

PERENCANAAN GEOMETRI DAN TEBAL PERKERASAN JALAN ALTERNATIF DI KABUPATEN PATI

Y.P Sari, A. Kristiawan, S. Budirahardjo³

*Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang
Gedung Pusat Lantai 3, Kampus 1 Jl. Sidodadi Timur 24, Semarang*

E-mail : yulypuspita97@gmail.com¹, kristiawan70ats@gmail.com², meetz.budi@gmail.com³

Abstrak

Saat ini jalan merupakan salah satu sektor yang paling banyak digunakan oleh masyarakat, Sementara dilihat kondisi saat ini, salah satu permasalahan yang dihadapi adalah jalur yang kurang mendukung. Perencanaan ini memiliki rumusan masalah bagaimana menentukan jalur alternatif, merencanakan dan menganalisa geometri jalan alternatif, dan merencanakan susunan tebal perkerasan jalan yang dibutuhkan pada jalan alternatif. Tujuan perencanaan ini adalah Untuk menentukan jalur alternatif, untuk merencanakan dan menganalisa geometri, dan untuk merencanakan susunan tebal perkerasan jalan yang di butuhkan pada jalan alternatif. Perencanaan ini menggunakan metode Tata Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota 1997 untuk perencanaan Geometri dan AASTHO 1993 untuk tebal perkerasan. Adapun sumber data yang digunakan adalah data – data sekunder dari Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Pati. Jenis jalan Pati – Karangwotan merupakan jalan kolektor dengan spesifikasi jalan, lebar perkerasan 2 x 3,5 m, dengan kecepatan rencana 60 km/jam dan direncanakan memiliki tikungan sebanyak 6, Alinyemen horizontal terdiri dari 3 tikungan S – C – S dan 3 tikungan S – S, perencanaan jalan Pati – Karangwotan direncanakan menggunakan perkerasan lentur (flexibel pavement) dengan bahan ; 1) Surface course : LASTON, 2) Base course : Batu pecah kelas A, (CBR = 100%) , 3) Subbase course : Material sirtu/pitrun (CBR = 70%), dengan tebal perkerasan yang didapat tiap lapisan ; 1) Surface course : 8,75 cm, 2) Base course : 15 cm, 3) Subbase course : 15 cm.

Kata Kunci : jalan alternatif, geometri jalan, flexibel pavement, AASTHO 1993

I. PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi yang merupakan unsur penting dalam kehidupan manusia terlebih lagi pada saat sekarang ini, mendukung kegiatan ekonomi, sosial, budaya dan pertahanan. Panjang jalan nasional, propinsi, kabupaten, dan kota telah mencapai lebih dari 300.000 km. Sejarah perkembangan jalan di Indonesia yang tercatat dalam sejarah bangsa adalah pembangunan jalan Daendles pada zaman Belanda, yang dibangun dari anyer di Banten sampai panarukan di Banyuwangi Jawa Timur, yang diperkirakan 1000 km. Pembangunan tersebut dilakukan dengan kerja paksa pada akhir abad 18, tujuan pembangunan pada saat itu terutama untuk kepentingan strategi dan dimasa tanam paksa untuk memudahkan pengangkutan hasil bumi. Saat ini jalan merupakan salah satu sektor yang paling banyak digunakan oleh masyarakat. Pemilihan terhadap penggunaan jalan pada umumnya disebabkan oleh beberapa hal, antara lain jangkauan yang luas, dan biaya oprasional yang lebih murah. Kabupaten pati merupakan salah satu wilayah yang sedang mengalami perkembangan yang cukup pesat, perkembangan ini disebabkan oleh perkembangan penduduk dan aktivitasnya. Sementara itu bila dilihat kondisi saat ini, salah satu permasalahan yang dihadapi adalah jalur yang kurang mendukung, sehingga pembuatan jalan yang menghubungkan Pati – Karangwotan di Kabupaten Pati yang bertujuan untuk memberi kelancaran, keamanan, dan memangkas jarak tempuh jalan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

1. Metodologi Penelitian

Untuk perencanaan geometri jalan alternatif disini menggunakan metode BINA MARGA dengan mengacu pada tata cara perencanaan Geometri Jalan Antar Kota Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga 1997. Dalam perencanaan tebal perkerasan jalan di skripsi ini menggunakan AASHTO1993, karna metode ini sudah dipakai secara umum diseluruh dunia, dan sudah diadopsi sebagai standar perencanaan diberbagai dunia.

2. Alinyemen Horisontal

Alinyemen horisontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horisontal atau proyeksi horisontal, sumbu jalan tegak lurus pada bidang horisontal.

2.1 Bagian Lurus

Panjang maksimum bagian lurus dapat ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit (sesuai VR) dengan pertimbangan keselamatan pengemudi akibat dari kelelahan.

2.2 Tikungan

Silva Sukirman (1999), tikungan adalah berupa garis lengkung yang menghubungkan antara garis – garis lurus pada alinyemen horizontal. Ada tiga jenis tikungan yaitu tikungan full circle (busur lingkaran saja), tikungan Spiral-Cicle-Spiral (busur lingkaran ditambah lengkung peralihan), tikungan Spiral-Spiral (busur perlihan saja).

2.3 Full Circle

Jenis tikungan full circle memiliki jenis tikungan paling ideal dilihat dari segi keamanan dan kenyamanan pengendara dan kendaraannya, namun apabila ditinjau dari penggunaanlahan dan biaya pembangunan terbatas. Tikungan ini adalah pilihan yang sangat mahal.

2.4 Tikungan spiral – circle – spiral

Bentuk tikungan ini digunakan pada daerah perbukitan atau pegunungan, karena memiliki lengkung peralihan yang memungkinkan perubahan menikung tidak mendadak dan tikungan tersebut menjadi lebih aman.

2.5 Tikungan spiral – spiral

Tikungan spiral – spiral adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga titik Sc berimpitan dengan titik Cs, sehingga membentuk tikungan yang tajam.

2.6 Superelevasi

Superelevasi adalah kemiringan melintang permukaan pada lengkung horizontal. Superelevasi bertujuan untuk memperoleh komponen berat kendaraan untuk mengimbangi gaya sentrifugal, semakin besar superelevasi semakin besar komponen berat kendaraan yang diperoleh.

2.7 Pelebaran jalur lalu lintas di tikungan

Pada tikungan kendaraan tidak dapat membuat lintasan sesuai lajur yang tersedia dalam halnya pada bagian yang lurus. Hal ini disebabkan karena kendaraan mempunyai panjang tertentu dimana pada waktu berbelok roda bagian belakang akan menjalani lintasan yang kedalaman roda depan.

2.8 Penentuan stasioning

Penentuan panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval – interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomer jalan (sta jalan) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk cepat mengenai lokasi yang sedang dibicarakan.

3. Lengkung vertikal

Lengkung vertikal direncanakan untuk mengubah secara bertahap dari dua macam kelandaiaan arah memanjang jalan pada setiap lokasi. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi guncangan yang timbul dari perubahan kelandaiaan dan menyediakan jarak pandang henti yang cukup untuk kenyamanan dan keamanan.

3.1 Lengkung vertikal cembung

Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada diatas permukaan jalan.

Panjang L, berdasarkan jarak pandang henti (Jh)

Panjang L berdasarkan jarak pandang mendahului (Jd)

3.2 Lengkung vertikal cekung

Lengkung ini memiliki perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan. Tidak memiliki dasar yang dapat digunakan untuk menentukan panjang lengkung cekung vertikal (L)

4. Perencanaan tebal perkerasan jalan

Dari hasil percobaan jalan AASHO untuk berbagai jenis kondisi dan jenis perkerasan, maka disusunlah perencanaan AASHO lalu kemudian berubah menjadi AASHTO. Dasar dari perencanaan AASHTO baik AASHTO'72, AASHTO'86, ataupun metode terbaru sekaang yait AASHTO'93 adalah persamaan seperti dibawah ini :

$$\log_{10} W_{18} = Z_R S_o + 9,36 \log_{10} (SN + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left(\frac{P_o - P_t}{P_o - P_f} \right)}{0,40 + \frac{1,094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \log_{10} M_r - 8,07$$

Dimana :

W_{18} = kumulatif beban gandar standar selama umur perencanaan (CESA).

Z_R = standard normal deviate

S_o = combined standard error dari prediksi lalu lintas dan kinerja

SN = struktural number

P_o = initial serviceability

P_t = terminal serviceability

P_f = failure serviceability

M_r = modulus resilien (psi)

5. Cara Perujukan dan Pengutipan

perencanaan diawali dengan menelaah perencanaan terdahulu yang berkaitan serta relevansi dengan perencanaan yang dianalisis maka dengan demikian dapat memberi rujukan, pelengkap serta pembanding dalam menyusun skripsi ini sehingga lebih memadai selain itu tujuan dari pengkajian ini pada perencanaan terdahulu untuk memberikan suatu deskripsi awal mengenai masalah dalam perencanaan ini. Setelah melakukan tinjauan terhadap pada perencanaan terdahulu, ditemukan beberapa perencanaan geometri jalan terdahulu.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perhitungan Azimuth

$$\begin{aligned} \alpha_{A-1} &= \text{ArcTg} \left(\frac{X_1 - X_A}{Y_1 - Y_A} \right) \\ &= \text{ArcTg} \left(\frac{3520 - 0}{700 - 1000} \right) + 180 \\ &= 94^\circ 52' 17,01'' \end{aligned}$$

2. Perhitungan Sudut PI (Δ)

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= \alpha_{A-1} - \alpha_{1-2} \\ &= 94^\circ 52' 17,01'' - 66^\circ 43' 37,55'' \\ &= 28^\circ 8' 39,46'' \end{aligned}$$

3. Menghitung Jarak Antar PI

$$\begin{aligned} d_{A-1} &= \sqrt{(X_1 - X_A)^2 + (Y_1 - Y_A)^2} \\ &= \sqrt{(3520 - 0)^2 + (1000 - 700)^2} \\ &= 3532,76 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 1 hasil perhitungan

Perhitungan Azimut	Perhitungan Sudut PI (Δ)	Menghitung Jarak Antar PI
94° 52' 17,01''	28° 8' 39,46''	3532,76 m
66° 43' 37,55''	17° 13' 18,28''	1012,37 m
83° 56' 55,83''	16° 46' 55,95''	2845,85 m
67° 9' 58,84''	9° 15' 14,09''	1030,77 m
76° 25' 13,97''	6° 27' 15,97''	2129,53 m
82° 52' 29,94''	17° 6' 9,82''	806,22 m
65° 46' 20,12''		2193,17 m

4. Perhitungan Alinyemen Horizontal

Data : peta yang dipakai peta Kabupaten Pati

Kelas III kolektor

Klasifikasi medan :

Dari tabel II.6 TPGJAK Tahun 1997

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

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

$$e_n = 2\%$$

$$\text{Lebar perkerasan (w)} = 2 \times 3,5 = 7$$

$$\begin{aligned} f_{\max} &= 0,192 - (0,00065 \times V_r) \\ &= 0,192 - (0,00065 \times 60) \\ &= 0,153 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{\min} &= \frac{V_r^2}{127 (e_{\max} + f_{\max})} \\ &= \frac{60^2}{127 (10\% + 0,153)} \\ &= 112,041 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{\max} &= \frac{181913,53 \times (e_{\max} + f_{\max})}{V_r^2} \\ &= \frac{181913,53 \times (10\% + 0,153)}{60^2} \end{aligned}$$

$$= 12,784 \text{ m}$$

1. Tikungan PI₁

Diketahui :

$$\Delta_1 = 28^\circ 8' 39,46''$$

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

$$R_{\min} = 112$$

$$\text{Direncanakan } Rr = 450$$

a. Menentukan Superelevasi

$$Dd = \frac{1432,39}{Rr}$$

$$= \frac{1432,39}{450}$$

$$= 3,183^\circ$$

$$e_{tjd} = \frac{-e_{max} \times Dd^2}{D_{max}} + \frac{2 \times e_{max} \times Dd}{D_{max}}$$

$$= \frac{-0,10 \times 3,183^2}{12,784^2} + \frac{2 \times 0,10 \times 3,183}{12,784}$$

$$= 0,0435$$

$$= 4,35 \%$$

b. Hitungan Lengkung Peralihan

Berdasarkan waktu tempuh maksimum (3 detik) untuk melintasi lengkung peralihan, maka panjang lengkung :

$$Ls = \frac{Vr}{3,6} \times T$$

$$= \frac{60}{3,6} \times 3$$

$$= 50$$

Berdasarkan rumus modified short :

$$Ls = 0,022 \times \frac{Vr^3}{Rr \times c} - 2,727 \frac{Vr \times e_{tjd}}{c}$$

$$= 0,022 \times \frac{60^3}{450 \times 0,4} - 2,727 \frac{60 \times 0,0435}{0,4}$$

$$= 8,606 \text{ m}$$

Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaiaan :

$$Ls = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \times re} \times Vr$$

Dimana re = tingkat pencapaian perubahan kalandaiaan melintang jalan, untuk $Vr \leq 60 \text{ km/jam}$ re max = 0,035 m/m/det

$$Ls = \frac{(0,1 - 0,02)}{3,6 \times 0,035} \times 60$$

$$= 38,095 \text{ m}$$

Dipakai nilai $L_s = 50$

c. Perhitungan θ_s , Δc dan L_c

$$\begin{aligned}\Theta_s &= \frac{L_s \times 360}{4 \times \pi \times Rr} \\ &= \frac{50 \times 360}{4 \times 3,14 \times 450} \\ &= 3^\circ 11' 4,97''\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta c &= \Delta P I_1 - (2 \times \theta_s) \\ &= 28^\circ 8' 39,46'' - (2 \times 3^\circ 11' 4,97'') \\ &= 21^\circ 46' 29,52''\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_c &= \frac{\Delta c \times Rr \times \pi}{180} \\ &= \frac{21^\circ 46' 29,52'' \times 450 \times 3,14}{180} \\ &= 170,93 \text{ m}\end{aligned}$$

Syarat tikungan jenis s - c - s

$$\Delta c > 0^\circ = 21^\circ 46' 29,52'' \quad (\text{ok})$$

$$L_c > 20 = 170,93 > 20 \quad (\text{ok})$$

d. Perhitungan Besaran Besaran Tikungan

$$\begin{aligned}X_s &= L_s \left(1 - \frac{L_s}{40 \times Rr^2}\right) \\ &= 50 \left(1 - \frac{50}{40 \times 450^2}\right) \\ &= 49,99 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Y_s &= \frac{L_s^2}{6 \times Rr} \\ &= \frac{50^2}{6 \times 450} \\ &= 0,92 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P &= \frac{L_s^2}{6 \times Rr} - Rr (1 - \cos \theta_s) \\ &= \frac{50^2}{6 \times 450} - 450 (1 - \cos 3^\circ 11' 4,97'') \\ &= 0,23 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}K &= L_s - \left(\frac{L_s^3}{40 \times Rr^2}\right) - Rr \times \sin \theta_s \\ &= 50 - \left(\frac{50^3}{40 \times 250^2}\right) - 250 \times \sin 3^\circ 11' 4,97'' \\ &= 36,06 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_t &= (Rr + P) \times \tan \frac{1}{2} \Delta P I_1 + K \\ &= (450 + 0,23) \times \tan \frac{1}{2} \times 28^\circ 8' 39,46'' + 36,06 \\ &= 148,91 \text{ m}\end{aligned}$$

$$E_t = \frac{(Rr + P)}{\cos \frac{1}{2} \Delta P I_1} - Rr$$

$$= \frac{(450+0,23)}{\cos \frac{1}{2} 28^{\circ} 8' 39,46''} - 450$$

$$= 14,15 \text{ m}$$

$$L_t = L_c + (2 \times L_s)$$

$$= 170,93 + (2 \times 50)$$

$$= 270,93 \text{ m}$$

Kontrol perhitungan

$$2 \times T_t > L_t$$

$$2 \times 148,91 \text{ m} > 270,93 \text{ m}$$

$$297,82 \text{ m} > 270,93 \text{ m}$$

Tikungan s – c – s dapat digunakan

e. Perhitungan Pelebaran Perkerasan di Tikungan

Jalan kelas III (kolektor) muatan sumbu terberat 8 ton sehingga direncanakan kendaraan terberat yang melintas adalah kendaraan sedang.

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

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

$$n = 2 \text{ (jumlah jalur lintasan)}$$

$$c = 0,8 \text{ (kebebasan samping)}$$

$$b = 2,6 \text{ m (lebar lintasan kendaraan sedang pada jalan lurus)}$$

$$p = 7,6 \text{ m (jarak antar as roda depan dan belakang kendaraan sedang)}$$

$$A = 2,1 \text{ m (tanjakan jalan depan sampai bumper kendaraan sedang)}$$

Secara analitis :

$$B = n(b' + c) + (n - 1) T_d + Z$$

Dimana :

$$B = \text{lebar perkerasan pada tikungan}$$

$$n = \text{jumlah lajur lintasan (2)}$$

$$b = \text{lebar lintasan kendaraan pada tikungan}$$

$$c = \text{kebebasan samping (0,8)}$$

$$T_d = \text{lebar melintang akibat tanjakan depan}$$

$$Z = \text{lebar tambahan akibat kelainan dalam mengemudi}$$

Perhitungan :

$$b'' = R_r - \sqrt{R_r^2 - p^2}$$

$$= 450 - \sqrt{450^2 - 7,6^2}$$

$$= 0,064 \text{ m}$$

$$b' = b + b''$$

$$= 2,6 + 0,064$$

$$= 2,664 \text{ m}$$

$$T_d = \sqrt{R_r^2 + A(2p + A)} - R_r$$

$$= \sqrt{450^2 + 2,1(2 \times 7,6 + 2,1)} - 450$$

$$= 0,040 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} Z &= 0,105 \times \frac{Vr}{\sqrt{Rr}} \\ &= 0,105 \times \frac{60}{\sqrt{450}} \\ &= 0,296 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= n (b' + c) + (n - 1) \times Td + z \\ &= 2 (2,664 + 0,8) + (2 - 1) \times 0,040 + 0,296 \\ &= 7,264 \text{ m} \end{aligned}$$

Lebar perkerasan pada jalan lurus $2 \times 3,5 = 7 \text{ m}$

Ternyata $B > 7\text{m}$

$$7,264 > 7\text{m}$$

$$7,264 - 7 = 0,264 \text{ m}$$

Karena $B > w$ jadi diperlukan pelebaran perkerasan sebesar $0,264 \text{ m}$

f. Perhitungan Kebebasan Samping pada PI_1

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

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

$$w = 2 \times 3,5 = 7 \text{ m}$$

- Jh minimum menurut TPGJAK 1997 hal 21 = 75 m

- Jd menurut TPGJAK 1997 hal 22 = 350 m

Kebebasan samping yang tersedia Eo :

$$\begin{aligned} Eo &= 0,5 (\text{lebar daerah pengawasan} - \text{lebar perkerasan}) \\ &= 0,5 (40 - 7) \\ &= 16,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan jarak pandang henti (Jh)

$$\begin{aligned} Jh &= 0,694 \cdot Vr + 0,004 (Vr^2 / (f)) \\ &= 0,694 \cdot 60 + 0,004 (60^2 / (0,35)) \\ &= 82,78 \text{ m} \end{aligned}$$

Kebebasan samping yang diperlukan (E)

$$Jh = 82,78 \text{ m}$$

$$Lt = 270,93 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} R' &= Rr - \frac{w}{4} \\ &= 450 - \frac{7}{4} \\ &= 448,25 \text{ m} \end{aligned}$$

Karna $Jh < Lt$ maka menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} E &= R' \left(1 - \cos \frac{Jh \times 90}{\pi \times R'} \right) \\ &= 448,25 \left(1 - \cos \frac{82,78 \times 90}{3,14 \times 448,25} \right) \\ &= 1,91 \text{ m} \end{aligned}$$

Nilai $E < Eo$ ($1,91 < 16,5$)

Kesimpulan :

Kebebasan samping yang diperlukan = $1,91 \text{ m}$

Kebebasan samping berdasarkan jarak henti = $82,78 \text{ m}$

Nilai $E < Eo = 1,91 \text{ m} < 16,5 \text{ m}$

Karena nilai $E < E_o$ maka daerah kebebasan samping yang tersedia mencukupi dan tidak perlu dipasang rambu dilarang menyiap.

Tabel 2 Hasil Perhitungan Alinyemen Horizontal

Perhitungan	Tikungan					
	PI1 S – C – S	PI2 S – S	PI3 S – C – S	PI4 S – C – S	PI5 S – S	PI6 S – S
Δ	28° 8' 39,46"	17° 13' 18,28"	16° 46' 56,98"	9° 15' 14,09"	17° 13' 18,28"	17° 6' 9,82"
Rr	450 m	200 m	350 m	250	300 m	150
e	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Ls	50 m	50 m	50 m	19,09	30,77 m	40,95m
Lc	170,93 m	7,56 m	52,46 m	21,26 m	19,00 m	3,80 m
θ_s	3° 11' 4,97"	8° 36' 39,14"	4° 5' 40,67"	2° 11' 19,18"	1° 24' 40,13"	8° 33' 4,91"
Xs	49,99 m	-	49,99 m	19,08 m	-	-
Ys	0,92 m	-	1,19 m	0,24 m	-	-
P	0,23 m	0,75 m	0,29 m	0,06 m	0,05 m	0,55 m
K	36,06 m	29,99 m	24,98 m	9,53 m	13,87 m	22,44 m
Ts	-	60,38 m	-	-	30,78 m	45,07 m
Es	-	3,03 m	-	-	0,52 m	2,24 m
Lt	270,93	120,16	152,46	59,44	33,77	89,5
Tt	148,91 m	-	76,65 m	29,76 m	-	-
Et	14,15 m	-	4,08 m	0,87 m	-	-

Tabel 3 Hasil Pelebaran Perkerasan di Tikungan

Tikungan	b''	b'	Td	Z	B	W	Penambahan Pelebaran (B-W)
PI1	0,064 m	2,664 m	0,040 m	0,296 m	7,264 m	7 m	0,264 m
PI2	0,14 m	2,74 m	0,09 m	0,44 m	7,61 m	7 m	0,61 m
PI3	0,08 m	2,68 m	0,05 m	0,33 m	7,34 m	7 m	0,34 m
PI4	0,11 m	2,71 m	0,07 m	0,39 m	7,48 m	7 m	0,48 m
PI5	0,09 m	2,69 m	0,06 m	0,36 m	7,4 m	7 m	0,4 m
PI6	0,19 m	2,79 m	0,12 m	0,51 m	7,81 m	7 m	0,81 m

Tabel 4 Hasil Perhitungan Kebebasan Samping

Tikungan	R'	Lebar Pengawasan	Eo	E Berdasarkan Jh	E berdasarkan Jd	Keterangan $E < E_o$ aman $E > E_o$ tidak aman
PI1	448,25 m	2 x 3,5 m	16,5 m	82,78	1,91 m	Karena nilai $E < E_o$ maka daerah kebebasan samping yang tersedia mencukupi dan tidak perlu dipasang rambu dilarang menyiap.
PI2	198,25 m	2 x 3,5 m	16,5 m	82,78	4,30 m	Karena nilai $E < E_o$ maka daerah kebebasan samping yang tersedia mencukupi dan tidak perlu dipasang rambu dilarang menyiap.
PI3	348,25 m	2 x 3,5 m	16,5 m	82,78	2,45 m	Karena nilai $E < E_o$ maka daerah kebebasan samping yang tersedia mencukupi dan tidak perlu dipasang rambu dilarang menyiap.
PI4	248,25	2 x 3,5 m	82,78	82,78	5,37 m	Karena nilai $E < E_o$ maka

	m		m			daerah kebebasan samping yang tersedia mencukupi dan tidak perlu dipasang rambu dilarang menyiap.
PI5	298,25 m	2 x 3,5 m	16,5 m	82,78	6,25 m	Karena nilai $E < E_o$ maka daerah kebebasan samping yang tersedia mencukupi dan tidak perlu dipasang rambu dilarang menyiap.
PI6	148,25 m	2 x 3,5 m	16,5 m	82,78	5,74 m	Karena nilai $E < E_o$ maka daerah kebebasan samping yang tersedia mencukupi dan tidak perlu dipasang rambu dilarang menyiap.

5. Alinyemen vertikal

Tabel 5 Data Titik PVI Kelandaiaan yang Sudah Disesuaikan

N0	Titik	STA	Elevasi	Beda tinggi	Jarak datar	Kelandaiaan memanjang	Kelandaiaan memanjang yang sudah disesuaikan
1	A	0+000	900	100	1950	5,12	5,12
2	PVI 1	1+950	1000	100	1750	5,71	5,71
3	PVI2	3+700	1100	100	1300	7,69	7,69
4	PVI3	5+000	1200	200	1850	10,81	8
5	PVI4	6+850	1400	0	750	0	0
6	PVI 5	7+600	1400	200	500	40	8
7	PVI 6	8+100	1600	0	650	0	0
8	PVI 7	8+750	1600	600	1450	41,37	8
9	PVI 8	10+200	2200	0	300	0	0
10	PVI 9	10+500	2200	300	700	42,85	8
11	PVI 10	11+200	2500	0	750	0	0
12	PVI 11	11+950	2500	800	1150	69,59	8
13	B	13+100	3300				

Perhitungan Lv

$$\begin{aligned} A &= g_2 - g_1 \\ &= 5,71 - 5,12 \\ &= 0,59 \% \end{aligned}$$

➤ Syarat keluwesan bentuk

$$\begin{aligned} Lv &= 0,6 \times V \\ &= 0,6 \times 60 \\ &= 36 \text{ m} \end{aligned}$$

➤ Syarat drainase

$$\begin{aligned} Lv &= 40 \times A \\ &= 40 \times 0,59 \\ &= 23,6 \text{ m} \end{aligned}$$

➤ Syarat kenyamanan

$$\begin{aligned} Lv &= V \times t \\ &= 60 \text{ km/jam} \times 3 \text{ detik} \\ &= 50 \text{ m} \end{aligned}$$

➤ Syarat guncangan

$$\begin{aligned} Lv &= \frac{V^2 \times A}{360} \\ &= \frac{60^2 \times 0,59}{360} \\ &= 5,9 \text{ m} \end{aligned}$$

Diambil Lv terbesar, yaitu 50 m

$$\begin{aligned} Ev &= \frac{A \times Lv}{800} \\ &= \frac{0,59 \times 50}{800} \\ &= 0,03 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y &= \frac{A \times x^2}{200 \times Lv} \\ &= \frac{A \times (\frac{1}{4} \times Lv)^2}{200 \times Lv} \\ &= \frac{0,59 \times (\frac{1}{4} \times 50)^2}{200 \times 50} \\ &= 0,009 \text{ m} \end{aligned}$$

Stationing Lengkung Vertikal PVI₁

$$\begin{aligned} \text{Sta A} &= \text{Sta PVI}_1 - \frac{1}{2} Lv \\ &= 1+950 - (\frac{1}{2} \times 50) \\ &= 1+925 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sta B} &= \text{Sta PVI}_1 - \frac{1}{4} Lv \\ &= 1+950 - (\frac{1}{4} \times 50) \end{aligned}$$

$$= 1+937,5 \text{ m}$$

$$\text{Sta C} = \text{Sta PVI}_1$$

$$= 1+950 \text{ m}$$

$$\text{Sta D} = \text{Sta PVI}_1 + \frac{1}{4} L_v$$

$$= 1+950 + (\frac{1}{4} \times 50)$$

$$= 1+962,5 \text{ m}$$

$$\text{Sta E} = \text{Sta PVI}_1 + \frac{1}{2} L_v$$

$$= 1+950 + (\frac{1}{2} \times 50)$$

$$= 1+975 \text{ m}$$

levasi Lengkung Vertikal

$$\text{Elevasi a} = \text{Elevasi PVI}_1 - (\frac{1}{2} L_v \times g_1)$$

$$= 1000 - (\frac{1}{2} \times 50 \times 5,12\%)$$

$$= 998,72 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi b} = \text{Elevasi PVI}_1 - (\frac{1}{4} L_v \times g_1) + y$$

$$= 1000 - (\frac{1}{4} \times 50 \times 5,12\%) + 0,009$$

$$= 999,36 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi c} = \text{Elevasi PVI}_1 + E_v$$

$$= 1000 + 0,03$$

$$= 1000,03 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi d} = \text{Elevasi PVI}_1 + (\frac{1}{4} L_v \times g_2) + y$$

$$= 1000 + (\frac{1}{4} \times 50 \times 5,71\%) + 0,009$$

$$= 1000,72 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi e} = \text{Elevasi PVI}_1 + (\frac{1}{2} L_v \times g_2)$$

$$= 1000 + (\frac{1}{2} \times 50 \times 5,71\%)$$

$$= 1001,42 \text{ m}$$

Tabel 6 Hasil Perhitungan Kelandaian Memanjang

No	Titik	Titik	Stasioning	Elevasi	Jarak	Kelandaian Memanjang yang sudah disesuaikan
1	A	A	0+000	900	1+950	5,12
		B	1+925	998,72		
2	PVI ₁	B	1+937,5	999,36	1+750	5,71
		C	1+950	1000,03		
		D	1+962,5	1000,72		
3	PVI ₂	E	1+975	1001,42	1+300	7,69
		A	3+660,4	1097,73		
		B	3+680,2	1098,90		
		C	3+700	1100,19		
		D	3+719,8	1101,56		
4	PVI ₃	E	3+739,6	1103,04	1+850	8
		A	4+975	1198,07		
		B	4+987,5	1199,04		
		C	5+000	1200,01		
		D	5+012,5	1201,00		
5	PVI ₄	E	5+025	1202	750	0
		A	6+825	1398		
		B	6+837,5	1398,87		
		C	6+850	1399,5		
		D	6+862,5	1399,87		
6	PVI ₅	E	6+875	1400	500	8
		A	7+575	1400		
		B	7+587,5	1400,1		
		C	7+600	1400,5		
		D	7+612,5	1401,12		
7	PVI ₆	E	7+625	1402	650	0
		A	7+940	1587,2		
		B	8+020	1592,8		
		C	8+100	1596,8		
		D	8+180	1599,2		
8	PVI ₇	E	8+260	1600	1+450	8
		A	8+725	1600		
		B	8+737,5	1600,1		
		C	8+750	1600,5		
		D	8+762,5	1601,1		
9	PVI ₈	E	8+877,5	1602	300	0
		A	10+125	2198		
		B	10+187,5	2198,8		
		C	10+200	2199,5		
		D	10+212,5	2199,87		
		E	10+225	2200		

10	PVI ₉	A	10+475	2200	700	8
		B	10+487,5	2200,1		
		C	10+500	2200,5		
		D	10+512,5	2201,1		
		E	10+525	2202		
11	PVI ₁₀	A	11+175	2498	750	0
		B	11+187,5	2498,8		
		C	11+200	2499,5		
		D	11+212,5	2499,8		
		E	11+225	2500		
12	PVI ₁₁	A	11+725	2500	1+150	8
		B	11+937,5	2500,1		
		C	11+950	2500,5		
		D	11+962,5	2501,1		
		E	11+975	2502		
13	B		13+100	3300		

6. Perhitungan Tebal Perkerasan

Menentukan angka struktural (SN) perkerasan lentur jalan (flexibel pavement)

Diketahui sebagai berikut :

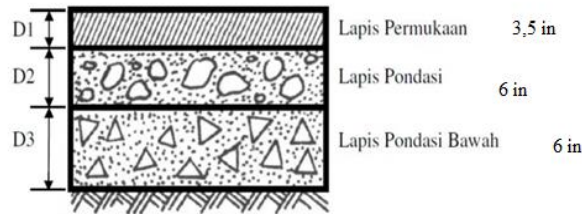
- W₁₈ jumlah beban ekivalen (ESAL) = 1000000 ESAL
 - Z_R (Deviasi standar normal) = -1,037
 - S_O (deviasi standar keseluruhan) = 0,45
 - ΔPSI (kehilangan kemampuan layanan) P₀ – P_t = 1,7
- SN₁ → M_R = 74000 psi

$$\begin{aligned}
 - \text{Log}_{10}(W_{18}) &= Z_R \times S_O + 9,36 \times \text{log}_{10}(SN_1 + 1) - 0,20 + \frac{\text{log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4,2-1,5}\right)}{0,40 + \frac{1094}{(SN_1+1)^{5,19}}} + 2,32 \times \text{log}_{10}(M_R) - 8,07 \\
 - \text{Log}_{10}(1000000) &= -1,037 \times 0,45 + 9,36 \times \text{log}_{10}(SN_1 + 1) - 0,20 + \frac{\text{log}_{10}\left(\frac{1,7}{4,2-1,5}\right)}{0,40 + \frac{1094}{(SN_1+1)^{5,19}}} + 2,32 \times \text{log}_{10}(74000) - 8,07 \\
 - 6 &= -0,46665 + 9,36 \times \text{log}_{10}(SN + 1) - 0,20 + \frac{-0,20091}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 3,22661 \\
 - 6 + 0,46665 - 3,22661 &= 9,36 \times \text{log}_{10}(SN + 1) - 0,20 + \frac{-0,20091}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} \\
 - 3,24004 &= 9,36 \times \text{log}_{10}(SN + 1) - 0,20 + \frac{-0,20091}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} \\
 - 3,24004 &= 9,36 \times \text{log}_{10}(1,34 + 1) - 0,20 + \frac{-0,13469}{0,40 + \frac{1094}{(1,34+1)^{5,19}}} \\
 - 3,24004 &= 9,36 \times 0,36921 - 0,20 + \frac{-0,13469}{0,40 + 13,2674} \\
 - 3,24004 &= 9,36 \times 0,36921 - 0,20 + (-0,009850) \\
 - 3,24004 &= 3,24 \\
 &\rightarrow \text{jadi nilai } SN_1 = 1,34
 \end{aligned}$$

Angka struktural 1 (SN_1)

$$D_1 = \frac{SN_1}{\alpha_1} = \frac{1,34}{0,4} = 3,35 \text{ in}$$

$$D_1 = 3,5 \text{ in} \rightarrow D_1 = 8,75 \text{ cm}$$



Gambar 1. Tebal Perkerasan

IV. KESIMPULAN

Jenis jalan Pati – Karangwotan merupakan jalan kolektor dengan spesifikasi jalan, lebar perkerasan 2 x 3,5 m, dengan kecepatan rencana 60 km/jam dan direncanakan memiliki tikungan sebanyak 6. Hasil dari hitungan lengkung horizontal adalah sebagai berikut : Pada PI_1 dengan tikungan spiral – circle – spiral, jari – jari lengkung yang direncanakan 450 m, dengan Δ_1 sebesar $28^\circ 8' 39,46''$ Pada PI_2 dengan tikungan spiral – spiral, jari – jari lengkung yang direncanakan 200 m, dengan Δ_2 sebesar $17^\circ 13' 18,28''$ Pada PI_3 dengan tikungan spiral – circle – spiral, jari – jari lengkung yang direncanakan 350 m, dengan Δ_3 sebesar $16^\circ 46' 56,98''$ Pada PI_4 dengan tikungan spiral – circle – spiral, jari – jari lengkung yang direncanakan 250 m, dengan Δ_4 sebesar $9^\circ 15' 14,09''$ Pada PI_5 dengan tikungan spiral – spiral, jari – jari lengkung yang direncanakan 300 m, dengan Δ_5 sebesar $17^\circ 13' 18,28''$ Pada PI_6 dengan tikungan spiral – spiral, jari – jari lengkung yang direncanakan 150 m, dengan Δ_6 sebesar $17^\circ 6' 9,82''$. Pelebaran jalan pada lalu lintas di tikungan Pada PI_1 hasil perhitungan pelebaran pada tikungan adalah sebesar 1,91 m. Pada PI_2 hasil perhitungan pelebaran pada tikungan adalah sebesar 0,61 m. Pada PI_3 hasil perhitungan pelebaran pada tikungan adalah sebesar 0,34 m. Pada PI_4 hasil perhitungan pelebaran pada tikungan adalah sebesar 0,48 m. Pada PI_5 hasil perhitungan pelebaran pada tikungan adalah sebesar 0,4 m. Pada PI_6 hasil perhitungan pelebaran pada tikungan adalah sebesar 0,81 m. Pada perencanaan jalan Pati – Karangwotan direncanakan menggunakan perkerasan lentur (flexibel pavement). Bahan yang digunakan : Surface course : LASTON. Base course : Batu Pecah Kelas A, CBR = 100%. Subbase course: Material Sirtu/pitrun, CBR = 70% Dengan perhitungan yang telah dilakukan tebal perkerasan yang didapat tiap lapisan adalah : Surface course: 8,75 cm. Base course : 15 cm. Subbase corse : 15 cm

V. REFERENSI

- [1] Anindya, Astrid, dan Putri, Anneke. 2016. *Perencanaan Geometri dan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Tol Palembang - Indralayasta 16+000 – 21 +981 Provinsi Sumatra Selatan*.
- [2] American Association of State Highway and Transportation Official (ASSHTO) 1993. Washington D.C
- [3] Cahyadi, Indra, Andika .2011. *Perencanaan Geometri, Tebal Perkerasan Dan Rencana Anggaran Biaya, Ruas Jalan Tingkir Tengah-Bendosari Kotamadya Salatiga*.
- [4] Dimara, Deviestzon, Ishak. 2017. *Aplikasi Geometri Jalan Dengan Menggunakan Autocad Land Development, Ruas Jalan Aminweri – Yendoker Sejauh 10,5 km, Kabupaten Supiori-Papua*.

- [5] Direktorat Bina Program Direktorat Jendral Bina Marga Kementrian Pekerjaan Umum 2011
- [6] Direktorat Jendral Bina Marga, 1997, Tata Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No 038/T/BM/1997, Badan Penertiban Pekerjaan Umum Jakarta
- [7] Ditjen P.U Bina Marga 1987. Penentuan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Bina Marga Metode Analisis Komponen SKBI
- [8] Direktorat Jendral Bina Marga, 1970, Peraturan Perencanaan Geometri Jalan Raya No. 13/1970, Badan Penertiban Pekerjaan Umum, Jakarta
- [9] Widyastuti, Sri. 2010. Perencanaan Gerometri, Tebal Perkerasan Dan Rencana Anggaran Biaya, Ruas Jalan Blumbang Kidul – Bulakrejo. Kabupaten Karanganyar.