

PERENCANAAN ALTERNATIF JALAN TOL SEMARANG-DEMAK SEKSI 1

Rendy Dwi Febrian¹, Udi Subagyo², Muhamad Fajar Subkhan³

Mahasiswa Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang², Dosen Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang³

Email: rendydwifebrian@gmail.com¹, udi.subagyo@polinema.ac.id², m_fajarsubkhan@yahoo.co.id³

ABSTRAK

Jalan Tol Semarang–Demak Seksi 1 merupakan bagian dari infrastruktur strategis yang direncanakan untuk mendukung kelancaran transportasi sekaligus mengatasi permasalahan banjir rob di kawasan pesisir. Trase awal pada jalur laut dan tambak memerlukan timbunan besar serta berpotensi menimbulkan kompleksitas teknis. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merencanakan alternatif trase Jalan Tol Semarang–Demak Seksi 1 melalui jalur darat yang lebih efisien dari aspek teknis. Perencanaan geometrik mengacu pada Geometri Jalan Bebas Hambatan untuk Jalan Tol Nomor 007/BM/2009 dan Pedoman Desain Geometrik Jalan No. 13/P/BM/2021. Hasil penelitian menunjukkan bahwa diperoleh dua alternatif trase yang memenuhi kriteria teknis, yaitu Trase Alternatif 1 sepanjang 8.656,01 m dan Trase Alternatif 2 sepanjang 8.676,17 m. Dengan demikian, diperoleh dua alternatif trase yang memenuhi kriteria. Hasil perencanaan menunjukkan bahwa kedua alternatif trase memiliki 7 tikungan horizontal, yang seluruhnya menggunakan tipe Spiral–Circle–Spiral (S-C-S), serta 10 lengkung vertikal yang terdiri atas 3 lengkung cekung (sag curve) dan 7 lengkung cembung (crest curve). Seluruh elemen geometrik yang direncanakan telah memenuhi persyaratan desain sehingga kedua alternatif trase dinyatakan layak untuk diterapkan secara teknis.

Kata kunci : jalan tol; trase alternatif; geometrik jalan.

ABSTRACT

The Semarang–Demak Section 1 Toll Road is part of a strategic infrastructure project designed to improve transportation connectivity while addressing tidal flooding (rob) in coastal areas. The initial alignment, which traverses marine and aquaculture pond areas, requires substantial embankment construction and may lead to significant technical challenges. Therefore, this study aims to develop an alternative land-based alignment for the Semarang–Demak Section 1 Toll Road that is more technically efficient. The geometric design was carried out in accordance with Geometri Jalan Bebas Hambatan untuk Jalan Tol No. 007/BM/2009 and Pedoman Desain Geometrik Jalan No. 13/P/BM/2021. The results indicate that two alternative alignments satisfy the applicable technical design criteria, namely Alternative Alignment 1 with a length of 8,656.01 m and Alternative Alignment 2 with a length of 8,676.17 m. Both alternatives consist of seven horizontal curves, all of which are designed as Spiral–Circle–Spiral (S-C-S) curves, and ten vertical curves comprising three sag curves and seven crest curves. All geometric design elements comply with the applicable design standards, indicating that both alternative alignments are technically feasible for implementation.

Keywords : toll road; alternative alignment; road geometric design

1. PENDAHULUAN

Jalan tol merupakan infrastruktur transportasi yang berperan penting dalam mendukung mobilitas orang dan barang dengan tingkat pelayanan, keselamatan, dan kenyamanan yang lebih tinggi dibandingkan jalan arteri. Kota Semarang sebagai pusat kegiatan ekonomi di Provinsi Jawa Tengah memiliki pergerakan lalu lintas yang tinggi menuju Kabupaten Demak sebagai wilayah penyangga.

Kondisi tersebut menyebabkan ruas Jalan Pantura Semarang–Demak sering mengalami kemacetan sehingga diperlukan prasarana transportasi yang mampu meningkatkan kapasitas jaringan jalan.

Selain permasalahan lalu lintas, kawasan pesisir Semarang dan Demak juga menghadapi banjir rob yang disebabkan oleh kenaikan muka air laut dan penurunan muka tanah. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dibangun

Jalan Tol Semarang–Demak yang terintegrasi dengan tanggul laut. Namun, pada Seksi 1 trase awal direncanakan melalui kawasan laut dan tambak sehingga memerlukan pekerjaan timbunan yang besar serta menghadapi kondisi tanah lunak yang cukup kompleks.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan kajian alternatif trase melalui jalur darat yang diharapkan dapat memberikan kemudahan pelaksanaan konstruksi dan tetap memenuhi persyaratan teknis jalan tol. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merencanakan alternatif geometrik Jalan Tol Semarang–Demak Seksi 1 berdasarkan standar Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No. 007/BM/2009 [1]. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi alternatif desain yang layak diterapkan pada kawasan pesisir dengan kondisi geografis yang kompleks..

2. METODE

Penelitian ini dilakukan pada ruas Jalan Tol Semarang–Demak Seksi 1. Data yang digunakan meliputi data *Digital Elevation Model* (DEM), koordinat *Point of Intersection* (PI), dan data topografi kawasan penelitian. Pengolahan data dilakukan menggunakan aplikasi Google Earth Pro, Global Mapper, dan AutoCAD Civil 3D.

Perencanaan geometrik pada penelitian ini berdasarkan standar Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No. 007/BM/2009 dan Pedoman Desain Geometrik Jalan No. 13/P/BM/2021 [1], [2]. Penelitian ini juga mengacu pada penelitian Daulay dkk. (2024), Putri dkk. (2024), dan Triono dkk. (2023) mengenai perencanaan ulang geometrik [3], [4], [5]. Parameter desain yang digunakan meliputi kecepatan rencana 120 km/jam, lebar lajur 3,60 m, lebar bahu luar 3,00 m, lebar bahu dalam 1,50 m, superelevasi maksimum 8%, jari-jari tikungan minimum 700 m, dan kelandaian maksimum 3%.

Tahapan penelitian dilakukan sebagai berikut:

a. Analisis Topografi

Analisis topografi dilakukan menggunakan data DEM untuk memperoleh kondisi medan pada lokasi penelitian. Hasil analisis digunakan sebagai dasar dalam penentuan trase alternatif jalan tol.

b. Perencanaan Alinyemen Horizontal

Perencanaan alinyemen horizontal dilakukan dengan menentukan titik *Point of Intersection* (PI), menghitung sudut defleksi, menentukan jenis tikungan, serta menghitung elemen geometrik tikungan yang meliputi jari-jari tikungan, panjang lengkung peralihan, dan panjang lengkung horizontal.

c. Perencanaan Alinyemen Vertikal

Perencanaan alinyemen vertikal dilakukan berdasarkan profil memanjang trase hasil perencanaan. Perhitungan

meliputi penentuan titik *Point of Vertical Intersection* (PVI), kelandaian memanjang, panjang lengkung vertikal cekung, dan panjang lengkung vertikal cembung.

d. Evaluasi Alternatif Trase

Alternatif trase yang telah direncanakan dievaluasi berdasarkan kesesuaian terhadap standar geometrik yang digunakan. Hasil evaluasi digunakan untuk menentukan alternatif trase yang paling sesuai.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

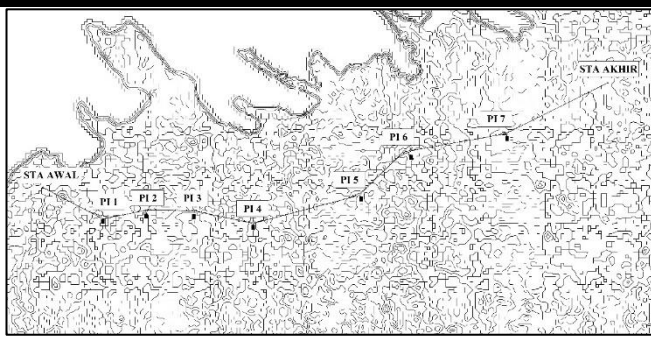
Kriteria desain geometrik Jalan Tol Semarang–Demak Seksi 1 ditetapkan berdasarkan standar Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No. 007/BM/2009 dan Pedoman Desain Geometrik Jalan No. 13/P/BM/2021 [1], [2]. Penentuan kriteria desain disesuaikan dengan fungsi jalan, kondisi medan, serta kecepatan rencana yang digunakan dalam penelitian. Kriteria desain yang digunakan pada perencanaan ini disajikan pada tabel berikut:

Tabel 1. Kriteria Desain Teknis

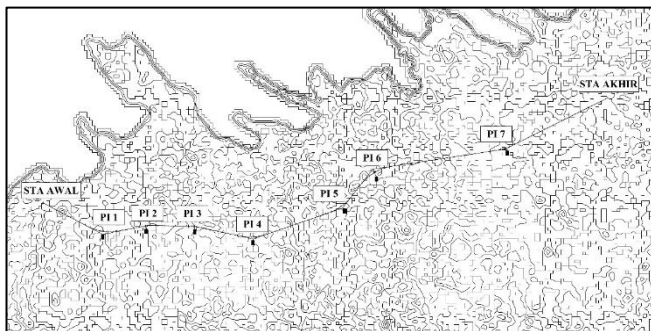
No	Parameter Geometrik	Satuan	Standar Desain
1	Kecepatan Rencana	km/jam	120
2	Parameter Potongan Melintang		
	Lebar Lajur Lalu Lintas	m	3,6
	Lebar Bahu Luar	m	3
	Lebar Bahu Dalam	m	1,5
	Superelevasi Maksimum	%	8
3	Jarak Pandang		
	Pandang Henti Minimum	m	250
4	Parameter Alinyemen Horizontal		
	Panjang Bagian Lurus Maksimum	m	5000
	Jari-jari Tikungan Minimum (Rc)	m	700
	Panjang Tikungan Minimum	m	200
	Panjang Lengkung Peralihan Minimum (Ls)	m	80
5	Parameter Alinyemen Vertikal		
	Landai Maksimum	%	3
	Panjang Landai Kritis	m	800
	Panjang lengkung vertikal cembung	m	72
	Panjang lengkung vertikal cekung	m	72

a. Perencanaan Alinyemen Horizontal

Penentuan trase dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi topografi, keterhubungan dengan jaringan jalan eksisting, serta kemudahan pelaksanaan konstruksi. Berdasarkan analisis topografi diperoleh dua alternatif trase yang direncanakan melalui jalur darat. Alternatif tersebut dipilih untuk mengurangi kebutuhan timbunan pada kawasan pesisir serta menghindari kondisi tanah lunak yang dominan pada trase laut. Hasil perencanaan menghasilkan Trase Alternatif 1 sepanjang 8.656,01 m dan Trase Alternatif 2 sepanjang 8.676,17 m.



Gambar 1. Trase Alternatif 1



Gambar 2. Trase Alternatif 2

Perencanaan alinyemen horizontal dilakukan dengan menentukan posisi *Point of Intersection* (PI), sudut defleksi, radius tikungan, panjang lengkung peralihan, serta tipe tikungan yang digunakan. Seluruh tikungan direncanakan menggunakan radius yang memenuhi ketentuan minimum berdasarkan kecepatan rencana 120 km/jam. Hasil perencanaan menunjukkan bahwa seluruh elemen alinyemen horizontal telah memenuhi persyaratan geometrik yang berlaku. Berikut merupakan contoh perhitungan alinyemen horizontal pada PI 4 Trase Alternatif 1:

1. Perhitungan sudut azimuth

$$\alpha_{PI\ 4} = \arctan \left(\frac{X_5 - X_4}{Y_5 - Y_4} \right)$$

$$\alpha_{PI\ 4} = \arctan \left(\frac{443931,817 - 442419,979}{9230842,167 - 9230440,874} \right) = 75,135^\circ$$

2. Perhitungan sudut defleksi

$$\Delta_{PI\ 4} = \alpha_{PI\ 3} - \alpha_{PI\ 4}$$

$$\Delta_{PI\ 4} = 102,137 - 75,135 = 27,003^\circ$$

Tabel 2. Rekapitulasi Sudut Defleksi Trase Alternatif 1

Titik	Sumbu X	Sumbu Y	Sudut Azimuth (α°)	Sudut Defleksi (Δ°)
STA Awal	439419,381	9230956,109	117,726	
PI 1	440276,283	9230505,721	78,735	38,991
PI 2	440916,917	9230633,324	91,030	12,294
PI 3	441580,586	9230621,397	102,137	11,108
PI 4	442419,979	9230440,874	75,135	27,003
PI 5	443931,817	9230842,167	45,479	29,656
PI 6	444561,176	9231461,097	79,941	34,463
PI 7	446021,292	9231720,094	63,486	16,455
STA Akhir	447482,613	9232449,116		

Tabel 3. Rekapitulasi Sudut Defleksi Trase Alternatif 2

Titik	Sumbu X	Sumbu Y	Sudut Azimuth (α°)	Sudut Defleksi (Δ°)
STA Awal	439419,381	9230956,109	117,726	
PI 1	440276,283	9230505,721	78,735	38,991
PI 2	440916,917	9230633,324	91,030	12,294
PI 3	441580,586	9230621,397	102,137	11,108
PI 4	442419,979	9230440,874	71,057	31,081
PI 5	443931,817	9230842,167	38,071	32,986
PI 6	444561,176	9231461,097	81,373	43,302
PI 7	446021,292	9231720,094	63,486	17,887
STA Akhir	447482,613	9232449,116		

3. Perhitungan nilai pergeseran tikungan. Jika $p \geq 25$ maka tikungan bertipe SCS

$$p = \frac{80^2}{24 \times 700} = 0,381 \text{ m} \rightarrow \text{SCS}$$

4. Sudut lengkung peralihan (θ_s)

$$\theta_s = \frac{L_{sr}}{2R_c} \times \frac{360}{2\pi}$$

$$\theta_s = \frac{80}{2(700)} \times \frac{360}{2\pi} = 3,274^\circ$$

5. Sudut tikungan lengkung lingkaran (Δ_c)

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_s$$

$$\Delta_c = 27,003^\circ - 2(3,274^\circ) = 20,455^\circ$$

6. Panjang busur lingkaran (L_c)

$$L_c = \frac{\Delta_c}{360} \times 2\pi R_c$$

$$L_c = \frac{20,455}{360} \times 2\pi (700) = 249,902 \text{ m}$$

7. Jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung (Y_s)

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

$$Y_s = \frac{80^2}{6(700)} = 1,524 \text{ m}$$

8. Jarak tegak lurus dari titik TS/ST ke titik SC (X_s)

$$X_s = L_{sr} - \frac{L_{sr}^3}{40 R_c^2}$$

$$X_s = 80 - \frac{80^3}{40(700)^2} = 79,974 \text{ m}$$

9. Jarak titik TS ke titik pergeseran tikungan (k)

$$k = X_s - R_c \sin \theta_s$$

$$k = 79,974 - 700 \sin(3,274^\circ)$$

$$k = 39,996 \text{ m}$$

10. Panjang tangent dari titik PI ke TS (T_s)

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

$$T_s = (700 + 0,382) \tan \frac{27,003}{2} + 39,996$$

$$T_s = 208,160 \text{ m}$$

11. Jarak dari PI ke busur lingkaran (E_s)

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

$$E_s = \frac{(700 + 0,381)}{\cos \frac{27,003}{2}} - 700 = 20,287 \text{ m}$$

12. L total

$$L_{\text{total}} = L_c + 2 L_{sr}$$

$$L_{\text{total}} = 249,902 + 2(80)$$

$$L_{\text{total}} = 409,902 \text{ m}$$

Tabel 4. Rekapitulasi detail variabel tikungan Trase Alternatif 1

Titik PI	Sudut Defleksi	Rc	Lsr	p	θs	Δc	Lc	Ys	Xs	k	Ts	Es	L total
PI 1	38,991	700	80	0,381	3,274	32,443	396,369	1,524	79,974	39,996	287,954	42,978	556,369
PI 2	12,294	700	80	0,381	3,274	5,746	70,205	1,524	79,974	39,996	115,429	4,431	230,205
PI 3	11,108	700	80	0,381	3,274	4,560	55,707	1,524	79,974	39,996	108,100	3,684	215,707
PI 4	27,003	700	80	0,381	3,274	20,455	249,902	1,524	79,974	39,996	208,160	20,287	409,902
PI 5	29,656	700	80	0,381	3,274	23,108	282,315	1,524	79,974	39,996	225,410	24,508	442,315
PI 6	34,463	700	80	0,381	3,274	27,915	341,042	1,524	79,974	39,996	257,220	33,294	501,042
PI 7	16,455	700	80	0,381	3,274	9,907	121,037	1,524	79,974	39,996	141,266	7,665	281,037

Tabel 5. Rekapitulasi detail variabel tikungan Trase Alternatif 2

Titik PI	Sudut Defleksi	Rc	Lsr	p	θs	Δc	Lc	Ys	Xs	k	Ts	Es	L total
PI 1	38,991	700	80	0,381	3,274	32,443	396,369	1,524	79,974	39,996	287,954	42,978	556,369
PI 2	12,294	700	80	0,381	3,274	5,746	70,205	1,524	79,974	39,996	115,429	4,431	230,205
PI 3	11,108	700	80	0,381	3,274	4,560	55,707	1,524	79,974	39,996	108,100	3,684	215,707
PI 4	31,081	700	80	0,381	3,274	24,532	299,721	1,524	79,974	39,996	234,759	26,957	459,721
PI 5	32,986	700	80	0,381	3,274	26,438	323,000	1,524	79,974	39,996	247,365	30,435	483,000
PI 6	43,302	700	80	0,381	3,274	36,754	449,038	1,524	79,974	39,996	318,020	53,546	609,038
PI 7	17,887	700	80	0,381	3,274	11,339	138,528	1,524	79,974	39,996	150,216	9,001	298,528

b. Perencanaan Alinyemen Vertikal

Perencanaan alinyemen vertikal dilakukan berdasarkan profil memanjang trase hasil desain horizontal. Analisis dilakukan terhadap kelandaian memanjang, panjang lengkung vertikal cekung dan cembung, serta nilai K setiap lengkung vertikal. Seluruh elemen direncanakan agar memenuhi persyaratan jarak pandang henti dan kenyamanan berkendara pada kecepatan rencana 120 km/jam. Berikut

merupakan contoh perhitungan panjang dan landai kritis pada trase alternatif 1:

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang kritis} &= \text{PVI 2} - \text{PVI 1} \\
 &= 1+575 - 0+850 \\
 &= 725 \text{ m} < 800 \text{ m} \rightarrow \text{OK} \\
 \text{Landai} &= \frac{\text{Elevasi PVI}_2 - \text{Elevasi PVI}_1}{\text{PVI}_2 - \text{PVI}_1} \times 100\% \\
 &= \frac{15 - 9,657}{1+575 - 0+850} \times 100\% \\
 &= 0,74\% < 3,00\% \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Tabel 6. Rekapitulasi Panjang Kritis dan Landai Trase Alternatif 1

Titik	STA	Elevasi	Panjang Kritis	Grade		Cek	
				In	Out	Panjang Kritis	Grade
STA Awal	0+000,00	9,657 m	0		0,00%	OK	OK
PVI 1	0+850,00	9,657 m	Datar	0,00%	0,74%	OK	OK
PVI 2	1+575,00	15,000 m	725,00	0,74%	0,00%	OK	OK
PVI 3	2+275,00	15,000 m	700,00	0,00%	0,13%	OK	OK
PVI 4	3+025,00	16,000 m	750,00	0,13%	0,00%	OK	OK
PVI 5	4+600,00	16,000 m	Datar	0,00%	-0,25%	OK	OK
PVI 6	5+575,00	14,100 m	775,00	-0,25%	0,25%	OK	OK
PVI 7	6+150,00	16,000 m	775,00	0,25%	-0,10%	OK	OK
PVI 8	6+925,00	15,200 m	775,00	-0,10%	-0,31%	OK	OK
PVI 9	7+500,00	13,400 m	575,00	-0,31%	-0,32%	OK	OK
PVI 10	8+250,00	11,000 m	750,00	-0,32%	-0,86%	OK	OK
STA Akhir	8+656,01	7,489 m	406,01	-0,86%		OK	OK

Tabel 7. Rekapitulasi Panjang Kritis dan Landai Trase Alternatif 2

Titik	STA	Elevasi	Panjang Kritis	Grade		Cek	
				In	Out	Panjang Kritis	Grade
STA Awal	0+000,00	9,657 m	0		0,00%	OK	OK
PVI 1	0+850,00	9,657 m	Datar	0,00%	0,74%	OK	OK
PVI 2	1+575,00	15,000 m	725,00	0,74%	0,00%	OK	OK
PVI 3	2+275,00	15,000 m	700,00	0,00%	0,13%	OK	OK
PVI 4	3+025,00	16,000 m	750,00	0,13%	0,00%	OK	OK
PVI 5	4+625,00	16,000 m	Datar	0,00%	-0,19%	OK	OK
PVI 6	5+400,00	14,500 m	775,00	-0,19%	0,19%	OK	OK

PVI 7	6+175,00	16,000 m	775,00	0,19%	-0,10%	OK	OK
PVI 8	6+950,00	15,200 m	775,00	-0,10%	-0,31%	OK	OK
PVI 9	7+500,00	13,500 m	550,00	-0,31%	-0,33%	OK	OK
PVI 10	8+250,00	11,000 m	750,00	-0,33%	-0,82%	OK	OK
STA Akhir	8+676,17	7,489 m	426,17	-0,82%		OK	OK

Langkah selanjutnya menghitung nilai perbedaan aljabar (A) untuk menentukan tipe lengkung vertikal. Berikut merupakan contoh perhitungan pada PVI 7:

$$A = \text{grade out} - \text{grade in}$$

$$A = -0,10 - (0,25)$$

$$A = -0,35\% \rightarrow \text{Cembung}$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai pergeseran lengkung (Ev), serta stationing PLV dan PTV. Berikut disajikan contoh perhitungannya pada titik PVI 1:

1. Nilai pergeseran lengkung (Ev)

$$L = 72 \text{ m}; A = 0,74\%$$

$$Ev = \frac{A \times L}{800}$$

$$Ev = \frac{0,74 \times 72}{800} = 0,066 \text{ m}$$

2. Stationing PLV dan PTV

$$g1 = 0,00\% \quad \text{STA PVI 1} = 850,00 \text{ m}$$

$$g2 = 0,74\% \quad \text{Elevasi PVI 1} = 9,657 \text{ m}$$

$$\text{STA PLV} = \text{STA PVI 1} - \frac{1}{2} \times L$$

$$= 850 - \frac{1}{2} \times 72 = 814 \text{ m}$$

$$\text{STA PTV} = \text{STA PVI 1} + \frac{1}{2} \times L$$

$$= 850 + \frac{1}{2} \times 72 = 886 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi PLV} = \text{Elevasi PVI 1} - \left(\frac{g1 \times L}{2} \right)$$

$$= 9,657 - \left(\frac{0,00\% \times 72}{2} \right) = 9,66 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi PTV} = \text{Elevasi PVI 1} + \left(\frac{g2 \times L}{2} \right)$$

$$= 9,657 + \left(\frac{0,74\% \times 72}{2} \right) = 9,92 \text{ m}$$

Tabel 8. Rekapitulasi Tipe Lengkung Vertikal Trase Alternatif 1

Titik	STA	Elevasi	Grade		A	Jenis Lengkung
			In	Out		
STA Awal	0+000,00	9,657 m		0,00%		
PVI 1	0+850,00	9,657 m	0,00%	0,74%	0,74%	Cekung
PVI 2	1+575,00	15,000 m	0,74%	0,00%	-0,74%	Cembung
PVI 3	2+275,00	15,000 m	0,00%	0,13%	0,13%	Cekung
PVI 4	3+025,00	16,000 m	0,13%	0,00%	-0,13%	Cembung
PVI 5	4+600,00	16,000 m	0,00%	-0,25%	-0,25%	Cembung
PVI 6	5+575,00	14,100 m	-0,25%	0,25%	0,49%	Cekung
PVI 7	6+150,00	16,000 m	0,25%	-0,10%	-0,35%	Cembung
PVI 8	6+925,00	15,200 m	-0,10%	-0,31%	-0,21%	Cembung
PVI 9	7+500,00	13,400 m	-0,31%	-0,32%	-0,01%	Cembung
PVI 10	8+250,00	11,000 m	-0,32%	-0,86%	-0,54%	Cembung
STA Akhir	8+656,01	7,489 m	-0,86%			

Tabel 9. Rekapitulasi Tipe Lengkung Vertikal Trase Alternatif 2

Titik	STA	Elevasi	Grade		A	Jenis Lengkung
			In	Out		
STA Awal	0+000,00	9,657 m		0,00%		
PVI 1	0+850,00	9,657 m	0,00%	0,74%	0,74%	Cekung
PVI 2	1+575,00	15,000 m	0,74%	0,00%	-0,74%	Cembung
PVI 3	2+275,00	15,000 m	0,00%	0,13%	0,13%	Cekung
PVI 4	3+025,00	16,000 m	0,13%	0,00%	-0,13%	Cembung
PVI 5	4+600,00	16,000 m	0,00%	-0,19%	-0,19%	Cembung
PVI 6	5+530,00	14,500 m	-0,19%	0,19%	0,39%	Cekung
PVI 7	6+100,00	16,000 m	0,19%	-0,10%	-0,30%	Cembung
PVI 8	6+850,00	15,200 m	-0,10%	-0,31%	-0,21%	Cembung
PVI 9	7+500,00	13,500 m	-0,31%	-0,33%	-0,02%	Cembung
PVI 10	8+250,00	11,000 m	-0,33%	-0,82%	-0,49%	Cembung
STA Akhir	8+660,43	7,930 m	-0,82%			

Tabel 10. Rekapitulasi Desain lengkung vertikal cekung Trase Alternatif 1

Titik	STA (m)	Elevasi	Grade		EV		STA		Elevasi	
			In	Out	PLV	PLV	PLV	PLV	PLV	PTV
			g1	g2	m	m	m	m	m	m
PVI 1	850	9,657	0,00%	0,74%	0,066	814	886	9,66	9,92	
PVI 3	2275	15,000	0,00%	0,13%	0,012	2239	2311	15,00	15,05	
PVI 6	5375	14,100	-0,25%	0,25%	0,044	5339	5411	14,19	14,19	

Tabel 11. Rekapitulasi Desain lengkung vertikal cekung Trase Alternatif 2

Titik	STA (m)	Elevasi	Grade		EV	STA		Elevasi	
			In g1	Out g2	PLV m	PLV m	PLV m	PLV m	PTV m
PVI 1	850	9,657	0,00%	0,74%	0,066	814	886	9,66	9,92
PVI 3	2275	15,000	0,00%	0,13%	0,012	2239	2311	15,00	15,05
PVI 6	5400	14,500	-0,19%	0,19%	0,035	5364	5436	14,57	14,57

Tabel 12. Rekapitulasi Desain lengkung vertikal cembung Trase Alternatif 1

Titik	STA (m)	Elevasi	Grade		EV	STA		Elevasi	
			In g1	Out g2	PLV m	PLV m	PLV m	PLV m	PTV m
PVI 2	1575	15,000	0,74%	0,00%	0,066	1539	1611	14,73	15,00
PVI 4	3025	16,000	0,13%	0,00%	0,012	2989	3061	15,95	16,00
PVI 5	4600	16,000	0,00%	-0,25%	0,022	4564	4636	16,00	15,91
PVI 7	6150	16,000	0,25%	-0,10%	0,031	6114	6186	15,91	15,96
PVI 8	6925	15,200	-0,10%	-0,31%	0,019	6889	6961	15,24	15,09
PVI 9	7500	13,400	-0,31%	-0,32%	0,001	7464	7536	13,51	13,28
PVI 10	8250	11,000	-0,32%	-0,86%	0,049	8214	8286	11,12	10,69

Tabel 13. Rekapitulasi Desain lengkung vertikal cembung Trase Alternatif 2

Titik	STA (m)	Elevasi	Grade		EV	STA		Elevasi	
			In g1	Out g2	PLV m	PLV m	PLV m	PLV m	PTV m
PVI 2	1575	15,000	0,74%	0,00%	0,066	1539	1611	14,73	15,00
PVI 4	3025	16,000	0,13%	0,00%	0,012	2989	3061	15,95	16,00
PVI 5	4600	16,000	0,00%	-0,19%	0,017	4589	4661	16,00	15,93
PVI 7	6100	16,000	0,19%	-0,10%	0,027	6139	6211	15,93	15,96
PVI 8	6850	15,200	-0,10%	-0,31%	0,019	6914	6986	15,24	15,09
PVI 9	7500	13,500	-0,31%	-0,33%	0,002	7464	7536	13,61	13,38
PVI 10	8250	11,000	-0,33%	-0,82%	0,044	8214	8286	11,12	10,70

Berdasarkan hasil perencanaan, seluruh kelandaian memanjang pada kedua alternatif trase memenuhi persyaratan geometrik yang berlaku. Panjang lengkung vertikal yang direncanakan juga mampu mengakomodasi perubahan kelandaian secara bertahap sehingga mendukung kenyamanan dan keselamatan berkendara pada kecepatan rencana 120 km/jam.

Berdasarkan hasil evaluasi, kedua alternatif trase memenuhi seluruh persyaratan geometrik jalan tol. Namun demikian, Trase Alternatif 1 memiliki panjang yang lebih pendek dibandingkan Trase Alternatif 2 sehingga dinilai lebih efisien. Selain itu, konfigurasi alinyemen horizontal dan vertikal pada Trase Alternatif 1 telah memenuhi seluruh kriteria desain tanpa memerlukan modifikasi tambahan. Oleh karena itu, Trase Alternatif 1 direkomendasikan sebagai alternatif trase terbaik pada penelitian ini.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan geometrik Jalan Tol Semarang–Demak Seksi 1, diperoleh dua alternatif trase yang memenuhi kriteria standar Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No. 007/BM/2009 dan Pedoman

Desain Geometrik Jalan No. 13/P/BM/2021. Trase Alternatif 1 memiliki panjang 8.656,01 m, sedangkan Trase Alternatif 2 sepanjang 8.676,17 m. Hasil perencanaan menunjukkan bahwa kedua alternatif trase memiliki 7 tikungan horizontal, yang seluruhnya menggunakan tipe Spiral–Circle–Spiral (S-C-S), serta 10 lengkung vertikal yang terdiri atas 3 lengkung cekung (*sag curve*) dan 7 lengkung cembung (*crest curve*). Seluruh elemen alinyemen horizontal dan vertikal telah memenuhi persyaratan geometrik sehingga kedua alternatif trase layak diterapkan secara teknis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, “Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No. 007/BM/2009,” 2009.
- [2] Direktorat Jenderal Bina Marga, “Pedoman Desain Geometrik Jalan No. 13/P/BM/2021,” 2021.
- [3] M. A. Daulay, N. D. Raharjo, and H. Susilo, “Evaluasi Desain Geometrik Jalan Alternatif di Wilayah Kota Malang Menuju Kawasan Wisata Kota Batu,” *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*, vol. 5, no. 2, pp. 146–152, 2024.
- [4] T. K. Putri, U. Subagyo, and M. N. Bani, “Perencanaan Ulang Geometrik dan Perkerasan Jalan Bata-Tegaljati

- Kecamatan Sumberwringin Kabupaten Bondowoso,” *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*, vol. 5, no. 3, pp. 152–157, 2024.
- [5] I. W. Triono, U. Subagyo, and M. N. Bani, “Perencanaan Ulang Geometrik Jalan Lingkar Selatan Kabupaten Sampang,” *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*, vol. 4, no. 3, pp. 136–142, 2023.