

# Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan

*oleh : Silvia Sukirman*

Penerbit **NOVA**

6  
IK  
1

# Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan

*oleh : Silvia Sukirman*

Penerbit: **NOVA**

d/a. kotak pos 1468-BANDUNG

## KATA PENGANTAR

Pada saat ini dirasakan kurangnya buku-buku dalam Bahasa Indonesia yang dapat menambah ilmu pengetahuan tentang Teknik Jalan Raya, terutama bagi mahasiswa Teknik Sipil dan praktisi pada umumnya. Oleh karena itu Penulis mengharapkan buku “Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan” ini dapat membantu mahasiswa dan praktisi.

Penulisan buku ini dititik beratkan pada pengetahuan dasar perencanaan geometrik jalan, dan tidak memberikan batasan-batasan sesuai standar yang berlaku di Indonesia. Pembaca dapat lebih melengkapi bacaannya dengan Standar-Standar yang telah diterbitkan oleh Bina Marga ataupun buku lainnya., baik untuk jalan antar kota maupun jalan perkotaan.

Dengan segala kerendahan hati kami mohon maaf jika terdapat kekurangan dalam buku ini, dan kami mengharapkan Pembaca dapat memberikan saran-saran penyempurnaannya.

Akhir kata Penulis mengucapkan terima kasih kepada sdr. Ir. Sri Harianti MSc, yang telah banyak memberikan saran, petunjuk, dan dorongan dalam penulisan buku ini.

Bandung, November 1999

Penulis

Cetakan Ketiga, November 1999

**DASAR-DASAR PERENCANAAN GEOMETRIK JALAN**

Oleh: *Silvia Sukirman*

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak isi buku ini baik sebagian maupun seluruhnya dalam bentuk apa pun tanpa izin tertulis dari Penerbit

diterbitkan oleh Nova, Bandung

ISBN 979-95847-0-1



263.071/.PP/P/00

# DAFTAR ISI

Kata pengantar	4
Daftar isi	5
Daftar gambar	7
Daftar persamaan	11
Daftar tabel	15
<b>Bab I. PENDAHULUAN</b>	<b>17</b>
<b>Bab II. PENAMPANG MELINTANG JALAN</b>	<b>21</b>
2.1. Jalur lalu lintas	22
2.2. Bahu jalan	25
2.3. Trotoar	28
2.4. Median	29
2.5. Saluran samping	30
2.6. Talud	31
2.7. Kereb	31
2.8. Pengaman tepi	32
2.9. Lapisan perkerasan jalan	34
2.10. Daerah manfaat jalan	35
2.11. Daerah milik jalan	35
2.12. Daerah pengawasan jalan	35
Rangkuman	35
<b>Bab III. PARAMETER PERENCANAAN GEOMETRIK JALAN</b>	<b>37</b>
3.1. Kendaraan rencana	37
3.2. Kecepatan	38
3.3. Volume Lalu Lintas	42
3.4. Tingkat Pelayanan Jalan	47
3.5. Jarak Pandangan	50
Rangkuman	64

<b>Bab IV. ALINYEMEN HORIZONTAL</b>	67
4.1. <i>Gaya Sentrifugal</i>	67
<i>Rangkuman</i>	92
4.2. <i>Lengkung Peralihan</i>	98
<i>Rangkuman</i>	111
4.3. <i>Diagram superelevasi</i>	116
4.4. <i>Bentuk Lengkung Horizontal</i>	120
<i>Rangkuman</i>	139
4.5. <i>Pelebaran Perkerasan pada Lengkung Horizontal</i>	141
4.6. <i>Jarak Pandangan Pada Lengkung Horizontal</i>	147
4.7. <i>Pedoman Umum Perencanaan Alinyemen Horizontal</i>	150
<b>Bab V. ALINYEMEN VERTIKAL</b>	153
5.1. <i>Kelandaian pada Alinyemen Vertikal</i>	154
5.2. <i>Lengkung Vertikal</i>	158
5.3. <i>Lengkung Vertikal Cembung</i>	164
5.4. <i>Lengkung Vertikal Cekung</i>	170
<b>Bab VI. KOORDINASI ALINYEMEN VERTIKAL DAN ALINYEMEN HORIZONTAL SECARA TERPADU</b>	177
<b>Bab VII. PENOMORAN (STATIONING) PANJANG JALAN</b>	181
<b>Daftar kepustakaan</b>	183

**Lampiran**

## DAFTAR GAMBAR

### BAB II. PENAMPANG MELINTANG JALAN

- Gambar 2.1. Penampang melintang jalan tanpa median  
 Gambar 2.2. Penampang melintang jalan dengan median  
 Gambar 2.3. Kelandaian dasar saluran  
 Gambar 2.4. Jenis kereb  
 Gambar 2.5. Jenis pagar pengaman

### BAB III. PARAMETER PERENCANAAN GEOMETRIK JALAN

- Gambar 3.1. Kendaraan rencana  
 Gambar 3.2. Kemiringan melintang untuk kondisi medan  
 Gambar 3.3. Hubungan antara jumlah jam dalam 1 tahun dengan volume perjam yang dinyatakan dalam persentase LHR.  
 Gambar 3.4. Tingkat pelayanan jalan  
 Gambar 3.5. Koefisien gesekan memanjang Jalan  
 Gambar 3.6. Proses gerakan menyiap pada jalan 2 lajur 2 arah  
 Gambar 3.7. Korelasi antara  $t_1$  dan  $t_2$  dengan kecepatan  
 Gambar 3.8. Korelasi antara  $a$  dengan kecepatan

### BAB IV. ALINYEMEN HORIZONTAL

- Gambar 4.1. Gaya sentrifugal pada lengkung horizontal  
 Gambar 4.2. Korelasi antara koefisien gesekan melintang maksimum dan kecepatan rencana ( $TEH^{92}$ )  
 Gambar 4.3. Koefien gesekan melintang maksimum untuk desain (berdasarkan  $TEH^{92}$  dalam satuan SI)

- Gambar 4.4. Gaya-gaya yang bekerja pada lengkung horizontal
- Gambar 4.5. Korelasi antara derajat lengkung (D) dan radius lengkung (R)
- Gambar 4.6. Hubungan antara  $(e+f)$  dan R atau D untuk beberapa kecepatan rencana pada superelevasi maksimum 8 % dan 10 %
- Gambar 4.7. Metoda pendistribusian nilai e dan f berdasarkan AASHTO'90 (contoh untuk kecepatan rencana 60 km/jam dan  $e_{maks} = 10\%$ )
- Gambar 4.8. Penurunan persamaan lengkung parabola untuk metoda kelima (contoh kecepatan rencana 60 km/jam dan  $e_{maks} = 10\%$ )
- Gambar 4.9. Nilai e untuk berbagai radius atau derajat lengkung pada beberapa kecepatan rencana dengan superelevasi maksimum = 10% (mengikuti metoda kelima)
- Gambar 4.10. Nilai e untuk berbagai radius atau derajat lengkung pada beberapa kecepatan rencana dengan superelevasi maksimum = 8% (mengikuti metoda kelima)
- Gambar 4.11. Panjang lengkung peralihan menurut Bina Marga dan AASHTO'90
- Gambar 4.12a. Landai relatif maksimum berdasarkan Bina Marga
- Gambar 4.12b. Landai relatif maksimum berdasarkan AASHTO'90
- Gambar 4.13. Lengkung spiral
- Gambar 4.14. Lengkung peralihan berbentuk spiral pada lengkung horizontal
- Gambar 4.15. Perubahan kemiringan melintang
- Gambar 4.16. Diagram superelevasi dengan sumbu jalan sebagai sumbu putar
- Gambar 4.17. Diagram superelevasi dengan tepi dalam perkerasan sebagai sumbu putar
- Gambar 4.18. Diagram superelevasi dengan tepi luar

- perkerasan sebagai sumbu putar
- Gambar 4.19. Pencapaian superelevasi pada jalan dengan median
- Gambar 4.20. Lengkung busur lingkaran sederhana
- Gambar 4.21. Lengkung lingkaran sederhana untuk  $\beta = 20^\circ$ ,  $R = 716$  m,  $e$  maksimum = 10%.
- Gambar 4.22. Perhitungan bentuk penampang melintang di TC
- Gambar 4.23. Diagram superelevasi berdasarkan Bina Marga untuk contoh lengkung busur lingkaran sederhana (contoh perhitungan)
- Gambar 4.24. Landai relatif (contoh perhitungan)
- Gambar 4.25. Diagram superelevasi berdasarkan AASHTO untuk contoh lengkung busur lingkaran sederhana (contoh perhitungan)
- Gambar 4.26. Landai relatif (contoh perhitungan)
- Gambar 4.27. Lengkung spiral-lingkaran-spiral simetris
- Gambar 4.28. Contoh lengkung spiral-lingkaran-spiral untuk  $\beta = 20^\circ$  dan  $R = 318$  m.
- Gambar 4.29. Diagram superelevasi untuk spiral-lingkaran-spiral (contoh perhitungan)
- Gambar 4.30. Landai relatif (contoh perhitungan)
- Gambar 4.31. Lengkung spiral-spiral (contoh perhitungan)
- Gambar 4.32. Diagram superelevasi lengkung spiral-spiral metoda Bina Marga (contoh perhitungan)
- Gambar 4.33. Diagram superelevasi lengkung spiral-spiral metoda AASHTO (contoh perhitungan)
- Gambar 4.34. Pelebaran perkerasan pada tikungan
- Gambar 4.35. Jarak pandangan pada lengkung horizontal untuk  $S \leq L$
- Gambar 4.36. Jarak penghalang m. dari sumbu lajur sebelah dalam
- Gambar 4.37. Tikungan ganda
- Gambar 4.38. Tikungan berbalik

**BAB V. ALINYEMEN VERTIKAL**

- Gambar 5.1. Lajur pendakian
- Gambar 5.2. Jenis lengkung vertikal dilihat dari titik perpotongan kedua tangen
- Gambar 5.3. Lengkung vertikal parabola
- Gambar 5.4. Contoh Perhitungan
- Gambar 5.5. Jarak pandangan pada lengkung vertikal cembung ( $S < L$ )
- Gambar 5.6. Jarak pandangan pada lengkung vertikal cembung ( $S > L$ )
- Gambar 5.7. Lengkung vertikal cekung dengan jarak pandangan penyinaran lampu depan  $< L$
- Gambar 5.8. Lengkung vertikal cekung dengan jarak pandangan penyinaran lampu depan  $> L$
- Gambar 5.9. Jarak pandangan bebas di bawah bangunan pada lengkung vertikal cekung dengan  $S < L$
- Gambar 5.10. Jarak pandangan bebas di bawah bangunan pada lengkung vertikal cekung dengan  $S > L$

**BAB VI KOORDINASI ALINYEMEN VERTIKAL DAN ALINYEMEN HORIZONTAL**

- Gambar 6.1. Lengkung Vertikal dan Horizontal terletak pada satu fase
- Gambar 6.2. Lengkung Vertikal dan Horizontal tidak terletak pada satu fase
- Gambar 6.3. Tikungan terletak di bagian atas lengkung vertikal cembung
- Gambar 6.4. Lengkung vertikal cekung pada jalan yang relatif dan lurus

**DAFTAR PERSAMAAN****BAB III. PARAMETER PERENCANAAN GEOMETRIK JALAN**

- Persamaan 1. Perhitungan lalu lintas harian rata-rata tahunan
- Persamaan 2. Perhitungan lalu lintas harian rata-rata
- Persamaan 3. Perhitungan VJP
- Persamaan 4. Perhitungan jarak pandangan henti minimum
- Persamaan 5. Perhitungan jarak pandangan henti minimum pada jalan berlandai.
- Persamaan 6. Rumus jarak pandangan menyiap standar
- Persamaan 7. Perhitungan jarak  $d_1$
- Persamaan 8. Perhitungan jarak  $d_2$
- Persamaan 9. Rumus jarak pandangan menyiap minimum

**BAB IV. ALINYEMEN HORIZONTAL**

- Persamaan 10. Persamaan umum lengkung horizontal
- Persamaan 11. Korelasi antara derajat lengkung ( $D$ ) dan radius lengkung ( $R$ )
- Persamaan 12. Radius minimum untuk lengkung horizontal pada satu kecepatan rencana dan satu nilai superelevasi maksimum
- Persamaan 13. Derajat lengkung maksimum untuk lengkung horizontal pada satu kecepatan rencana dan satu nilai superelevasi maksimum
- Persamaan 14. Absis sembarang titik pada spiral
- Persamaan 15. Ordinat sembarang titik pada spiral
- Persamaan 16. Absis titik SC
- Persamaan 17. Ordinat titik SC

- Persamaan 18. Sudut spiral  $\theta_s$  dalam radial
- Persamaan 19. Sudut spiral  $\theta_s$  dalam derajat
- Persamaan 20. Nilai parameter  $p$
- Persamaan 21. Nilai parameter  $k$
- Persamaan 22. Rumus Shortt untuk panjang  $L_s$
- Persamaan 23. Rumus modifikasi Shortt
- Persamaan 24. Nilai parameter  $T_c$
- Persamaan 25. Nilai parameter  $E_c$
- Persamaan 26. Nilai parameter  $L_c, \beta$  dalam derajat
- Persamaan 27. Nilai parameter  $L_c, \beta$  dalam radial
- Persamaan 28. Nilai parameter  $E_s$
- Persamaan 29. Nilai parameter  $T_s$
- Persamaan 30. Nilai parameter  $L_c$  untuk lengkung spiral-lingkaran-spiral.
- Persamaan 31. Nilai  $B$  untuk lebar perkerasan yang ditempati oleh satu kendaraan di tikungan.
- Persamaan 32. Nilai  $Z$  untuk pelebaran perkerasan akibat kesukaran dalam mengemudi
- Persamaan 33. Korelasi nilai  $m$  dengan  $D$  untuk jarak penghalang di tikungan
- Persamaan 34. Korelasi nilai  $m$  dengan  $R$  untuk jarak penghalang di tikungan

## **BAB V. ALINYEMEN VERTIKAL**

- Persamaan 35. Nilai koordinat sembarang titik pada lengkung vertikal
- Persamaan 36. Nilai  $E_v$
- Persamaan 37. Nilai panjang lengkung vertikal cembung berdasarkan jarak pandangan dengan  $S < L$ .
- Persamaan 38. Nilai panjang lengkung vertikal cembung berdasarkan jarak pandangan henti untuk  $S < L$  (menurut Bina Marga)

- Persamaan 39. Nilai panjang lengkung vertikal cembung berdasarkan jarak pandangan menyiap untuk  $S < L$  (menurut Bina Marga)
- Persamaan 40. Nilai panjang lengkung vertikal cembung berdasarkan jarak pandangan dengan  $S > L$ .
- Persamaan 41. Nilai panjang lengkung vertikal cembung berdasarkan jarak pandangan henti untuk  $S > L$  (menurut Bina Marga)
- Persamaan 42. Nilai panjang lengkung vertikal cembung berdasarkan jarak pandangan menyiap untuk  $S > L$  (menurut Bina Marga)
- Persamaan 43. Nilai panjang lengkung vertikal cembung berdasarkan kebutuhan akan drainase
- Persamaan 44. Nilai panjang lengkung vertikal cekung dengan jarak pandangan penyinaran lampu depan  $< L$ .
- Persamaan 45. Nilai panjang lengkung vertikal cekung dengan jarak pandangan penyinaran lampu depan  $> L$
- Persamaan 46. Nilai panjang lengkung vertikal cekung yang berada dibawah bangunan dengan  $S < L$
- Persamaan 47. Nilai panjang lengkung vertikal cekung yang berada dibawah bangunan dengan  $S < L$  untuk  $h_1 = 1,80$  m,  $h_2 = 0,50$  m, dan  $C = 5,50$  m
- Persamaan 48. Nilai panjang lengkung vertikal cekung yang berada dibawah bangunan dengan  $S > L$
- Persamaan 49. Nilai panjang lengkung vertikal cekung yang berada di bawah bangunan dengan  $S > L$  untuk  $h_1 = 1,80$  m,  $h_2 = 0,50$  m, dan  $C = 5,50$  m
- Persamaan 50. Nilai panjang lengkung vertikal cekung berdasarkan kenyamanan

# DAFTAR TABEL

## **BAB III. PARAMETER PERENCANAAN GEOMETRIK JALAN**

- Tabel 3.1. Ukuran kendaraan rencana
- Tabel 3.2. Jarak pandangan henti minimum
- Tabel 3.3. Tinggi rintangan dan mata pengemudi untuk perhitungan jarak pandangan henti minimum
- Tabel 3.4. Jarak pandangan menyiap

## **BAB IV. ALINYEMEN HORIZONTAL**

- Tabel 4.1. Besarnya R minimum dan D maksimum untuk beberapa kecepatan rencana dengan menggunakan persamaan (11) dan (12).
- Tabel 4.2. Perbandingan nilai e dan f untuk kelima metoda pendistribusian e dan D (sesuai contoh yang dipilih).
- Tabel 4.3. Nilai e untuk berbagai radius atau derajat lengkung pada beberapa kecepatan rencana dengan superelevasi maksimum = 10% (mengikuti metoda kelima)
- Tabel 4.4. Nilai e untuk berbagai radius atau derajat lengkung pada beberapa kecepatan rencana dengan superelevasi maksimum = 8% (mengikuti metoda kelima)
- Tabel 4.5. Landai relatif maksimum
- Tabel 4.6. Panjang lengkung peralihan minimum untuk berbagai R dan superlevasi maksimum 10% (metoda AASHTO)
- Tabel 4.7. Panjang lengkung peralihan minimum untuk berbagai R dan superlevasi maksimum 10% (metoda Bina Marga)

- Tabel 4.8 Panjang lengkung peralihan minimum untuk berbagai R dan superelevasi maksimum 8% (metoda AASHTO)
- Tabel 4.9. Panjang lengkung peralihan minimum untuk berbagai R dan superelevasi maksimum 8% (metoda Bina Marga)
- Tabel 4.10. Besaran  $p^*$  dan  $k^*$

## BAB V. ALINYEMEN VERTIKAL

- Tabel 5.1. Kelandaian maksimum jalan
- Tabel 5.2. Panjang kritis dari suatu kelandaian
- Tabel 5.3. Nilai C untuk beberapa  $h_1$  dan  $h_2$  berdasarkan AASHTO dan Bina Marga pada lengkung vertikal cembung ( $S < L$ )
- Tabel 5.4. Nilai  $C_1$  untuk beberapa  $h_1$  dan  $h_2$  berdasarkan AASHTO dan Bina Marga pada lengkung vertikal cembung ( $S > L$ )



# 1

## PENDAHULUAN

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

Yang menjadi dasar perencanaan geometrik adalah sifat gerakan, dan ukuran kendaraan, sifat pengemudi dalam

mengendalikan gerak kendaraannya, dan karakteristik arus lalu lintas. Hal-hal tersebut haruslah menjadi bahan pertimbangan perencana sehingga dihasilkan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan yang memenuhi tingkat kenyamanan dan keamanan yang diharapkan. Bagian ini akan diuraikan pada Bab III (Parameter perencanaan).

Elemen dari perencanaan geometrik jalan adalah :

- ***Alinyemen horizontal/trase jalan, terutama dititik beratkan pada perencanaan sumbu jalan.***

Pada gambar tersebut akan terlihat apakah jalan tersebut merupakan jalan lurus, menikung ke kiri, atau ke kanan. Sumbu jalan terdiri dari serangkaian garis lurus, lengkung berbentuk lingkaran dan lengkung peralihan dari bentuk garis lurus ke bentuk busur lingkaran. Perencanaan geometrik jalan memfokuskan pada pemilihan letak dan panjang dari bagian-bagian ini, sesuai dengan kondisi medan sehingga terpenuhi kebutuhan akan pengoperasian lalu lintas, dan keamanan (ditinjau dari jarak pandangan dan sifat mengemudi kendaraan di tikungan). Bab IV akan membahas mengenai dasar-dasar perencanaan alinyemen horizontal.

- ***Alinyemen vertikal/penampang memanjang jalan.***

Pada gambar tersebut akan terlihat apakah jalan tersebut tanpa ketandaian, mendaki atau menurun. Pada perencanaan alinyemen vertikal ini dipertimbangkan bagaimana meletakkan sumbu jalan sesuai kondisi medan dengan memperhatikan sifat operasi kendaraan, keamanan, jarak pandangan, dan fungsi jalan. Pemilihan alinyemen vertikal berkaitan pula dengan pekerjaan tanah yang mungkin timbul akibat adanya galian dan timbunan yang harus dilakukan. Bab V akan menguraikan hal-hal yang menjadi dasar perencanaan alinyemen vertikal.

- ***Penampang melintang jalan.***

Bagian-bagian dari jalan seperti lebar dan jumlah lajur, ada atau tidaknya median, drainase permukaan, kelandaian lereng tebing galian dan timbunan, serta bangunan pelengkap lainnya dapat dilihat pada gambar ini. Bab II akan menguraikan tentang bagian-bagian dari jalan dan pelengkapannya.

Koordinasi yang baik antara bentuk alinyemen vertikal dan horizontal memberikan keamanan dan kenyamanan pada pemakai jalan. Bagian ini akan dibahas pada Bab VI.

Penomoran jalan yang diperlukan sebagai alat untuk mengenal lokasi jalan dengan mudah, dibahas pada Bab VII.

Buku ini merupakan pengetahuan dasar dari perencanaan geometrik jalan, sehingga untuk pemakaiannya sejogyanyalah didampingi dengan buku-buku standar dan spesifikasi teknis yang berlaku. Akhir dari setiap bagian dilengkapi dengan rangkuman.

Jika diinginkan membaca lebih lanjut dianjurkan untuk membaca buku-buku yang terdapat dalam Daftar Pustaka.

# 2

## **P**ENAMPANG MELINTANG JALAN

**P***enampang* melintang jalan merupakan potongan melintang tegak lurus sumbu jalan. Pada potongan melintang jalan dapat terlihat bagian-bagian jalan. Bagian-bagian jalan yang utama dapat dikelompokkan sebagai berikut :

A. *Bagian yang langsung berguna untuk lalu lintas*

1. jalur lalu lintas
2. lajur lalu lintas
3. bahu jalan
4. trotoar
5. median

B. *Bagian yang berguna untuk drainase jalan*

1. saluran samping
2. kemiringan melintang jalur lalu lintas
3. kemiringan melintang bahu
4. kemiringan lereng

### C. Bagian pelengkap jalan

1. kereb
2. pengaman tepi

### D. Bagian konstruksi jalan

1. lapisan perkerasan jalan
2. lapisan pondasi atas
3. lapisan pondasi bawah
4. lapisan tanah dasar

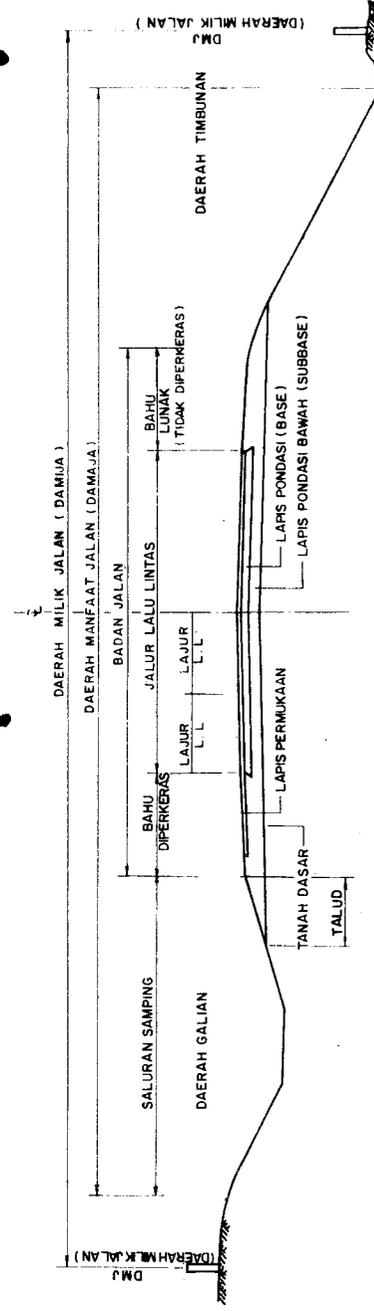
### E. Daerah manfaat jalan (damaja)

### F. Daerah milik jalan (damija)

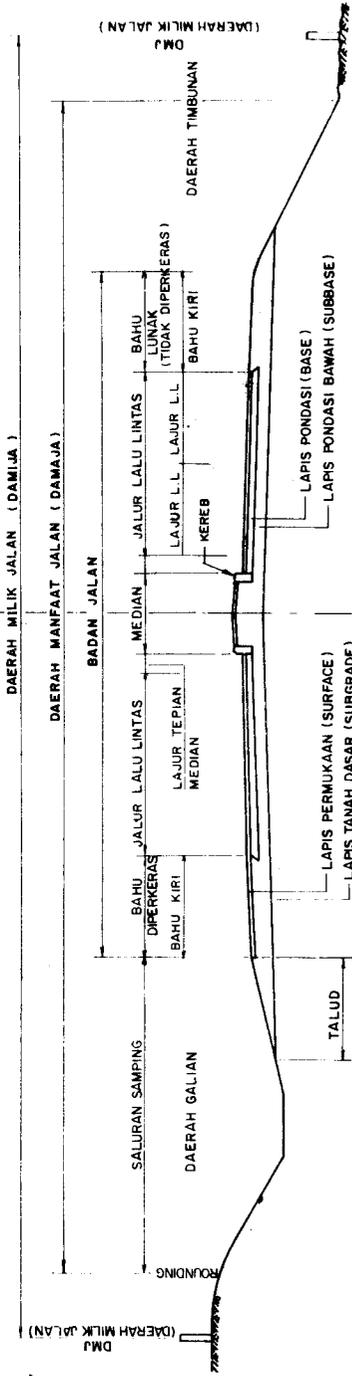
### G. Daerah pengawasan jalan (dawasja)

## 2.1 JALUR LALU LINTAS

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



Gambar 2.1. Penampang melintang jalan tanpa median.



Gambar 2.2. Penampang melintang jalan dengan median.

### ***Lebar lajur lalu lintas***

Lebar lajur lalu lintas merupakan bagian yang paling menentukan lebar melintang jalan secara keseluruhan. Besarnya lebar lajur lalu lintas hanya dapat ditentukan dengan pengamatan langsung di lapangan karena :

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

Lebar kendaraan penumpang pada umumnya bervariasi antara 1,50 m - 1,75 m. Bina Marga mengambil lebar kendaraan rencana untuk mobil penumpang adalah 1,70 m, dan 2,50 m untuk kendaraan rencana truk/bis/semitrailer. Lebar lajur lalu lintas merupakan lebar kendaraan ditambah dengan ruang bebas antara kendaraan yang besarnya sangat ditentukan oleh keamanan dan kenyamanan yang diharapkan. Jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas dengan kecepatan tinggi, membutuhkan ruang bebas untuk menyiap dan bergerak yang lebih besar dibandingkan dengan jalan untuk kecepatan rendah.

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

### ***Jumlah lajur lalu lintas***

Banyaknya lajur yang dibutuhkan sangat tergantung dari volume lalu lintas yang akan memakai jalan tersebut dan tingkat pelayanan jalan yang diharapkan.

### ***Kemiringan melintang jalur lalu lintas***

Kemiringan melintang jalur lalu lintas di jalan lurus diperuntukkan terutama untuk kebutuhan drainase jalan. Air yang jatuh di atas permukaan jalan supaya cepat dialirkan ke saluran-saluran pembuangan. Kemiringan melintang bervariasi antara 2 % - 4 %, untuk jenis lapisan permukaan dengan mempergunakan bahan pengikat seperti aspal atau semen. Semakin kedap air lapisan tersebut semakin kecil kemiringan melintang yang dapat dipergunakan.

Sedangkan untuk jalan dengan lapisan permukaan belum mempergunakan bahan pengikat seperti jalan berkerikil, kemiringan melintang dibuat sebesar 5%.

Kemiringan melintang jalur lalu lintas di tikungan dibuat untuk kebutuhan keseimbangan gaya sentrifugal yang bekerja, di samping kebutuhan akan drainase. Besarnya kemiringan melintang yang dibutuhkan pada tikungan akan dibicarakan lebih lanjut pada Bab IV. "Alinyemen Horizontal".

## **2.2 BAHU JALAN**

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

1. ruangan untuk tempat berhenti sementara kendaraan yang mogok atau yang sekedar berhenti karena pengemudi ingin berorientasi mengenai jurusan yang akan ditempuh, atau untuk beristirahat.
2. ruangan untuk menghindarkan diri dari saat-saat darurat, sehingga dapat mencegah terjadinya kecelakaan.

3. memberikan kelegaan pada pengemudi, dengan demikian dapat meningkatkan kapasitas jalan yang bersangkutan.
4. memberikan sokongan pada konstruksi perkerasan jalan dari arah samping.
5. ruangan pembantu pada waktu mengadakan pekerjaan perbaikan atau pemeliharaan jalan (untuk tempat penempatan alat-alat, dan penimbunan bahan material).
6. ruangan untuk lintasan kendaraan-kendaraan patroli, ambulans, yang sangat dibutuhkan pada keadaan darurat seperti terjadinya kecelakaan.

### **Jenis bahu**

Berdasarkan tipe perkerasannya, bahu jalan dapat dibedakan atas :

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

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

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

### **Lebar bahu jalan**

Besarnya lebar bahu jalan sangat dipengaruhi oleh :

- *Fungsi jalan*  
Jalan arteri direncanakan untuk kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan jalan lokal. Dengan demikian jalan arteri membutuhkan kebebasan samping, keamanan, dan kenyamanan yang lebih besar, atau menuntut lebar bahu yang lebih lebar dari jalan lokal.
- *Volume lalu lintas*  
Volume lalu lintas yang tinggi membutuhkan lebar bahu yang lebih lebar dibandingkan dengan volume lalu lintas yang lebih rendah.
- *Kegiatan disekitar jalan*  
Jalan yang melintasi daerah perkotaan, pasar, sekolah, membutuhkan lebar bahu jalan yang lebih lebar daripada jalan yang melintasi daerah rural, karena bahu jalan tersebut akan dipergunakan pula sebagai tempat parkir dan pejalan kaki.
- *Ada atau tidaknya trotoar.*
- *Biaya yang tersedia sehubungan dengan biaya pembebasan tanah, dan biaya untuk konstruksi.*  
Lebar bahu jalan dengan demikian dapat bervariasi antara 0,5 - 2,5m.

### **Lereng melintang bahu jalan**

Berfungsi atau tidaknya lereng melintang perkerasan jalan untuk mengalirkan air hujan yang jatuh di atasnya sangat ditentukan

oleh kemiringan melintang bagian samping jalur perkerasan itu sendiri, yaitu kemiringan melintang bahu jalan. Kemiringan melintang bahu yang tidak baik ditambah pula dengan bahu dari jenis tidak diperkeras akan menyebabkan air hujan merembes masuk ke lapisan perkerasan jalan. Hal ini dapat mengakibatkan turunnya daya dukung lapisan perkerasan, lepasnya ikatan antara agregat dan aspal yang akhirnya dapat memperpendek umur pelayanan jalan.

Guna keperluan tersebut, haruslah dibuat kemiringan melintang bahu jalan yang sebesar-besarnya tetapi masih aman dan nyaman bagi pengemudi kendaraan. Kemiringan melintang bahu lebih besar dari kemiringan melintang jalur perkerasan jalan. Kemiringan melintang bahu dapat bervariasi sampai dengan 6%, tergantung dari jenis permukaan bahu, intensitas hujan, dan kemungkinan penggunaan bahu jalan.

Pada daerah tikungan yang tajam, kemiringan melintang jalur perkerasan juga ditentukan dari kebutuhan akan keseimbangan gaya akibat gaya sentrifugal yang bekerja. Besar dan arah kemiringan melintang bahu harus juga disesuaikan demi keamanan pemakai jalan dan fungsi drainase itu sendiri. Perubahan kelandaian antara kemiringan melintang perkerasan jalan dan bahu (*roll over*) maksimum 8 %.

### **2.3 TROTOAR (Jalur Pejalan Kaki/Side Walk)**

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

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

#### **Lebar trotoar**

Lebar trotoar yang dibutuhkan ditentukan oleh volume pejalan kaki, tingkat pelayanan pejalan kaki yang diinginkan, dan fungsi jalan. Untuk itu lebar 1,5 - 3,0 m merupakan nilai yang umum dipergunakan.

## **2.4 MEDIAN**

Pada arus lalu lintas yang tinggi seringkali dibutuhkan median guna memisahkan arus lalu lintas yang berlawanan arah. Jadi median adalah jalur yang terletak ditengah jalan untuk membagi jalan dalam masing-masing arah.

Secara garis besar median berfungsi sebagai :

- menyediakan daerah netral yang cukup lebar dimana pengemudi masih dapat mengontrol kendaraannya pada saat-saat darurat.
- menyediakan jarak yang cukup untuk membatasi/mengurangi kesilauan terhadap lampu besar dari kendaraan yang berlawanan arah.
- menambah rasa kelegaan, kenyamanan dan keindahan bagi setiap pengemudi.
- mengamankan kebebasan samping dari masing-masing arah arus lalu lintas.

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

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

#### **Jalur tepian median**

Di samping median terdapat apa yang dinamakan jalur tepian median, yaitu jalur yang terletak berdampingan dengan median (pada ketinggian yang sama dengan jalur perkerasan). Jalur tepian median ini berfungsi untuk mengamankan kebebasan samping dari arus lalu lintas.

Lebar jalur tepian median dapat bervariasi antara 0,25 - 0,75 meter dan dibatasi dengan marka berupa garis putih menerus.

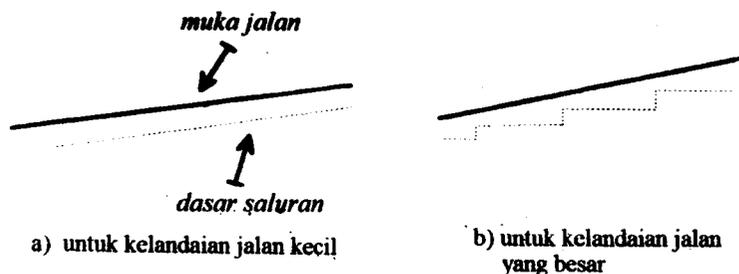
## 2.5 SALURAN SAMPING

Saluran samping terutama berguna untuk :

- mengalirkan air dari permukaan perkerasan jalan ataupun dari bagian luar jalan.
- menjaga supaya konstruksi jalan selalu berada dalam keadaan kering tidak terendam air.

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

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



Gambar 2.3 Kelandaian dasar saluran

Talud untuk saluran samping yang berbentuk trapesium dan tidak diperkeras adalah 2H:1V, atau sesuai dengan kemiringan yang memberikan kestabilan lereng yang aman. Untuk saluran samping yang mempergunakan pasangan batu, talud dapat dibuat 1.1.

## 2.6 TALUD/KEMIRINGAN LERENG

Talud jalan umumnya dibuat 2H:1V, tetapi untuk tanah-tanah yang mudah longsor talud jalan harus dibuat sesuai dengan besarnya landai yang aman, yang diperoleh dari perhitungan kestabilan lereng. Berdasarkan keadaan tanah pada lokasi jalan tersebut, mungkin saja dibuat bronjong, tembok penahan tanah, lereng bertingkat (*berm*) ataupun hanya ditutupi rumput saja.

## 2.7 KEREB

Yang dimaksud dengan kereb adalah penonjolan atau peninggian tepi perkerasan atau bahu jalan, yang terutama dimaksudkan untuk keperluan-keperluan drainase, mencegah keluarnya kendaraan dari tepi perkerasan, dan memberikan ketegasan tepi perkerasan.

Pada umumnya kereb digunakan pada jalan-jalan di daerah perkotaan, sedangkan untuk jalan-jalan antar kota kereb hanya dipergunakan jika jalan tersebut direncanakan untuk lalu lintas dengan kecepatan tinggi atau apabila melintasi perkampungan.

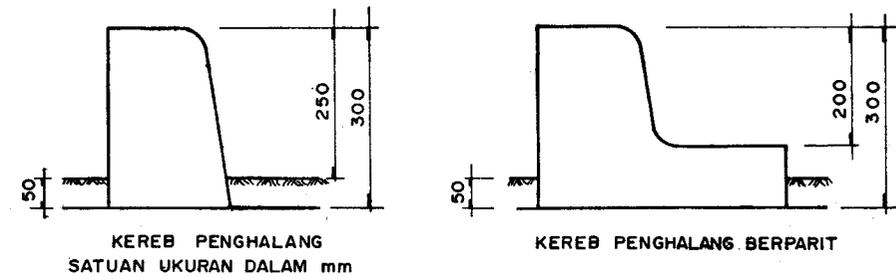
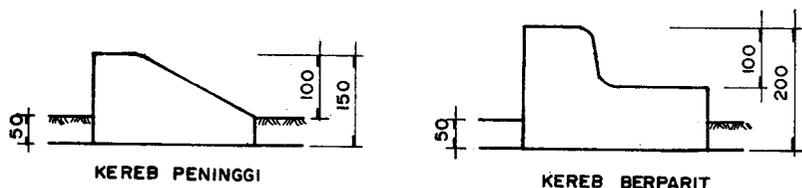
Berdasarkan fungsi dari kereb, maka kereb dapat dibedakan atas :

- Kereb peninggi (*mountable curb*), adalah kereb yang direncanakan agar dapat didaki kendaraan, biasanya terdapat di tempat parkir di pinggir jalan/jalur lalu lintas. Untuk kemudahan didaki oleh kendaraan maka kereb harus mempunyai bentuk permukaan lengkung yang baik. Tingginya berkisar antara 10 - 15 cm.

- Kereb penghalang (*barrier curb*), adalah kereb yang direncanakan untuk menghalangi atau mencegah kendaraan meninggalkan jalur lalu lintas, terutama di median, trotoar, pada jalan-jalan tanpa pagar pengaman. Tingginya berkisar antara 25 - 30 cm.
- Kereb berparit (*gutter curb*), adalah kereb yang direncanakan untuk membentuk sistem drainase perkerasan jalan. Kereb ini dianjurkan pada jalan yang memerlukan sistem drainase perkerasan lebih baik. Pada jalan lurus diletakkan di tepi luar dari perkerasan, sedangkan pada tikungan diletakkan pada tepi dalam. Tingginya berkisar antara 10 - 20 cm.
- Kereb penghalang berparit (*barrier gutter curb*), adalah kereb penghalang yang direncanakan untuk membentuk sistem drainase perkerasan jalan. Tingginya berkisar antara 20 - 30 cm.

## 2.8 PENGAMAN TEPI

Pengaman tepi bertujuan untuk memberikan ketegasan tepi badan jalan. Jika terjadi kecelakaan, dapat mencegah kendaraan keluar dari badan jalan. Umumnya dipergunakan di sepanjang jalan yang menyusur jurang, pada tanah timbunan dengan tikungan yang tajam, pada tepi-tepi jalan dengan tinggi timbunan lebih besar dari 2,5 meter, dan pada jalan-jalan dengan kecepatan tinggi.



Gambar 2.4 Jenis kereb

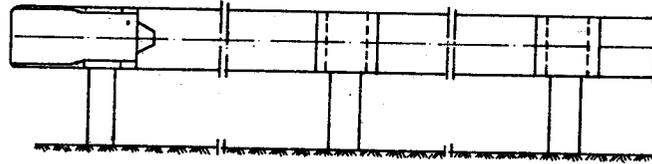
Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga "Produk Standar untuk Jalan Perkotaan, Februari 1987".

### *Jenis pengaman tepi*

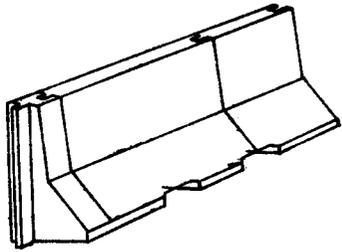
Pengaman tepi dapat dibedakan atas :

- *Pengaman tepi dari besi yang digalvanised (guard rail)*  
Pagar pengaman dari besi dipergunakan jika bertujuan untuk melawan tumbukan (*impact*) dari kendaraan dan mengembalikan kendaraan ke arah dalam sehingga kendaraan tetap bergerak dengan kecepatan yang makin kecil sepanjang pagar pengaman. Dengan adanya pagar pengaman diharapkan kendaraan tidak dengan tiba-tiba berhenti atau berguling ke luar badan jalan.
- *Pengaman tepi dari beton (parapet)*  
Pengaman tepi dari beton dianjurkan untuk dipergunakan pada jalan dengan kecepatan rencana 80 - 100 km/jam.
- *Pengaman tepi dari tanah timbunan*  
Dianjurkan digunakan untuk kecepatan rencana  $\leq 80$  km/jam.
- *Pengaman tepi dari batu kali*  
Tipe ini dikaitkan terutama untuk keindahan (*estetika*) dan pada jalan dengan kecepatan rencana  $\leq 60$  km/jam.

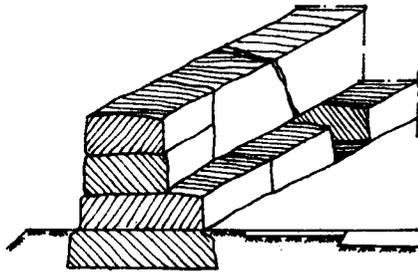
- *Pengaman tepi dari balok kayu*  
Tipe ini dipergunakan untuk kecepatan rencana  $\leq 40$  km/jam dan pada daerah parkir.



PENGAMAN TEPI DARI BESI ( GUARD RAIL )



PENGAMAN TEPI DARI BETON ( PARAPET )

PENGAMAN TEPI DARI PASANGAN  
BATU KALI

Gambar 2.5 Jenis pagar pengaman

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga "Produk Standar untuk Jalan Perkotaan, Februari 1987"

## 2.9 LAPISAN PERKERASAN JALAN

Lapisan Perkerasan Jalan dapat dibedakan atas lapisan permukaan, lapisan pondasi atas, lapisan pondasi bawah dan lapisan tanah dasar. Bagian ini lebih lanjut dapat dibaca pada buku "Perkerasan Lentur Jalan Raya" dari Penulis yang sama.

## 2.10 DAERAH MANFAAT JALAN (*damaja*)

Daerah Manfaat Jalan meliputi badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengamannya. Badan jalan meliputi jalur lalu lintas, dengan atau tanpa jalur pemisah dan bahu jalan.

## 2.11 DAERAH MILIK JALAN (*damija*)

Daerah Milik Jalan merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar dan tinggi tertentu yang dikuasai oleh Pembina Jalan dengan suatu hak tertentu.

Biasanya pada jarak tiap 1 km dipasang patok DMJ berwarna kuning.

Sejalur tanah tertentu diluar Daerah Manfaat Jalan tetapi di dalam Daerah Milik Jalan dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan keluasan keamanan penggunaan jalan antara lain untuk keperluan pelebaran Daerah Manfaat Jalan dikemudian hari.

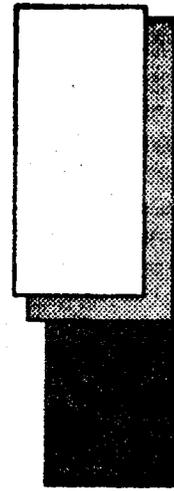
## 2.12 DAERAH PENGAWASAN JALAN (*dawasja*)

Daerah Pengawasan Jalan adalah sejalar tanah tertentu yang terletak di luar Daerah Milik Jalan, yang penggunaannya diawasi oleh Pembina Jalan, dengan maksud agar tidak mengganggu pandangan pengemudi dan konstruksi bangunan jalan, dalam hal tidak cukup luasnya Daerah milik Jalan.

## RANGKUMAN :

- Pada penampang melintang jalan dapat dilihat bagian-bagian dari jalan dan pelengkapannya.
- Jalur lalu lintas terdiri dari beberapa lajur lalu lintas.

- Lajur lalu lintas merupakan tempat untuk satu lintasan kendaraan. Lebar lajur lalu lintas bervariasi antara 2,75 sampai 3,5 meter.
- Lereng melintang jalur lalu lintas bervariasi antara 1,5-5%, yang berfungsi untuk mengalirkan air hujan yang jatuh di atas perkerasan jalan.
- Dilihat dari material pembuatnya bahu jalan dapat dibedakan atas bahu diperkeras dan bahu tidak diperkeras. Sedangkan dilihat dari letaknya dapat dibedakan atas bahu kiri/bahu luar dan bahu kanan/bahu dalam.
- Besar lereng melintang bahu sesuai dengan material pembentuk bahu, dan berfungsi sebagai bagian dari drainase jalan.
- Trotoar dengan lebar 1,5 - 3,0 meter merupakan sarana untuk pejalan kaki.
- Median sebagai pemisah arus lalu lintas berlawanan arah pada jalan-jalan dengan volume lalu lintas tinggi.
- Saluran samping sebagai bagian dari drainase jalan dapat dibuat dari pasangan batu kali, pasangan beton, atau tanah asli.
- Kereb merupakan bagian peninggi tepi perkerasan jalan.



# 3

## PARAMETER PERENCANAAN GEOMETRIK JALAN

**D**alam perencanaan geometrik jalan terdapat beberapa parameter perencanaan yang akan dibicarakan dalam bab ini, seperti kendaraan rencana, kecepatan rencana, volume & kapasitas jalan, dan tingkat pelayanan yang diberikan oleh jalan tersebut. Parameter-parameter ini merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan.

### 3.1 KENDARAAN RENCANA

Dilihat dari bentuk, ukuran, dan daya dari kendaraan-kendaraan yang mempergunakan jalan, kendaraan-kendaraan tersebut dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok. Umumnya dapat dikelompokkan menjadi kelompok mobil penumpang, bus/truk, semi trailer, trailer. Untuk perencanaan, setiap kelompok

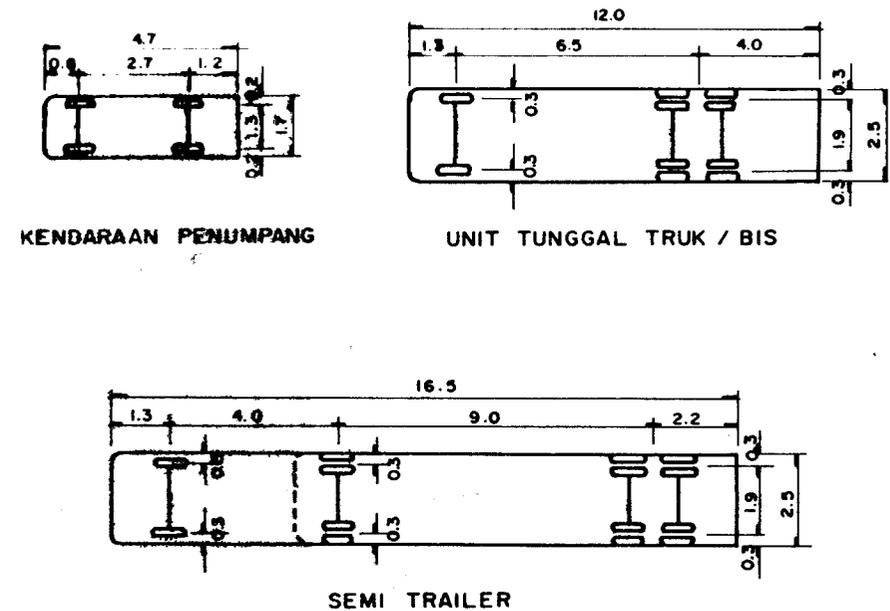
diwakili oleh satu ukuran standar, dan disebut sebagai kendaraan rencana. Ukuran kendaraan rencana untuk masing-masing kelompok adalah ukuran terbesar yang mewakili kelompoknya.

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang merupakan wakil dari kelompoknya, dipergunakan untuk merencanakan bagian-bagian dari jalan. Untuk perencanaan geometrik jalan, ukuran lebar kendaraan rencana akan mempengaruhi lebar lajur yang dibutuhkan. Sifat membelok kendaraan akan mempengaruhi perencanaan tikungan, dan lebar median dimana mobil diperkenankan untuk memutar (*U turn*). Daya kendaraan akan mempengaruhi tingkat kelandaian yang dipilih, dan tinggi tempat duduk pengemudi akan mempengaruhi jarak pandangan pengemudi. Kendaraan rencana mana yang akan dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan ditentukan oleh fungsi jalan dan jenis kendaraan dominan yang memakai jalan tersebut. Pertimbangan biaya tentu juga ikut menentukan kendaraan rencana yang dipilih sebagai kriteria perencanaan.

Tabel 3.1. dan gambar 3.1. menggambarkan ukuran kendaraan rencana untuk kendaraan penumpang, truk/bus tanpa gandengan, dan semi trailer yang diberikan oleh Bina Marga.

### 3.2 KECEPATAN

Kecepatan adalah besaran yang menunjukkan jarak yang ditempuh kendaraan dibagi waktu tempuh. Biasanya dinyatakan dalam km/jam. Kecepatan ini menggambarkan nilai gerak dari kendaraan. Perencanaan jalan yang baik tentu saja haruslah berdasarkan kecepatan yang dipilih dari keyakinan bahwa kecepatan tersebut sesuai dengan kondisi dan fungsi jalan yang diharapkan.



Gambar 3.1 Kendaraan rencana

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, "Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan, Januari 1988".

Tabel 3.1 Ukuran kendaraan rencana

(satuan : m)

Jenis Kendaraan	Panjang Total	Lebar Total	Tinggi	Depan Tergantung	Jarak Gandar	Belakang Tergantung	Radius Putar Min
Kendaraan penumpang	4,7	1,7	2,0	0,8	2,7	1,2	6
Truk/bus Tanpa gandengan	12,0	2,5	4,5	1,5	6,5	4,0	12
Kombinasi	16,5	2,5	4,0	1,3	4,0 (depan) 9,0 (belakang)	2,2	12

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, "Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan, Januari 1988"

### ***Kecepatan rencana***

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih untuk keperluan perencanaan setiap bagian jalan raya seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang dan lain-lain. Kecepatan yang dipilih tersebut adalah kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya tergantung dari bentuk jalan.

Hampir semua rencana bagian jalan dipengaruhi oleh kecepatan rencana, baik secara langsung seperti tikungan horizontal, kemiringan melintang di tikungan, jarak pandangan maupun secara tak langsung seperti lebar lajur, lebar bahu, kebebasan melintang dll. Oleh karena itu pemilihan kecepatan rencana sangat mempengaruhi keadaan seluruh bagian-bagian jalan dan biaya untuk pelaksanaan jalan tersebut.

Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kecepatan rencana adalah :

- *keadaan terrain, apakah datar, berbukit atau gunung*

Untuk menghemat biaya tentu saja perencanaan jalan sepantasnya disesuaikan dengan keadaan medan. Sebaliknya fungsi jalan seringkali menuntut perencanaan jalan tidak sesuai dengan kondisi medan dan sekitarnya. Hal ini menyebabkan tingginya volume pekerjaan tanah. Keseimbangan antara fungsi jalan dan keadaan medan akan menentukan biaya pembangunan jalan tersebut.

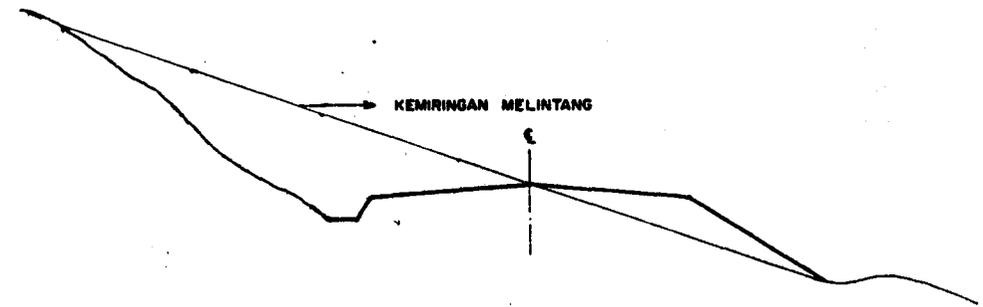
Medan dikatakan datar jika kecepatan kendaraan truk sama atau mendekati kecepatan mobil penumpang.

Medan dikatakan daerah perbukitan jika kecepatan kendaraan truk berkurang sampai di bawah kecepatan mobil penumpang, tetapi belum merangkak.

Medan dikatakan pergunungan jika kecepatan kendaraan truk berkurang banyak sehingga truk tersebut merangkak melewati jalan tersebut dengan frekwensi yang sering.

Medan datar, perbukitan, dan pergunungan dapat pula

dibedakan dari data besarnya kemiringan melintang rata-rata dari potongan melintang tegak lurus sumbu jalan.



Gambar 3.2 Kemiringan melintang rata-rata untuk patokan kondisi medan.

Spesifikasi Standar untuk Perencanaan Geometrik Jalan Luar Kota dari Bipran, Bina Marga (Rancangan Akhir) memberikan ketentuan sebagai berikut :

<u>Jenis Medan</u>	<u>Kemiringan melintang rata - rata</u>
Datar	0 - 9,9 %
Perbukitan	10 - 24,9 %
Pergunungan	≥ 25,0 %

Dari klasifikasi medan seperti di atas, mudah dimengerti jika kecepatan rencana daerah datar lebih besar dari daerah perbukitan dan kecepatan didaerah perbukitan lebih besar dari daerah pergunungan.

- *Sifat dan tingkat penggunaan daerah.* Kecepatan rencana yang diambil akan lebih besar untuk jalan luar kota dari

pada di daerah kota. Jalan raya dengan volume tinggi dapat direncanakan dengan kecepatan tinggi, karena penghematan biaya operasi kendaraan dan biaya operasi lainnya dapat mengimbangi tambahan biaya akibat diperlukannya tambahan biaya untuk pembebasan tanah dan konstruksi. Tetapi sebaliknya jalan raya dengan volume lalu lintas rendah tidak dapat direncanakan dengan kecepatan rencana rendah, karena pengemudi memilih kecepatan bukan berdasarkan volume lalu lintas saja, tetapi juga berdasarkan batasan fisik. Kecepatan rencana 80 km/jam dilihat dari sifat kendaraan pemakai jalan, dan kondisi jalan, merupakan kecepatan rencana tertinggi untuk jalan tanpa pengawasan jalan masuk. Sedangkan kecepatan rencana 20 km/jam merupakan kecepatan terendah yang masih mungkin untuk dipergunakan. Untuk jalan tol, yaitu jalan dengan pengawasan penuh, kecepatan rencana yang dipilih dapat 80-100 km/jam.

Kecepatan rencana untuk jalan arteri tentu saja harus dipilih lebih tinggi dari jalan kolektor.

Perubahan kecepatan rencana yang dipilih di sepanjang jalan tidak boleh terlalu besar dan tidak dalam jarak yang terlalu pendek. Perbedaan sebesar 10 km/jam dapat dipertimbangkan karena akan menghasilkan beda rencana geometrik yang cukup berarti.

### 3.3 VOLUME LALU LINTAS

Sebagai pengukur jumlah dari arus lalu lintas digunakan "Volume". Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit).

Volume lalu lintas yang tinggi membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebih lebar, sehingga tercipta kenyamanan dan keamanan. Sebaliknya jalan yang terlalu lebar untuk volume lalu lintas rendah

cenderung membahayakan, karena pengemudi cenderung mengemudi kendaraan pada kecepatan yang lebih tinggi sedangkan kondisi jalan belum tentu memungkinkan. Dan disamping itu mengakibatkan peningkatan biaya pembangunan jalan yang jelas tidak pada tempatnya.

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

- *Lalu Lintas Harian Rata - Rata*
- *Volume Jam Perencanaan*
- *Kapasitas*

#### ***Lalu lintas harian rata-rata***

Lalu Lintas Harian Rata-Rata adalah volume lalu lintas rata-rata dalam satu hari. Dari cara memperoleh data tersebut dikenal 2 jenis Lalu Lintas Harian Rata-Rata, yaitu Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT) dan Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR).

LHRT adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data selama satu tahun penuh.

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

LHRT dinyatakan dalam SMP/hari/2 arah atau kendaraan/hari/2 arah untuk jalan 2 jalur 2 arah, SMP/hari/1 arah atau kendaraan/hari/1 arah untuk jalan berlajur banyak dengan median.

#### ***Lalu-lintas harian rata-rata (LHR)***

Untuk dapat menghitung LHRT haruslah tersedia data jumlah kendaraan yang terus menerus selama 1 tahun penuh. Mengingat akan biaya yang diperlukan dan membandingkan dengan ketelitian

yang dicapai serta tak semua tempat di Indonesia mempunyai data volume lalu lintas selama 1 tahun, maka untuk kondisi tersebut dapat pula dipergunakan satuan "Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)".

LHR adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan.

$$LHR = \frac{\text{Jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{Lamanya pengamatan}} \dots\dots\dots (2)$$

Data LHR ini cukup teliti jika :

1. Pengamatan dilakukan pada interval-interval waktu yang cukup menggambarkan fluktuasi arus lalu lintas selama 1 tahun.
2. Hasil LHR yang dipergunakan adalah harga rata-rata dari perhitungan LHR beberapa kali.

LHR atau LHRT untuk perencanaan jalan baru diperoleh dari analisa data yang diperoleh dari survai asal dan tujuan serta volume lalu lintas di sekitar jalan tersebut.

**Volume jam perencanaan (VJP)**

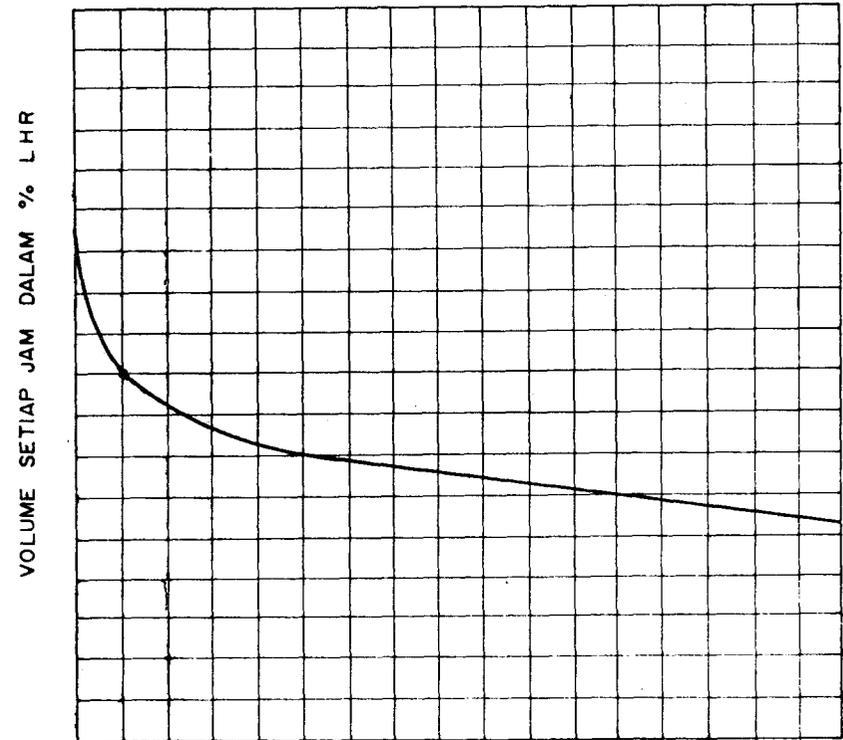
LHR dan LHRT adalah volume lalu lintas dalam satu hari, merupakan volume harian, sehingga nilai LHR dan LHRT itu tak dapat memberikan gambaran tentang fluktuasi arus lalu lintas lebih pendek dari 24 jam. LHR dan LHRT itu tak dapat memberikan gambaran perubahan-perubahan yang terjadi pada berbagai jam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

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

Volume 1 jam yang dapat dipergunakan sebagai VJP haruslah sedemikian rupa sehingga :

1. Volume tersebut tidak boleh terlalu sering terdapat pada distribusi arus lalu lintas setiap jam untuk periode satu tahun.
2. Apabila terdapat volume arus lalu lintas per jam yang melebihi volume jam perencanaan, maka kelebihan tersebut tidak boleh mempunyai nilai yang terlalu besar.
3. Volume tersebut tidak boleh mempunyai nilai yang sangat besar, sehingga akan mengakibatkan jalan akan menjadi lenggang dan biayanya pun mahal.

Bentuk umum dari lengkung yang menggambarkan hubungan antara jumlah jam dengan volume perjam yang lebih besar dari yang ditunjukkan dengan volume/jam dinyatakan dalam persentase LHR adalah seperti pada gambar 3.3. di bawah ini.



Gambar 3.3. Hubungan antara jumlah jam dalam 1 tahun dengan volume perjam yang dinyatakan dalam persentase LHR.

Menurut AASHTO tumpukan terjadi pada jam sibuk ke 30, dengan volume lalu lintas/jam = 15% LHR. Berarti terdapat 30 jam dalam setahun volume lalu lintas jauh lebih tinggi dari kondisi di tumpukan (lengkung sebelah kiri tumpukan pada gambar 3.3 menanjak dengan cepat).

VJP untuk jalan arteri sebaiknya diambil pada kondisi ini. Secara teoritis jalan yang direncanakan dengan VJP pada kondisi di tumpukan akan mengalami volume lalu lintas lebih besar dari volume perencanaan selama ± 30 jam dari 365 x 24 jam yang ada dalam setiap tahunnya. Hal ini cukup dapat diterima, daripada merencanakan jalan dengan volume maksimum yang hanya akan terjadi dalam periode yang sangat pendek setiap tahunnya. Untuk dapat menghemat biaya pada jalan-jalan yang kurang penting, VJP dapat diambil pada kondisi volume lalu lintas pada jam sibuk ke-100 atau ke-200. Hal ini masih dapat diterima karena hanya antara 100-200 jam dalam 365 x 24 jam jalan akan mengalami kemacetan, dan kemacetan itu pun tersebar selama satu tahun.

$$VJP = K.LHR \text{ atau } LHR = \frac{VJP}{K} \dots\dots\dots (3)$$

K = faktor VJP yang dipengaruhi oleh pemilihan jam sibuk seberapa, dan jalan antar kota atau jalan di dalam kota. Nilai K dapat bervariasi antara 10 - 15% untuk jalan antar kota, sedangkan untuk jalan dalam kota faktor K ini akan lebih kecil.

### **Kapasitas**

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

Perbedaan antara VJP dan kapasitas adalah VJP menunjukkan jumlah arus lalu-lintas yang direncanakan akan melintasi suatu penampang jalan selama satu jam, sedangkan kapasitas menunjukkan jumlah arus lalu-lintas yang maksimum dapat melewati penampang

tersebut dalam waktu 1 jam sesuai dengan kondisi jalan (sesuai dengan lebar lajur, kebebasan samping, kelandaian, dll).

Nilai kapasitas dapat diperoleh dari penyesuaian kapasitas dasar/ ideal dengan kondisi dari jalan yang direncanakan.

### **3.4 TINGKAT PELAYANAN JALAN**

Lebar dan jumlah lajur yang dibutuhkan tidak dapat direncanakan dengan baik walaupun VJP/LHR telah ditentukan. Hal ini disebabkan oleh karena tingkat kenyamanan dan keamanan yang akan diberikan oleh jalan rencana belum ditentukan. Lebar lajur yang dibutuhkan akan lebih lebar jika pelayanan dari jalan diharapkan lebih tinggi. Kebebasan bergerak yang dirasakan oleh pengemudi akan lebih baik pada jalan-jalan dengan kebebasan samping yang memadai, tetapi hal tersebut tentu saja menuntut daerah manfaat jalan yang lebih lebar pula.

Pada suatu keadaan dengan volume lalu-lintas yang rendah, pengemudi akan merasa lebih nyaman mengendarai kendaraan dibandingkan jika dia berada pada daerah tersebut dengan volume lalu-lintas yang lebih besar. Kenyamanan akan berkurang sebanding dengan bertambahnya volume lalu-lintas. Dengan perkataan lain rasa nyaman dan volume arus lalu-lintas tersebut berbanding terbalik. Tetapi kenyamanan dari kondisi arus lalu lintas yang ada tak cukup hanya digambarkan dengan volume lalu lintas tanpa disertai data kapasitas jalan, dan kecepatan pada jalan tersebut.

Sebagai contoh I, jalan dengan kapasitas 2000 kendaraan/jam mempunyai volume 1000 kendaraan/jam dibandingkan dengan jalan kedua yang mempunyai volume yang sama, tetapi dengan kapasitas 1500 kendaraan/jam. Pengemudi akan merasakan lebih nyaman mengendarai kendaraan pada jalan pertama dibandingkan dengan jalan kedua. Atau, tingkat pelayanan jalan pertama lebih baik dari jalan kedua.

Apa yang diuraikan di atas akan lebih mudah terlihat jika

diperhatikan nilai V/C dari masing- masing jalan.

$$V/C \text{ jalan I} = 1000/2000 = 0,5.$$

$$V/C \text{ jalan II} = 1000/1500 = 0,67$$

$$V/C \text{ jalan I} < V/C \text{ jalan II.}$$

Berarti tingkat pelayanan jalan I lebih baik dari jalan II.

Sebagai contoh II, jalan pertama dengan kapasitas 2000 kendaraan/jam mempunyai volume 1000 kendaraan/jam dan kecepatan rata-rata kendaraan pada jalan tersebut = 80 km/jam. Sedangkan jalan kedua juga mempunyai volume dan kapasitas yang sama, tetapi dengan kecepatan kendaraan rata-rata hanya 40 km/jam. Tingkat pelayanan jalan pertama lebih baik dari jalan kedua, hal ini ditunjukkan oleh nilai kecepatan rata-rata pada kedua jalan tersebut.

Dari kedua contoh di atas ternyata tingkat kenyamanan/pelayanan dari jalan tersebut dapat ditentukan dari nilai V/C dan kecepatan. Tingkat Pelayanan Jalan merupakan kondisi gabungan yang ditunjukkan dari hubungan antara V/C dan kecepatan seperti pada gambar 3.4.

Highway Capacity Manual membagi tingkat pelayanan jalan atas 6 keadaan yaitu :

Tingkat pelayanan A, dengan ciri-ciri :

- *arus lalu lintas bebas tanpa hambatan*
- *volume & kepadatan lalu lintas rendah*
- *kecepatan kendaraan merupakan pilihan pengemudi*

Tingkat pelayanan B, dengan ciri-ciri :

- *arus lalu lintas stabil*
- *kecepatan mulai dipengaruhi oleh keadaan lalu lintas, tetapi tetap dapat dipilih sesuai kehendak pengemudi*

Tingkat pelayanan C, dengan ciri-ciri :

- *arus lalu lintas masih stabil*
- *kecepatan perjalanan dan kebebasan bergerak sudah dipengaruhi oleh besarnya volume lalu lintas sehingga pengemudi tidak dapat lagi memilih kecepatan yang diinginkannya.*

Tingkat pelayanan D, dengan ciri-ciri :

- *arus lalu lintas sudah mulai tidak stabil*
- *perubahan volume lalu lintas sangat mempengaruhi besarnya kecepatan perjalanan.*

Tingkat pelayanan E, dengan ciri-ciri :

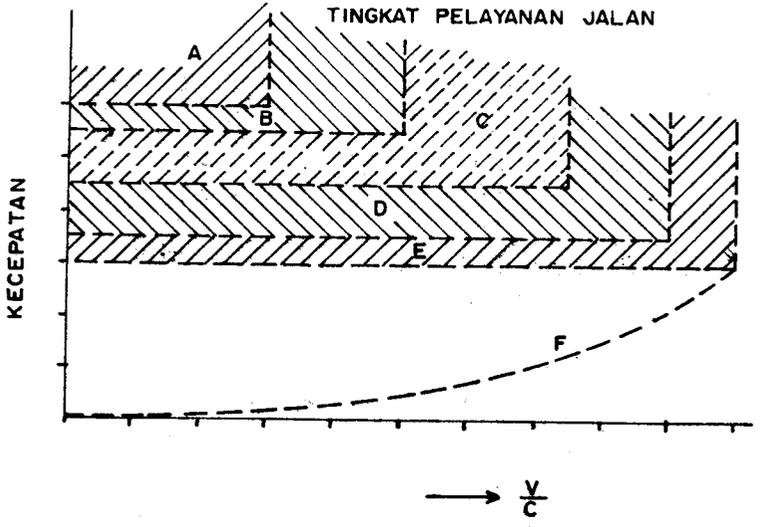
- *arus lalu lintas sudah tidak stabil*
- *volume kira-kira sama dengan kapasitas*
- *sering terjadi kemacetan*

Tingkat pelayanan F, dengan ciri-ciri :

- *arus lalu lintas tertahan pada kecepatan rendah*
- *sering kali terjadi kemacetan*
- *arus lalu lintas rendah*

Batasan-batasan nilai dari setiap tingkat pelayanan jalan dipengaruhi oleh fungsi jalan dan dimana jalan tersebut berada. Jalan tol yang berada di luar kota tentu saja dikehendaki dapat melayani kendaraan dengan kecepatan tinggi dan memberikan ruang bebas bergerak selama umur rencana jalan tersebut. Jalan kolektor sekunder yang berada di dalam kota dapat saja direncanakan untuk tingkat pelayanan E pada akhir umur rencana dan dengan kecepatan yang lebih rendah dari pada jalan antar kota.

Batasan-batasan nilai dari setiap tingkat pelayanan jalan dapat diperoleh pada buku-buku spesifikasi atau standar-standar yang berlaku.



Gambar 3.4. Tingkat pelayanan jalan.

### 3.5 JARAK PANDANGAN

Keamanan dan kenyamanan pengemudi kendaraan untuk dapat melihat dengan jelas dan menyadari situasinya pada saat mengemudi, sangat tergantung pada jarak yang dapat dilihat dari tempat kedudukannya. Panjang jalan di depan kendaraan yang masih dapat dilihat dengan jelas diukur dari titik kedudukan pengemudi, disebut *jarak pandangan*.

Jarak pandangan berguna untuk :

1. Menghindarkan terjadinya tabrakan yang dapat membahayakan kendaraan dan manusia akibat adanya benda yang berukuran cukup besar, kendaraan yang sedang berhenti, pejalan kaki, atau hewan-hewan pada lajur jalannya.
2. Memberi kemungkinan untuk mendahului kendaraan lain yang bergerak dengan kecepatan lebih rendah dengan mempergunakan lajur disebelahnya.
3. Menambah efisiensi jalan tersebut, sehingga volume pelayanan dapat dicapai semaksimal mungkin.

4. Sebagai pedoman bagi pengatur lalu-lintas dalam menempatkan rambu-rambu lalu-lintas yang diperlukan pada setiap segmen jalan.

Dilihat dari kegunaannya jarak pandangan dapat dibedakan atas :

- jarak pandangan henti yaitu jarak pandangan yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraannya.
- jarak pandangan menyiap yaitu jarak pandangan yang dibutuhkan untuk dapat menyiap kendaraan lain yang berada pada lajur jalannya dengan menggunakan lajur untuk arah yang berlawanan.

#### **Jarak pandangan henti**

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

*Jarak pandangan henti minimum* adalah jarak yang ditempuh pengemudi untuk menghentikan kendaraan yang bergerak setelah melihat adanya rintangan pada lajur jalannya. Rintangan itu dilihat dari tempat duduk pengemudi dan setelah menyadari adanya rintangan, pengemudi mengambil keputusan untuk berhenti.

Jarak pandangan henti minimum merupakan jarak yang ditempuh pengemudi selama menyadari adanya rintangan sampai menginjak rem, ditambah jarak untuk mengerem. Waktu yang dibutuhkan pengemudi dari saat dia menyadari adanya rintangan sampai dia mengambil keputusan disebut waktu PIEV. Jadi waktu PIEV adalah waktu yang dibutuhkan untuk proses deteksi, pengenalan dan pengambilan keputusan. Besarnya waktu ini dipengaruhi oleh kondisi jalan, mental pengemudi, kebiasaan, keadaan cuaca, penerangan, dan kondisi fisik pengemudi. Untuk

perencanaan AASHTO '90 mengambil waktu PIEV sebesar 1,5 detik.

Setelah pengemudi mengambil keputusan untuk menginjak rem, maka pengemudi membutuhkan waktu sampai dia menginjak pedal rem. Rata-rata pengemudi membutuhkan waktu 0,5 detik, kadangkala ada pula yang membutuhkan waktu 1 detik. Untuk perencanaan diambil waktu 1 detik, sehingga total waktu yang dibutuhkan dari saat dia melihat rintangan sampai menginjak pedal rem, disebut sebagai waktu reaksi adalah 2,5 detik.

Jarak yang ditempuh selama waktu tersebut adalah  $d_1$

$d_1 = \text{kecepatan} \times \text{waktu}$

$$d_1 = V \times t$$

Jika :

$d_1$  = jarak dari saat melihat rintangan sampai menginjak pedal rem, m.

$V$  = kecepatan km/jam

$t$  = waktu reaksi = 2,5 detik

maka :

$$d_1 = 0,278 V.t$$

Jarak mengerem ( $d_2$ ) adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan dari menginjak pedal rem sampai kendaraan itu berhenti. Jarak pengereman ini dipengaruhi oleh faktor ban, sistem pengereman itu sendiri, kondisi muka jalan, dan kondisi perkerasan jalan.

Pada sistem pengereman kendaraan, terdapat beberapa keadaan yaitu menurunnya putaran roda dan gesekan antara ban dengan permukaan jalan akibat terkuncinya roda. Untuk perencanaan hanya diperhitungkan akibat adanya gesekan antara ban dan muka jalan.

$$G \cdot f_m \cdot d_2 = \frac{GV^2}{2g}$$

$$d_2 = \frac{V^2}{2g \cdot f_m}$$

Jika :

$f_m$  = koefisien gesekan antara ban dan muka jalan dalam arah memanjang jalan

$d_2$  = jarak mengerem, m

$V$  = kecepatan kendaraan, km/jam

$g$  = 9,81 m/det<sup>2</sup>

$G$  = berat kendaraan, ton

maka :

$$\text{Jarak mengerem, } d_2 = \frac{V^2}{254 f_m}$$

Rumus umum dari jarak pandangan henti minimum adalah :

$$d = 0,278 V.t + \frac{V^2}{254 f_m} \quad \dots \dots \dots (4)$$

### **Tahanan pengereman (skid resistance)**

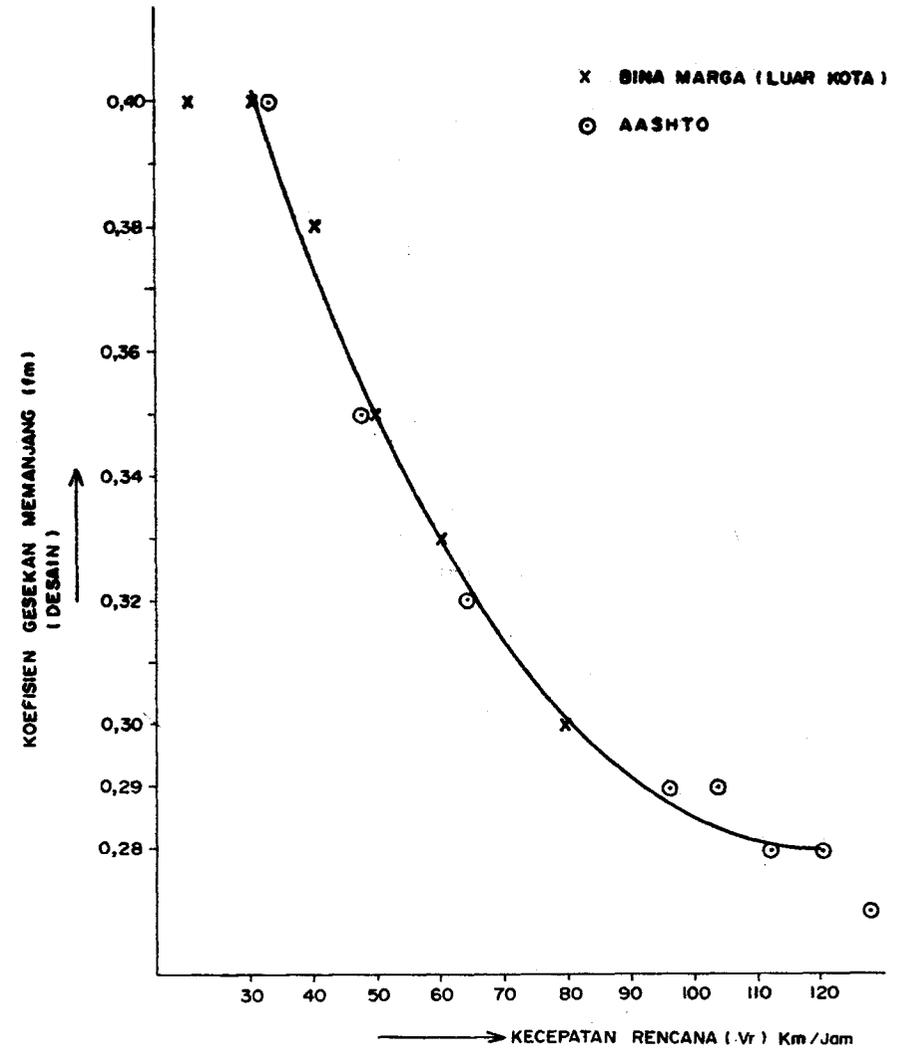
Tahanan pengereman dipengaruhi oleh tekanan ban, bentuk ban, bunga ban, kondisi ban, permukaan dan kondisi jalan, dan kecepatan kendaraan. Besarnya tahanan pengereman ini dinyatakan dalam "koefisien gesekan memanjang" jalan,  $f_m$  atau "bilangan geser",  $N$ . Koefisien gesekan memanjang jalan,  $f_m$  adalah perbandingan antara gaya gesekan memanjang jalan dan komponen gaya tegak lurus muka jalan, sedangkan bilangan geser,  $N$ , adalah 100  $f_m$ . Koefisien gesekan atau bilangan geser lebih rendah pada kondisi jalan basah, sehingga untuk perencanaan sebaiknya mempergunakan nilai dalam keadaan basah. Sedangkan kecepatan pada kondisi basah dapat diambil lebih kecil ( $\pm 90\%$ ) atau sama dengan kecepatan rencana, khususnya pada jalan dengan kecepatan tinggi.

AASHTO'90 memberikan nilai koefisien gesekan untuk perencanaan seperti pada gambar 3.5. Berdasarkan nilai tersebut diperoleh jarak pandangan henti seperti pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Jarak pandangan henti minimum

Kecepatan Rencana km/jam	Kecepatan Jalan km/jam	fm	d perhitungan untuk Vr m	d perhitungan Untuk Vj m	d desain m
30	27	0,400	29,71	25,94	25 - 30
40	36	0,375	44,60	38,63	40 - 45
50	45	0,350	62,87	54,05	55 - 65
60	54	0,330	84,65	72,32	75 - 85
70	63	0,313	110,28	93,71	95 - 110
80	72	0,300	139,59	118,07	120-140
100	90	0,285	207,64	174,44	175-210
120	108	0,280	285,87	239,06	240-285

- Kecepatan jalan  $V_j = 90\%$  kecepatan rencana ( $=V_r$ )
- fm berdasarkan gambar 3,5
- d dihitung dengan rumus (4), dengan  $t = 2,5$  detik



Gambar 3.5. Koefisien gesekan memanjang jalan

Tinggi rintangan pada lajur jalan dan tinggi mata pengemudi diukur dari tempat duduk pengemudi mobil penumpang sesuai yang diberikan oleh AASHTO '90, Bina Marga (*urban*), dan Bina Marga (*luar kota*) adalah seperti pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Tinggi rintangan dan mata pengemudi untuk perhitungan jarak pandangan henti minimum.

Standar	Tinggi rintangan h1 cm	Tinggi mata h2 cm
AASHTO90	15 (6 ft)	106 (3,5 ft)
Bina Marga (luar kota)	10	120
Bina Marga (urban)	10	100

### ***Pengaruh landai jalan terhadap jarak pandangan henti minimum***

Pada jalan-jalan berlandai terdapat harga berat kendaraan sejajar permukaan jalan, yang memberikan pengaruh cukup berarti pada penentuan jarak pengerem. Pada jalan-jalan menurun jarak pengerem akan bertambah panjang, sedangkan untuk jalan-jalan mendaki jarak pengerem akan bertambah pendek.

$$G \text{ fm } d_2 \pm G L d_2 = \frac{1}{2} G/g V^2$$

Dengan demikian rumus (4) di atas akan menjadi :

$$d = 0.278V.t + \frac{V^2}{254(f \pm L)} \quad \dots\dots\dots (5)$$

dimana :

**L** : adalah besarnya landai jalan dalam desimal

**+** : untuk pendakian

**-** : untuk penurunan

### ***Pertimbangan-pertimbangan penentuan besarnya jarak pengerem pada jalan yang berlandai***

#### ***1. Untuk jalan 2 arah tak terpisah***

Untuk landai menurun (-L) jarak pengerem yang dibutuhkan lebih besar dari untuk landai mendaki. Tetapi karena dipakai untuk 2 arah tak terpisah maka sebaiknya diambil Jarak pengerem = jarak pengerem untuk jalan datar.

#### ***2. Untuk jalan 1 arah***

Jarak pengerem harus dipertimbangkan berdasarkan landai jalan yang ada.

### ***Jarak pandangan henti berdasarkan kendaraan truk***

Rumus-rumus di atas ditentukan berdasarkan kendaraan penumpang. Truk lebih besar, tinggi, berkecepatan lebih rendah, dan kemampuan remnyapun berbeda dengan mobil penumpang, sehingga membutuhkan jarak pandangan henti lebih besar.

Tetapi secara umum jarak pandangan henti minimum untuk truk dapat diambil sama dengan jarak pandangan henti minimum untuk mobil penumpang, karena :

1. Tinggi mata pengemudi truk lebih tinggi dari pada tinggi mata pengemudi mobil penumpang, karena tempat duduk yang lebih tinggi. Tinggi mata pengemudi truk biasanya diambil 1.80 m diukur dari permukaan perkerasan.
2. Kecepatan truk lebih lambat dari pada mobil penumpang.

Tetapi terdapat keadaan-keadaan yang tidak dapat diabaikan yaitu pada penurunan yang sangat panjang, karena :

1. Tinggi mata pengemudi truk yang lebih tinggi tidak berarti lagi.

2. Kecepatan truk hampir sama dengan kecepatan mobil penumpang.

Dalam keadaan seperti ini maka jarak pandangan henti minimum sebaiknya diambil lebih panjang dari pada keadaan normal.

### ***Jarak pandangan menyiap untuk jalan 2 lajur 2 arah***

Pada umumnya untuk jalan 2 lajur 2 arah kendaraan dengan kecepatan tinggi sering mendahului kendaraan lain dengan kecepatan yang lebih rendah sehingga pengemudi tetap dapat mempertahankan kecepatan sesuai dengan yang diinginkannya. Gerakan menyiap dilakukan dengan mengambil lajur jalan yang diperuntukan untuk kendaraan dari arah yang berlawanan. Jarak yang dibutuhkan pengemudi sehingga dapat melakukan gerakan menyiap dengan aman dan dapat melihat kendaraan dari arah depan dengan bebas dinamakan jarak pandangan menyiap.

Jarak pandangan menyiap standar dihitung berdasarkan atas panjang jalan yang diperlukan untuk dapat melakukan gerakan menyiap suatu kendaraan dengan sempurna dan aman berdasarkan asumsi yang diambil. Apabila dalam suatu kesempatan dapat menyiap dua kendaraan sekaligus, tidaklah merupakan dasar dari perencanaan suatu jarak pandangan menyiap total.

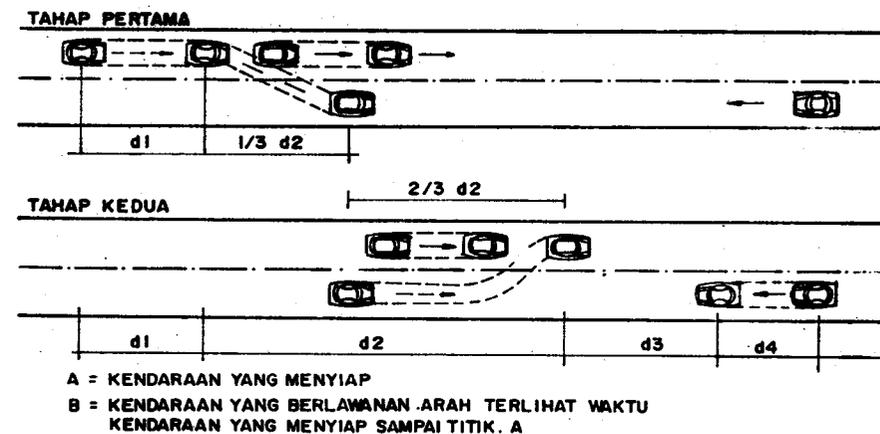
Jarak pandangan menyiap standar pada jalan dua lajur 2 arah dihitung berdasarkan beberapa asumsi terhadap sifat arus lalu-lintas yaitu :

- Kendaraan yang akan disiap harus mempunyai kecepatan yang tetap.
- Sebelum melakukan gerakan menyiap, kendaraan harus mengurangi kecepatannya dan mengikuti kendaraan yang akan disiap dengan kecepatan yang sama.
- Apabila kendaraan sudah berada pada lajur untuk menyiap, maka pengemudi harus mempunyai waktu untuk

menentukan apakah gerakan menyiap dapat diteruskan atau tidak.

- Kecepatan kendaraan yang menyiap mempunyai perbedaan sekitar 15 km/jam dengan kecepatan kendaraan yang disiap pada waktu melakukan gerakan menyiap.
- Pada saat kendaraan yang menyiap telah berada kembali pada lajur jalannya, maka harus tersedia cukup jarak dengan kendaraan yang bergerak dari arah yang berlawanan.
- Tinggi mata pengemudi diukur dari permukaan perkerasan menurut AASHTO'90 = 1.06 m (3.5 ft) dan tinggi objek yaitu kendaraan yang akan disiap adalah 1.25 m (4.25 ft), sedangkan Bina Marga (urban) mengambil tinggi mata pengemudi sama dengan tinggi objek yaitu 1.00 m.
- Kendaraan yang bergerak dari arah yang berlawanan mempunyai kecepatan yang sama dengan kendaraan yang menyiap.

Jarak pandangan menyiap standar untuk jalan dua lajur 2 arah terdiri dari 2 tahap yaitu :



Gambar 3.6. Proses gerakan menyiap pada jalan 2 lajur 2 arah.

dimana :

$d_1$  = Jarak yang ditempuh selama waktu reaksi oleh kendaraan yang hendak menyiap dan membawa kendaraannya yang hendak membelok ke lajur kanan.

$d_2$  = Jarak yang ditempuh kendaraan yang menyiap selama berada pada lajur sebelah kanan.

$d_3$  = Jarak bebas yang harus ada antara kendaraan yang menyiap dengan kendaraan yang berlawanan arah setelah gerakan menyiap dilakukan.

$d_4$  = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang berlawanan arah selama  $2/3$  dari waktu yang diperlukan oleh kendaraan yang menyiap berada pada lajur sebelah kanan atau sama dengan  $2/3 \times d_2$ .

Jarak pandangan menyiap standar adalah :

$$d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \quad \dots\dots\dots (6)$$

dimana:

$$d_1 = 0,278t_1 \left( V - m + \frac{at_1}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (7)$$

$d_1$  = Jarak yang ditempuh kendaraan yang hendak menyiap selama waktu reaksi dan waktu membawa kendaraannya yang hendak membelok ke lajur kanan.

$t_1$  = waktu reaksi, yang besarnya tergantung dari kecepatan yang dapat ditentukan dengan korelasi  $t_1 = 2,12 + 0,026 V$  (gambar 3.7).

$m$  = perbedaan kecepatan antara kendaran yang menyiap dan yang disiap = 15 km/jam.

$V$  = kecepatan rata-rata kendaraan yang menyiap, dalam perhitungan dapat dianggap sama dengan kecepatan rencana, km/jam.

a percepatan rata-rata yang besarnya tergantung dari kecepatan rata-rata kendaraan yang menyiap yang dapat ditentukan dengan mempergunakan korelasi  $a = 2,052 + 0,0036 V$  (gambar 3.8.).

$$d_2 = 0,278 V \cdot t_2 \quad \dots\dots\dots (8)$$

dimana :

$d_2$  = jarak yang ditempuh selama kendaraan yang menyiap berada pada lajur kanan.

$t_2$  = waktu dimana kendaraan yang menyiap berada pada lajur kanan yang dapat ditentukan dengan mempergunakan korelasi  $t_2 = 6,56 + 0,048 V$  (gambar 3.7.).

$d_3$  = diambil 30 - 100 m

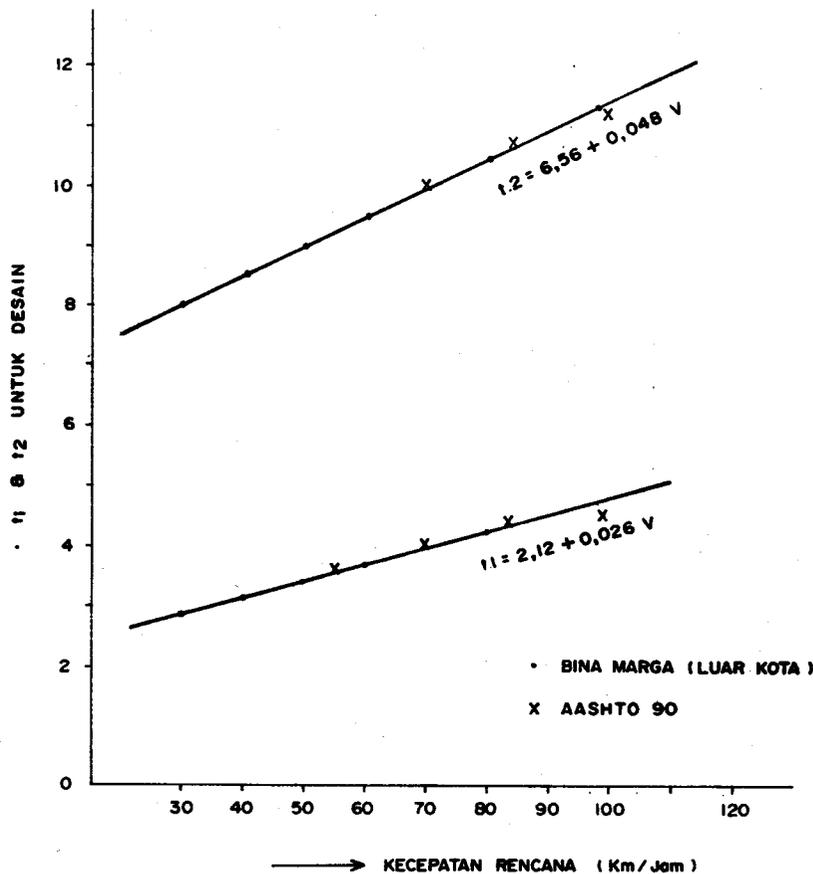
$d_4 = 2/3 d_2$

Di dalam perencanaan seringkali kondisi jarak pandangan menyiap standar ini terbatas oleh kekurangan biaya, sehingga jarak pandangan menyiap yang dipergunakan dapat mempergunakan jarak pandangan menyiap minimum ( $d_{min}$ )

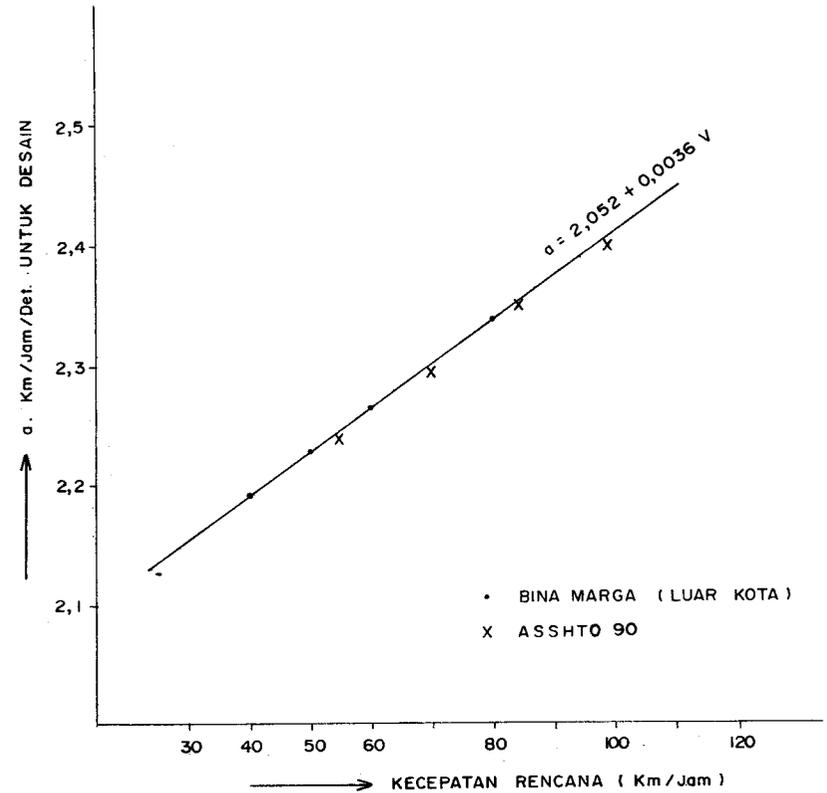
$$d_{min} = 2/3 d_2 + d_3 + d_4 \quad \dots\dots\dots (9)$$

Tabel 3.4. Jarak pandangan menyiap

V rencana km/jam	J.pandangan menyiap standar perhitungan m	J.pandangan menyiap standar desain m	J.pandangan menyiap minimum (perhitungan) m	J.pandangan menyiap minimum desain m
30	146	150	109	100
40	207	200	151	150
50	274	275	196	200
60	353	350	250	250
70	437	450	307	300
80	527	550	368	400
100	720	750	496	500
120	937	950	638	650



Gambar 3.7. Korelasi antara t<sub>1</sub> dan t<sub>2</sub> dengan kecepatan.



Gambar 3.8. Korelasi antara a dengan kecepatan.

**Frekwensi pengadaan jarak pandangan menyiap**

Frekwensi pengadaan jarak pandangan menyiap pada seluruh panjang jalan akan sangat mempengaruhi volume pelayanan dari jalan tersebut. Keadaan topografi dan kecepatan rencana mempengaruhi pengadaan jarak pandangan menyiap. Seorang perencana akhirnya haruslah membandingkan efisiensi dari pemenuhan jarak pandangan menyiap dan biaya pembangunan jalan yang disesuaikan dengan fungsi jalan.

Bina Marga (luar kota) menyarankan sekurang-kurangnya 10% panjang seluruh jalan harus mempunyai jarak pandang menyiap.

### ***Jarak pandangan pada malam hari***

Pandangan pada malam hari dibatasi oleh kemampuan penyinaran dan ketinggian letak lampu besar, serta hal-hal lain seperti sifat pemantulan dari benda-benda. Jadi keadaan yang menentukan pada malam hari adalah jarak pandangan henti, sedangkan jarak pandangan menyiap, dimana bahaya yang timbul diakibatkan oleh kendaraan dari arah lawan tidak lagi menentukan, karena sorotan lampu kendaraan yang datang akan terlihat nyata. Dengan demikian faktor yang paling menentukan pada malam hari adalah faktor lampu besar. Penurunan kemampuan untuk melihat pada malam hari terutama adalah akibat kesilauan lampu besar dari kendaraan yang berlawanan arah.

### **RANGKUMAN :**

- Kendaraan rencana merupakan kendaraan yang mewakili satu kelompok jenis kendaraan, yang dipergunakan untuk perencanaan jalan.
- Kendaraan rencana mempengaruhi perencanaan lebar lajur, jarak pandangan, radius tikungan, pelebaran pada tikungan, dan perencanaan landai jalan.
- Kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih untuk dipergunakan sebagai dasar perencanaan geometrik jalan.
- VJP adalah volume lalu lintas setiap jam yang dipilih sebagai dasar perencanaan bagian-bagian jalan.
- VJP dapat dipilih dari volume pada jam sibuk ke 30, ke 100, dan ke 200, sesuai dengan fungsi dan biaya jalan.
- Kapasitas adalah volume lalu lintas maksimum sesuai dengan kondisi arus lalu lintas dan fisik jalan.
- Tingkat pelayanan jalan adalah nilai pelayanan yang diberikan oleh jalan untuk gerakan kendaraan.
- VJP, dan tingkat pelayanan jalan yang diharapkan merupakan

dasar dalam menentukan lebar jalan yang dibutuhkan secara keseluruhan.

- Untuk jalan baru:
  - Perkiraan LHR awal dan akhir umur rencana.
  - $VJP = K \text{ LHR}$
  - Berdasarkan fungsi jalan tentukan tingkat pelayanan jalan yang diharapkan dan kecepatan rencana jalan tersebut.
  - Tentukan lebar jalan secara keseluruhan (bandingkan dengan kapasitas jalan tersebut).
- Untuk peningkatan jalan
  - Hitung LHR dari survey volume lalu lintas pada jalan tersebut.
  - Perkiraan LHR pada awal dan akhir umur rencana
  - $VJP = K \text{ LHR}$
  - Berdasarkan fungsi jalan tentukan tingkat pelayanan jalan yang diharapkan dan kecepatan rencana
  - Hitung kapasitas jalan saat ini.
  - Tentukan tingkat pelayanan jalan saat ini, jika lebih jelek dari yang diharapkan, jalan tersebut harus diperlebar.
  - Perkiraan lebar jalan baru, dan bandingkan kembali kapasitas yang terjadi dengan kapasitas yang diharapkan.
- Jarak pandangan adalah jarak yang masih dapat dilihat pengemudi dari tempat duduknya.
- Jarak pandangan dapat dibedakan atas jarak pandangan henti dan jarak pandangan menyiap.
- Jarak pandangan menyiap hanya dipergunakan dalam perencanaan untuk jalan 2 arah tanpa median.
- Dalam penentuan panjang jarak pandangan henti dan jarak pandangan menyiap penting untuk diketahui asumsi-asumsi yang diambil.

# 4

## ALINYEMEN HORIZONTAL

**A**linyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal dikenal juga dengan nama "situasi jalan" atau "trase jalan". Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah busur peralihan, busur peralihan saja ataupun busur lingkaran saja.

### 4.1. GAYA SENTRIFUGAL

Apabila suatu kendaraan bergerak dengan kecepatan tetap  $V$  pada bidang datar atau miring dengan lintasan berbentuk suatu lengkung seperti lingkaran, maka pada kendaraan tersebut bekerja gaya kecepatan  $V$  dan gaya sentrifugal  $F$ . Gaya sentrifugal mendorong kendaraan secara radial keluar dari lajur jalannya, berarah tegak lurus terhadap gaya kecepatan  $V$ . Gaya ini menimbulkan rasa tidak nyaman pada si pengemudi.

Gaya sentrifugal ( $F$ ) yang terjadi  $F = m a$

dimana :

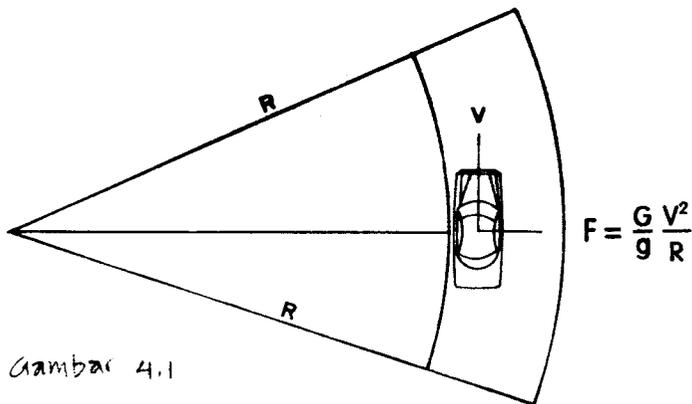
$$m = \text{massa} = G/g$$

- $G$  = berat kendaraan  
 $g$  = gaya gravitasi bumi  
 $a$  = percepatan sentrifugal  
 $= V^2/R$   
 $V$  = kecepatan kendaraan  
 $R$  = jari-jari lengkung lintasan

Dengan demikian besarnya gaya sentrifugal dapat ditulis sbb :

$$F = \frac{G V^2}{g R}$$

Untuk dapat mempertahankan kendaraan tersebut tetap pada sumbu lajur jalannya, maka perlu adanya gaya yang dapat mengimbangi gaya tersebut sehingga terjadi suatu keseimbangan.



Gambar 4.1

Gambar 4.1. Gaya sentrifugal pada lengkung horizontal.

Gaya yang mengimbangi gaya sentrifugal tersebut dapat berasal dari :

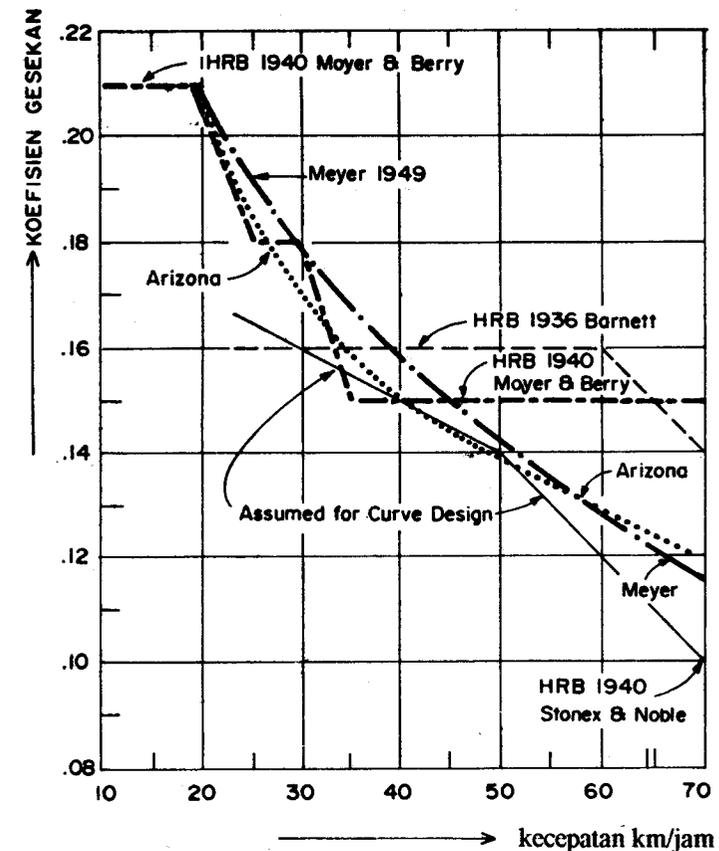
- gaya gesekan melintang antara ban kendaraan dengan permukaan jalan.
- komponen berat kendaraan akibat kemiringan melintang permukaan jalan.

### ***Gaya gesekan melintang ( $F_s$ ) antara ban kendaraan dan permukaan jalan***

Gaya gesekan melintang ( $F_s$ ) adalah besarnya gesekan yang timbul antara ban dan permukaan jalan dalam arah melintang jalan yang berfungsi untuk mengimbangi gaya sentrifugal.

Perbandingan antara gaya gesekan melintang dan gaya normal yang bekerja disebut *koefisien gesekan melintang*.

Besarnya koefisien gesekan melintang dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis dan kondisi ban, tekanan ban, kekasaran permukaan perkerasan, kecepatan kendaraan, dan keadaan cuaca.

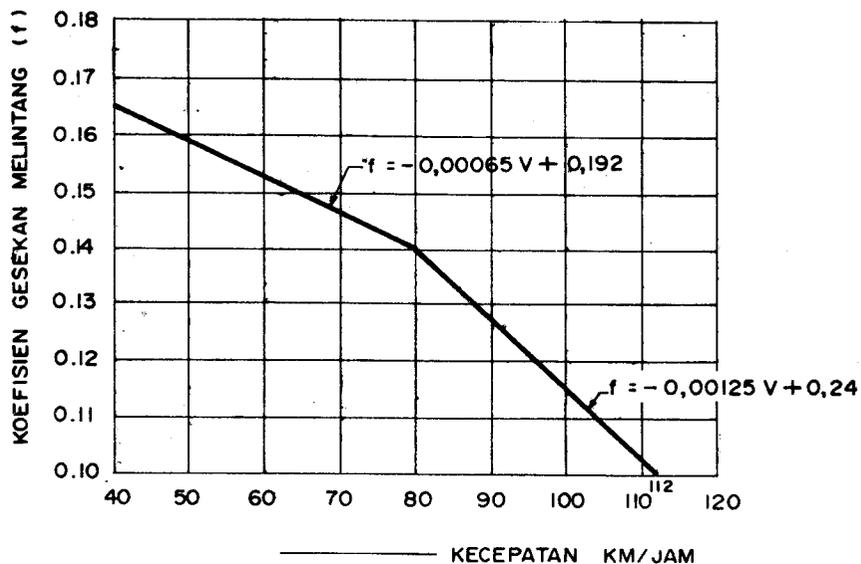


Gambar 4.2. Korelasi antara koefisien gesekan melintang maksimum dan kecepatan rencana (TEH'92).

Pada gambar 4.2 yang diambil dari buku "Traffic Engineering Handbook", 1992, 4th Edition, Institute Of Transportation Engineers, Prentice Hall, Inc. dapat dilihat besarnya koefisien gesekan melintang jalan yang diperoleh oleh beberapa peneliti. Perbedaan nilai yang diperoleh untuk satu nilai kecepatan dapat disebabkan oleh perbedaan kekasaran permukaan jalan, cuaca, dan kondisi serta jenis ban. Nilai koefisien gesekan melintang yang dipergunakan untuk perencanaan haruslah merupakan nilai yang telah mempertimbangkan faktor keamanan pengemudi, sehingga bukanlah merupakan nilai maksimum yang terjadi. Untuk kecepatan rendah diperoleh koefisien gesekan melintang yang tinggi dan untuk kecepatan tinggi diperoleh koefisien gesekan melintang yang rendah.

Untuk perencanaan disarankan mempergunakan nilai koefisien gesekan melintang maksimum seperti garis lurus pada gambar 4.2.

Gambar 4.3. memberikan besarnya koefisien gesekan melintang maksimum perencanaan untuk satuan SI.



Gambar 4.3. Koefien gesekan melintang maksimum untuk desain (berdasarkan TEH'92 dalam satuan SI).

akan menyebabkan rasa tidak nyaman bagi pengemudi yang mengendarai kendaraannya dengan kecepatan rendah.

- keadaan lingkungan, perkotaan (*urban*) atau luar kota (*rural*).

Di dalam kota kendaraan bergerak lebih perlahan-lahan, banyak terdapat persimpangan-persimpangan, rambu-rambu lalu lintas yang harus diperhatikan, arus pejalan kaki, arus lalu lintas yang lebih padat, sehingga sebaiknya superelevasi maksimum di perkotaan dipilih lebih kecil daripada di luar kota.

- komposisi jenis kendaraan dari arus lalu-lintas.

Banyaknya kendaraan berat yang bergerak lebih lambat serta adanya kendaraan yang ditarik oleh hewan atau kendaraan tak bermesin, mengakibatkan gerak arus lalu lintas menjadi tidak menentu. Pada kondisi ini sebaiknya dipilih superelevasi maksimum yang lebih rendah.

Terdapatnya faktor-faktor yang membatasi seperti yang disebutkan di atas serta timbulnya hal-hal tersebut tidaklah sama untuk setiap tempat, maka dengan demikian akan terdapat beragam nilai superelevasi maksimum jalan yang diperbolehkan untuk setiap tempat dan negara.

Untuk daerah yang licin akibat sering turun hujan atau kabut sebaiknya  $e$  maksimum 8%, dan di daerah perkotaan di mana sering kali terjadi kemacetan dianjurkan menggunakan  $e$  maksimum 4-6%. Pada daerah persimpangan tempat pertemuan beberapa jalur jalan,  $e$  maksimum yang dipergunakan sebaiknya rendah, bahkan dapat tanpa superelevasi. AASHTO menganjurkan pemakaian beberapa nilai superelevasi maksimum yaitu 0,04, 0,06, 0,08, 0,10 dan 0,12. Indonesia pada saat ini umumnya mengambil nilai 0,08 dan 0,10. Bina Marga (luar kota) menganjurkan superelevasi maksimum 10% untuk kecepatan rencana  $> 30$  km/jam dan 8% untuk kecepatan rencana  $30$  km/jam, sedangkan untuk jalan di dalam kota dapat dipergunakan superelevasi maksimum 6%.

Untuk kecepatan rencana  $< 80$  km/jam berlaku  $f = -0,00065 V + 0,192$  dan untuk kecepatan rencana antara  $80 - 112$  km/jam berlaku  $f = -0,00125 V + 0,24$ .

### ***Kemiringan melintang permukaan pada lengkung horizontal (superelevasi)***

Komponen berat kendaraan untuk mengimbangi gaya sentrifugal diperoleh dengan membuat kemiringan melintang jalan. Kemiringan melintang jalan pada lengkung horizontal yang bertujuan untuk memperoleh komponen berat kendaraan guna mengimbangi gaya sentrifugal biasanya disebut superelevasi. Semakin besar superelevasi semakin besar pula komponen berat kendaraan yang diperoleh.

Superelevasi maksimum yang dapat dipergunakan pada suatu jalan raya dibatasi oleh beberapa keadaan seperti :

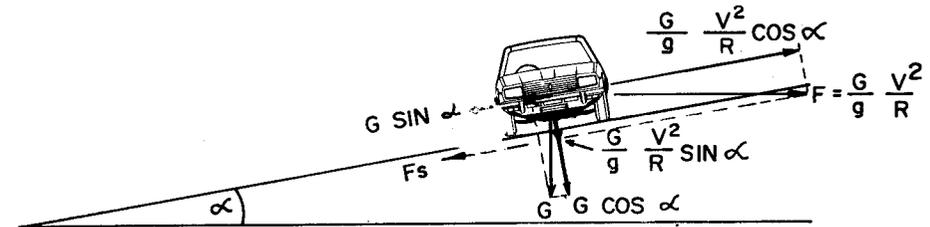
- keadaan cuaca, seperti sering turun hujan, berkabut. Di daerah yang memiliki 4 musim, superelevasi maksimum yang dipilih dipengaruhi juga oleh sering dan banyaknya salju yang turun.
- Jalan yang berada di daerah yang sering turun hujan, berkabut, atau sering turun salju, superelevasi maksimum lebih rendah daripada jalan yang berada di daerah yang selalu bercuaca baik.
- keadaan medan, seperti datar, berbukit-bukit atau perunungan.

Di daerah datar superelevasi maksimum dapat dipilih lebih tinggi daripada di daerah berbukit-bukit, atau di daerah perunungan. Dalam hal ini batasan superelevasi maksimum yang dipilih lebih ditentukan dari kesukaran yang dialami dalam hal pembuatan dan pelaksanaan dari jalan dengan superelevasi maksimum yang besar. Di samping itu superelevasi maksimum yang terlalu tinggi

### ***Rumus umum lengkung horizontal***

Gesekan melintang antara ban kendaraan dengan permukaan jalan bersama-sama dengan komponen berat kendaraan akibat adanya kemiringan melintang lengkung horizontal digunakan untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang timbul.

Gaya-gaya yang bekerja digambarkan seperti pada gambar 4.4, yaitu gaya sentrifugal  $F$ , berat kendaraan  $G$ , dan gaya gesekan antara ban dan permukaan jalan  $F_s$ .



Gambar 4.4. Gaya-gaya yang bekerja pada lengkung horizontal.

$$G \sin \alpha + F_s = \frac{G}{g} \frac{V^2}{R} \cos \alpha$$

$$G \sin \alpha + f \left( G \cos \alpha + \frac{G}{g} \frac{V^2}{R} \sin \alpha \right) = \frac{G}{g} \frac{V^2}{R} \cos \alpha$$

$$G \sin \alpha + f G \cos \alpha = \frac{G}{g} \frac{V^2}{R} (\cos \alpha - f \sin \alpha)$$

$$G \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} + f G = \frac{G}{g} \frac{V^2}{R} (1 - f \tan \alpha)$$

$$e = \tan \alpha$$

$$G (e + f) = \frac{G V^2}{g R} (1 - ef)$$

$$\frac{e + f}{1 - ef} = \frac{V^2}{g R}$$

Karena nilai  $ef$  itu kecil, maka dapat diabaikan, dengan demikian diperoleh rumus umum untuk lengkung horizontal sebagai berikut :

$$e + f = \frac{V^2}{gR}$$

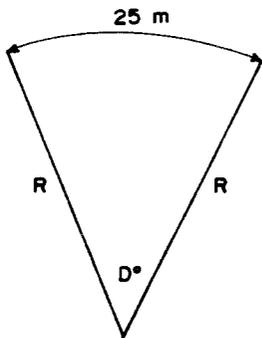
Jika  $V$  dinyatakan dalam km/jam,  $g = 9,81 \text{ m/det}^2$ , dan  $R$  dalam m, maka diperoleh :

$$e + f = \frac{V^2}{127R} \dots\dots\dots (10)$$

Ketajaman lengkung horizontal dinyatakan dengan besarnya radius dari lengkung tersebut atau dengan besarnya derajat lengkung.

Derajat lengkung adalah besarnya sudut lengkung yang menghasilkan panjang busur 25 m (Gambar 4.5).

Semakin besar  $R$  semakin kecil  $D$  dan semakin tumpul lengkung horizontal rencana. Sebaliknya semakin kecil  $R$ , semakin besar  $D$  dan semakin tajam lengkung horizontal yang direncanakan.



Ini berarti :

$$D = \frac{25}{2\pi R} \times 360^\circ$$

$$D = \frac{1432,39}{R} \dots\dots\dots (11)$$

$R$  dalam m

Gambar 4.5. Korelasi antara derajat lengkung ( $D$ ) dan radius lengkung ( $R$ ).

**Radius minimum atau derajat lengkung maksimum**

Dari persamaan  $e + f = V^2/127R$  terlihat bahwa besarnya radius lengkung horizontal dipengaruhi oleh nilai  $e$  dan  $f$  serta nilai kecepatan rencana yang ditetapkan. Ini berarti terdapat nilai radius minimum atau derajat lengkung maksimum untuk nilai superelevasi maksimum dan koefisien gesekan melintang maksimum. Lengkung tersebut dinamakan lengkung tertajam yang dapat direncanakan untuk satu nilai kecepatan rencana yang dipilih pada satu nilai superelevasi maksimum.

Berdasarkan pertimbangan peningkatan jalan dikemudian hari sebaiknya dihindarkan merencanakan alinyemen horizontal jalan dengan mempergunakan radius minimum yang menghasilkan lengkung tertajam tersebut. Di samping sukar menyesuaikan diri dengan peningkatan jalan juga menimbulkan rasa tidak nyaman pada pengemudi yang bergerak dengan kecepatan lebih tinggi dari kecepatan rencana. Harga radius minimum ini sebaiknya hanya merupakan harga batas sebagai petunjuk dalam memilih radius untuk perencanaan saja.

$R$  minimum dapat ditentukan dengan mempergunakan rumus tersebut dibawah ini :

$$R \text{ min} = \frac{V^2}{127(e \text{ maks} + f \text{ maks})} \dots\dots\dots (12)$$

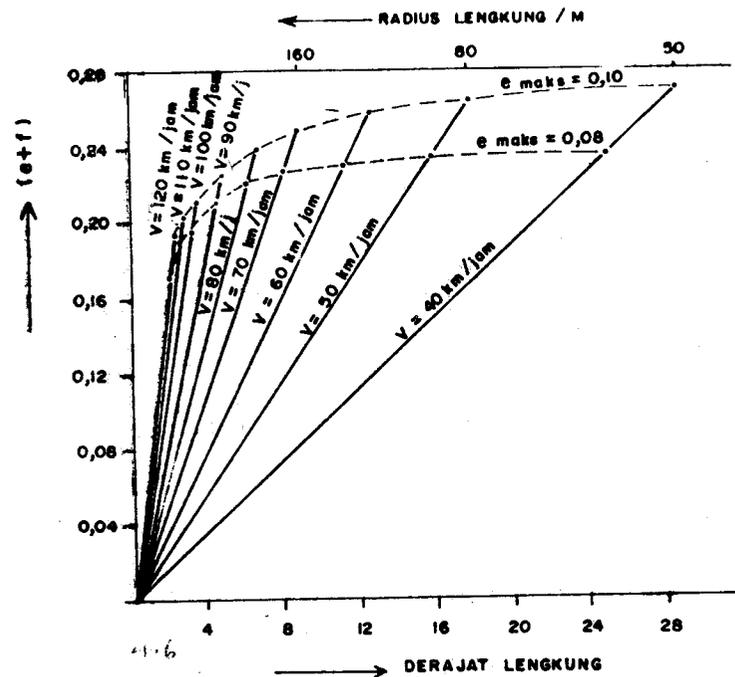
$$\text{atau } D \text{ maks} = \frac{181913,53 (e \text{ maks} + f \text{ maks})}{V^2} \dots\dots\dots (13)$$

Tabel 4.1. memberikan nilai  $R$  minimum yang dapat dipergunakan untuk superelevasi maksimum 8% dan 10% serta untuk koefisien gesekan melintang maksimum sehubungan dengan nilai kecepatan rencana yang dipilih. Koefisien gesekan melintang maksimum diperoleh dari gambar 4.3.

Tabel 4.1 Besarnya R minimum dan D maksimum untuk beberapa kecepatan rencana dengan mempergunakan persamaan (11) dan (12)

Kecepatan Rencana km/jam	e maks m/m'	f maks	Rmin (perhitungan) m	Rmin desain m	D maks desain (o)
40	0,10	0,166	47,363	47	30,48
	0,08		51,213	51	28,09
50	0,10	0,160	75,858	76	18,85
	0,08		82,192	82	17,47
60	0,10	0,153	112,041	112	12,79
	0,08		121,659	122	11,74
70	0,10	0,147	156,522	157	9,12
	0,08		170,343	170	8,43
80	0,10	0,140	209,974	210	6,82
	0,08		229,062	229	6,25
90	0,10	0,128	280,350	280	5,12
	0,08		307,371	307	4,67
100	0,10	0,115	366,233	366	3,91
	0,08		403,796	404	3,55
110	0,10	0,103	470,497	470	3,05
	0,08		522,058	522	2,74
120	0,10	0,090	596,768	597	2,40
	0,08		666,975	667	2,15

Gambar 4.6 menggambarkan hubungan antara nilai  $(e + f)$ , kecepatan rencana, radius lengkung, dan derajat lengkung. Untuk satu kecepatan rencana hubungan antara  $(e+f)$  dan radius lengkung berupa garis lurus. Garis putus-putus menunjukkan batasan untuk sebuah superelevasi maksimum, tidak terdapat lagi lengkung horizontal dengan radius lebih kecil dari batasan tersebut.



Gambar 4.6. Hubungan antara  $(e+f)$  dan R atau D untuk beberapa kecepatan rencana pada superelevasi maksimum 8% dan 10%.

### Distribusi nilai superelevasi dan koefisien gesekan melintang

Gaya sentrifugal yang timbul diimbangi bersama-sama oleh komponen berat kendaraan akibat adanya superelevasi dan gaya gesekan melintang antara permukaan jalan dan ban kendaraan.

Nilai ekstrim diperoleh untuk kondisi jalan lurus dimana radius lengkung adalah tak berhingga. Nilai ekstrim yang lain adalah untuk kondisi lengkung tertajam untuk satu kecepatan rencana, yaitu untuk lengkung dengan radius minimum.

Berarti :

$$\begin{aligned}
 e + f = 0 & \quad \text{-----} \rightarrow \text{jalan lurus, R tak berhingga} \\
 e + f = (e + f)_{\text{maks}} & \quad \text{-----} \rightarrow \text{jalan pada lengkung dengan } R = R_{\text{min}}
 \end{aligned}$$

Diantara kedua harga ekstrim itu nilai superelevasi(e) dan koefisien gesekan (f) terdistribusi menurut beberapa metoda.

AASHTO'90 memberikan 5 metoda distribusi nilai e dan f seperti terlihat pada gambar 4.7.

### Metoda pertama

Superelevasi berbanding lurus dengan derajat lengkung, sehingga hubungan antara superelevasi dan derajat lengkung berbentuk garis lurus (Gambar 4.7a). Karena rumus umum lengkung horizontal adalah  $e+f = V^2/127R$ , maka hubungan antara koefisien gesekan melintang dan derajat lengkungpun akan berbentuk garis lurus (gambar 4.7b).

Bentuk hubungan garis lurus juga berlaku jika peninjauan dilakukan untuk kecepatan jalan rata-rata yang biasanya lebih rendah dari kecepatan rencana ( $V_{\text{jalan}} = + 80\% - 90\%$  kecepatan rencana) (gambar 4.7c).

Sebagai contoh diambil kecepatan rencana 60 km/jam dan superelevasi maksimum 10%. Berdasarkan gambar 4.3 atau tabel 4.1 diperoleh  $f_{\text{maks}} = 0,153$ .

Titik  $A_1$  dan  $A_2$  diperoleh dengan mempergunakan rumus sebagai berikut :

$$e_{\text{maks}} + f_{\text{maks}} = \frac{V^2}{127 R_{\text{min}}}$$

Diperoleh  $R_{\text{minimum}} = 115 \text{ m}$  (lihat juga tabel 4.1). Ini berarti untuk kecepatan rencana 60 km/jam dan superelevasi maksimum 10% lengkung tertajam yang diperkenankan adalah lengkung dengan radius = 115 m atau  $D_{\text{maks}} = 12,78^\circ$

Jadi :

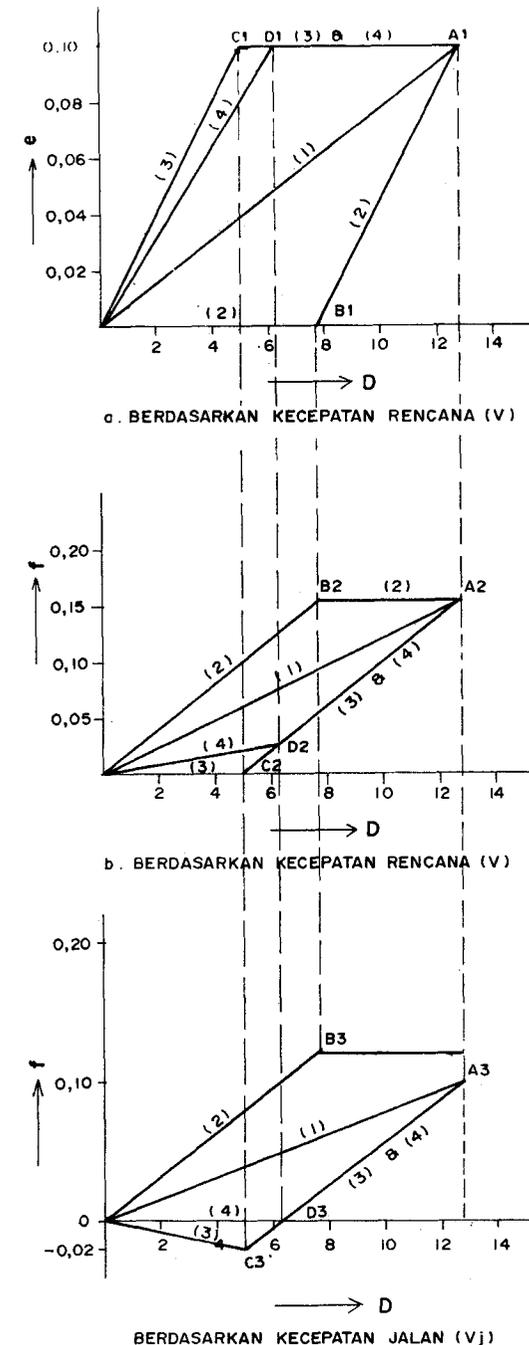
$A_1$  menunjukkan kondisi untuk  $e_{\text{maks}} = 0,10$

$D_{\text{maks}} = 12,78^\circ$

$A_2$  menunjukkan kondisi untuk  $f_{\text{maks}} = 0,153$

$D_{\text{maks}} = 12,78^\circ$

$A_3$  diperoleh dengan mempergunakan kecepatan jalan rata-rata.



Gambar 4.7. Metoda pendistribusian nilai e dan f berdasarkan AASHTO'90 (contoh untuk kecepatan rencana 60 km/jam dan  $e_{\text{maks}} = 10\%$ ).

$V$  jalan ( $V_j$ ) diambil = 54 km/jam, jadi pada keadaan lengkung dengan  $R = R_{\min} = 115$  m, dan  $e = e_{\max} = 0,010$ ;  $f$  yang dibutuhkan menjadi :

$$0,10 + f = \frac{54^2}{127.115} \quad \longrightarrow f = 0,10$$

Berarti titik A3 menunjukkan kondisi dengan  $e = e_{\max} = 0,10$

$$D = D_{\max} = 12,78^\circ$$

$$f = 0,10$$

Jika direncanakan lengkung horizontal dengan :

- radius  $R = 239$  m ( $D = 5,99^\circ$ ), maka berdasarkan metoda pertama dari gambar 4.7a diperoleh superelevasi yang dibutuhkan =  $(5,99/12,78) \cdot 0,10 = 0,047$ .

Jadi untuk  $R = 239$  m dibutuhkan  $e = 4,7\%$  dan  $f = 0,072$  (gambar 4.7a dan 4.7b), jika kendaraan bergerak dengan kecepatan rencana dan  $e = 4,7\%$  dan  $f = 0,049$  (gambar 4.7a dan 4.7c), jika kendaraan bergerak pada kecepatan jalan.

- radius  $R = 143$  m ( $D = 10^\circ$ ), maka berdasarkan metoda pertama dari gambar 4.7a diperoleh superelevasi yang dibutuhkan =  $(10/12,78) \cdot 0,10 = 0,078$ .

Jadi untuk  $R = 143$  m dibutuhkan  $e = 7,8\%$  dan  $f = 0,120$  (gambar 4.7a dan 4.7b), jika kendaraan bergerak dengan kecepatan rencana, dan  $e = 7,8\%$  dan  $f = 0,083$  (gambar 4.7a dan 4.7c), jika kendaraan bergerak pada kecepatan jalan.

Metoda pertama ini logis dan sederhana, tetapi sangat tergantung dari kemampuan pengemudi dalam mempertahankan kecepatan yang konstan baik di tikungan tajam, tidak begitu tajam,

maupun di jalan lurus. Pada jalan-jalan dengan volume rendah pengemudi cenderung memilih kecepatan yang lebih besar di jalan lurus atau pada lengkung tumpul dengan radius besar ( $D$  kecil), dan memilih kecepatan lebih rendah di daerah lengkung yang tajam dengan radius lebih kecil ( $D$  besar).

### **Metoda kedua**

Pada mulanya gaya sentrifugal yang timbul diimbangi oleh gaya gesekan sampai mencapai  $f$  maksimum (*gaya gesekan maksimum*). Selanjutnya diimbangi oleh gaya gesekan dan superelevasi. Hal ini menyebabkan dibutuhkannya superelevasi yang mendadak besar jika  $f$  maksimum telah dicapai, tetapi pada lengkung-lengkung tumpul tidak dibutuhkan superelevasi.

Pada gambar 4.7a terlihat bahwa pada lengkung-lengkung yang tumpul tidak dibutuhkan superelevasi ( $e = 0$ ) sampai mencapai titik  $B_1$ . Untuk  $R <$  dari  $R$  pada titik  $B_1$  dibutuhkan superelevasi untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang timbul.  $e$  di kanan titik  $B_1$  bertambah mengikuti garis lurus sampai dicapai  $e$  maksimum.

Pada gambar 4.7b terlihat bahwa pada mulanya  $f$  berbanding lurus dengan derajat lengkung sampai mencapai nilai  $f$  maksimum (titik  $B_2$ ), setelah itu sampai mencapai nilai  $D$  maksimum  $f$  tetap =  $f$  maksimum.

Titik  $B_1$  dan  $B_2$  diperoleh dengan mempergunakan rumus :

$$f_{\max} = V^2/127 R \text{ dan } e = 0$$

Untuk contoh seperti pada metoda pertama yaitu  $V$  rencana = 60 km/jam :

$$f_{\max} = 0,153, e = 0$$

$$R = \frac{(60)^2}{127 \cdot 0,153} = 185,27 \text{ m}$$

$$D = 7,73^\circ$$

Berarti dari  $D = 0^\circ$  sampai  $D = 7,73^\circ$  superelevasi  $e = 0$  dan  $f$  berubah dari  $f = 0$  sampai  $f = f_{maks}$ , dan dari  $D = 7,73^\circ$  sampai  $D = 12,78^\circ$ ,  $f = f_{maks}$  dan  $e$  berubah dari  $e = 0$  sampai  $e = e_{maksimum}$ .

Jika kendaraan bergerak dengan kecepatan jalan rata-rata yang lebih kecil dari kecepatan rencana ( $V_{jalan} = 54 \text{ km/jam}$ ), maka akan diperoleh letak titik  $B_3$ .

Berarti :

- B1 ,menunjukkan kondisi  $e = 0$ ;  $D = 7,73^\circ$   
 B2 ,menunjukkan kondisi  $f = f_{maks} = 0,153$ ;  $D = D_{maks} = 7,73^\circ$   
 B3 ,menunjukkan kondisi  $f = 0,124$ ;  $D = 7,73^\circ$   
 B4 ,menunjukkan kondisi  $f = f_{maks} = 0,153$ ;  $D = 9,53^\circ$   
 B5 ,menunjukkan kondisi  $f = f_{maks} = 0,153$ ;  $D = D_{maks} = 12,78^\circ$

Jika direncanakan lengkung horizontal dengan :

- radius  $R = 239 \text{ m}$  ( $D = 5,99^\circ$ ), maka berdasarkan metoda kedua dari gambar 4.7a diperoleh superelevasi yang dibutuhkan = 0%. Jadi untuk  $R = 239 \text{ m}$  dibutuhkan  $e = 0\%$  dan  $f = 0,119$  (gambar 4.7a dan 4.7b), jika kendaraan bergerak dengan kecepatan rencana  $e = 0\%$  dan  $f = 0,096$  (gambar 4.7a dan 4.7c), jika kendaraan bergerak pada kecepatan jalan.
- radius  $R = 143 \text{ m}$  ( $D = 10^\circ$ ), maka berdasarkan metoda kedua dari gambar 7a diperoleh superelevasi yang dibutuhkan =  $(10-7,73)/(12,78-7,73) = e/0,10$   
 $e = 0,045$ .

Jadi untuk  $R = 143\text{m}$  dibutuhkan  $e = 4,5\%$  dan  $f = 0,153$  (gambar 4.7a dan 4.7b), jika kendaraan bergerak dengan kecepatan rencana dan  $e = 4,5\%$  dan  $f = 0,153$  (gambar 4.7a dan 4.7c), jika kendaraan bergerak pada kecepatan jalan.

Untuk jalan-jalan di perkotaan dimana kecepatan rata-rata lebih rendah, dan pembuatan superelevasi dibatasi oleh kondisi lingkungan, maka metoda kedua ini baik untuk dipergunakan.

### Metoda ketiga

Pada mulanya gaya sentrifugal yang timbul diimbangi oleh komponen berat kendaraan akibat superelevasi sampai mencapai nilai maksimum. Setelah nilai maksimum tercapai, gaya sentrifugal tersebut baru diimbangi bersama-sama dengan gaya gesekan. Hal ini menuntut  $f$  yang mendadak besar setelah  $e$  maks tercapai dan sebaliknya tidak membutuhkan  $f$  pada tikungan-tikungan yang kurang tajam.

$e$  berubah dari  $e = 0$  sampai  $e = e_{maksimum}$  (titik  $C_1$ ) dan selanjutnya tetap =  $e$  maks sampai dicapai  $D_{maksimum}$ . Dengan demikian  $f = 0$  selama lengkung terletak dikiri titik  $C_2$  dan kemudian bertambah dari  $f = 0$  sampai  $f = f_{maksimum}$ .

Titik  $C_1$  dan  $C_2$  pada gambar 4.7a dan 4.7b diperoleh dengan mempergunakan rumus :

$$e_{maks} = \frac{V^2}{127 R} \quad \text{dan} \quad f = 0$$

untuk contoh dengan  $V$  rencana = 60 km/jam :

$$e_{maks} = 0,10 \quad \text{dan} \quad f = 0$$

$$R = 283,46 \text{ m} \quad \rightarrow \quad D = 5,05^\circ$$

Berarti dari  $D = 0^\circ$  sampai  $D = 5,05^\circ$ , koefisien gesek ( $f$ ) = 0, dan dari  $D = 5,05^\circ$  sampai  $D = 12,78^\circ$  nilai  $e = e_{maks}$  dan  $f$  bervariasi dari 0 sampai  $f = f_{maks}$ .

Jika kendaraan bergerak dengan kecepatan jalan rata-rata, maka untuk kondisi titik  $C_1$  dimana telah direncanakan  $e = e_{maks}$  dan  $D = 5,05^\circ$ ), akan timbul  $f$  negatif.

Dari contoh di atas:

$$e + f = \frac{v^2}{127R}$$

Kecepatan jalan rata-rata = 80 - 90 % V rencana (ambil 54 km/jam)

$$0,10 + f = \frac{54^2}{127(283,46)}$$

$$f = -0,019$$

C<sub>1</sub> menunjukkan kondisi  $e = e_{\text{maks}} = 0,10$

$$D = 5,05^\circ$$

C<sub>2</sub> menunjukkan kondisi  $f = 0$

$$D = 5,05^\circ$$

C<sub>3</sub> menunjukkan kondisi  $f = -0,019$

$$D = 5,05^\circ$$

Jika direncanakan lengkung horizontal dengan :

- radius  $R = 239$  m ( $D = 5,99^\circ$ ), maka berdasarkan metoda ketiga dari gambar 4.7a diperoleh superelevasi yang dibutuhkan = 10%.

Jadi untuk  $R = 239$  m dibutuhkan  $e = 10\%$  dan  $f = 0,019$  (gambar 4.7a dan 4.7b), jika kendaraan bergerak dengan kecepatan rencana, dan  $e = 10\%$  dan  $f = -0,004$  (gambar 4.7a dan 4.7c), jika kendaraan bergerak pada kecepatan jalan.

- radius  $R = 143$  m ( $D = 10'$ ), maka berdasarkan metoda ketiga dari gambar 4.7a diperoleh superelevasi yang dibutuhkan = 10%.

Jadi untuk  $R = 143$  m dibutuhkan  $e = 10\%$  dan  $f = 0,098$  (gambar 4.7a dan 4.7b), jika kendaraan bergerak dengan

kecepatan rencana, dan  $e = 10\%$  dan  $f = 0,060$  (gambar 4.7a dan 4.7c), jika kendaraan bergerak pada kecepatan jalan.

Pada gambar 4.7 terlihat jika kendaraan bergerak dengan kecepatan rencana maka gaya sentrifugal diimbangi langsung oleh komponen berat kendaraan akibat superelevasi sampai mencapai superelevasi maksimum. Ini mengakibatkan tidak dibutuhkannya gaya gesek (koefisien gesekan = 0).

Tetapi jika kendaraan bergerak dengan kecepatan jalan rata-rata, superelevasi yang telah ditetapkan untuk keadaan kecepatan rencana akan menghasilkan koefisien gesekan negatif pada lengkung yang sangat tumpul ( $D=0^\circ$ ) sampai lengkung dengan derajat lengkung kira-kira setengah derajat lengkung maksimum.

#### **Metoda keempat**

Metoda keempat mengurangi kelemahan-kelemahan dari metoda ketiga. Prinsipnya sama, tetapi berdasarkan kecepatan jalan rata-rata sehingga tidak menimbulkan koefisien gesek negatif.

Untuk contoh dengan  $V$  rencana = 60 km/jam:

$V$  jalan rata-rata = 54 km/jam (diambil  $\pm 90\%$  V rencana)

$$f = 0$$

$$e_{\text{maks}} = \frac{V^2 \text{ jalan rata-rata}}{127R}$$

$$0,10 = \frac{54^2}{127R}$$

$$R = 229,61 \text{ m} \rightarrow D = 6,24^\circ$$

Jika kendaraan bergerak dengan kecepatan rencana, maka

$$0,10 + f = \frac{60^2}{127 \cdot 229,61}$$

$$f = 0,024$$

D1 menunjukkan kondisi  $e = e_{maks} = 0,10$

$$D = 6,24^\circ$$

D2 menunjukkan kondisi  $f = 0,024$

$$D = 6,24^\circ$$

D3 menunjukkan kondisi  $e = e_{maks} = 0,10$

$$f = 0$$

$$D = 6,24^\circ$$

Jika direncanakan lengkung horizontal dengan :

- radius  $R = 239$  m ( $D = 5,99^\circ$ ), maka berdasarkan metoda keempat dari gambar 4.7a diperoleh superelevasi yang dibutuhkan  $= (5,99/6,24) \cdot 0,10 = 0,096$ .

Jadi untuk  $R = 239$  m dibutuhkan  $e = 9,6\%$  dan  $f = 0,023$  (gambar 4.7a dan 4.7b), jika kendaraan bergerak dengan kecepatan rencana, dan  $e = 9,6\%$  dan  $f = 0$  (gambar 4.7a dan 4.7c), jika kendaraan bergerak pada kecepatan jalan.

- radius  $R = 143$  m ( $D = 10^\circ$ ), maka berdasarkan metoda keempat dari gambar 4.7a diperoleh superelevasi yang dibutuhkan  $= 10\%$ .

Jadi untuk  $R = 143$  m dibutuhkan  $e = 10\%$  dan  $f = 0,098$  (gambar 4.7a dan 4.7b), jika kendaraan bergerak dengan kecepatan rencana, dan  $e = 10\%$  dan  $f = 0,061$  (gambar 4.7a dan 4.7c), jika kendaraan bergerak pada kecepatan jalan.

### Metoda kelima

Metoda kelima merupakan metoda antara metoda pertama dan keempat yang diperlihatkan sebagai garis lengkung parabola tidak simetris. Bentuk parabola ini berlaku jika dipergunakan kecepatan rencana maupun kecepatan jalan rata-rata. Metoda ini paling umum dipergunakan, dan Indonesia juga mempergunakannya.

$$D = \frac{181913,53(e+f)}{V^2} = \frac{K(e+f)}{V^2}$$

Dimana  $K = \text{konstanta} = 181913,53$

Pada gambar 4.7 dan 4.8 dapat dilihat bahwa untuk metoda keempat :

$$\text{Untuk titik } D_2 \text{ berlaku } D_p = K (e_{maks} + h)/V^2$$

$$\text{Untuk titik } D_3 \text{ berlaku } D_p = K (e_{maks})/V_j^2$$

dimana:

$V = \text{kecepatan rencana jalan}$

$V_j = \text{kecepatan jalan rata-rata}$

D pada titik  $D_2 = D_p$ , dan pada titik  $D_3 = D_p$ , sehingga :

$$\frac{K(e_{maks})}{V_j^2} = \frac{K(e_{maks}+h)}{V^2}$$

maka :

$$h = e_{maks} (V^2/V_j^2) - e_{maks}$$

$\text{tg}\alpha_1 = h/D_p$ , merupakan kelandaian garis di sebelah kiri titik  $D_2$

$\text{tg}\alpha_2 = (f_{maks} - h) / (D_{maks} - D_p)$ , merupakan kelandaian garis di sebelah kanan titik  $D_2$ .

Ordinat dari  $M_0$  pada lengkung gambar 4.8b yang merupakan tengah-tengah antara metoda pertama dan keempat, besarnya adalah:

$$M_0 = \frac{a \cdot b \cdot (\text{tg}\alpha_2 - \text{tg}\alpha_1)}{2(a+b)}$$

dimana :

$$a = D_p$$

$$b = D_{maks} - D_p$$

$$a + b = D_{maks}$$

$$M_o = \frac{D_p(D_{maks} - D_p)(\operatorname{tg} \alpha 2 - \operatorname{tg} \alpha 1)}{2 D_{maks}}$$

persamaan umum lengkung parabola yaitu  $y = \left(\frac{x^2}{L}\right) \cdot M_o$

Untuk lengkung disebelah kiri  $D_p$  (gambar 4.8b)

$$D \leq D_p$$

$$f_1 = M_o \left(\frac{D}{D_p}\right)^2 + D \operatorname{tg} \alpha 1$$

Penurunan persamaan lengkung parabola untuk metoda kelima. Contoh untuk kecepatan rencana 60 km/jam, dan  $e_{maks} = 10\%$ .

Untuk lengkung sebelah kanan  $D_p$  (gambar 4.8b)

$$D > D_p$$

$$f_2 = M_o \left(\frac{D_{maks} - D}{D_{maks} - D_p}\right)^2 + h + (D - D_p) \cdot \operatorname{tg} \alpha 2$$

Dengan mempergunakan persamaan-persamaan di atas diperoleh gambar grafik yang menunjukkan hubungan antara superelevasi ( $e$ ) dengan derajat lengkung ( $D$ ) dan kecepatan rencana ( $V$ ) pada suatu superelevasi maksimum tertentu.

Gambar 4.8a menggambarkan hubungan superelevasi ( $e$ ) dengan derajat lengkung ( $D$ ) untuk kecepatan rencana  $V = 60$  km/jam dan superelevasi maksimum = 10%.

Dari contoh metoda keempat diperoleh :

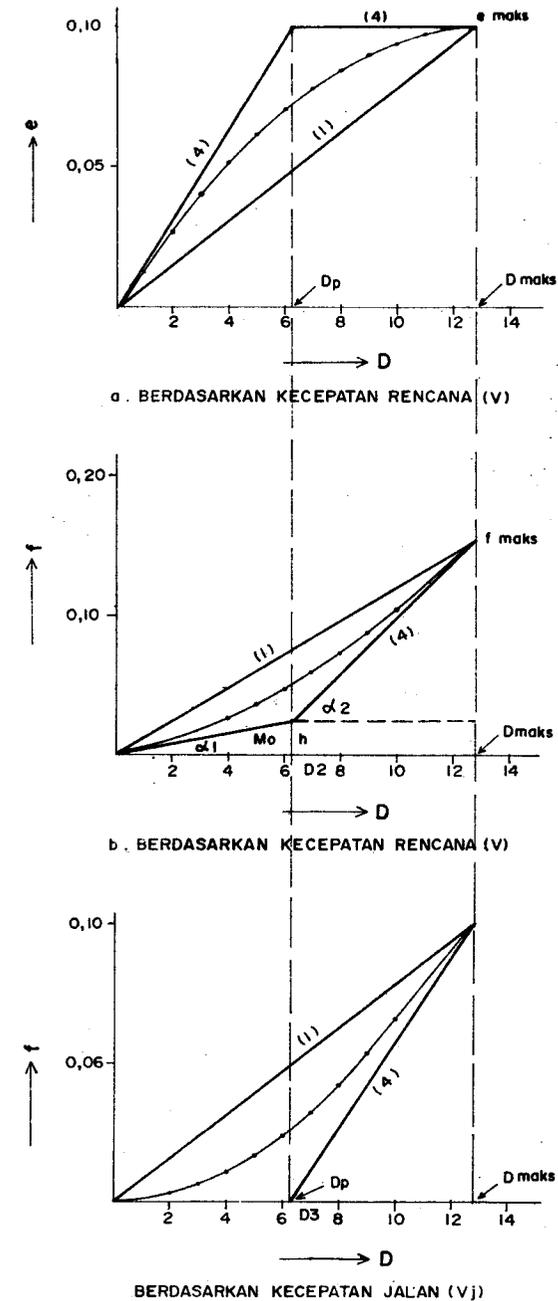
$$D_p = 6,24^\circ$$

$$h = 0,024$$

$$f_{maks} = 0,153$$

$$D_{maks} = 12,78^\circ$$

$$\operatorname{tg} \alpha 1 = 0,024/6,24 = 0,00385$$



Gambar 4.8. Penurunan persamaan lengkung parabola untuk metoda kelima (contoh kecepatan rencana 60 km/jam dan  $e_{maks} = 10\%$ ).

$$\operatorname{tg}\alpha_2 = (0,153 - 0,024)/(12,78 - 6,24) = 0,01972$$

$$M_o = 6,24 \cdot (12,78 - 6,24)(0,01972 - 0,00385)/(12,78)(2)$$

$$M_o = 0,02535$$

Persamaan lengkung di kiri Dp

$$f_1 = 0,02534 (D/6,24)^2 + 0,00385 D$$

Persamaan lengkung di kanan Dp

$$f_2 = 0,02534 \{(12,78 - D)/6,54\}^2 + 0,024 + 0,01972 (D - 6,24)$$

Contoh penentuan titik-titik pada lengkung parabola gambar 4.8a :

$$\begin{aligned} \text{Untuk } D = 5,99^\circ \rightarrow f_1 &= 0,02534 (5,99/6,24)^2 + 0,00385 \cdot 5,99 \\ &= 0,046 \\ e_1 &= 0,072 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk } D = 10^\circ \rightarrow f_2 &= 0,02534 \{(12,78 - 10)/6,54\}^2 + 0,024 + \\ &0,01972 \cdot (10 - 6,24) = 0,103 \\ e_2 &= 0,095 \end{aligned}$$

Dari tabel 4.2 di bawah ini dapat dilihat perbandingan nilai e dan f untuk kelima metoda untuk kecepatan rencana 60 km/jam, superelevasi maksimum 10%, R 239 m, dan 143 m (radius yang dipilih sebagai contoh).

Tabel 4.3. dan Gambar 4.9 menunjukkan hubungan antara e, D, R dan kecepatan rencana, berdasarkan metoda kelima untuk  $e_{maks} = 10\%$ .

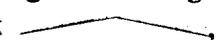
Tabel 4.4 dan Gambar 4.10 menunjukkan hubungan antara e, D, R, dan kecepatan rencana, berdasarkan metoda kelima untuk  $e_{maks} = 8\%$ .

Tabel 4.2. Perbandingan nilai e dan f untuk kelima metoda pendistribusian e dan D (sesuai contoh yang dipilih).

R	D	Berdasarkan kecepatan rencana V = 60 km/jam dan e maks = 10%									
		Metoda pertama		Metoda kedua		Metoda ketiga		Metoda keempat		Metoda kelima	
		e	f	e	f	e	f	e	f	e	f
115	12,78	0,100	0,153	0,100	0,153	0,100	0,153	0,100	0,153	0,100	0,153
143	10,00	0,078	0,120	0,045	0,153	0,100	0,098	0,100	0,098	0,095	0,103
239	5,99	0,047	0,072	0,000	0,119	0,100	0,019	0,096	0,023	0,072	0,046

### ***Kemiringan melintang jalan lurus (kemiringan melintang normal)***

Pada jalan lurus kendaraan bergerak tanpa membutuhkan kemiringan melintang jalan. Tetapi agar air hujan yang jatuh di atas permukaan jalan cepat mengalir ke samping dan masuk ke selokan samping, maka dibuatkan kemiringan melintang jalan yang umum disebut sebagai kemiringan melintang normal. Besarnya kemiringan melintang normal ini sangat tergantung dari jenis lapis permukaan yang dipergunakan. Semakin kedap air muka jalan tersebut semakin landai kemiringan melintang jalan yang dibutuhkan, sebaliknya lapis permukaan yang mudah dirembesi oleh air harus mempunyai kemiringan melintang jalan yang cukup besar, sehingga kerusakan konstruksi perkerasan dapat dihindari. Besarnya kemiringan melintang ini (= en) berkisar antara 2 - 4%.

Bentuk kemiringan melintang normal pada jalan 2 lajur 2 arah umumnya berbentuk , dan pada jalan dengan median kemiringan melintang dibuat untuk masing-masing jalur

Jika kendaraan melakukan gerakan membelok ke kiri dan

kendaraan bergerak di sebelah kiri, maka pada bentuk kemiringan normal kendaraan tersebut telah mempunyai superelevasi sebesar  $e_n$ . Tetapi jika kendaraan membelok ke kanan,  $e_n$  memberikan superelevasi negatif. Hal tersebut masih dapat dipertahankan pada lengkung-lengkung tumpul. Berarti terdapat harga batasan R dimana bentuk kemiringan normal masih dapat dipertahankan atau batasan R dimana bentuk superelevasi penuh mulai dibutuhkan.

## RANGKUMAN :

- Kendaraan yang bergerak pada lengkung horizontal akan mengalami gaya sentrifugal.
- Gaya sentrifugal tersebut diimbangi oleh gaya gesekan antara ban dan muka jalan dan komponen berat kendaraan akibat dibuatnya superelevasi (kemiringan melintang jalan di tikungan).
- Rumus umum pada lengkung horizontal adalah :

$$e + f = \frac{V^2}{127 R}$$

- Koefisien gesekan dan superelevasi mempunyai nilai maksimum
- Lengkung horizontal tertajam adalah lengkung dengan radius minimum yang dapat dibuat untuk satu kecepatan rencana, satu nilai superelevasi maksimum, dan satu nilai koefisien gesekan maksimum.
- Besarnya superelevasi dan gaya gesekan yang dibutuhkan untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang timbul pada lengkung dengan radius antara  $R_{\text{minimum}}$  dan  $R_{\text{tak berhingga}}$  ditentukan oleh metoda pendistribusian yang dipergunakan.
- Indonesia umumnya mempergunakan metoda distribusi e dan D berdasarkan lengkung parabola tidak simetris (metoda kelima).
- Gambar distribusi antara e dan D adalah gambar yang menunjukkan besarnya superelevasi yang dibutuhkan untuk setiap derajat lengkung (atau radius ) yang dipilih pada satu

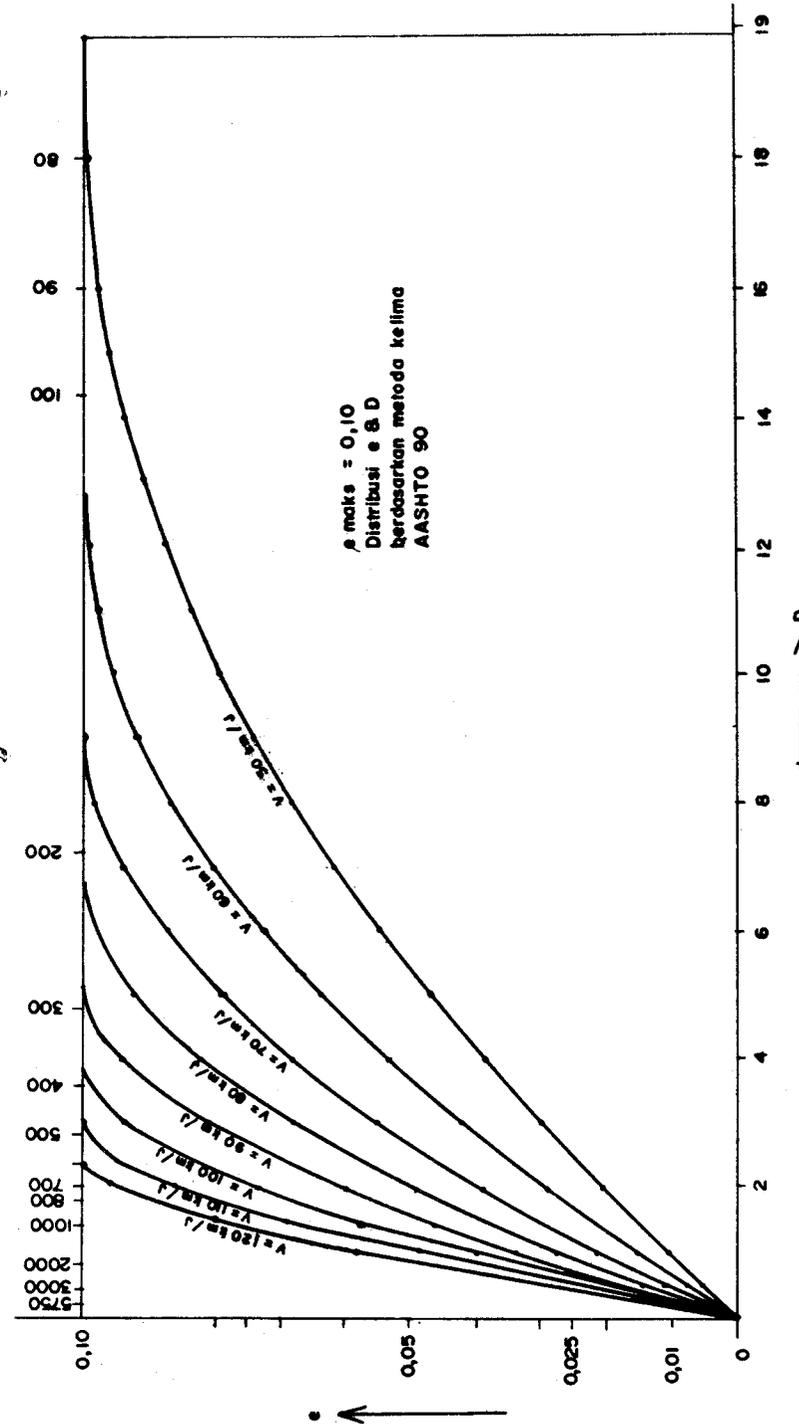
kecepatan rencana dan satu nilai superelevasi maksimum.

- Gambar distribusi antara f dan D adalah gambar yang menunjukkan besarnya koefisien gesekan melintang yang dibutuhkan untuk setiap derajat lengkung (atau radius ) yang dipilih pada satu kecepatan rencana dan satu nilai superelevasi maksimum.
- Kemiringan melintang normal pada jalan lurus dibutuhkan untuk kebutuhan drainase jalan.
- Terdapat batasan dimana pada suatu lengkung horizontal dengan R tertentu, kemiringan melintang normal dapat dipergunakan atau pada batas mana superelevasi mulai dibutuhkan.

Tabel 4.3. Distribusi e dan D berdasarkan metoda kelima (e maksimum = 0,10)

D (o)	R (m)	V = 50	V = 60	V = 70	V = 80	V = 90	V = 100	V = 110	V = 120
		km/jam	km/jam	km/jam	km/jam	km/jam	km/jam	km/jam	km/jam
0.15	9549	0.002	0.002	0.003	0.004	0.005	0.007	0.008	0.009
0.20	7162	0.002	0.003	0.004	0.006	0.007	0.009	0.011	0.013
0.25	5730	0.003	0.004	0.005	0.007	0.009	0.011	0.013	0.016
0.50	2865	0.005	0.008	0.011	0.014	0.017	0.021	0.026	0.030
0.75	1910	0.008	0.012	0.016	0.020	0.025	0.031	0.037	0.044
0.95	1500	0.010	0.015	0.020	0.025	0.032	0.039	0.046	0.055
1.00	1432	0.011	0.015	0.021	0.027	0.033	0.040	0.048	0.057
1.25	1146	0.013	0.019	0.025	0.033	0.040	0.049	0.059	0.069
1.43	1000	0.015	0.022	0.029	0.037	0.046	0.055	0.066	0.077
1.50	955	0.016	0.023	0.030	0.038	0.047	0.057	0.068	0.080
1.59	900	0.017	0.024	0.032	0.040	0.050	0.060	0.071	0.084
1.75	819	0.018	0.026	0.035	0.044	0.054	0.065	0.077	0.090
1.79	800	0.019	0.027	0.035	0.045	0.055	0.066	0.078	0.091
2.00	716	0.021	0.029	0.039	0.049	0.060	0.072	0.085	0.096
2.05	700	0.021	0.030	0.040	0.050	0.061	0.073	0.086	0.097
2.39	600	0.025	0.035	0.045	0.057	0.069	0.082	0.094	0.100
2.50	573	0.026	0.036	0.047	0.059	0.072	0.085	0.096	
2.86	500	0.029	0.041	0.053	0.065	0.079	0.092	0.100	
3.00	477	0.030	0.042	0.055	0.068	0.081	0.094	0.100	
3.50	409	0.035	0.048	0.062	0.076	0.089	0.099		
3.58	400	0.036	0.049	0.063	0.077	0.090	0.099		
4.00	358	0.039	0.054	0.068	0.082	0.095			
4.50	318	0.043	0.059	0.074	0.088	0.099			
4.77	300	0.046	0.062	0.077	0.091	0.100			
5.00	286	0.048	0.064	0.079	0.093	0.100			
6.00	239	0.055	0.073	0.088	0.098				
7.00	205	0.062	0.080	0.094	0.100				
7.16	200	0.063	0.081	0.095	0.100				
8.00	179	0.068	0.086	0.098					
9.00	159	0.074	0.091	0.099					
9.55	150	0.077	0.094						
10.00	143	0.079	0.095						
11.00	130	0.083	0.098						
12.00	119	0.087	0.100						
13.00	110	0.091							
14.00	102	0.093							
14.32	100	0.094							
15.00	95	0.096							
16.00	90	0.097							
17.00	84	0.099							
18.00	80	0.099							

Rmin berdasarkan tabel 4.1 distribusi e & D mengikuti metoda kelima

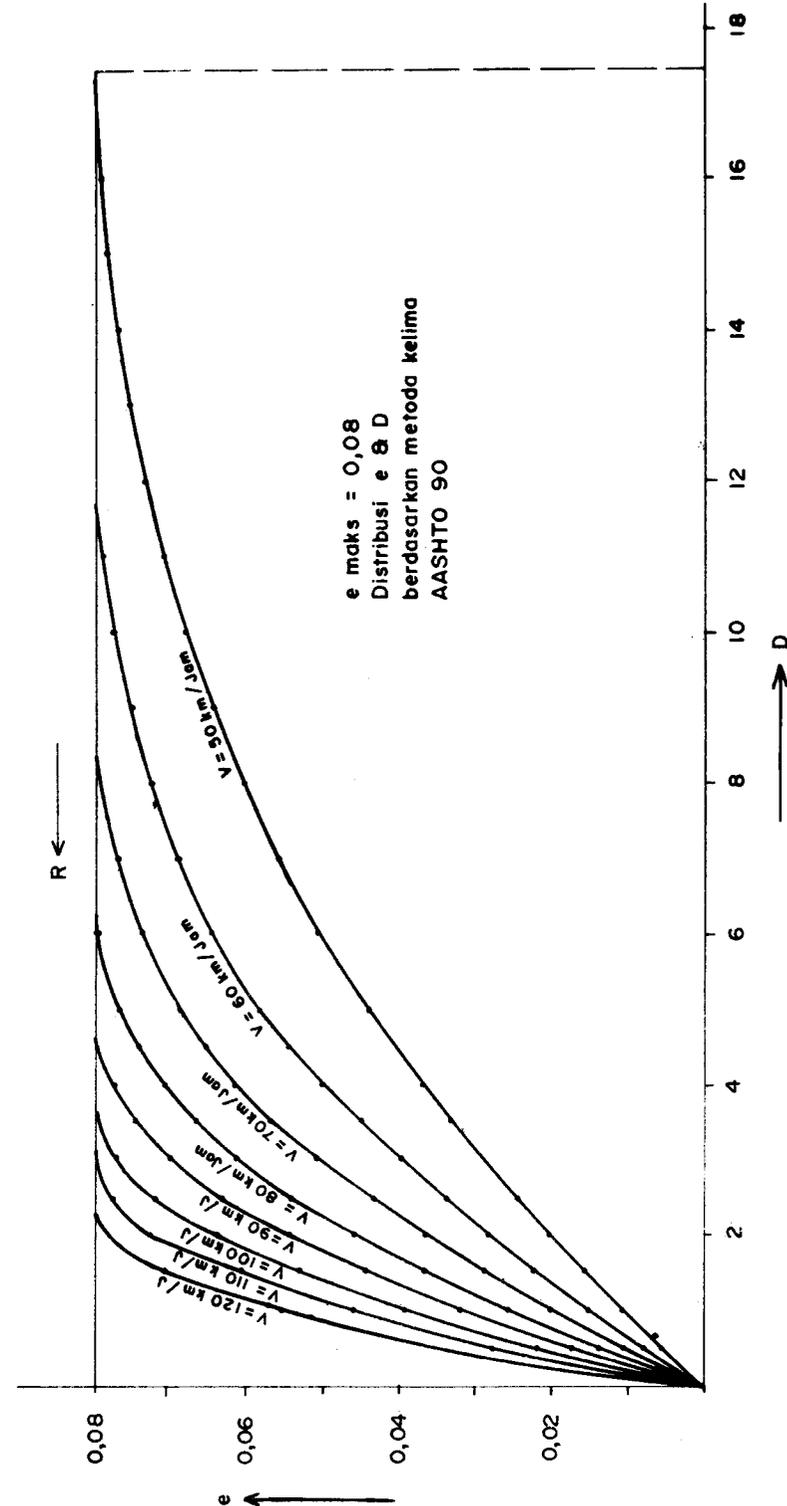


Gambar 4.9. Nilai e untuk berbagai radius atau derajat lengkung pada beberapa kecepatan rencana dengan superelevasi maksimum = 10% (mengikuti metoda kelima).

Tabel 4.4. Distribusi e dan D berdasarkan metoda kelima  
(e maksimum = 0,08)

D (o)	R (m)	V = 50 km/jam e	V = 60 km/jam e	V = 70 km/jam e	V = 80 km/jam e	V = 90 km/jam e	V = 100 km/jam e	V = 110 km/jam e	V = 120 km/jam e
0.15	9549	0.002	0.002	0.003	0.004	0.005	0.007	0.008	0.009
0.20	7162	0.002	0.003	0.004	0.006	0.007	0.009	0.010	0.012
0.25	5730	0.003	0.004	0.005	0.007	0.009	0.011	0.013	0.015
0.50	2865	0.005	0.008	0.010	0.014	0.017	0.021	0.025	0.029
0.75	1910	0.008	0.011	0.015	0.020	0.025	0.030	0.036	0.042
0.95	1500	0.010	0.014	0.019	0.025	0.031	0.037	0.044	0.051
1.00	1432	0.011	0.015	0.020	0.026	0.032	0.038	0.046	0.053
1.25	1146	0.013	0.019	0.025	0.031	0.038	0.046	0.054	0.063
1.43	1000	0.015	0.021	0.028	0.035	0.043	0.051	0.060	0.070
1.50	955	0.016	0.022	0.029	0.036	0.045	0.053	0.062	0.072
1.59	900	0.017	0.023	0.030	0.038	0.047	0.055	0.065	0.074
1.75	819	0.018	0.025	0.033	0.041	0.050	0.059	0.069	0.077
1.79	800	0.018	0.026	0.034	0.042	0.051	0.060	0.070	0.077
2.00	716	0.020	0.028	0.037	0.046	0.055	0.065	0.074	0.080
2.05	700	0.021	0.029	0.038	0.047	0.056	0.065	0.074	0.080
2.39	600	0.024	0.033	0.043	0.052	0.062	0.071	0.079	0.080
2.50	573	0.025	0.034	0.044	0.054	0.064	0.073	0.079	0.080
2.86	500	0.028	0.038	0.049	0.059	0.069	0.077	0.080	0.080
3.00	477	0.029	0.040	0.050	0.060	0.070	0.078	0.080	0.080
3.50	409	0.033	0.045	0.056	0.065	0.075	0.080	0.080	0.080
3.58	400	0.034	0.045	0.057	0.067	0.076	0.080	0.080	0.080
4.00	358	0.037	0.049	0.061	0.071	0.079	0.080	0.080	0.080
4.50	318	0.041	0.053	0.064	0.074	0.080	0.080	0.080	0.080
4.77	300	0.043	0.055	0.067	0.076	0.080	0.080	0.080	0.080
5.00	286	0.044	0.057	0.068	0.077	0.080	0.080	0.080	0.080
6.00	239	0.050	0.063	0.074	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
7.00	205	0.056	0.068	0.078	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
7.16	200	0.056	0.069	0.079	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
8.00	179	0.060	0.073	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
9.00	159	0.064	0.076	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
9.55	150	0.066	0.077	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
10.00	143	0.068	0.078	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
11.00	130	0.071	0.079	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
12.00	119	0.074	0.079	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
13.00	110	0.076	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
14.00	102	0.078	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
14.32	100	0.078	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
15.00	95	0.079	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
16.00	90	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
17.00	84	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080

Rmin berdasarkan tabel 4.1  
distribusi e & D mengikuti metoda kelima



Gambar 4.10. Nilai e untuk berbagai radius atau derajat lengkung pada beberapa kecepatan rencana dengan superelevasi maksimum = 8% (mengikuti metoda kelima).

Gambar 4. 10 Distribusi e & D berdasarkan AASHTO'90 metoda kelima

## 4.2. LINGKUNG PERALIHAN

Secara teoritis perubahan jurusan yang dilakukan pengemudi dari jalan lurus ( $R = \infty$ ) ke tikungan berbentuk busur lingkaran ( $R = R$ ) harus dilakukan dengan mendadak. Tetapi hal ini tak perlu karena:

- pada pertama kali membelok yang dibelokkan adalah roda depan, sehingga jejak roda akan melintasi lintasan peralihan dari jalan lurus ke tikungan berbentuk busur lingkaran.
- Akibat keadaan di atas, gaya sentrifugal yang timbulpun berangsur-angsur dari  $R$  tak berhingga di jalan lurus sampai  $R = R_c$  pada tikungan berbentuk busur lingkaran.

Pada lengkung horizontal yang tumpul dengan jari-jari yang besar lintasan kendaraan masih dapat tetap berada pada lajur jalannya, tetapi pada tikungan tajam kendaraan akan menyimpang dari lajur yang disediakan, mengambil lajur lain disampingnya. Guna menghindari hal tersebut, sebaiknya dibuatkan lengkung dimana lengkung tersebut merupakan peralihan dari  $R = \infty$  tak berhingga ke  $R = R_c$ . Lengkung ini disebut lengkung peralihan.

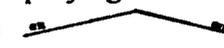
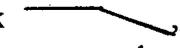
Bentuk lengkung peralihan yang memberikan bentuk yang sama dengan jejak kendaraan ketika beralih dari jalan lurus ke tikungan berbentuk busur lingkaran dan sebaliknya, dipengaruhi oleh sifat pengemudi, kecepatan kendaraan, radius lengkung, dan kemiringan melintang jalan. Bentuk lengkung spiral atau clothoid adalah bentuk yang banyak dipergunakan saat ini.

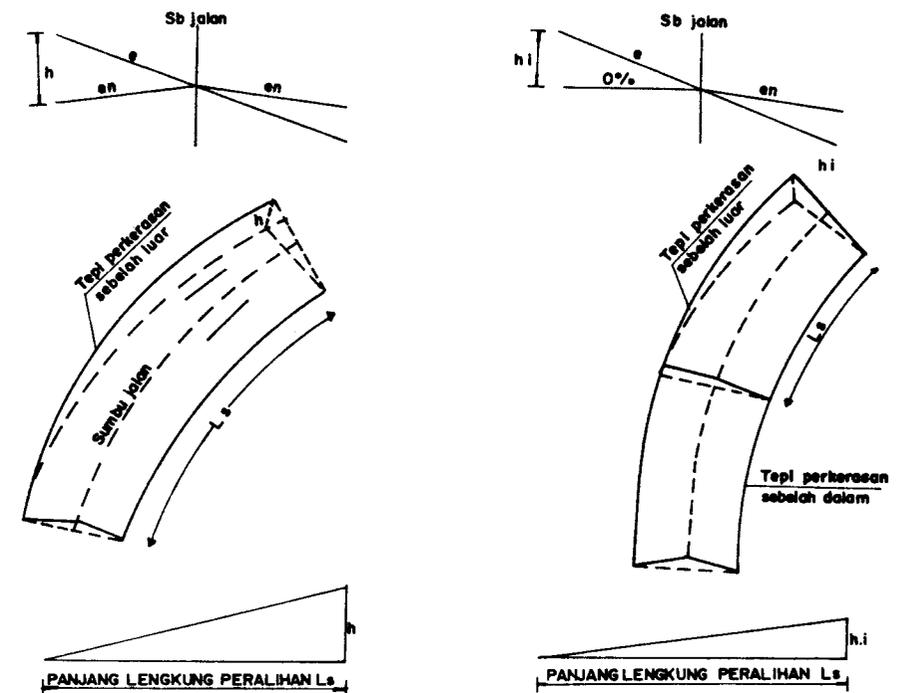
Keuntungan dari penggunaan lengkung peralihan pada alinyemen horizontal :

- Pengemudi dapat dengan mudah mengikuti lajur yang telah disediakan untuknya, tanpa melintasi lajur lain yang berdampingan.
- Memungkinkan mengadakan perubahan dari lereng jalan normal ke kemiringan sebesar superelevasi secara berangsur-angsur sesuai dengan gaya sentrifugal yang timbul.
- Memungkinkan mengadakan peralihan pelebaran perkerasan yang diperlukan dari jalan lurus ke kebutuhan lebar perkerasan pada tikungan-tikungan yang tajam.

- Menambah keamanan dan kenyamanan bagi pengemudi, karena sedikit kemungkinan pengemudi keluar dari lajur.
- Menambah keindahan bentuk dari jalan tersebut, menghindari kesan patahnya jalan pada batasan bagian lurus dan lengkung busur lingkaran.

Pencapaian kemiringan melintang jalan dari kemiringan jalan normal pada jalan lurus ke kemiringan melintang sebesar superelevasi dan sebaliknya dilakukan pada awal dan akhir lengkung.

Panjang lengkung peralihan menurut Bina Marga diperhitungkan sepanjang mulai dari penampang melintang berbentuk crown  sampai penampang melintang dengan kemiringan sebesar superelevasi (gambar 4.11a). Sedangkan AASHTO'90 memperhitungkan panjang lengkung peralihan dari penampang melintang berbentuk  sampai penampang melintang dengan kemiringan sebesar superelevasi (gambar 4.11b).



Gambar 4.11. Panjang lengkung peralihan menurut Bina Marga dan AASHTO'90.

### Landai relatif

Proses pencapaian kemiringan melintang sebesar superelevasi dari kemiringan melintang normal pada jalan lurus sampai kemiringan melintang sebesar superelevasi pada lengkung berbentuk busur lingkaran, menyebabkan peralihan tinggi perkerasan sebelah luar dari elevasi kemiringan normal pada jalan lurus ke elevasi sesuai kemiringan superelevasi pada busur lingkaran.

Landai relatif ( $1/m$ ) adalah besarnya kelandaian akibat perbedaan elevasi tepi perkerasan sebelah luar sepanjang lengkung peralihan. Perbedaan elevasi dalam hal ini hanya berdasarkan tinjauan perubahan bentuk penampang melintang jalan, belum merupakan gabungan dari perbedaan elevasi akibat kelandaian vertikal jalan.

Pada gambar 4.11 terlihat bahwa :

Menurut Bina Marga (gambar 4.11a)

Menurut AASHTO (gambar 4.11b)

$$\text{Landai relatif } \frac{1}{m} = \frac{h}{L_s}$$

$$\text{Landai relatif } \frac{1}{m} = \frac{h_1}{L_s}$$

$$\frac{1}{m} = \frac{(e+e_n)B}{L_s}$$

$$\frac{1}{m} = \frac{(e)B}{L_s}$$

dimana:

$1/m$  = landai relatif

$L_s$  = panjang lengkung peralihan

$B$  = lebar jalur 1 arah, m

$e$  = superelevasi, m/m'

$e_n$  = kemiringan melintang normal, m/m'

Besarnya landai relatif maksimum dipengaruhi oleh kecepatan dan tingkah laku pengemudi.

Tabel 4.5 dan gambar 4.12a dan 4.12b memberikan beberapa nilai kelandaian relatif maksimum berdasarkan empiris, sesuai yang diberikan oleh AASHTO'90 dan Bina Marga (luar kota).

Pada jalan berlajur banyak maka pencapaian kemiringan tidak dapat mempergunakan data diatas dengan begitu saja. Dari pengamatan secara empiris diperoleh bahwa pencapaian kemiringan untuk jalan 3 lajur adalah 1,2 kali dari panjang pencapaian kemiringan untuk jalan 2 lajur, jalan dengan 4 lajur memerlukan panjang pencapaian 1,5 kali panjang pencapaian untuk jalan 2 lajur, dan untuk jalan 6 lajur panjang pencapaian yang diperlukan adalah 2 kali panjang pencapaian untuk jalan 2 lajur.

Tabel 4.5

Kecepatan rencana km/jam	1/m	Kecepatan rencana km/jam	Kelandaian relatif maksimum
	AASHTO 1990		Bina Marga (luar kota)
32	1/33	20	1/50
48	1/150	30	1/75
64	1/175	40	1/100
80	1/200	50	1/115
88	1/213	60	1/125
96	1/222	80	1/150
104	1/244	100	
112	1/250		

Dari batasan landai relatif maksimum dapat ditentukan panjang lengkung peralihan minimum yang dibutuhkan :

Menurut Bina Marga

(gambar 4.11a)

$$\text{Landai relatif } \frac{1}{m} = \frac{h}{L_s}$$

$$m \geq m_{\text{maks}} \text{ (gambar (4.12a))}$$

$$\frac{(e+e_n)B}{L_s} \leq \frac{1}{m_{\text{maks}}}$$

$$L_s \geq (e + e_n)B \cdot m_{\text{maks}}$$

Menurut AASHTO

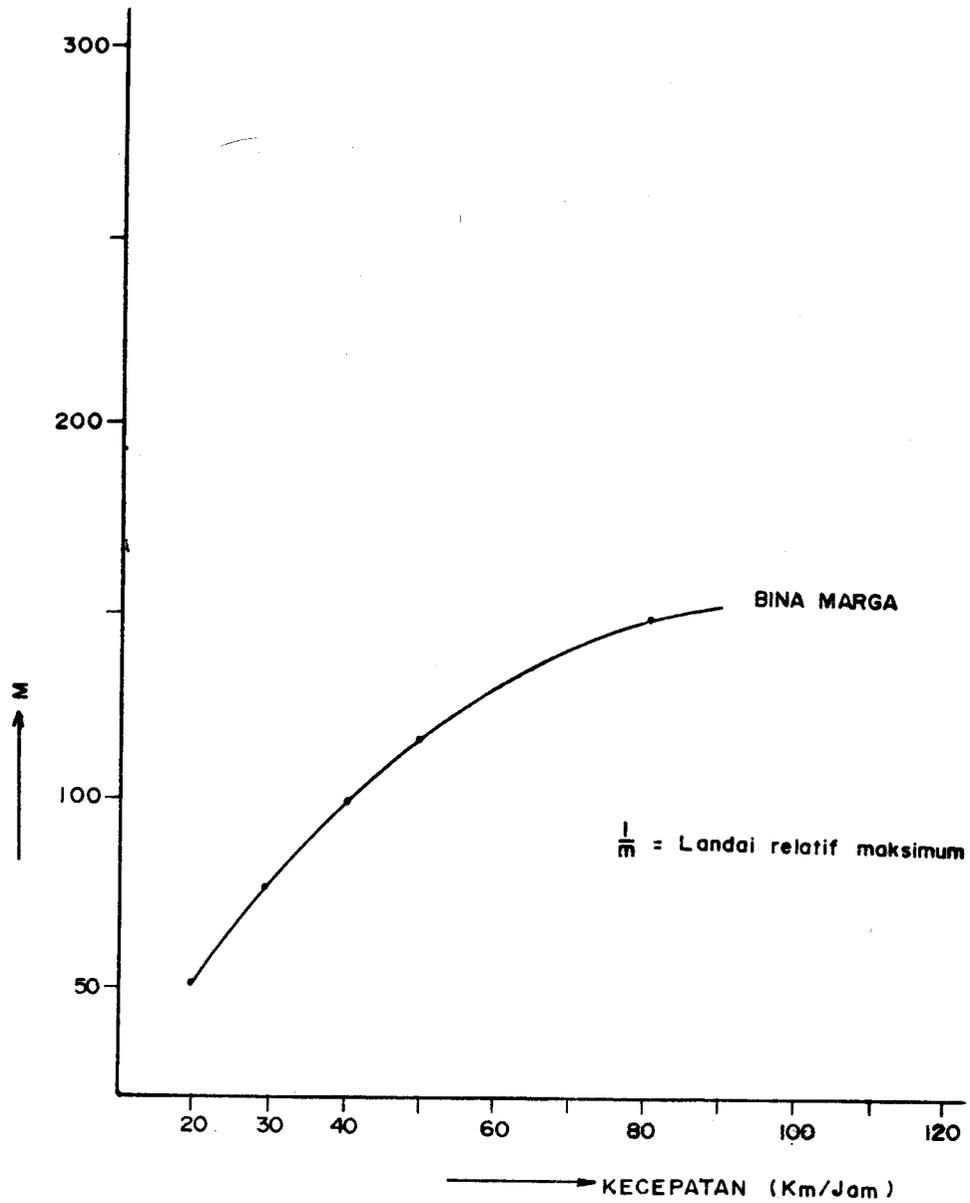
(gambar 4.11b)

$$\text{Landai relatif } \frac{1}{m} = \frac{h_1}{L_s}$$

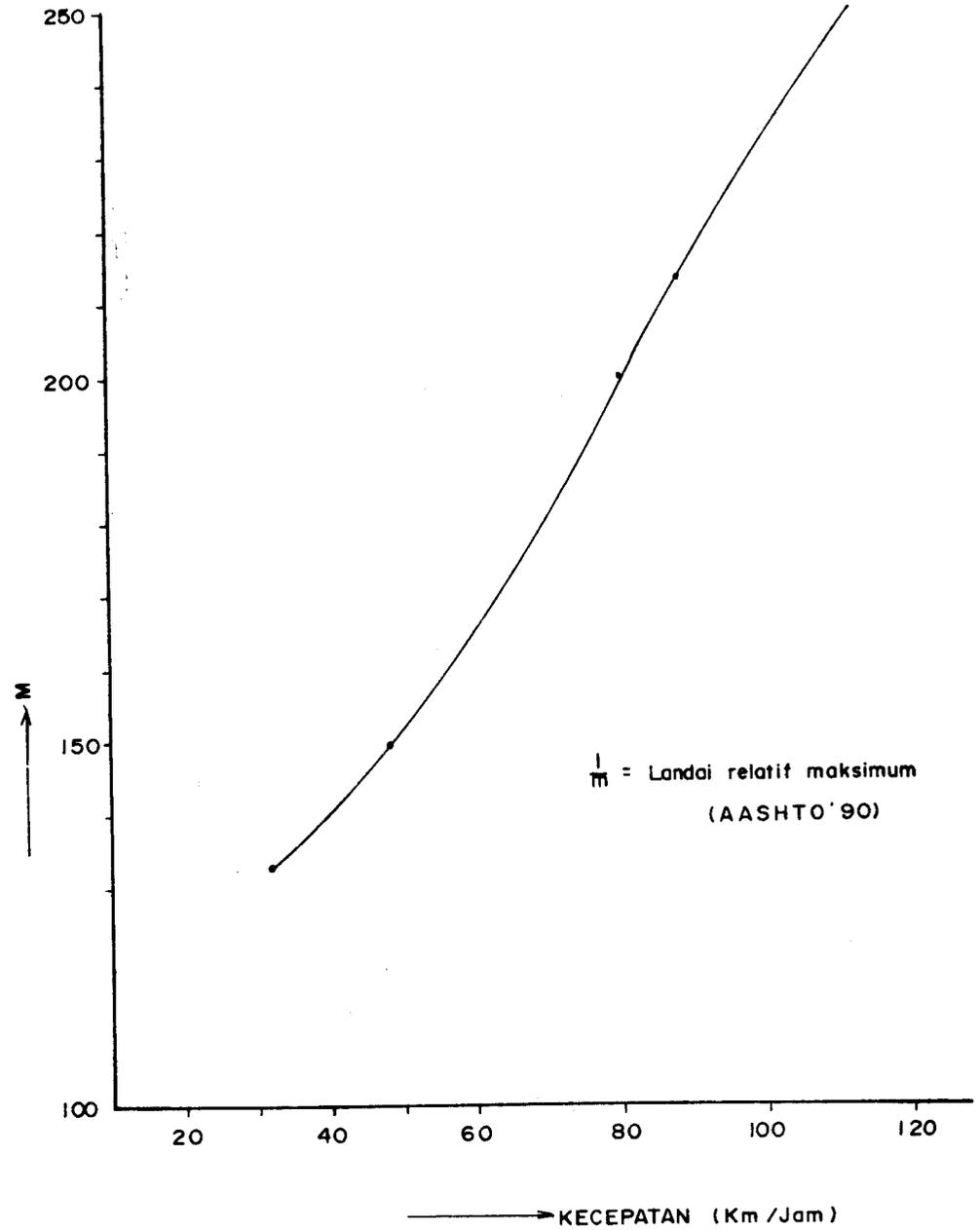
$$m \geq m_{\text{maks}} \text{ (gambar 4.12b)}$$

$$\frac{(e)B}{L_s} = \frac{1}{m_{\text{maks}}}$$

$$L_s \geq (e)B \cdot m_{\text{maks}}$$



Gambar 4.12a. Landai relatif maksimum berdasarkan Bina Marga.

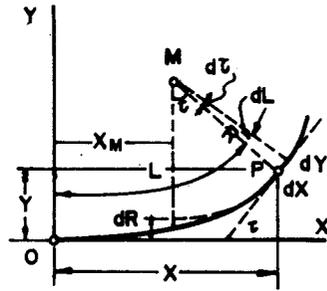


Gambar 4.12b. Landai relatif maksimum berdasarkan AASHTO'90.

**Bentuk lengkung peralihan**

Bentuk lengkung peralihan yang terbaik adalah lengkung clothoid atau spiral.

- O = titik peralihan dari bagian tangen kebagian spiral
- P = titik sembarang pada spiral
- $\tau$  = sudut antara garis singgung dari titik P dan sumbu X
- x = absis titik P
- y = ordinat titik P
- R = radius pada titik P
- L = panjang spiral diukur dari titik O ke titik P



Gambar 4.13. Lengkung spiral.

Pada awal lengkung peralihan di titik O,  $R = \infty$ ; pada sembarang titik pada lengkung peralihan  $R = R$ .

$$dl = R d\tau \dots\dots\dots (a)$$

$$dx = dl \cos \tau$$

$$dy = dl \sin \tau$$

Syarat lengkung clothoid/spiral adalah radius pada sembarang titik berbanding terbalik dengan panjang lengkung.

$$RL = A^2$$

$$R = A^2/L \dots\dots\dots (b)$$

$$A^2 = \text{konstanta}$$

Substitusikan persamaan (b) ke persamaan (a)

$$dL = A^2/L d\tau$$

$$d\tau = L/A^2 dL$$

$$\tau = \frac{L^2}{2A^2} \dots\dots\dots (c)$$

$$L^2 = 2 A^2 \cdot \tau$$

$$L = A\sqrt{(2\tau)}$$

Substitusikan persamaan (b) ke (c)

$$\tau = L/2R \text{ radial}$$

Berarti besarnya sudut spiral  $\tau = L/2R$

$$R = \frac{A^2}{L} = \frac{A}{\sqrt{(2\tau)}} \dots\dots\dots (d)$$

$$dx = A^2/L \cos \tau d\tau$$

$$dx = \frac{A}{\sqrt{(2\tau)}} \cos \tau d\tau$$

$$x = \int_0^\tau \frac{A}{\sqrt{(2\tau)}} \cos \tau d\tau$$

$$dy = dL \sin \tau$$

$$dy = \frac{A}{\sqrt{(2\tau)}} \sin \tau d\tau$$

$$y = \int_0^{\tau} \frac{A}{\sqrt{2\tau}} \sin \tau \, d\tau$$

Dengan menghitung fungsi sinus dan cosinus serta mengintegrasikan, dan merubah keterdajat, akan didapat :

$$x = L \left( 1 - \frac{L^2}{40R^2} + \frac{L^4}{3456R^4} - \frac{L^6}{599040R^6} + \dots \right)$$

$$y = \frac{L^2}{6R} \left( 1 - \frac{L^2}{56R^2} + \frac{L^4}{7040R^4} - \frac{L^6}{1612800R^6} \right)$$

Jika disederhanakan maka :

$$x = L \left( 1 - \frac{L^2}{40R^2} \right) \dots \dots \dots (14)$$

$$y = \frac{L^2}{6R} \dots \dots \dots (15)$$

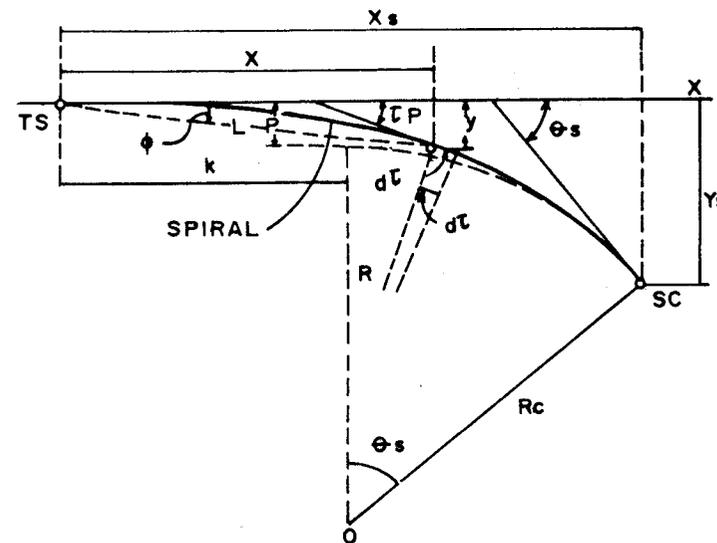
Selanjutnya dari gambar 4.13 diperoleh

$$dR = y + R \cos \tau - R$$

$$x_m = x - R \sin \tau$$

Dari uraian di atas dapatlah ditentukan koordinat sembarang titik P pada lengkung peralihan yang berbentuk spiral.

Perhatikan sebuah lengkung spiral seperti pada gambar 4.14 di bawah ini.



Gambar 4.14. Lengkung peralihan berbentuk spiral pada lengkung horizontal.

Titik TS, permulaan bagian spiral dengan radius tak berhingga ke titik SC, akhir dari spiral dengan radius = Rc.

Jika panjang lengkung peralihan dari TS ke SC adalah Ls dan koordinat titik SC adalah Xs dan Ys, maka dengan menggunakan persamaan 14 dan 15 diperoleh:

$$X_s = L_s \left( 1 - \frac{L_s^2}{40R_c^2} \right) \dots \dots \dots (16)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6R_c} \dots \dots \dots (17)$$

Besarnya sudut spiral  $\theta_s$  sepanjang  $L_s = \frac{L_s}{2R_c}$  radial  $\dots \dots \dots (18)$

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R_c} \dots \dots \dots (19)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6R_c} - R_c(1 - \cos \theta_s) \dots \dots \dots (20)$$

$$k = Ls - \frac{Ls^3}{40Rc^2} - Rc \sin \theta s \quad \dots\dots\dots (21)$$

**Panjang lengkung peralihan (Ls) berdasarkan rumus SHORTT**

Gaya sentrifugal akan berubah secara cepat jika panjang spiral yang dipergunakan pendek, sebaliknya gaya sentrifugal akan berubah secara perlahan-lahan jika panjang spiral cukup panjang.

$$\text{Gaya sentrifugal} = mV^2/R$$

Waktu untuk kendaraan bergerak sepanjang lengkung spiral sepanjang Ls, adalah  $t = Ls/V$ .

Perubahan gaya rata-rata sepanjang waktu tempuh sepanjang spiral = gaya/waktu.

$$\frac{\text{Gaya}}{\text{waktu}} = \frac{mV^2/R}{Ls/V} = \frac{mV^3}{RLs}$$

Perubahan percepatan ke arah radial untuk setiap satuan waktu (C) = a/t.

$$C = a/t$$

$$\text{Gaya} = ma$$

$$\frac{\text{Gaya}}{\text{waktu}} = \frac{ma}{t} = \frac{mV^3}{RLs}$$

$$C = \frac{V^3}{RLs} \quad \dots\dots\dots \rightarrow Ls = \frac{V^3}{RC}$$

Jika satuan dari besaran-besaran tersebut adalah :

Ls = panjang lengkung spiral, m

R = jari-jari busur lingkaran, m

V = Kecepatan rencana, km/jam

C = perubahan percepatan, m/det<sup>3</sup>, yang bernilai antara 1-3 m/det<sup>3</sup>.

$$Ls = 0,022 \frac{V^3}{RC} \quad ; \quad \dots\dots\dots \rightarrow \text{Rumus SHORTT} \quad \dots\dots\dots (22)$$

Untuk mengimbangi gaya sentrifugal sebenarnya telah dibuatkan superelevasi, oleh karena itu gaya yang bekerja adalah gaya sentrifugal dan komponen berat kendaraan akibat dibuatkannya kemiringan melintang sebesar superelevasi. Dengan demikian rumus SHORTT menjadi:

$$Ls = 0,022 \frac{V^3}{RC} - 2,727 \frac{V \cdot e}{C} \quad \dots\dots\dots (23)$$

Rumus (23) ini terkenal dengan nama rumus MODIFIKASI SHORTT

**Panjang lengkung peralihan (Ls) perencanaan**

Panjang lengkung peralihan Ls yang dipilih untuk perencanaan merupakan panjang terpanjang dari pemenuhan persyaratan untuk :

- a. kelandaian relatif maksimum yang diperkenankan.
- b. panjang lengkung peralihan berdasarkan modifikasi SHORTT.
- c. lama perjalanan yang dilakukan pengemudi selama 2 detik menurut AASHTO dan 3 detik menurut Bina Marga (luar kota) yang berguna untuk menghindari kesan patahnya tepi perkerasan.
- d. bentuk lengkung spiral

Panjang lengkung spiral berdasarkan persamaan 18 atau 19 merupakan fungsi dalam sudut spiral  $\theta_s$ .

Tabel 4.6 memberikan panjang lengkung peralihan minimum yang diperoleh dari panjang terpanjang dari ketiga kondisi a, b, dan c di atas, dan besarnya superelevasi yang dibutuhkan untuk setiap radius yang dipilih pada kecepatan rencana tertentu dan superelevasi maksimum = 10%. Kelandaian relatif maksimum yang dipergunakan dan dasar pengukuran panjang lengkung peralihan  $L_s$  mengikuti yang diberikan oleh AASHTO.

Tabel 4.7 dipersiapkan untuk nilai kelandaian relatif maksimum dan dasar pengukuran panjang lengkung peralihan  $L_s$  mengikuti yang diberikan oleh Bina Marga(luar kota).

Tabel 4.8 dan tabel 4.9 dipersiapkan mengikuti metoda AASHTO dan Bina Marga untuk superelevasi maksimum = 8%.

## RANGKUMAN :

- Lengkung peralihan merupakan lengkung untuk tempat peralihan penampang melintang dari jalan lurus ke jalan dengan superelevasi.
- Panjang lengkung peralihan yang dibutuhkan haruslah memenuhi batasan akan :
  - a. kelandaian relatif maksimum yang diperkenankan.
  - b. bentuk lengkung spiral.
  - c. panjang lengkung peralihan berdasarkan modifikasi SHORTT
  - d. lama perjalanan yang dilakukan pengemudi selama 2 detik menurut AASHTO dan 3 detik menurut Bina Marga (luar kota) untuk menghindari kesan patahnya tepi perkerasan.
- Pengukuran panjang lengkung peralihan  $L_s$  menurut metoda Bina Marga dimulai dari awal peralihan penampang melintang berbentuk normal , sampai dicapai bentuk penampang melintang sesuai superelevasi yang dibutuhkan.
- Pengukuran panjang lengkung peralihan  $L_s$  menurut metoda AASHTO dimulai dari penampang melintang berbentuk , sampai dicapai bentuk penampang melintang sesuai superelevasi yang dibutuhkan.
- Panjang lengkung peralihan  $L_s$  yang dibutuhkan harus diperhitungkan mengikuti metoda pengukuran panjang lengkung peralihan yang dipergunakan.
- Sudut spiral merupakan fungsi dalam panjang spiral (persamaan 18 atau 19).

Tabel 4.6. Tabel Panjang lengkung peralihan minimum dan superelevasi yang dibutuhkan (e maksimum = 10 % metoda AASHTO)

D (o)	R (m)	V = 50 km/jam		V = 60 km/jam		V = 70 km/jam		V = 80 km/jam		V = 90 km/jam		V = 100 km/jam		V = 120 km/jam	
		e	Ls	e	Ls	e	Ls								
0,25	5730	LN	0	LP	60	LP	70								
0,50	2865	LN	0	LN	0	LP	40	LP	50	LP	50	LP	60	LP	70
0,75	1910	LN	0	LP	40	LP	40	0,020	50	0,023	50	0,031	60	0,044	70
1,00	1432	LP	30	LP	40	0,021	40	0,027	50	0,033	50	0,040	60	0,057	70
1,25	1146	LP	30	LP	40	0,025	40	0,033	50	0,040	50	0,049	60	0,069	80
1,50	955	LP	30	0,023	40	0,030	40	0,038	50	0,047	50	0,057	60	0,080	90
1,75	819	LP	30	0,026	40	0,035	40	0,044	50	0,054	50	0,065	60	0,090	100
2,00	716	0,021	30	0,029	40	0,039	40	0,049	50	0,060	50	0,072	70	0,096	110
2,50	573	0,026	30	0,036	40	0,047	40	0,059	50	0,072	60	0,085	80		
3,00	477	0,030	30	0,042	40	0,055	40	0,068	60	0,081	70	0,094	90		
3,50	409	0,035	30	0,048	40	0,062	50	0,076	60	0,089	80	0,099	90		
4,00	358	0,039	30	0,054	40	0,068	50	0,082	70	0,095	80				
4,50	318	0,043	30	0,059	40	0,074	50	0,088	80	0,100	90				
5,00	286	0,048	30	0,064	40	0,079	60	0,093	70	0,099	80				
6,00	239	0,055	40	0,073	50	0,088	60	0,098	80						
7,00	205	0,062	40	0,080	50	0,094	70	0,098	80						
8,00	179	0,068	40	0,086	60	0,098	70								
9,00	159	0,074	50	0,091	60	0,099	70								
10,00	143	0,079	50	0,095	60										
11,00	130	0,083	50	0,098	60										
12,00	119	0,087	45	0,100	60										
13,00	110	0,091	60												
14,00	102	0,093	60												
15,00	95	0,096	60												
16,00	90	0,097	60												
17,00	84	0,099	60												
18,00	80	0,099	60												
19,00	75														

Keterangan:

LN = lereng jalan normal diasumsikan = 2 %

LP = lereng luar diputar sehingga perkerasan mendapat superelevasi sebesar lereng jalan normal = 2 %.

Ls = diperhitungkan dengan mempertimbangkan rumus modifikasi Shortt, landai relatif maksimum (gambar 12), jarak tempuh 2 detik, dan lebar perkerasan 2 x 3,75 m.

Tabel 4.7. Tabel Panjang lengkung peralihan minimum dan superelevasi yang dibutuhkan (e maksimum = 10 % metoda Bina Marga)

D (o)	R (m)	V = 50 km/jam		V = 60 km/jam		V = 70 km/jam		V = 80 km/jam		V = 90 km/jam	
		e	Ls								
0,250	5730	LN	0								
0,500	2865	LN	0	LN	0	LP	60	LP	70	LP	75
0,750	1910	LN	0	LP	50	LP	60	0,020	70	0,025	75
1,000	1432	LP	45	LP	50	0,021	60	0,027	70	0,033	75
1,250	1146	LP	45	LP	50	0,025	60	0,033	70	0,040	75
1,500	955	LP	45	0,023	50	0,030	60	0,038	70	0,047	75
1,750	819	LP	45	0,026	50	0,035	60	0,044	70	0,054	75
2,000	716	LP	45	0,029	50	0,039	60	0,049	70	0,060	75
2,500	573	0,026	45	0,036	50	0,047	60	0,059	70	0,072	75
3,000	477	0,030	45	0,042	50	0,055	60	0,068	70	0,081	75
3,500	409	0,035	45	0,048	50	0,062	60	0,076	70	0,089	75
4,000	358	0,039	45	0,054	50	0,068	60	0,082	70	0,095	75
4,500	318	0,043	45	0,059	50	0,074	60	0,088	70	0,099	75
5,000	286	0,048	45	0,064	50	0,079	60	0,093	70	0,100	75
6,000	239	0,055	45	0,073	50	0,088	60	0,098	70		
7,000	205	0,062	45	0,080	50	0,094	60	0,098	70		
8,000	179	0,068	45	0,086	50	0,098	60				
9,000	159	0,074	45	0,091	50	0,099	60				
10,000	143	0,079	45	0,095	60						
11,000	130	0,083	45	0,098	60						
12,000	119	0,087	45	0,100	60						
13,000	110	0,091	50								
14,000	102	0,093	50								
15,000	95	0,096	50								
16,000	90	0,097	50								
17,000	84	0,099	60								
18,000	80	0,099	60								
19,000	75										

Keterangan:

LN = lereng jalan normal diasumsikan = 2 %

LP = lereng luar diputar sehingga perkerasan mendapat superelevasi sebesar lereng jalan normal = 2 %.

Ls = diperhitungkan dengan mempertimbangkan rumus modifikasi Shortt, landai relatif maksimum (gambar 12), jarak tempuh 2 detik, dan lebar perkerasan 2 x 3,75 m.

Tabel 4.8. Tabel Panjang lengkung peralihan minimum dan superelevasi yang dibutuhkan (e maksimum = 8 % metoda AASHTO)

D (o)	R (m)	V = 50 km/jam		V = 60 km/jam		V = 70 km/jam		V = 80 km/jam		V = 90 km/jam		V = 100 km/jam		V = 120 km/jam	
		e	Ls	e	Ls	e	Ls								
0,25	5730	LN	0	LP	60	LP	70								
0,50	2865	LN	0	LN	0	LN	0	LP	50	LP	50	LP	60	0,029	70
0,75	1910	LN	0	LP	40	LP	40	LP	50	0,025	50	0,030	60	0,042	70
1,00	1432	LP	30	LP	40	LP	40	0,026	50	0,032	50	0,038	60	0,053	70
1,25	1146	LP	30	LP	40	0,025	40	0,031	50	0,038	50	0,046	60	0,063	70
1,50	955	LP	30	0,022	40	0,033	40	0,036	50	0,045	50	0,053	60	0,072	80
1,75	819	LP	30	0,025	40	0,041	40	0,041	50	0,050	50	0,059	60	0,077	90
2,00	716	LP	30	0,028	40	0,037	40	0,046	50	0,055	50	0,065	60	0,080	90
2,50	573	0,025	30	0,034	40	0,044	40	0,054	50	0,064	50	0,073	70	Dmaks = 2,13	
3,00	477	0,029	30	0,040	40	0,050	40	0,060	50	0,070	60	0,078	70		
3,50	409	0,033	30	0,045	40	0,056	40	0,065	50	0,075	60	0,080	80	Dmaks = 3,55	
4,00	358	0,037	30	0,049	40	0,061	50	0,071	60	0,079	60				
4,50	318	0,041	30	0,053	40	0,064	50	0,074	60	0,080	60				
5,00	286	0,044	30	0,057	40	0,068	50	0,077	60						
6,00	239	0,050	40	0,063	50	0,074	50								
7,00	205	0,056	40	0,068	50	0,078	50								
8,00	179	0,060	40	0,073	50	0,080	50								
9,00	159	0,064	40	0,076	50										
10,00	143	0,068	40	0,078	50										
11,00	130	0,071	40	0,079	50										
12,00	119	0,074	50												
13,00	110	0,076	50												
14,00	102	0,078	50												
15,00	95	0,079	50												
16,00	90	0,080	50												
17,00	84	0,080	50												
				Dmaks = 17,47											

Keterangan:

LN = lengkung jalan normal diasumsikan = 2 %

LP = lengkung luar diputar sehingga perkerasan mendapat superelevasi sebesar lereng jalan normal = 2 %.

Ls = dipertimbangkan dengan mempertimbangkan rumus modifikasi Short, landai relatif maksimum (gambar 12), jarak tempuh 2 detik, dan lebar perkerasan 2 x 3,75 m.

Tabel 4.9. Tabel Panjang lengkung peralihan minimum dan superelevasi yang dibutuhkan (e maksimum = 8 % metoda Bina Marga)

D (o)	R (m)	V = 50 km/jam		V = 60 km/jam		V = 70 km/jam		V = 80 km/jam		V = 90 km/jam	
		e	Ls								
0,25	5730	LN	0								
0,50	2865	LN	0	LN	0	LN	0	LP	70	LP	75
0,75	1910	LN	0	LP	50	LP	60	LP	70	0,025	75
1,00	1432	LP	45	LP	50	LP	60	0,026	70	0,032	75
1,25	1146	LP	45	LP	50	0,025	60	0,031	70	0,038	75
1,50	955	LP	45	0,022	50	0,029	60	0,036	70	0,045	75
1,75	819	LP	45	0,025	50	0,033	60	0,041	70	0,050	75
2,00	716	LP	45	0,028	50	0,037	60	0,046	70	0,055	75
2,50	573	0,025	45	0,034	50	0,044	60	0,054	70	0,064	75
3,00	477	0,029	45	0,040	50	0,050	60	0,060	70	0,070	75
3,50	409	0,033	45	0,045	50	0,056	60	0,065	70	0,075	75
4,00	358	0,037	45	0,049	50	0,061	60	0,071	70	0,079	75
4,50	318	0,041	45	0,053	50	0,064	60	0,074	70	0,080	75
5,00	286	0,044	45	0,057	50	0,068	60	0,077	70		
6,00	239	0,050	45	0,063	50	0,074	60	0,080	70		
7,00	205	0,056	45	0,068	50	0,078	60				
8,00	179	0,060	45	0,073	50	0,080	60				
9,00	159	0,064	45	0,076	50						
10,00	143	0,068	45	0,078	50						
11,00	130	0,071	45	0,079	50						
12,00	119	0,074	45								
13,00	110	0,076	45								
14,00	102	0,078	45								
15,00	95	0,079	45								
16,00	90	0,080	45								
17,00	84	0,080	45								
				Dmaks = 17,47							

Keterangan:

LN = lengkung jalan normal diasumsikan = 2 %

LP = lengkung luar diputar sehingga perkerasan sebesar lereng jalan normal = 2 %.

Ls = dipertimbangkan dengan mempertimbangkan Short, landai relatif maksimum (gambar dan lebar perkerasan 2 x 3,75 m.

### 4.3. DIAGRAM SUPERELEVASI (diagram kemiringan melintang)

Diagram superelevasi menggambarkan pencapaian superelevasi dari lereng normal ke superelevasi penuh, sehingga dengan mempergunakan diagram superelevasi dapat ditentukan bentuk penampang melintang pada setiap titik di suatu lengkung horizontal yang direncanakan. Diagram superelevasi digambar berdasarkan elevasi sumbu jalan sebagai garis nol. Elevasi tepi perkerasan diberi tanda positif atau negatif ditinjau dari ketinggian sumbu jalan. Tanda positif untuk elevasi tepi perkerasan yang terletak lebih tinggi dari sumbu jalan dan tanda negatif untuk elevasi tepi perkerasan yang terletak lebih rendah dari sumbu jalan.

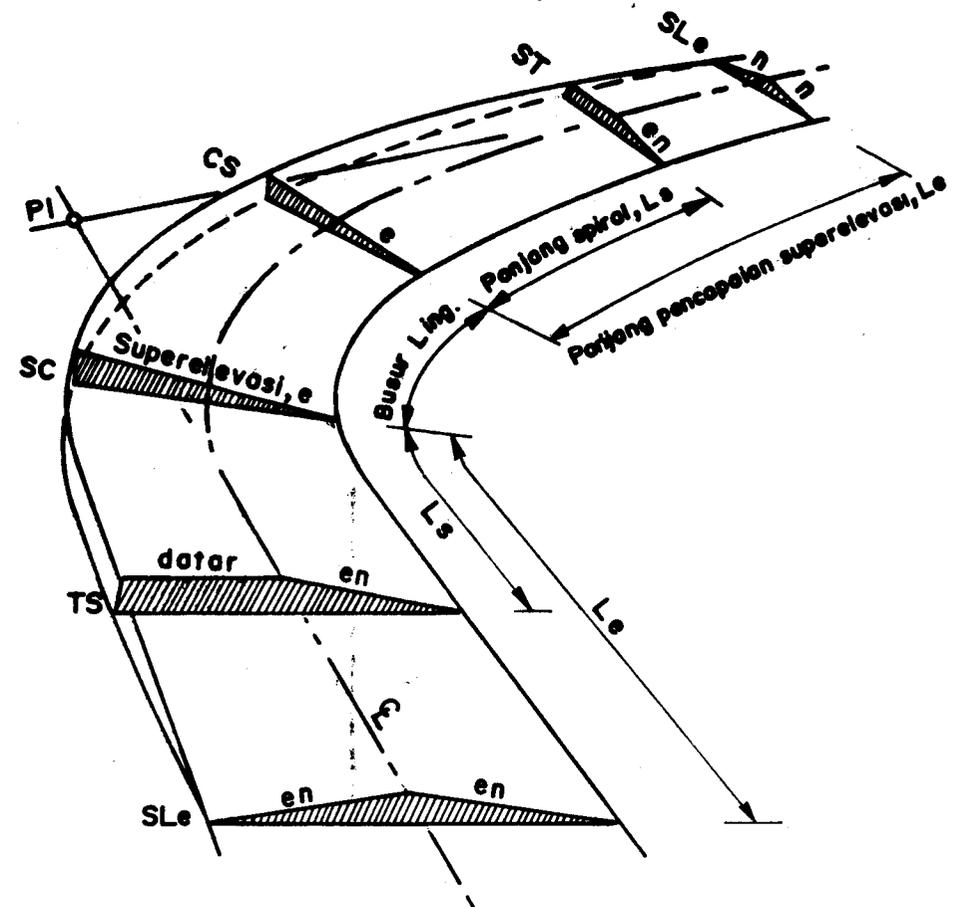
Pada jalan tanpa median yang mempergunakan sumbu jalan sebagai sumbu putar, seperti pada gambar 4.15, maka diagram superelevasinya seperti gambar 4.16. Metoda ini paling umum dipergunakan untuk jalan 2 jalur 2 arah tanpa median (jalan raya tidak terpisah). Metoda ini tidak mengganggu perencanaan penampang memanjang jalan yang bersangkutan. Terlihat pada gambar 4.16 titik-titik sumbu jalan tidak berubah kedudukannya dari tempat semula (potongan I-I, II-II, III-III, dan IV-IV).

Jika perkerasan jalan diputar dengan mempergunakan tepi dalam perkerasan sebagai sumbu putar, maka akan memberikan keuntungan dilihat dari sudut keperluan drainase jalan dan keperluan estetis jalan yang bersangkutan. Hanya saja elevasi sumbu jalan berubah kedudukannya dilihat dari kondisi jalan lurus (gambar 4.17).

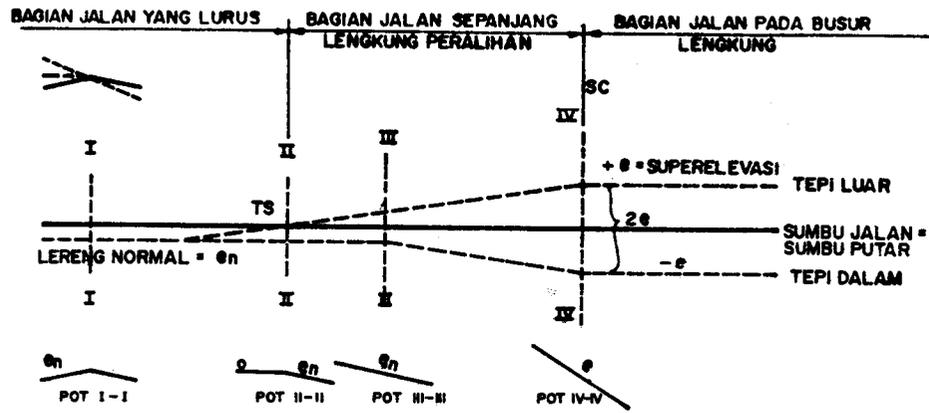
Metoda ketiga yaitu dengan mempergunakan tepi luar perkerasan sebagai sumbu putar. Metoda ini jarang dipergunakan, karena umumnya tidak memberikan keuntungan-keuntungan sebagaimana cara-cara yang lain, kecuali untuk penyesuaian dengan keadaan medan (gambar 4.18).

Untuk jalan raya dengan median (jalan raya terpisah) cara pencapaian kemiringan tersebut, tergantung dari lebar serta bentuk penampang melintang median yang bersangkutan dan dapat dilakukan dengan salah satu dari ke tiga cara berikut :

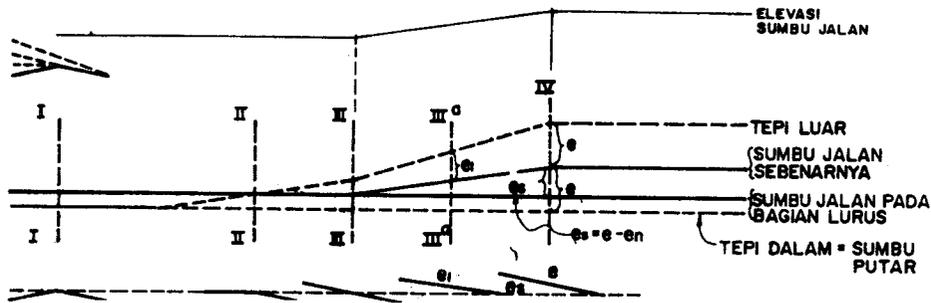
1. Masing-masing perkerasan diputar sendiri-sendiri dengan sumbu masing-masing jalur jalan sebagai sumbu putar (gambar 4.19a).
2. Kedua perkerasan masing-masing diputar sendiri-sendiri dengan sisi-sisi median sebagai sumbu putar, sedang median dibuat tetap dalam keadaan datar (gambar 4.19b).
3. Seluruh jalan termasuk median diputar dalam satu bidang yang sama, sumbu putar adalah sumbu median (gambar 4.19c).



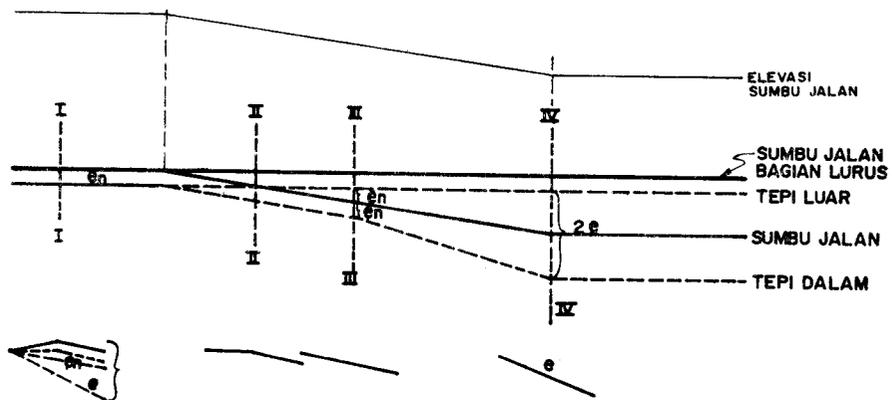
Gambar 4.15. Perubahan kemiringan melintang.



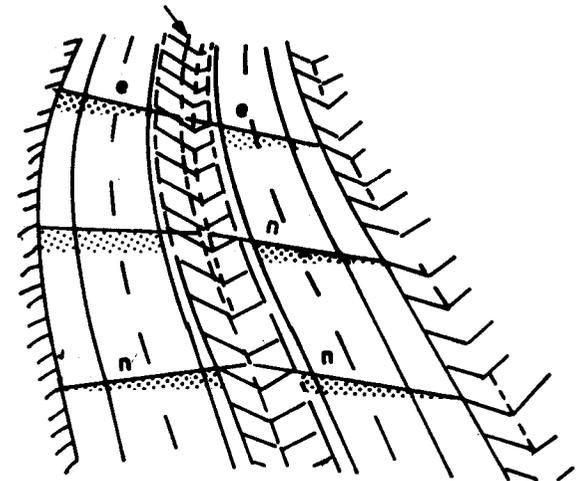
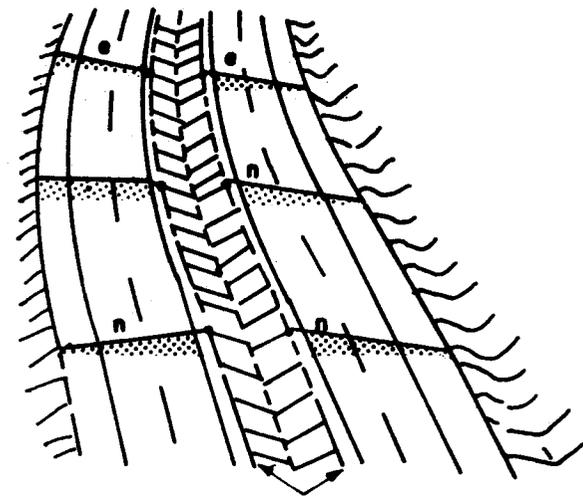
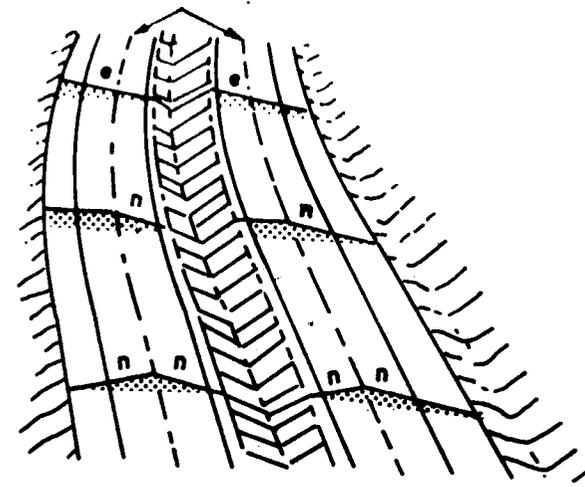
Gambar 4.16 Diagram superelevasi dengan sumbu jalan sebagai sumbu putar



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



Gambar 4.18 Diagram superelevasi dengan tepi luar perkerasan sebagai sumbu putar pada jalan tanpa median.



Gambar 4.19. Pencapaian superelevasi pada jalan dengan median.

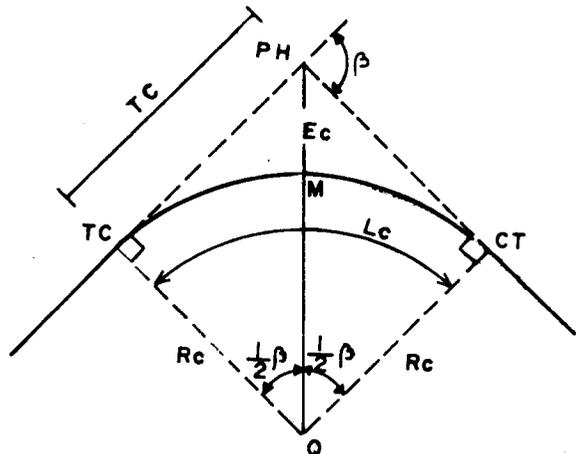
4.4 **BENTUK LENGKUNG HORIZONTAL**

Ada 3 bentuk lengkung horizontal yaitu :

- lengkung busur lingkaran sederhana (*circle*)
- lengkung busur lingkaran dengan lengkung peralihan (*spiral- circle-spiral*)
- lengkung peralihan saja (*spiral-spiral*).

**Lengkung busur lingkaran sederhana**

Tidak semua lengkung dapat dibuat berbentuk busur lingkaran sederhana, hanya lengkung dengan radius besar yang diperbolehkan. Pada tikungan yang tajam, dimana radius lengkung kecil dan superelevasi yang dibutuhkan besar, lengkung berbentuk busur lingkaran akan menyebabkan perubahan kemiringan melintang yang besar yang mengakibatkan timbulnya kesan patah pada tepi perkerasan sebelah luar. Efek negatif tersebut dapat dikurangi dengan membuat lengkung peralihan seperti dijelaskan pada bagian sebelum ini. Lengkung busur lingkaran sederhana hanya dapat dipilih untuk radius lengkung yang besar, dimana superelevasi yang dibutuhkan kurang atau sama dengan 3%. Radius yang memenuhi persyaratan tersebut untuk setiap kecepatan rencana tertentu, merupakan R yang terletak di atas garis batas pada tabel 4.6., dan tabel 4.7. untuk superelevasi maksimum 10% dan tabel 4.8. serta tabel 4.9. untuk superelevasi maksimum 8%.



Gambar 4.20. Lengkung busur lingkaran sederhana.

Gambar 4.20 menunjukkan lengkung horizontal berbentuk busur lingkaran sederhana. Bagian lurus dari jalan (di kiri TC atau di kanan CT) dinamakan bagian "TANGEN". Titik peralihan dari bentuk tangen ke bentuk busur lingkaran (*circle*) dinamakan titik TC dan titik peralihan dari busur lingkaran (*circle*) ke tangen dinamakan titik CT.

Jika bagian-bagian lurus dari jalan tersebut diteruskan akan memotong titik yang diberi nama PH ( Perpotongan Horizontal), sudut yang dibentuk oleh kedua garis lurus tersebut, dinamakan "sudut perpotongan" , bersimbul  $\beta$ . Jarak antara TC - PH diberi simbol  $T_c$ . Ketajaman lengkung dinyatakan oleh radius  $R_c$ . Jika lengkung yang dibuat simetris, maka garis O-PH merupakan garis bagi sudut TC-O-CT. Jarak antara titik PH dan busur lingkaran dinamakan  $E_c$ .  $L_c$  adalah panjang busur lingkaran.

$$T_c = R_c \operatorname{tg} \frac{1}{2} \beta \quad \dots\dots\dots (24)$$

$$E_c = \frac{R_c(1 - \cos \frac{1}{2}\beta)}{\cos \frac{1}{2}\beta}$$

$$E_c = T_c \operatorname{tg} \frac{1}{4} \beta \quad \dots\dots\dots (25)$$

$$L_c = \frac{\beta\pi}{180} R_c, \beta \text{ dalam derajat}$$

$$L_c = 0,01745 \beta R_c, \beta \text{ dalam derajat} \quad \dots\dots\dots (26)$$

$$L_c = \beta R_c, \beta \text{ dalam radial} \quad \dots\dots\dots (27)$$

Karena lengkung hanya berbentuk busur lingkaran saja, maka pencapaian superelevasi dilakukan sebagian pada jalan lurus dan sebagian lagi pada bagian lengkung. Karena bagian lengkung peralihan itu sendiri tidak ada, maka panjang daerah pencapaian kemiringan disebut sebagai panjang peralihan fiktif ( $L_s'$ ).

Bina Marga menempatkan  $3/4 L_s'$  dibagian lurus (kiri TC atau kanan CT) dan  $1/4 L_s'$  ditempatkan dibagian lengkung (kanan TC atau kiri CT).

AASHTO menempatkan  $2/3 L_s'$  dibagian lurus (kiri TC atau kanan CT) dan  $1/3 L_s'$  ditempatkan dibagian lengkung (kanan TC atau kiri CT).

Dengan menggambarkan diagram superelevasi, dapat ditentukan bentuk penampang melintang dititik TC dan CT, serta titik-titik di sepanjang lengkung.

Contoh perhitungan :

Kecepatan rencana = 60 km/jam

e maksimum = 0,10 dan sudut  $\beta = 20^\circ$ .

Lebar jalan  $2 \times 3,75$  m tanpa median.

Kemiringan melintang normal = 2 %.

Direncanakan lengkung berbentuk lingkaran sederhana dengan  $R = 716$  m.

**Metoda Bina Marga**

Dari tabel 4.7. (metoda Bina Marga) diperoleh  $e = 0,029$  dan  $L_s = 50$  m.

$$T_c = R \operatorname{tg} \frac{1}{2}\beta = 716 \cdot \operatorname{tg} 10^\circ$$

$$T_c = 126,25 \text{ m}$$

$$E_c = T \operatorname{tg} \frac{1}{4}\beta = 126,25 \operatorname{tg} 5^\circ$$

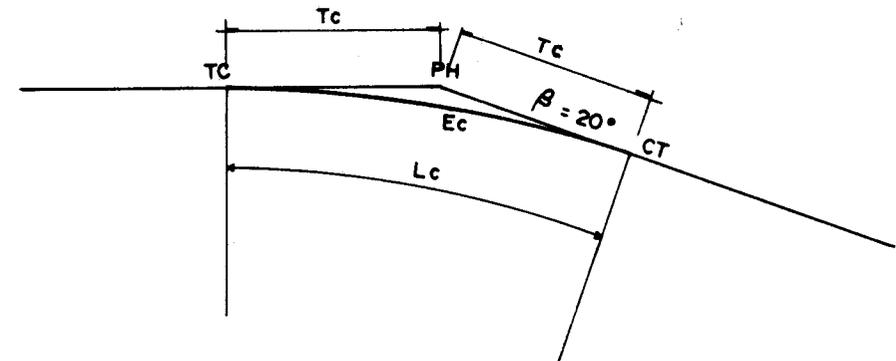
$$E_c = 11,05 \text{ m}$$

$$L_c = 0,01745 \cdot \beta \cdot R = 0,01745 \cdot 20 \cdot 716$$

$$L_c = 249,88 \text{ m}$$

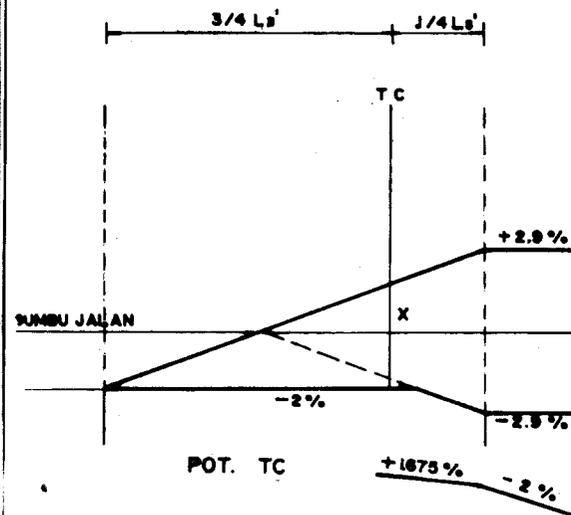
Data lengkung untuk lengkung busur lingkaran sederhana tersebut di atas :

- $V = 60$  km/jam       $L_c = 249,88$  m
- $\beta = 20^\circ$                $e = 2,9\%$
- $R = 716$  m               $E_c = 11,05$  m
- $T_c = 126,25$  m         $L_s' = 50$  m



Gambar 4.21 Lengkung lingkaran sederhana untuk  $\beta = 20^\circ$ ,  $R = 716$  m,  $e_{maks} = 10\%$ .

$L_s'$  berarti  $L_s$  fiktif karena tidak terdapat khusus lengkung peralihan, hanya merupakan panjang yang dibutuhkan untuk pencapaian kemiringan sebesar superelevasi, dan dilaksanakan sepanjang daerah lurus dan lengkung lingkarannya sendiri.



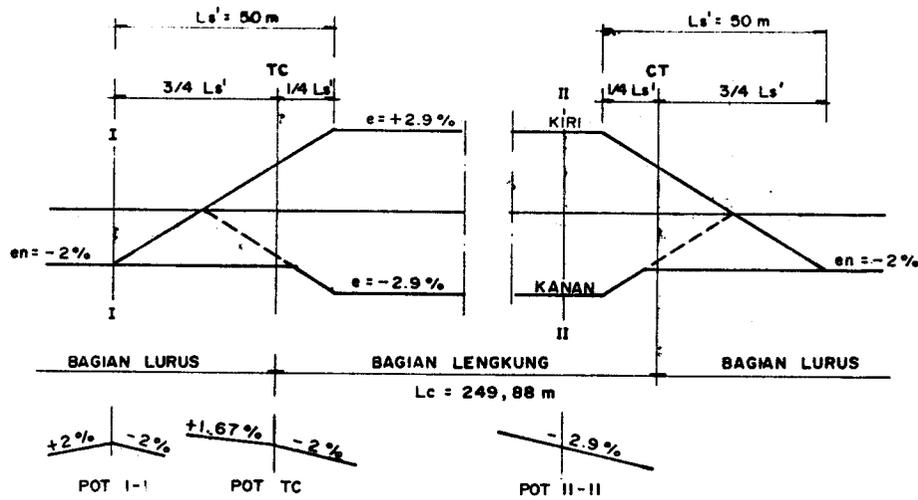
Dari gambar 4.22, diperoleh

$$\frac{3/4 L_s'}{L_s'} = \frac{(X+2)}{(2,9+2)}$$

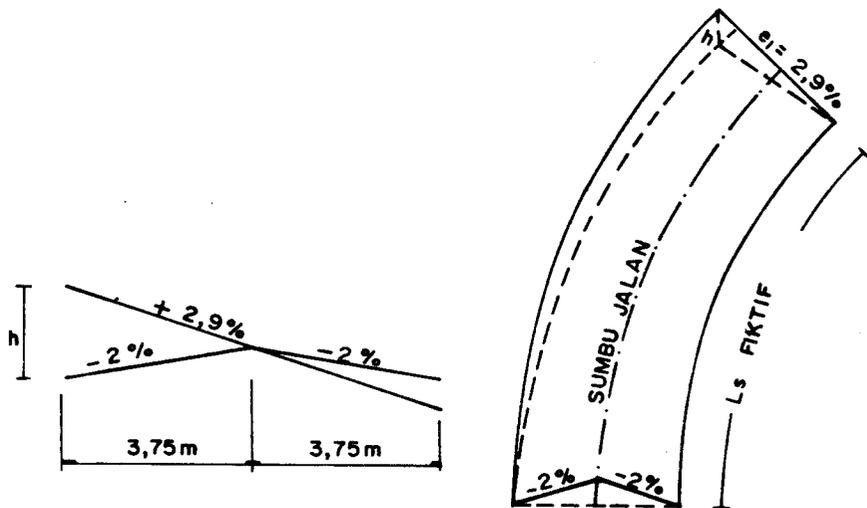
$$x = 1,675\%$$

Terlihat potongan melintang di awal lengkung, yaitu titik TC, sudah mempunyai superelevasi.

Gambar 4.22. Perhitungan bentuk penampang melintang di TC.



Gambar 4.23. Diagram superelevasi berdasarkan Bina Marga untuk contoh lengkung busur lingkaran sederhana (contoh perhitungan).



Gambar 4.24. Landai relatif (contoh perhitungan).

$$\text{Landai relatif} = \frac{(3,75)(0,02+0,029)}{50}$$

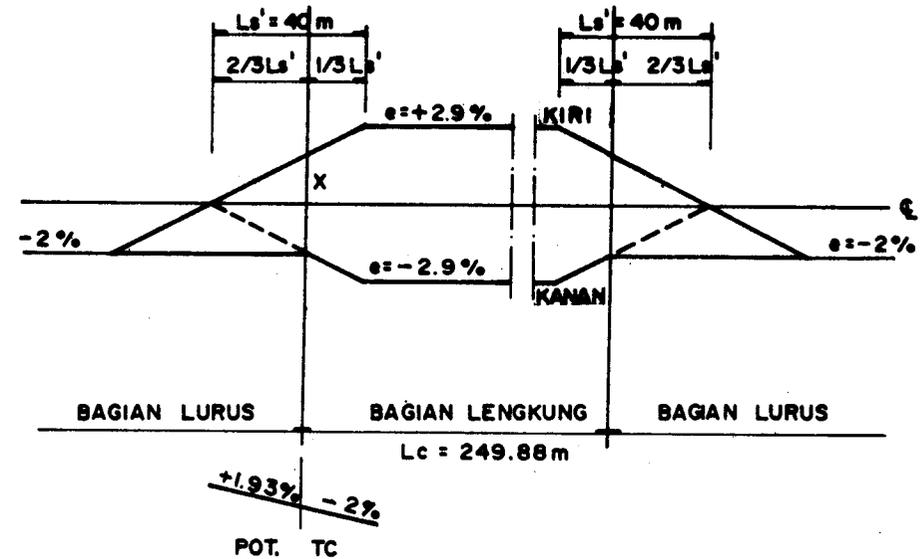
$$\text{Landai relatif} = 0,003675$$

### Metoda AASHTO

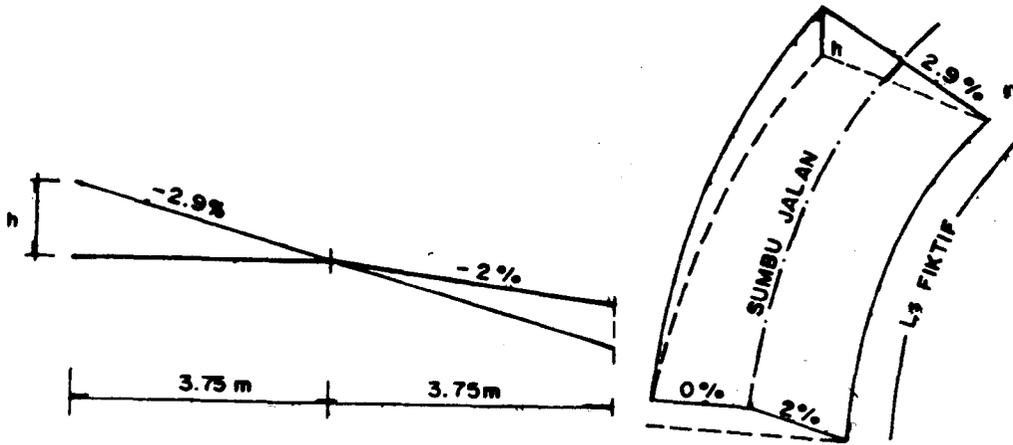
Dari tabel 4.6. (metoda AASHTO) diperoleh  $e = 0,029$  dan  $L's = 40m$ .

Data lengkung untuk lengkung busur lingkaran sederhana tersebut di atas :

- $V = 60 \text{ km/jam}$
- $\beta = 20^\circ$
- $R = 716 \text{ m}$
- $Tc = 26,25 \text{ m}$
- $Lc = 249,88 \text{ m}$
- $e = 2,9\%$
- $Ec = 11,05 \text{ m}$
- $Ls' = 40 \text{ m}$



Gambar 4.25. Diagram superelevasi berdasarkan AASHTO untuk contoh lengkung busur lingkaran sederhana (contoh perhitungan).



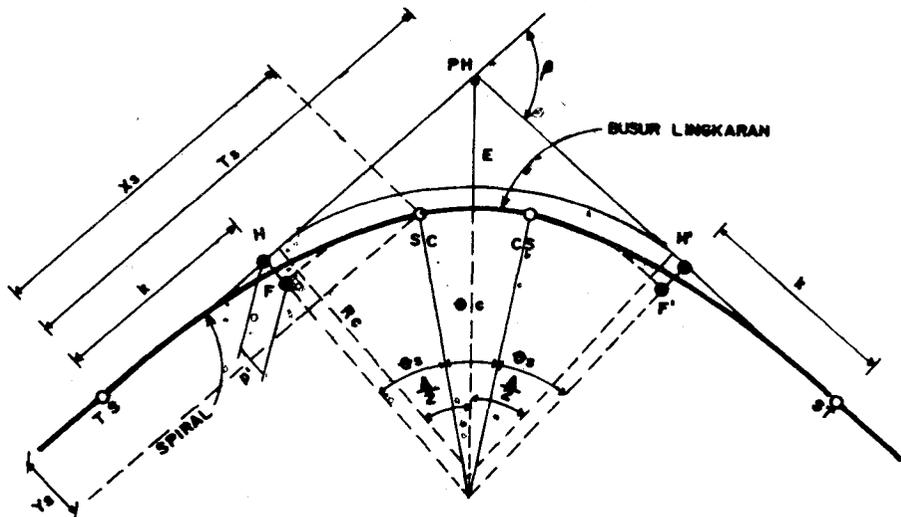
Gambar 4.26. Landai relatif (contoh perhitungan).

$$\text{Landai relatif} = \frac{(3,75)(0,029)}{40} = 0,00272$$

$$\text{Landai relatif} = 0,00272$$

**Lengkung busur lingkaran dengan lengkung peralihan (Spiral-lingkaran-spiral)**

Gambar 4.27 menggambarkan sebuah lengkung spiral-lingkaran-spiral (S-C-S) simetris (panjang lengkung peralihan dari TS ke SC sama dengan dari CS ke ST (= L<sub>s</sub>).



Gambar 4.27. Lengkung spiral-lingkaran-spiral simetris.

Lengkung TS-SC adalah lengkung peralihan berbentuk spiral (*clothoid*) yang menghubungkan bagian lurus dengan radius tak berhingga di awal spiral (kiri TS) dan bagian berbentuk lingkaran dengan radius = R<sub>c</sub> diakhir spiral (kanan SC). Titik TS adalah titik peralihan bagian lurus ke bagian berbentuk spiral dan titik SC adalah titik peralihan bagian spiral ke bagian lingkaran.

Guna membuat ruangan untuk spiral sehingga lengkung lingkaran dapat ditempatkan di ujung lengkung spiral, maka lengkung lingkaran tersebut digeser ke dalam pada posisi FF', dimana HF = HF' = p terletak sejauh k dari awal lengkung peralihan (lihat gambar 4.14 dan 4.27).

Dari persamaan 14 dan 15 telah ditentukan koordinat sembarang titik P pada spiral yaitu :

$$x = L \left( 1 - \frac{L^2}{40R^2} \right) \quad y = \frac{L^2}{6R}$$

Jika panjang lengkung peralihan dari TS ke SC adalah L<sub>s</sub> dan R pada SC adalah R<sub>c</sub>, maka sesuai persamaan 16 dan 17:

$$X_s = L_s \left( 1 - \frac{L_s^2}{40R_c^2} \right) \quad Y_s = \frac{L_s^2}{6R_c}$$

Besarnya sudut spiral pada titik SC (persamaan 18 dan 19) adalah :

$$\theta_s = \frac{L_s}{2R_c} \text{ radial} \quad \theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R_c} \text{ derajat}$$

Dari persamaan 20 dan 21:

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

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

untuk  $L_s = 1m$ ,  $p = p^*$  dan  $k = k^*$ ,

dan untuk  $L_s = L_s$ ,  $p = p^*.L_s$  dan  $k = k^*.L_s$

$p^*$  dan  $k^*$  untuk setiap nilai  $\theta_s$  diberikan pada tabel 4.10.

Sudut pusat busur lingkaran =  $\theta_c$ , dan sudut spiral =  $\theta_s$ .

Jika besarnya sudut perpotongan kedua tangen adalah  $\beta$ , maka :

$$\theta_c = \beta - \theta_s$$

$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \beta - R_c \quad \dots \dots \dots (28)$$

$$T_s = (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \beta + k \quad \dots \dots \dots (29)$$

$$L_c = \frac{\theta_c}{180} \pi R_c \quad \dots \dots \dots (30)$$

$L_c$  untuk lengkung s-c-s ini sebaiknya  $\geq 20$  m, sehingga jika perencanaan mempergunakan tabel 4.6. s/d tabel 4.9, maka radius yang dipergunakan haruslah memenuhi syarat tersebut. Hal ini sangat dipengaruhi oleh besarnya sudut  $\beta$ . Jadi terdapat radius minimum yang dapat dipergunakan untuk perencanaan lengkung berbentuk spiral - lingkaran - spiral sehubungan dengan besarnya sudut  $\beta$ , kecepatan rencana, dan batasan superelevasi maksimum yang dipilih.

Tabel 4 10 Besaran  $p^*$  dan  $k^*$

$\theta_s$	$p^*$	$k^*$	$\theta_s$	$p^*$	$k^*$
0,5	0,0007315	0,4999987	20,5	0,0309385	0,4977965
1,0	0,0014631	0,4999949	21,0	0,0317409	0,4976842
1,5	0,0021948	0,4999886	21,5	0,0325466	0,4975688
2,0	0,0029268	0,4999797	22,0	0,0333559	0,4974504
2,5	0,0036591	0,4999682	22,5	0,0341687	0,4973288
3,0	0,0043919	0,4999542	23,0	0,0349852	0,4972042
3,5	0,0051251	0,4999377	23,5	0,0358055	0,4970764
4,0	0,0058589	0,4999186	24,0	0,0366296	0,4969454
4,5	0,0065934	0,4998970	24,5	0,0374576	0,4968112
5,0	0,0073286	0,4998727	25,0	0,0382895	0,4966738
5,5	0,0080647	0,4998459	25,5	0,0391255	0,4965331
6,0	0,0088016	0,4998166	26,0	0,0399657	0,4963891
6,5	0,0095396	0,4997846	26,5	0,0408101	0,4962418
7,0	0,0102786	0,4997501	27,0	0,0416587	0,4960912
7,5	0,0110188	0,4997130	27,5	0,0425117	0,4959372
8,0	0,0117602	0,4996732	28,0	0,0433692	0,4957798
8,5	0,0125030	0,4996309	28,5	0,0442312	0,4956189
9,0	0,0132471	0,4995859	29,0	0,0450978	0,4954546
9,5	0,0139928	0,4995383	29,5	0,0459690	0,4952868
10,0	0,0147400	0,4994880	30,0	0,0468450	0,4951154
10,5	0,0154888	0,4994351	30,5	0,0477258	0,4949405
11,0	0,0162394	0,4993795	31,0	0,0486115	0,4947620
11,5	0,0169919	0,4993213	31,5	0,0495022	0,4945798
12,0	0,0177462	0,4992603	32,0	0,0503979	0,4943939
12,5	0,0185025	0,4991966	32,5	0,0512988	0,4942044
13,0	0,0192608	0,4991303	33,0	0,0522048	0,4940111
13,5	0,0200213	0,4990611	33,5	0,0531162	0,4938140
14,0	0,0207840	0,4989893	34,0	0,0540328	0,4936131
14,5	0,0215490	0,4989146	34,5	0,0549549	0,4934084
15,0	0,0223165	0,4988372	35,0	0,0558825	0,4931997
15,5	0,0230863	0,4987570	35,5	0,0568156	0,4929872
16,0	0,0238588	0,4986739	36,0	0,0577544	0,4927706
16,5	0,0246338	0,4985880	36,5	0,0586989	0,4925501
17,0	0,0254116	0,4984993	37,0	0,0596492	0,4923254
17,5	0,0261921	0,4984077	37,5	0,0606053	0,4920967
18,0	0,0269756	0,4983132	38,0	0,0615673	0,4918639
18,5	0,0277619	0,4982158	38,5	0,0625354	0,4916269
19,0	0,0285513	0,4981154	39,0	0,0635095	0,4913857
19,5	0,0293438	0,4980121	39,5	0,0644897	0,4911402
20,0	0,0301396	0,4979058	40,0	0,0654762	0,4908904

$L_s = 1m$  dan  $\theta_s$  tertentu, dengan mempergunakan persamaan (18) diperoleh  $R_c$   
 $p^*$  dan  $k^*$  diperoleh dengan mempergunakan persamaan (20) dan (21),  
 untuk  $L_s = 1 m$  dan  $\theta_s$  tertentu, dan  $R_c$  dari perhitungan.

$$p = p^*.L_s$$

$$k = k^*.L_s$$

Contoh perhitungan :

Kecepatan rencana = 60 km/jam, em maksimum = 10% dan sudut  $\beta = 20^\circ$ . Lebar jalan 2 x 3,75 m tanpa median. Kemiringan melintang normal jalan = 2%. Jalan belok ke kanan, direncanakan berbentuk lengkung spiral-lingkar-spiral dengan  $R_c = 318$  m.

Untuk metoda Bina Marga (luar kota) dari tabel 4.7 diperoleh  $e = 0,059$  dan  $L_s = 50$  m.

dari persamaan 18, diperoleh:

$$\theta_s = \frac{L_s \cdot 90}{\pi \cdot R} = \frac{50 \cdot 90}{\pi \cdot 318} = 4,504^\circ$$

$$\theta_c = \beta - 2 \theta_s = 20 - 2 \cdot 4,504 = 10,99^\circ$$

$$L_c = \frac{\theta_c}{360} \times 2 \pi R_c = \frac{10,99}{360} \times 2 \pi \cdot 318 = 60,996 \text{ m } (> 20 \text{ m})$$

$$L = L_c + 2 L_s = 60,996 + 100 = 160,996 \text{ m.}$$

dari persamaan (20) dan (21) diperoleh:

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

$$p = \frac{50^2}{6 \cdot 318} - 318 (1 - \cos 4,504)$$

$$p = 0,328 \text{ m}$$

Jika mempergunakan tabel 4.10 diperoleh  $p^* = 0,0065517$

$$p = p^* \times L_s = 0,0065517 \cdot 50 = 0,328 \text{ m}$$

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

$$k = 50 - \frac{50^3}{40 \cdot 318^2} - 318 \sin 4,504$$

$$k = 24,99 \text{ m}$$

Jika mempergunakan tabel 4.10 diperoleh  $k^* = 0,4996971$

$$k = k^* \times L_s = 0,4996971 \cdot 50 = 24,99 \text{ m}$$

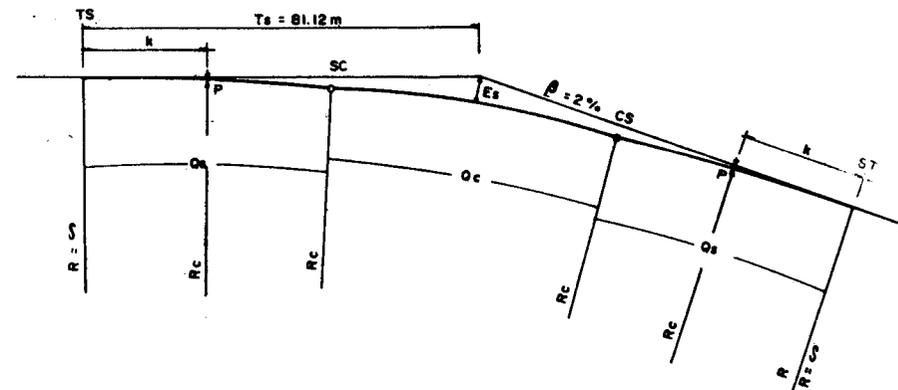
$$\begin{aligned} E_s &= (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \beta - R_c \\ &= (318 + 0,328) \sec 10^\circ - 318 \\ &= 5,239 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s &= (R_c + p) \operatorname{tg} \frac{1}{2} \beta + k \\ &= (318 + 0,328) \operatorname{tg} 10^\circ + 24,99 \\ &= 81,12 \text{ m} \end{aligned}$$

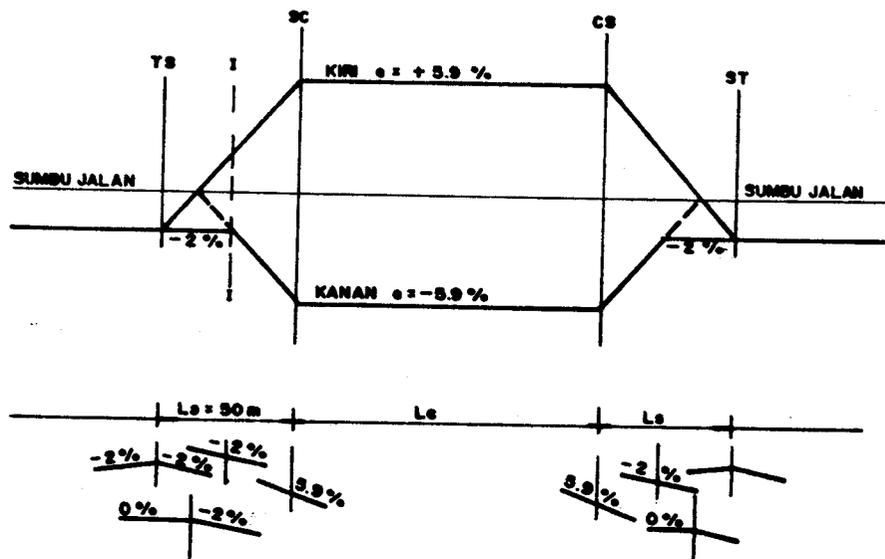
Data lengkung untuk lengkung spiral-lingkar-spiral tersebut di atas adalah :

$V = 60$ km/jam	$L = 160,996$ m
$\beta = 20^\circ$	$e = 5,9\%$
$\theta_s = 4,504^\circ$	$L_s = 50$ m
$R_c = 318$ m	$L_c = 60,996$ m
$E_s = 5,239$ m	$p = 0,328$ m
$T_s = 81,12$ m	$k = 24,99$ m

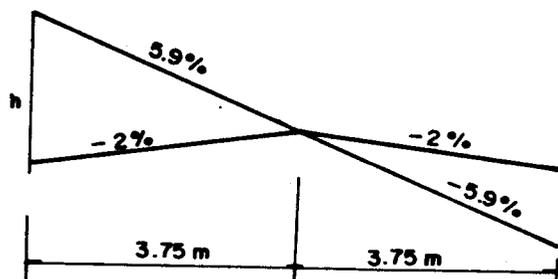
$$\text{Landai relatif}_{DM} = \{(0,02 + 0,059) \cdot 3,75\} / 50 = 0,00593$$



Gambar 4.28. Contoh lengkung spiral-lingkar-spiral untuk  $\beta = 20^\circ$  dan  $R = 318$  m.



Gambar 4.29. Diagram superelevasi untuk spiral-lingkar-spiral (contoh perhitungan).



Gambar 4.30. Landai relatif (contoh perhitungan).

Jika ada seorang pengemudi menjalankan kendaraannya dengan kecepatan yang sama dengan kecepatan rencana secara teoritis koefisien gesekan dapat dihitung sebagai berikut :

a. Pada lokasi TS (dari gambar 4.29.) terlihat :

$e = -0,02\%$ , karena jalan belok kanan dan penampang melintang berbentuk crown.

Dengan mempergunakan persamaan (10),

$$-0,02 + f = \frac{60^2}{127 \cdot 318}, \text{ diperoleh } f = 0,109$$

b. Pada lokasi I-I, dari gambar 4.29 terlihat:

$e = 0,02$ , sehingga dengan mempergunakan persamaan (10) diperoleh  $f = 0,069$ .

c. Pada lokasi disepanjang busur lingkaran, dari gambar 4.29 terlihat :

$e = 0,059$ ; sehingga diperoleh  $f = 0,0301$

Contoh 2:

Sudut  $\beta = 12^\circ$ , kecepatan rencana  $V = 80$  km/jam dan superelevasi maksimum = 10%. Jika direncanakan lengkung horizontal berbentuk spiral-lingkar-spiral dengan  $R = 286$  m, dari tabel 4.7 diperoleh  $L_s = 70$  m dan  $e = 9,3\%$ .

Dari persamaan 18 supaya lengkung peralihan sepanjang 70 m itu berbentuk spiral, maka  $\theta_s$  harus =  $7,0^\circ$ . Hal ini tak mungkin dapat dipergunakan karena sudut  $\beta$  hanya  $12^\circ$ .

Dicoba lagi dengan  $R = 358$  m, dari tabel 7 diperoleh  $L_s = 50$  m dan  $e = 5,4\%$ . Supaya lengkung peralihan sepanjang  $L_s$  berbentuk spiral, maka  $\theta_s = 4,00^\circ$ . Dengan demikian  $\theta_c = 12 - 2 \cdot 4,00 = 4^\circ$ .

Dari persamaan (30) diperoleh  $L_c = 24,98$ m.

$L_c > 20$  m, berarti lengkung spiral-lingkar-spiral dengan data di atas dapat direncanakan dengan mempergunakan  $R = 358$ m.  $R < 358$  m tak dapat dipergunakan karena persyaratan yang ada tak terpenuhi. Dengan kata lain  $R = 358$  m adalah radius terkecil pada tabel 4.7 yang dapat dipergunakan untuk merencanakan lengkung horizontal berbentuk s-c-s, dimana  $\beta = 12^\circ$ , kecepatan rencana = 60 km/jam, dan superelevasi maksimum yang diperkenankan = 10%.

### Lengkung spiral-spiral

Lengkung horizontal berbentuk spiral-spiral adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga titik SC berimpit dengan titik CS. Panjang busur lingkaran  $L_c = 0$ , dan  $\theta_s = \frac{1}{2}\beta$ .  $R_c$  yang dipilih harus sedemikian rupa sehingga  $L_s$  yang dibutuhkan lebih besar dari  $L_s$  yang menghasilkan landai relatif minimum yang disyaratkan. Jadi dalam hal ini tabel 4.6 s/d tabel 4.9 hanya dipergunakan untuk menentukan besarnya superelevasi yang dibutuhkan saja. Panjang lengkung peralihan  $L_s$  yang dipergunakan haruslah yang diperoleh dari persamaan 18, sehingga bentuk lengkung adalah lengkung spiral dengan sudut  $\theta_s = \frac{1}{2}\beta$ .

Rumus-rumus untuk lengkung berbentuk spiral-lingkaran-spiral dapat dipergunakan juga untuk lengkung spiral-spiral asalkan memperhatikan hal yang tersebut di atas.

#### Contoh perhitungan :

Data yang dipergunakan sama dengan contoh perhitungan untuk lengkung spiral-lingkaran-spiral.

Jika tetap dipergunakan  $R = 318$  m, maka :

$$\theta_s = \frac{1}{2}\beta = 10^\circ$$

$$L_s = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R_c}{90} = \frac{10 \cdot \pi \cdot 318}{90} = 111,00 \text{ m.}$$

$L_s$  minimum berdasarkan landai relatif menurut metoda Bina Marga adalah  $m \cdot (e + en)B$ .

$$m = 125 \text{ (gambar 4.12 atau tabel 4.5)}$$

$$L_s \text{ minimum} = 125 (0,02 + 0,059) 3,75 = 37,03 \text{ m.}$$

$L_s > L_s$  minimum, tetapi terlalu besar, karena itu dicoba dengan mempergunakan  $R = 159$  m, dari tabel 4.7 diperoleh  $e = 0,091$ .

$$L_s = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R_c}{90} = \frac{10 \cdot \pi \cdot 159}{90} = 55,50 \text{ m.}$$

Kontrol terhadap persyaratan lengkung peralihan lainnya :

$$1. L_s \text{ minimum} = 125 (0,02 + 0,091) 3,75 = 52,03 \text{ m.}$$

$L_s > L_s$  minimum, maka  $R_c$  untuk lengkung berbentuk spiral-spiral dapat dipergunakan  $R = 159$  m.

2. Panjang perjalanan selama 3 detik yaitu :

$$3 \times 60 \times \frac{1000}{3000} \text{ m} = 50 \text{ m.}$$

$L_s > 50$  m, maka  $R_c = 159$  m dapat dipergunakan.

$$\theta_s = 10^\circ, p^* = 0,01474 \text{ dan } k^* = 0,4994880$$

$$\text{Jadi } p = p^* \cdot L_s = 0,01474 \cdot 55,50 = 0,82 \text{ m}$$

$$k = k^* \cdot L_s = 0,4994880 \cdot 55,50 = 27,72 \text{ m}$$

Jika mempergunakan persamaan (20) dan (21) diperoleh :

$$p = \frac{55,50^2}{6 \cdot 159} (1 - \cos 10)$$

$$p = 0,82 \text{ m (sama dengan jika perhitungan mempergunakan tabel 4.10)}$$

$$k = 55,50 - \frac{55,50^2}{40 \cdot 159^2} - 159 \cdot \sin 10$$

$$k = 27,72 \text{ m (sama dengan perhitungan mempergunakan tabel 4.10)}$$

$$L = 2 L_s = 111,0 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} T_s &= (R_c + p) \operatorname{tg} \frac{1}{2}\beta + k \\ &= (159 + 0,82) \operatorname{tg} 10 + 27,72 \\ &= 55,90 \text{ m.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_s &= (R_c + p) \operatorname{sec} \frac{1}{2}\beta - R_c \\ &= (159 + 0,82) \operatorname{sec} 10 - 159 \\ &= 3,29 \text{ m} \end{aligned}$$

Data lengkung dari lengkung horizontal berbentuk spiral-spiral adalah sbb:

$V = 60 \text{ km/jam}$	$L = 111,0 \text{ m}$
$\beta = 20^\circ$	$e = 9,1\%$
$\theta_s = 10^\circ$	$L_s = 55,50 \text{ m}$
$R_c = 159 \text{ m}$	$L_c = 0 \text{ m}$
$E_s = 3,29 \text{ m}$	$p = 0,82 \text{ m}$
$T_s = 55,90 \text{ m}$	$k = 27,72 \text{ m}$

$$\text{Landai relatif} = \frac{[(0,02 + 0,091) 3,75]}{55,50} = 0,0075$$

Jika direncanakan mengikuti metoda AASHTO, maka pergunkanlah tabel 4.6.

Untuk  $R = 159 \text{ m}$  diperoleh  $e = 0,091$

$$L_s = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R_c}{90} = \frac{10 \cdot \pi \cdot 159}{90} = 55,50 \text{ m.}$$

$L_s$  minimum berdasarkan landai relatif menurut metoda AASHTO adalah  $m \cdot (e)B$ .

$m = 165$  (gambar 4.12)

$L_s$  minimum =  $165 (0,091) 3,75 = 56,31 \text{ m}$ .

$L_s < L_s$  minimum, maka  $R_c$  untuk lengkung berbentuk spiral-spiral tidak dapat mempergunakan  $R = 159 \text{ m}$ .

Dicoba lagi untuk  $R = 179 \text{ m}$ , dimana  $e = 8,6\%$

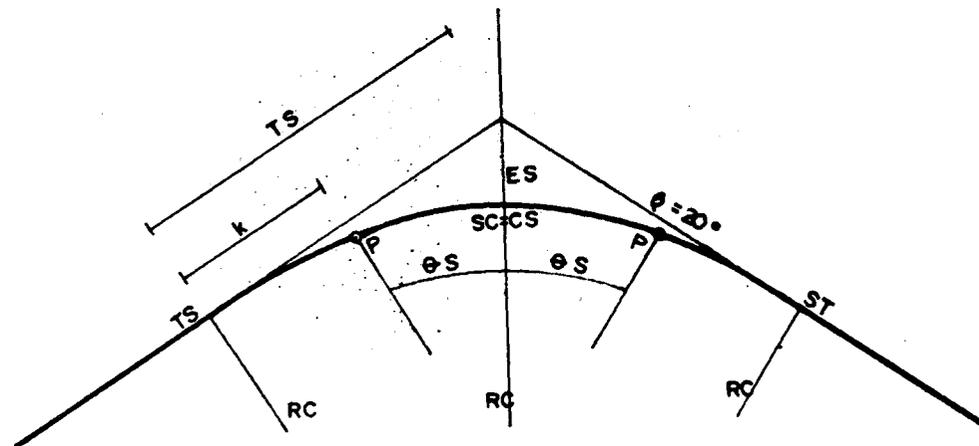
$$L_s = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R_c}{90} = \frac{10 \cdot \pi \cdot 179}{90} = 62,48 \text{ m.}$$

$L_s$  minimum berdasarkan landai relatif menurut metoda AASHTO adalah  $m \cdot (e)B$ .

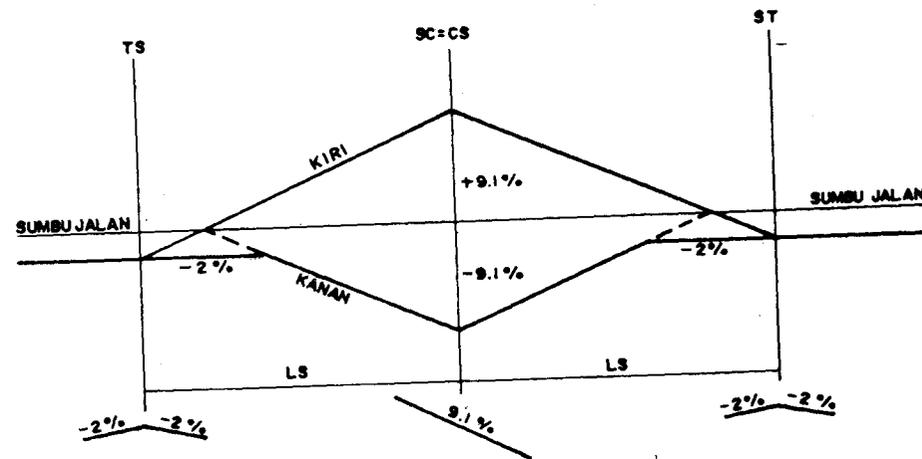
$m = 165$  (gambar 4.12)

$L_s$  minimum =  $165 (0,086) 3,75 = 53,21 \text{ m}$ .

$L_s > L_s$  minimum, maka  $R_c$  untuk lengkung berbentuk spiral-spiral.



Gambar 4.31. Lengkung spiral-spiral (contoh perhitungan).



Gambar 4.32. Diagram superelevasi lengkung spiral-spiral metoda Bina Marga (contoh perhitungan).

dengan  $R = 179$  m memenuhi persyaratan relatif maksimum, kontrol terhadap panjang perjalanan selama 2 detik, yaitu :

$$2 \times 60 \times \frac{1000}{3600} = 33,33 \text{ m}$$

$$L_s > 33,33 \text{ m.}$$

maka  $R = 179$  m dapat dipergunakan untuk lengkung berbentuk spiral-spiral.

$$\theta_s = 10^\circ, p^* = 0,01474 \text{ dan } k^* = 0,4994880$$

$$\text{Jadi } p = p^* \cdot L_s = 0,01474 \cdot 62,48 = 0,92 \text{ m}$$

$$k = k^* \cdot L_s = 0,4994880 \cdot 62,48 = 31,21 \text{ m}$$

$$L = 2 L_s = 124,96 \text{ m}$$

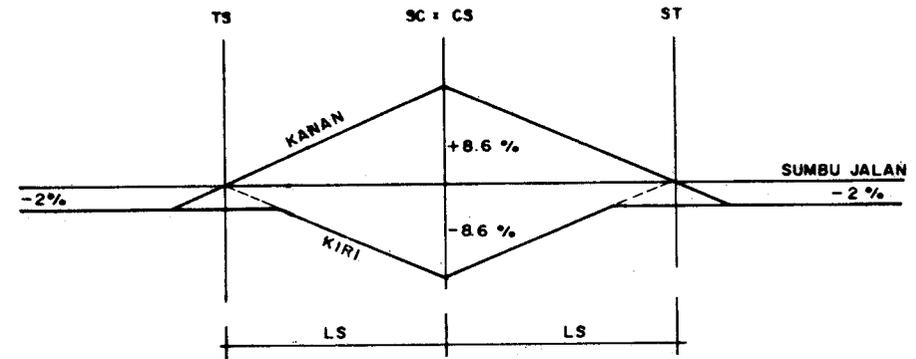
$$\begin{aligned} T_s &= (R_c + p) \operatorname{tg} \frac{1}{2}\beta + k \\ &= (179 + 0,92) \operatorname{tg} 10 + 31,21 \\ &= 62,93 \text{ m.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_s &= (R_c + p) \sec \frac{1}{2}\beta - R_c \\ &= (179 + 0,92) \sec 10 - 179 \\ &= 3,70 \text{ m} \end{aligned}$$

Data lengkung dari lengkung horizontal berbentuk spiral-spiral adalah sebagai berikut :

$V = 60 \text{ km/jam}$	$L = 124,96 \text{ m}$
$\beta = 20^\circ$	$e = 8,6\%$
$\theta_s = 10^\circ$	$L_s = 62,48 \text{ m}$
$R_c = 179 \text{ m}$	$L_c = 0 \text{ m}$
$E_s = 3,70 \text{ m}$	$p = 0,92 \text{ m}$
$T_s = 62,93 \text{ m}$	$k = 31,21 \text{ m}$

$$\text{Landai relatif} = [(0,086) 3,75] / 62,48 = 0,0052$$



Gambar 4.33. Diagram superlevasi lengkung spiral-spiral metoda AASHTO (contoh perhitungan).

## RANGKUMAN :

- Diagram superlevasi menggambarkan besarnya kemiringan melintang di setiap titik pada lengkung horizontal.
- Jenis lengkung horizontal yang dipergunakan adalah :
  - lengkung lingkaran sederhana
  - lengkung spiral - lingkaran - spiral
  - lengkung spiral - spiral

Ketiga jenis lengkung tersebut mempunyai sifat-sifat khusus yang harus dipenuhi.

- Radius minimum ( $R_{min}$ ) untuk suatu *kecepatan rencana dan superlevasi maksimum tertentu* ditentukan dengan mempergunakan persamaan (12). Ini adalah lengkung tertajam yang dapat dibuat untuk satu kecepatan rencana dan satu superlevasi maksimum, tetapi belum melihat jenis lengkung dan sudut  $\beta$  yang dipilih.
- Radius minimum untuk jenis *lingkung lingkaran sederhana* ditentukan oleh superlevasi yang dibutuhkan. Jenis lengkung

lingkaran sederhana hanya diperkenankan untuk superelevasi  $\leq 3\%$ .

Jadi  $R_{\min}$  untuk jenis lengkung lingkaran sederhana ditentukan oleh  $R$  yang menghasilkan superelevasi =  $3\%$ . Pada Tabel 4.6 s/d Tabel 4.9 batasan ini dinyatakan dengan garis tebal.

- Radius minimum untuk jenis lengkung spiral - lingkaran - spiral ditentukan oleh panjang busur lingkaran yang terjadi. Hal ini *sangat tergantung dari sudut  $\beta$  yang direncanakan.*

Jadi  $R_{\min}$  untuk jenis lengkung spiral - lingkaran - spiral adalah radius yang menghasilkan  $L_c \geq 20$  m untuk sudut  $\beta$  yang direncanakan.

- Pada jenis lengkung spiral - spiral *sudut spiral  $\theta_s$  harus sama dengan  $\frac{1}{2}\beta$ .* Oleh karena itu panjang lengkung peralihan *tidak boleh* mempergunakan angka yang terdapat pada tabel 4.6 s/d 4.9, tetapi yang diperoleh dari perhitungan persamaan (18) atau (19). Radius minimum untuk jenis lengkung spiral - spiral adalah radius yang menghasilkan kelandaian relatif  $<$  kelandaian relatif maksimum.

- Tabel 4.6 s/d tabel 4.9 hanyalah tabel yang membantu dalam perencanaan lengkung horizontal, tetapi tidak semua nilai  $R$  yang ada pada tabel dapat dipergunakan untuk sudut  $\beta$  yang direncanakan, terutama untuk sudut - sudut  $\beta$  yang kecil.

- Tabel 4.6 s/d 4.9 dipersiapkan untuk kemiringan melintang normal  $2\%$  dan lebar perkerasan jalan  $2 \times 3,75$ m. Sejogyanyalah koreksi harus dilakukan jika data perencanaan yang diambil berbeda dengan dasar perhitungan tabel-tabel tersebut.

#### 4.5. PELEBARAN PERKERASAN PADA LINGKUNG HORIZONTAL

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

1. Pada waktu membelok yang diberi belokan pertama kali hanya roda depan, sehingga lintasan roda belakang agak keluar lajur (off tracking).
2. Jejak lintasan kendaraan tidak lagi berimpit, karena bumper depan dan belakang kendaraan akan mempunyai lintasan yang berbeda dengan lintasan roda depan dan roda belakang kendaraan.
3. Pengemudi akan mengalami kesukaran dalam mempertahankan lintasannya tetap pada lajur jalannya terutama pada tikungan-tikungan yang tajam atau pada kecepatan-kecepatan yang tinggi.

Untuk menghindari hal tersebut di atas maka pada tikungan-tikungan yang tajam perlu perkerasan jalan diperlebar. Pelebaran perkerasan ini merupakan faktor dari jari-jari lengkung, kecepatan kendaraan, jenis dan ukuran kendaraan rencana yang dipergunakan sebagai dasar perencanaan. Pada umumnya truk tunggal merupakan jenis kendaraan yang dipergunakan sebagai dasar penentuan tambahan lebar perkerasan yang dibutuhkan. Tetapi pada jalan-jalan dimana banyak dilewati kendaraan berat, jenis kendaraan semi trailer merupakan kendaraan yang cocok dipilih untuk kendaraan rencana. Tentu saja pemilihan jenis kendaraan rencana ini sangat mempengaruhi kebutuhan akan pelebaran perkerasan dan biaya pelaksanaan jalan tersebut.

Elemen-elemen dari pelebaran perkerasan tikungan terdiri dari :

1. Off tracking (U)
2. Kesukaran dalam mengemudi di tikungan (Z)

Dari gambar 4.34. dapat dilihat :

$b$  = lebar kendaraan rencana

$B$  = lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan di tikungan pada lajur sebelah dalam.

$U = B - b$

$C$  = lebar kebebasan samping di kiri dan kanan kendaraan

$Z$  = lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi di tikungan.

$B_n$  = lebar total perkerasan pada bagian lurus

$B_t$  = lebar total perkerasan di tikungan

$n$  = jumlah lajur

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

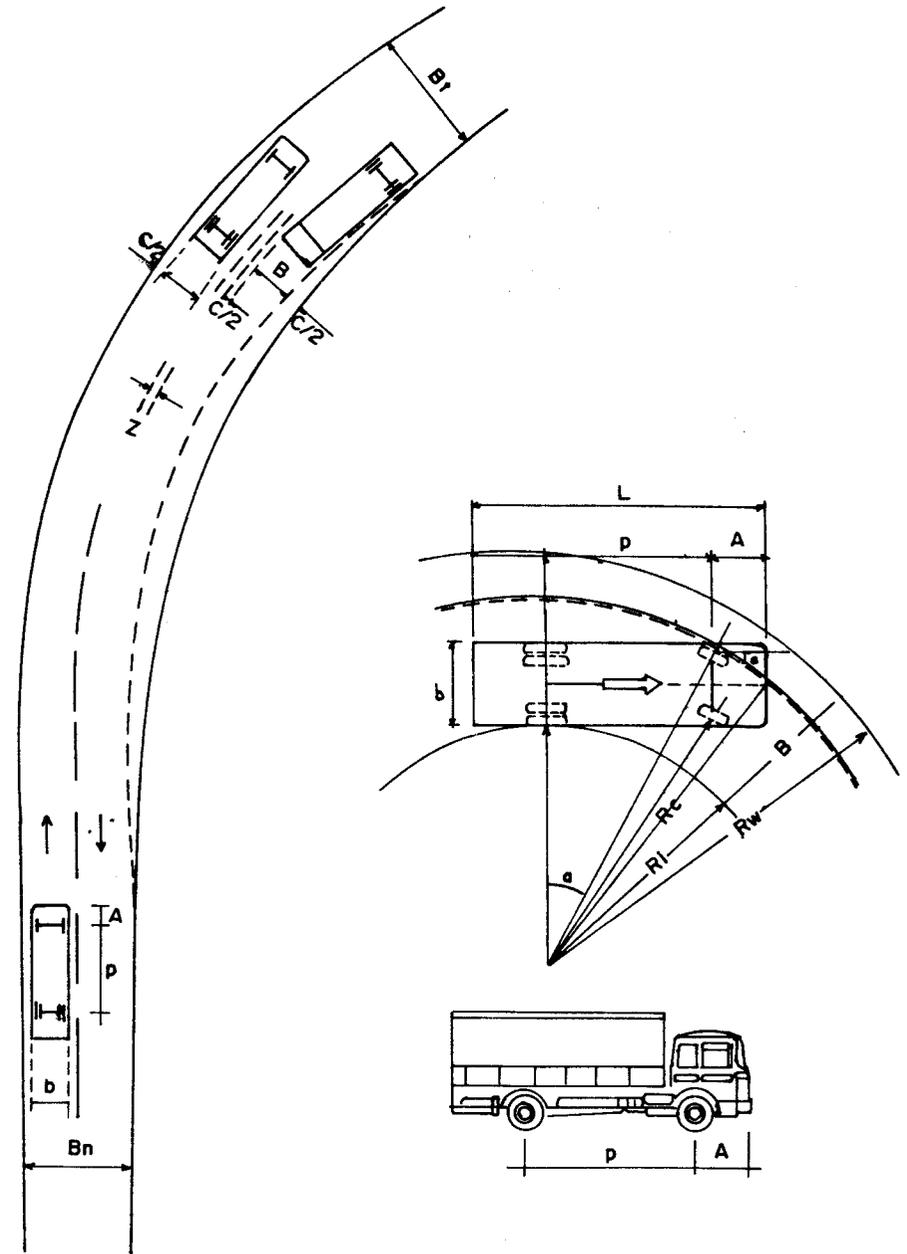
$\Delta b$  = tambahan lebar perkerasan di tikungan

$\Delta b = B_t - B_n$

### **Off Tracking**

Untuk perencanaan geometrik jalan antar kota, Bina Marga memperhitungkan lebar  $B$  dengan mengambil posisi kritis kendaraan yaitu pada saat roda depan kendaraan pertama kali dibelokkan dan tinjauan dilakukan untuk lajur sebelah dalam.

Kondisi tersebut dapat dilihat pada gambar 4.34 yang berdasarkan kendaraan rencana truk tunggal.



Gambar 4.34. Pelebaran perkerasan pada tikungan.

$R_w$  = radius lengkung terluar dari lintasan kendaraan pada lengkung horizontal untuk lajur sebelah dalam.

Besarnya  $R_w$  dipengaruhi oleh tonjolan depan (A) kendaraan dan sudut belokan roda depan ( $\alpha$ ).

$R_i$  = radius lengkung terdalam dari lintasan kendaraan pada lengkung horizontal untuk lajur sebelah dalam. Besarnya  $R_i$  dipengaruhi oleh jarak gandar kendaraan (p)

$$B = R_w - R_i$$

$$R_i + b = \sqrt{(R_w^2 - (p + A)^2)}$$

$$R_w = \sqrt{(R_i + b)^2 + (p + A)^2} \dots\dots\dots (a)$$

$$R_i = R_w - B$$

$$R_w - B + b = \sqrt{(R_w^2 - (p + A)^2)}$$

$$B = R_w + b - \sqrt{(R_w^2 - (p + A)^2)}$$

$R_c$  = radius lengkung untuk lintasan luar roda depan yang besarnya dipengaruhi oleh sudut  $\alpha$ .

$R_c$  diasumsikan sama dengan  $R_i + \frac{1}{2} b$

$$R_c^2 = (R_i + \frac{1}{2}b)^2 + (p + A)^2$$

$$(R_i + \frac{1}{2}b)^2 = R_c^2 - (p + A)^2$$

$$(R_i + \frac{1}{2}b) = \sqrt{(R_c^2 - (p + A)^2)}$$

$$R_i = \sqrt{(R_c^2 - (p + A)^2)} - \frac{1}{2} b \dots\dots\dots (b)$$

$$b \longrightarrow a$$

$$R_w = \sqrt{\left\{ \sqrt{R_c^2 - (p - A)^2} + \frac{1}{2} b \right\}^2 + (p + A)^2}$$

$$B = \sqrt{\left\{ \sqrt{R_c^2 - (p + A)^2} + \frac{1}{2} b \right\}^2 + (p + A)^2}$$

$U = B - b$ , sedangkan ukuran kendaraan rencana truk adalah:

$p$  = jarak antara gandar = 6,5 m

$A$  = tonjolan depan kendaraan = 1,5 m

$b$  = lebar kendaraan = 2,5 m

Sehingga :

$$B = \sqrt{\left\{ \sqrt{R_c^2 - 64} + 1,25 \right\}^2 + 64} - \sqrt{R_c^2 - 64} + 1,25 \dots\dots (31)$$

dan  $R_c$  = radius lajur sebelah dalam -  $\frac{1}{2}$  lebar perkerasan +  $\frac{1}{2} b$ .

### ***Kesukaran dalam mengemudi di tikungan***

Tambahan lebar perkerasan akibat kesukaran dalam mengemudi di tikungan diberikan oleh AASHTO sebagai fungsi dari kecepatan dan radius lajur sebelah dalam. Semakin tinggi kecepatan kendaraan dan semakin tajam tikungan tersebut, semakin besar tambahan pelebaran akibat kesukaran dalam mengemudi. Hal ini disebabkan oleh kecenderungan terlemparnya kendaraan kearah luar dalam gerakan menikung tersebut.

$$Z = \frac{0,105V}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots (32)$$

dimana :  $V$  = kecepatan, km/jam

$R$  = radius lengkung, m

Kebebasan samping di kiri dan kanan jalan tetap harus dipertahankan demi keamanan dan tingkat pelayanan jalan. Kebebasan samping (C) sebesar 0,5 m, 1 m, dan 1,25 m cukup memadai untuk jalan dengan lebar lajur 6 m, 7 m, dan 7,50 m.

### ***Pencapaian pelebaran pada lengkung horizontal***

Pelebaran pada lengkung horizontal harus dilakukan perlahan-lahan dari awal lengkung ke bentuk lengkung penuh dan sebaliknya, hal ini bertujuan untuk memberikan bentuk lintasan yang baik bagi kendaraan yang hendak memasuki lengkung atau meninggalkannya.

Pada lengkung-lengkung lingkaran sederhana, tanpa lengkung peralihan pelebaran perkerasan dapat dilakukan di sepanjang lengkung peralihan fiktif, yaitu bersamaan dengan tempat perubahan kemiringan melintang.

Pada lengkung-lengkung dengan lengkung peralihan tambahan lebar perkerasan dilakukan seluruhnya di sepanjang lengkung peralihan tersebut.

#### Contoh perhitungan :

Radius lajur tepi sebelah dalam adalah 300m, kecepatan rencana 60 km/jam. Jalan terdiri dari jalan 2 lajur dengan lebar total pada bagian lurus 7,00m. Tentukan tambahan lebar perkerasan yang perlu dilakukan dengan truk tunggal sebagai kendaraan rencana.

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

$$Rc = R_i + b = 300 - 1,75 + 1,25 = 300,5 \text{ m}$$

$$B = \sqrt{\{300,5^2 - 64 + 1,25\}^2 + 64} - \sqrt{(300,5^2 - 64)} + 1,25$$

$$B = 2,61 \text{ m}$$

$$U = B - b = 0,11 \text{ m}$$

$$Z = \frac{0,105V}{\sqrt{R}} = 0,105 \frac{60}{\sqrt{300}} = 0,36 \text{ m.}$$

$$C = 1,0 \text{ m}$$

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

$$B_t = 2(2,61 + 1,0) + 0,36 = 7,56 \text{ m}$$

$$\Delta b = B_t - B_n$$

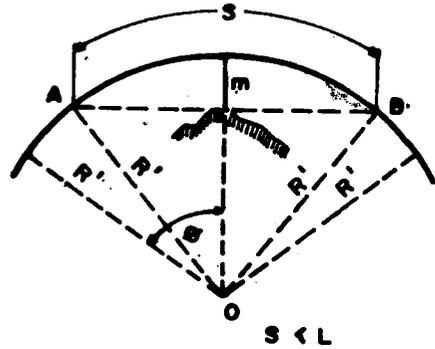
$$\Delta b = 7,56 - 7,0 = 0,56 \text{ m}$$

## **4.6 JARAK PANDANGAN PADA LENGKUNG HORIZONTAL**

Jarak pandangan pengemudi kendaraan yang bergerak pada lajur tepi sebelah dalam seringkali dihalangi oleh gedung-gedung, hutan-hutan kayu, tebing galian dan lain sebagainya. Demi menjaga keamanan pemakai jalan, panjang sepanjang jarak pandangan henti minimum seperti yang telah dibahas pada Bab III harus terpenuhi di sepanjang lengkung horizontal. Dengan demikian terdapat batas minimum jarak antara sumbu lajur sebelah dalam dengan penghalang (m).

Banyaknya penghalang-penghalang yang mungkin terjadi dan sifat-sifat yang berbeda dari masing-masing penghalang mengakibatkan sebaiknya setiap faktor yang menimbulkan halangan tersebut ditinjau sendiri sendiri.

Penentuan batas minimum jarak antara sumbu lajur sebelah dalam ke penghalang ditentukan berdasarkan kondisi dimana jarak pandangan berada di dalam lengkung (gambar 4.35), atau jarak pandangan < panjang lengkung horizontal.



Gambar 4.35. Jarak pandangan pada lengkung horizontal untuk  $S \leq L$ .

garis AB = garis pandangan

lengkung AB = jarak pandangan

$m$  = jarak dari penghalang ke sumbu lajur sebelah dalam, m

$\phi$  = setengah sudut pusat lengkung sepanjang L

$S$  = jarak pandangan, m

$L$  = panjang busur lingkaran, m

$R'$  = radius sumbu lajur sebelah dalam, m

$$m = R' - R' \cos \phi$$

$$m = R' (1 - \cos \phi)$$

$$S = \frac{2\phi}{360} 2\pi R'$$

$$S = \frac{\pi \phi R'}{90}$$

$$\phi = \frac{90 S}{\pi R'} = \frac{90 DS}{\pi 1432,39} = \frac{DS}{50}$$

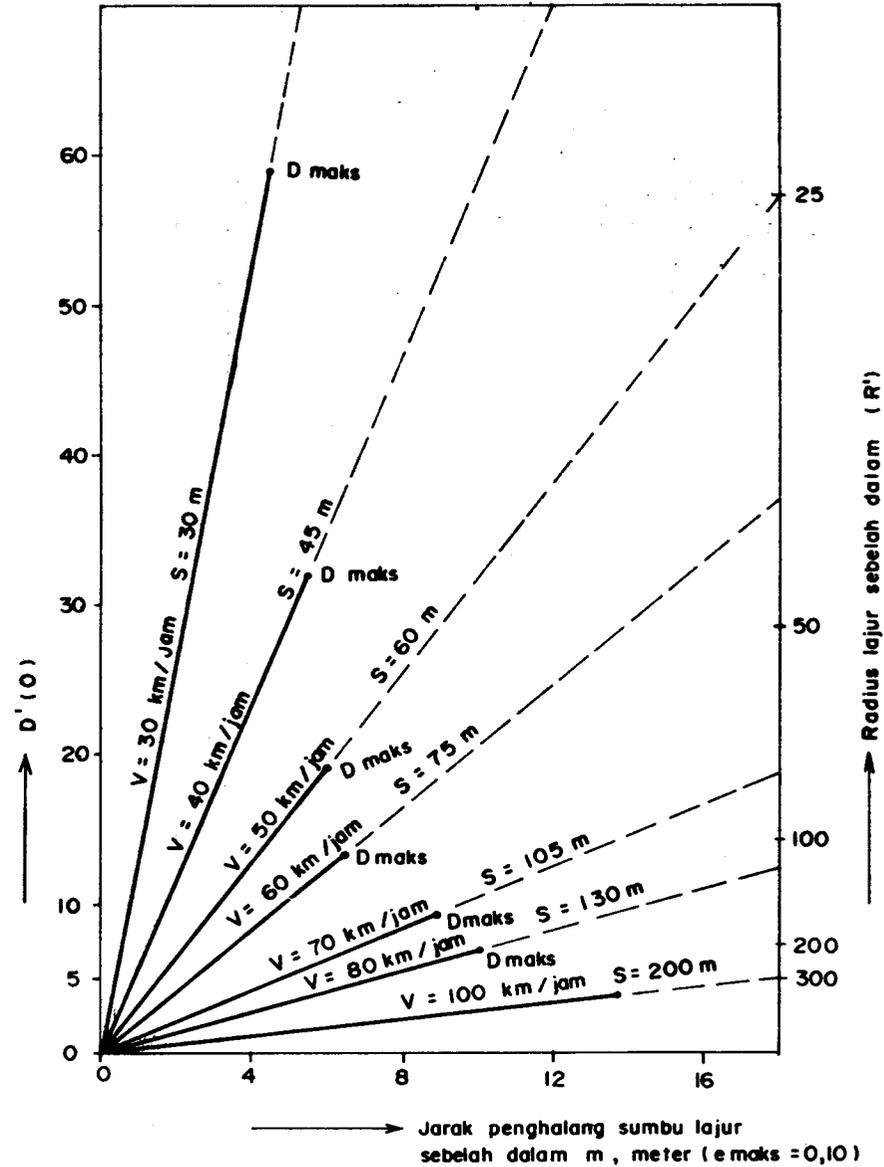
$$\phi = \frac{90 S}{\pi R'} = \frac{28,65 S}{R'}$$

$$m = R' (1 - \cos \phi)$$

$$m = \frac{1432,39}{D} \left(1 - \cos \frac{DS}{50}\right) \dots\dots\dots (33)$$

$$m = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 S}{R'}\right) \dots\dots\dots (34)$$

Untuk kecepatan rencana tertentu dan berdasarkan jarak pandangan henti minimum dari tabel 3.2., diperoleh grafik seperti pada gambar 4.36., yang merupakan hubungan antara  $m$ ,  $R'$  atau  $D$ , dan kecepatan rencana.



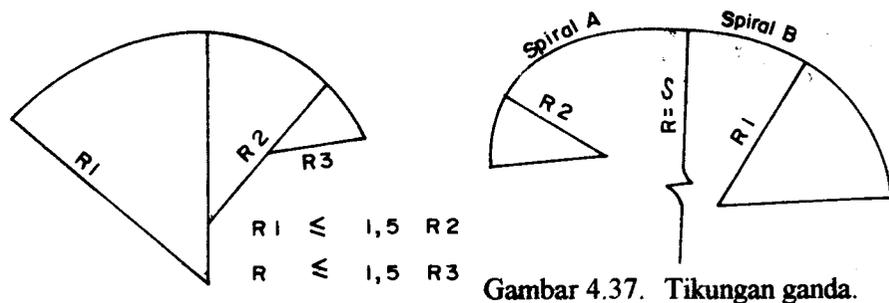
Gambar 4.36. Jarak penghalang, m, dari sumbu lajur sebelah dalam.

#### 4.7 PEDOMAN UMUM PERENCANAAN ALINYEMEN HORIZONTAL

Pada perencanaan alinyemen horizontal jalan, tak cukup hanya bagian alinyemen saja yang memenuhi syarat, tetapi keseluruhan bagian haruslah memberikan kesan aman dan nyaman. Lengkung yang terlampau tajam, kombinasi lengkung yang tak baik akan mengurangi kapasitas jalan, dan kenyamanan serta keamanan pemakai jalan.

Guna mencapai tujuan diatas, antara lain perlu diperhatikan :

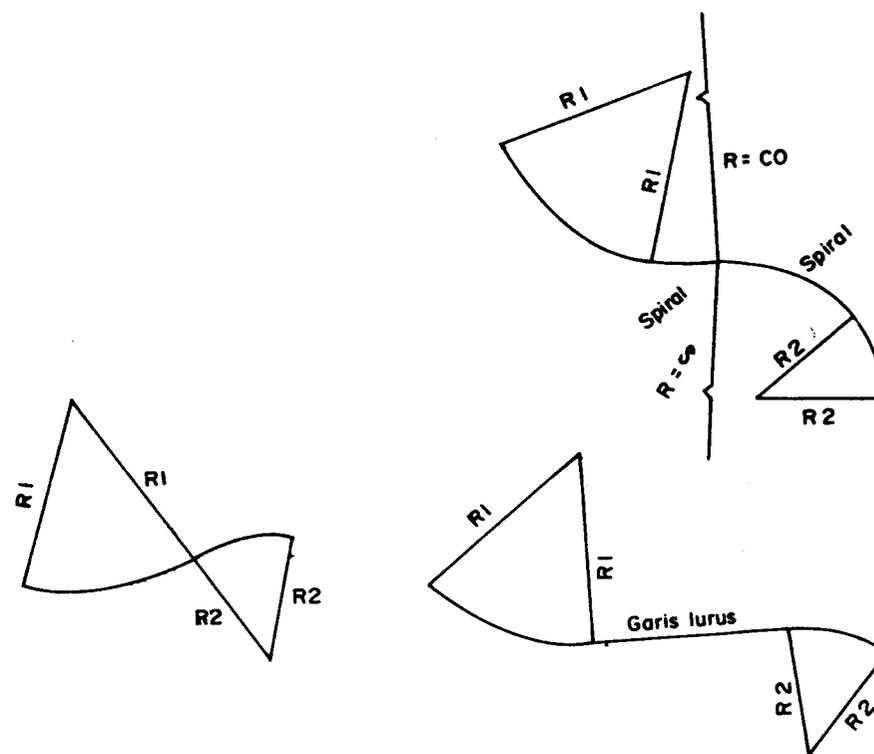
- Alinyemen jalan sedapat mungkin dibuat lurus, mengikuti keadaan topografi. Hal ini akan memberikan keindahan bentuk, komposisi yang baik antara jalan dan alam dan juga biaya pembangunan yang lebih murah.
- Pada alinyemen jalan yang relatif lurus dan panjang jangan tiba-tiba terdapat lengkung yang tajam yang akan mengejutkan pengemudi. Jika terpaksa diadakan, sebaiknya didahului oleh lengkung yang lebih tumpul, sehingga pengemudi mempunyai kesempatan memperlambat kecepatan kendaraannya.
- Sedapat mungkin menghindari penggunaan radius minimum untuk kecepatan rencana tertentu, sehingga jalan tersebut lebih mudah disesuaikan dengan perkembangan lingkungan dan fungsi jalan.
- Sedapat mungkin menghindari tikungan ganda, yaitu gabungan tikungan searah dengan jari-jari yang berlainan. Tikungan ganda ini memberikan rasa ketidak nyamanan kepada sipengemudi.



Jika terpaksa diadakan, sebaiknya masing-masing tikungan mempunyai lengkung peralihan (lengkung berbentuk s-c-s), sehingga terdapat tempat penyesuaian keadaan. Jika terpaksa dibuat gabungan lengkung horizontal berbentuk busur lingkaran, maka radius lengkung yang berurutan diambil tidak melampaui 1:1,5.

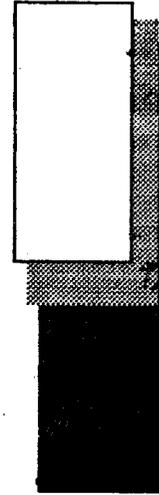
Tikungan ganda umumnya terpaksa dibuat untuk penyesuaian dengan keadaan medan sekeliling, sehingga pekerjaan tanah dapat seefisien mungkin.

- Hindarkanlah sedapat mungkin lengkung yang berbalik dengan mendadak. Pada keadaan ini pengemudi kendaraan sangat sukar mempertahankan diri pada lajur jalannya dan juga kesukaran dalam pelaksanaan kemiringan melintang jalan.



Jika terpaksa dibuatkan tikungan berbalik, maka sebaiknya mempergunakan lengkung dengan lengkung peralihan (lengkung berbentuk s-c-s), atau diantara kedua lengkung terdapat bagian lurus yang pendek. Pada lengkung berbentuk busur lingkaran bagian lurus ini dapat sebagai tempat untuk perubahan pencapaian kemiringan melintang jalan.

- f. Pada sudut-sudut tikungan yang kecil, panjang lengkung yang diperoleh dari perhitungan sering kali tidak cukup panjang. Sehingga memberi kesan patahnya jalan tersebut. Untuk sudut tikungan  $5^\circ$ , panjang lengkung sebaiknya dibuat lebih besar dari 150 m dan setiap penurunan sudut lengkung  $1^\circ$ , panjang lengkung ditambah 25 m.
- g. Sebaiknya hindarkan lengkung yang tajam pada timbunan yang tinggi.



5

## ALINYEMEN VERTIKAL

**A**linyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan untuk jalan 2 lajur 2 arah atau melalui tepi dalam masing-masing perkerasan untuk jalan dengan median. Seringkali disebut juga sebagai penampang memanjang jalan.

Perencanaan alinyemen vertikal dipengaruhi oleh besarnya biaya pembangunan yang tersedia. Alinyemen vertikal yang mengikuti muka tanah asli akan mengurangi pekerjaan tanah, tetapi mungkin saja akan mengakibatkan jalan itu terlalu banyak mempunyai tikungan. Tentu saja hal ini belum tentu sesuai dengan persyaratan yang diberikan sehubungan dengan fungsi jalannya. Muka jalan sebaiknya diletakkan sedikit di atas muka tanah asli sehingga memudahkan dalam pembuatan drainase jalannya, terutama di daerah yang datar. Pada daerah yang seringkali dilanda banjir sebaiknya penampang memanjang jalan diletakkan di atas elevasi muka banjir. Di daerah perbukitan atau pergunungan diusahakan

banyaknya pekerjaan galian seimbang dengan pekerjaan timbunan, sehingga secara keseluruhan biaya yang dibutuhkan tetap dapat dipertanggung jawabkan. Jalan yang terletak di atas lapisan tanah yang lunak harus pula diperhatikan akan kemungkinan besarnya penurunan dan perbedaan penurunan yang mungkin terjadi. Dengan demikian penarikan alinyemen vertikal sangat dipengaruhi oleh berbagai pertimbangan seperti :

- kondisi tanah dasar
- keadaan medan
- fungsi jalan
- muka air banjir
- muka air tanah
- kelayakan yang masih memungkinkan

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

Alinyemen vertikal disebut juga penampang memanjang jalan yang terdiri dari garis-garis lurus dan garis-garis lengkung.

Garis lurus tersebut dapat datar, mendaki atau menurun, biasa disebut berlandai. Landai jalan dinyatakan dengan persen.

Pada umumnya gambar rencana suatu jalan dibaca dari kiri ke kanan, maka landai jalan diberi tanda positif untuk pendakian dari kiri ke kanan, dan landai negatif untuk penurunan dari kiri. Pendakian dan penurunan memberi efek yang berarti terhadap gerak kendaraan.

## 5.1 **KELANDAIAAN PADA ALINYEMEN VERTIKAL JALAN**

### **Landai Minimum**

Berdasarkan kepentingan arus lalu-lintas, landai ideal adalah landai datar (0 %). Sebaliknya ditinjau dari kepentingan drainase

jalan, jalan berlandai adalah yang ideal.

Dalam perencanaan disarankan menggunakan :

- a. Landai datar untuk jalan-jalan di atas tanah timbunan yang tidak mempunyai kereb. Lereng melintang jalan dianggap cukup untuk mengalirkan air di atas badan jalan dan kemudian ke lereng jalan.
- b. Landai 0,15 % dianjurkan untuk jalan-jalan di atas tanah timbunan dengan medan datar dan mempergunakan kereb. Kelandaian ini cukup membantu mengalirkan air hujan ke inlet atau saluran pembuangan.
- c. Landai minimum sebesar 0,3 - 0,5 % dianjurkan dipergunakan untuk jalan-jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kereb. Lereng melintang hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh di atas badan jalan, sedangkan landai jalan dibutuhkan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping.

### **Landai maksimum**

Kelandaian 3 % mulai memberikan pengaruh kepada gerak kendaraan mobil penumpang, walaupun tidak seberapa dibandingkan dengan gerakan kendaraan truk yang terbebani penuh. Pengaruh dari adanya kelandaian ini dapat terlihat dari berkurangnya kecepatan jalan kendaraan atau mulai dipergunakannya gigi rendah. Kelandaian tertentu masih dapat diterima jika kelandaian tersebut mengakibatkan kecepatan jalan tetap lebih besar dari setengah kecepatan rencana. Untuk membatasi pengaruh perlambatan kendaraan truk terhadap arus lalu-lintas, maka ditetapkan landai maksimum untuk kecepatan rencana tertentu. Bina Marga (luar kota) menetapkan kelandaian maksimum seperti pada tabel 5.1, yang dibedakan atas kelandaian maksimum standar dan kelandaian maksimum mutlak. Jika tidak terbatas oleh kondisi keuangan, maka sebaiknya dipergunakan kelandaian standar. AASHTO membatasi kelandaian maksimum berdasarkan keadaan medan apakah datar, perbukitan atau pegunungan.

### Panjang kritis suatu kelandaian

Landai maksimum saja tidak cukup merupakan faktor penentu dalam perencanaan alinyemen vertikal, karena jarak yang pendek memberikan faktor pengaruh yang berbeda dibandingkan dengan jarak yang panjang pada kelandaian yang sama. Kelandaian besar akan mengakibatkan penurunan kecepatan truk yang cukup berarti jika kelandaian tersebut dibuat pada panjang jalan yang cukup panjang, tetapi kurang berarti jika panjang jalan dengan kelandaian tersebut hanya pendek saja.

Tabel 5.1 Kelandaian maksimum jalan. Sumber : Traffic Engineering Handbook, 1992 dan PGJLK, Bina Marga '1990 (Rancangan Akhir)

Kecepatan km/jam	Jalan Arteri luar kota (AASHTO'90)			Jalan antar kota (Bina Marga)	
	Datar	Perbukitan	Pegunungan	Kelandaian Maksimum Standar (%)	Kelandaian Maksimum mutlak (%)
40				7	11
50				6	10
64	5	6	8		
60				5	9
80	4	5	7	4	8
96	3	4	6		
113	3	4	5		

Batas kritis umumnya diambil jika kecepatan truk berkurang mencapai 30 - 75 % kecepatan rencana, atau kendaraan terpaksa mempergunakan gigi rendah. Pengurangan kecepatan truk dipengaruhi oleh besarnya kecepatan rencana dan kelandaian. Kelandaian pada kecepatan rencana yang tinggi akan mengurangi kecepatan truk sehingga berkisar antara 30 - 50% kecepatan rencana selama 1 menit perjalanan. Tetapi pada kecepatan rencana yang rendah, kelandaian tidak begitu mengurangi kecepatan truk.

Kecepatan truk selama 1 menit perjalanan, pada kelandaian  $\pm 10\%$ , dapat mencapai 75% kecepatan rencana.

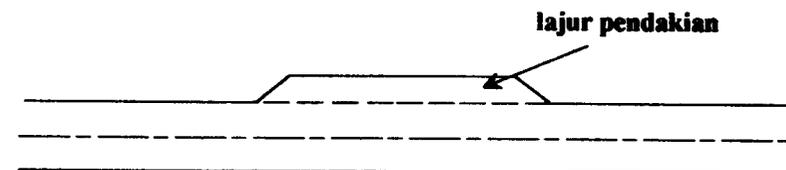
Tabel 5.2 memberikan panjang kritis yang disarankan oleh Bina Marga (luar kota), yang merupakan kira-kira panjang 1 menit perjalanan, dan truk bergerak dengan beban penuh. Kecepatan truk pada saat mencapai panjang kritis adalah sebesar 15 - 20 km/jam.

### Lajur pendakian

Pada jalan-jalan berlandai dan volume yang tinggi, seringkali kendaraan-kendaraan berat yang bergerak dengan kecepatan di bawah kecepatan rencana menjadi penghalang kendaraan lain yang bergerak dengan kecepatan sekitar kecepatan rencana. Untuk menghindari hal tersebut perlulah dibuatkan lajur pendakian. Lajur pendakian adalah lajur yang disediakan khusus untuk truk bermuatan berat atau kendaraan lain yang berjalan dengan kecepatan lebih rendah, sehingga kendaraan lain dapat mendahului kendaraan yang lebih lambat tanpa mempergunakan lajur lawan.

Tabel 5.2. Panjang kritis untuk kelandaian yang melebihi kelandaian maksimum standar

KECEPATAN RENCANA (KM/JAM)											
80		60		50		40		30		20	
5 %	500 m	6 %	500 m	7 %	500 m	8 %	420 m	9 %	340 m	10 %	250 m
6 %	500 m	7 %	500 m	8 %	420 m	9 %	340 m	10 %	250 m	11 %	250 m
7 %	500 m	8 %	420 m	9 %	340 m	10 %	250 m	11 %	250 m	12 %	250 m
8 %	420 m	9 %	340 m	10 %	250 m	11 %	250 m	12 %	250 m	13 %	250 m



Gambar 5.1. Lajur pendakian.

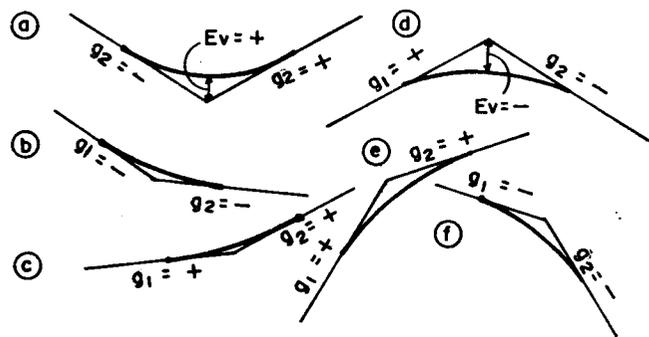
## 5.2 LENGKUNG VERTIKAL

Pergantian dari satu kelandaian ke kelandaian yang lain dilakukan dengan mempergunakan lengkung vertikal. Lengkung vertikal tersebut direncanakan sedemikian rupa sehingga memenuhi keamanan, kenyamanan dan drainase.

Jenis lengkung vertikal dilihat dari letak titik perpotongan kedua bagian lurus (tangen), adalah :

1. Lengkung vertikal cekung, adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan.
2. Lengkung vertikal cembung, adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan.

Lengkung vertikal dapat berbentuk salah satu dari enam kemungkinan pada gambar 5.2.



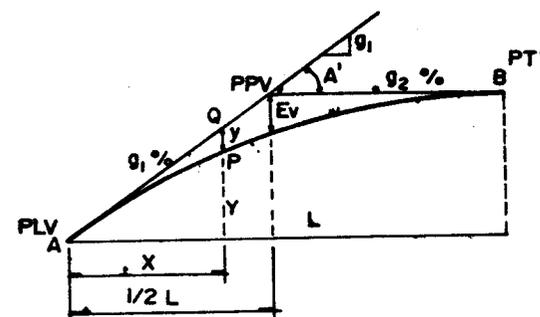
Gambar 5.2. Jenis lengkung vertikal dilihat dari titik perpotongan kedua tangen.

Lengkung vertikal type a,b dan c dinamakan lengkung vertikal cekung.

Lengkung vertikal type d,e dan f dinamakan lengkung vertikal cembung.

## Persamaan lengkung vertikal

Bentuk lengkung vertikal yang umum dipergunakan adalah berbentuk lengkung parabola sederhana.



Gambar 5.3. Lengkung vertikal parabola.

Titik A, titik peralihan dari bagian tangen ke bagian lengkung vertikal. Biasa diberi simbol PLV (*peralihan lengkung vertikal*). Titik B, titik peralihan dari bagian lengkung vertikal ke bagian tangen (*Peralihan Tangen Vertikal* = PTV).

Titik perpotongan kedua bagian tangen diberi nama titik PPV (*pusat perpotongan vertikal*).

Letak titik-titik pada lengkung vertikal dinyatakan dengan ordinat Y dan X terhadap sumbu koordinat yang melalui titik A.

Pada penurunan rumus lengkung vertikal terdapat beberapa asumsi yang dilakukan, yaitu :

- panjang lengkung vertikal sama dengan panjang proyeksi lengkung pada bidang horizontal = L.
- perubahan garis singgung tetap ( $d^2Y/dx^2 = r$ )

Besarnya kelandaian bagian tangen dinyatakan dengan  $g_1$  dan  $g_2$  % Kelandaian diberi tanda positif jika pendakian, dan diberi tanda negatif jika penurunan, yang ditinjau dari kiri.

A = g<sub>1</sub> - g<sub>2</sub> (perbedaan aljabar landai)

E<sub>v</sub> = Pergeseran vertikal dari titik PPV ke bagian lengkung

Rumus umum parabola dY<sup>2</sup>/dx<sup>2</sup> = r (konstanta)

$$dY/dx = rx + C$$

$$x = 0 \longrightarrow dY/dx = g_1 \longrightarrow C = g_1$$

$$x = L \longrightarrow dY/dx = g_2 \longrightarrow rL + g_1 = g_2$$

$$r = (g_2 - g_1)/L$$

$$\frac{dY}{dx} = \frac{(g_2 - g_1)}{L}x + g_1$$

$$Y = \frac{(g_2 - g_1)}{L} \frac{x^2}{2} + g_1 x + C'$$

x = 0 kalau Y = 0, sehingga C' = 0

$$Y = \frac{(g_2 - g_1)}{L} \frac{x^2}{2} + g_1 x$$

dari sifat segitiga sebangun diperoleh :

$$(y + Y) : g_1 \quad \frac{1}{2} L = x : \frac{1}{2} L$$

$$y + Y = g_1 x$$

$$g_1 x = Y + y$$

$$Y = -(g_1 - g_2)/2L x^2 + Y + y$$

$$y = \frac{(g_1 - g_2)}{2L} x^2$$

$$y = \frac{A}{200L} x^2 \dots \dots \dots (35)$$

Jika A dinyatakan dalam *persen*

Untuk x = 1/2 L dan y = E<sub>v</sub>

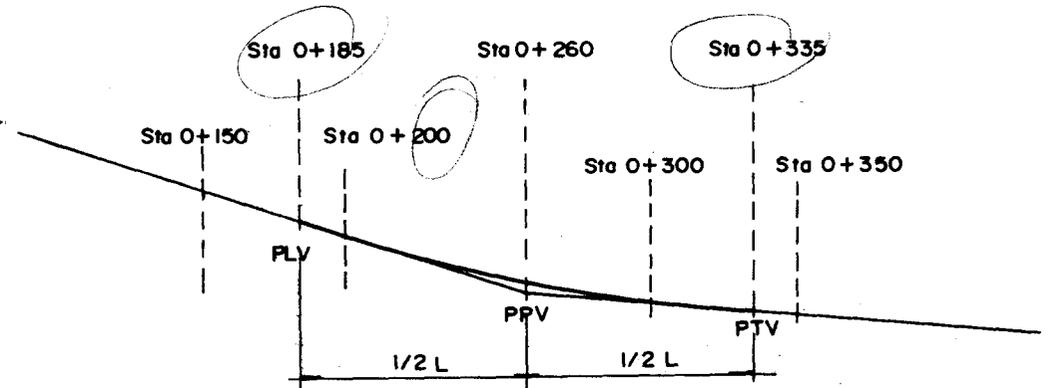
diperoleh :

$$E_v = \frac{AL}{800} \dots \dots \dots (36)$$

Persamaan di atas berlaku baik untuk lengkung vertikal cembung maupun lengkung vertikal cekung. Hanya bedanya, jika E<sub>v</sub> yang diperoleh positif, berarti lengkung vertikal cembung, jika negatif, berarti lengkung vertikal cekung.

Dengan mempergunakan persamaan (35) dan (36) dapat ditentukan elevasi setiap titik pada lengkung vertikal.

**Contoh perhitungan**



Gambar 5.4. Contoh Perhitungan.

PPV diketahui berada pada Sta 0+260 dan mempunyai elevasi + 100 m. Perubahan kelandaian terjadi dari - 8% (menurun dari kiri) ke kelandaian sebesar - 2% (menurun dari kiri), dan panjang lengkung vertikal direncanakan sepanjang 150m.

- Berapakah tinggi rencana sumbu jalan pada Sta 0+150 m ?
- Berapakah tinggi rencana sumbu jalan pada Sta 0+200 m ?
- Berapakah tinggi rencana sumbu jalan pada Sta 0+260 m ?
- Berapakah tinggi rencana sumbu jalan pada Sta 0+300 m ?
- Berapakah tinggi rencana sumbu jalan pada Sta 0+350 m ?

$$g_1 = -8\% \quad g_2 = -2\%$$

$$A = g_1 - g_2 = -8 - (-2) = -6\%$$

$$L = 150 \text{ m}$$

Persamaan umum lengkung vertikal :  $y = \frac{Ax^2}{200L}$

$$y = \frac{-6x^2}{200 \cdot 150}$$

$$y = \frac{-x^2}{5000}$$

y dihitung dari garis tangennya.

Bertanda negatif, berarti ke atas dari garis tangen (lengkung vertikal cekung).

Untuk persamaan lengkung di kiri PPV, x dihitung dari titik PLV.

Untuk persamaan lengkung di kanan PPV, x tidak boleh dihitung dari titik PLV. Hal ini disebabkan kelandaian tidak menerus, tetapi berubah di titik PPV. Jadi x dihitung dari titik PTV.

Elevasi di sembarang titik pada alinyemen vertikal ditentukan dari kelandaian dan ordinat y.

Sta PLV berada pada Sta  $0 + 260 - \frac{1}{2}L$ , yaitu Sta  $0 + 185$

Sta PTV berada pada Sta  $0 + 260 + \frac{1}{2}L$ , yaitu Sta  $0 + 335$

Sta 0+150  $\longrightarrow$  Terletak pada bagian lurus berlandai - 8%.

Berada sejauh  $(260-150)\text{m} = 110 \text{ m}$  di kiri PPV. PPV mempunyai ketinggian +100 m.

Elevasi sumbu jalan pada Sta 0+150 m =  
 $+100 + 8\% \cdot 110 = +108,80 \text{ m}$ .

Sta 0+200  $\longrightarrow$  Teletak pada lengkung vertikal sebelah kiri titik PPV.

Elevasi bagian tangen pada Sta 0+200 =  
 $+100 + 8\% \cdot (260 - 200) = +104,80 \text{ m}$ .

Elevasi sumbu jalan pada Sta 0+200 adalah elevasi bagian tangennya dikurangi  $y_1$  untuk  $x_1$  sejauh  $(200 - 185) \text{ m} = 15 \text{ m}$  dari PLV.

Elevasi sumbu jalan =  $+104,80 + 15^2/5000 = +104,845 \text{ m}$ .

Sta 0+260  $\longrightarrow$  Terletak tepat pada posisi PPV.

Elevasi sumbu jalan pada Sta 0+260 = elevasi PPV +  $E_v = 100 + 75^2/5000 = +101,125 \text{ m}$ .

Sta 0+300  $\longrightarrow$  Teletak pada lengkung vertikal sebelah kanan titik PPV.

Elevasi bagian tangen pada Sta 0+300 =  
 $+100 - 2\% \cdot (300-260) = +99,20 \text{ m}$ .

Elevasi sumbu jalan pada Sta 0+300 adalah elevasi bagian tangennya dikurangi  $y_2$  untuk  $x_2$  sejauh  $(335 - 300) \text{ m} = 35 \text{ m}$  dari PTV.

Elevasi sumbu jalan =  $+99,20 + 35^2/5000 = +99,445 \text{ m}$ .

Sta 0+350  $\longrightarrow$  Terletak pada bagian lurus berlandai -2 %.

Berada sejauh  $(350-260) \text{ m} = 90 \text{ m}$  di kanan PTV. PPV mempunyai ketinggian +100 m.

Elevasi sumbu jalan pada Sta 0 + 350 m =  
 $+100 - 2\% \cdot 90 = +98,20 \text{ m}$ .

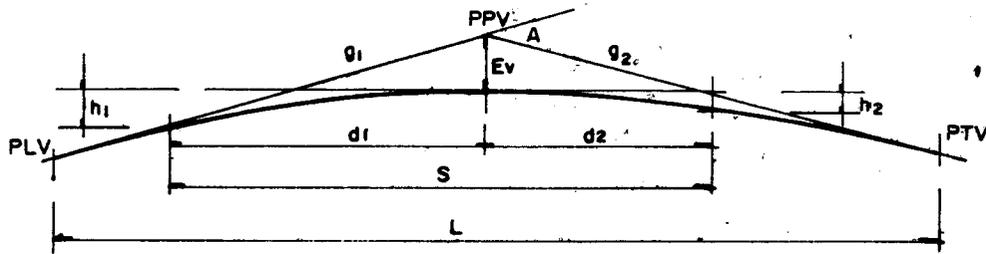
### 5.3 LENGKUNG VERTIKAL CEMBUNG

Bentuk lengkung vertikal seperti yang diuraikan terdahulu, berlaku untuk lengkung vertikal cembung atau lengkung vertikal cekung. Hanya saja untuk masing-masing lengkung terdapat batasan-batasan yang berhubungan dengan jarak pandangan.

Pada lengkung vertikal cembung, pembatasan berdasarkan jarak pandangan dapat dibedakan atas 2 keadaan yaitu :

1. Jarak pandangan berada seluruhnya dalam daerah lengkung ( $S < L$ ).
2. Jarak pandangan berada diluar dan di dalam daerah lengkung ( $S > L$ ).

Lengkung vertikal cembung dengan  $S < L$



Gambar 5.5. Jarak pandangan pada lengkung vertikal cembung ( $S < L$ ).

Dari persamaan (35) diperoleh  $y = \frac{Ax^2}{200L}$ , atau dapat pula dinyatakan dengan  $y = kx^2$ , dimana :

$$k = \frac{A}{200L}$$

Lengkung parabola  $y = kx^2$  (k konstanta)

$$y = E_v \longrightarrow E_v = k \left(\frac{1}{2}L\right)^2$$

$$y = h_1 \longrightarrow h_1 = k d_1^2$$

$$y = h_2 \longrightarrow h_2 = k d_2^2$$

$$\frac{h_1}{E_v} = \frac{k d_1^2}{k \frac{1}{4} L^2} \qquad \frac{h_2}{E_v} = \frac{k d_2^2}{k \frac{1}{4} L^2}$$

$$\frac{h_1}{E_v} = \frac{4d_1^2}{L^2} \qquad \frac{h_2}{E_v} = \frac{4d_2^2}{L^2}$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{h_1 L^2}{4E_v}} \qquad d_2 = \sqrt{\frac{h_2 L^2}{4E_v}}$$

$$S = d_1 + d_2 = \sqrt{\frac{h_1 L^2}{4E_v}} + \sqrt{\frac{h_2 L^2}{4E_v}}$$

$$E_v = \frac{AL}{800}$$

$$S = \sqrt{\frac{200h_1 L}{A}} + \sqrt{\frac{200h_2 L}{A}}$$

$$S = \sqrt{\frac{100L}{A}} (\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})$$

$$S^2 = \frac{100L}{A} (\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2$$

$$L = \frac{AS^2}{100(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2} \dots\dots\dots (37)$$

Jika dalam perencanaan dipergunakan jarak pandangan henti menurut Bina Marga, dimana  $h_1 = 10 \text{ cm} = 0,10 \text{ m}$  dan  $h_2 = 120 \text{ cm} = 1,20 \text{ m}$ ,

maka :

$$L = \frac{AS^2}{100(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}$$

$$L = \frac{AS^2}{399} = CAS^2 \dots\dots\dots (38)$$

Jika dalam perencanaan dipergunakan jarak pandangan menyiap menurut Bina Marga, dimana  $h_1 = 120 \text{ cm} = 1,20 \text{ m}$

dan  $h_2 = 120 \text{ cm} = 1,20 \text{ m}$ ,

maka :

$$L = \frac{AS^2}{100(\sqrt{2,40} + \sqrt{2,40})^2}$$

$$L = \frac{AS^2}{960} = CAS^2 \dots\dots\dots (39)$$

C = konstanta garis pandangan untuk lengkung vertikal cembung dimana  $S < L$ .

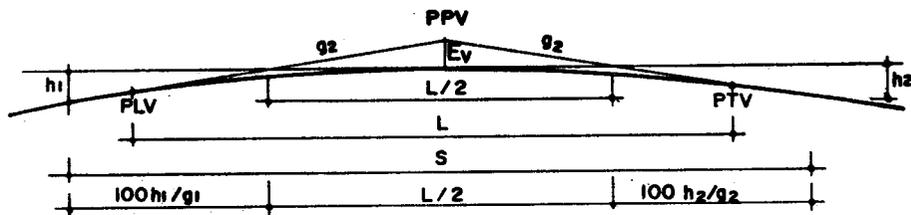
Tabel 5.3. Nilai C untuk beberapa  $h_1$  &  $h_2$  berdasarkan AASHTO dan Bina Marga

	AASHTO '90		Bina Marga '90	
	JPH	JPM	JPH	JPM
Tinggi mata pengemudi ( $h_1$ ) (m)	1,07	1,07	1,20	1,20
Tinggi objek ( $h_2$ ) (m)	0,15	1,30	0,10	1,20
Konstanta C	404	946	399	960

JPH = Jarak pandangan henti

JPM = Jarak pandangan menyiap

Lengkung vertikal cembung dengan  $S > L$



Gambar 5.6. Jarak pandangan pada lengkung vertikal cembung ( $S > L$ ).

$$S = \frac{1}{2}L + \frac{100h_1}{g_1} + \frac{100h_2}{g_2}$$

$$L = 2S - \frac{200h_1}{g_1} - \frac{200h_2}{g_2}$$

Panjang lengkung minimum jika  $dL/dg = 0$ , maka diperoleh :

$$\frac{h_1}{g_1^2} - \frac{h_2}{g_2^2} = 0 \qquad \frac{h_1}{g_1^2} = \frac{h_2}{g_2^2}$$

$$g_2 = g_1 \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

A merupakan jumlah aljabar dari  $g_1 + g_2$

$$A = \left( \sqrt{\frac{h_2}{h_1} + 1} \right) g_1$$

$$g_1 = \frac{A\sqrt{h_1}}{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}}$$

$$g_2 = \frac{A\sqrt{h_2}}{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}}$$

$$L = 2S - \frac{200h_1(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})}{A\sqrt{h_1}} - \frac{200h_2(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})}{A\sqrt{h_2}}$$

$$L = 2S - \frac{200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A} \dots\dots\dots (40)$$

Jika dalam perencanaan dipergunakan jarak pandangan henti menurut Bina Marga, dimana  $h_1 = 10 \text{ cm} = 0,10 \text{ m}$   
 dan  $h_2 = 120 \text{ cm} = 1,20 \text{ m}$ ,

maka ;

$$L = 2S - \frac{200(\sqrt{0,10} + \sqrt{1,20})^2}{A}$$

$$L = 2S - \frac{399}{A} = 2S - \frac{C_1}{A} \dots\dots\dots (41)$$

Jika dalam perencanaan dipergunakan jarak pandangan menyiap menurut Bina Marga, dimana  $h_1 = 120 \text{ cm} = 1,20 \text{ m}$ .  
 dan  $h_2 = 120 \text{ cm} = 1,20 \text{ m}$ ,

maka ;

$$L = 2S - \frac{200(\sqrt{1,20} + \sqrt{1,20})^2}{A}$$

$$L = 2S - \frac{960}{A} = 2S - \frac{C_1}{A} \dots\dots\dots (42)$$

$C_1 =$  konstanta garis pandangan untuk lengkung vertikal cembung dimana  $S > L$ .

Tabel 5.3 dan tabel 5.4 menunjukkan konstanta  $C = C_1$  tanpa melihat apakah jarak pandangan berada di dalam atau di luar lengkung.

Tabel 5.4 Nilai  $C_1$  untuk beberapa  $h_1$  dan  $h_2$  berdasarkan AASHTO dan Bina Marga.

	AASHTO '90		Bina Marga '90	
	JPH	JPM	JPH	JPM
Tinggi mata pengemudi $h_1$ (m)	1.07	1.07	1.2	1.2
Tinggi Objek $h_2$ (m)	0.15	1.3	0.1	1.2
Konstanta $C_1$	404	946	399	960

JPH = jarak pandangan henti

JPM = jarak pandangan menyiap

**Panjang lengkung vertikal cembung berdasarkan kebutuhan akan drainase**

Lengkung vertikal cembung yang panjang dan relatif datar dapat menyebabkan kesulitan dalam masalah drainase jika di sepanjang jalan dipasang kerib. Air di samping jalan tidak mengalir lancar. Untuk menghindari hal tersebut di atas panjang lengkung vertikal biasanya dibatasi tidak melebihi 50 A.

Persyaratan panjang lengkung vertikal cembung sehubungan dengan drainase :

$$L = 50 A \dots\dots\dots (43)$$

**Panjang lengkung vertikal cembung berdasarkan kenyamanan perjalanan**

Panjang lengkung vertikal cembung juga harus baik dilihat secara visual. Jika perbedaan aljabar landai kecil, maka panjang lengkung vertikal yang dibutuhkan pendek, sehingga alinyemen vertikal tampak melengkung. Oleh karena itu disyaratkan panjang lengkung yang diambil untuk perencanaan tidak kurang dari 3 detik perjalanan.

### 5.4 LENGKUNG VERTIKAL CEKUNG

Disamping bentuk lengkung yang berbentuk parabola sederhana, panjang lengkung vertikal cekung juga harus ditentukan dengan memperhatikan :

- jarak penyinaran lampu kendaraan
- jarak pandangan bebas dibawah bangunan
- persyaratan drainase
- kenyamanan mengemudi
- keluwesan bentuk

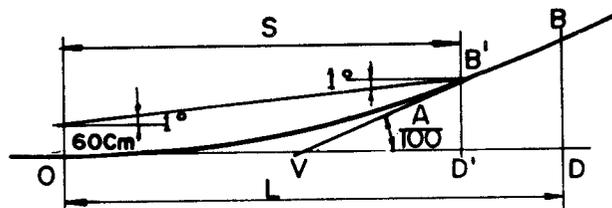
#### Jarak penyinaran lampu kendaraan

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

Letak penyinaran lampu dengan kendaraan dapat dibedakan atas 2 keadaan yaitu :

1. Jarak pandangan akibat penyinaran lampu depan < L.
2. Jarak pandangan akibat penyinaran lampu depan > L.

#### Lengkung vertikal cekung dengan jarak penyinaran lampu depan < L.



Gambar 5.7. Lengkung vertikal cekung dengan jarak pandangan penyinaran lampu depan < L.

$$DB = \frac{A L}{100 \cdot 2}$$

$$D'B' = \left(\frac{S}{L}\right)^2 (DB)$$

$$D'B' = \frac{S^2 A}{200 L}$$

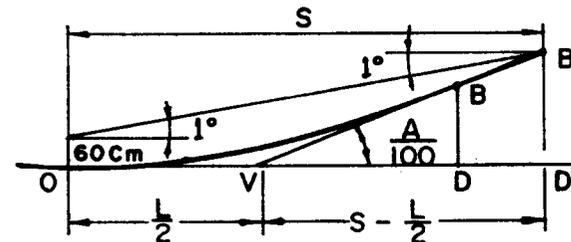
$$D'B' = 0,60 + S \operatorname{tg} 1^\circ$$

$$\operatorname{tg} 1^\circ = 0,0175$$

$$\frac{S^2 A}{200 L} = 0,60 + S \operatorname{tg} 1^\circ$$

$$L = \frac{AS^2}{120 + 3,50 S} \dots\dots\dots (44)$$

#### Lengkung vertikal cekung dengan jarak penyinaran lampu depan > L



Gambar 5.8. Lengkung vertikal cekung dengan jarak pandangan penyinaran lampu depan > L.

$$D'B' = \frac{A}{100} \left(S - \frac{1}{2}L\right)$$

$$D'B' = 0,60 + S \operatorname{tg} 1^\circ$$

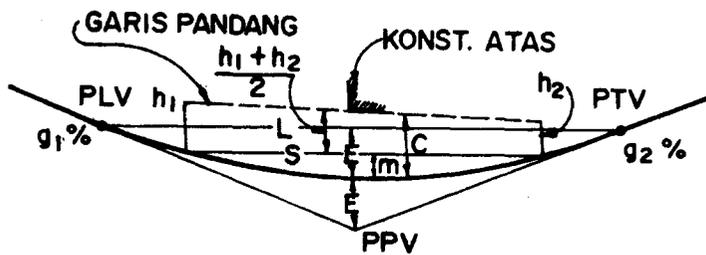
$$D'B' = 0,60 + 0,0175 S$$

$$\frac{A}{100} \left(S - \frac{1}{2}L\right) = 0,60 + 0,0175 S$$

$$L = 2S - \frac{120 + 3,5 S}{A} \dots\dots\dots (45)$$

**Jarak pandangan bebas dibawah bangunan pada lengkung vertikal cekung**

Jarak pandangan bebas pengemudi pada jalan raya yang melintasi bangunan-bangunan lain seperti jalan lain, jembatan penyeberangan, viaduct, aquaduct, seringkali terhalangi oleh bagian bawah bangunan tersebut. Panjang lengkung vertikal cekung minimum diperhitungkan berdasarkan jarak pandangan henti minimum dengan mengambil tinggi mata pengemudi truk yaitu 1,80 m dan tinggi objek 0,50 m (tinggi lampu belakang kendaraan). Ruang bebas vertikal minimum 5 m, disarankan mengambil lebih besar untuk perencanaan yaitu ± 5,5 m, untuk memberi kemungkinan adanya lapisan tambahan dikemudian hari.



Gambar 5.9. Jarak pandangan bebas di bawah bangunan pada lengkung vertikal cekung dengan  $S < L$ .

**a. Jarak pandangan  $S < L$**

Diasumsikan titik PPV berada dibawah bangunan

$$\left(\frac{S}{L}\right)^2 = \frac{m}{E} \quad E = \frac{AL}{800}$$

$$\left(\frac{S}{L}\right)^2 = \frac{800m}{AL}$$

$$L = \frac{S^2 A}{800m} \quad \text{dan} \quad m = \frac{S^2 A}{800L}$$

Jika jarak bebas dari bagian bawah bangunan atas ke jalan adalah C, maka :

$$m = C - \frac{h_1 - h_2}{2} \quad \frac{S^2 A}{800L} = C - \frac{h_1 + h_2}{2}$$

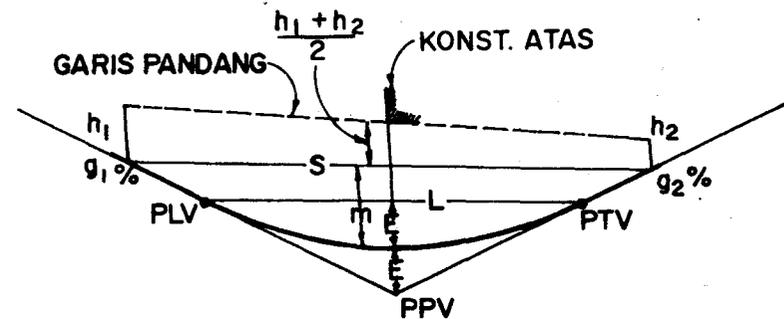
$$L = \frac{S^2 A}{800C - 400(h_1 + h_2)} \quad \dots \dots \dots (46)$$

Jika  $h_1 = 1,80$  m,  $h_2 = 0,50$  m, dan  $C = 5,50$  m, maka persamaan (46) menjadi :

$$L = \frac{A S^2}{3480} \quad \dots \dots \dots (47)$$

**b. Jarak pandangan  $S > L$**

Diasumsikan titik PPV berada dibawah bangunan



Gambar 5.10. Jarak pandangan bebas di bawah bangunan pada lengkung vertikal cekung dengan  $S > L$ .

$$\frac{S}{L} = \frac{E + m}{2E}$$

$$\frac{S}{L} = \frac{1}{2} + \frac{m}{2E}$$

$$E = \frac{AL}{800}$$

$$m = C - \frac{h_1 - h_2}{2}$$

$$L = 2S - \frac{800C - 400(h_1 + h_2)}{A} \dots\dots\dots (48)$$

Jika  $h_1 = 1,80$  m;  $h_2 = 0,50$ m; dan  $C = 5,50$  m; maka persamaan (48) menjadi :

$$L = 2S - \frac{3480}{A} \dots\dots\dots (49)$$

### ***Bentuk visual lengkung vertikal cekung***

Adanya gaya sentrifugal dan gravitasi pada lengkung vertikal cekung menimbulkan rasa tidak nyaman kepada pengemudi. Panjang lengkung vertikal cekung minimum yang dapat memenuhi syarat kenyamanan adalah :

$$L = \frac{AV^2}{380} \dots\dots\dots (50)$$

dimana :

V = kecepatan rencana, km/jam.

A = perbedaan aljabar landai.

L = panjang lengkung vertikal cekung.

### ***Kenyamanan mengemudi pada lengkung vertikal cekung***

Panjang lengkung vertikal cekung dengan mempergunakan persamaan (36) pendek jika perbedaan kelandaiannya kecil. Hal ini akan mengakibatkan alinyemen vertikal kelihatan melengkung. Untuk menghindari hal itu, panjang lengkung vertikal cekung diambil  $\geq 3$  detik perjalanan.

## **RANGKUMAN**

- Perencanaan alinyemen vertikal selalu dengan mempertimbangkan kondisi lapisan tanah dasar, tinggi muka air banjir, tinggi muka air tanah, fungsi jalan, kelandaian, dan keadaan medan.
- Landai minimum sebesar 0,3 - 0,5 % pada jalan-jalan di daerah galian, dan dapat datar pada jalan di daerah timbunan.
- Kelandaian maksimum dan panjang kritis suatu jalan dipengaruhi oleh kecepatan dan keadaan medan.
- Lajur pendakian adalah lajur khusus untuk kendaraan berat, yang dibuatkan pada jalan berlandai cukup tinggi dan panjang.
- Lengkung vertikal merupakan tempat peralihan dari 2 kelandaian yang berbentuk lengkung parabola sederhana.
- Pemilihan panjang lengkung vertikal cembung haruslah merupakan panjang terpanjang yang dibutuhkan setelah mempertimbangkan jarak pandangan, persyaratan drainase, dan bentuk visual lengkung.
- Pemilihan panjang lengkung vertikal cekung haruslah merupakan panjang terpanjang yang dibutuhkan setelah mempertimbangkan jarak penyinaran lampu depan kendaraan di malam hari, keluwesan bentuk, dan kenyamanan mengemudi.

### ***Pedoman umum dalam perencanaan alinyemen vertikal***

Alinyemen vertikal secara keseluruhan haruslah dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pemakai jalan.

Untuk itu sebaiknya diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Pada alinyemen vertikal yang relatif datar dan lurus, sebaiknya dihindari *hidden dip*, yaitu lengkung-lengkung vertikal cekung yang pendek, dan tidak terlihat dari jauh.
2. Pada landai menurun yang panjang dan tajam, sebaiknya diikuti oleh pendakian, sehingga kecepatan kendaraan yang telah bertambah besar dapat segera dikurangi.
3. Jika direncanakan serangkaian kelandaian, maka sebaiknya kelandaian yang paling curam diletakkan di bagian awal, diikuti oleh kelandaian yang lebih kecil.
4. Sedapat mungkin dihindari perencanaan lengkung vertikal yang sejenis (cembung atau cekung) dengan hanya dipisahkan oleh tangen yang pendek.



# 6

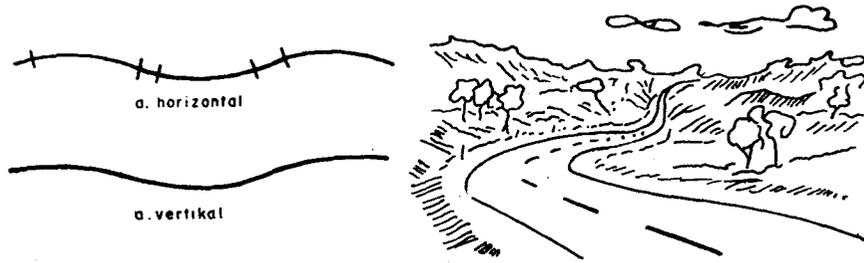
## **KOORDINASI ALINYEMEN VERTIKAL DAN ALINYEMEN HORIZONTAL**

**D**esain geometrik jalan merupakan desain bentuk fisik jalan berupa 3 dimensi. Untuk mempermudah dalam menggambarkan bagian-bagian perencanaan, bentuk fisik jalan tersebut digambarkan dalam bentuk alinyemen horizontal atau trase jalan, alinyemen vertikal atau penampang memanjang jalan, dan potongan melintang jalan.

Penampilan bentuk fisik jalan yang baik dan menjamin keamanan dari pemakai jalan merupakan hasil dari penggabungan bentuk alinyemen vertikal dan alinyemen horizontal yang baik pula. Letak tikungan haruslah pada lokasi yang serasi dengan adanya tanjakan ataupun penurunan.

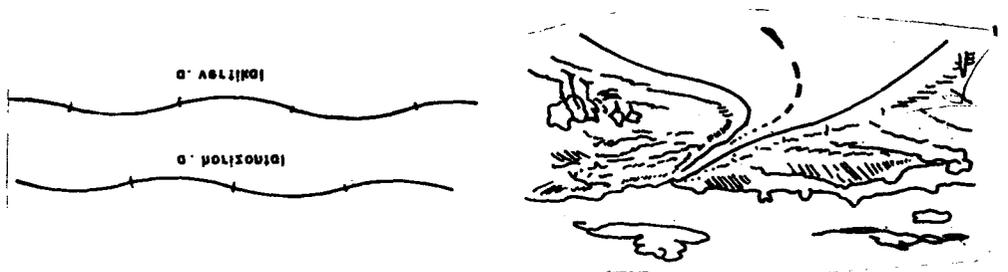
Hal-hal yang dapat merupakan panduan adalah sebagai berikut :

1. Alinyemen mendatar dan vertikal terletak pada satu fase, sehingga tikungan tampak alami dan pengemudi dapat memperkirakan bentuk alinyemen berikutnya.



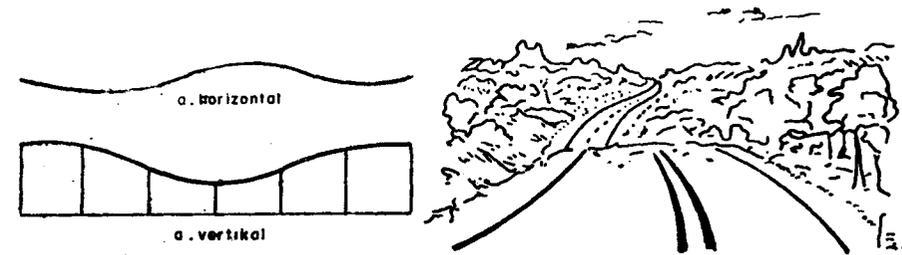
Gambar 6.1 Lengkung vertikal dan horizontal terletak pada satu fase.

Jika tikungan horizontal dan vertikal tidak terletak pada satu fase, maka pengemudi sukar memperkirakan bentuk jalan selanjutnya, dan bentuk jalan terkesan patah.



Gambar 6.2 Lengkung vertikal dan horizontal tidak terletak pada satu fase.

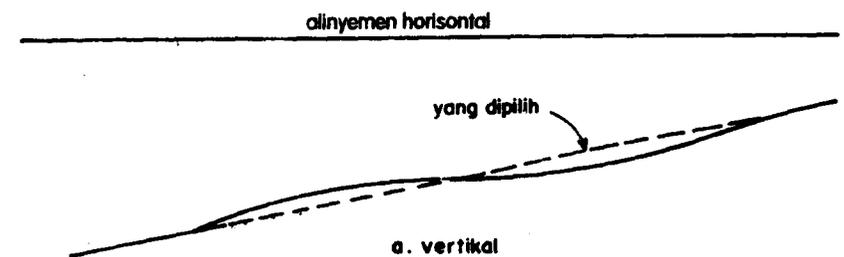
2. Tikungan yang tajam sebaiknya tidak diadakan di bagian atas lengkung vertikal cembung atau di bagian bawah lengkung vertikal cekung.



Gambar 6.3 Tikungan terletak di bagian atas lengkung vertikal cembung.

Kombinasi yang seperti ini akan memberikan kesan terputusnya jalan, yang sangat membahayakan pengemudi.

3. Pada jalan yang lurus dan panjang sebaiknya tidak dibuatkan lengkung vertikal cekung.



Gambar 6.4 Lengkung vertikal cekung pada jalan yang relatif lurus dan panjang.

4. Kelandaian yang landai dan pendek sebaiknya tidak diletakkan di antara dua kelandaian yang curam, sehingga mengurangi jarak pandangan pengemudi.

## ***P*ENOMORAN PANJANG JALAN (*STATIONING*)**

**P**enomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (Sta jalan) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenal lokasi yang sedang dibicarakan, selanjutnya menjadi panduan untuk lokasi suatu tempat. Nomor jalan ini sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Di samping itu dari penomoran jalan tersebut diperoleh informasi tentang panjang jalan secara keseluruhan. Setiap Sta jalan dilengkapi dengan gambar potongan melintangnya.

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

1. Patok km merupakan petunjuk jarak yang diukur dari patok km 0, yang umumnya terletak di ibukota propinsi atau kotamadya.

Patok Sta merupakan petunjuk jarak yang diukur dari awal pekerjaan (proyek) sampai dengan akhir pekerjaan.

2. Patok km berupa patok permanen yang dipasang dengan ukuran standar yang berlaku.

Patok Sta merupakan patok sementara selama masa pelaksanaan ruas jalan tersebut.

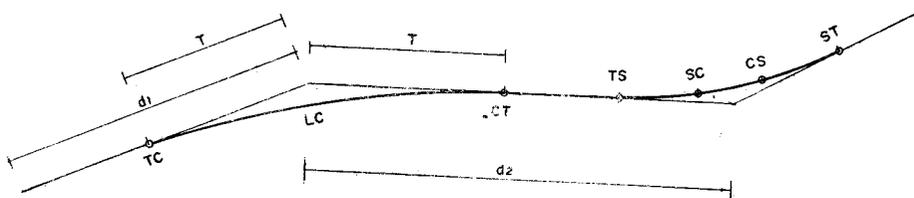
### Metoda penomoran

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

- setiap 100 m pada medan datar
- setiap 50 m pada medan berbukit
- setiap 25 m pada medan pegunungan

Pada tikungan penomoran dilakukan pada setiap titik penting, jadi terdapat Sta titik TC, dan Sta titik CT pada tikungan jenis lingkaran sederhana. Sta titik TS, Sta titik SC, Sta titik CS, dan STA titik ST pada tikungan jenis spiral-busur lingkaran, dan spiral.

### Penomoran pada tikungan



A

Gambar 7.1 Sistem penomoran jalan

$$\text{Sta TC} = \text{Sta titik A} + d_1 - T$$

$$\text{Sta CT} = \text{Sta TC} + L_c$$

$$\text{Sta TS} = \text{Sta CT} + (d_2 - T - T_s)$$

$$\text{Sta SC} = \text{Sta TS} + L_s$$

$$\text{Sta CS} = \text{Sta SC} + L_c$$

$$\text{Sta ST} = \text{Sta CS} + L_s$$

## DAFTAR KEPUSTAKAAN

1. AASHTO, 1984, Policy on Geometric Design of Highway and Streets.
2. AASHTO, 1990, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets.
3. Anonim, 1992, Bahan kuliah, Perencanaan Geometrik, Pasca Sarjana Jalan Raya PUTL - ITB.
4. Bhanot K.L. & Sehgal S.B., 1983, A Text Book on Highway Engineering and Airports, S.Chand & Company Ltd, Ram Nagar, New Delhi.
5. Dalimin, 1979, Pelaksanaan Pembangunan Jalan, Penerbit Lestari.
6. Direktorat Jenderal Bina Marga, Bipran, 1970, Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya No. 13/1970.
7. Direktorat Jenderal Bina Marga, Bipran, 1990, Spesifikasi Standar untuk Perencanaan Geometrik Jalan Luar Kota (Rancangan Akhir).
8. Direktorat Jenderal Bina Marga, Espran, 1963, Perencanaan Jalan Raya.
9. Direktorat Jenderal Bina Marga, 1988, Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan.
10. Direktorat Jenderal Bina Marga, Espran, Ruslan Diwiryo, Perencanaan Geometrik Jalan, Bagian III.
11. Hickerson, Thomas F., 1959, Route Surveys and Design, Mc Graw Hill Book Company, Inc.
12. Institute of Transportation Engineers, 1992, Traffic Engineering Handbook, 4th edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

13. Japan International Cooperation, Clothoid, Pocket Book.
14. Ministry of Transportation and Communications, 1979, Geometric Design Standards for Ontario Highways, Ontario.
15. Ministry of Transportation and Communications, 1979, Highway Engineering Standards, Book A and B, Ontario.
16. NAASRA, 1980, Interim Guide to The Geometric Design of Rural Roads, Sydney.
17. Oglesby Clarkson H., 1982 Highway Engineering, 4th edition, John Wiley & Sons, New York.
18. Road Construction Authority Australia, 1983, Road Design Manual.
19. Sukirman, Silvia, 1990, Diktat Kuliah Jurusan Teknik Sipil UKM dan Itenas, Perencanaan Geometrik.
20. Sugondo, Soetrisno, 1976, Bahan Kuliah Perencanaan Geometrik Jalan, Pasca Sarjana Jalan Raya PUTL-ITB 1976-1977.

V km/jam	$a = 2.052 + 0.0036 V$	$t_1 = 2,12 + 0,026 V$	$t_2 = 6,56 + 0,048 V$
30	2.16	2.9	8
40	2.196	3.16	8.48
50	2.232	3.42	8.96
60	2.268	3.68	9.44
70	2.304	3.94	9.92
80	2.34	4.2	10.4
100	2.412	4.72	11.36
120	2.484	5.24	12.32

Parameter a, t<sub>1</sub>, dan t<sub>2</sub> untuk perhitungan jarak pandangan menyiap.

Tabel JP - 1

V ren km/jam	a km/j/dt.	t1 det	d1 m	t2 det	d2 m	d3 m	d4 m	Jarak Pandangan menyiap standar m	Jarak Pandangan menyiap minimum m
30	216	29	15	8	67	20	44	146	109
40	2196	316	25	848	94	25	63	207	151
50	2232	342	37	896	125	30	83	274	196
60	2268	368	50	944	157	40	105	353	250
70	2304	394	65	992	193	50	129	437	307
80	234	42	82	104	231	60	154	527	368
100	2412	472	119	1136	316	75	211	720	496
120	2484	524	162	1232	411	90	274	937	638

Jarak pandangan menyiap standar =  $d1 + d2 + d3 + d4$

Jarak pandangan menyiap minimum =  $2/3 d2 + d3 + d4$

Perhitungan jarak pandangan menyiap.  
Tabel JP - 2

Parameter distribusi e dan D berdasarkan metoda kelima  
(e maksimum = 0.10)

	V = 50 km/jam	V = 60 km/jam	V = 70 km/jam	V = 80 km/jam	V = 90 km/jam	V = 100 km/jam	V = 110 km/jam	V = 120 km/jam
Rmin	76	112	157	210	280	366	470	597
Dmaks	18,85	12,79	9,12	6,82	5,12	3,91	3,05	2,40
fmax	0,160	0,153	0,147	0,140	0,128	0,115	0,103	0,090
Dp =	8,98	6,24	4,58	3,51	2,77	2,25	1,86	1,56
h =	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023
tg?1	0,003	0,004	0,005	0,007	0,008	0,010	0,013	0,015
tg?2	0,014	0,020	0,027	0,035	0,044	0,055	0,066	0,079
Mo	0,026	0,026	0,025	0,024	0,023	0,021	0,019	0,018

Tabel AH - 1

Parameter distribusi e dan D berdasarkan metoda kelima  
(e maksimum = 0.08)

	V = 50 km/jam	V = 60 km/jam	V = 70 km/jam	V = 80 km/jam	V = 90 km/jam	V = 100 km/jam	V = 110 km/jam	V = 120 km/jam
R <sub>min</sub>	82	122	229	229	307	404	522	667
D <sub>maks</sub>	17.47	11.74	8.43	6.25	4.67	3.55	2.74	2.15
f <sub>maks</sub>	0.160	0.153	0.147	0.140	0.128	0.115	0.103	0.090
D <sub>p</sub>	7.19	4.99	3.67	2.81	2.22	1.8	1.48	1.25
h	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019
tg?1	0.003	0.004	0.005	0.007	0.008	0.010	0.013	0.015
tg?2	0.014	0.020	0.027	0.035	0.044	0.055	0.066	0.079
Mo	0.023	0.023	0.022	0.022	0.021	0.020	0.018	0.017

Tabel AH - 2

Perhitungan panjang Ls minimum  
(e minimum = 10 %)

D (o)	Kecepatan rencana = 50 km/jam								
	R (m)	e	Modifikasi Shortt			m = 150	m = 115	Ls AASHTO	Ls Bina Marga (luar kota)
			C = 1	C = 2	C = 3	B=3.75 AASHTO	B=3.75 BM		
0.25	5730	0.003	0.10	0.05	0.03	1.55	9.82	30	45
0.50	2865	0.005	0.21	0.11	0.07	3.08	10.99	30	45
0.75	1910	0.008	0.33	0.16	0.11	4.59	12.15	30	45
1.00	1432	0.011	0.45	0.22	0.15	6.08	13.29	30	45
1.25	1146	0.013	0.57	0.29	0.19	7.54	14.41	30	45
1.50	955	0.016	0.70	0.35	0.23	8.98	15.51	30	45
1.75	819	0.018	0.84	0.42	0.28	10.40	16.60	30	45
2.00	716	0.021	0.98	0.49	0.33	11.79	17.66	30	45
2.50	573	0.026	1.28	0.64	0.43	14.51	19.75	30	45
3.00	477	0.030	1.61	0.80	0.54	17.14	21.76	30	45
3.50	409	0.035	1.95	0.98	0.65	19.67	23.71	30	45
4.00	358	0.039	2.32	1.16	0.77	22.12	25.58	30	45
4.50	318	0.043	2.71	1.35	0.90	24.47	27.38	30	45
5.00	286	0.048	3.12	1.56	1.04	26.73	29.12	30	45
6.00	239	0.055	4.01	2.01	1.34	30.97	32.37	40	45
7.00	205	0.062	4.99	2.50	1.66	34.85	35.35	40	45
8.00	179	0.068	6.06	3.03	2.02	38.37	38.04	40	45
9.00	159	0.074	7.22	3.61	2.41	41.51	40.45	40	45
10.00	143	0.079	8.45	4.23	2.82	44.33	42.61	50	45
11.00	130	0.083	9.77	4.88	3.26	46.84	44.53	50	45
12.00	119	0.087	11.15	5.58	3.72	49.04	46.22	50	50
13.00	110	0.091	12.61	6.30	4.20	50.94	47.68	60	50
14.00	102	0.093	14.14	7.07	4.71	52.54	48.91	60	50
15.00	95	0.096	15.75	7.87	5.25	53.83	49.90	60	50
16.00	90	0.097	17.43	8.71	5.81	54.82	50.66	60	60
17.00	84	0.099	19.18	9.59	6.39	55.51	51.18	60	60
18.00	80	0.099	21.01	10.50	7.00	55.89	51.47	60	60

Tabel AH - 3

Catatan : BM = Bina Marga

Perhitungan panjang Ls minimum  
(e minimum = 10 %)

D (o)	Kecepatan rencana = 60 km/jam								
	R (m)	e	Modifikasi Shortt			m = 165	m = 130	Ls AASHTO	Ls Bina Marga (luar kota)
			C = 1	C = 2	C = 3	B = 3.75 AASHTO	B = 3.75 BM		
0.25	5730	0.004	0.18	0.09	0.06	2.45	11.68	40	50
0.50	2865	0.008	0.37	0.19	0.12	4.86	13.58	40	50
0.75	1910	0.012	0.58	0.29	0.19	7.21	15.43	40	50
1.00	1432	0.015	0.80	0.40	0.27	9.51	17.24	40	50
1.25	1146	0.019	1.04	0.52	0.35	11.76	19.02	40	50
1.50	955	0.023	1.28	0.64	0.43	13.96	20.75	40	50
1.75	819	0.026	1.55	0.77	0.52	16.11	22.44	40	50
2.00	716	0.029	1.82	0.91	0.61	18.21	24.10	40	50
2.50	573	0.036	2.41	1.20	0.80	22.25	27.28	40	50
3.00	477	0.042	3.05	1.53	1.02	26.09	30.31	40	50
3.50	409	0.048	3.75	1.87	1.25	29.73	33.17	40	50
4.00	358	0.054	4.50	2.25	1.50	33.16	35.88	40	50
4.50	318	0.059	5.30	2.65	1.77	36.39	38.42	40	50
5.00	286	0.064	6.16	3.08	2.05	39.42	40.81	40	50
6.00	239	0.073	8.04	4.02	2.68	44.86	45.10	50	50
7.00	205	0.080	10.13	5.06	3.38	49.52	48.76	50	50
8.00	179	0.086	12.41	6.21	4.14	53.43	51.84	60	50
9.00	159	0.091	14.89	7.45	4.96	56.60	54.35	60	60
10.00	143	0.095	17.56	8.78	5.85	59.04	56.26	60	60
11.00	130	0.098	20.43	10.22	6.81	60.74	57.60	60	60
12.00	119	0.100	23.50	11.75	7.83	61.70	58.36	60	60

Tabel AH - 4

Catatan : BM = Bina Marga

Perhitungan panjang Ls minimum  
(e minimum = 10 %)

D (o)	Kecepatan rencana = 70 km/jam								
	R (m)	e	Modifikasi Shortt			m = 180	m = 125	Ls AASHTO	Ls Bina Marga (luar kota)
			C = 1	C = 2	C = 3	B = 3.75 AASHTO	B = 3.75 BM		
0.25	5730	0.005	0.29	0.15	0.10	3.63	11.90	40	60
0.50	2865	0.011	0.61	0.30	0.20	7.16	14.35	40	60
0.75	1910	0.016	0.96	0.48	0.32	10.59	16.73	40	60
1.00	1432	0.021	1.33	0.67	0.44	13.92	19.04	40	60
1.25	1146	0.025	1.74	0.87	0.58	17.15	21.28	40	60
1.50	955	0.030	2.17	1.08	0.72	20.28	23.46	40	60
1.75	819	0.035	2.63	1.31	0.88	23.31	25.56	40	60
2.00	716	0.039	3.12	1.56	1.04	26.23	27.59	40	60
2.50	573	0.047	4.18	2.09	1.39	31.78	31.45	40	60
3.00	477	0.055	5.36	2.68	1.79	36.93	35.02	40	60
3.50	409	0.062	6.65	3.33	2.22	41.68	38.32	50	60
4.00	358	0.068	8.06	4.03	2.69	46.02	41.33	50	60
4.50	318	0.074	9.58	4.79	3.19	49.96	44.07	50	60
5.00	286	0.079	11.21	5.61	3.74	53.49	46.52	60	60
6.00	239	0.088	14.83	7.41	4.94	59.33	50.58	60	60
7.00	205	0.094	18.91	9.46	6.30	63.53	53.49	70	60
8.00	179	0.098	23.46	11.73	7.82	66.08	55.27	70	60
9.00	159	0.099	28.47	14.23	9.49	66.99	55.90	70	60

Tabel AH - 5

Catatan : BM = Bina Marga

Perhitungan panjang Ls minimum  
(e minimum = 10 %)

D (o)	Kecepatan rencana = 80 km/jam								
	R (m)	e	Modifikasi Shortt			m = 200	m = 150	Ls AASHTO	Ls Bina Marga (luar kota)
			C = 1	C = 2	C = 3	B=3.75 AASHTO	B=3.75 BM		
0.25	5730	0.007	0.44	0.22	0.15	5.25	15.19	50	70
0.50	2865	0.014	0.93	0.47	0.31	10.32	18.99	50	70
0.75	1910	0.020	1.48	0.74	0.49	15.20	22.65	50	70
1.00	1432	0.027	2.08	1.04	0.69	19.89	26.17	50	70
1.25	1146	0.033	2.73	1.37	0.91	24.40	29.55	50	70
1.50	955	0.038	3.44	1.72	1.15	28.73	32.80	50	70
1.75	819	0.044	4.20	2.10	1.40	32.87	35.90	50	70
2.00	716	0.049	5.01	2.51	1.67	36.83	38.87	50	70
2.50	573	0.059	6.81	3.40	2.27	44.19	44.39	50	70
3.00	477	0.068	8.81	4.41	2.94	50.81	49.36	60	70
3.50	409	0.076	11.03	5.52	3.68	56.69	53.76	60	70
4.00	358	0.082	13.48	6.74	4.49	61.78	57.59	70	70
4.50	318	0.088	16.17	8.09	5.39	66.05	60.79	60	70
5.00	286	0.093	19.11	9.55	6.37	69.48	63.36	70	70
6.00	239	0.098	25.70	12.85	8.57	73.86	66.65	80	70
7.00	205	0.100	33.25	16.63	11.08	74.92	67.44	80	70

Tabel AH - 6

Catatan : BM = Bina Marga

Perhitungan panjang Ls minimum  
(e minimum = 10 %)

D (o)	Kecepatan rencana = 90 km/jam								
	R (m)	e	Modifikasi Shortt			m = 216	m = 152	Ls AASHTO	Ls Bina Marga (luar kota)
			C = 1	C = 2	C = 3	B=3.75 AASHTO	B=3.75 BM		
0.25	5730	0.009	0.63	0.32	0.21	7.15	16.43	50	75
0.50	2865	0.017	1.35	0.68	0.45	14.01	21.26	50	75
0.75	1910	0.025	2.17	1.08	0.72	20.56	25.87	50	75
1.00	1432	0.033	3.07	1.54	1.02	26.81	30.27	50	75
1.25	1146	0.040	4.07	2.03	1.36	32.76	34.45	50	75
1.50	955	0.047	5.16	2.58	1.72	38.41	38.43	50	75
1.75	819	0.054	6.33	3.17	2.11	43.76	42.19	50	75
2.00	716	0.060	7.60	3.80	2.53	48.81	45.75	50	75
2.50	573	0.072	10.42	5.21	3.47	58.00	52.22	60	75
3.00	477	0.081	13.61	6.80	4.54	65.95	57.81	70	75
3.50	409	0.089	17.29	8.64	5.76	72.28	62.26	80	75
4.00	358	0.095	21.48	10.74	7.16	76.93	65.54	80	75
4.50	318	0.099	26.18	13.09	8.73	79.89	67.62	80	75
5.00	286	0.100	31.39	15.69	10.46	81.17	68.52	90	75

Tabel AH - 7

Catatan : BM = Bina Marga

Perhitungan panjang Ls minimum  
(e minimum = 10 %)

D (o)	Kecepatan rencana = 100 km/jam perjalanan 2 detik = 56 m						
	R (m)	e	Modifikasi Shortt			m = 236 B=3.75 AASHTO	Ls AASHTO m
			C = 1	C = 2	C = 3		
0.25	5730	0.011	0.88	0.44	0.29	9.62	60
0.50	2865	0.021	1.90	0.95	0.63	18.77	60
0.75	1910	0.031	3.06	1.53	1.02	27.46	60
1.00	1432	0.040	4.37	2.18	1.46	35.67	60
1.25	1146	0.049	5.82	2.91	1.94	43.43	60
1.50	955	0.057	7.41	3.71	2.47	50.71	60
1.75	819	0.065	9.15	4.58	3.05	57.53	60
2.00	716	0.072	11.03	5.52	3.68	63.89	70
2.50	573	0.085	15.29	7.64	5.10	75.00	80
3.00	477	0.094	20.53	10.27	6.84	82.91	90
3.50	409	0.099	26.81	13.41	8.94	87.43	90

Tabel AH - 8

Perhitungan panjang Ls minimum  
(e minimum = 10 %)

D (o)	Kecepatan rencana = 120 km/jam perjalanan 2 detik = 67 m						
	R (m)	e	Modifikasi Shortt			m = 280 B=3.75 AASHTO	Ls AASHTO m
			C = 1	C = 2	C = 3		
0.25	5730	0.016	1.54	0.77	0.51	16.36	70
0.50	2865	0.030	3.37	1.68	1.12	31.77	70
0.75	1910	0.044	5.49	2.75	1.83	46.24	70
1.00	1432	0.057	7.92	3.96	2.64	59.76	70
1.25	1146	0.069	10.63	5.32	3.54	72.34	80
1.50	955	0.080	13.64	6.82	4.55	83.97	90
1.75	819	0.090	17.16	8.58	5.72	93.98	100
2.00	716	0.096	21.67	10.83	7.22	100.80	110

Tabel AH -9

Perhitungan panjang Ls minimum  
(e minimum = 8 %)

D (o)	Kecepatan rencana = 50 km/jam								
	R (m)	e	Modifikasi Shortt			m = 150 B=3.75 AASTHO	m = 115 B=3.75 BM	Ls AASHTO	Ls Bina Marga (luar kota)
			C = 1	C = 2	C = 3				
0.25	5730	0.003	0.10	0.05	0.03	1.55	9.81	30	45
0.50	2865	0.005	0.22	0.11	0.07	3.07	10.98	30	45
0.75	1910	0.008	0.34	0.17	0.11	4.55	12.12	30	45
1.00	1432	0.011	0.46	0.23	0.15	6.01	13.23	30	45
1.25	1146	0.013	0.60	0.30	0.20	7.43	14.32	30	45
1.50	955	0.016	0.74	0.37	0.25	8.82	15.39	30	45
1.75	819	0.018	0.89	0.45	0.30	10.18	16.43	30	45
2.00	716	0.020	1.05	0.53	0.35	11.50	17.44	30	45
2.50	573	0.025	1.39	0.70	0.46	14.06	19.40	30	45
3.00	477	0.029	1.76	0.88	0.59	16.49	21.27	30	45
3.50	409	0.033	2.16	1.08	0.72	18.79	23.03	30	45
4.00	358	0.037	2.60	1.30	0.87	20.96	24.70	30	45
4.50	318	0.041	3.06	1.53	1.02	23.01	26.27	30	45
5.00	286	0.044	3.56	1.78	1.19	24.93	27.74	30	45
6.00	239	0.050	4.64	2.32	1.55	28.38	30.39	30	45
7.00	205	0.056	5.85	2.92	1.95	31.33	32.64	50	45
8.00	179	0.060	7.17	3.59	2.39	33.76	34.51	40	45
9.00	159	0.064	8.52	4.26	2.84	36.12	36.31	40	45
10.00	143	0.068	9.96	4.98	3.32	38.13	37.86	40	45
11.00	130	0.071	11.45	5.72	3.82	39.90	39.22	40	45
12.00	119	0.074	13.00	6.50	4.33	41.42	40.38	40	45
13.00	110	0.076	14.61	7.31	4.87	42.69	41.35	40	45
14.00	102	0.078	16.28	8.14	5.43	43.71	42.14	40	45
15.00	95	0.079	18.02	9.01	6.01	44.48	42.73	50	45
16.00	90	0.080	19.81	9.90	6.60	45.05	43.13	50	45
17.00	84	0.080	21.66	10.83	7.22	45.27	43.34	50	45

Tabel AH - 10

Catatan : BM = Bina Marga

Perhitungan panjang Ls minimum  
(e minimum = 8 %)

D (o)	Kecepatan rencana = 60 km/jam								
	R (m)	e	Modifikasi Shortt			m = 165 B=3.75 AASTHO	m = 130 B=3.75 BM	Ls AASHTO	Ls Bina Marga (luar kota)
			C = 1	C = 2	C = 3				
0.25	5730	0.004	0.18	0.09	0.06	2.44	11.68	40	50
0.50	2865	0.008	0.39	0.19	0.13	4.82	13.54	40	50
0.75	1910	0.011	0.61	0.30	0.20	7.12	15.36	40	50
1.00	1432	0.015	0.85	0.42	0.28	9.34	17.11	40	50
1.25	1146	0.019	1.11	0.55	0.37	11.50	18.81	40	50
1.50	955	0.022	1.38	0.69	0.46	13.58	20.45	40	50
1.75	819	0.025	1.68	0.84	0.56	15.60	22.04	40	50
2.00	716	0.028	2.00	1.00	0.67	17.54	23.57	40	50
2.50	573	0.034	2.69	1.34	0.90	21.20	26.46	40	50
3.00	477	0.040	3.45	1.73	1.15	24.58	29.12	40	50
3.50	409	0.045	4.29	2.15	1.43	27.67	31.55	40	50
4.00	358	0.049	5.21	2.61	1.74	30.48	33.76	40	50
4.50	318	0.053	6.20	3.10	2.07	32.99	35.75	40	50
5.00	286	0.057	7.27	3.64	2.42	35.22	37.50	40	50
6.00	239	0.063	9.64	4.82	3.21	38.82	40.34	40	50
7.00	205	0.068	12.03	6.02	4.01	42.32	43.09	50	50
8.00	179	0.073	14.66	7.33	4.89	44.92	45.14	50	50
9.00	159	0.076	17.46	8.73	5.82	46.90	46.70	50	50
10.00	143	0.078	20.42	10.21	6.81	48.25	47.76	50	50
11.00	130	0.079	23.54	11.77	7.85	48.97	48.33	50	50
12.00	119	0.079	26.84	13.42	8.95	49.06	48.40	50	50

Tabel AH - 11

Catatan : BM = Bina Marga

Perhitungan panjang Ls minimum  
(e minimum = 8 %)

D (o)	Kecepatan rencana = 70 km/jam								
	R (m)	e	Modifikasi Shortt			m = 180 B=3.75 AASHTO	m = 125 B=3.75 BM	Ls AASHTO	Ls Bina Marga (luar kota)
			C = 1	C = 2	C = 3				
			perjalanan 2 detik = 39 m; perjalanan 3 detik = 58 m.						
0.25	5730	0.005	0.30	0.15	0.10	3.61	11.88	40	60
0.50	2865	0.010	0.63	0.32	0.21	7.08	14.29	40	60
0.75	1910	0.015	1.01	0.50	0.34	10.41	16.60	40	60
1.00	1432	0.020	1.42	0.71	0.47	13.60	18.82	40	60
1.25	1146	0.025	1.88	0.94	0.63	16.64	20.93	40	60
1.50	955	0.029	2.37	1.19	0.79	19.55	22.95	40	60
1.75	819	0.033	2.91	1.45	0.97	22.31	24.87	40	60
2.00	716	0.037	3.48	1.74	1.16	24.94	26.69	40	60
2.50	573	0.044	4.75	2.38	1.58	29.76	30.04	40	60
3.00	477	0.050	6.18	3.09	2.06	34.02	33.00	40	60
3.50	409	0.056	7.77	3.89	2.59	37.71	35.56	40	60
4.00	358	0.061	9.52	4.76	3.17	40.84	37.74	50	60
4.50	318	0.064	11.43	5.72	3.81	43.40	39.52	50	60
5.00	286	0.068	13.27	6.63	4.42	46.22	41.47	50	60
6.00	239	0.074	17.41	8.71	5.80	50.21	44.24	50	60
7.00	205	0.078	21.93	10.96	7.31	52.85	46.08	50	60
8.00	179	0.080	26.83	13.41	8.94	54.16	46.99	50	60
9.00	159	0.080	32.11	16.05	10.70	54.12	46.96	50	60

Tabel AH - 12

Catatan : BM = Bina Marga

Perhitungan panjang Ls minimum  
(e minimum = 8 %)

D (o)	Kecepatan rencana = 80 km/jam								
	R (m)	e	Modifikasi Shortt			m = 200 B=3.75 AASHTO	m = 150 B=3.75 BM	Ls AASHTO	Ls Bina Marga (luar kota)
			C = 1	C = 2	C = 3				
			perjalanan 2 detik = 44 m; perjalanan 3 detik = 67 m.						
0.25	5730	0.007	0.45	0.22	0.15	5.21	15.16	50	70
0.50	2865	0.014	0.98	0.49	0.33	10.16	18.87	50	70
0.75	1910	0.020	1.58	0.79	0.53	14.85	22.39	50	70
1.00	1432	0.026	2.26	1.13	0.75	19.28	25.71	50	70
1.25	1146	0.031	3.01	1.51	1.00	23.44	28.83	50	70
1.50	955	0.036	3.84	1.92	1.28	27.34	31.76	50	70
1.75	819	0.041	4.75	2.37	1.58	30.98	37.79	50	70
2.00	716	0.046	5.73	2.87	1.91	34.36	37.02	50	70
2.50	573	0.054	7.93	3.96	2.64	40.33	41.49	50	70
3.00	477	0.060	10.43	5.22	3.48	45.25	45.18	50	70
3.50	409	0.065	13.24	6.62	4.41	49.12	48.09	50	70
4.00	358	0.071	16.05	8.03	5.35	52.95	50.96	60	70
4.50	318	0.074	19.17	9.59	6.39	55.74	53.06	60	70
5.00	286	0.077	22.49	11.25	7.50	57.84	54.63	60	70
6.00	239	0.080	29.74	14.87	9.91	59.95	56.21	60	70

Tabel AH - 13

Catatan : BM = Bina Marga

Perhitungan panjang Ls minimum  
(e minimum = 8 %)

D (o)	Kecepatan rencana = 90 km/jam								
	perjalanan 2 detik = 50 m; perjalanan 3 detik = 75 m.								
	R (m)	e	Modifikasi Shortt			m = 216 B=3.75 AASHTO	m = 152 B=3.75 BM	Ls AASHTO	Ls Bina Marga (luar kota)
			C = 1	C = 2	C = 3				
0.25	5730	0.009	0.65	0.33	0.22	7.09	16.39	50	75
0.50	2865	0.017	1.43	0.72	0.48	13.75	21.07	50	75
0.75	1910	0.025	2.35	1.17	0.78	19.97	25.45	50	75
1.00	1432	0.032	3.39	1.69	1.13	25.77	29.53	50	75
1.25	1146	0.038	4.56	2.28	1.52	31.13	33.31	50	75
1.50	955	0.045	5.87	2.93	1.96	36.07	36.78	50	75
1.75	819	0.050	7.30	3.65	2.43	40.57	39.95	50	75
2.00	716	0.055	8.86	4.43	2.95	44.65	42.82	50	75
2.50	573	0.064	12.39	6.19	4.13	51.50	47.64	50	75
3.00	477	0.070	16.31	8.16	5.44	57.02	51.52	60	75
3.50	409	0.075	20.69	10.34	6.90	61.06	54.37	60	75
4.00	358	0.079	25.49	12.74	8.50	63.69	56.22	60	75
4.50	318	0.080	30.72	15.36	10.24	64.91	57.08	60	75
5.00	286	0.080	36.37	18.19	12.12	64.71	56.94	60	75

Tabel AH - 14

Catatan : BM = Bina Marga

Perhitungan panjang Ls minimum  
(e minimum = 8 %)

D (o)	Kecepatan rencana = 100 km/jam							
	perjalanan 2 detik = 56 m							
	R (m)	e	Modifikasi Shortt			m = 236 B=3.75 AASHTO	Ls AASHTO m	
			C = 1	C = 2	C = 3			
0.25	5730	0.011	0.91	0.45	0.30	9.51	60	
0.50	2865	0.021	2.03	1.01	0.68	18.35	60	
0.75	1910	0.030	3.35	1.68	1.12	26.51	60	
1.00	1432	0.038	4.89	2.44	1.63	33.99	60	
1.25	1146	0.046	6.63	3.31	2.21	40.80	60	
1.50	955	0.053	8.58	4.29	2.86	46.92	60	
1.75	819	0.059	10.74	5.37	3.58	52.37	60	
2.00	716	0.065	13.11	6.55	4.37	57.15	60	
2.50	573	0.073	18.52	9.28	6.17	64.52	70	
3.00	477	0.078	24.80	12.40	8.27	69.04	70	
3.50	409	0.080	31.97	15.99	10.66	70.70	80	

Tabel AH - 15

Perhitungan panjang Ls minimum  
(e minimum = 8 %)

D (o)	Kecepatan rencana = 120 km/jam						
	perjalanan 2 detik = 67 m						
	R (m)	e	Modifikasi Shortt			m = 280 B=3.75 AASTHO	Ls AASHTO m
C = 1			C = 2	C = 3			
0.25	5730	0.015	1.61	0.80	0.54	16.12	70
0.50	2865	0.029	3.66	1.83	1.22	30.84	70
0.75	1910	0.042	6.15	3.08	2.05	44.13	70
1.00	1432	0.053	9.08	4.54	3.03	56.02	70
1.25	1146	0.063	12.45	6.23	4.15	66.49	70
1.50	955	0.072	16.27	8.13	5.42	75.55	80
1.75	819	0.077	21.34	10.67	7.11	80.56	90
2.00	716	0.080	27.05	13.53	9.02	83.52	90

Tabel AH - 16

V km/jam	S m	R lajur tepi dalam, m	D (o)	0 radial	cos 0	jarak halangan m (m)		
30	30	286,48	5	0,0523	0,9986	0,39		
		143,24	10	0,1047	0,9945	0,78		
		Dmaks = 95,49	15	0,1570	0,9877	1,17		
		55,01	20	0,2093	0,9782	1,56		
		57,30	25	0,2617	0,9660	1,95		
		R lajur 47,75	30	0,3140	0,9511	2,33		
		tepi dalam 40,93	35	0,3664	0,9336	2,72		
		minimum = 35,81	40	0,4187	0,9136	3,09		
		26-1.75 = 31,83	45	0,4710	0,8911	3,47		
		24.25m 28,65	50	0,5234	0,8661	3,83		
		26,04	55	0,5757	0,8388	4,20		
24,25	59,07	0,6183	0,8149	4,49				
40	45	286,48	5	0,0785	0,9969	0,88		
		143,24	10	0,1570	0,9877	1,76		
		Dmaks = 95,49	15	0,2355	0,9724	2,64		
		30,48	20	0,3140	0,9511	3,50		
		57,30	25	0,3925	0,9239	4,36		
		R lajur 47,75	30	0,4710	0,8911	5,20		
		tepi dalam 46,99	30,48	0,4786	0,8877	5,28		
		minimum = 45,24	31,66	0,4971	0,8790	5,48		
		46.99-1.75 = 45,24						
		50	60	286,48	5	0,1047	0,9945	1,57
		143,24	10	0,2093	0,9782	3,13		
Dmaks = 95,49	15	0,3140	0,9511	4,67				
18,85	75,99	18,85	0,3946	0,9231	5,84			
R lajur 74,25	19,29	0,4039	0,9195	5,97				
tepi dalam 71,62	20	0,4187	0,9136	6,19				
minimum = 74,25								

Perhitungan besarnya m untuk kecepatan rencana dan radius lajur tepi dalam tertentu, e maks = 0,10

Tabel AH - 17

V km/jam	S m	R lajur tepi dalam, m	D (o)	0 radial	cos 0	jarak halangan m (m)
60  Dmaks = 12,79  R lajur = 110,25	75	286,48	5	0,1308	0,9915	2,45
		143,24	10	0,2617	0,9660	4,88
		111,99	12,79	0,3347	0,9445	6,21
		110,25	12,99	0,3400	0,9428	6,31
		95,49	15	0,3925	0,9239	7,26
		71,62	20	0,5234	0,8661	9,59
70  Dmaks = 9,12	105	286,48	5	0,1832	0,9833	4,79
		157,06	9,12	0,3341	0,9447	8,69
		155,25	9,23	0,3380	0,9434	8,78
		143,24	10	0,3664	0,9336	9,51
		95,49	15	0,5495	0,8528	14,06
80  Dmaks = 6,82	130	286,48	5	0,2268	0,9744	7,34
		210,03	6,82	0,3093	0,9525	9,97
		208,25	6,88	0,3120	0,9517	10,05
		143,24	10	0,4536	0,8989	14,48
		95,49	15	0,6804	0,7773	21,26
100  Dmaks = 3,91	200	286,48	5	0,3489	0,9397	17,26
		143,24	10	0,6978	0,7662	33,48
		95,49	15	1,0467	0,5004	47,71
		366,34	3,91	0,2729	0,9630	13,55
		364,59	3,93	0,2742	0,9627	13,62

Perhitungan besarnya m untuk kecepatan rencana dan radius lajur tepi dalam tertentu,  $e_{maks} = 0,10$

Tabel AH - 18