

Perencanaan Geometrik Jalan Rel Kereta Cepat Surabaya-Banyuwangi

Hafizh Afif Rinanto dan Budi Rahardjo

Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: rahardjo@ce.its.ac.id

Abstrak—Perkembangan kereta api didunia sudah sangat pesat dapat dilihat dengan berkembangnya kereta cepat yang dapat mencapai kecepatan lebih dari dua ratus km/jam. Namun perkembangan kereta cepat di Indonesia untuk saat ini hanya perencanaan kereta cepat Jakarta-Bandung. Untuk rute Surabaya-Banyuwangi belum memiliki rencana pengembangan kereta cepat, hal ini dikarenakan perencanaan kereta cepat memiliki kecepatan yang tinggi, yang dalam hal ini mempengaruhi radius dari lengkung horizontal dan lengkung vertikal jalur kereta. Selain itu pengalokasian ruang untuk pengoperasian kereta cepat yang berbeda harus disesuaikan dengan kondisi di Indonesia. Peraturan terkait kereta cepat di Indonesia untuk saat ini belum ada, sehingga pembangunan kereta cepat harus menggunakan peraturan dari negara luar. Oleh karena itu diperlukan studi untuk merencanakan kereta cepat Surabaya-Banyuwangi. Dalam penelitian ini dilakukan pemilihan peraturan untuk perencanaan kereta cepat di Indonesia, pemilihan trase, dan perencanaan geometrik. Metode yang digunakan adalah perbandingan peraturan kereta cepat dari negara China (*Code for Design of High-speed Railway*, TB10621-2009), Swedia (*Spårgeometrihandboken: Track geometry handbook*, BVF 586.41, BVH 586.40), dan Jerman (*Netzinfrastruktur Technik entwerfen; Linienführung (Net Infrastructure Technical Draft; Alignment, 900.0110)*). Perencanaan geometrik yang dilakukan adalah perhitungan alinyemen horizontal dan alinyemen vertical, sesuai dengan spesifikasi kereta cepat CRH1A/B/E. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah pemilihan peraturan dari China (*Code for Design of High-speed Railway*, TB10621-2009). Trase kereta cepat Surabaya-Banyuwangi membentang sepanjang 269,703 km dan melalui 3 stasiun.. Hasil tersebut diharapkan dapat menjadi masukan dalam pengembangan kereta cepat di provinsi Jawa Timur.

Kata Kunci—Kereta Cepat, Geometrik Jalan Rel, Surabaya-Banyuwangi.

I. PENDAHULUAN

MENURUT Peraturan Menteri Perhubungan No.60 tahun 2012, kereta api adalah sarana transportasi berupa kendaraan dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan kendaraan lainnya, yang akan ataupun sedang bergerak di rel. Kereta api merupakan alat transportasi massal yang sifatnya sebagai angkutan massal efektif, beberapa negara berusaha memanfaatkannya secara maksimal sebagai alat transportasi utama angkutan darat baik dalam kota, antar kota, maupun antar negara. Perkembangan kereta api didunia sudah sangat pesat. Kereta cepat merupakan kereta api yang dapat melaju pada kecepatan >200 km/jam. Perkembangan kereta api di Indonesia saat ini baru terdapat di kereta cepat Jakarta-Bandung.

Kereta cepat memerlukan alokasi ruang untuk pengoperasian, ruang untuk pengoperasian yang diperlukan kereta cepat memiliki perbedaan di beberapa negara.

Perbedaan ini dipengaruhi oleh peraturan yang berlaku dinegara tersebut, di Indonesia sendiri ruang untuk pengoperasian kereta sudah diatur dalam Peraturan Kementrian No.60 tahun 2012, namun belum terdapat pengaturan untuk kereta cepat. Pengalokasian ruang untuk pengoperasian kereta di Indonesia dibuat sedemikian rupa dikarenakan lahan pembangunan yang terbatas dan nilai ekonomi dari lahan. Oleh karena itu pengalokasian ruang untuk pengoperasian kereta cepat harus menggunakan peraturan dari negara lain, dengan memilih peraturan yang nilainya mendekati peraturan yang terdapat di Indonesia.

Surabaya merupakan kota padat nomor dua di Indonesia dengan jumlah penduduk mencapai 2.806.306 Kabupaten Banyuwangi merupakan salah satu destinasi wisata di provinsi Jawa Timur khususnya bagi warga Surabaya, hal ini karena kabupaten Banyuwangi memiliki banyak objek wisata seperti taman nasional Alas Purwo, pantai boom, air terjun congklak, taman nasional baluran, dan masih banyak lagi. Selain kabupaten Banyuwangi memiliki sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan guna mengembangkan perekonomian kabupaten Banyuwangi. Untuk rute Surabaya-Banyuwangi belum terdapat rencana pengembangan kereta cepat. Kereta cepat memiliki kecepatan yang tinggi, hal ini mempengaruhi besar radius dari lengkung horizontal dan lengkung vertikal jalur kereta [1]. Oleh karena itu diperlukan studi untuk merencanakan geometri kereta cepat Surabaya-Banyuwangi. Pengembangan jalur kereta api Surabaya-Banyuwangi diharapkan dapat menjadi sarana perkembangan perekonomian provinsi Jawa Timur.

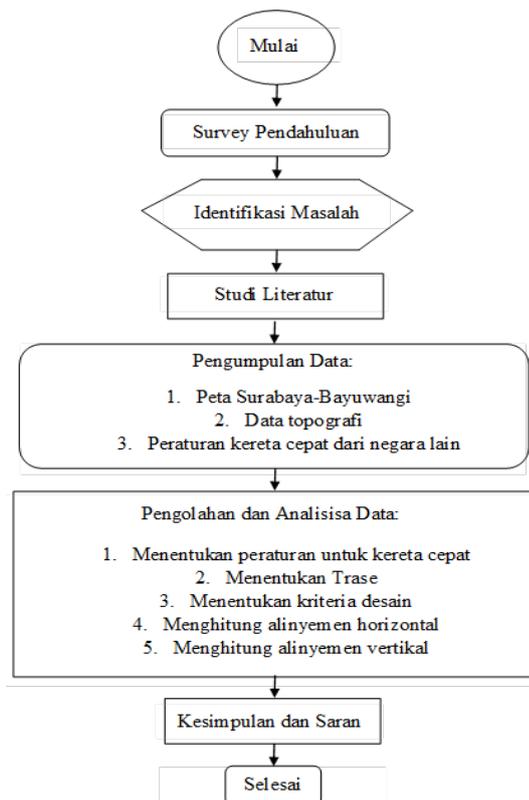
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Definisi Jalan Rel

Jalan rel adalah satu kesatuan konstruksi yang terbuat dari baja, beton, atau konstruksi lain yang terletak di permukaan, di bawah, dan diatas tanah atau bergantung beserta perangkatnya yang mengarahkan jalannya kereta api [2].

B. Perencanaan Konstruksi Jalur Kereta Api

Perencanaan konstruksi jalur kereta api harus direncanakan sesuai persyaratan teknis sehingga dapat dipertanggung jawabkan secara teknis dan ekonomis. Perencanaan konstruksi jalur kereta api dipengaruhi oleh jumlah beban, kecepatan maksimum, beban gandar dan pola operasi. Atas dasar ini diadakan klasifikasi jalur kereta api sehingga perencanaan dapat dibuat secara tepat guna [2]. Peraturan dari 3 negara yang ditemukan yaitu China (*Code for Design of High-speed Railway*, TB10621-2009), Swedia (*Spårgeometrihandboken : Track geometry handbook*, BVF 586.41, BVH 586.40), dan Jerman (*Netzinfrastruktur*



Gambar 1. Diagram Alur Metodologi

Tabel 1. Lebar Sepur

Kriteria Desain	China (TB10621-2009)	Swedia (BVF 586.41, BVH 586.40)	Jerman (Deutsche Bahn 900.0110)
Lebar Sepur	1435 mm	1435 mm	1435 mm

Technik entwerfen; Linienführung (Net Infrastructure Technical Draft; Alignment, 900.0110).

C. Lebar Jalan Rel

Lebar jalan rel yang terdapat di Indonesia dikelompokkan menjadi 2 yaitu 1067 mm dan 1435 mm.

D. Tata Ruang

Persyaratan tata letak, tata ruang dan lingkungan, merupakan persyaratan yang harus diperhatikan dalam perencanaan, pembangunan, dan pengoperasian jalur kereta api. Beberapa hal yang harus diperhatikan diantaranya :

1. Ruang manfaat jalur kereta api
2. Ruang milik jalur kereta api
3. Ruang pengawasan jalur kereta api

E. Perancangan Jalan Rel Bagian Atas

Geometri jalan rel bagian atas direncanakan berdasarkan pada kecepatan rencana serta ukuran kereta. Perencanaan geometrik jalan rel merupakan perencanaan ruas jalan yang meliputi alinyemen horizontal dan vertikal. Perencanaan geometrik jalan rel merupakan perencanaan ruas jalan yang meliputi alinyemen horizontal dan vertikal dimana didalamnya terdapat perencanaan tikungan, kelandaian, lebar sepur, pelebaran jalan rel, dan peninggian rel.

F. Perancangan Jalan Rel Bagian Bawah

Perancangan jalan rel bagian bawah dibagi menjadi 2 tipe, yakni perancangan jalan rel bagian bawah Balas (Ballast

Tabel 2. Jari-Jari Lengkung Horizontal

Negara	Jari-Jari (m)	Kecepatan (Km/Jam)					
		200	250	280	300	330	350
China	Disarankan	4500-	4500-		6000-		8000
	Minimal	7000	7000		8000		10000
Swedia	Disarankan	3200	5000	6300	7200	8700	9800
	Minimal	1888	2950	3700	4248	5140	5782
Jerman	Disarankan	2776	4338	5542	6247	7559	8503
	Minimal	1628	2543	3190	3662	4431	4984

Tabel 3. Panjang Lengkung Peralihan

Kecepatan (Km/jam)	Jari-Jari Lengkung (m)								
	350			300			250		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
12000	370	330	300	220	200	180	140	130	120
11000	410	370	330	240	210	190	160	140	130
10000	470	420	380	270	240	220	170	150	140
9000	530	470	430	300	270	250	190	10	150
8000	590	530	470	340	300	270	210	190	170
7000	670	590	540	390	350	310	240	220	190
	680	610	550						
6000	670	590	540	450	410	370	280	250	230
	680	610	440						
5500	670	590	540	490	440	390	310	280	250
	680	610	550						
5000	-	-	-	540	480	430	340	300	270
4500				570	510	460	380	340	310
4000	-	-	-	570	510	460	420	380	340
3500	-	-	-	585	520	470	480	430	380
3200	-	-	-	-	-	-	480	430	380
3000	-	-	-	-	-	-	480	430	380
2800	-	-	-				48	43	38
							49	44	40

Track) dan Beton (Ballastless Track). Perancangan jalan rel bagian bawah dengan balas (Ballast Track) adalah perancangan substruktur dengan komponen balas (ballast) dimana material granular/butiran diletakkan sebagai lapisan permukaan dari konstruksi substruktur. Pada perancangan ini substruktur terdiri atas balas, subbalas, tanah dasar dan tanah asli. Perancangan jalan rel bagian bawah dengan beton (Ballastless Track) merupakan sistem lintasan rel tanpa ballast atau tanpa batuan sekitar rel, Ballast tersebut diganti dengan slab beton yang kemudian sekitarnya di cor disepanjang jalan rel kereta api

III. METODOLOGI

A. Langkah Pengerjaan

Dalam mengerjakan penelitian ini, diperlukan sebuah metodologi yang terdiri atas beberapa tahap pelaksanaan. Diagram alur metodologi ditunjukkan oleh Gambar 1.

B. Perencanaan Geometrik

Geometrik jalan rel kereta api cepat direncanakan berdasarkan kecepatan rencana serta ukuran-ukuran kereta yang melewatinya yang memperhatikan faktor keamanan, kenyamanan serta ekonomi dan lingkungan.

1) Lebar Sepur

Lebar sepur dari 3 jenis peraturan yang ditemukan ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 4.
Jari-Jari Lengkung Vertikal

Negara	Jari-Jari (m)	Kecepatan (Km/Jam)				
		200	250	280	300	330
China	Disarankan		20000		25000	
	Minimal					
Swedia	Disarankan	16900	26500	33200	38100	46100
	Minimal	10000	15625	16900	22500	27225
Jerman	Disarankan	16900	26500	33200	38100	46100
	Minimal	10000	15625	16900	22500	27225

Tabel 5.
Kelandaian

Sumber	Kelandaian
China	a. 2.5 %
	b. Ketika ukuran standar 2.5 % tidak bisa digunakan dikarenakan topografi atau kendala lain, dapat menggunakan nilai 3.5 %, dengan memperhatikan performa dari lokomotif, daya lokomotif, kecepatan dan rem lokomotif
Swedia	a. Maksimal 1%, untuk kereta barang b. Minimal 1%, untuk kereta penumpang
Jerman	a. Maksimal 1.25 %, untuk kereta barang
	b. Maksimal 3 %, untuk kereta penumpang

Tabel 6.
Peninggian Rel

Sumber	Kelandaian
China	a. Disarankan 100 mm
	b. Batas 160 mm
Swedia	a. Disarankan 100
	b. Batas 150 mm
Jerman	a. Disarankan 100 mm
	b. Batas 170 mm

Tabel 7.
Pengalokasian Ruang Untuk Kereta Api

Sumber	Struktur Jalan Rel				
China	Tipe Trek	Kecepatan rencana maksimum (Km/jam)	Jarak antara as sepur (m)	Lebar struktur permukaan (m)	
				Trek tunggal	Trek Ganda
China	Ballastless Track	250	4.6		13.2
		300	4.8	8.6	13.4
	Ballasted Track	350	5.0		13.6
		250	4.6		13.4
	300	4.8	8.8	13.6	
	350	5.0		13.8	
Swedia	Jarak antara as sepur 4.5 m				
German	Jarak antara as sepur 4.6 m				

2) Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan rel pada bidang horizontal alinyemen horizontal terdiri dari garis lurus dan lengkungan. Jari-jari dan lengkung peralihan dari 3 jenis peraturan yang ditemukan ditunjukkan dalam Tabel 2 dan Tabel 3.

3) Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal merupakan proyeksi sumbu jalan rel pada bidang vertikal yang melalui sumbu jalan rel tersebut. Jari-jari lengkung vertikal dan kelandaian dari 3 jenis peraturan yang ditemukan ditunjukkan dalam Tabel 4 dan Tabel 5.

4) Pelebaran Sepur

Kereta dengan jalur tipe *Ballastless Track* tidak memerlukan pelebaran sepur.

5) Peninggian Rel

Pada lengkungan, elevasi rel pada bagian luar dibuat lebih tinggi sedangkan rel bagian dalam elevasinya tetap. Hal ini untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang terjadi pada rangkaian kereta api. Peninggian rel dari 3 jenis peraturan yang ditemukan ditunjukkan dalam Tabel 6.

6) Pengalokasian Ruang untuk Pengoperasian

Jalur kereta api memiliki ruang bebas dan ruang bangun, ukuran dari ruang bebas dan ruang bangun hanya ditemukan di peraturan China (TB10621-2009). Pengalokasian ruang untuk kereta api dari 3 jenis peraturan yang ditemukan ditunjukkan dalam Tabel 7.

7) Penentuan Peraturan

Setelah ditinjau kriteria desain dari ketiga peraturan yang ditemukan, rangkuman kelengkapan kriteria desain ditunjukkan pada Tabel 8.

Setelah ditinjau kriteria desain sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa peraturan dari 3 negara yang ditemukan yaitu China [3], Swedia (*Spårgeometrihandboken : Track geometry handbook*, BVF 586.41, BVH 586.40), dan Jerman (*Netzinfrastruktur Technik entwerfen; Linienführung (Net*

Infrastructure Technical Draft; Alignment , 900.0110), peraturan China (*Code for Design of High-speed Railway*, TB10621-2009) menjadi peraturan yang dipilih dalam penelitian ini, karena peraturan China (*Code for Design of High-speed Railway*, TB10621-2009) memiliki kriteria desain yang lengkap dibanding 2 negara lainnya. Oleh karena itu, peraturan yang digunakan adalah peraturan China [3].

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Trase

Trase yang dipakai untuk perencanaan kereta cepat Surabaya-Banyuwangi menggunakan acuan trase awal yang sudah dibangun sebelumnya merupakan jalur trek tunggal sepanjang 295 km dengan kecepatan maksimal 90 km/jam dan rel 1067 mm. Dalam perencanaan kereta cepat dalam penelitian ini, trase awal akan mengalami perubahan sesuai dengan hasil perhitungan dari geometrik jalan rel kereta cepat. Trase *existing* kereta api Surabaya-Banyuwangi ditunjukkan dalam Gambar 2.

Jarak antara stasiun Surabaya Gubeng (SGU) menuju Stasiun Banyuwangi Kota (BWI) menggunakan rute kereta yang sudah ada sebesar 295 Km Jarak antar stasiun untuk rencana kereta cepat yaitu :

- a) Stasiun Surabaya Gubeng (SGU) menuju stasiun Jember (JR) sepanjang 194 Km.
- b) Stasiun Jember (JR) menuju stasiun Banyuwangi Kota (BWI) sepanjang 101 Km..

1. Trase Rencana Kereta Cepat

- a) Trase rencana antara Stasiun Surabaya Gubeng (SGU) menuju Jember (JR) ditunjukkan dalam Gambar 3.
- b) Trase rencana antara Stasiun Jember (JR) menuju Stasiun Banyuwangi Kota (BWI) ditunjukkan dalam Gambar 4.

B. Perencanaan Geometrik

Perencanaan geometric disesuaikan dengan spesifikasi kecepatan kereta dan desain rencana.

1. Kriteria Desain

Perencanaan geometrik memerlukan kriteria desain. Kriteria desain dapat ditunjukkan dalam Tabel 9.

Tabel 8.
Kelengkapan Kriteria Desain

No.	Kriteria Desain	China	German	Swedia
1	Lebar Sepur	√	√	√
2	Jari-jari Horizontal	√	√	√
3	Jari-jari Verikal	√	√	√
4	kelandaian	√	√	√
5	Pelebaran Sepur	√	√	√
6	Peninggian Rel	√	√	√
7	Pengalokasian Ruang Kereta Api	√	-	-
8	Terowongan dan Jembatan	√	-	-

Tabel 9.
Kriteria Desain

Kriteria	Digunakan
Rel	1435 mm
Kecepatan Rencana (V)	250 km/jam
Kecepatan Maksimal	200 km/jam
Jari-Jari Lengkung horizontal (R _h)	4500 m
Lengkung Peralihan (L _s)	310 m
Jari-jari Lengkung vertikal (R _v)	20000
Peninggian rel	100 mm
Kelandaian	≤ 3.5%
Pelebaran Sepur	0.5 m
Sub Struktur	ballastless track
Lokomotif	CRH1A/B/E

Tabel 10.
Titik Koordinat Trase

Titik	Koordinat X	Koordinat Y
A	693448	9196521
P1	693332	9195640
P2	692867	9193635

Lokasi yang bersimpangan atau berpotongan dengan jalur kereta cepat seperti jalan raya, jalur kereta cepat tersebut tidak boleh berpotongan maupun dibuat persimpangan. Ketika terjadi persimpangan, harus dibangun sarana untuk melewati jalur kereta api tanpa memotong jalur kereta api. Sepanjang jalur kereta harus dipasang pagar pengaman yang dipasang 0.5 m dari sisi terluar ruang operasi kereta cepat.

2. Lengkung Horizontal

Pada perencanaan geometrik jalan rel kereta cepat, berdasarkan TB10621-2009 digunakan jenis lengkung Spiral-Circle-Spiral (SCS). Contoh perhitungan lengkung horizontal adalah sebagai berikut.

Menghitung jarak dan sudut lingkaran PI-1.

$$\alpha_{A-P1} = \arctan \frac{693332-693448}{9195640-9196521} = 187.5^\circ$$

$$\alpha_{P1-P2} = \arctan \frac{692867-693332}{9193635-9195640} = 193.1^\circ$$

$$\Delta_{PI-1} = 193,1^\circ - 187.5^\circ = 5.6^\circ$$

Jarak antara titik A ke titik PI-1

$$d = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{(-115.34)^2 + (-881.04)^2} = 888.6 \text{ m}$$

Menghitung parameter lengkung horizontal.

$$\Theta_s = \frac{90 \times L_s}{\pi \times R_h} = \frac{90 \times 310}{\pi \times 4500} = 1,973^\circ = 1^\circ 0' 58,4''$$

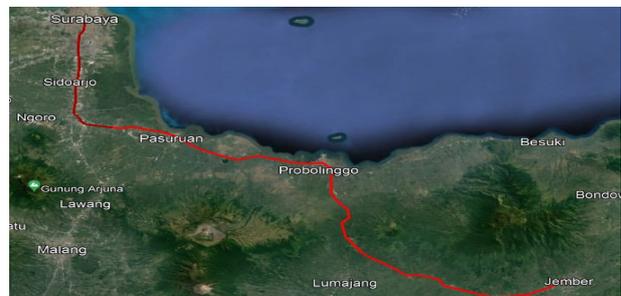
$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^3}{40 \times R_h^2}\right) = 310 \left(1 - \frac{310^3}{40 \times 4500^2}\right) = 309.96 \text{ m}$$

$$L_c = \left(\frac{4-2\theta}{180}\right) \times \frac{22}{7} \times R_h = \left(\frac{5.6-(2 \times 1.97)}{180}\right) \times \frac{22}{7} \times 4500 = 131.5 \text{ m}$$

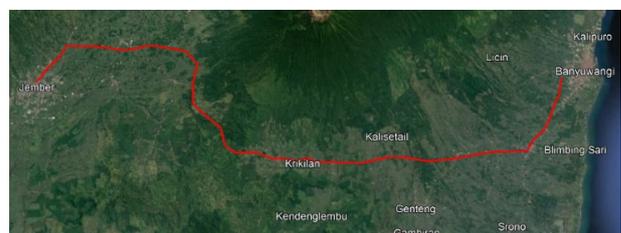
$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 \times R_h}$$



Gambar 2. Trase kereta Surabaya-Banyuwangi



Gambar 3. Trase kereta cepat SGU-JR.



Gambar 4. Trase kereta cepat JR-BWI.

$$p = \frac{310^2}{6 \times 4500} = 3.56 \text{ m}$$

$$p = \frac{L_s^2}{6 \times R_h} - R(1 - \cos \Theta_s) = \frac{310^2}{6 \times 4500} - 4500(1 - 1,973^\circ) = 0.89 \text{ m}$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{6 \times R_h} - R \sin \Theta_s = 310 - \frac{310^3}{6 \times 4500} - 4500 \sin (1,973) = 154.96 \text{ m}$$

$$T_s = (R + p) \times \text{tg}\left(\frac{\Delta s}{2}\right) + k = (4500 + 3.56) \text{tg}\frac{5.6^\circ}{2} + 154.96 = 376.17 \text{ m}$$

$$- E_s = (R + p) \times \sec\left(\frac{\Delta s}{2}\right) - R_h = (4500 + 3.56) \sec\frac{5.6^\circ}{2} - 4500 = 6.32 \text{ m}$$

a) Stationing titik parameter lengkung horizontal

Sta PI-1 = 0+889

Sta TS = Sta PI-1 - (0.5 x Lc + Ls) = 0+889 - (0.5 x 131.5 + 310) = 0+513 m

Sta SC = Sta TS + Ls = 0+513 + 310 = 0+823

Sta CS = Sta SC + Lc = 0+823 + 131.5 = 0+954 m

Sta ST = Sta CS + Ls

$$= 0+954 + 310$$

$$= 1+264 \text{ m}$$

3. *Lengkung Vertikal*

Lengkung vertikal dibagi mejadi 2 yaitu lengkung vertikal cembung dan lengkung vertikal cekung.

a) *Lengkung Vertikal Cekung*

Lengkung vertikal dikatakan cekung apabila hasil perhitungan dari $A = |g1 \pm g2| < 0\%$.

Perencanaan lengkung vertikal pada PPV-1

$$A = (0\% - 0.15\%) = -0.15\%$$

$$Lv = A \times R_v$$

$$= 0.15\% \times 20000$$

$$= 30 \text{ m}$$

$$L_{min} = 25 \text{ m}$$

Digunakan L_v sebesar 30m

$$Ev = \frac{A \times Lv}{800} = \frac{0.15 \times 30}{800} = 0.0001 \text{ m}$$

Stationing parameter lengkung vertikal cekung

$$\text{Sta PPV} = 12+000$$

$$\text{Sta PLV} = \text{Sta PPV} - (L/2)$$

$$= 12+000 - (30/2)$$

$$= 11+985$$

$$\text{Sta PTV} = \text{Sta PPV} + (L/2)$$

$$= 12+000 + (30/2)$$

$$= 12+015$$

Perhitungan elevasi titik lengkung vertikal cekung

$$\text{El. PPV} = +7.264 \text{ m}$$

$$\text{El. PPV}' = \text{El. PPV} - EV$$

$$= +7.264 - 0.0001$$

$$= +7.264 \text{ m}$$

$$\text{El. PLV} = \text{El. PPV} - (g_1\% \times L/2)$$

$$= +7.264 - (0\% \times 30/2)$$

$$= +7.264 \text{ m}$$

$$\text{El. PTV} = \text{El. PPV} - (g_2\% \times L/2)$$

$$= +7.264 - (0.15\% \times 30/2)$$

$$= +7.264 \text{ m}$$

b) *Lengkung Vertikal Cembung*

Lengkung vertikal dikatakan cembung apabila hasil perhitungan dari $A = |g1 \pm g2| > 0\%$.

Perencanaan lengkung vertikal pada PPV-2

$$A = (0.15\% - 0\%) = 0.15\%$$

Panjang lengkung vertikal dapat dihitung sebagai berikut.

$$Lv = A \times R_v$$

$$= 0.15 \times 20000$$

$$= 30 \text{ m}$$

$$L_{min} = 25 \text{ m}$$

Digunakan L_v sebesar 30 m

$$Ev = \frac{A \times Lv}{800} = \frac{0.15 \times 30}{800} = 0.0001 \text{ m}$$

Stationing parameter lengkung vertikal cembung

$$\text{Sta PPV} = 13+000$$

$$\text{Sta PLV} = \text{Sta PPV} - (L/2)$$

$$= 13+000 - (30/2)$$

$$= 13+985$$

$$\text{Sta PTV} = \text{Sta PPV} + (L/2)$$

$$= 13+000 + (30/2)$$

$$= 13+015$$

Perhitungan elevasi titik lengkung vertikal cembung

$$\text{El. PPV} = +10.000 \text{ m}$$

$$\text{El. PPV}' = \text{El. PPV} - EV$$

$$= +9.999 - 0.0001$$

$$= +9.999 \text{ m}$$

$$\text{El. PLV} = \text{El. PPV} - (g_1\% \times L/2)$$

$$= +10.000 - (0.15\% \times 30/2)$$

$$= +9.878 \text{ m}$$

$$\text{El. PTV} = \text{El. PPV} - (g_2\% \times L/2)$$

$$= +7.264 - (0\% \times 30/2)$$

$$= +10.000 \text{ m}$$

V. KESIMPULAN

A. *Kesimpulan*

Berdasarkan pembahasan dari bab sebelumnya dapat disimpulkan bahwa kereta cepat Surabaya-Banyuwangi melewati 3 stasiun yaitu stasiun Gubeng (SGU), stasiun Jember (JR), dan stasiun Banyuwangi Kota (BWI). Peraturan yang digunakan dalam perencanaan desain kereta cepat Surabaya-Banyuwangi dalam penelitian ini adalah *Code of Design of High Speed Railways* (TB10621-2009). Dari hasil perhitungan perencanaan geometrik jalan rel kereta cepat Surabaya-Banyuwangi pada bab sebelumnya didapatkan rute kereta cepat Surabaya-Banyuwangi memiliki panjang trase sepanjang 269+703 km.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Hodas, "Design of Railway Track for Speed and High-speed Railways," *Procedia Eng.*, vol. 91, pp. 256–261, Jan. 2014, doi: 10.1016/J.PROENG.2014.12.056.
- [2] Menteri Perhubungan Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No. 60. (2012). Dalam Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api." Departemen Perhubungan, Direktorat Jenderal Perhubungan Perkeretaapian, Jakarta, 2012.
- [3] Ministry of Railways of the People's of Republic of China, "TB 10621-2009_English: PDF (TB10621-2009)," 2009. Accessed: Aug. 16, 2022. [Online]. Available: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/TB10621-2009>.