lapis tambahan harus sama dengan letak sambungan pada perkerasan lama. Jenis sambungan dan penulangan pada lapis tambahan tidak harus sama dengan jenis sambungan dan penulangan pada perkerasan lama. Perkerasan lama yang mengalami retak awal (Cs = 0,75) dapat diberi lapisan tambahan langsung bila kerusakannya dapat diperbaiki.

3. Pelapisan tambahan perkerasan beton aspal di atas perkerasan beton semen

Struktur perkerasan beton semen harus dievaluasi agar supaya tebal efektifnya dapat dinilai sebagai aspal beton. Untuk menentukan tebal efektif (Te) setiap lapisan perkerasan yang ada harus dikonversikan kedalam tebal ekivalen aspal beton sesuai dengan Tabel 2.32.

Dengan demikian tebal lapis tambahan yang diperlukan, dihitung berdasarkan perhitungan lapis tambahan pada perkerasan lentur. Dalam menentukan tebal ekivalen perkerasan beton semen perlu memperhatikan kondisi dan daya dukung lapisan beton semen yang ada.

Apabila lapisan-lapisan perkerasan telah diketahui dan kondisinya ditetapkan, kemudian faktor konversi yang sesuai dipilih dari Tabel 2.32 dan tebal efektif dari setiap lapisan dapat ditentukan.

Tebal efektif setiap lapisan merupakan hasil perkalian antara tebal lapisan dan faktor konversi. Tebal efektif untuk seluruh perkerasan merupakan jumlah tebal efektif dari masing-masing lapisan. Tebal lapisan tambahan dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Tr = T - Te \quad \text{..... (2.75)}$$

Dengan pengertian :

T_r = tebal lapis tambahan

T = tebal perlu berdasarkan beban rencana dan daya dukung tanah dasar dan atau lapis pondasi bawah dari jalan lama sesuai prosedur yang telah diuraikan

T_e = tebal efektif perkerasan lama

Tebal lapis tambahan perkerasan lentur yang diletakkan langsung di atas perkerasan beton semen dianjurkan minimum 100 mm. Apabila tebal lapisan tambahan lebih dari 180 mm, konstruksi lapis tambahan dapat menggunakan lapisan peredam retak sebagai mana terlihat pada Gambar 2.44 berikut.

Gambar 2.47 Lapisan Peredam Retak Pada Sistem Pelapisan Tambahan

Keterangan gambar :

1. Beton aspal sebagai lapisan aus
2. Beton aspal sebagai lapis perata
3. Beton aspal sebagai lapisan peredam retak
4. Perkerasan beton semen lama (yang ada)
5. Tanah dasar

Tabel 2.35 Faktor Konversi Lapis Perkerasan Lama Untuk Perencanaan Lapis Tambahan Menggunakan Perkerasan Beton Aspal

Klasifi-kasi Bahan	Deskripsi Bahan	Faktor Konversi (Fk)
I	Tanah dasar asli, tanah dasar perbaikan dengan bahan berbutir, atau stabilisasi kapur	0
II	Lapis pondasi atau pondasi bawah yang terdiri dari bahan berbutir bergradasi baik, keras mengandung bahan halus bersifat plastis, dengan CBR ≥ 20. Fk = 0,2 untuk PI (Plastisitas Indek) ≤ 6, dan 0,1 untuk PI > 6.	0,1 - 0,2
III	Lapis pondasi atau pondasi bawah yang distabilisasi semen atau kapur dengan PI ≤ 10	0,2 - 0,3
IV	a. Lapis permukaan atau lapis pondasi dengan bahan pengikat aspal emulsi atau aspal cair yang telah retak menyeluruh, pelepasan butir, penurunan mutu agregat, pengaluran pada jejak roda, dan penurunan stabilitas. b. Perkerasan beton semen (termasuk perkerasan yang telah	0,3 - 0.5 0,3 - 0,5

		ditutup lapis peraspalan) yang telah patah-patah menjadi potongan-potongan dengan berukuran ≤ 0,6 m dalam arah dimensi maksimal. Fk = 0,5 apabila digunakan lapis pondasi bawah, dan 0,3 apabila pelat langsung diatas tanah dasar.	
V	a.	Lapis permukaan dan lapis pondasi beton aspal, yang telah menunjukkan pola retak yang jelas.	0,5 - 0,7
	b.	Lapis permukaan dan lapis pondasi, dengan bahan pengikat aspal emulsi atau aspal cair, yang telah menunjukkan retak halus, pelepasan butir atau penurunan mutu agregat, dan alur kecil pada jejak roda tapi masih mantap.	0,5 - 0,7
	c.	Perkerasan beton semen (termasuk perkerasan yang telah ditutup peraspalan) yang telah retak dan tidak rata dan tidak bisa ditutup secara baik. Potongan-potongan pelat berukuran sekitar 1 sampai 4 m^2 , dan telah diperbaiki.	0,5 - 0,7
VI	a.	Lapis permukaan dan lapis pondasi beton aspal yang telah menunjukkan retak halus dengan pola setempat-setempat dan alur kecil pada jejak roda tapi masih mantap.	0,7 - 0,9
	b.	Lapis permukaan dan lapis pondasi dengan bahan pengikat aspal emulsi atau aspal cair yang masih mantap, secara umum belum retak, tidak menunjukkan kegemukan (bleeding), dan terjadi alur kecil pada jejak roda.	0,7 - 0,9
	c.	Perkerasan beton semen (termasuk perkerasan yang telah ditutup lapis peraspalan) yang masih mantap dan telah ditutup (undersealed), telah retak-retak tapi tidak terdapat potongan-potongan pelat yang berukuran lebih kecil dari 1 m^2	0,7 - 0,9
VII	a.	Lapis permukaan dan lapis pondasi beton aspal, secara umum belum retak, dan terdapat alur kecil pada jejak roda.	0,9 - 1,0
	b.	Perkerasan beton semen yang masih mantap, sudah ditutup (*undersealed*) dan umumnya belum retak	0,9 - 1,0
	c.	Lapis pondasi beton semen, dibawah lapis permukaan beraspal, yang masih mantap, tidak terjadi pamping (*pumping*) dan memberikan retak refleksi yang kecil pada permukaan	0,9 - 1,0

(Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Pd T-14-2003)

2.10 Bangunan Pelengkap Jalan

Untuk memenuhi persyaratan kelancaran pada lalu lintas dan menghindari kerusakan perkerasan jalan akibat air yang berdampak pada kenyamanan pemakai jalan, diperlukan adanya bangunan pelengkap jalan.

2.10.1 Drainase

Air adalah salah satu musuh utama dari suatu konstruksi jalan, langsung maupun tidak langsung, perkerasan lentur maupun perkerasan kaku. Air sangat erat hubungannya dengan hidrologi. Analisis hidrologi merupakan tahapan penting yang menentukan laju aliran, kemampuan limpasan runoff) dan debit air.

Drainase adalah suatu bangunan pelengkap yang berfungsi sebagai tempat mengalirnya air yang kemungkinan akan menggenangi badan jalan. Dalam perencanaan sistem drainase dua hal pokok yang perlu untuk dipertimbangkan, yaitu :

1. 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.

2. Drainase Bawah Permukaan

   Analisis hidrologi dilakukan sehubung dengan drainase permukaan, sedangkan adanya air tanah akibar proses infiltrasi dan kapilerasi yang akan mempengaruhi kondisi subgrade, stabilitas lereng dan tembok penahan tanah, termasuk dalam drainase bawah permukaan.

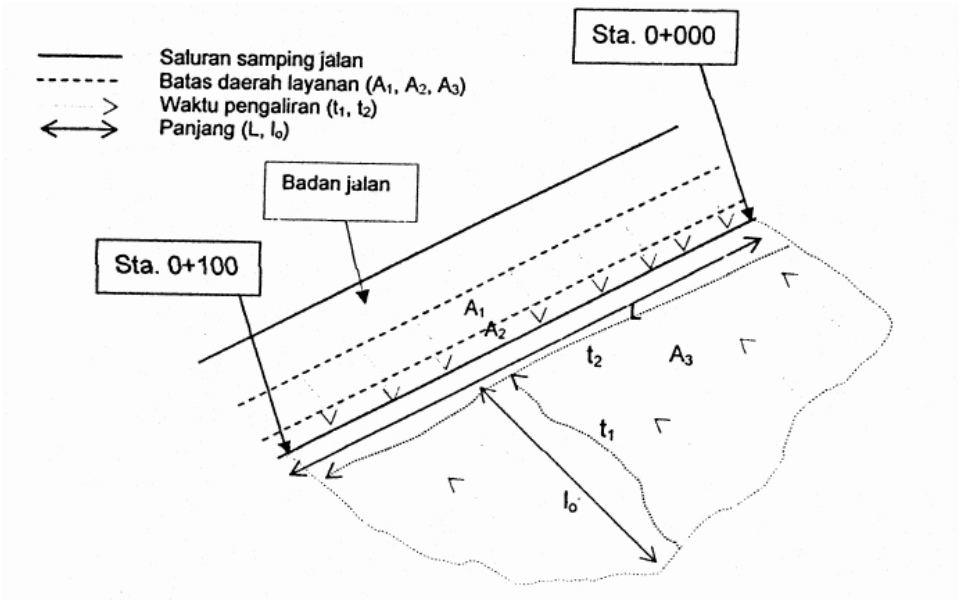
2.10.2 Ketentuan Teknis Perencanaan Drainase

Menurut perencanaan sistem drainase jalan 2006, adapun hal-hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan drainase permukaan diuraikan dibawah ini:

1. Plot rute jalan di peta topografi (L)
   a. Plot rute jalanrencana pada topografi diperlukan untuk mengetahui gambaran topografi atau daerah kondisi sepanjang trase jalan yangakan dilalui dapat dipelajari.

b. Kondisi terrain 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 kondisi data ini digunakan agar perancangan sistem drainase jalan tidak mengganggu sistem drainase yang telah ada.
3. Segmen panjang segmen saluran(L)
   Penentuan panjang segmen saluran (L) didasarkan pada:
   a. Kemiringan jalan disarankan saluran mendekati kemiringan jalan.
   b. Adanya tempat buangan air seperti badan air (misalnya sungai dan waduk
   c. 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. Luas daerah layanan (A) untuk saluran samping jalan perlu diketahui agar dapat diperkirakan daya tampungnya terhadap curah hujan atau untuk memperkirakan volume limpasan permukaan yang akan ditampung saluran samping jalan. Luas daerah layanan terdiri atas luas setengah badan jalan (A_1), luas bahu jalan (A_2) dan luas daerah disekitar (A_3).
   b. Batasan luas daerah layanan tergantung dari daerah sekitar dan topografi dan daerah sekelilingnya. Panjang daerah pengaliran yang diperhitungkan terdiri atas setengah lebar badan jalan (l_1) lebar bahu jalan(l_2) dan daerah sekitar (l_3) yang terbagi atas daerah perkotaan yaitu ± 10 m dan untuk daerah luar kota yang didasarkan pada topografi daerah tersebut.
   c. Jika diperlukan, pada daerah perbukitan, direncanakan beberapa saluran untuk menampung limpasan dari daerah bukit dengan batas daerah layanan adalah puncakbukit tersebut tanpa merusak stabilisasi lereng. Sehingga saluran tersebut hanya menenampung air dari luas daerah layanan daerah sekitar (A_3).



Gambar 2.48 Daerah Pengaliran Saluran Samping Jalan

5. 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, sehingga dapat diperkirakan daya tampung saluran. Untuk itu diperlukan peta topografi dan melakukan survei lapangan agar corak topografi didaerah proyek dapat lebih diperjelas. Diperlukan pula jenis sifat erosi dan tanah pada daerah sepanjang trase jalan rencana, antara lain tanah dengan *permeabilitas* tinggi (sifat lulus air) atau tanah dengan tingkat erosi permukaan. Secara visual akan nampak pada daerah yang menunjukkan alur-alur pada permukaan.

6. Faktor Limpasan (fk)

   Faktor limpasan (fk) merupakan faktor atau angka yang dikalikan dengan koefisien *runoff* biasa dengan tujuan agar kinerja saturan tidak melebihi kapasitasnya akibat daerah pengatiran yang terlalu luas. Harga faktor limpasan (fk) disesuaikan dengan kondisi permukaan tanah, seperti pada tabel 2.36.

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

No.	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)	Faktor Limpasan (fk)
	BAHAN		
1.	Jalan beton dan jalan aspal	0,70 – 0,95	-
2.	Jalan 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 LAHAN		
4.	Daerah Perkotaan	0,70 – 0,95	2,0
5.	Daerah Pinggiran Kota	0,60 – 0,70	1,5
6.	Daerah Industry	0,60 – 0,90	1,2
7.	Pemukiman padat	0,60 – 0,80	2,0
8.	Pemukiman tidak padat	0,40 – 0,60	1,5
9.	Taman & Kebun	0,20 – 0,40	0,2
10.	Persawahan	0,45 – 0,60	0,5
11.	Perbukitan	0,70 – 0,80	0,4
12.	Pegunungan	0,75 – 0,90	0,3

(Sumber : Perencanaan Drainase Permukaan Jalan, 2006)

Harga koefisien pengaliran (C) untuk daerah datar diambil nilai C yang terkecil dan untuk daerah lereng diambil nilai C yang terbesar. Harga faktor limpasan (fk) 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 berikut.

$$C = \frac{C1.A1+C2.A2+C3.A3}{A1+A2+A3} \quad \text{.....(2.76)}$$

Keterangan :

C1,C2,C3 = koefisien pengaliranyang sesuai dengan tipe kondisi permukaan

A1,A2,A3 = luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan Kondisi permukaan

fk = faktor limpasan sesuai guna lahan

7. Faktor Limpasan (fk)

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

$T_c = t_1 + t_2$ atau $Tc = t_o + t_d$ ..... (2.77)

$t1 = (2/3 \times 3{,}28 \times lo \times \frac{nd}{Vis})^{0,167}$ .....(2.78)

$t2 = \frac{L}{60\,V}$ .....(2.79)

Dimana :

Tc = waktu konsentrasi (menit)

t_1/t_o = waktu untuk mencapai awal saluran dari titik terjauh (menit)

t_2/t_d = waktu aliran saluran sepanjang L dari ujung saluran (menit)

lo = jarak titik terjauh kefasilitas drainase (m)

L = panjang saluran (m)

nd = koefisien hambatan

I_s = kemiringan saluran memanjang

V = kecepatan air rata-rata pada saluran drainase (m/detik)

Tabel 2.37 Koefisien Hambatan

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	0,10
4.	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,20
5.	Padang rumput dan rerumputan	0,40
6.	Hutan gundul	0,60
7.	Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	0,80

(Sumber : Perencanaan Drainase Permukaan Jalan,2006)

Tabel 2.38 Kemiringan Saluran Memanjang (is)

No.	Kondisi Lapis Permukaan	Kemiringan saluran is (%)
1.	Tanah Asli	0,013
2.	Kerikil	0,020
3.	Pasangan	0,10

(Sumber : Perencanaan Drainase Permukaan Jalan,2006)

8. Analisa Hidrologi
   a. Data curah hujan
      1) Merupakan data curah hujan harian maksimum dalam setahun dinyatakan dalam mm/hari. Data curah hujan ini diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) yaitu stasiun curah hujan yang tedetak pada daerah layanan saluran samping jalan.
      2) Jika daerah layanan tidak memiliki data curah hujan,maka dapat digunakan data dari stasiun diluar daerah layanan yang dianggap masih dapat mewakili. Jumlah data curah hujan yang diperlukan minimal 10 tahun terakhir.

b. Periode ulang

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

c. Intensitas Curah Hujan

Adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Intensitas curah hujan (I) mempunyai satuan mm/jam, berarti tinggi air persatuan waktu, misalnya mm dalam kurun waktu menit, jam, atau hari. Formulasi perhitungan intensitas curah hujan perhitungan ini dilakukan sesuai SNI 03-241-1991,metode perhitungan debit banjir.

d. Debit aliran air

Untuk menghitung debit aliran air (Q) menggunakan Rumus:

$$Q = \frac{1}{3,6} C.I.A \quad \text{.....(2.80)}$$

Keterangan :

Q = debit aliran air (m^3/detik)

C = koefisien pengaliran rata-rata dari C_1, C_2, C_3

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

A = luas daerah layanan (km) terdiriatas A_1, A_2, A_3

2.10.3 Desain Saluran Samping dan Gorong-Gorong

Desain saluran dapat dibagi dalam beberapa jenis :

1. Saluran bentuk trapesium (saluran samping) :

$$A_d = \frac{Q}{v} \quad \text{.....(2.81)}$$

$$V = Kst.\ R^{2/3}.\ I^{1/2} \quad \text{..... (2.82)}$$

$$Q = V.\ A \quad \text{.....(2.83)}$$

- Penampang ekonomis:

b = 2.h .....(2.84)

Ad = b. h

= 2h .h = $2h^2$ .....(2.85)

- Tinggi Jagaan :

$W = \sqrt{0{,}5\frac{1}{2}y}$.....(2.86)

Keterangan :

A = Luas penampang melintang (m^2)

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)

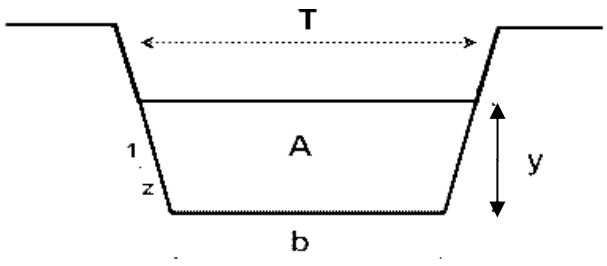
I = kemiringan dasar saluran

Q = debit aliran air (m^3/detik)

Z = perbandingan kemiringan talud

W = tinggi jagaan (m)

h = tinggi muka air (m)



Gambar 2.49 Saluran dengan Bentuk Trapesium

2. Gorong-gorong bentuk Persegi (*box culvert)* :

A = Q/V .....(2.87)

B = 2h .....(2.88)

A = l x h ..... (2.89)

$I = \frac{R_t}{24} \times \left[\frac{24}{tc}\right]^{2/3}$ .....(2.90)

Tinggi Jagaan :

$W = \sqrt{0.5xh}$ ..... (2.91)

Dimana :

A = luas penampang melintang (m^2)

L = lebar saluran (m)

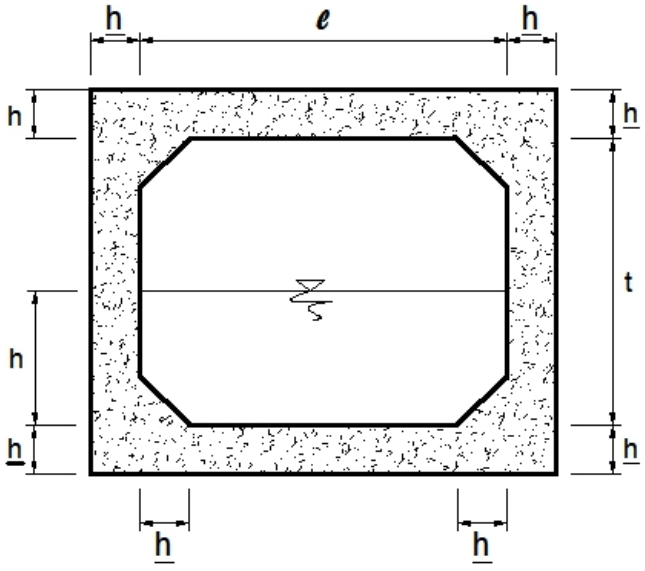
V = kecepatan rata – rata aliran (m/dt)

W = tinggi jagaan

H = tinggi muka air(m)

H = tebal penampang saluran (cm)

I = Intensitas curah hujan



Gambar 2.50 Sketsa dengan Bentuk Persegi

2.11 Rencana Anggaran Biaya dan Manajemen Proyek

Dalam merencanakan suatu proyek, adanya rencana anggaran biaya merupakan hal yang tidak dapat diabaikan. Rencana anggaran biaya disusun berdasarkan dimensi dari bangunan yang telah direncakan secara detail, yang akan disusun secara rinci untuk mengetahui biaya pembangunan konstruksi tersebut. Rencana anggaran biaya meliputi rencana kerja dan syarat-syarat (RKS), perhitungan kuantitas pekerjaan, perhitungan sewa alat, rencana anggaran biaya (RAB), rekapitulasi biaya.

2.11.1 Daftar Harga Satuan Alat dan Bahan

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

2.11.2 Analisa Satuan Harga Pekerjaan

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

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

2.11.3 Perhitungan Volume Pekerjaan

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

pekerjaan-pekerjaan yang ada didalam suatu proyek tersebut.

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

1) Penentuan stationing (jarak patok) sehingga diperoleh panjang jalan dari alinyemen horizontal (trase jalan).
2) Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan beda tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.
3) Gambarkan potongan melintang *(cross station)* pada titik stationing, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan.
4) Hitung volume galian dan timbunan dengan mengalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.

2.11.4 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda dimasing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja. Dalam menyusun anggaran biaya dapat dilakukan dengan dua cara sebagai berikut :

1) Anggaran Biaya Kasar (Taksiran)

   Sebagai pedoman dalam menyusun anggaran biaya kasar digunakan harga satuan tiap meter persegi (m^2) luas lantai. Anggaran biaya kasar dipakai sebagai pedoman terhadap anggaran biaya yang dihitung secara teliti.

2) Anggaran Biaya Teliti

   Yang dimaksud dengan anggaran biaya teliti, ialah anggaran biaya bangunan atau proyek yang dihitung dengan teliti dan cermat, sesuai dengan ketentuan dan syarat-syarat penyusunan anggaran biaya. Pada

anggaran biaya kasar sebagaimana diuraikan terdahulu, harga satuan dihitung berdasarkan harga taksiran setiap luas lantai m². Taksiran tersebut haruslah berdasarkan harga yang wajar, dan tidak terlalu jauh berbeda dengan harga yang dihitung secara teliti.

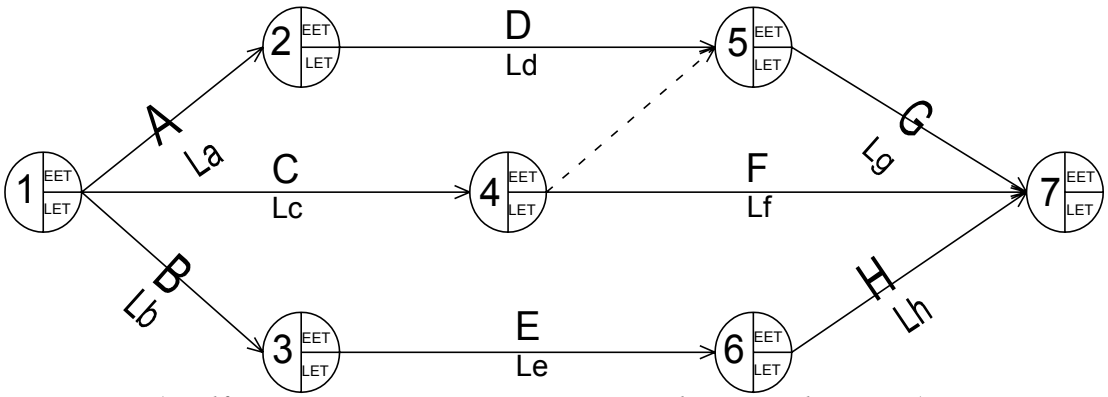
2.11.5 Rekapitulasi Biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok–pokok pekerjaan beserta biayanya.

2.11.6 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian kegiatan proyek untuk memenuhi tujuan proyek. Tujuan utama yang harus dipenuhi meliputi kinerja, biaya, dan sasaran waktu, sementara pada saat yang sama Anda mengendalikan atau mempertahankan ruang lingkup proyek pada tingkat yang benar (Lewis, 2007).

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi suatu perencanaan yang tepat untuk menyelesaikan tiap-tiap pekerjaan yang ada. Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram network, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan lain atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ke tempat lain.



(*Wulfram I. Ervianto, Manajemen Proyek Konstruksi, 2002)*

Gambar 2.51 Sketsa *Network Planning*

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

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

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah:

1) Urutan pekerjaan yang logis

   Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa yang slack/kelonggaran waktu.

2) Biaya untuk mempercepat pekerjaan

   Ini berguna apabila pekerjaan-pek erjaan yang berdada di jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya : biaya-biaya lembur, biaya menambah tenaga kerja dan sebagainya.

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

1) Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya duration maupun resources yang dibutuhkan.

2) Aktifitas-aktifitas apa yang mendahului dan aktifitas-aktifitas apa yang mengikuti.
3) Aktifitas-aktifitas apa yang dapat dilakukan bersama-sama.
4) Aktifitas-aktifitas itu di batasi mulai dan selesai.
5) Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktifitas-aktifitas itu kemudian mengikutinya.
6) Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan .Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Jika proyek itu baru sama sekali biasanya diberikan.
7) Kepala anak panah menjadi arah pedoman dari setiap kegiatan.

Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP antara lain :

1) ⟶ *(Arrow),* bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Ini adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukan urutan-urutan.
2) ⟶ (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*). waktu.
3) ◯ (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan-kegiatan.
4) - - - > *(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. Aktifitas semu hanya boleh dipakai bila tidak ada cara lain untuk menggambarkan hubungan-hubungan aktifitas yang ada dalam suatu network.

2.11.7 *Barchart*

Bar charts adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal. Kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat terlihat dengan jelas, sedangkan durasi kegiatan

digambarkan oleh panjangnya diagram batang. Proses penyusunan diagram batang dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

1) Daftar item kegiatan, yang berisi seluruh jenis kegiatan pekerj aan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.
2) Urutan pekerjaan, dari daftar item kegiatan tersebut di atas, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan lebih dahulu dan item kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian, dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan secara bersamaan.
3) Waktu pelaksanaan pekerjaan, adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan berakhir. Waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari penjumlahan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap item kegiatan (Manajemen Proyek Kontruksi)

2.11.8 Kurva S

Kurva s adalah sebuah grafik yang dikembangkan oleh Warren T. Hanumm atas dasar Pengamatan terhadap sejumlah besar proyek sejak awal hingga akhir proyek. Kurva S dapat menunjukkan kemajuan berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Visualisasi kurva S dapat memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkannya terhadap jadwal rencana. Dari sinilah diketahui apakah ada keterlambatan atau percepatan jadwal proyek. Indikasi tersebut dapat menjadi informasi awal guna melakukan tindakan koreksi dalam proses pengendalian jadwal.

Untuk membuat kurva S, jumlah persentase kumulatif bobot masing masing kegiatan pada suatu periode di antara durasi proyek diplotkan terhadap sumbu vertikal sehingga bila hasilnya dihubungkan dengan garis, akan membentuk kurva S. Bentuk demikian terjadi karena volume kegiatan pada bagian awal biasanya masih sedikit, kemudian pada pertengahan meningkat dalam jumlah cukup besar, lalu pada akhir proyek volume kegiatan kembali mengecil.

Untuk menentukan bobot pekerjaan, pendekatan yang dilakukan dapat berupa perhitungan persentase berdasarkan biaya per item pekerjaan/ kegiatan dibagi nilai anggaran, karena satuan biaya dapat dijadikan bentuk persentase sehingga lebih mudah untuk menghitungnya. (Manajemen Proyek, 2010)