

PERENCANAAN GEOMETRI JALUR KERETA API KECEPATAN TINGGI LINTAS CIREBON-SEMARANG FASE I (CIREBON-BREBES) MENGUNAKAN AUTOCAD CIVIL 3D

Muhammad Suriadilaga
Program Studi DIII TBJP
Politeknik Perkeretaapian
Indonesia Madiun
Jl. Tirta Raya, Pojok,
Nambangan Lor, Kec.
Manguharjo, Kab. Madiun, Jawa
Timur 63161
suriadilaga23@gmail.com

Adya Aghastya
Program Studi DIII TBJP
Politeknik Perkeretaapian
Indonesia Madiun
Jl. Tirta Raya, Pojok,
Nambangan Lor, Kec.
Manguharjo, Kab. Madiun,
Jawa Timur 63161
adya@ppi.ac.id

Riska Sasanti Danartini
Program Studi DIII TBJP
Politeknik Perkeretaapian
Indonesia Madiun
Jl. Tirta Raya, Pojok,
Nambangan Lor, Kec.
Manguharjo, Kab. Madiun,
Jawa Timur 63161
riska@pengajar.ppi.ac.id

Abstract

The high-speed railway line has great potential to increase economic growth in the area through which it passes, especially the area that is a transit point or stop of the train. In accordance with the National Railway Master Plan (RIPNAS) the development of highspeed railways in Indonesia will continue to the city of Surabaya. The purpose of this research is to plan the Cirebon-Semarang Phase I (Cirebon-Semarang) high-speed railway with reference to the starting point of research from previous studies. The data needed is topography data as secondary data. This research is divided into 3 stages including geometry planning, traces design using Autodesk Civil 3D, and traces animation using Autodesk Infraworks. The line is planned to have 7 SCS curves using a radius of 3000 m as the smallest radius and a radius of 11000 m as the largest radius and is planned to have 8 vertical curves using a radius of 25000 m as the smallest radius and a radius of 28000 m as the largest radius and with a maximum gradient of 1.41%.

Keywords: Autodesk Civil 3D, Autodesk Infraworks, Railway track, High speed railway, Track geometry.

Abstrak

Jalur kereta api kecepatan tinggi memiliki potensi besar untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi di wilayah yang dilaluinya terutama wilayah yang menjadi tempat transit atau pemberhentian. Sesuai dengan Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (RIPNAS) pembangunan jalur kereta api kecepatan tinggi di Indonesia akan berlanjut sampai ke Kota Surabaya. Tujuan penelitian ini untuk merencanakan jalur kereta api kecepatan tinggi lintas Cirebon-Semarang Fase I (Cirebon-Semarang) dengan acuan titik awal penelitian dari penelitian terdahulu. Data yang dibutuhkan yaitu survei lapangan sebagai data primer dan data topografi sebagai data sekunder. Penelitian ini dibagi menjadi 3 tahap, antara lain perencanaan geometri, desain trase menggunakan Autodesk Civil 3D, dan animasi trase menggunakan Autodesk Infraworks. Jalur direncanakan memiliki 7 lengkung SCS menggunakan radius 3000 m sebagai radius terkecil dan radius 11000 m sebagai radius terbesar serta direncanakan memiliki 8 lengkung vertikal menggunakan radius 25000 m sebagai radius terkecil dan radius 28000 m sebagai radius terbesar serta dengan kelandaian maksimum 1,41%.

Kata-kata kunci: Autodesk Civil 3D, Autodesk Infraworks, Geometri jalur, Jalur kereta api, Kereta api kecepatan tinggi.

PENDAHULUAN

Kereta Cepat Jakarta Bandung (KCJB) yang sekarang sering disebut “WHOOSH” merupakan suatu kemajuan yang signifikan untuk perkembangan kereta api jarak jauh di Indonesia dengan kecepatan maksimum mencapai 350 km/jam yang awalnya menggunakan

kereta api konvensional yang hanya mencapai kecepatan maksimumnya 120 km/jam. Perencanaan geometri jalan rel merupakan perencanaan ruas jalan yang meliputi alinyemen vertikal dan horizontal (Rinanto & Raharjo, 2022). Untuk menunjang perencanaan geometri tersebut dalam penelitian membutuhkan beberapa *software* penunjang seperti Google Earth, Global Mapper, Autodesk Infracore, dan AutoCAD Civil 3D.

Sesuai dengan Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (RIPNAS) 2030 pada rencana jaringan jalur kereta api di Pulau Jawa, pembangunan jalur kereta api kecepatan tinggi di Indonesia akan berlanjut sampai ke Kota Surabaya sehingga memiliki rute perjalanan Jakarta-Surabaya. Adanya penelitian terdahulu yang membahas mengenai perencanaan geometri jalur lanjutan dari Kereta Cepat Jakarta Bandung dengan judul “Perencanaan Geometri Jalur Kereta Api Kecepatan Tinggi Lintas Bandung-Cirebon Fase I (Rancaekek-Cimalaka)”, penulis tertarik untuk melanjutkan penelitian tersebut (Pramono, 2018). Lintas Cirebon-Brebes merupakan lintas yang dibutuhkan berikutnya untuk mewujudkan Kereta Api Kecepatan Tinggi Jakarta – Surabaya (Aghastya et al., 2023). Pembangunan jalur kereta api kecepatan tinggi di lintas ini akan meningkatkan konektivitas antar kota dan memudahkan mobilitas penduduk serta barang (Arsa, 2017).

METODE PENELITIAN

Untuk mendapatkan suatu kontur wilayah yang digunakan dalam tahap merencanakan geometri dan jalur pada AutoCAD Civil 3D awalnya adalah menyiapkan data DEMNAS yang didapatkan dari *website* <https://tanahair.indonesia.go.id/> yang selanjutnya di *input* ke dalam *software* Global Mapper. Langkah kedua yaitu membuat *polygon* di *software* Google Earth mencakup daerah yang ingin diketahui kontur dan elevasinya. Setelah itu, *polygon* tersebut dapat di-*input* pada *software* Global Mapper yang sudah ter-*input* data DEMNAS. Kemudian menggunakan *Digitizer Tool* untuk memotong data DEMNAS yang luas menjadi seluas *polygon* dari Google Earth Pro yang kita inginkan. Langkah terakhirnya adalah *Generate Contours* yang akan memunculkan kontur dari wilayah yang dipilih. Untuk dapat di-*import* ke dalam AutoCAD Civil 3D maka hasil kontur di Global Mapper harus di-*export* menggunakan opsi *export vector* kemudian pilih jenis file DWG.

Perhitungan geometri jalur pada penelitian ini meliputi perhitungan alinyemen vertikal dan horizontal. Perhitungan ini menggunakan pedoman Permenhub No.7 Tahun 2022 tentang Penyelenggaraan Kereta Api Kecepatan Tinggi (Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 7, 2022). Desain *long and cross section* dibuat pada *software* AutoCAD Civil 3D dengan fitur-fitur yang ada pada *software* tersebut. Setelah melewati tahap desain *long and cross section*, proses selanjutnya dan terakhir adalah mengembangkannya ke bentuk 3D menggunakan *software* Autodesk Infracore.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Alinyemen Horizontal

Tabel 1 Data Alinyemen Horizontal

No	Uraian	STA		R(m)	R peralihan (m)	Kecepatan (km/jam)
		Start	End			
1	<i>Spiral</i>	103+036.06	103+436.06		400	220
	<i>Circle</i>	103+436.06	105+991.91	3000		220
	<i>Spiral</i>	105+991.91	106+391.91		400	220
2	<i>Spiral</i>	108+391.40	108+871.40		480	280
	<i>Circle</i>	108+871.40	109+228.80	5000		280
	<i>Spiral</i>	109+228.80	109+708.80		480	280
3	<i>Spiral</i>	114+098.79	114+648.79		550	300
	<i>Circle</i>	114+648.79	118+297.96	6000		300
	<i>Spiral</i>	118+297.96	118+847.96		550	300
4	<i>Spiral</i>	119+234.20	119+784.20		550	300
	<i>Circle</i>	119+784.20	123+179.31	6000		300
	<i>Spiral</i>	123+179.31	123+729.31		550	300
5	<i>Spiral</i>	129+694.53	130+064.53		370	350
	<i>Circle</i>	130+064.53	133+110.20	11000		350
	<i>Spiral</i>	133+110.20	133+480.20		370	350
6	<i>Spiral</i>	135+908.29	136+378.29		470	350
	<i>Circle</i>	136+378.29	137+713.59	9000		350
	<i>Spiral</i>	137+713.59	138+183.59		470	350
7	<i>Spiral</i>	140+355.03	140+885.03		530	350
	<i>Circle</i>	140+885.03	140+971.15	8000		350
	<i>Spiral</i>	140+971.15	141+501.15		530	350

Data lengkung horizontal dari software Civil 3D pada alternatif trase yang terpilih untuk jalur kereta api kecepatan tinggi lintas Cirebon-Brebes ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan data di atas diketahui bahwa trase yang terpilih memiliki lengkung dengan jari-jari terkecil 3000 meter dan jari-jari terbesar 11000 meter. Kecepatan rencana didapatkan dari pertimbangan radius lengkung dan panjang lengkung peralihan sesuai dengan Permenhub No.7 Tahun 2022. Lengkung horizontal yang digunakan menggunakan lengkung SCS (*Spiral-Curve-Spiral*) dengan rumus sebagai berikut:

1. Peninggian Rel Normal (hn)

$$h_n = 11,8 \times (V^2 / R)$$

$$= 11,8 \times ((220 \text{ km/jam})^2 / 3000 \text{ m})$$

$$= 190,37 \text{ mm}$$
2. Selisih Peninggian Normal dengan Aktual (hq)

$$\begin{aligned}
 h_q &= h_n - h_r \\
 &= 190,37 \text{ mm} - 175 \text{ mm} \\
 &= 15,37 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

3. Kecepatan Maksimum pada Lengkung ($V_{\max}$ Lengkung)

$$\begin{aligned}
 V_{\max} \text{ Lengkung} &= 0,29 \sqrt{R_r (h_r + h_d)} \\
 &= 0,29 \sqrt{3000 \text{ m} (175 \text{ mm} + 90 \text{ mm})} \\
 &= 0,29 \sqrt{795000} \\
 &= 0,29 \times 891,63 \\
 &= 268,57 \text{ km/jam}
 \end{aligned}$$

4. Perencanaan Lengkung

$$\begin{aligned}
 \theta_s &= \frac{90 \times L_s}{\pi \times R} \\
 &= \frac{90 \times 400 \text{ m}}{3,14 \times 3000 \text{ m}} \\
 &= 3,82^\circ
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta &= (2 \times \theta_s) + \theta_c \\
 &= (2 \times 3,82^\circ) + 48,81^\circ \\
 &= 56,45^\circ
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_c &= \frac{\theta_c}{360} \times 2\pi R \\
 &= \frac{48,81^\circ}{360} \times (2 \times 3,14 \times 3000 \text{ m}) \\
 &= 2554,55 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{\text{total}} &= (2 \times L_s) + L_c \\
 &= (2 \times 400 \text{ m}) + 2554,55 \text{ m} \\
 &= 3354,55 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_s &= L_s - \frac{L_s^3}{40 \times R^2} \\
 &= 400 \text{ m} - \frac{(400 \text{ m})^3}{40 \times (3000 \text{ m})^2} \\
 &= 398,81 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K &= X_s - R \sin \theta_s \quad K = X_c - R \sin \theta_s \\
 &= 398,81 \text{ m} - (3000 \text{ m} \times \sin (3,82^\circ)) \\
 &= 199,97 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

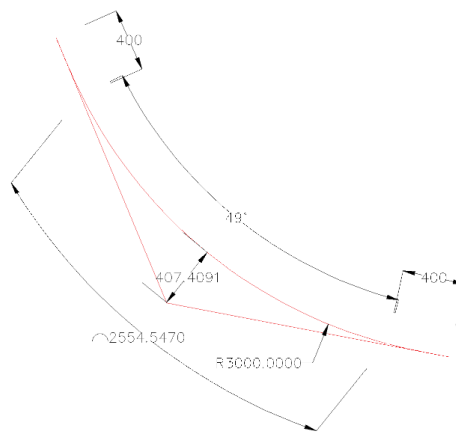
$$\begin{aligned}
 Y_s &= \frac{L_s^2}{6 \times R} \\
 &= \frac{(400 \text{ m})^2}{6 \times 3000 \text{ m}} \\
 &= 8,89 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= Y_s - R (1 - \cos \theta_s) \\
 &= 8,89 \text{ m} - (3000 \text{ m} \times (1 - \cos (3,82^\circ))) \\
 &= 2,23 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ts &= ((R + p) \times \tan \frac{\Delta}{2}) + k \\
 &= ((3000 \text{ m} + 2,23 \text{ m}) \times \tan \frac{56,45^\circ}{2}) + 199,97 \text{ m} \\
 &= 1811,52 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E &= (R + p) \times \sec \left(\frac{\Delta}{2} \right) - R \\
 &= (3000 \text{ m} + 2,23 \text{ m}) \times \sec \left(\frac{56,45^\circ}{2} \right) - 3000 \text{ m} \\
 &= 407,41 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Skema Alinyemen Horizontal disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Skema Alinyemen Horizontal

Perhitungan Superelevasi

Setelah didapatkan perhitungan lengkung horizontal selanjutnya melakukan perhitungan superelevasi pada lengkung dengan rumus sebagai berikut:

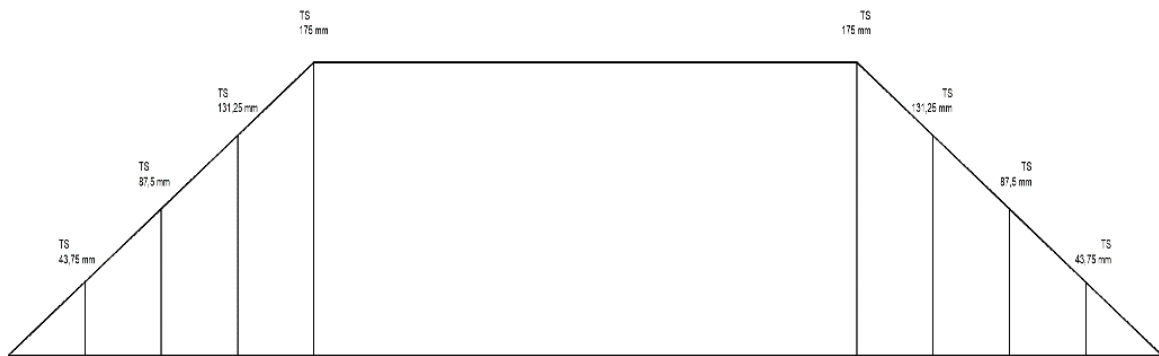
$$\begin{aligned}
 \text{Titik 1} &= \frac{\frac{1}{4} \times L_s}{L_s} \times h_r \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \times 400 \text{ m}}{400 \text{ m}} \times 175 \text{ mm} \\
 &= 43,75 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Titik 2} &= \frac{\frac{1}{2} \times L_s}{L_s} \times h_r \\
 &= \frac{\frac{1}{2} \times 400 \text{ m}}{400 \text{ m}} \times 175 \text{ mm} \\
 &= 87,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Titik 3} = \frac{\frac{3}{4} \times L_s}{L_s} \times h_r$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\frac{3}{4} \times 400 \text{ m}}{400 \text{ m}} \times 175 \text{ mm} \\
 &= 131,25 \text{ mm} \\
 \text{Titik 4} &= \frac{L_s}{L_s} \times \text{hr} \\
 &= \frac{400 \text{ m}}{400 \text{ m}} \times 175 \text{ mm} \\
 &= 175 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Skema superelevasi disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2 Skema Superelevasi

Perhitungan Alinyemen Vertikal

Tabel 2 Data Alinyemen Vertikal

<i>PVI</i>	<i>Station</i>	<i>Elevation (m)</i>	<i>Grade In (%)</i>	<i>Grade Out (%)</i>	<i>Curve Length (m)</i>
1	1014+78.770	38.902	0,000 %	2,546 %	636.336
2	1021+70.000	56.500	2,546 %	0,000 %	687.242
3	1039+31.863	56.500	0,000 %	-1,876 %	487.797
4	1046+85.289	42.363	-1,876 %	0,000 %	469.035
5	1087+93.236	42.363	0,000 %	-1,524 %	426.821
6	1101+13.362	22.238	-1,524 %	0,000 %	381.090
7	1331+31.003	22.238	0,000 %	-0,354 %	95.607
8	1350+59.748	15.408	-0,354 %	0,000 %	92.066

Data elevasi dan kelandaian pada trase yang didapatkan dari software Civil 3D ditunjukkan pada Tabel 2. Perencanaan alinyemen vertikal menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \phi &= G1 \pm G2 \\
 &= 0 \% + 2,55 \% \\
 &= 2,55 \%
 \end{aligned}$$

$$L_p = \frac{\phi \times R}{2 + 0,4 v}$$

$$= \frac{2,55 \% \times 25000 \text{ m}}{2 + (0,4 \times 300 \text{ Km/jam})}$$

$$= 521,72 \text{ meter}$$

$$X_m = \frac{\phi \times R}{\frac{2 \times 1000}{2,55 \% \times 25000 \text{ m}}}$$

$$= \frac{2 \times 1000}{2,55 \% \times 25000 \text{ m}}$$

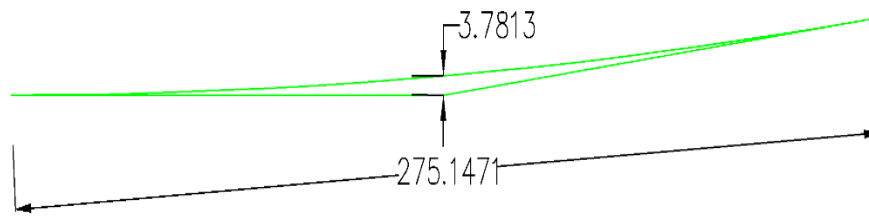
$$= 31,83 \text{ meter}$$

$$Y_m = \frac{\phi^2 \times R}{\frac{8 \times 1000}{(2,55 \%)^2 \times 25000 \text{ m}}}$$

$$= \frac{8 \times 1000}{(2,55 \%)^2 \times 25000 \text{ m}}$$

$$= 20,26 \text{ meter}$$

Skema Alinyemen Vertikal disajikan pada Gambar 3.



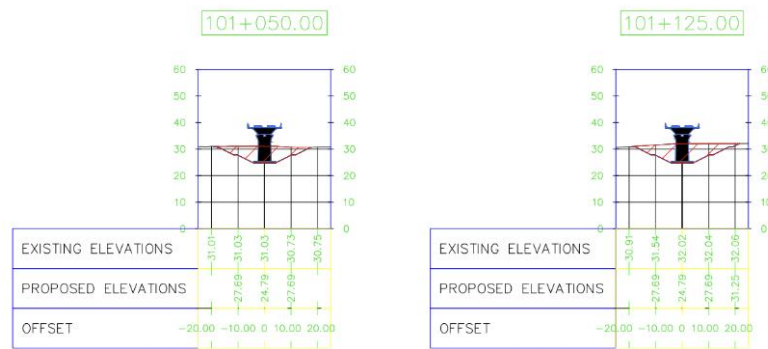
Gambar 3 Skema Alinyemen Vertikal

Desain Long Section dan Cross Section

Langkah-langkah pembuatan *long section* dan *cross section* pada Civil 3D:

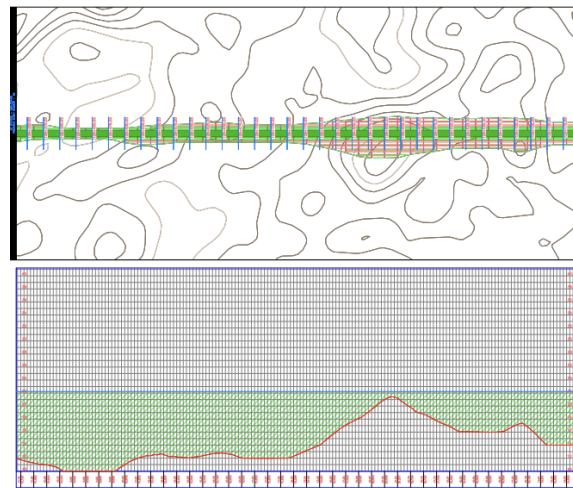
1. Membuat alinyemen horizontal
2. *Plotting* kontur
3. Penyesuaian alinyemen horizontal
4. Potongan tanah memanjang
5. Alinyemen vertikal
6. *Cut and fill area* pada profil tanah memanjang
7. *Assembly*
8. *Corridor*
9. *Sample line*
10. Potongan Melintang
11. Superelevasi

Hasil *cross section* disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4 Hasil Cross Section

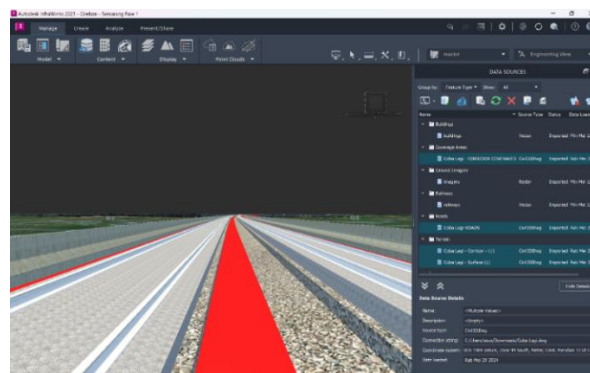
Hasil *long section* disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5 Hasil *Long Section*

Animasi

Untuk memunculkan animasi pada Autodesk Infracore diperlukan *plotting area* dan *import hasil perencanaan* dari AutoCAD Civil 3D seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Hasil Animasi *Autodesk Infraworks*

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan dan analisis jalur kereta api kecepatan tinggi lintas Cirebon – Semarang fase 1 (Cirebon – Brebes) dapat disimpulkan bahwa perencanaan geometri untuk alinyemen horizontal jalur kereta api kecepatan tinggi lintas Cirebon – Semarang fase 1 (Cirebon – Brebes) direncanakan memiliki 7 lengkung SCS menggunakan radius 3000 m sebagai radius yang terkecil dan radius 11000 m sebagai radius yang terbesar. Lengkung horizontal yang direncanakan menggunakan peninggian maksimum sebesar 175 mm sesuai dengan Permenhub No.7 Tahun 2022. Perencanaan geometri untuk alinyemen vertikal jalur kereta api kecepatan tinggi lintas Cirebon – Semarang fase 1 (Cirebon – Brebes) direncanakan memiliki 8 lengkung vertikal menggunakan radius 25000 m sebagai radius yang terkecil dan radius 28000 m sebagai radius yang terbesar serta dengan kelandaian maksimum 1,41 %. Pada perencanaan geometri ini menggunakan kecepatan rencana terkecil 220 km/jam pada lengkung horizontal dengan radius 3000 m dan kecepatan rencana tertinggi 350 km/jam.

Penggambaran desain *cross section* dan *long section* menggunakan *software* AutoCad Civil 3D menampilkan elevasi dari satu potongan melintang dengan perpotongan setiap 25 meter sehingga diharapkan dapat memperoleh detail elevasi jalur yang mendekati dan terperinci dengan kondisi di lapangan. Sesuai dengan hasil penggambaran desain *cross section* dan *long section*, terdapat area-area yang kurang sesuai jika menggunakan struktur *elevated* antara lain pada km 106+140 sampai km 106+300 dan km 106+370 sampai km 106+570 lebih sesuai menggunakan struktur *at grade* untuk mengurangi pekerjaan galian timbunan pada area-area tersebut.

SARAN

Berdasarkan penelitian ini, terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya. Pertama, dapat dilakukan analisis struktur *bridge* atau *elevated* pada jalur kereta api kecepatan tinggi. Kedua, perencanaan jalur kereta api kecepatan tinggi dapat dilanjutkan secara bertahap hingga Surabaya. Ketiga, dapat ditambahkan desain perlintasan tidak sebidang, wesel, persinyalan, dan stasiun pada jalur kereta api kecepatan tinggi. Terakhir, dapat dilakukan analisis efisiensi serta kelayakan penggunaan struktur jalur, baik *bridge*, *at grade*, maupun *tunnel* pada jalur kereta api kecepatan tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aghastya, A., Aldi, D., dan Yudha, W. 2023. *Perencanaan Geometri Jalur Kereta Api Kecepatan Tinggi Lintas Bandung-Cirebon Fase I (Rancaekek-Cimalaka)*.
Arsa, D. P. 2017. *Perencanaan Geometrik Jalan Rel Kereta Cepat Stasiun Tegalluar Bandung - Bandar Udara Internasional Jawa Barat (Stationing 0+000 hingga 33+000)*. Universitas Gadjah Mada.

- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 7 Tahun 2022. 2022. *Penyelenggaraan Kereta Api Kecepatan Tinggi. Menteri Perhubungan Republik Indonesia.*
- Pramono, F. P. 2018. *Perencanaan Geometrik Jalan Rel Kereta Cepat Bandar Udara Internasional Kertajati – Stasiun Waruduwur, Cirebon.* Universitas Gadjah Mada.
- Rinanto H. A. dan Rahardjo B. 2022. *Perencanaan Geometrik Jalan Rel Kereta Cepat Surabaya-Banyuwangi.* Jurnal Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 11 (2): 79–83