



PENINGKATAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN JALAN FLEXIBLE PAVEMENT STA 355+000 – STA 360+000 (Bungo Tanjung-Teluk Tapang, Pasaman Barat)

Eko Prayitno¹⁾, Veronika²⁾, Risayanti³⁾

^{1,2,3)} Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Bung Hatta

E-mail: ekopravitno@bunghatta.ac.id¹⁾ veronika@bunghatta.ac.id²⁾ risayanti@bunghatta.ac.id³⁾

ABSTRAK

Perencanaan geometrik dan perencanaan perkerasan jalan merupakan perencanaan yang difokuskan kepada perencanaan bentuk fisik jalan agar dapat memenuhi fungsi jalan. Maksud dan tujuan dari perencanaan geometrik jalan raya dan tebal perkerasan lentur adalah untuk merencanakan geometrik jalan raya ruas jalan bungo tanjung-teluk tapang STA 355+000-STA360+000. Alinemen horizontal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung. Alinemen vertikal adalah perencanaan elevasi sumbu jalan yang ditinjau berupa profil memanjang. Perkerasan lentur merupakan perkerasan yang terdiri atas beberapa lapis perkerasan. Hasil perencanaan geometrik didapatkan alinemen horizontal 16 tikungan, *Full-Circle (FC)* 14 tikungan dan *Spiral-Circle-Spiral (S-C-S)* 2 tikungan. Hasil perhitungan tebal perkerasan lentur, segmen 1 STA 355+000–STA 356+600 diperoleh hasil AC-WC 40 mm, AC-BC 60 mm, AC-Base 105 mm, LPA kelas A 300 mm, segmen 2 STA 356+800–STA 358+600 diperoleh hasil AC-WC 40 mm, AC-BC 60 mm, AC-Base 105 mm, LPA Kelas A 300 mm dan segmen 3 STA 358+600–STA 360+000 diperoleh hasil AC-WC 40 mm, AC-BC 60 mm, AC-Base 105 mm, LPA Kelas A 300 mm dan peningkatan tanah dasar 200 mm.

Kata kunci : Geometrik, horizontal, vertikal, perkerasan

ABSTRACT

Geometric planning and road pavement planning are plans that are focused on planning the physical form of the road in order to fulfill the function of the road. The purpose and purpose of the geometric planning of highways and thick bending pavements is to plan the geometric highways of the bungo road section of the tanjung-teluk tapang STA 355+000-STA360+000. The horizontal alignment consists of a straight section and a curved part. Vertical alignment is the planning of the elevation of the road axis which is reviewed in the form of a longitudinal profile. Bending pavement is a pavement consisting of several layers of pavement. The results of geometric planning obtained horizontal alignment of 16 corners, Full-Circle (FC) 14 corners and Spiral-Circle-Spiral (S-C-S) 2 corners. The results of the calculation of the thickness of the bending pavement, segment 1 STA 355+000–STA 356+600 obtained the results of AC-WC 40 mm, AC-BC 60 mm, AC-Base 105 mm, LPA class A 300 mm, segment 2 STA 356+800–STA 358+600 obtained the results of AC-WC 40 mm, AC-BC 60 mm, AC-Base 105 mm, LPA Class A 300 mm and segment 3 STA 358+600–STA 360+000 obtained AC-WC 40 mm results, AC-BC 60 mm, AC-Base 105 mm, LPA Class A 300 mm and base ground increase 200 mm.

Keywords : Geometric, horizontal, vertical, pavement

1. PENDAHULUAN

Dalam perencanaan jalan raya terdapat dua hal penting yang dilakukan yaitu perencanaan geometrik dan perencanaan perkerasan. Perencanaan geometrik merupakan perencanaan yang difokuskan kepada perencanaan bentuk fisik jalan agar dapat memenuhi fungsi jalan dalam memberikan pelayanan yang maksimal dalam sistem transportasi darat. Sedangkan perencanaan perkerasan jalan merupakan perencanaan yang difokuskan kepada pemilihan jenis perkerasan dan tebal perkerasan yang memenuhi syarat pelayanan dengan kualitas sesuai ketentuan dengan biaya termurah dan umur rencana yang Panjang. Oleh karena itu dalam perencanaan jalan untuk transportasi darat harus tertata rapih agar bisa menjaga keselamatan pengguna/pengendara. Demi mewujudkan keselamatan dan kenyamanan untuk pengguna, maka dilakukan perencanaan jalan raya dalam bentuk geometrik maupun perkerasan.

Adapun maksud dan tujuan dari perencanaan geometrik jalan raya dan tebal perkerasan lentur adalah untuk merencanakan geometrik jalan raya ruas jalan raya bungo tanjung-teluk tapang dan merencanakan tebal perkerasan lentur ruas jalan raya bungo tanjung-teluk tapang. Ruang lingkupnya terdiri adalah lokasi perencanaan geometrik dan perkerasan lentur berada diruas jalan bungo tanjung-teluk tapang (STA 355+000–STA 360+000) Kabupaten Pasaman Barat. Perencanaan geometrik jalan berpedoman pada tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota No.038/TBM/1997 [1], perencanaan geometrik jalan tingkat dasar tahun 2017, Sukirman “Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan” Tahun 1999 [8] dan Hendarsin “Perencanaan Teknik Jalan Raya” Tahun 2000 [3]. Perkerasan lentur (*flexible pavement*) menggunakan metode manual desain pekerjaan jalan nomor 04/SE/Db/2017 [1].

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Klasifikasi Jalan

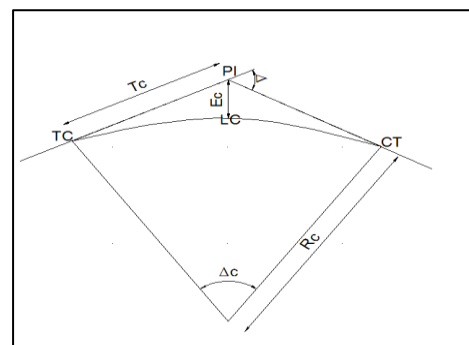
Menurut UU Tentang Jalan No.38 Tahun 2004 [4] jalan umum dapat dikelompokkan dalam 4 klasifikasi yaitu : klasifikasi menurut sistem, klasifikasi menurut fungsi, klasifikasi menurut status dan klasifikasi menurut kelas [6].

Tabel 1. Klasifikasi menurut kelas jalan

Fungsi	kelas	Muatan Sumbu Terberat (MST)
Arteri	I	≤ 10 ton
	II	8 ton
	III	8 ton
	Khusus	>10 ton
Kolektor	I	≤ 10 ton
	II	8 ton
	III	8 ton
Lokal	II	8 ton
	III	8 ton
Lingkungan	II	8 ton
	III	8 ton

2.2 Alinemen Horizontal

- a) FC (*Full Circle*) adalah tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja, tikungan Fc hanya digunakan untuk R (jari-jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan [8].

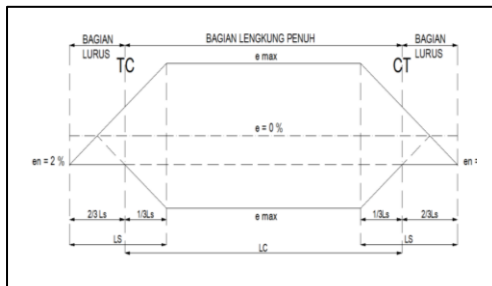


Gambar 1. Tikungan Full Circle (F-C)

Keterangan :

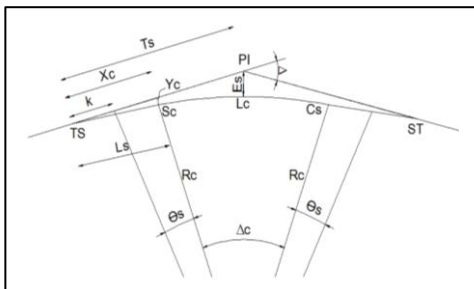
- Δ = sudut tikungan
 - O = titik pusat lingkaran
 - TC = panjang tangen jarak dari TC ke PI atau PI ke CT
 - RC = jari-jari lingkaran
 - EC = jarak luar dari PI ke busur lingkaran
- Rumus yang digunakan :
- $\Delta = \alpha_2 - \alpha_1$
 - $TC = RC \tan 1/2\Delta$
 - $Ec = TC \tan 1/4\Delta$

$$L_c = \frac{\Delta 2\pi R_c}{360}$$



Gambar 2. Diagram superelevasi tikungan F-C

b) Spiral-Circle-Spiral yaitu, lengkung terdiri atas bagian lengkungan (*circle*) dengan bagian peralihan (*spiral*) untuk menghubungkan dengan bagian yang lurus FC.



Gambar 3. Tikungan Spiral Circle Spiral

Keterangan :

- Xs = abis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC
- Ys = ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung.
- Ls = panjang lengkung peralihan (panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST)
- Lc = panjang busur lingkaran (panjang dari titik PI ke titi TS atau ke titik ST)
- TS = titik dari tangen ke spiral
- SC = titik dari spiral ke lingkaran
- Es = jarak dari PI ke busur lingkaran
- theta_s = sudut lengkung spiral
- Rc = jari-jari lingkaran
- p = pergeseran tangen terhadap spiral
- k = absis dari p pada garis tangen spiral

Rumus yang digunakan :

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

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

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

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

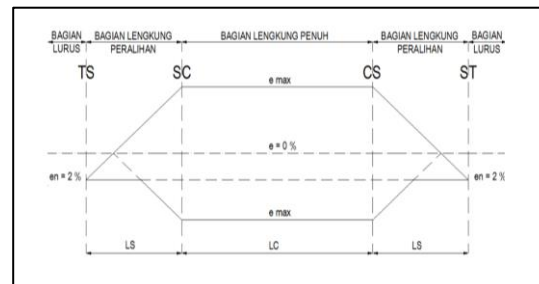
$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 R_c^2} - R_c \sin \theta_s$$

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

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

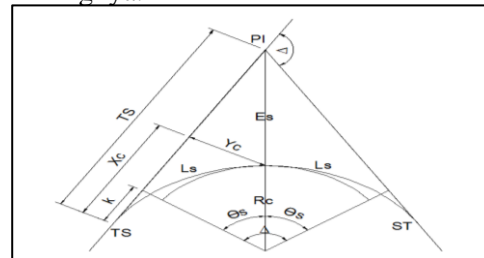
$$L_c = \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times R_c$$

$$L_{tot} = L_c + 2 L_s$$



Gambar 4. Diagram superelevasi tikungan S-C-S

c) Tikungan *spiral-spiral* merupakan tikungan yang kurang baik karena tidak ada jarak tertentu dalam masa tikungan yang sama miringnya.



Gambar 5. Tikungan Spiral Spiral

Untuk bentuk *spiral-spiral* ini berlaku rumus, sebagai berikut :

$$L_c = 0, \text{ dan } \theta_s = \frac{1}{2} \Delta$$

$$L_{tot} = 2 L_s$$

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

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

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

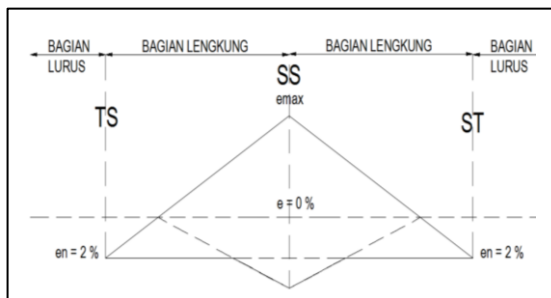
$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 R_c^2} - (R_c \sin \theta_s)$$

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

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

Dimana :

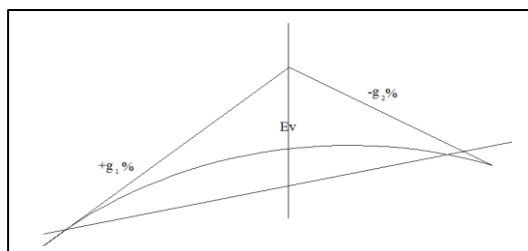
- Xc = titik Sc pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC.
- Yc = Jarak tegak lurus garis tangen (garis dari titik PI ke titik TS) ke titik SC pada lengkung.
- Ls = Panjang *spiral* (panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST).
- Lc = Panjang busur lingkaran (panjang dari titik SC ke CS).
- Ts = Panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST.
- TS = Titik dari tangen ke *spiral*.
- SC = Titik dari *spiral* ke lingkaran.
- Es = Jarak dari PI ke busur lingkaran.
- θ_s = Sudut lengkung spiral.
- Rc = Jari-jari lingkaran.
- P = Pergeseran tangen terhadap *spiral*.
- K = Absis dari p pada garis tangen *spiral*.



Gambar 6. Diagram superelevasi tikungan S-S

2.3 Alinemen Vertikal

- a) Lengkung vertikal cembung
 Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik PPV berada diatas permukaan jalan. Lengkung vertikal cembung dirancang berbentuk parabola [2].



Gambar 7. Panjang lengkung vertikal cembung

Dimana :

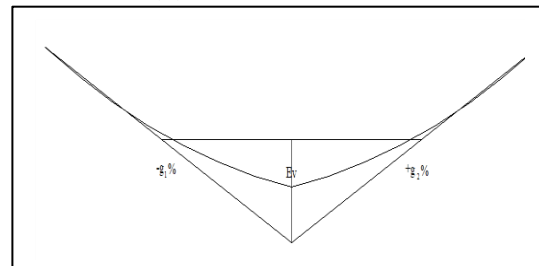
- L = Panjang lengkung vertikal (m)

- g1 = Kelandaian tangen (%)
- g2 = Kelandaian tangen (%)
- A = Perbedaan aljabar landai (%)

Dari gambar diatas diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$E_v = \frac{AL}{800}$$

- b) Lengkung vertikal cekung
 Tidak ada dasar dapat digunakan untuk menentukan panjang lengkung cekung vertikal (S).



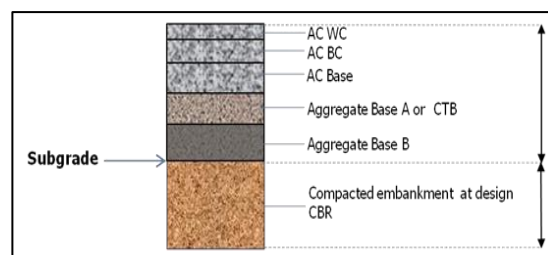
Gambar 8. Panjang lengkung vertikal cekung

Dimana :

- L = Panjang lengkung vertikal (m)
- g1 = Kelandaian tangen (%)
- g2 = Kelandaian tangen (%)
- A = Perbedaan aljabar landai (%)

2.4 Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur (*flexible pavement*) merupakan perkerasan yang terdiri atas beberapa lapis perkerasan [7].



Gambar 9. Manual desain perkerasan jalan

- a) Menentukan Umur Rencana (UR)

Umur rencana adalah jangka waktu dalam tahun sampai perkerasan harus diperbaiki atau ditingkatkan. Perbaikan terdiri dari pelapisan ulang, penambahan atau peningkatan. Berikut tipikal usia rencana :

1. Lapisan perkerasan aspal baru 20 tahun-25 tahun
2. Lapisan perkerasan kaku baru 20 tahun-40 tahun
3. Lapisan tambahan aspal 10 tahun-15 tahun, batu pasir 10 tahun-20 tahun

Tabel 2. Umur rencana perkerasan

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (Tahun) ⁽¹⁾
Perkerasan Lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir	20
	Fondasi jalan	40
Perkerasan Kaku	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (<i>overlay</i>), seperti : jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, terowongan	Minimum
	<i>Cemen treated based (CTB)</i>	
Jalan Tanpa Penutup	Lapis Fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan	10
	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	

b) Faktor pertumbuhan lalu lintas

Tabel 3. Faktor pertumbuhan lalu lintas (i %)

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

Untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung sebagai berikut :

$$R = \frac{(1+0.01)^{UR} - 1}{0.01}$$

Dimana :

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

i = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = umur rencana (tahun)

c) Tipikal struktur perkerasan

1. AC-WC
AC-WC merupakan lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang mempunyai nilai struktural. Campuran ini terdiri atas agregat bergradasi menerus dengan aspal kertas, dicampur, dihamparkan, dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.
2. AC-BC
AC-BC merupakan lapisan perkerasan yang terletak dibawah lapisan aus (*wearing course*) dan diatas lapisan pondasi (*base course*).
3. AC-Base
AC-Base merupakan perkerasan yang terletak dibawah lapisan pengikat (AC-BC), perkerasan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca tetapi perlu memiliki stabilitas untuk menahan beban lalu lintas yang disebarkan melalui roda kendaraan lapis pondasi (AC-Base).
4. LPA Kelas A
Lapisan pondasi atas atau disebut dengan agregat lapis pondasi kelas A adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi bawah dan lapisan permukaan.

3. METODE PENELITIAN

Tujuan dari perencanaan jalan raya adalah untuk menunjang kelancaran dan kenyamanan transportasi sehingga dapat dimanfaatkan sesuai dengan fungsi dan kegunaan jalan. Perencanaan ini dilakukan pada ruas jalan Bungo Tanjung-Teluk Tapang Kecamatan Sungai Beremas, Kabupaten Pasaman Barat, Provinsi Sumatera Barat, dari STA 355 + 000-STA 360 + 000.

3.1 Data Perencanaan

- a. Data primer merupakan peninjauan langsung terhadap kondisi yang ada di lapangan yaitu dengan cara survei kondisi jalan yang bertujuan untuk mengetahui lebar jalur, bahu jalan, dan jenis lapisan perkerasan serta meninjau kondisi drainasenya.
- b. Data sekunder
Data ini berupa data jenis kendaraan dan volume kendaraan, data ini diperlukan untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas dan volume lalu lintas harian rata-rata sehingga dapat diketahui kelas jalan rencana, lebar efektif jalan, jumlah lajur yang diperlukan

dan dapat ditentukan tebal perkerasannya. Data lalu lintas yang didapatkan adalah data yang didapat dari Direktorat Jenderal Bina Marga Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional Provinsi Sumatera Barat.

Tabel 4. Data LHR bungo tanjong-teluk tapang
 Data Hasil Survey LHR

Sepeda motor	5892 Kendaraan
Kendaraan ringan	1231 Kendaraan
Bus Kecil	33 Kendaraan
Bus Besar	21 Kendaraan
Truck 2 Sumbu 4 roda (ringan)	228 Kendaraan
Truck 2 Sumbu 6 roda (sedang)	304 Kendaraan
Truck 3 sumbu	18 kendaraan
Truck Gandeng	1 Kendaraan
Truck Trailer	1 Kendaraan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan geometrik jalan raya merupakan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, meliputi beberapa yang harus diperhatikan seperti perhitungan alinyemen horizontal, alinyemen vertikal serta konstruksi jalan raya.

4.1 Perencanaan Alinemen Horizontal

Tabel 5. Data perencanaan

No.	Jarak (m)	Titik	Sudut (°)
P1	191.317	Δ1	22.38
P2	149.637	Δ2	37.19
P3	241.768	Δ3	37.71
P4	221.768	Δ4	3.36
P5	334.911	Δ5	17.48
P6	120.552	Δ6	54.83
P7	443.345	Δ7	29.27
P8	491.152	Δ8	26.03
P9	546.666	Δ9	10.37
P10	317.486	Δ10	11.15
P11	539.706	Δ11	9.78
P12	194.030	Δ12	38.73
P13	388.511	Δ13	13.19
P14	122.976	Δ14	7.95
P15	246.829	Δ15	15.59
P16	247.414	Δ16	24.91

1. Perhitungan tikungan 1 (P1)

Dari gambar rencana diperoleh data-data sebagai berikut :

$$d1 = 191.317 \text{ m}$$

$$d2 = 149.637 \text{ m}$$

$$\Delta_1 = 22.38^\circ$$

$$V_r = 40 \text{ km/jam}$$

$$R_{\text{minimal}} = 250 \text{ m}$$

$$R_{\text{rencana}} = 300 \text{ m}$$

Dicoba dengan tikungan *full circle*

$$T_c = R_c \tan \frac{1}{2} \Delta$$

$$= 300 \times \tan \frac{1}{2} 22.38$$

$$= 59.347 \text{ m}$$

$$E_c = T_c \tan \frac{1}{4} \Delta$$

$$= 59.347 \times \tan \frac{1}{4} 22.38$$

$$= 5.814 \text{ m}$$

$$L_c = \frac{\Delta}{360^\circ} \times (2\pi R_c)$$

$$= \frac{22.38}{360} \times (2 \times 3.14 \times 300)$$

$$= 117.181 \text{ m}$$

Syarat :

$$d1 > tc1 < d2$$

$$191.317 > 59.347 \text{ m} < 149.637 \text{ m (OKE)}$$

a. Menentukan superelevasi rencana

Diketahui :

$$R_{\text{rencana}} = 300 \text{ m}$$

$$V_{\text{rencana}} = 40 \text{ km/jam}$$

$$E_{\text{maksimum}} = 10\%$$

$$F_{\text{max}} = -0.00065 \times (V_r) + 0.192 \text{ (untuk } VR < 80 \text{ Km/Jam)}$$

$$= -0.00065 \times (40) + 0.192$$

$$= 0.166 \text{ m}$$

$$D_{\text{max}} = \frac{181913.53 (e_{\text{max}} + f_{\text{max}})}{V_r^2}$$

$$= \frac{181913.53 (0.10 + 0.166)}{40^2}$$

$$= 30.24^\circ$$

$$D_d = \frac{1432.39}{R}$$

$$= \frac{1432.39}{300}$$

$$= 4.77^\circ$$

$$e_d = \frac{-e_{\text{max}} \times D_d^2}{D_{\text{max}}^2} + \frac{2 \times e_{\text{max}} \times D_d}{D_{\text{max}}}$$

$$= \frac{-0.10 \times 4.77^2}{30.24^2} + \frac{2 \times 0.10 \times 4.77}{30.24}$$

$$= 0.29$$

$$= 2.9 \%$$

Dari perhitungan diperoleh superelevasi rencana (ed) untuk tikungan 1 *full circle* sebesar 2.9 %.

b. Menentukan lebar perkerasan pada tikungan

Untuk menentukan lebar perkerasan tikungan digunakan kendaraan rencana truk dengan ketentuan sebagai berikut :

$$b = 2.5 \text{ m (Lebar kendaraan)}$$

$$p = 6.5 \text{ m (Jarak antar gandar)}$$

$$A = 1.5 \text{ m (Tonjolon depan kendaraan)}$$

$$V_r = 40 \text{ Km/jam (Kecepatan rencana)}$$

$$R = 300 \text{ m (Radius lengkung)}$$

$N = 2$ (Jumlah lajur)
 $c = 1$ (Kebebasan samping)
 1) Lebar lintas kendaraan pada tikungan
 $R_c =$ Radius Lajur Sebelah Dalam- $\frac{1}{2}$ lebar perkerasan + $\frac{1}{2} b$
 $= 300 - \frac{1}{2} 7 + \frac{1}{2} 2.5$
 $= 297.75 \text{ m}$

$$B = \frac{\sqrt{\sqrt{(R_c^2 - 64) + 1.25^2} + 64}}{\sqrt{(R_c^2 - 64) + 1.25}}$$

$$= \frac{\sqrt{\sqrt{(297.75^2 - 64) + 1.25^2} + 64}}{\sqrt{(297.75^2 - 64) + 1.25}}$$

$$= 2.61 \text{ m}$$

2) Lebar tambahan akibat kerusakan dalam pengemudi

$$Z = \frac{0.105 V_r}{\sqrt{R}}$$

$$Z = \frac{0.105 \cdot 40}{\sqrt{300}}$$

$$= 0.24$$

3) Lebar perkerasan pada tikungan

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

$$B_t = 2(2.61 + 1) + 0.24$$

$$B_t = 7.5 \text{ m}$$

Ternyata $B_t > B_n = 7.5 \text{ m} > 7$

Karena $B_t > B_n$, maka diperoleh pelebaran perkerasan pada tikungan sebesar $7.5 - 7 = 0.5 \text{ m}$.

2. Perhitungan Tikungan 6 (P6)

Dari gambar rencana diperoleh data-data sebagai berikut :

$$d_6 = 120.552 \text{ m}$$

$$d_7 = 443.345 \text{ m}$$

$$\Delta_6 = 54.83^\circ$$

$$V_r = 40 \text{ Km/jam}$$

$$R_{\text{minimal}} = 250$$

$$R_{\text{rencana}} = 300 \text{ m}$$

Dicoba dengan tikungan *full circle*

$$T_c = R_c \tan \frac{1}{2} \Delta$$

$$= 300 \tan \frac{1}{2} 54.83^\circ$$

$$= 155.605 \text{ m}$$

$$E_c = T_c \tan \frac{1}{4} \Delta$$

$$= 155.605 \tan \frac{1}{4} 54.40^\circ$$

$$= 37.645 \text{ m}$$

$$L_c = \frac{A}{360} \times (2\pi R_c)$$

$$= \frac{54.40}{360} \times (2 \times 3.14 \times 300)$$

$$= 287.089 \text{ m}$$

Syarat :

$$d_6 > T_c < d_7$$

$120.552 > 155.605 < 443.345$ (TIDAK OKE)

Dicoba dengan tikungan *spiral circle spiral*

$$V_r = 40 \text{ km/jam}$$

$$F_{\text{max}} = -0.00065 \times (V_r) + 0.192$$

$$= -0.00065 \times (40) + 0.192$$

$$= 0.166 \text{ m}$$

$$R_{\text{min}} = \frac{V_r^2}{127 (e_{\text{max}} + f_{\text{max}})}$$

$$= \frac{(40)^2}{127 (0.10 + 0.166)}$$

$$= 47.362 \text{ m}$$

Dengan $V_r = 40 \text{ km/jam}$ dan $R_{\text{min}} = 47.362 \text{ m}$, maka tikungan 6 dipakai

$$R_c = 67.75 \text{ m}$$

$$L_s = \frac{V_r}{3.6} \times T$$

$$= \frac{40}{3.6} \times 3$$

$$= 33.33 \text{ m}$$

$$\theta_s = \frac{90}{\pi} \times \frac{L_s}{R_c}$$

$$= \frac{90}{3.14} \times \frac{33.33}{67.75}$$

$$= 14.1^\circ$$

$$\Delta_c = \Delta_6 - 2\theta_s$$

$$= 54.83^\circ - 2 \times (14.1^\circ)$$

$$= 26.63^\circ$$

$$L_c = \frac{A_c}{360} \times (2\pi R_c)$$

$$= \frac{26.63}{360} \times (2 \times 3.14 \times 67.75)$$

$$= 31.47 \text{ m}$$

Syarat :

$$L_c > 25 \text{ m}$$

$$31.47 \text{ m} > 25 \text{ m} \text{ (OKE)}$$

Maka tikungan *spiral circle spiral* digunakan

$$X_s = L_s - \frac{L_s^2}{40 \times 67.75^2}$$

$$= 33.33 - \frac{33.33^2}{40 \times 67.75^2}$$

$$= 33.13 \text{ m}$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 \times R_c}$$

$$= \frac{33.33^2}{6 \times 67.75}$$

$$= 2.73 \text{ m}$$

$$K = X_s - R_c \times \sin \theta_s$$

$$= 33.13 - 67.75 \times \sin (14.1)$$

$$= 16.63 \text{ m}$$

$$P = Y_s - R_c \times (1 - \cos \theta_s)$$

$$= 2.73 - 67.75 \times (1 - \cos 14.1)$$

$$= 0.69 \text{ m}$$

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

$$= (67.75 + 0.69) \times \tan \frac{54.83}{2} + 16.63$$

$$= 52.13 \text{ m}$$

$$E_s = \frac{Rc+p}{\cos \Delta/2} - Rc$$

$$= \frac{67.75+0.69}{\cos 54.83/2} - 67.75$$

$$= 9.30 \text{ m}$$

$$L_{tot} = L_c + 2 \times L_s$$

$$= 31.47 + 2 \times 33.33$$

$$= 98.13 \text{ m}$$

Syarat :

$$L_{tot} < 2T_s = 98.13 \text{ m} < 2 \times 52.13 \text{ m} = 98.13 \text{ m} < 104.26 \text{ m} \text{ (OKE)}$$

a. Menentukan superelevasi rencana

Diketahui :

$$V \text{ rencana} = 40 \text{ Km/jam}$$

$$R \text{ rencana} = 70 \text{ m}$$

$$E \text{ maksimum} = 10 \%$$

$$F_{max} = -0.00065 \times (V_r) + 0.192 \text{ (untuk } V_r < 80 \text{ Km/Jam)}$$

$$= -0.00065 \times (40) + 0.192$$

$$= 0.166 \text{ m}$$

$$D_{max} = \frac{181913.53 (e_{max} + f_{max})}{40^2}$$

$$= \frac{181913.53 (0.10+0.166)}{40^2}$$

$$= 30.24^\circ$$

$$D_d = \frac{1432.39}{Rc}$$

$$= \frac{1432.39}{70}$$

$$= 20.46^\circ$$

$$e_d = \frac{-e_{max} \times D_d^2}{D_{max}^2} + \frac{2 \times e_{max} \times D_d}{D_{max}}$$

$$= \frac{-0.10 \times 20.46^2}{30.24^2} + \frac{2 \times 0.10 \times 20.46}{30.24}$$

$$= 0.089$$

$$= 8.9\%$$

Dari perhitungan diperoleh superelevasi rencana (ed) untuk tikungan 6 spiral circle spiral sebesar 8.9%.

b. Menentukan lebar perkerasan pada tikungan

Untuk menentukan lebar perkerasan tikungan digunakan kendaraan rencana truk dengan ketentuan sebagai berikut :

$$b = 2.5 \text{ m (Lebar kendaraan)}$$

$$p = 6.5 \text{ m (Jarak antar gandar)}$$

$$A = 1.5 \text{ m (Tonjolan depan kendaraan)}$$

$$V_r = 40 \text{ km/jam (Kecepatan rencana)}$$

$$R = 70 \text{ m (Radius lengkung)}$$

$$N = 2 \text{ (Jumlah lajur)}$$

$$c = 1 \text{ (Kebebasan samping)}$$

1. Lebar lintasan kendaraan pada tikungan

$$R_c = \text{Radius Lajur Sebelah Dalam} - \frac{1}{2} \text{ Lebar Perkerasan} + \frac{1}{2} b$$

$$= 70 - \frac{1}{2} \times 7 + \frac{1}{2} \times 2.5$$

$$= 67.75 \text{ m}$$

$$B = \frac{\sqrt{\sqrt{(Rc^2 - 64) + 1.25)^2 + 64} - \sqrt{(Rc^2 - 64) + 1.25}}{\sqrt{(67.75^2 - 64) + 1.25} + 1.25}$$

$$= 2.97 \text{ m}$$

2. Lebar tambahan akibat kesukaran dalam mengemudi

$$Z = \frac{0.105 V_r}{\sqrt{R}}$$

$$Z = \frac{0.105 (40)}{\sqrt{70}}$$

$$Z = 0.50 \text{ m}$$

3. Lebar perkerasan pada tikungan

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

$$B_t = 2(2.97 + 1) + 0.50$$

$$B_t = 8.4 \text{ m}$$

Ternyata $B_t > B_n = 8.4 \text{ m} > 7$ Karena $B_t > B_n$ maka diperlukan pelebaran perkerasan pada tikungan sebesar $8.4 - 7 = 1.4 \text{ m}$.

4.2 Perencanaan Alinemen Vertikal

Perencanaan Lengkung 1 (Cekung)

Sta PVI 2	355 + 635	Elevasi	10.49
-----------	-----------	---------	-------

Sta PVI 3	355 + 775	Elevasi	7.88
-----------	-----------	---------	------

Sta PVI 4	355 + 860	Elevasi	12.07
-----------	-----------	---------	-------

a) Perhitungan kelandaian

$$g_1 = \frac{E_{lv} PVI 3 - E_{lv} PV 2}{(STA PVI 3) - (STA PVI 2)} \times 100\%$$

$$= \frac{7.88 - 10.49}{385 + 775 - (385 + 635)} \times 100\%$$

$$= -1.862\% \text{ (kelandaian naik)}$$

$$g_2 = \frac{E_{lv} PVI 4 - E_{lv} PV 3}{(STA PVI 4) - (STA PVI 3)} \times 100\%$$

$$= \frac{12.07 - 7.88}{(385 + 860) - (385 + 775)} \times 100\%$$

$$= 4.940\% \text{ (kelandaian turun)}$$

b) Perbedaan Kelandaian

$$A = g_2 - g_1$$

$$= 4.940 - (-1.8622)$$

$$= 6.802\%$$

Dengan $A = 6.802\%$

$$V_r = 40 \text{ km/jam } J_{hmin} = 40 \text{ m}$$

$$L_{min} = 40 \text{ m } J_{dmin} = 200 \text{ m}$$

Maka dapat kita tentukan panjang lengkung (L) berdasarkan rumus jarak pandang henti (Jh) sebagai berikut :

1) Panjang lengkung berdasarkan jarak pandang henti (Jh)

$$\begin{aligned} \text{Untuk } Jh < L : L &= \frac{A \times Jh^2}{120+3,5 Jh} \\ &= \frac{6.802 \times 40^2}{120+3,5 \times 40} \\ &= 41,858 \text{ m} \end{aligned}$$

Syarat : $Jh < L$ $40 \text{ m} < 41,858 \text{ m}$ (Memenuhi)

$$\begin{aligned} \text{Untuk } Jh > L : L &= 2 Jh - \frac{120+3,5 Jh}{A} \\ &= 2 \times 40 - \frac{120+3,5 Jh}{6.802} \\ &= 41,775 \text{ m} \end{aligned}$$

Syarat : $Jh > L$ $40 \text{ m} > 41,775 \text{ m}$ (Tidak memenuhi).

Jadi jarak pandang henti (Jh) adalah 40 m.

- c) Perhitungan pergeseran titik tengah ke tengah busur lengkung

$$\begin{aligned} Ev &= \frac{A \times L}{800} \\ &= \frac{6.802 \times 40}{800} \\ &= 0,340 \text{ m} \end{aligned}$$

- d) Perhitungan tinggi elevasi vertikal

$$\begin{aligned} PLV 2 &= PVI 2 - \frac{g1}{100} \times \frac{Lv}{2} \\ &= 7,88 - \frac{-1,862}{100} \times \frac{40}{2} \\ &= 8,252 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PPV 2 &= PVI 2 + EV \\ &= 7,88 + 0,340 \text{ m} \\ &= 8,22 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PTV 2 &= PVI 2 + \frac{g2}{100} \times \frac{Lv}{2} \\ &= 7,88 + \frac{4,940}{100} \times \frac{40}{2} \\ &= 8,868 \text{ m} \end{aligned}$$

- e) Perhitungan Sta lengkung

$$\begin{aligned} \text{Sta PPV} &= 385+635 \text{ m} \\ \text{Sta PLV} &= \text{Sta PPV} - \frac{1}{2} L \\ &= 385+635 - \frac{1}{2} 40 \\ &= 385+615 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sta PTV} &= \text{Sta PPV} + \frac{1}{2} L \\ &= 385+635 + \frac{1}{2} 40 \\ &= 385+655 \text{ m} \end{aligned}$$

- f) Perhitungan elevasi rencana jalan

$$\begin{aligned} PVI 2 &= \text{Elv. Rencana PVI 2} + (\% \text{ Kelandaian} \times \text{Jarak PVI 2 Ke PVI 3}) \\ &= 7,88 + (\% \times 140) \\ &= 10,486 \text{ m} \end{aligned}$$

- g) Perhitungan beda tinggi

$$\begin{aligned} PVI 2 &= \text{Elevasi rencana PVI 2} - \text{Elevasi rencana jalan} \\ &= 10,49 - 10,486 \text{ m} \\ &= 0,001 \text{ m} \end{aligned}$$

Perencanaan lengkung 2 (cembung)

Sta PVI 3	355+775	Elevasi	7,88
-----------	---------	---------	------

Sta PVI 4	355+860	Elevasi	12,07
Sta PVI 5	356+274	Elevasi	10

- a) Perhitungan kelandaian

$$\begin{aligned} g1 &= \frac{\text{Elv PVI 4} - \text{Elv PVI 3}}{\text{STA PVI 4} - \text{STA PVI 3}} \times 100\% \\ &= \frac{12,07 - 7,88}{(385+860) - (386+274)} \times 100\% \\ &= 4,940 \% \text{ (Kelandaian naik)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} g2 &= \frac{\text{Elv PVI 5} - \text{Elv PVI 4}}{(385+274) - (385+860)} \times 100\% \\ &= \frac{10 - 12,07}{(385+860) - (386+274)} \times 100\% \\ &= -0,499 \% \text{ (Kelandaian turun)} \end{aligned}$$

- b) Perbedaan kelandaian

$$\begin{aligned} A &= g2 - g1 \\ &= -0,499 - 4,940 \\ &= -5,439 \% \end{aligned}$$

Dengan A = -5,439 %

$$Vr = 40 \text{ km/jam } Jh_{\text{min}} = 40 \text{ m}$$

$$L_{\text{min}} = 40 \text{ m } Jd_{\text{min}} = 200 \text{ m}$$

Maka dapat kita tentukan panjang lengkung (L) berdasarkan rumus jarak pandang henti (Jh) sebagai berikut :

- 1) Panjang lengkung berdasarkan jarak pandang henti (Jh)

$$\begin{aligned} \text{Untuk } Jh < L : L &= \frac{A \times Jh^2}{399} \\ &= \frac{5,439 \times 40^2}{399} \\ &= 21,810 \text{ m} \end{aligned}$$

Syarat : $Jh < L = 40 \text{ m} < 21,810 \text{ m}$ (Tidak memenuhi)

- 2) Panjang lengkung berdasarkan jarak pandang mendahului (Jd)

$$\begin{aligned} \text{Untuk } Jd < L : &= \frac{A \times Jd^2}{840} \\ &= \frac{5,439 \times 200^2}{840} \\ &= 259,000 \text{ m} \end{aligned}$$

Syarat : $Jd < L = 200 \text{ m} < 259,000 \text{ m}$ (Memenuhi)

- c) Perhitungan pergeseran titik tengah ke tengah busur lengkung

$$\begin{aligned} Ev &= \frac{A \times L}{800} \\ &= \frac{-5,439 \times 40}{800} \\ &= -0,272 \text{ m} \end{aligned}$$

- d) Perhitungan tinggi elevasi vertikal

$$\begin{aligned} PLV 4 &= PV 4 - \frac{g1}{100} \times \frac{Lv}{2} \\ &= 12,07 - \frac{4,940}{100} \times \frac{40}{2} \\ &= 11,082 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PPV 4 &= PV 4 + EV \\ &= 12,07 + (-0,272) \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 11.798 \text{ m} \\
 \text{PTV 4} &= \text{PV4} + \frac{g^2}{100} \times \frac{Lv}{2} \\
 &= 12.07 + \frac{0.499}{100} \times \frac{40}{2} \\
 &= 11.970 \text{ m}
 \end{aligned}$$

e) Perhitungan Sta lengkung

$$\begin{aligned}
 \text{Sta PPV} &= 385+860 \text{ m} \\
 \text{Sta PLV} &= \text{Sta PPV} - \frac{1}{2} 40 \\
 &= 385+860 - \frac{1}{2} 40 \\
 &= 385+840 \text{ m} \\
 \text{Sta PTV} &= \text{Sta PPV} + \frac{1}{2} 40 \\
 &= 385+860 + \frac{1}{2} 40 \\
 &= 385+880 \text{ m}
 \end{aligned}$$

f) Perhitungan elevasi rencana jalan

$$\begin{aligned}
 \text{PVI 4} &= \text{Elv. Rencana PVI 4} + (\% \text{ Kelandaian} \times \\
 &\quad \text{Jarak PVI 3 Ke PVI 4}) \\
 &= 12.07 + (4\% \times 85) \\
 &= 15.47 \text{ m}
 \end{aligned}$$

g) Perhitungan beda tinggi

$$\begin{aligned}
 \text{PVI 4} &= \text{Elevasi rencana PVI 4} - \text{Elevasi rencana} \\
 &\quad \text{jalan} \\
 &= 12.07 - 15.47 \\
 &= 3.4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4.3 Perencanaan Tebal Perkerasan

Kriteria Perencanaan

- Status/Fungsi Jalan : Jalan Provinsi/ Kolektor Primer
- Jumlah Jalur : 1 Jalur 2 Arah
- Kelas Jalan : III A
- Pertumbuhan lalu lintas (i) : Untuk daerah Sumatera dengan fungsi jalan kolektor Primer nilai (i) yang dipakai adalah 3.50%.

Menentukan Nilai R, DD, dan DL

- Faktor pertumbuhan lalu lintas dihitung dengan rumus seperti dibawah ini.

$$\begin{aligned}
 \text{R(2020-2022)} &= \frac{(1+0.01 i)^{UR}-1}{0.01 i} \\
 &= \frac{(1+0.01 \times 3.5)^2-1}{0.01 \times 3.5} \\
 &= 2.04 \\
 \text{R(2022-2040)} &= \frac{(1+0.01 i)^{UR}-1}{0.01 i} \\
 &= \frac{(1+0.01 \times 3.5)^{18}}{0.01 \times 3.5} \\
 &= 24.50
 \end{aligned}$$

Menentukan Nilai *Vehicle Damage Faktor* (VDF) *Vehicle damage faktor* adalah faktor ekuivalen beban pada masing-masing kendaraan.

Menentukan Nilai *ESA_s* dan *CESA_s*, beban sumbu kumulatif atau *Cummulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL), merupakan jumlah

kumulatif beban sumbu lalu lintas desain selama umur rencana.

$$\begin{aligned}
 \text{ESA5(2020-2022)} &= (\sum \text{LHRJK} \times \text{VDFJK}) \\
 &\quad \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R} \\
 &= (\sum 15 \times 1.0) \times 365 \times \\
 &\quad 0.50 \times 1 \times 2.04) \\
 &= 5584.5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ESA5(2022-2040)} &= (\sum \text{LHRJK} \times \text{VDFJK}) \times \\
 &\quad 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R} \\
 &= 1057443.69+7509464 \\
 &= 8566908.06
 \end{aligned}$$

Menentukan tipe dan struktur perkerasan, berdasarkan nilai *CESA_s* yang didapat yaitu 8566908.06 > 4 juta, maka dapat kita tentukan tipe perkerasan, maka didapatkan jenis struktur perkerasan dengan AC tebal ≥ 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (*ESA* pangkat 5) dengan menggunakan dagan desain 3B dengan pilihan struktur perkerasan FFF4 diperoleh :

- AC WC : 40 mm
- AC BC : 60 mm
- Ac Base : 105 mm
- LPA Kelas A : 300 mm

Hal ini disimpulkan bahwa tipe perkerasan sesuai dengan tujuan yaitu merencanakan tebal perkerasan lentur (*Flexible Pavement*).

- Segmen 1

Untuk nilai CBR pada segmen 1 yaitu dari STA 355+000 – STA 356+600.

Tabel 6. Nilai CBR sta 355+000 – sta 356+600

NO	NILAI CBR (%)
1	3.70
2	3.70
3	3.80
4	3.70
5	3.10
6	3.30
7	3.70
8	4.10
9	3.90

- Dengan 9 data CBR maka nilai $n = 9$
- Untuk persentil ke-10 maka indeks persentil adalah $10\% \times 9 = 0.9$
- Karena 0.9 adalah bilangan bulat maka dilakukan pembulatan ke bilangan 1
- Karena nilai indeks adalah 1 maka diperoleh nilai CBR pada segmen 1 adalah nilai CBR pada urutan ke-1 dan ke-2 yaitu $(3.70+3.70)/2 = 3.70\%$

2. Segmen 2

Untuk nilai CBR pada segmen 2 yaitu dari Sta 356+800 - Sta 358+600

Tabel 7. Nilai CBR sta 356+800 – sta 358+600

No	NILAI CBR (%)
1	3.60
2	3.70
3	4.40
4	4.10
5	4.00
6	4.00
7	3.70
8	3.70
9	4.10

- Dengan 9 data CBR maka nilai $n = 9$
- Untuk persentik ke-10 maka indeks persentil adalah $10\% \times 9 = 0.9$
- Karena 0.9 adalah bilangan bulat maka dilakukan pembulatan ke bilangan 1
- Karena nilai indeks adalah 1 maka diperoleh nilai CBR pada segmen 1 adalah nilai CBR pada urutan ke-1 dan ke-2 yaitu $(3.60+3.70)/2 = 3.65\%$

3. Segmen 3

Untuk nilai CBR pada segmen 3 yaitu dari Sta 358+600 – Sta 360+000.

Tabel 8. Nilai CBR sta 358+000 – sta 358+600

No.	NILAI CBR (%)
1	3.90
2	4.20
3	4.30
4	3.70
5	4.10
6	4.70
7	3.50
8	3.30

- Dengan 8 data CBR maka nilai $n = 8$
- Untuk persentil ke-10 maka indeks persentil adalah $10\% \times 8 = 0.8$
- Karena 0.8 adalah bilangan bulat maka dilakukan pembulatan ke bilangan 1
- Karena nilai indeks adalah 1 maka diperoleh nilai CBR pada segmen 1 adalah nilai CBR pada urutan ke-1 dan ke-2 yaitu $(3.90+4.20)/2 = 4.05\%$

Menentukan Desain pondasi dari Data CBR, desain pondasi jalan untuk tanah dengan nilai $CBR < 6\%$ membutuhkan penaikan tanah dasar atau material tanah dasar.

1. Segmen 1

CBR = 3.70% dibulatkan = 4.00% maka nilai tebal pondasi jalan dapat ditentukan.

2. Segmen 2

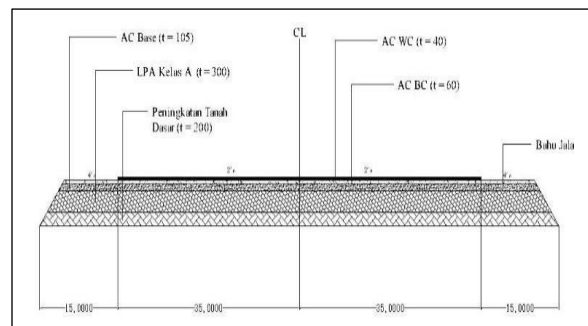
CBR Segmen 2 = 3.65% dibulatkan = 4.00 % maka nilai tebal pondasi jalan dapat ditentukan.

3. Segmen 3

CBR Segmen 3 = 4.00% maka nilai tabel pondasi jalan dapat ditentukan.

Tabel 9. Resume perencanaan perkerasan lentur

Segmen	AC-WC mm	AC-BC mm	AC-Base mm	LPA Kelas A mm	Peningkatan Tanah Dasar mm
1	40	60	105	300	200
2	40	60	105	300	200
3	40	60	105	300	200



Gambar 10. Detail perkerasan

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil perencanaan geometrik pada ruas jalan Bungo Tanjung-Teluk Tapang didapatkan alinemen horizontal sebanyak 16 tikungan yang terdiri dari tikungan *Full-Circle (FC)* sebanyak 14 tikungan, tikungan *Spiral-Circle-Spiral (S-C-S)* sebanyak 2 tikungan. Pada alinyemen vertikal terdapat 13 PVI (*Point Of Vertical Intersection*) atau titik perpotongan vertikal dengan jumlah lengkung cembung adalah 5 dan lengkung cekung adalah 7.

Hasil perhitungan tebal perkerasan lentur yang direncanakan untuk ruas jalan Bungo Tanjung-Teluk Tapang, didapatkan segmen 1 yaitu STA 355+000-STA 356+600 diperoleh hasil AC-WC 40 mm, AC-BC 60 mm, AC-Base 105 mm, LPA kelas A 300 mm, untuk segmen 2 yaitu dari STA 356+800-STA 358+600 diperoleh hasil AC-WC 40 mm, AC-BC 60 mm, AC-Base 105 mm, LPA Kelas A 300 mm, Segmen 3 yaitu dari STA 358+600-STA 360+000 diperoleh hasil AC-WC 40 mm, AC-BC 60 mm, AC-Base 105 mm, LPA Kelas A 300 mm, dan peningkatan tanah dasar 200 mm.



Dalam melakukan perencanaan dan perkerasan jalan harus berpedoman pada spesifikasi teknik dan peraturan sesuai standar yang terbaru agar pelaksanaan konstruksi jalan dapat terlaksana dengan baik dan efisien karena dengan perencanaan jalan yang baik akan meningkatkan tingkat keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bina Marga, 2017. *“Manual Desain Perkerasan Jalan”* No. 04/SE/Db/2017. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga.
- [2] Depertemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Maerga *“Pedoman Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota”*, No. 038/T/BM/1997. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenddral Bina Marga.
- [3] Hendarsin, S.L. 2000, *“Perencanaan Teknik Jalan Raya”* Bandung ; Politeknik Jakarta ; Badan Penerbit Standar Nasional Indonesia.
- [4] Pemerintah Republik Indonesia. 2004, *“Undang-Undang Republik Indonesia No. 38 Tahun 2004 tentang jalan”*. Jakarta : Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- [5] Pemerintah Republik Indonesia. 2006, *“Peraturan Pemerintah No. 34 Tahun 2006 tentang jalan”*. Jakarta : Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- [6] Saondang, H. 2004, *“Konstruksi Jalan Raya Buku 1 Geometrik Jalan”*. Bandung : Nova.
- [7] Saondang, H. 2005, *“Konstruksi Jalan Raya Buku 2 Perancangan Perkerasan Jalan Raya,”*. Bandung : Nova.
- [8] Sukirman, S.1999. *“Perencanaan Geometrik Jalan”*, Bandung : Nova.