

BAB IV

PERANCANGAN GEOMETRIK

4.1. Umum

Dalam perancangan jalan raya, bentuk geometrik harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga jalan yang dirancang dapat memberikan pelayanan yang optima kepada lalu-lintas sesuai dengan fungsinya. Jadi perancangan geometrik ini dimaksudkan untuk mencapai perancangan jalan yang aman, nyaman dan efisien.

Perancangan Geometrik pada Simpang Grogol meliputi perancangan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal untuk jalan layang (jalan tol) dan jalan arteri.

Perancangan alinyemen horizontal meliputi :

- a. Perancangan alinyemen jalan layang dan jalan arteri ke arah Cawang
- b. Perancangan alinyemen jalan arteri ke arah Pluit

Perancangan alinyemen vertikal meliputi :

- a. Perancangan alinyemen vertikal jalan layang
- b. Perancangan alinyemen vertikal jalan arteri ke arah Pluit
- c. Perancangan alinyemen vertikal jalan arteri ke arah Halim

Perancangan alinyemen vertikal jalan layang dilakukan dengan memperhatikan faktor keamanan dan kenyamanan sebagai jalan tol dengan kecepatan yang cukup tinggi, sehingga kelandaiannya diusahakan tidak terlalu besar tetapi dapat memberikan ruang yang cukup bagi persimpangan dibawahnya.

Sedangkan perancangan alinyemen vertikal jalan arteri disesuaikan dengan alinyemen vertikal jalan arteri yang ada sekarang.

4.2 Standar Perancangan

Secara keseluruhan perancangan geometrik ini didasarkan pada ketentuan-ketentuan dan metoda-metoda perhitungan yang disebut Kriteria Perancangan. Dalam menentukan kriteria-kriteria perancangan tersebut digunakan standar perancangan yang berlaku di Indonesia dan standar perancangan yang digunakan secara internasional.

Standar perancangan yang dipergunakan adalah :

1. Spesifikasi Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Bina Marga, 1988
2. Manual Kapasitas Jalan Indonesia, MKJI, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 1997
3. A Policy on Geometrik Design of Highways and Streets, AASHTO 1994

4.3 Kriteria Perancangan

Kriteria perancangan dari geometrik jalan layang dan jalan arteri terdiri dari beberapa faktor yang akan diuraikan dibawah ini.

4.3.1 Kecepatan Rencana dan Kendaraan Rencana

Kecepatan rencana diartikan sebagai kecepatan yang ditentukan untuk perancangan sehubungan dengan bentuk fisik jalan yang mempengaruhi operasi kendaraan. Kecepatan rencana ini harus sesuai dengan kondisi lapangan dan tipe jalannya.

Tabel 4.1 Kecepatan Rencana untuk "Urban Highways"

Tipe Jalan	Design Speed	
	Downtown Areas	Suburban Areas
Arterial	30 – 50 mph	40 – 60 mph
Freeway	50 – 70 mph	60 – 70 mph

Catatan : 1 mph = 1.6 km/jam

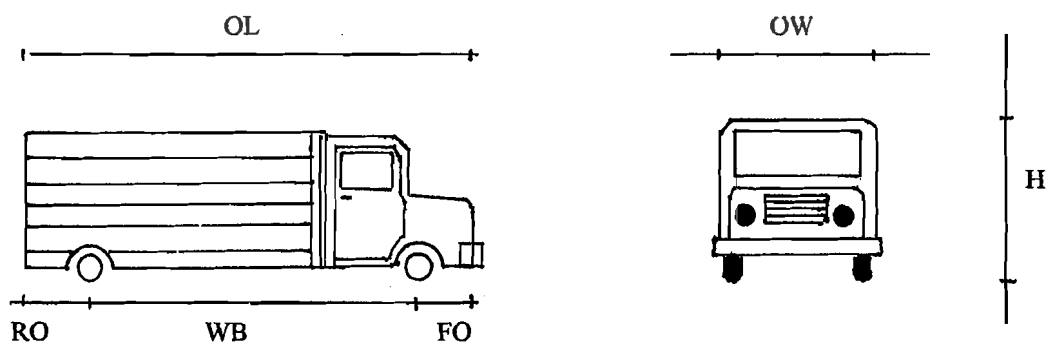
Untuk perancangan geometrik pada Simpang Grogol ditetapkan kecepatan rencana pada :

Jalan Layang : 80 km / jam

Jalan Arteri : 60 km / jam

4.3.2 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana diartikan sebagai kendaraan yang dipakai sebagai dasar perancangan geometrik jalan, khususnya dalam perancangan tikungan, dimana dimensi dan sifat operasinya dapat mewakili kendaraan-kendaraan lain yang beroperasi di jalan tersebut. Dalam perancangan geometrik jalan layang dan jalan arteri pada Simpang Grogol ini digunakan single unit truk. Gambar "single unit truck" ini dapat dilihat pada gambar 4.1 dan dimensi kendaraan rencana dapat dilihat pada tabel 4.2.



Gambar 4.1 Single Unit Truk

Tabel 4.2 Dimensi Kendaraan Rencana (cm)

Kendaraan Rencana	WB	FO	RO	OL	OW	H
Single unit truck	610	122	183	914	259	411

Ket : WB = Wheel Base

OL = Overall Length

FO = Front Overhang

OW = Overall Width

RO = Rear Overhang

H = Height

4.3.3 Penampang Melintang

4.3.3.1 Lebar Lajur

Lajur adalah bagian dari perkerasan jalan yang digunakan untuk satu arah perjalanan kendaraan. Lebar lajur pada proyek ini untuk jalan layang diambil 3,50 m dan untuk jalan arteri diambil 3,00 m.

4.3.3.2 Lebar Bahu

Bahu jalan adalah bagian diantara tepi luar dari lajur terluar dan halangan (saluran, kerb, trotoar, median, dan sebagainya). Untuk Indonesia bahu luar adalah bahu sebelah kiri jalan sedang bahu dalam adalah bahu sebelah kanan jalan, yang berbatasan dengan median. Pada proyek ini diambil lebar bahu dalam untuk jalan layang 0,50 m dan untuk jalan arteri 0,25 m, sedangkan lebar bahu luar untuk jalan layang diambil 1,5 m dan untuk jalan arteri 0,25 m.

4.3.3.3 Lebar Median

Median adalah bagian jalan yang memisahkan arus lalu-lintas pada arah yang berlawanan. Median berfungsi untuk :

1. Mencegah kecelakaan yang disebabkan kendaraan yang tidak terkontrol menyerong kearah yang berlawanan

2. Mengamankan kendaraan dari gangguan lalu-lintas dari arah yang berlawanan
3. Memberi batas agar kendaraan tidak berputar ke arah yang berlawanan
4. Memberi tempat untuk jalur hijau di dalam kota
5. Memberi tempat untuk peralatan pengatur lalu-lintas dan fasilitas lainnya

4.3.3.4 Ruang Bebas

Ruang bebas adalah ruang yang harus disediakan dimana halangan tidak ada sama sekali. Ruang bebas dibagi atas :

a. Ruang bebas horizontal minimum :

1. Tol : dari bahu dalam sejauh 0,25 m , sedangkan bagian luar adalah batas bahu luar, untuk jembatan sejauh 0,25 m dari batas bahu luar
2. Arteri : dari bahu dalam dan luar sejauh 0,25 m

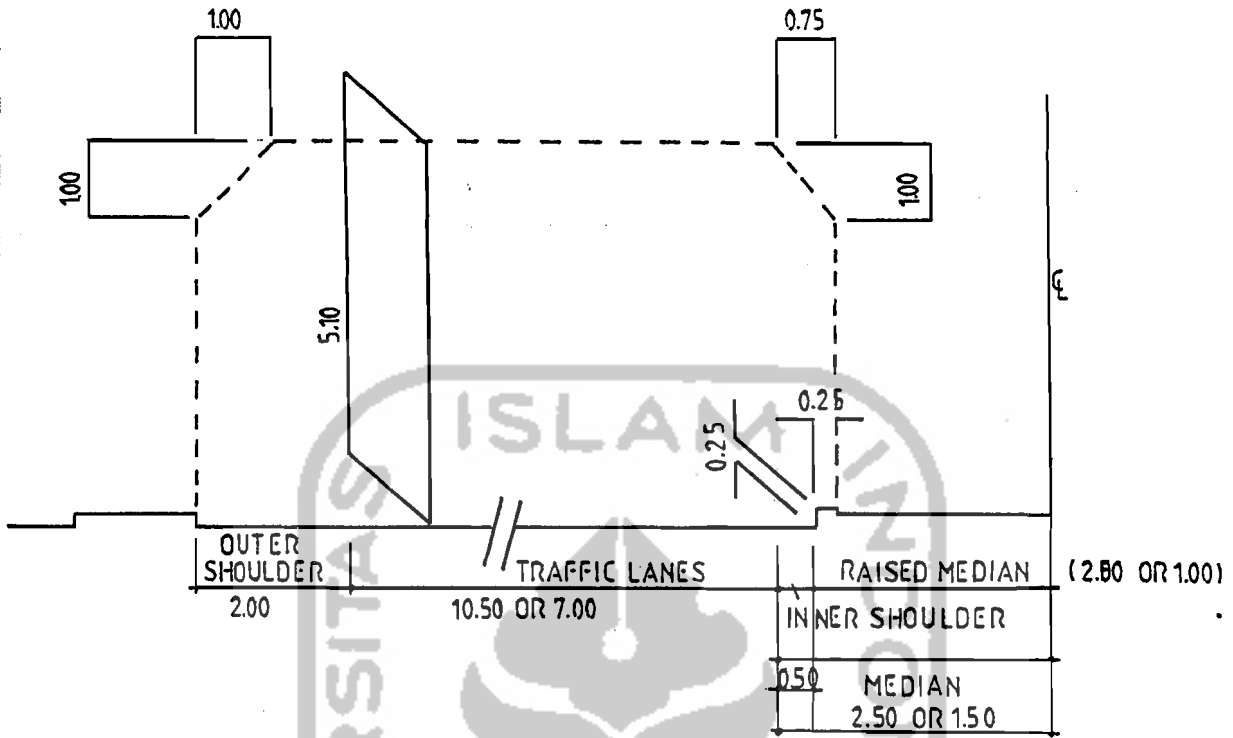
b. Ruang bebas vertikal minimum :

1. Tol : 5,10 m
2. Arteri : 5,10 m

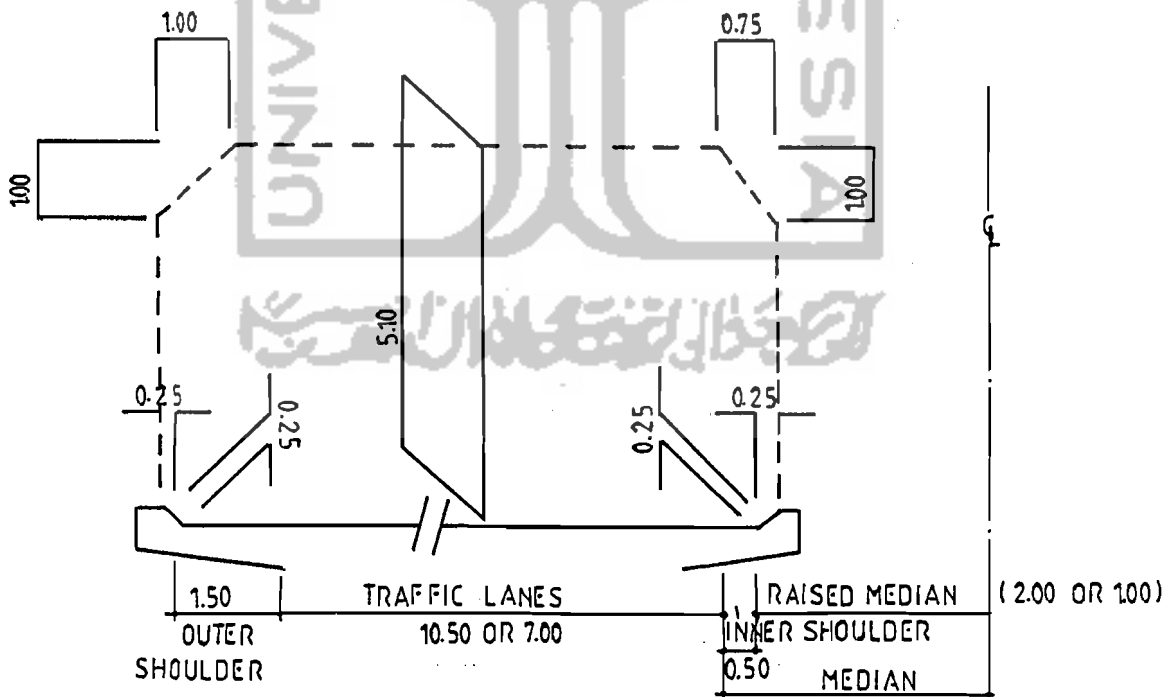
4.3.3.5 Daerah Penguasaan Jalan (DPJ)

D.P.J ini diperlukan untuk pengamanan dan keperluan pelebaran dimasa mendatang. Lebar D.P.J yang diperlukan untuk Tol 4 lajur adalah 60 meter, sedang untuk jalan Arteri adalah sebesar 30 meter sesuai dengan standar Bina Marga untuk jalan kelas II b.

TOLWAY- AT-GRADE SECTION AND SHORT BRIDGE SECTION

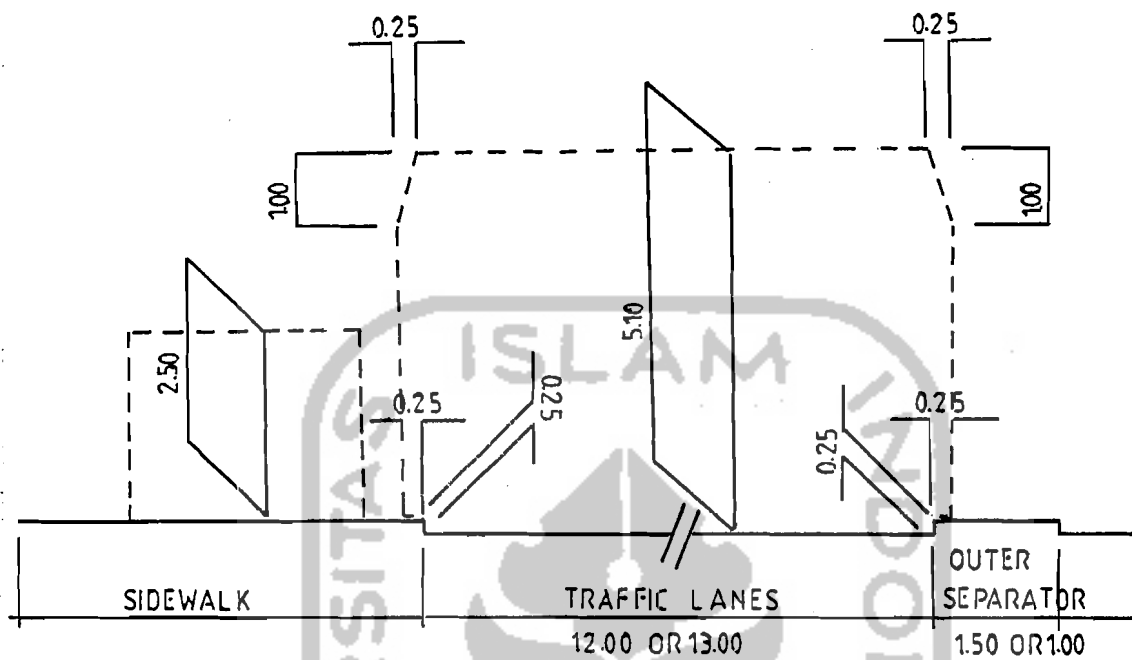


TOLLWAY- LONG BRIDGE SECTION (LONGER THAN 50^m)

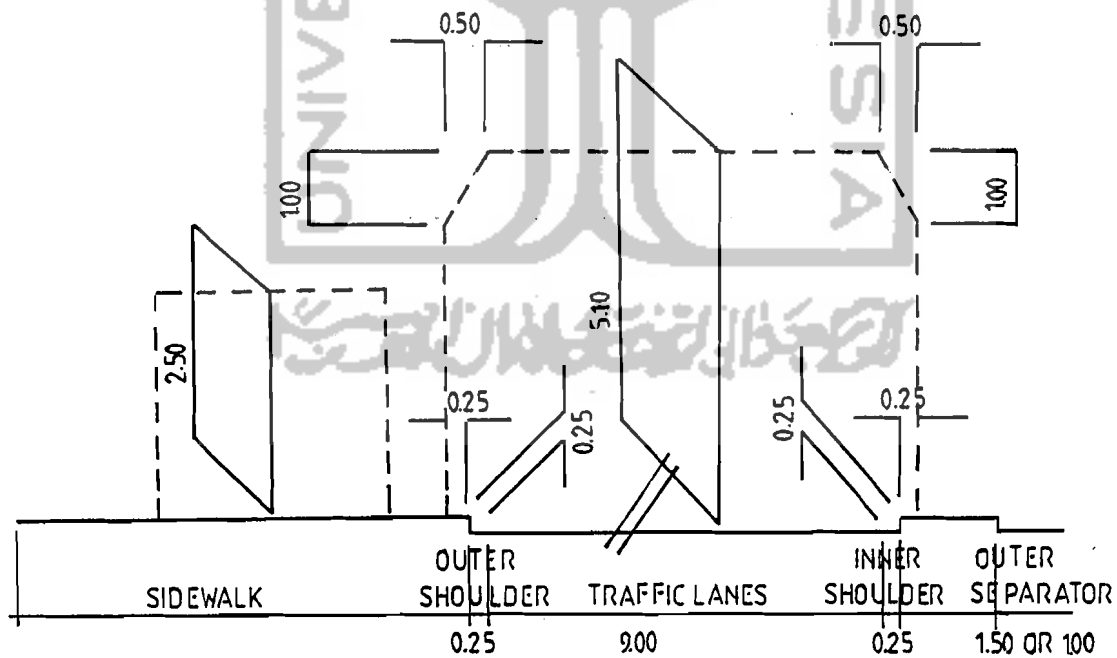


Gambar 4.2 Ruang kebebasan Horizontal and Vertikal

ARTERIAL STREET WITHOUT SHOULDER AND SIDEWALK



ARTERIAL STREET WITH SHOULDER AND SIDEWALK



Gambar 4.3 Ruang bebas Horizontal and Vertical

Dimensi dari lebar lajur, bahu, median dan ruang bebas untuk jalan layang dan arteri dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Daftar lebar dari lajur, bahu dan median serta ruang bebas

Tipe jalan	jalur	Bahu dalam	Bahu luar	Median
Bebas hambatan	3,50 m	0,50 m	2,00 m	2,00 m
Layang	3,50 m	0,50 m	1,50 m	2,00 m
Arteri	3,00 m	0,25 m	0,25 m	-

4.3.4 Jarak Pandangan

Jarak Pandangan adalah panjang bagian jalan didepan pengemudi yang masih dapat dilihat dengan jelas secara tidak terputus (kontinu). Untuk dapat mencapai keamanan yang cukup, suatu jalan harus direncanakan dapat menyediakan jarak pandangan yang cukup panjang sehingga memungkinkan pengemudi mengatur kecepatan kendaraannya untuk dapat menghindari timbulnya bahaya.

4.3.4.1 Jarak Pandangan Henti

Jarak Pandangan Henti adalah jarak yang diperlukan oleh pengemudi untuk menghentikan kendaraan yang sedang berjalan setelah melihat adanya rintangan pada lajur yang dijalani. Untuk mengukur jarak pandangan henti diasumsikan, ketinggian mata pengemudi 1,25 meter dan ketinggian penghalang adalah 0,10 meter. Berdasarkan standar Bina Marga yang memberikan hubungan antara kecepatan rencana dengan jarak pandangan henti diperoleh dari tabel 4.4.

a. Jalan tol : $J_{ph} = 115$ m

b. Jalan arteri : $J_{ph} = 77$ m

Tabel 4.4 Hubungan antara kecepatan rencana dengan jarak pandangan henti

Kecepatan Rencana (km/jam)	Jarak pandangan henti (m)
120	225
100	165
80	115
60	75
50	55
40	40
30	40

4.3.4.2 Jarak Pandangan Menyiap

Jarak Pandangan Menyiap adalah (untuk jalan dua jalur), yaitu jarak pandangan yang diperlukan pengemudi untuk menyiap kendaraan didepannya dengan mempergunakan jalur lalu-lintas lawan. Diasumsikan ketinggian mata pengemudi dan ketinggian penghalang adalah sama, yaitu 1,25 m.

Untuk perancangan proyek ini, jarak pandangan menyiap tidak diperlukan karena pada perancangan jalan Tol Cawang – Grogol lalu-lintas dari arah berlawanan dipisahkan oleh median.

4.3.5 Alinyemen Horizontal

Alinyemen Horizontal adalah proyeksi sumbu jalan tegak lurus bidang gambar. Alinyemen Horizontal berupa garis lurus serta garis lengkung. Pada perancangan alinyemen horizontal perlu diketahui beberapa faktor yang mempengaruhinya, yaitu superelevasi, landai relatif, lengkung horizontal, jarak pandangan pada tikungan, pelebaran pada tikungan dan elemen-elemen lengkung horizontal.

4.3.5.1 Superelevasi

Superelevasi adalah kemiringan perkerasan jalan dalam arah melintang pada tikungan, yang berfungsi menahan gaya sentrifugal yang timbul di tikungan.

Superelevasi maximum ditentukan berdasarkan faktor-faktor iklim, topografi dan daerah. Dalam perancangan, superelevasi maximum ditentukan sebagai berikut :

- Jalan bebas hambatan $e_{\max} = 10 \%$

- Jalan arteri $e_{\max} = 10 \%$

Untuk perancangan lengkung horizontal, harga superelevasi pada kecepatan rencana tertentu, dapat ditentukan dari jari-jari kelengkungan (R) atau derajat kelengkungan (D) seperti yang diperlihatkan pada tabel (lampiran 2).

4.3.5.2 Landai Relatif

Landai Relatif adalah perbedaan antara kelandaian memaijang antara tepi luar perkerasan dengan profil sumbu jalan. Landai relatif ini dipergunakan untuk memperhitungkan lengkung peralihan minimum. Besarnya landai relatif ditentukan berdasarkan standar Bina Marga yang ditunjukkan oleh hubungan antara kecepatan rencana dengan landai relatif seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hubungan antara kecepatan rencana dengan landai relatif

Kec.Rencana (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30
Landai Relatif	1/280	1/240	1/200	1/160	1/140	1/120	1/100

Dalam perancangan simpang Grogol ini diambil harga landai relatif maksimum antara tepi perkerasan sebagai berikut :

- a. Jalan bebas hambatan dengan kecepatan 80 km / jam : 1 / 200
- b. Jalan Arteri dengan kecepatan 60 km / jam : 1 / 160

4.3.5.3 Lengkung Horizontal

Lengkung Horizontal adalah lengkung pada alinyemen horizontal yang disediakan untuk perubahan arah dari garis as jalan. Ketika kendaraan memasuki daerah lengkung maka akan ada gaya sentrifugal dengan arah mendatar ke luar yang melalui titik berat kendaraan. Untuk mengimbangi gaya sentrifugal tersebut akan ada gaya sentripetal yang arahnya berlawanan.

Hubungan antara jari-jari lengkung, kecepatan, superelevasi dan gesekan adalah sebagai berikut :

$$R = \frac{V^2}{127(e + f)} \dots\dots\dots(4.1)$$

Dengan : R = jari-jari kelengkungan (m)

V = kecepatan rencana (km / jam)

e = superelevasi (m / m)

f = koefisien gesekan

Jari-jari minimum ditentukan berdasarkan kondisi superelevasi maximum yaitu (e_{max}) dan koefisien gesekan melintang maximum (f_{max}) dengan kecepatan rencana tertentu. Dalam perancangan ini besar jari-jari minimum ditentukan sebagai berikut :

Tol $R_{min} = 210$ m

Arteri $R_{min} = 120$ m

AASHTO 1994 menyarankan harga f seperti pada tabel 4.7 sebagai berikut :

Tabel 4.6 Nilai f dari AASHTO 1994

V rencana	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
F maksimum	0,17	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11	0,09

4.3.5.4 Kebebasan Samping Pada Tikungan

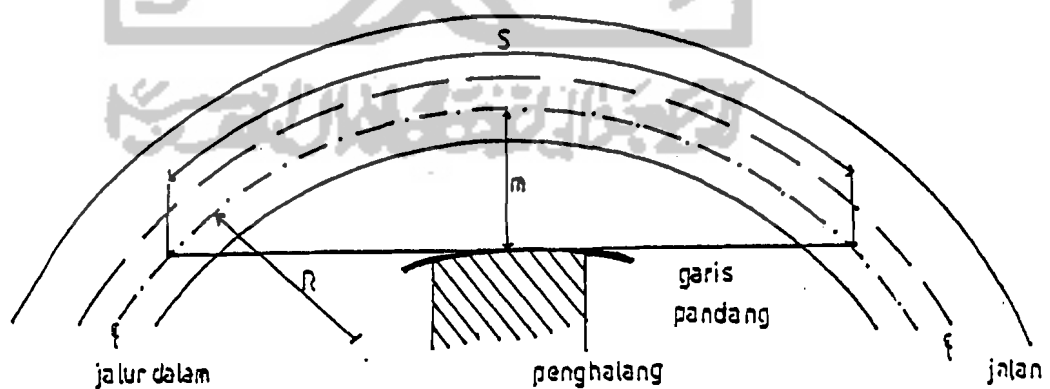
Kebebasan Samping pada tikungan adalah jarak antara sumbu lajur jalan sebelah dalam sampai penghalang yang tingginya 70 cm dari atas permukaan perkerasan untuk jarak pandangan henti. Kebebasan Samping untuk jalan tol dan jalan arteri ditentukan dengan rumus :

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

Dimana : m = kebebasan samping pada tikungan (m)

R = jari-jari tikungan dari sumbu lajur terdalam (m)

S = jarak pandangan henti (m)



Gambar 4.4 Kebebasan Samping pada Tikungan

4.3.5.5 Pelebaran Perkerasan Pada Tikungan

Pelebaran perkerasan pada tikungan diperlukan karena pada waktu membelok kendaraan tidak dapat tepat mengikuti lajur yang disediakan sehingga ada bagian kendaraan yang memerlukan lebar lajur yang lebih besar.

Besarnya lebar perkerasan pada tikungan ditentukan dengan rumus :

$$B = n(b' + c) + (n - 1) Td + z \dots\dots\dots (4.3)$$

Dengan : B = pelebaran perkerasan (m)

n = jumlah lajur lalu-lintas

b' = lebar lintasan kendaraan truk pada tikungan (m)

c = kebebasan samping = 0.80 m

z = lebar tambahan akibat kelainan dalam mengemudi (m)

Td = lebar melintang akibat tonjolan depan (m)

Harga-harga b' , Td dan z diperoleh dengan rumus-rumus sebagai berikut :

$$b' = 2,59 + R - \sqrt{(R^2 - L^2)} \dots\dots\dots (4.3 a)$$

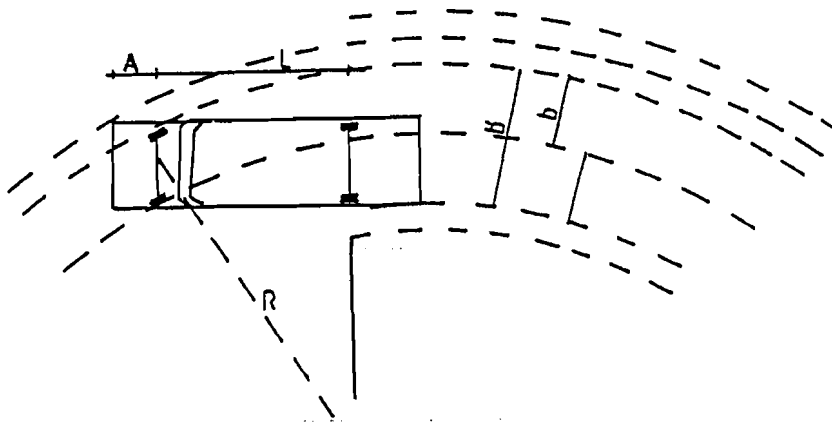
$$Td = \sqrt{(R^2 + A(2L + A))} - R \dots\dots\dots (4.3 b)$$

$$z = V / \sqrt{R} \dots\dots\dots (4.3 c)$$

Dengan : R = jari-jari tikungan

A = front overhang SU

L = wheel base SU



Gambar 4.5 Pelebaran Perkerasan pada Tikungan

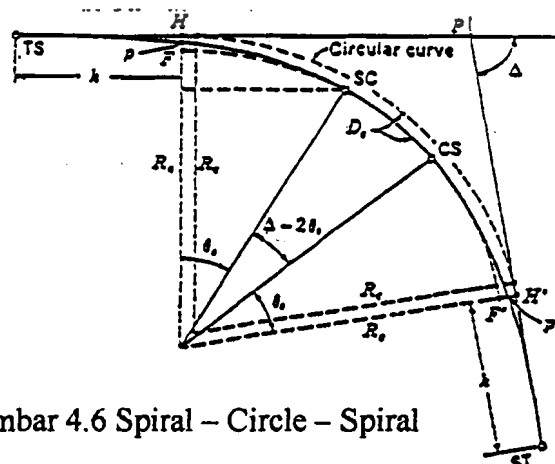
4.3.5.6 Elemen-elemen Lengkung Horizontal

Elemen-elemen horizontal diperhitungkan untuk tiap-tiap titik perpotongan (“point of intersection”). Lengkung horizontal terdiri dari beberapa macam lengkung yang diantaranya :

- a. Full Circle
- b. Spiral-Circle-Spiral
- c. Spiral-Spiral

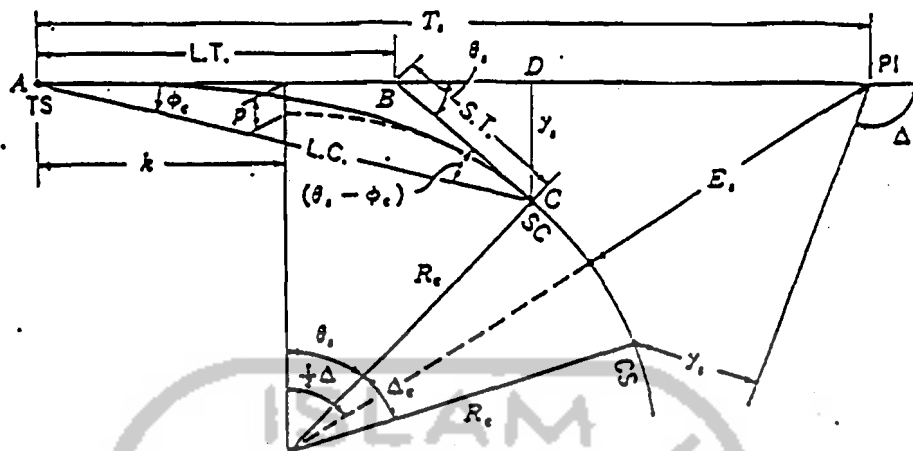
Lengkung horizontal yang digunakan adalah lengkung “Spiral-Circle-Spiral”, karena jari-jari lengkung yang memenuhi tempat dan kondisi di lapangan lebih kecil dari jari-jari minimum untuk bentuk “Full Circle”.

Lengkung “Spiral-Circle-Spiral” pada dasarnya terdiri dari elemen-elemen tersebut dijelaskan pada gambar 4.6 di bawah ini :



Gambar 4.6 Spiral – Circle – Spiral

a. Elemen-elemen Spiral (gambar 4.7)



Gambar 4.7 Elemen – elemen spiral

$$\theta_s = \frac{L_s}{2 R_c} \cdot \frac{360}{2 \Pi} ; \theta_s (^\circ) \dots \dots \dots (4.4 a)$$

L_s (m)

R_c (m)

$$X_s = \frac{L_s}{100} (100 - 0,30461 \theta_s^2 \cdot 10^{-2} + 0,42959 \theta_s^4 \cdot 10^{-7} - 0,30198 \theta_s^6 \cdot 10^{-12} + 0,13572 \theta_s^8 \cdot 10^{-17}) \dots \dots \dots (4.4 b)$$

$$Y_s = \frac{L_s}{100} (0,58177 \theta_s - 0,12658 \theta_s^3 \cdot 10^{-4} + 0,12269 \theta_s^5 \cdot 10^{-9} - 0,65255 \theta_s^7 \cdot 10^{-15}) \dots \dots \dots (4.4 c)$$

$$p = Y_s - R_c (1 - \cos \theta_s) \dots \dots \dots (4.4 d)$$

$$k = Y_s - R_c (\sin \theta_s) \dots \dots \dots (4.4 e)$$

$$T_s = (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots \dots \dots (4.4 f)$$

$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c \dots\dots\dots (4.4 g)$$

b. Elemen – elemen Circle :

$$\Delta_c = \Delta - 2 \theta_s \dots\dots\dots (4.4 h)$$

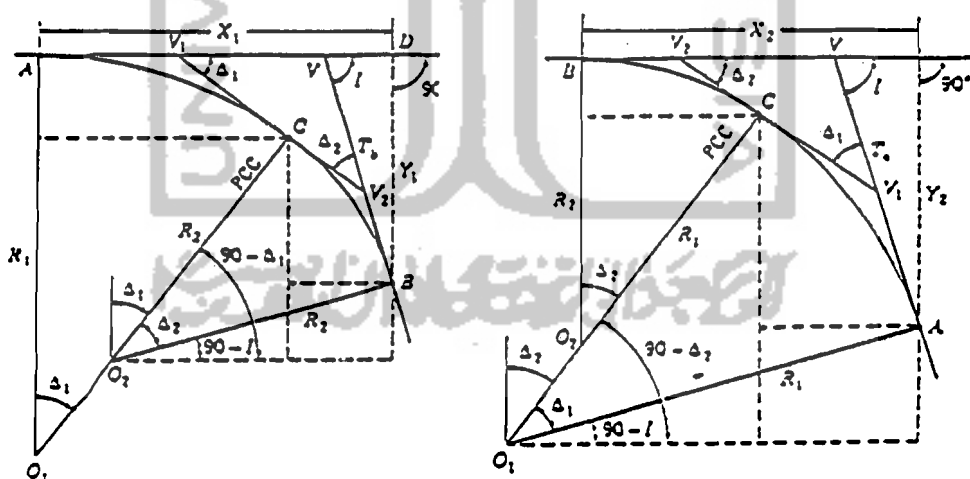
$$c = \frac{\Delta_c}{360} \cdot 2 \Pi \cdot R_c \dots\dots\dots (4.4 i)$$

c. Konstanta Spiral :

$$A = \sqrt{(R_c \cdot L_s)} \dots\dots\dots (4.4 j)$$

Selain bentuk tersebut di atas, pada perencanaan geometrik jalan arteri digunakan bentuk lengkung gabungan 2 – circle (“Two centered compound curve”), sebagai berikut (gambar 4.8).

1. elemen-elemen lengkung gabungan 2 circle :



Gambar 4.8 Gabungan Dua Circle

$$X_1 = R_2 \cdot \sin I + (R_1 - R_2) \cdot \sin \Delta_1 \dots\dots\dots (4.5 a)$$

$$Y_1 = R_1 - R_2 \cdot \cos I - (R_1 - R_2) \cdot \cos \Delta_1 \dots\dots\dots (4.5 b)$$

$$T_b = Y_1 / \sin I$$

$$= \frac{R_1 - R_2 \cdot \cos I - (R_1 - R_2) \cdot \cos \Delta_1}{\sin I} \quad \dots (4.5 c)$$

$$X_2 = R_1 \cdot \sin I - (R_1 - R_2) \cdot \sin \Delta_2 \quad \dots (4.5 d)$$

$$Y_2 = R_2 - R_1 \cdot \cos I + (R_1 - R_2) \cdot \cos \Delta_2 \quad \dots (4.5 e)$$

$$T_a = Y_2 / \sin I$$

$$= \frac{R_1 - R_2 \cdot \cos I - (R_1 - R_2) \cdot \cos \Delta_1}{\sin I} \quad \dots (4.5 f)$$

dari (c) diperoleh :

$$\text{vers } \Delta_1 = \frac{T_b \cdot \sin I - R_2 \cdot \text{vers } I}{R_1 - R_2} \quad \dots (4.5 g)$$

dari (f) diperoleh :

$$\text{vers } \Delta_2 = \frac{R_1 \cdot \text{vers } I - T_a \cdot \text{vers } I}{R_1 - R_2} \quad \dots (4.5 h)$$

dari (a) didapat :

$$\sin \Delta_1 = \frac{X_1 - R_2 \cdot \sin I}{R_1 - R_2} = \frac{T_a + T_b \cdot \cos I - R_2 \cdot \sin I}{R_1 - R_2} \quad \dots (4.5 i)$$

dari (d) didapat :

$$\sin \Delta_2 = \frac{R_1 \cdot \sin I - X_2}{R_1 - R_2} = \frac{R_1 \cdot \sin I - T_a \cdot \cos I - T_b}{R_1 - R_2} \dots\dots\dots(4.5 j)$$

dari pembagian (g) dengan (i) dan mengingat bahwa $\text{vers } \Delta_1 / \sin \Delta_1 =$

$\tan \frac{1}{2} \Delta_1$, diperoleh :

$$\tan \frac{1}{2} \Delta_1 = \frac{T_b \cdot \sin I - R_2 \cdot \text{vers } I}{T_a + T_b \cdot \cos I - R_2 \cdot \sin I} \dots\dots\dots(4.5 k)$$

demikian juga dari (h) dan (j), diperoleh :

$$\tan \frac{1}{2} \Delta_2 = \frac{R_1 \cdot \text{vers } I - T_a \cdot \sin I}{R_1 \cdot \sin I - T_a \cdot \cos I - T_b} \dots\dots\dots(4.5 l)$$

dari (b) kita dapatkan :

$$R_1 = R_2 + \frac{Y_1 - R_2 \cdot \text{vers } I}{\text{Vers } \Delta_1} = R_2 + \frac{T_b \cdot \sin I - R_2 \cdot \text{vers } I}{\text{Vers } \Delta_1} \dots\dots\dots(4.5 m)$$

Demikian pula dari (d), kita dapatkan :

$$R_2 = R_1 - \frac{R_1 \cdot \text{Vers } I - T_a \cdot \sin I}{\text{Vers } \Delta_2} \dots\dots\dots(4.5 n)$$

4.3.6 Alinyemen Vertikal

Alinyemen Vertikal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang vertikal. Pada perancangan perlu diperhatikan beberapa hal, seperti kelandaian, panjang landai kritis dan lengkung vertikal.

4.3.6.1 Kelandaian

Kelandaian ini perlu diperhatikan, terutama pada landai positif (naik), agar kendaraan dapat berjalan sesuai kecepatan yang direncanakan. Dalam perencanaan alinyemen vertikal, kelandaian dibatasi dengan kelandaian maksimum yang besarnya ditentukan :

- Freeway : Landai maksimum = 5 % ($V_r = 80$ km / jam)
- Arteri : Landai maksimum = 8 % ($V_r = 60$ km / jam)

Besarnya kelandaian ini ditentukan berdasarkan persyaratan AASHTO 1994, yang ditunjukkan oleh hubungan antara kecepatan rencana dan keadaan topografi.

Tabel 4.7 Hubungan antara Kecepatan Rencana dengan kelandaian

Jenis Topografi	Kecepatan Rencana (mph)					
	30	40	50	60	65	70
	Kelandaian (%)					
	Freeway					
Flat	-	5	4	3	3	3
Rolling	-	6	5	4	4	4
Hilly	-	8	7	6	6	5
	Arteri					
Flat	8	7	6	5	-	-
Rolling	9	8	7	6	-	-
Hilly	11	10	9	8	-	-

Agar kecepatan dan kelancaran kendaraan tidak terganggu karena kelandaian, maka perlu diberikan jarak batas untuk setiap kelandaian tertentu dan disebut dengan “ Panjang Landai Kritis “, yaitu panjang maksimum kelandaian yang masih diperkenankan tanpa mengakibatkan terganggunya arus lalu-lintas dengan berkurangnya kecepatan kendaraan berat sampai 25 km / jam (menurut Bina Marga). Panjang kritis, sesuai Bina Marga adalah sesuai tabel 4.8 dibawah.

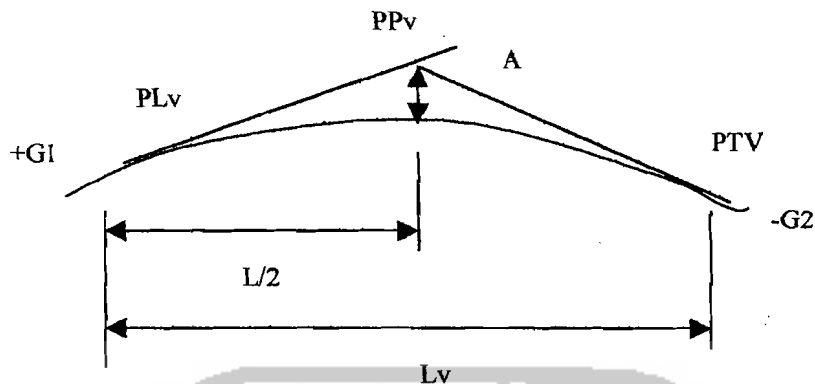
Tabel 4.8 Hubungan antara Landai Kritis dengan Panjang Kritis

Landai (%)	3	4	5	6	7	8	10	12
Panjang Kritis (m)	480	330	250	200	170	150	135	120

Selain itu, ada juga pembatasan landai minimum dengan maksud untuk keperluan drainasi yang besarnya 0,5 %.

4.3.6.2 Lengkung Vertikal

Pada setiap pergantian landai vertikal harus dibuat suatu lengkung vertikal dengan tujuan untuk merubah kelandaian secara bertahap. Lengkung vertikal tersebut harus memenuhi keamanan, kenyamanan, drainase yang baik dan enak dipandang mata.



Gambar 4.9 Lengkung vertikal

Bentuk lengkung vertikal yang mungkin terjadi adalah lengkung parabola cekung dan lengkung parabola cembung. A yang bertanda (+) berarti lengkung vertikal cekung dan (-) lengkung vertikal cembung.

Lengkung parabola tersebut mempunyai data-data sebagai berikut :

- a. g_1 dan g_2 = kelandaian (%), dimana yang bertanda (+) berarti pendakian dan yang bertanda (-) penurunan
- b. A = perbedaan kelandaian, $g_1 - g_2$ (%)
- c. PPV = titik perpotongan antara kedua kelandaian
- d. PLV = titik awal lengkung vertikal
- e. PTV = titik akhir lengkung vertikal
- f. L = panjang lengkung vertikal (m), yaitu jarak horizontal antara PLV dan PTV
- g. EV = pergeseran vertikal dari PPV
- h. $EV = A \times L_v / 800$(4.6)

Penentuan panjang lengkung vertikal minimum didasarkan pada jarak pandang henti dan drainasi jalan dengan standar Bina Marga, seperti terlihat pada gambar 4.8 dan 4.9.

4.3.7 Garis dasar(“Base Line”)

Dalam perancangan perlu ditetapkan garis dasar yang digunakan untuk dasar penetapan kelengkungan, stasioning dan sebagai titik acuan penetapan kemiringan melintang dari permukaan jalan.

4.3.8 Potongan Melintang

a. “Pavement Crossfall”, bahan permukaan aspal beton.

1. Tol = 2 %

2. Arteri = 2 %

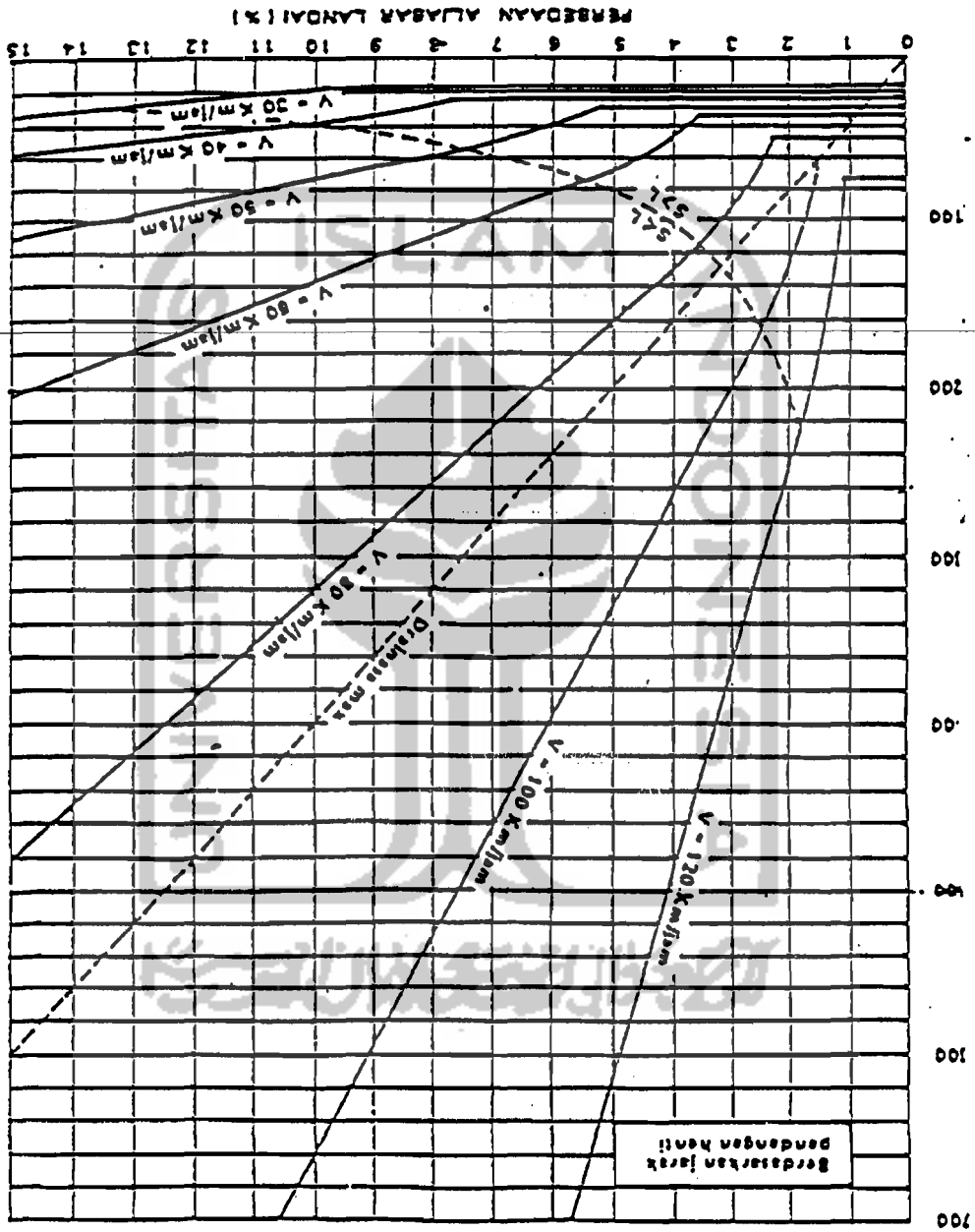
b. Kemiringan Bahu

1. Tol = 4 %, bahan permukaan : seal coat

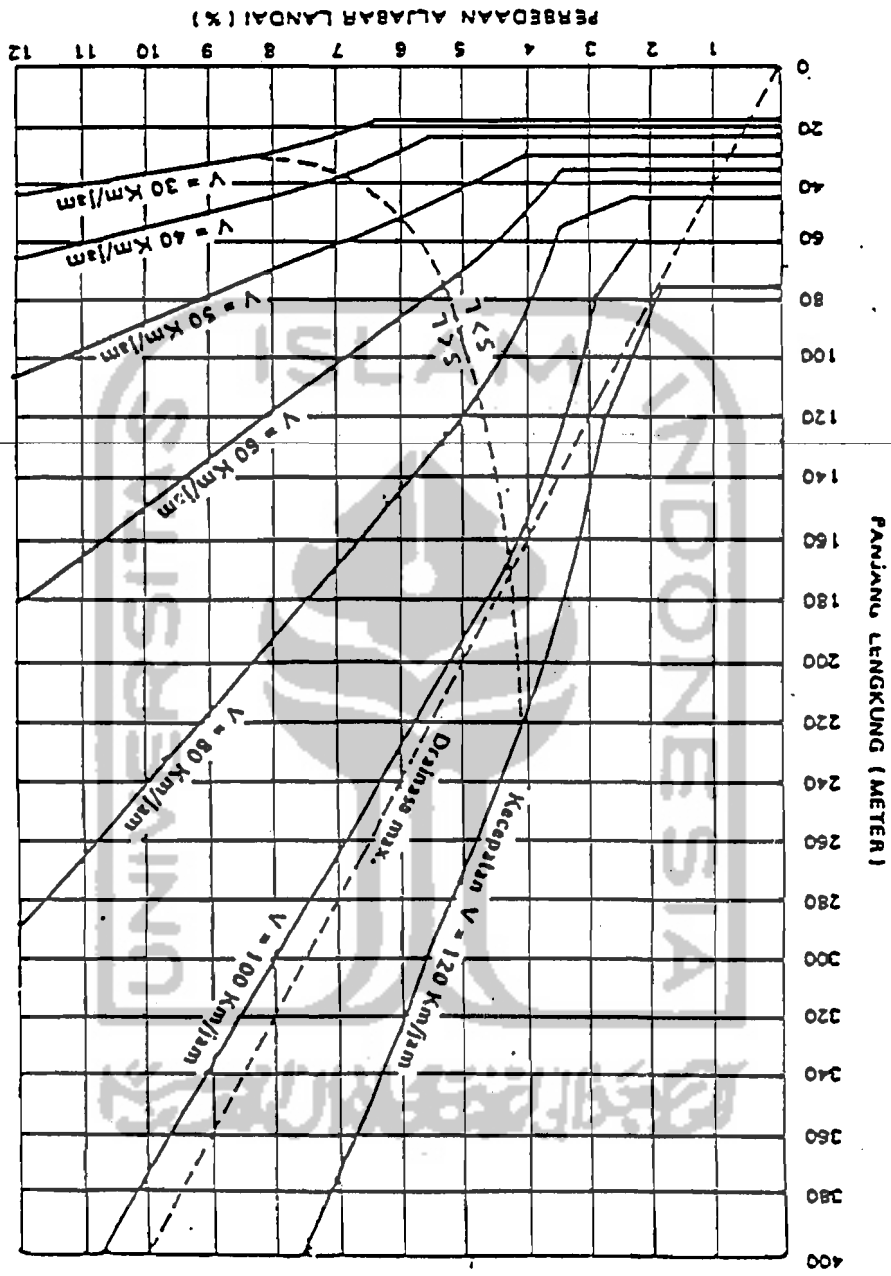
2. Arteri = 2 %, bahan permukaan : laston

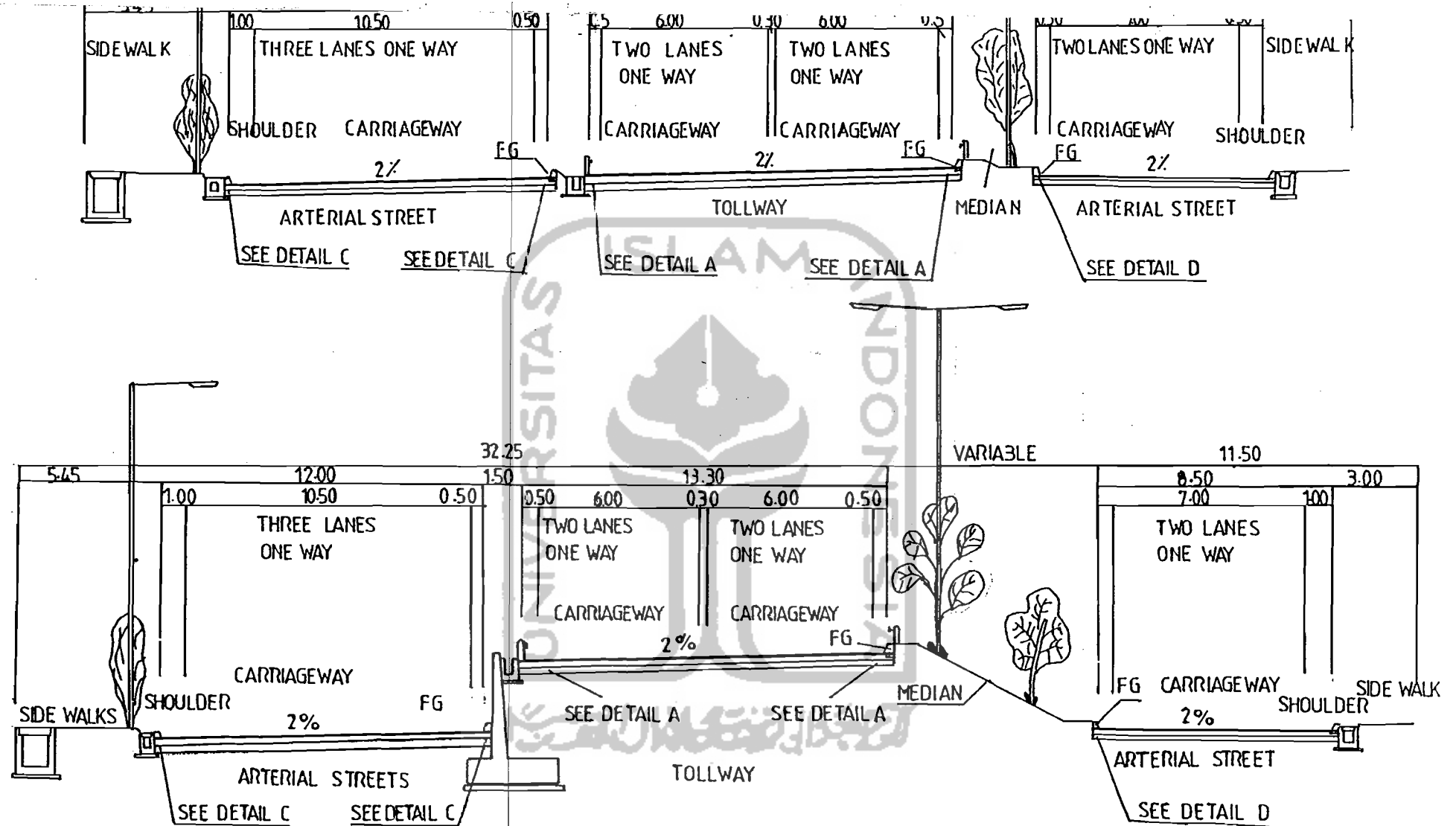
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Gambar 4.10 Panjang Lengkung Vertikal Cembung



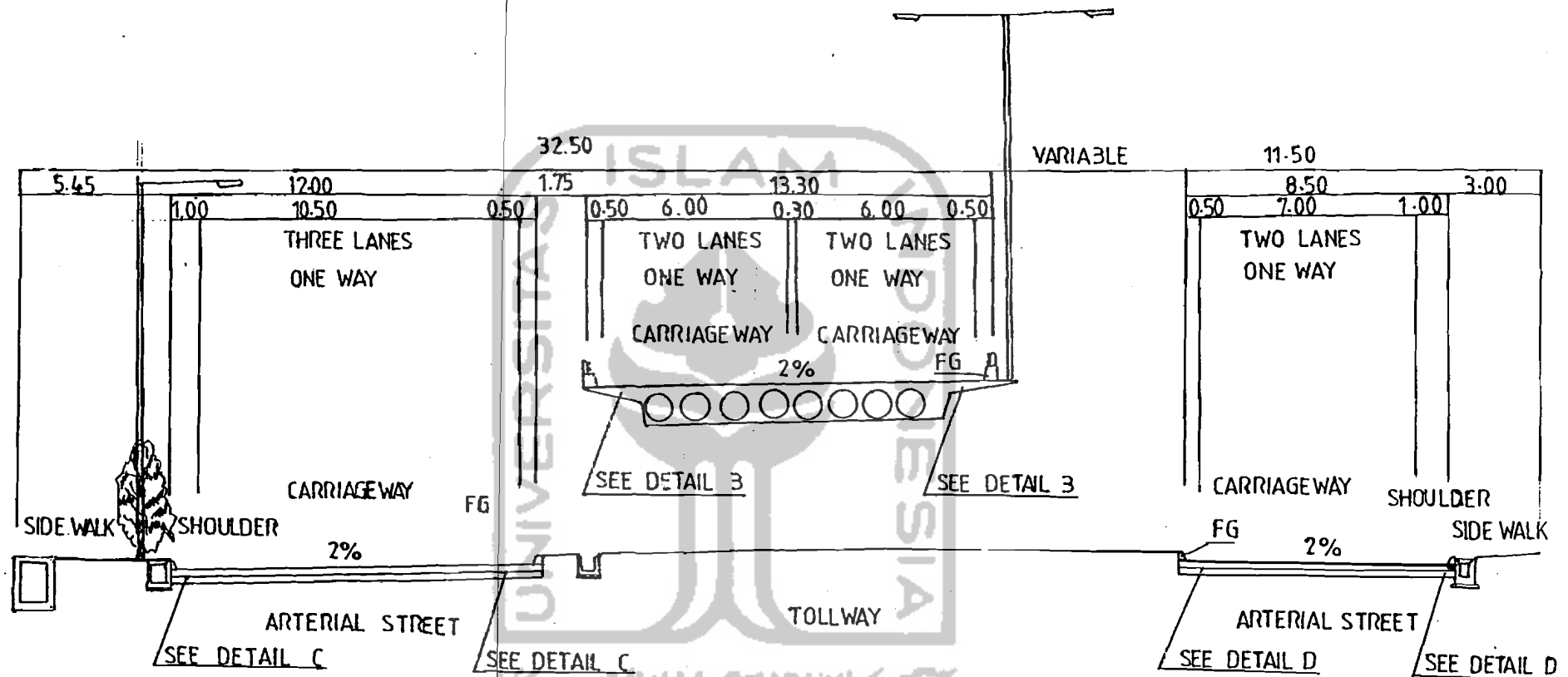
Gambar 4.11 Panjang Lengkung Vertikal Cekung





Gambar 4.10 Potongan Dinding Penahan Tanah

Skala 1 : 100



Gambar 4.11 Potongan Jembatan

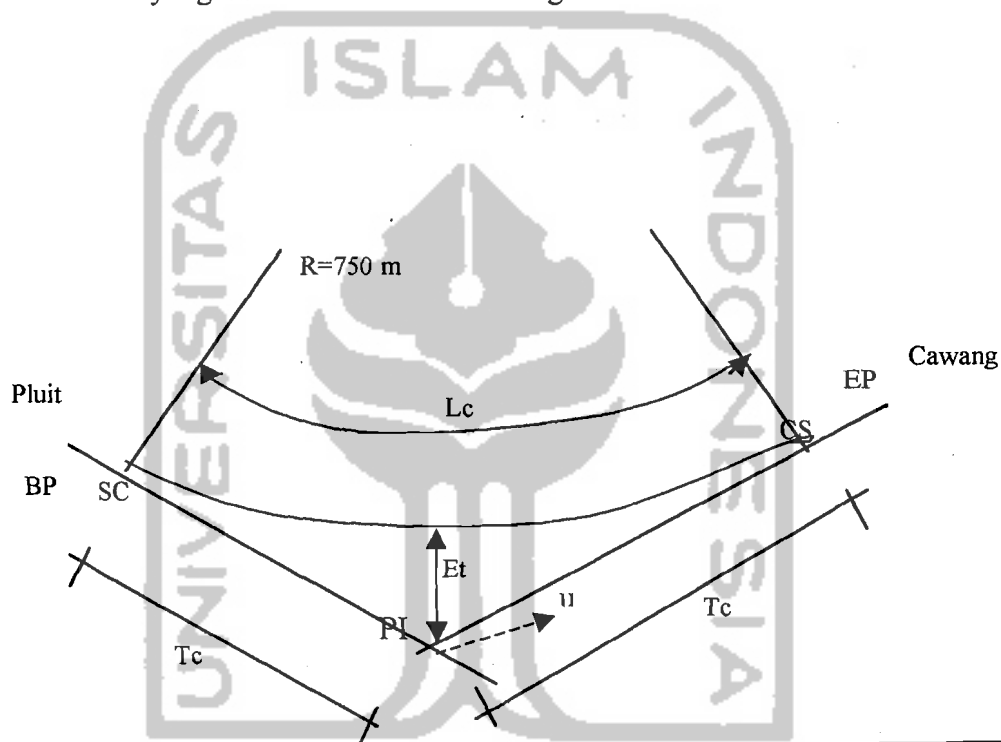
Skala 1 : 100

4.3.9 Hitungan

4.3.9.1 Alinyemen Horizontal

Dalam evaluasi ini alinyemen horizontal yang akan ditinjau adalah lengkung pada jalan layang dan arteri ke arah Cawang dan lengkung pada jalan arteri ke arah Halim.

1. Jalan layang dan arteri ke arah Cawang



Kordinat :

$$PI = (3245,6001 ; -2495,1000)$$

$$BP = (4089,6367 ; -2128,4659)$$

$$EP = (2784,2215 ; -1991,2159)$$

Jalan layang arah Cawang

Dirancang Full Circle

$$R_{\text{rencana}} = 750 \text{ m}$$

$$V_{\text{rencana}} = 80 \text{ km / jam}$$

$$\Delta = 71,0117^\circ$$

$$e_{\text{maks}} = 10 \%$$

$$e_n = 2 \%$$

$$f = 0,14 \text{ (AASHTO 1994)}$$

$$e + f \geq V^2 / 127 \cdot R \dots\dots\dots (4.1)$$

$$0,02 + 0,14 \geq 80^2 / 127 \cdot 750$$

$$0,16 \geq 0,06 \text{ ----- Okey}$$

$$\begin{aligned} \text{a. } L_c &= (\Delta^\circ / 360^\circ) \cdot 2\pi \cdot R \\ &= (71,0117^\circ / 360^\circ) \cdot 2\pi \cdot 750 \\ &= 1070,17 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } T_c &= R \cdot \text{tg } 0,5 \cdot \Delta^\circ \\ &= 750 \cdot \text{Tg } 0,5 \cdot 71,0117^\circ \\ &= 535,085 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. } E_c &= R / \cos 0,5 \Delta - R \\ &= 750 / \cos 0,5 \cdot 71,0117^\circ - 750 \end{aligned}$$

$$= 171,3123 \text{ m}$$

$$D = 1432,4 / R$$

$$= 1432,4 / 750$$

$$= 1^{\circ} 54' 32.4''$$

$$V_r = 80 \text{ km / jam}$$

Dari tabel Bina Marga (lampiran) diperoleh harga $e = 0,045$

Stasioning :

$$\text{a. stasiun SC} = \text{Sta BP} + d1 - Tc = 0 + 385,418$$

$$\text{b. stasiun CS} = \text{sta SC} + Lc = 0 + 1455,588$$

$$\text{c. stasiun EP} = \text{Sta CS} + d2 - Tc = 0 + 1603,5057$$

Jalan arteri arah Cawang

Dirancang Full circle

$$R_{\text{rencana}} = 750 \text{ m}$$

$$V_{\text{rencana}} = 60 \text{ km / jam}$$

$$\Delta = 71,0117^{\circ}$$

$$e_{\text{max}} = 10 \%$$

$$e_n = 2\%$$

$$f = 0,15 \text{ (AASHTO 1994)}$$

$$e + f \geq V^2 / 127 \cdot R$$

$$0,02 + 0,15 \geq 60^2 / 127 \cdot 750$$

$$0,17 \geq 0,0377 \text{ ----- okey}$$

$$a. Lc = (\Delta / 360^\circ) \cdot 2 \pi \cdot R$$

$$= (71,0117^\circ / 360^\circ) \cdot 2 \pi \cdot 750$$

$$= 1070,17 \text{ m}$$

$$b. Tc = R \cdot \text{tg } 0,5 \cdot \Delta$$

$$= 750 \cdot \text{Tg } 0,5 \cdot 71,0117^\circ$$

$$= 535,085 \text{ m}$$

$$c. Ec = R / \cos 0,5 \cdot \Delta - R$$

$$= 750 / \cos 0,5 \cdot 71,0117^\circ - 750$$

$$= 171,3123 \text{ m}$$

$$D = 1432,4 / R$$

$$= 1432,4 / 750$$

= 1° 54' 32,4"

$V_r = 60 \text{ km / jam}$

Dari tabel Bina Marga diperoleh $e = 0,028$

Stasioning :

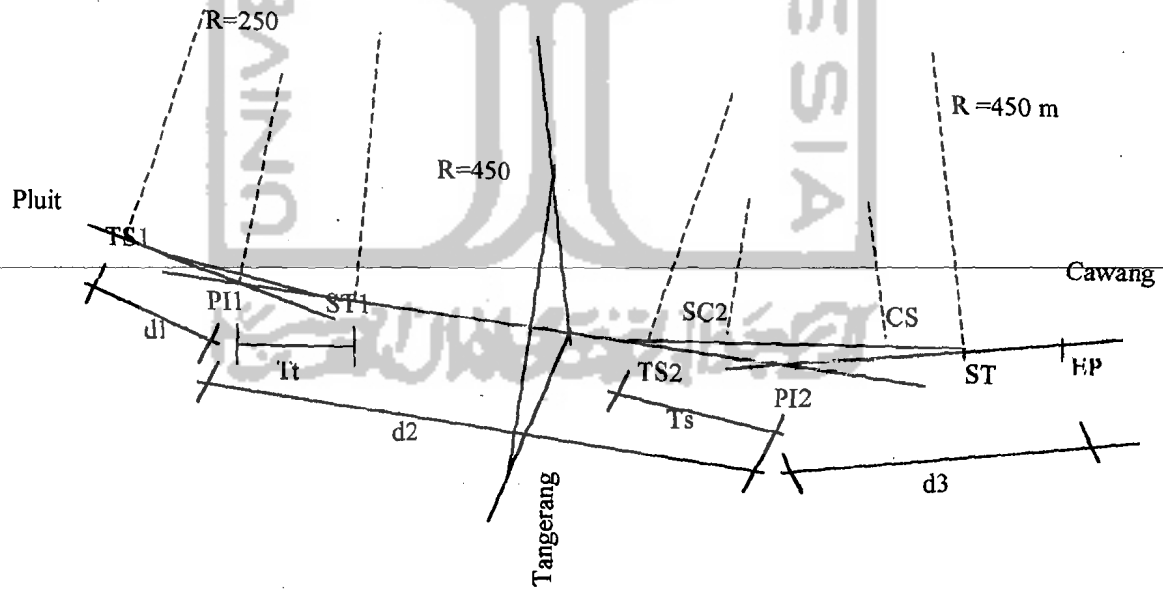
a. stasiun SC = Sta BP + d1 - Tc = 0 + 385,418

b. stasiun CS = sta SC + Lc = 0 + 1455,588

c. stasiun EP = Sta CS + d2 - Tc = 0 + 1603,5057

Jalan arteri arah pluit :

Data :



i	titik	Xi	Yi
1	BP	3778,6326	- 2274,3170
2	PI1	3747,3022	- 2287,5358
3	PI2	3476,5345	- 2360,5581
4	EP	3309,2000	- 2337,1000

1. Menghitung d & I

$$\begin{aligned}
 d_1 &= \sqrt{((X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2)} \\
 &= \sqrt{((3747,3022 - 3778,6326)^2 + (-2287,5385 + 2274,3170)^2)} \\
 &= 34,006 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_2 &= \sqrt{((X_3 - X_2)^2 + (Y_3 - Y_2)^2)} \\
 &= \sqrt{((3476,5345 - 3747,3022)^2 + (-2360,5581 + 2287,5385)^2)} \\
 &= 280,441 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_3 &= \sqrt{((X_4 - X_3)^2 + (Y_4 - Y_3)^2)} \\
 &= \sqrt{((3309,2 - 3476,5345)^2 + (-2337,1000 + 2360,5581)^2)} \\
 &= 168,971
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha_2 &= \text{arctg} \frac{3476,5345 - 3747,3022}{-2360,5581 + 2287,5385} \\
 &= 74,908^\circ
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha_1 &= \text{arctg} \frac{3747,3022 - 3778,6326}{-2287,5385 + 2274,3170}
 \end{aligned}$$

$$= 67,120^\circ$$

$$I_1 = \alpha_2 - \alpha_1 = 74,908^\circ - 67,120^\circ = 7,787^\circ$$

$$\begin{aligned}
 \alpha_3 &= \text{arctg} \frac{3309,2 - 3476,5345}{-2337,1 + 2360,5581} \\
 &= 51,881^\circ
 \end{aligned}$$

$$\alpha_2 = \arctg \frac{3476,5345 - 3747,3022}{-2360,5581 + 2287,5385}$$

$$= 74,908^\circ$$

$$I_2 = \alpha_3 - \alpha_2 = 23,089^\circ$$

Menghitung elemen lengkung dari PI_1

S - S

R = 250 m

$I_1 = 7,787^\circ$

V = 60 km/jam

e maks = 10 %

$$D = 1432,4 / R = 1432,4 / 250 = 5,7296^\circ = 5^\circ 43' 46,56''$$

Dari tabel Bina Marga

$$D = 5^\circ 00' \longrightarrow e = 0,062 ; L_s = 50$$

$$D = 6^\circ 00' \longrightarrow e = 0,071 ; L_s = 50$$

Untuk $D = 5^\circ 43' 46,56''$ dicari dengan cara interpolasi :

$$\frac{6^\circ 00' - 5^\circ 00'}{6^\circ 00' - 5^\circ 43' 46,56''} = \frac{0,071 - 0,062}{0,071 - e}$$

$$e = 0,0686$$

$$e = 0,0686$$

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta = 1/2 \cdot 7,787^\circ = 3,9^\circ = 3^\circ 48' 00''$$

$$L_c = \theta_s \cdot 2\pi R / 360 = 3,9 \cdot 2\pi \cdot 250 / 360 = 17,017 \text{ m} < 20 \text{ m} \quad \text{OK}$$

$$L_s = \theta_s \cdot R / 28,648 = 3,9.250 / 28,648 = 34,00$$

$$L_{\text{tot}} = 2 \cdot L_s = 68,00$$

Sesuai dengan tabel Joseph Barnett (lampiran)

$$\theta_s = 3^\circ 50' 00'' \longrightarrow k^* = 0,4999378$$

$$p^* = 0,0050899$$

$$\theta_s = 3^\circ 00' 00'' \longrightarrow k^* = 0,4999543$$

$$p^* = 0,0043629$$

Untuk $\theta_s = 3^\circ 48' 00''$

$$\frac{3^\circ 50' 00'' - 3^\circ 00' 00''}{3^\circ 50' 00'' - 3^\circ 48' 00''} = \frac{0,4999378 - 0,4999543}{0,4999378 - k^*}$$

$$k^* = 0,49993912$$

$$\frac{3^\circ 50' 00'' - 3^\circ 00' 00''}{3^\circ 50' 00'' - 3^\circ 48' 00''} = \frac{0,0050899 - 0,00443629}{0,0050899 - p^*}$$

$$p^* = 0,0050638$$

untuk $L_s = 34,00$

$$k = k^* \cdot L_s = 0,49993912 \cdot 34,00 = 16,998$$

$$p = p^* \cdot L_s = 0,0050638 \cdot 34,00 = 0,17$$

$$T_s = (R + p) \operatorname{tg} \frac{1}{2} \Delta + k = (250 + 0,17) \operatorname{tg} \frac{1}{2} \cdot 7,787 + 16,998$$

$$= 34,006 \text{ m} \dots \dots \dots (4.4 f)$$

$$E_s = (R + p) / \cos \frac{1}{2} \Delta - R = (250 + 0,17) / \cos \frac{1}{2} \cdot 7,787 - 250$$

$$= 0,75 \text{ m} \dots \dots \dots (4.4 g)$$

Menghitung elemen lengkung dari PI_2

S - C - S

$R = 450 \text{ m}$

$\Delta = 23,089$

$V = 60 \text{ km/jam}$

$e \text{ maks} = 10 \%$

$D = 1432,4 / R = 1432,4 / 450 = 3,1831^\circ = 3^\circ 10' 59,16''$

Dari tabel Bina Marga :

$D = 3^\circ 00' \longrightarrow e = 0,040 ; L_s = 40$

$D = 3^\circ 30' \longrightarrow e = 0,047 ; L_s = 40$

Untuk $D = 3^\circ 10' 59,16''$ dicari dengan cara interpolasi :

$$\frac{3^\circ 30' - 3^\circ 00'}{3^\circ 30' - 3^\circ 10' 59,16''} = \frac{0,047 - 0,04}{0,047 - e}$$

$e = 0,043$

periksa L_s terhadap rumus "modified short" formula

$$L_s = 0,022 \cdot V^3 / R \cdot C - 2,727 \cdot V \cdot e / C$$

$$= 0,022 \cdot 60^3 / 450 \cdot 0,4 - 2,727 \cdot 60 \cdot 0,043 / 0,4$$

$$= 8,811 \text{ m} < L_s = 40 \text{ m}$$

Dipakai $L_s = 40 \text{ m}$

$$\theta_s = 28,648 \cdot L_s / R = 28,648 \cdot 40 / 450 = 2,547^\circ = 2^\circ 32' 49,2''$$

$$\Delta' = \Delta - 2 \cdot \theta_s = 23,089 - 2 \cdot 2,547 = 17,995^\circ = 17^\circ 59' 42''$$

$$L_c = \Delta' \cdot 2\pi R / 360 = 17^\circ 59' 42'' \cdot 2\pi \cdot 450 / 360 = 141,332 \text{ m}$$

$$L_{\text{tot}} = 2.L_s + L_c = 2.40 + 141,332 = 221,332 \text{ m}$$

Tabel Joseph Barnett (lampiran)

$$\theta_s = 2^\circ 00' 00'' \longrightarrow k^* = 0,4999797$$

$$p^* = 0,0029088$$

$$\theta_s = 2^\circ 50' 00'' \longrightarrow k^* = 0,4999683$$

$$p^* = 0,0036359$$

Untuk $\theta_s = 2^\circ 33' 49,2'' = 2,547^\circ$ maka diinterpolasi :

$$\frac{2^\circ 50' 00'' - 2^\circ 00' 00''}{2^\circ 50' 00'' - 2^\circ 32' 49,2''} = \frac{0,4999683 - 0,4999797}{0,4999683 - k^*}$$

$$k^* = 0,4999650$$

$$\frac{2^\circ 50' 00'' - 2^\circ 00' 00''}{2^\circ 50' 00'' - 2^\circ 32' 49,2''} = \frac{0,0036359 - 0,0029088}{0,0036359 - p^*}$$

$$p^* = 0,003856$$

Jika $L_s = 40$ maka :

$$k = k^* . L_s = 0,4999650 . 40 = 19,9986$$

$$p = p^* . L_s = 0,003856 . 40 = 0,15424$$

$$T_t = (R + p) \operatorname{tg} \frac{1}{2} \Delta + k \dots \dots \dots (4.4 f)$$

$$= (450 + 0,15424) \operatorname{tg} \frac{1}{2} 17,995 + 19,9986$$

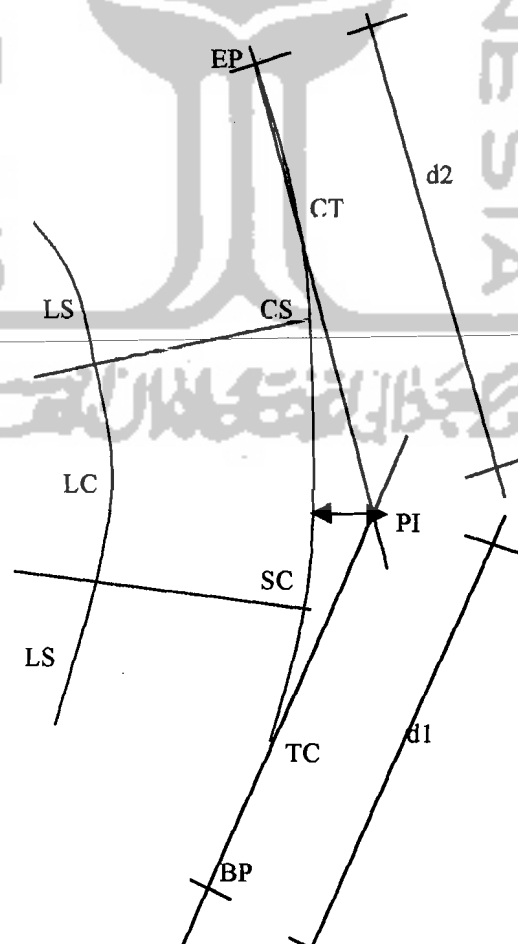
$$= 91,273 \text{ m}$$

$$E_t = (R + p) / \cos \frac{1}{2} \Delta - R \dots \dots \dots (4.4 g)$$

$$= (450 + 0,15424) / \cos \frac{1}{2} 17,995 - 450 = 5,744 \text{ m}$$

Penentuan stasiun-stasiun lengkung

- a. $\text{Sta BP} = \text{Sta TS1} = 0 + 34,006$
- b. $\text{Sta ST1} = \text{Sta TS1} + L_s = 34,006 + 34 = 0 + 68,006$
- c. $\text{Sta TS2} = \text{Sta ST1} + d_2 - T_s - T_t = 68,006 + 280,441 + 34,006 - 91,275$
 $= 0 + 223,166$
- d. $\text{Sta SC} = \text{Sta TS2} + L_s = 223,166 + 40 = 263,166 \text{ m}$
- e. $\text{Sta CS} = \text{Sta SC} + L_c = 263,166 + 141,332 = 0 + 404,498$
- f. $\text{Sta ST2} = \text{Sta CS} + L_s = 404,498 + 40 = 0 + 444,498$
- g. $\text{Sta EP} = \text{Sta ST2} + d_3 - T_t = 444,498 + 168,970 - 91,273$
 $= 0 + 552,195$



Menghitung elemen lengkung dari jalan Daan Mogot – Jalan Kiai Tapa

$$\Delta = 15,0971^\circ$$

Elemen lengkung S – C – S

$$R = 450 \text{ m}$$

$$\Delta = 23,089$$

$$V = 60 \text{ km/jam}$$

$$e \text{ maks} = 10\%$$

$$D = 1432,4 / R = 1432,4 / 450 = 3,1831^\circ = 3^\circ 10' 59,16''$$

Dari tabel Bina Marga :

$$D = 3^\circ 00' \longrightarrow e = 0,040 ; L_s = 40$$

$$D = 3^\circ 30' \longrightarrow e = 0,047 ; L_s = 40$$

Untuk $D = 3^\circ 10' 59,16''$ dicari dengan cara interpolasi :

$$\frac{3^\circ 30' - 3^\circ 00'}{3^\circ 30' - 3^\circ 10' 59,16''} = \frac{0,047 - 0,04}{0,047 - e}$$

$$e = 0,043$$

periksa L_s terhadap rumus "modified short" formula

$$L_s = 0,022 \cdot V^3 / R \cdot C - 2,727 \cdot V \cdot e / C$$

$$= 0,022 \cdot 60^3 / 450 \cdot 0,4 - 2,727 \cdot 60 \cdot 0,043 / 0,4$$

$$= 8,811 \text{ m} < L_s = 40 \text{ m}$$

Dipakai $L_s = 40 \text{ m}$

$$\theta_s = 28,648 \cdot L_s / R = 28,648 \cdot 40 / 450 = 2,547^\circ = 2^\circ 32' 49,2''$$

$$\Delta' = \Delta - 2 \cdot \theta_s = 15,0971 - 2 \cdot 2,547 = 17,995^\circ = 10^\circ 00' 11,16'' = 10,0031^\circ$$

$$I_c = \Delta' \cdot 2\pi R / 360 = 10^\circ 00' 11,16'' \cdot 2\pi \cdot 450 / 360 = 78,564 \text{ m}$$

$$L_{\text{tot}} = 2.L_s + L_c = 2.40 + 78,564 = 158,564 \text{ m}$$

Tabel Joseph Barnett (lampiran)

$$\theta_s = 2^\circ 00' 00'' \longrightarrow k^* = 0,4999797$$

$$p^* = 0,0029088$$

$$\theta_s = 2^\circ 50' 00'' \longrightarrow k^* = 0,4999683$$

$$p^* = 0,0036359$$

Untuk $\theta_s = 2^\circ 33' 49,2'' = 2,547^\circ$ maka diinterpolasi

$$\frac{2^\circ 50' 00'' - 2^\circ 00' 00''}{2^\circ 50' 00'' - 2^\circ 32' 49,2''} = \frac{0,4999683 - 0,4999797}{0,4999683 - k^*}$$

$$2^\circ 50' 00'' - 2^\circ 32' 49,2''$$

$$0,4999683 - k^*$$

$$k^* = 0,4999650$$

$$\frac{2^\circ 50' 00'' - 2^\circ 00' 00''}{2^\circ 50' 00'' - 2^\circ 32' 49,2''} = \frac{0,0036359 - 0,0029088}{0,0036359 - p^*}$$

$$2^\circ 50' 00'' - 2^\circ 32' 49,2''$$

$$0,0036359 - p^*$$

$$p^* = 0,003856$$

Jika $L_s = 40$ maka :

$$k = k^* . L_s = 0,4999650 . 40 = 19,9986$$

$$p = p^* . L_s = 0,003856 . 40 = 0,135424$$

$$T_t = (R + p) \operatorname{tg} \frac{1}{2} \Delta + k \dots \dots \dots (4.4 f)$$

$$= (450 + 0,135424) \operatorname{tg} \frac{1}{2} 15,0971 + 19,9986$$

$$= 79,648 \text{ m}$$

$$E_t = (R + p) / \cos \frac{1}{2} \Delta - R \dots \dots \dots (4.4 g)$$

$$= (450 + 0,135424) / \cos \frac{1}{2} 15,0971 - 450 = 4,070 \text{ m}$$

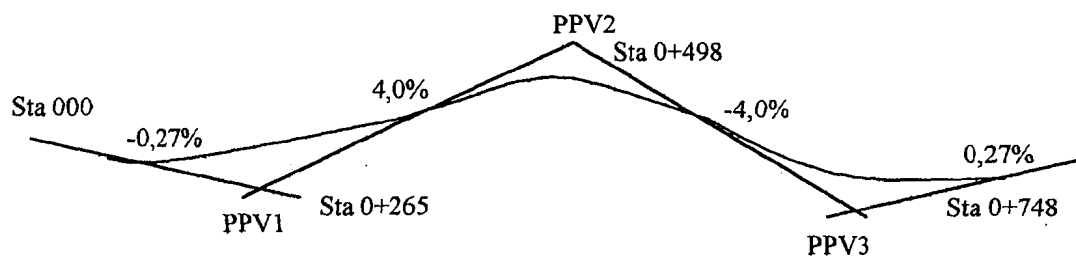
Stasiun-stasiun pada jalan Daan Mogot – Jalan Kiai Tapa

- a. Sta BP1 = 0,00
- b. Sta TS = $d1 - Tt = 168,916 - 79,648 = 0 + 89,268$
- c. Sta SC = Sta TS + Ls = $89,268 + 40 = 0 + 129,268$
- d. Sta CS = Sta SC + Lc = $129,268 + 78,564 = 0 + 207,832$
- e. Sta ST = Sta SC + Ls = $207,832 + 40 = 0 + 247,832$
- f. Sta EP = Sta ST + d2 - Tt = $247,832 + 122,119 - 79,648 = 0 + 290,303$

4.3.9.2 Alinyemen Vertikal

Evaluasi dilakukan dengan memberikan alternatif bentuk kelandaian dan kelengkungan yang diharapkan dapat memberikan pilihan yang lebih baik dan penghematan terutama dari segi biaya. Perancangan alinyemen vertikal ini meliputi :

1. Perancangan alinyemen vertikal jalan layang
 2. Perancangan alinyemen vertikal jalan arteri ke arah Pluit
 3. Perancangan alinyemen vertikal jalan arteri ke arah Halim
- a. Perancangan alinyemen vertikal jalan layang



PPV₁ : Lengkung vertikal cekung

$$g_1 = -0,27 \% \ ; \ g_2 = 4 \%$$

$$A = (4 \%) - (-0,27 \%) = 4,27 \%$$

$$V_r = 80 \text{ km / jam}$$

Dari grafik lengkung vertikal cekung (gambar 4.9) Bina Marga 1990

diperoleh $L_v = 100 \text{ m}$

$$Ev_1 = A \cdot L_v / 800 \dots\dots\dots (4.6)$$

$$= 4,27 \cdot 100 / 800 = 0,534 \text{ m}$$

PPV₂ = Lengkung vertikal cembung

$$g_1 = 4 \% \ ; \ g_2 = -4 \%$$

$$A = (-4 \%) - (4 \%) = -8 \%$$

$$V_r = 80 \text{ km / jam}$$

Dari grafik lengkung vertikal cembung (gambar 4.8) Bina Marga 1990

diperoleh panjang $L_v = 260 \text{ m}$

$$Ev_2 = A \cdot L_v / 800 \dots\dots\dots (4.6)$$

$$= 8 \cdot 260 / 800$$

$$= 2,6 \text{ m}$$

PPV₃ = Lengkung vertikal cekung

$$g_1 = -4 \% \ ; \ g_2 = 0,27 \%$$

$$A = (0,27 \%) - (-4 \%) = 4,27 \%$$

$$V_r = 80 \text{ km / jam}$$

Dari grafik lengkung vertikal cekung (gambar 4.9) Bina Marga 1990

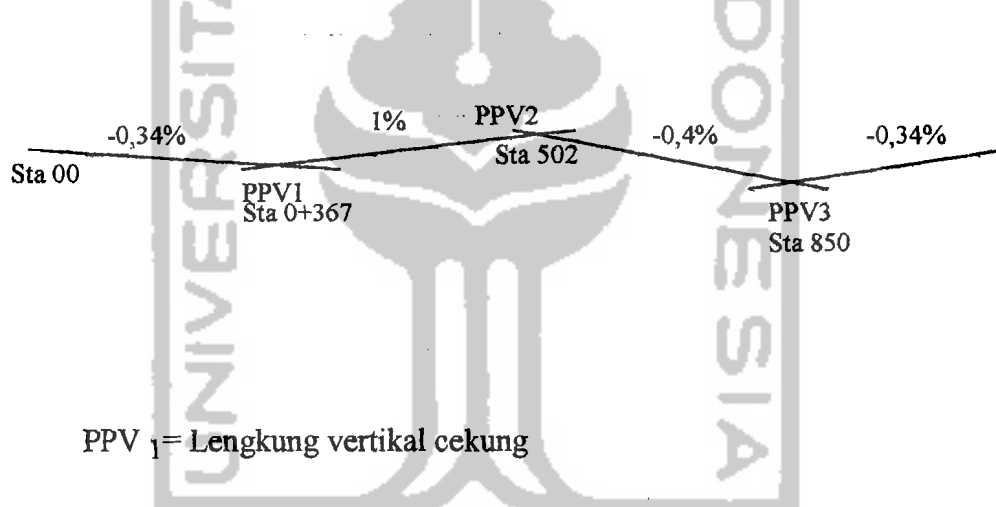
diperoleh $L_v = 100$ m

$$E_v = A \cdot L_v / 800 \dots\dots\dots(4.6)$$

$$= 4,27 \cdot 100 / 800$$

$$= 0,534 \text{ m}$$

b. Perancangan alinyemen vertikal jalan arteri arah Pluit



PPV₁ = Lengkung vertikal cekung

$$g_1 = -0,34 \% ; g_2 = 1 \%$$

$$A = (1 \%) - (- 0,34 \%) = 1,34 \%$$

$$V_r = 60 \text{ km / jam}$$

Dari grafik kengkung vertikal cekung (gambar 4.9) Bina Marga 1990

diperoleh $L_v = 45$ m

$$E_{v_1} = A \cdot L_v / 800 \dots\dots\dots(4.6)$$

$$= 1,34 \cdot 45 / 800$$

$$= 0,007 \text{ m}$$

PPV₂ = Lengkung vertikal cembung

$$g_1 = 1 \% ; g_2 = -0,40 \%$$

$$A = (-0,40 \%) - (1 \%) = -1,4 \%$$

$$V_r = 60 \text{ km / jam}$$

Dari grafik lengkung vertikal cembung (gambar 4.8) Bina Marga 1990

diperoleh $L_v = 45 \text{ m}$

$$E_{v2} = A \cdot L_v / 800 \dots\dots\dots (4.6)$$

$$= -1,4 \cdot 45 / 800$$

$$= 0,07$$

PPV₃ = Lengkung vertikal cekung

$$g_1 = -0,40 \% ; g_2 = 0,34 \%$$

$$A = (0,34 \%) - (-0,4 \%) = 0,74 \%$$

Dari grafik lengkung vertikal cekung (gambar 4.9) Bina Marga 1990

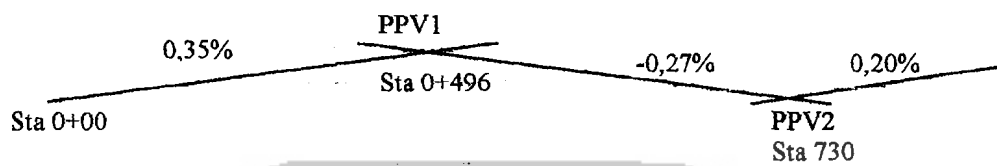
diperoleh $L_v = 45 \text{ m}$.

$$E_v = A \cdot L_v / 800 \dots\dots\dots (4.6)$$

$$= 0,74 \cdot 45 / 800$$

$$= 0,04 \text{ m}$$

c. Alinyemen vertikal jalan arteri arah Halim



PPV₁: Lengkung vertikal cembung

$$g_1 = 0,35 \% ; \quad g_2 = -0,27 \%$$

$$A = (-0,27 \%) - (0,35 \%) = -0,62$$

$$V_r = 60 \text{ km / jam}$$

Dari grafik lengkung vertikal cembung (gambar 4.8) Bina Marga 1990

diperoleh $L_v = 45 \text{ m}$.

$$E_v = A \cdot L_v / 800 \dots\dots\dots (4.6)$$

$$= 0,62 \cdot 45 / 800$$

$$= 0,03 \text{ m}$$

PPV₂ = Lengkung vertikal cekung

$$g_1 = -0,27 \% ; \quad g_2 = 0,20 \%$$

$$A = (0,20 \%) - (-0,27 \%) = 0,47 \%$$

$$V_r = 60 \text{ km / jam}$$

Dari grafik lengkung vertikal cekung (gambar 4.9) Bina Marga 1990 diperoleh $L_v = 45$ m

$$\begin{aligned} E_v &= A \cdot L_v / 800 \dots\dots\dots(4.6) \\ &= 0,47 \cdot 45 / 800 \\ &= 0,03 \text{ m} \end{aligned}$$

4.3.9.3 Kebebasan Samping Pada Tikungan

a. Jalan Layang

$$R = 750 \text{ m}$$

$$V_r = 80 \text{ km / jam}$$

$$S = 115 \text{ m}$$

$$m = R (1 - \cos 28,65 \cdot S / R) \dots\dots\dots(4.2)$$

$$= 750 (1 - \cos 28,65 \cdot 115 / 750)$$

$$= 2,20 \text{ m}$$

b. Jalan Arteri arah Halim

$$R = 750 \text{ m}$$

$$V_r = 60 \text{ km / jam}$$

$$S = 115 \text{ m}$$

$$m = R (1 - \cos 28,65 \cdot S / R) \dots\dots\dots(4.2)$$

$$= 750 (1 - \cos 28,65 \cdot 115 / 750)$$

$$= 2,20 \text{ m}$$

c. Jalan Arteri arah Pluit

$$R = 250 \text{ m}$$

$$V_r = 60 \text{ km / jam}$$

$$S = 75 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 m &= R (1 - \cos 28,65 \cdot S / R) \dots\dots\dots(4.2) \\
 &= 250 (1 - \cos 28,65 \cdot 75 / 250) \\
 &= 2,8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4.3.9.4 Lebar Perkerasan Pada Tikungan

a. Jalan Layang

$$\text{Jumlah lajur (n)} = 3$$

$$\text{Lebar lajur} = 3 \cdot 3,50 \text{ m} = 10,5 \text{ m}$$

$$R = 750 \text{ m}$$

$$V_r = 80 \text{ km / jam}$$

$$C = 0,8 \text{ m}$$

$$b' = 2,1 \text{ m} ; z = 0,25 \text{ m} ; T_d = 0,02 \text{ m}$$

$$B = n (b' + c) + (n - 1) \cdot T_d + z \dots\dots\dots(4.3)$$

$$= 3 \cdot (2,1 + 0,8) + (3 - 1) \cdot 0,02 + 0,25$$

$$= 8,99 \text{ m}$$

$$\text{Lebar perkerasan} = 8,99 \text{ m} < \text{lebar jalur} = 10,5 \text{ m}$$

maka tidak diperlukan pelebaran perkerasan

b. Jalan Arteri

$$\text{Jumlah lajur (n)} = 4$$

$$\text{Lebar jalur} = 4 \cdot 3 \text{ m} = 12 \text{ m}$$

$$R = 750 \text{ m}$$

$$V_r = 60 \text{ km / jam}$$

$$C = 0,8 \text{ m}$$

$$b' = 2,1 \text{ m} ; z = 0,25 \text{ m} \quad Td = 0,02 \text{ m}$$

$$B = 4 \cdot (2,1 + 0,8) + (4 - 1) \cdot 0,02 + 0,25 \dots \dots \dots (4.3)$$

$$= 11,91 \text{ m}$$

Lebar perkerasan = 11,91 m < lebar jalur = 12 m

Maka tidak perlu pelebaran perkerasan.

4.4 Kapasitas Jalan dan Perancangan Jumlah Lajur

4.4.1 Kapasitas Jalan

Kapasitas jalan adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat ditampung oleh suatu potongan jalan pada waktu tertentu dengan kecepatan tertentu pula. Besarnya kapasitas jalan menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI 1997) adalah sebagai berikut :

$$\text{Kapasitas jalan (C)} = C_o \cdot FC_w \cdot FC_{sp} \cdot FC_{sf} \cdot FC_{cs} \dots \dots \dots (4.7)$$

Dengan :

C = Kapasitas

C_o = Kapasitas dasar (smp / jam)

FC_w = Faktor penyesuaian lebar lajur lalu-lintas

FC_{sp} = Faktor penyesuaian pemisahan arah

FC_{sf} = Faktor penyesuaian hambatan samping

FC_{cs} = Faktor penyesuaian ukuran kota

Kapasitas Jalan Tol

Data perhitungan :

$$C_o = 1650 \text{ smp / jam}$$

$$FC_w = 1$$

$$FC_{sp} = 1$$

$$FC_{sf} = 1,03$$

$$FC_{cs} = 1,04$$

Dari Harga-harga diatas diperoleh :

$$C = 1650 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,03 \cdot 1,04 \dots\dots\dots(4.7)$$

$$= 1800 \text{ smp / jam / lajur}$$

Kapasitas jalan Arteri

Data perhitungan :

$$C_0 = 1500 \text{ smp / jam}$$

$$FC_w = 0,92$$

$$FC_{sp} = 1$$

$$FC_{sf} = 0,96$$

$$FC_{cs} = 1,04$$

Dari harga-harga diatas diperoleh :

$$C = 1500 \cdot 0,92 \cdot 1 \cdot 0,96 \cdot 1,04 \dots\dots\dots(4.7)$$

$$= 1377,79$$

$$= 1400 \text{ smp / jam}$$

Merupakan kapasitas maksimum yang mampu ditampung oleh jalan Tol

Cawang – Grogol dan jalan arteri.

Tabel 4.10 Kapasitas dasar

Tipe jalan	Kapasitas dasar (smp/jam)	Catatan
Empat lajur terbagi atau Jalan satu arah	1650	Per lajur
Empat lajur tak terbagi	1500	Perlajur
Dua lajur tak terbagi	2900	Total dua arah

Tabel 4.11 Faktor penyesuaian kapasitas untuk lebar lajur lalu lintas (FCw)

Tipe jalan	Lebar jalur lalu lintas (Wc) m	FCw
Empat lajur terbagi atau Jalan satu arah	Perlajur	
	3,00	0,92
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,04
Empat lajur tak terbagi	Perlajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,95
	3,50	1,00
	3,75	1,05
Dua lajur tak terbagi	Total dua arah	
	5	0,56
	6	0,87
	7	1,00
	8	1,14
	9	1,25
	10	1,29
11	1,34	

Tabel 4.12 Faktor penyesuaian kapasitas untuk pemisahan arah (FCsp)

Pemisahan arah SP % - %		50 - 50	55 - 45	60 - 40	65 - 35	70 - 30
FCsp	Dua lajur 2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat lajur 4/2	1,00	0,985	0,97	0,955	0,94

Tabel 4.13 Faktor penyesuaian kapasitas untuk hambatan samping .

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu (FCsf)			
		Lebar bahu efektif Ws			
		≤ 0,5	1,0	1,5	≥ 2,0
4/2 D	VL	0,96	0,98	1,01	1,03
	L	0,94	0,97	1,00	1,02
	M	0,92	0,95	0,98	1,00
	H	0,88	0,92	0,95	0,98
	VH	0,84	0,88	0,92	0,96
4/2 UD	VL	0,96	0,99	1,01	1,03
	L	0,94	0,97	1,00	1,02
	M	0,92	0,95	0,98	1,00
	H	0,87	0,91	0,94	0,98
	VH	0,80	0,86	0,90	0,95
2/2 UD atau Jalan satu arah	VL	0,94	0,96	0,99	1,01
	L	0,92	0,94	0,97	1,00
	M	0,89	0,92	0,95	0,98
	H	0,82	0,86	0,90	0,95
	VH	0,73	0,79	0,85	0,91

Keterangan :

VL : Very Low

L : Low

M : Medium

H : High

VH: Very High

4/2 D : 4 Lane / 2 way Divided

4/2 UD : 4 Lane / 2 way Undivided

2/2 UD : 2 Lane/ 2 way Undivided

Tabel 4.14 Faktor penyesuaian kapasitas untuk ukuran kota (FCcs)

Ukuran kota (Juta penduduk)	Faktor penyesuaian untuk ukuran kota
< 0,1	0,86
0,1 – 0,5	0,90
0,5 – 1,0	0,94
1,0 – 3,0	1,00
> 3,0	1,04

4.4.2 Penentuan Jumlah Lajur

Dari hasil perhitungan kapasitas jalan diatas telah diketahui bahwa kapasitas ideal untuk jalan Tol Cawang–Grogol dan arteri adalah 1800 kendaraan/jam/lajur. Pihak Konsultan telah merancang jumlah lajur untuk jalan tol adalah 3 lajur dan jalan arteri 4 lajur.

Hasil evaluasi yang penulis lakukan adalah :

1. Jalan Tol

Kecepatan rencana 80 km / jam. Dari hasil “Traffic Assignment” diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{Tahun 1990, volume lalu-lintas} &= 36700 \text{ smp/hari} \\ &= 1530 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai } V / C &= 1530 / 3600 \\ &= 0,425 < 0,60 \end{aligned}$$

Jadi pada awal pembukaan jalan tingkat pelayanan jalan masih pada tingkat pelayanan A.

$$\begin{aligned} \text{Tahun 2000, volume lalu-lintas} &= 53900 \text{ smp/hari} \\ &= 2246 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai } V / C &= 2246 / 3600 \\ &= 0,62 < 0,70 \end{aligned}$$

Tingkat pelayanan jalan pada tingkat pelayanan B.

$$\begin{aligned} \text{Tahun 2010, volume lalu-lintas} &= 68600 \text{ smp/hari} \\ &= 2858 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai } V / C &= 2858 / 3600 \\ &= 0,8 \end{aligned}$$

Pada akhir umur rencana tingkat pelayanan sudah berada pada tingkat pelayanan C.

Jadi pada akhir umur rencana tingkat pelayanan sudah berada pada tingkat pelayanan C. Agar tingkat pelayanan jalan pada akhir umur rencana masih pada tingkat pelayanan A maka jumlah lajur ditentukan sebagai berikut :

Nilai V/C untuk tingkat pelayanan A = 0,6

$$V/C = 0,6 ; \text{ maka } V = 0,6 \cdot 1800 = 1080 \text{ smp/jam}$$

Untuk tiap lajur dengan tingkat pelayanan A besarnya lalu-lintas yang dapat ditampung adalah 1080 smp/jam. Dari data Traffic Assignment diperoleh data volume lalu-lintas = 2858 smp/jam.

Jadi perhitungan jumlah lajur adalah perbandingan antara volume lalu-lintas yang lewat dengan volume lalu-lintas yang dapat ditampung pada akhir umur rencana :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lajur} &= 2858 / 1080 \\ &= 2,65 ; \text{ diperlukan } 3 \text{ lajur tiap arah} \end{aligned}$$

2. Jalan Arteri

Kecepatan rencana 60 km / jam. Dari hasil Traffic Assignment diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{Tahun 1990, volume lalu-lintas} &= 48100 \text{ smp/hari} \\ &= 2000 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai } V/C &= 2000 / 2800 \\ &= 0,7 \leq 0,70 \end{aligned}$$

Jadi pada awal pembukaan jalan tingkat pelayanan jalan masih pada tingkat pelayanan B.

Tahun 2000, volume lalu-lintas = 69800 smp/hari
 = 3000 smp/jam

Nilai $V / C = 3000 / 2800$
 = 1,07

Tingkat pelayanan jalan pada tingkat pelayanan F.

Tahun 2010, volume lalu-lintas = 77900 smp/hari
 = 3245 smp/jam

Nilai $V / C = 3245 / 2800$
 = 1,15

Pada akhir umur rencana tingkat pelayanan sudah berada pada tingkat pelayanan F.

Jadi pada akhir umur rencana tingkat pelayanan sudah berada pada tingkat pelayanan F. Agar tingkat pelayanan jalan pada akhir umur rencana masih pada tingkat pelayanan A maka jumlah lajur ditentukan sebagai berikut :

Nilai V / C untuk tingkat pelayanan A = 0,6

$V / C = 0,6$; maka $V = 0,6 \times 1400 = 840$ smp/jam

Untuk tiap lajur dengan tingkat pelayanan A besarnya lalu-lintas yang dapat ditampung adalah 840 smp/jam. Dari data "Traffic Assignment" diperoleh data volume lalu-lintas = 3245 smp/jam.

Jadi perhitungan jumlah lajur adalah perbandingan antara volume lalu-lintas yang lewat dengan volume lalu-lintas yang dapat ditampung pada akhir umur rencana :

Jumlah lajur = $3245 / 840$

= 4,00 ; diperlukan 4 lajur tiap arah

4.5 Pembahasan

Dalam perancangan jalan raya, bentuk geometrik harus benar-benar ditetapkan sedemikian rupa sehingga jalan yang dirancang dapat memberikan pelayanan yang optimal kepada lalu-lintas sesuai fungsinya. Perancangan geometrik dimaksudkan untuk mencapai perancangan jalan yang aman, nyaman dan efisien.

Sebagai tinjauan pada perancangan simpang Grogol ini adalah perancangan tikungan yang merupakan bagian dari simpang Grogol tersebut.

Standar perancangan geometrik didasarkan pada ketentuan-ketentuan dan metoda-metoda perhitungan yang disebut kriteria perancangan. Kriteria perancangan yang digunakan mengikuti standar perancangan yang berlaku di Indonesia dan yang berlaku secara Internasional.

Standar perancangan yang dipergunakan pada perhitungan geometrik Untuk Simpang Grogol ini adalah :

1. Spesifikasi Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, 1988
2. A Policy on Geometric Design of Rural Highways, AASHTO, 1994

Data perhitungan yang dipakai adalah data sekunder yang telah ditetapkan oleh konsultan dan ketetapan yang ada pada standar perancangan. Sebagai perbandingan perencanaan, dipakai alinyemen horizontal dengan lengkung tikungan yang berbeda.

Data perancangan Geometrik Simpang Grogol adalah :

1. Kecepatan rencana
 - a. Jalan Tol dengan kecepatan rencana 80 km / jam.
 - b. Jalan Arteri dengan kecepatan rencana 60 km / jam.
2. Kendaraan rencana adalah single unit truk.

3. Penampang melintang

- a. Lebar D.P.J : 60 m.
- b. Lebar lajur : Tol 3,5 m dan Arteri 3,0 m.
- c. Lebar bahu
 1. Tol : 0,5 m untuk bahu dalam dan 1,5 m untuk bahu luar.
 2. Arteri : 0,25 m untuk bahu dalam dan 0,25 untuk bahu luar.
- d. Lebar median : 2,0 m untuk Tol dan Arteri.
- e. Kemiringan normal perkerasan : 2 % untuk Tol dan 2 % untuk Arteri.
- f. Kemiringan bahu jalan : 4 % untuk Tol dan 2 % untuk Arteri.
- g. Superelevasi maksimum : 10 %, untuk penentuan superelevasi pada masing-masing tikungan dipakai tabel superelevasi dari Bina Marga.
- h. Jenis tikungan yang dipakai adalah Spiral – Circle – Spiral, Full Circle, Gabungan dua Circle, Spiral – Spiral.

4. Alinyemen Horizontal

Penentuan jari-jari, lengkung peralihan dan pelebaran perkerasan pada tikungan dipakai tabel Bina Marga.

5. Alinyemen Vertikal

Penentuan lengkung vertikal cembung dan lengkung vertikal cekung menggunakan grafik Bina Marga.

Perhitungan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal menggunakan standar perancangan dari Bina Marga 1990 dan AASHTO 1994.

Tabel 4.15 Hasil perhitungan Evaluasi alinyemen horizontal

Tikungan	Tol dan Arteri arah Cawang		Arteri arah Pluit		Arteri Daan Mogot-Kiai Tapa
	Tol Full Circle	Arteri Full Circle	PI1 S - S	PI2 S - C - S	
Vren(Km/jam)	80	60	60	60	60
R (m)	750	750	250	450	450
e	0,045	0,028	0,0686	0,043	0,043
D	1°54'32,4"	1°54'32,4"	5°43'46,56"	3°10'59,16"	3°10'59,16"
θs	-	-	3°48'00"	2°32'49,2"	2°32'49,2"
Ls (m)	-	-	34,00	40	40
Lc (m)	1070,17	1070,17	17,017	141,332	78,564
L (m)	1070,17	1070,17	68,00	221,332	158,564
Tt (m)	535,085	535,085	34,006	91,273	79,648
Et (m)	171,3123	171,3123	0,75	5,744	4,070

Tabel 4.16 Hasil perhitungan alinyemen horizontal konsultan

Tikungan	Tol dan Arteri arah Cawang		Arteri arah Pluit		Arteri Daan Mogot-Kiai Tapa
	Tol S - C - S	Arteri S - C - S	PI1 Full Circle	PI2 Gabungan 2 Circle	
Vren(Km/jam)	80	60	60	60	60
R (m)	700	700	500	R1=1100 R2 = 500	500
e	0,051	0,051	0,040	0,028	0,040
D	2°02'46,53"	2°02'46,53"	2°51'53,28"	-	2°51'53,28"
θs	14°36'58,68"	14°36'58,68"	-	-	-
Ls (m)	357,1429	357,1429	-	-	-
Lc (m)	510,4287	510,4287	67,9074	Lc1=109,8734 Lc2=151,5417	131,7447
L (m)	1224,7144	1224,7144	67,9074	261,4151	131,7447
Tt (m)	683,0027	683,0027	34,006	T1=154,9438 T2=109,7540	79,648
Et (m)	248,6559	248,6559	1,156	-	4,3710

Dari kedua hasil perhitungan diatas :

Dari rumus umum lengkung horizontal :

$$e + f = V^2 / 127 R$$

Maka : R semakin besar maka e dan f kecil , gaya sentrifugal yang dihasilkan kecil.

R semakin kecil maka e dan f besar , gaya sentrifugal yang dihasilkan besar.

Dari rumus :

$$D = 1432,4 / R$$

Maka : R semakin besar , D semakin kecil dan lengkung horizontal semakin tumpul.

R semakin kecil , D semakin besar dan lengkung horizontal semakin tajam.

Pada perancangan jalan tol dan arteri arah cawang dengan memakai Full Circle diperoleh R yang besar, gaya sentrifugal kecil, lengkung horizontal rencana semakin tumpul panjang tikungan lebih pendek. Berdasarkan pertimbangan peningkatan jalan dikemudian hari sebaiknya dihindarkan merancang alinyemen horizontal jalan yang menghasilkan lengkung tertajam. Disamping sukar menyesuaikan dengan peningkatan jalan juga menimbulkan rasa tidak nyaman pada pengemudi yang bergerak dengan kecepatan lebih tinggi dari kecepatan rencana. Dengan lengkung horizontal tumpul dengan jari-jari yang besar lintasan kendaraan masih dapat tetap berada pada lajur jalannya, tetapi pada tikungan tajam dengan jari-jari kecil kendaraan akan menyimpang dari lajur yang disediakan dan mengambil lajur disampingnya. Dari pembahasan diatas kita dapat melihat keunggulan dan kekurangan untuk lengku-lengkung lainnya.

Pada perancangan jalan arteri arah pluit (lengkung PI_2) sebaiknya dihindari menggunakan tikungan dengan 2 jari-jari yang berlainan. Tikungan dengan 2 jari-jari

yang berbeda ini menimbulkan rasa tidak nyaman kepada pengemudi, terjadinya perubahan gaya sentrifugal.

Untuk perhitungan kapasitas dan jumlah lajur konsultan menggunakan standar HCM 1985, sedangkan sebagai perbandingan digunakan MKJI 1997. Penentuan nilai kapasitas jalan digunakan faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kapasitas jalan tersebut. Hasil perhitungan didapat nilai kapasitas untuk satu lajur pada jalan tol dan arteri adalah 1800 smp/jam. Pada perancangan jalan tol dan arteri ini tingkat pelayanan yang diharapkan adalah A. Pada awal umur rencana, jalan tol dengan 3 lajur dan arteri 4 lajur masih mampu untuk memberi tingkat pelayanan A. Tetapi pada akhir umur rencana tingkat pelayanan untuk jalan tol adalah C dan arteri adalah D. Tingkat pelayanan C untuk jalan tol sudah tidak layak. Untuk mempertahankan agar supaya masih dalam tingkat pelayanan A harus ada penambahan lajur. Akan tetapi karena alasan ekonomis dan keterbatasan dana maka tetap dirancang sesuai hasil rancangan.

Alinyemen vertikal terdiri dari serangkaian kelandaian yang dihubungkan oleh lengkung vertikal. Landai pada umumnya ditulis dalam persen, yaitu kenaikan vertikal tiap 100 m jarak horizontal. Landai adalah positif jika naik dari kiri ke kanan dan negatif jika turun. Pada perhitungan alinyemen vertikal penentuan elevasi tanah dasar dan elevasi perkerasan menggunakan data dari konsultan. Semakin besar kelandaian maka kecepatan semakin berkurang. Kelandaian 3 % mulai memberikan pengaruh kepada gerak kendaraan mobil penumpang, walaupun tidak seberapa dibandingkan dengan gerakan kendaraan truk yang terbebani penuh. Meskipun mobil penumpang dapat memelihara kemampuannya pada 10 % tanjakan, batas

kemampuan pada umumnya didasarkan pada kemampuan truk, dan pada rute-rute penting, dibatasi sampai 4 % atau kurang.

Dalam perancangan perlu ditetapkan garis dasar yang digunakan untuk dasar penetapan kelengkungan, stasioning dan sebagai titik acuan penetapan kemiringan melintang dari permukaan jalan.

