

# Perencanaan Geometrik Jalan Rel Pada Trase Baru Rute Purwokerto Selatan - Banjarsari

**DENIEL TRISATYA NUGRAHA<sup>1</sup>, HERMAN<sup>2</sup>**

1. Institut Teknologi Nasional Bandung
2. Institut Teknologi Nasional Bandung

Email: deniel.tri28@gmail.com

## **ABSTRAK**

Jalur kereta api rute Purwokerto – Banjarsari adalah jalur nonaktif di Daerah Operasi 5 Purwokerto yang dibangun oleh Serajoedal Stoomtram Maatschappij (SDS) dari tahun 1917 sampai penutupan pada tahun 1978. Efek dari penutupan, prasarana sudah berubah dan hilang yang mengakibatkan tidak bisa dilakukan reaktivasi. Sebagai alternatif, dibuat jalur baru menuju Stasiun Banjarsari melalui Selatan kota Purwokerto yang dimulai dari Stasiun Purwokerto Selatan. Tujuan dari penelitian ini adalah merencanakan bentuk geometrik jalur rel dari Stasiun Purwokerto Selatan (STA 0+575) sampai Stasiun Banjarsari (STA 18+350) sejauh 18 KM berdasarkan P.M. Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api. Lebar rel yang digunakan adalah 1067 mm dengan kelas jalur rel tipe I, dan kecepatan maksimal 120 km/jam. Hasil penelitian didapatkan 15 lengkung horizontal terdiri dari 3 lengkung Full Circle dengan jari-jari lengkung minimal 3.000 meter dan 12 lengkung Spiral-Circle-Spiral dengan jari-jari lengkung minimal 800 meter. Lengkung vertikal menggunakan jari-jari lengkung 6.000 meter dan 8.000 meter mengacu kecepatan rencana pada lengkung horizontal dengan landai penentu 10 ‰. Terakhir, hambatan sepanjang alinyemen diambil pada titik hambatan kritis dari IPV-02 sampai IPV-03 dengan kelandaian 17,41 ‰ menggunakan 1 lokomotif CC 206 ditambah 6 kereta penumpang dengan hasil kereta bisa melewati hambatan tersebut.

Kata kunci: geometrik, kereta api, rel, alinyemen, horizontal, vertikal

## **ABSTRACT**

*Purwokerto – Banjarsari route railroad was a non-active line in DAOP 5 Purwokerto which was built by Serajoedal Stoomtram Maatschappij (SDS) from 1917 until its closure in 1978. That was that the infrastructure had changed and lost so that reactivation could not be carried out. Alternative, a new route is made to Banjarsari Station through the southern Purwokerto start from South Purwokerto Station. The purpose is planning the geometric shape of the rail line from South Purwokerto Station (STA 0+575) to Banjarsari Station (STA 18+350) based on 2012 Minister of Transportation Regulation Number 60 concerning Railway Technical Requirements. The the rail width used 1.067 mm with type class I, and maximum train speed 120 km/hour. The results showed 3 Full Circle curve with a minimum radius 3.000 meters and 12 Spiral-Circle-Spiral curve with a minimum radius 800 meters. The vertical curve uses radius 6.000 meters and 8.000 meters refers to design speed on horizontal curve with determining ramp 10‰. Finally, the obstacles along the alignment were taken at the critical obstacle points from IPV-02 to IPV-03 with a slope 17.41‰ using 1 CC 206 locomotive plus 6 passenger train cars with the result that the train could pass through the barriers.*

**Keywords:** *geometric, train, railroad, alignment, horizontal, vertical*

## 1. PENDAHULUAN

Jalur Purwokerto-Banjarsari adalah jalur kereta nonaktif yang masuk aset milik Daerah Operasi (DAOP) 5 Purwokerto. Jalur ini dibuka pada tahun 1917 oleh Serajoedal Stoomtram Maatschappij (SDS) melalui kota Purwokerto, Sokaraja, dan Banjarsari. Seiring perkembangan transportasi jalur raya, maka jalur kereta api tersebut ditutup pada tahun 1978 karena kalah bersaing dengan moda yang menggunakan roda karet. Sebagai tindak lanjut dari Keputusan Menteri Perhubungan Nomor KP 2128 Tahun 2018 tentang Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (RIPNas), maka perlu dilakukan pembangunan reaktivasi jalur tersebut. Karena kondisi jalur eksisting tidak dimungkinkan untuk direaktivasi, maka direncanakan rute baru ke Banjarsari. Untuk merencanakan rute tersebut, diperlukan desain aliyemen geometrik jalur rel sebagai langkah awal dalam pembangunan jalur rel pada trase baru yang dipilih sesuai P.M. Perhubungan no. 60 tahun 2012 beserta hambatan alinyemen.

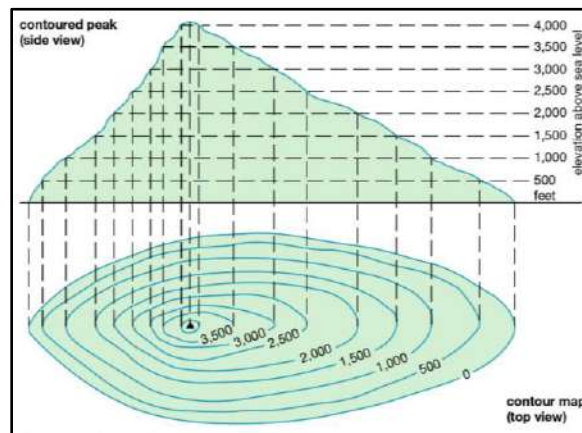
## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Jalan Rel

Jalur rel merupakan suatu konstruksi yang direncanakan sebagai prasarana atau infrastruktur perjalanan kereta api.

### 2.2 Peta Topografi

Peta topografi menunjukkan bentuk, ukuran dan distribusi atau gambaran bentang alam, disebut sebagai topografi, atau konfigurasi dari permukaan alam. Gambar ketinggian (elevasi) ditunjukkan pada garis kontur, yang merupakan semua kedudukan dari titik-titik yang mempunyai elevasi (altitude) sama.



(Sumber: <https://www.mapserve.co.uk/>)

Gambar 1. Garis Kontur dan Permukaan Bumi

### 2.3 Foto Udara

Foto udara merupakan rekaman fotogrametris objek di atas permukaan bumi yang pengambilannya dilakukan dari udara.

### 2.4 Trase Jalur Kereta Api

Trase jalur kereta api adalah rencana tapak jalur kereta api yang telah diketahui titik-titik koordinatnya.

## 2.5 Kecepatan

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 terdapat beberapa tipe kecepatan, yaitu:

### A. Kecepatan rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang digunakan untuk merencanakan konstruksi jalur rel.

#### a. Untuk perencanaan struktur jalur rel

$$V_{rencana} = 1,25 \times V_{maks}$$

#### b. Untuk perencanaan peninggian

$$V_{rencana} = C \times \frac{N_i V_i}{V_i}$$

#### c. Untuk perencanaan jari-jari lengkung lingkaran dan lengkung peralihan

$$V_{rencana} = V_{maks}$$

### B. Kecepatan maksimum

Kecepatan maksimum adalah kecepatan tertinggi yang diijinkan untuk operasi suatu rangkaian kereta pada lintas tertentu

### C. Kecepatan Operasi

Kecepatan operasi adalah kecepatan rata-rata pada petak jalur tertentu.

### D. Kecepatan Komersial

Kecepatan komersial kecepatan rata-rata kereta api sebagai hasil pembagian jarak tempuh dengan waktu tempuh.

## 2.6 Kelas Jalur Rel

Kelas jalur rel diperlukan untuk menentukan daya angkut lintas, kecepatan maksimum ( $V_{maks}$ ), beban maksimum gandar, dan tipe rel.

**Tabel 1. Kelas Jalur Rel Lebar 1067 mm**

Kelas jalan	Daya Angkut Lintas (ton/tahun)	V maks (km/jam)	P maks gandar (ton)	Tipe Rel	Jenis	Jenis Penambat	Tebal Balas Atas (cm)	Lebar Bahu Balas (cm)
					Jarak antar sumbu bantalan (cm)			
1	>20.10 <sup>6</sup>	120	18	R.60/R.54	Beton 60	Elastis Ganda	30	60
2	10.10 <sup>6</sup> - 20.10 <sup>6</sup>	110	18	R.54/R.50	Beton/Kayu 60	Elastis Ganda	30	50
3	5.10 <sup>6</sup> - 10.10 <sup>6</sup>	100	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja 60	Elastis Ganda	30	40
4	2,5.10 <sup>6</sup> - 5.10 <sup>6</sup>	90	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja 60	Elastis Ganda/Tunggal	25	40
5	<2,5.10 <sup>6</sup>	80	18	R.54	Kayu/Baja 60	Elastis Tunggal	25	35

**Sumber: Kementerian Perhubungan, 2012**

## 2.7 Ruang Bebas dan Ruang Bangun

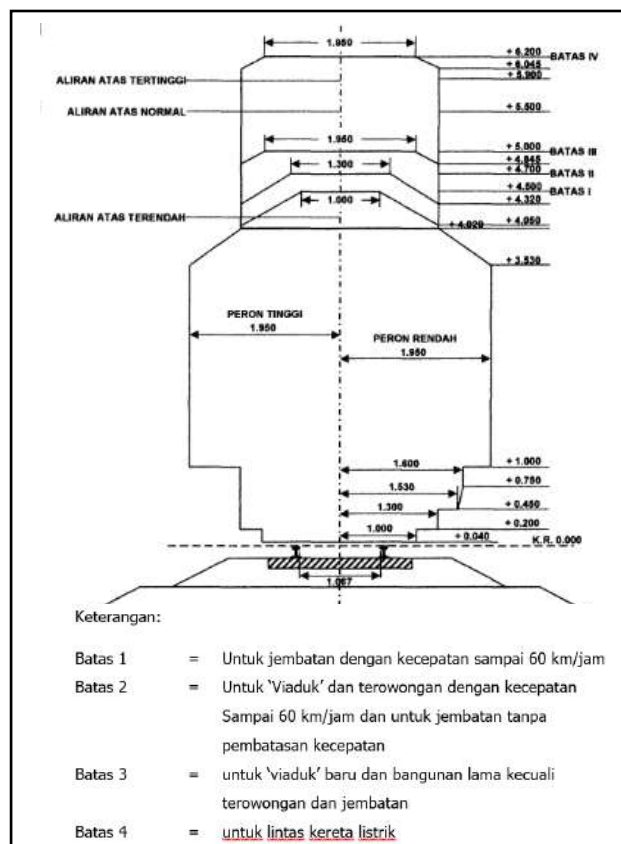
Dalam penyediaan infrastruktur jalur rel diperlukan persyaratan ruang bebas dan ruang bangun yang dipertimbangkan dari aspek tata letak, tata ruang, dan lingkungan.

- A. Ruang Bebas adalah ruang di atas jalur rel yang senantiasa harus bebas dari segala rintangan dan benda penghalang, ruang ini disediakan untuk lalu lintas kereta api.
- B. Ruang bangun adalah ruang sisi jalur rel yang senantiasa harus bebas dari segala bangunan tetap.

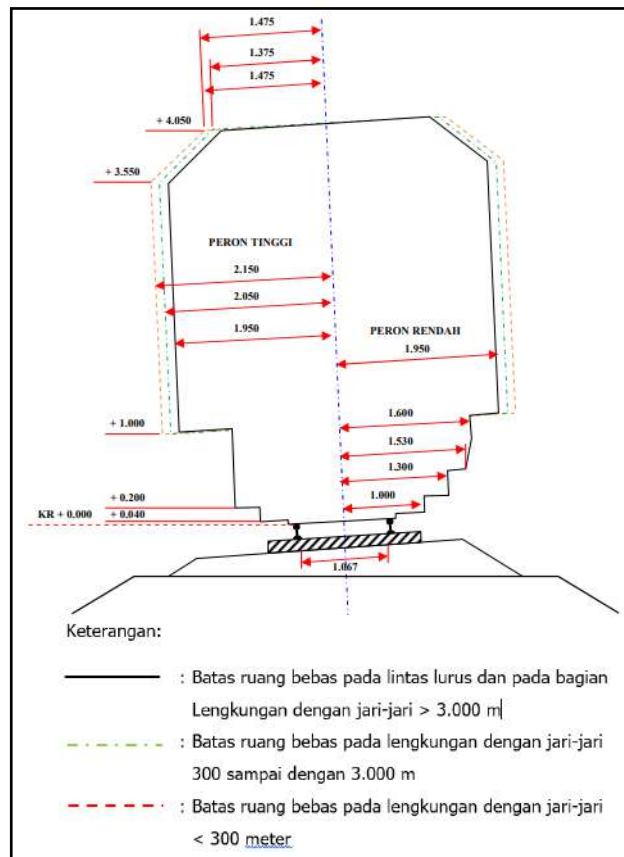
**Tabel 2. Jarak Ruang Bangun**

Segmen Jalur	Lebar Jalan Rel 1067 mm dan 1435 mm	
	Jalur Lurus	Jalur Lengkung R<800
Lintas Bebas	minimal 2,35 m di kiri kanan as jalan rel	R ≤ 300, minimal 2,55 m R > 300, minimal 2,45 m di kiri kanan as jalan rel
Emplasemen	minimal 1,95 m di kiri kanan as jalan rel	minimal 2,35 m di kiri kanan as jalan rel
Jembatan, Terowongan	2,15 m di kiri kanan as jalan rel	2,15 m di kiri kanan as jalan rel

Sumber: Kementerian Perhubungan, 2012



Sumber: Kementerian Perhubungan, 2012  
Gambar 2 Ruang Bebas Lebar Rel 1067 mm Bagian Lurus



Sumber: Kementerian Perhubungan, 2012  
Gambar 3 Ruang Bebas Lebar Rel 1067 mm Bagian Lengkung

## 2.8 Pengelompokan Lintas

Menurut Peraturan Dinas no. 10 tahun 1986, berdasarkan pada kelandaian dari sumbu jalur rel dapat dibedakan atas 4 kelompok

Tabel 3. Pengelompokan Lintas Berdasarkan Kelandaian

Kelompok	Kelandaian
Emplasemen	0 sampai 1,5 ‰
Lintas datar	0 sampai 10 ‰
Lintas pegunungan	10 sampai 40 ‰
Lintas dengan rel gigi	40 sampai 80 ‰

Sumber: Kementerian Perhubungan, 2012

## 2.9 Geometrik Jalur Rel

Geometri jalur rel direncanakan berdasarkan pada kecepatan rencana serta ukuran kereta yang melewatinya dengan memperhatikan faktor keamanan, kenyamanan, ekonomi dan keserasian dengan lingkungan sekitarnya.

### 2.9.1 I.P (Intersection Point)

Titik perpotongan kedua garis tangen adalah titik potong horizontal atau disebut I.P (Intersection Point), dihitung dengan persamaan garis lurus melalui 2 titik koordinat A(X<sub>i</sub>;Y<sub>i</sub>) dan B(X<sub>j</sub>;Y<sub>j</sub>).

$$\frac{y-y_j}{y_j-y_i} = \frac{x-x_j}{x_j-x_i}$$

Dihasilkan:

$$Ax_1 + By_1 + C_1 = 0 \text{ (pers. 1)}$$

$$Ax_2 + By_2 + C_2 = 0 \text{ (pers. 2)}$$

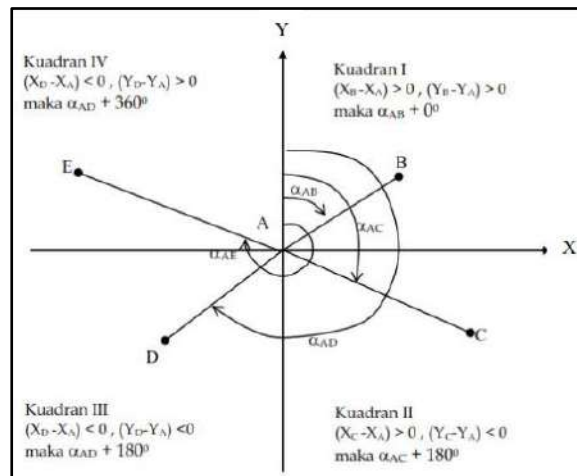
Dari hasil 2 persamaan garis diatas, diperoleh nilai koordinat I.P dengan nilai X dan Y dengan metode perhitungan eliminasi.

### 2.9.2 Sudut Peubah Arah

Dalam rekayasa jalur rel, peubah arah dinyatakan dengan sudut jurusan ( $\alpha$ ) dan sudut peubah jurusan ( $\Delta$ ).

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{x_b - x_a}{y_b - y_a}$$

$$\Delta = |\varphi_1 - \varphi_2|$$



Sumber: Syaifullah, 2019  
Gambar 4. Kuadran Azimuth

Tabel 4. Kuadran Azimuth

Kuadran	Xb - Xa	Yb-Ya	azimut ( $\varphi$ )
1	+	+	$\varphi = \alpha$
2	+	-	$\varphi = 180 - \alpha$
3	-	-	$\varphi = 180 + \alpha$
4	-	+	$\varphi = 360 - \alpha$

Sumber: Umaryono, 1986

### 2.9.3 Jarak I.P

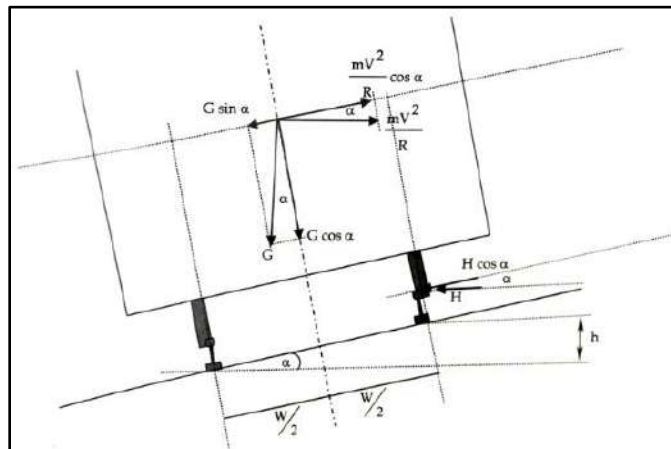
Jarak P.I adalah jarak antara dari titik 1 ke titik 2.

$$d = \sqrt{(x_b - x_a)^2 + (y_b - y_a)^2}$$

### 2.9.4 Alinyemen Horizontal

Lengkung horizontal adalah dua bagian lurus, yang perpanjangnya saling membentuk sudut harus dihubungkan dengan lengkung yang berbentuk lingkaran, dengan atau tanpa lengkung peralihan.

a. Gaya sentrifugal diimbangi oleh gaya berat dan daya dukung komponen rel:



Sumber: ATR/BPN, 2019  
Gambar 5. Skematik Gaya Sentrifugal

Dengan hasil uraian

$$a = \frac{V^2}{13R} - g \frac{h}{W}$$

Dengan memasukan percepatan setrifugal (a) maksimum yang ditentukan adalah 0,0478 g, hmaks = 110 mm (lebar rel 1067 mm), persamaan jari-jari minimum lengkung dengan peralihan:

$$R_{min} = 0,054 V^2$$

b. jari-jari minimum lengkung tanpa peralihan

$$R_{min} = 0,164 V^2$$

**Tabel 5. Persyaratan Perencanaan Lengkungan**

Kecepatan Rencana (km/jam)	Jari-jari minimum lengkung lingkaran tanpa lengkung peralihan (m)	Jari-jari minimum lengkung lingkaran yang diijinkan dengan lengkung peralihan (m)
120	2370	780
110	1990	660
100	1650	550
90	1330	440
80	1050	350
70	810	270
60	600	200

**Sumber: Kementerian Perhubungan, 2012**

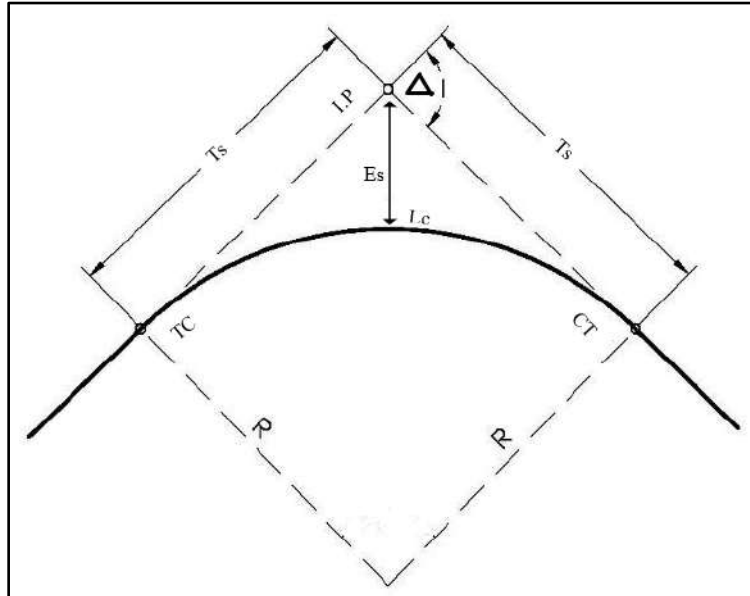
Lengkung horizontal terdiri dari 2 tipe, yaitu *Full Circle* dan *Spiral-Circle-Spiral*.

A. Full Circle

$$T_s = R \times \text{tg } 0,5 \Delta$$

$$L_c = \frac{\Delta}{180} \times \pi \times R$$

$$E_s = R \times \text{sec } 0,5 \Delta - R$$



**Sumber: Caltrain, 2011**  
**Gambar 6. Lengkung FC**

B. Spiral-Circle-Spiral

$$\theta_s = \frac{90 \times PLA}{\pi \times R}$$

$$\theta_c = \Delta - 2\theta_s$$



$$L_c = \frac{\theta_c}{180} \times \pi \times R$$

$$L = 2 \text{ PLA} + L_c$$

$$X_c = \text{PLA} - \frac{\text{PLA}^3}{40 \times R^2}$$

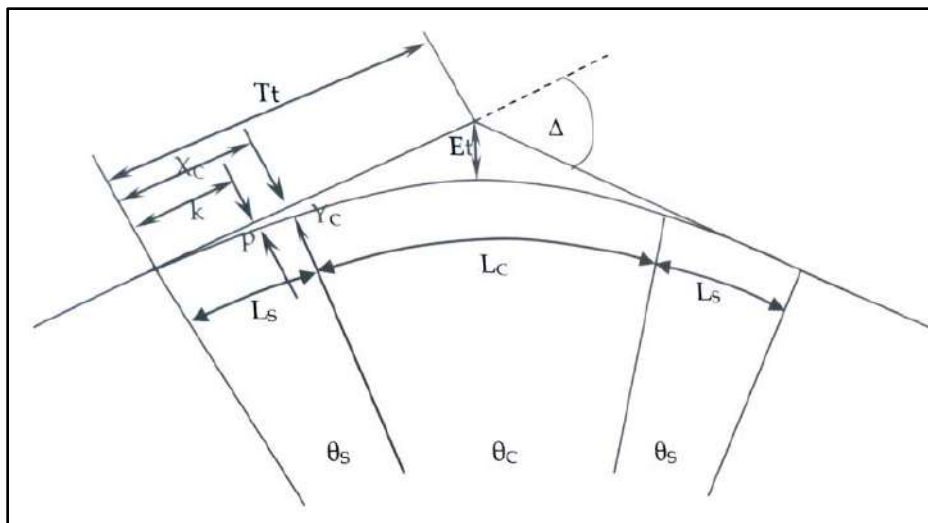
$$Y_c = \frac{\text{PLA}}{6 \times R}$$

$$P = Y_c - R(1 - \cos \theta_s)$$

$$k = X_c - R \sin \theta_s$$

$$T_s = (R+p) \operatorname{tg} \frac{\Delta_s}{2} + k$$

$$E_s = (R+p) \operatorname{sec} \frac{\Delta_s}{2} - R$$



Sumber: Rosyidi, 2016  
Gambar 7. Lengkung SCS

### 2.9.5 Lengkung Peralihan (PLA)

Lengkung peralihan (spiral circle) adalah lengkung dengan jari-jari yang berubah beraturan.

$$\text{PLA} = 0,01 \times h \times V_r$$

### 2.9.6 Peninggian Rel

Peninggian rel dicapai dengan menepatkan rel dalam pada tinggi semestinya dan rel luar lebih tinggi. Peninggian dilakukan dengan cara meninggikan rel bagian luar, bukan menurunkan rel dalam. Untuk peninggian dengan lebar rel 1067 mm menggunakan rumus

$$h_{\text{normal}} = 5,95 \frac{V_r^2}{R}$$

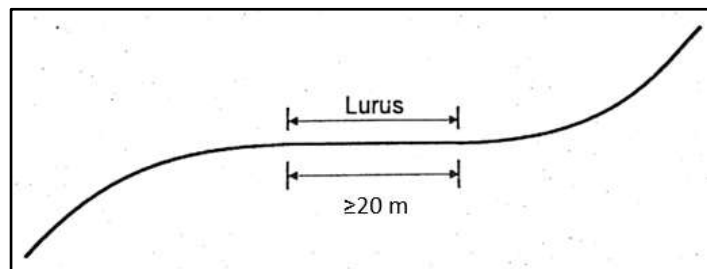
**Tabel 6. Peninggian Rel untuk lebar sepur 1067 mm**

Jari-jari (m)	Peninggian (mm) pas (km/jam)						
	120	110	100	90	80	70	60
100							
150							
200							110
250							90
300						110	75
350					110	85	65
400					100	75	55
450				110	85	65	50
500				100	80	60	45
550			110	90	70	55	40
600			100	85	65	50	40
650			95	75	60	50	35
700		105	85	70	55	45	35
750		100	80	65	55	40	30
800	110	90	75	65	50	40	30
850	105	85	70	60	45	35	30
900	100	80	70	55	45	35	25
950	95	80	65	55	45	35	25
1000	90	75	60	50	40	30	25
1100	80	70	55	45	35	30	20
1200	75	60	55	45	35	25	20
1300	70	60	50	40	30	25	20
1400	65	55	45	35	30	25	20
1500	60	50	40	35	30	20	15
1600	55	45	40	35	25	20	15
1700	55	45	35	30	25	20	15
1800	50	40	35	30	25	20	15
1900	50	40	35	30	25	20	15
2000	45	40	30	25	20	15	15
2500	35	30	25	20	20	15	10
3000	30	25	20	20	15	10	10
3500	25	25	20	15	15	10	10
4000	25	20	15	15	10	10	10

Sumber: Kementerian Perhubungan, 2012

### 2.9.7 Lengkung Transisi Lurusan (Lengkung S)

Lengkung transisi terjadi bila dua lengkung dari suatu lintas yang berbeda arah lengkungnya terletak bersambungan dan harus memiliki transisi lurusan sekurang-kurangnya sepanjang 20 m di luar lengkung peralihan.



Sumber: Utomo, 2006  
Gambar 8. Lengkung S

## 2.10 Landai Penentu Maksimum

Landai penentu maksimum adalah suatu kelayakan (pendakian) yang terbesar yang ada pada suatu lintas lurus.

**Tabel 7. Landai Penentu Maksimum**

Kelas Jalan Rel	Landai Penentu Maksimum
1	10 ‰
2	10 ‰
3	20 ‰
4	25 ‰
5	25 ‰

**Sumber: Kementerian Perhubungan, 2012**

## 2.11 Alinyemen Vertikal

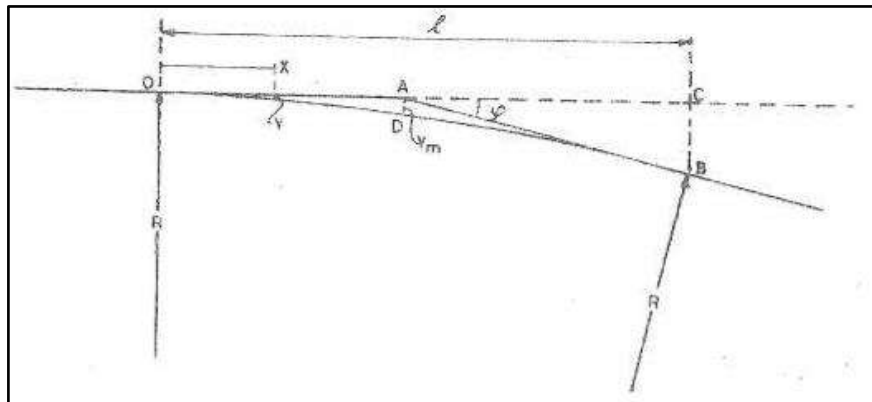
Alinyemen vertikal adalah proyeksi sumbu jalur rel pada bidang vertikal yang melalui sumbu jalur rel tersebut.

$$Gr = \frac{Jv}{Jh} \times 1.000$$

$$\varphi = |G_{rdepan} - G_{rbelakang}|$$

$$X_m = \frac{R}{2} \varphi$$

$$Y_m = \frac{R}{8} \varphi^2$$



**Sumber: Perusahaan Jawatan Kereta Api, 1986**  
**Gambar 9. Detail Lengkung Vertikal**

Besar jari-jari minimum lengkung vertikal bergantung pada kecepatan rencana.

**Tabel 8. Jari-Jari Minimum Lengkung Vertikal Jalur Rel**

Kecepatan Rencana (km/jam)	Jari-Jari Minimum Lengkung Vertikal (m)
Lebih besar dari 100	8000
Sampai 100	6000

**Sumber: Kementerian Perhubungan, 2012**

## 2.12 Landai Curam

Pada kondisi khusus sering terdapat lintas dengan kelandaian yang lebih besar dari landai penentu ( $S_m$ ) dengan alasan ekonomis untuk perancangan diperlukan desain khusus untuk menentukan kelandaian yang disebut landai curam ( $S_k$ ).

$$\ell = \frac{(Va^2 - Vb^2)}{2g(Sk - Sm)}$$

## 2.13 Hambatan Alinyemen

Ketika kereta api beroperasi pada lintas yang dilalui akan mengalami gaya hambat, berupa hambatan laju, hambatan lengkung, dan hambatan landai.

### 2.13.1 Hambatan Laju atau Jalur

Hambatan jalur terjadi akibat gesekan roda dan rel, gesekan dalam gandar, dan hambatan udara.

$$H_j = 2,4 + c.V^2$$

Dengan c:

- $\frac{1}{1.000}$  (untuk kecepatan rendah)
- $\frac{1}{1300}$  (untuk kecepatan tinggi)

### 2.13.2 Hambatan Lengkung

Ketika kereta api melalui lengkung horizontal, roda luar menempuh jarak yang lebih panjang daripada roda dalam. Hal itu menyebabkan roda terseret dan menimbulkan gesekan yang menghambat.

$$H_L = \frac{375}{(R-50)}$$

### 2.13.3 Hambatan Landai

Hambatan landai ketika kereta api bergerak menanjak.

$$H_s = S \text{ kg/ton}$$

3 hambatan tersebut dapat dikombinasikan dengan berat kereta ( $G$ ) dan kecepatan kereta untuk mendapatkan daya traksi minimal yang menyesuaikan dengan daya mesin lokomotif maksimal.

$$G = [\sum L_i \times \text{berat lokomotif}] + [\sum R_i \times \text{berat rangkaian}]$$

$$N = 1,1 \times G \times (H_j + H_L + H_s) \times \frac{V_r}{270}$$

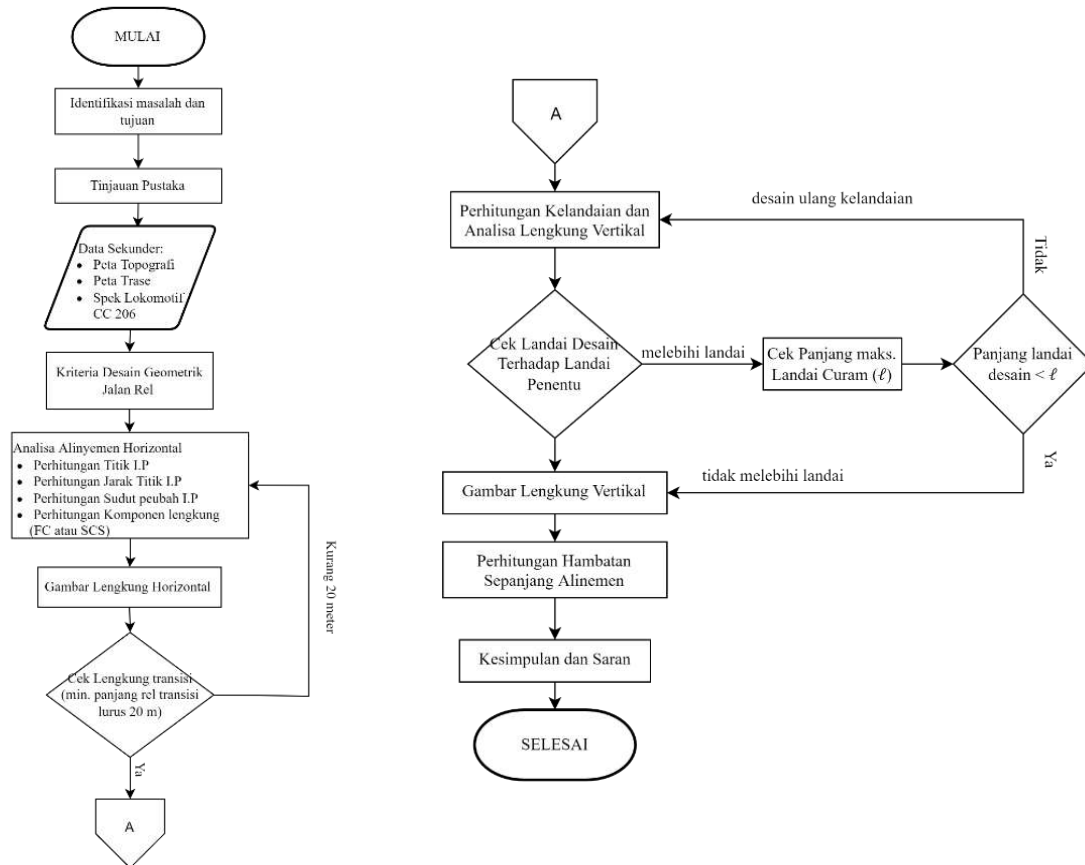
**Tabel 9. Spesifikasi Lokomotif tipe CC Di Indonesia**

Jenis	Penggerak	Konfigurasi Bogie	Daya Mesin (HP)	Bobot (ton)
CC200	Diesel Elektrik	C - C	1750	96
CC201	Diesel Elektrik	C - C	1850	84
CC203	Diesel Elektrik	C - C	2000	84
CC204	Diesel Elektrik	C - C	2000	84
CC206	Diesel Elektrik	C - C	2250	90
CC 300	Diesel Hidraulik	C - C	2500	84

Sumber: *General Electric, 2014*

### 3. METODE PENELITIAN

Bagan alir pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 10.

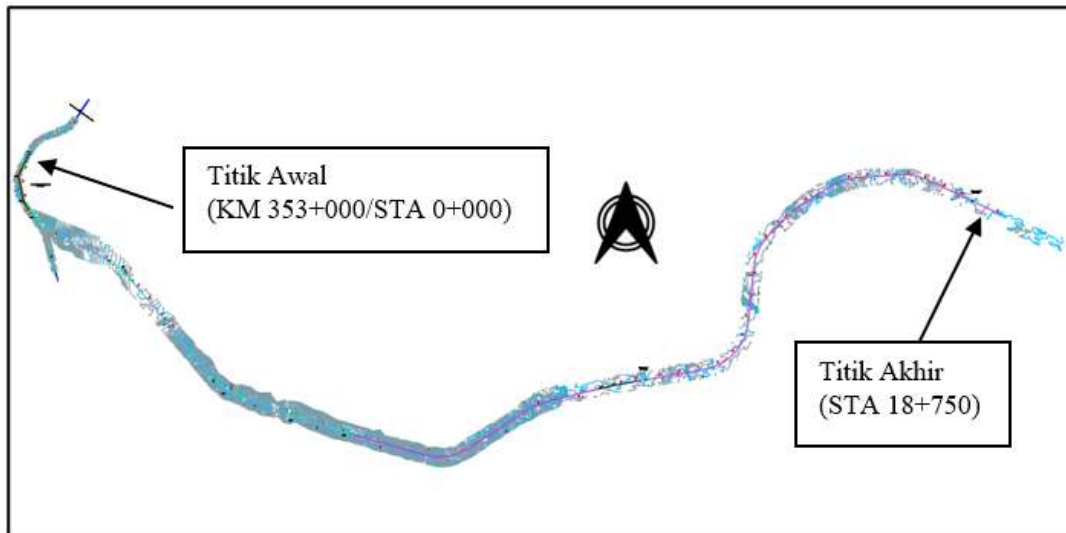


**Gambar 10. Langkah Penelitian**

### 4. ANALISIS DATA

Titik awal percabangan (STA 0+000) dimulai di KM 353+000 dimana jalur berbelok ke kiri menuju rencana Stasiun Purwokerto Selatan di STA 0+575. Jalur yang dianalisis dimulai dari STA 0+.000 sampai dengan STA 18+750 dengan panjang 18,75 km.

#### 4.1 Peta Situasi



**Gambar 11. Peta Situasi Jalur**

#### 4.2 Kriteria Desain

Rute kereta api Purwokerto Selatan – Banjarsari direncanakan menggunakan jalur rel kelas 1, yang dimana memiliki kriteria sebagai berikut:

- Kecepatan maksimum = 120 km/jam
- Lebar rel = 1067 mm
- Landai penentu = 10 ‰

#### 4.3 Perencanaan Alinyemen Horizontal

Perencanaan alinyemen horizontal, terdiri dari 15 titik I.P lengkung horizontal dengan bentuk 12 jenis lengkung *Spiral-Circle-Spiral* (SCS) dan 3 jenis lengkung *Full Circle* (FC).

##### 4.3.1 Titik I.P

Hasil perhitungan titik I.P dan sudut peubah pada Tabel 4.1.

**Tabel 10. Hasil Perhitungan Koordinat Titik I.P**

Nama I.P	Koordinat I.P		Sudut Peubah
	X(m)	Y(m)	$\Delta^\circ$
AWAL	302,326.669	9,177,143.273	
IP-01	302,152.951	9,176,817.457	39.819
IP-02	302,236.118	9,176,417.745	23.403
IP-03	302,416.360	9,176,161.830	24.837
IP-04	303,708.200	9,175,415.801	20.111
IP-05	305,213.974	9,173,613.798	29.679
IP-06	306,234.851	9,173,233.361	2.228
IP-07	307,016.943	9,172,976.073	2.398

**Tabel 10. Lanjutan Hasil Perhitungan Koordinat Titik I.P**

Nama I.P	Koordinat I.P		Sudut Peubah
	X(m)	Y(m)	$\Delta^\circ$
IP-08	308,577.866	9,172,534.020	48.421
IP-09	309,929.295	9,173,398.597	19.000
IP-10	311,059.204	9,173,672.131	3.636
IP-11	313,015.209	9,174,016.071	74.507
IP-12	313,180.058	9,175,721.826	39.691
IP-13	313,800.602	9,176,337.809	12.940
IP-14	314,476.817	9,176,757.882	27.335
IP-15	315,550.202	9,176,842.620	29.815
AKHIR	316422.5070	9176430.2650	

#### 4.3.2 Jarak Titik I.P

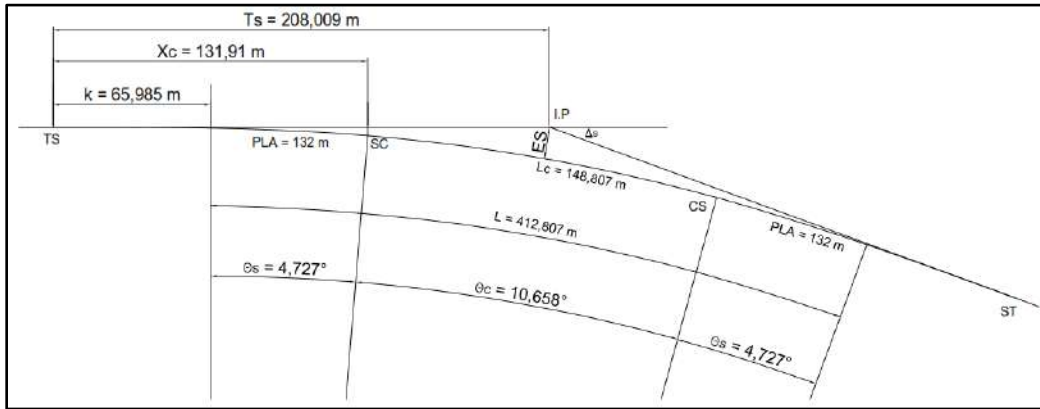
Hasil perhitungan jarak titik I.P pada Tabel 11.

**Tabel 11. Hasil Perhitungan Jarak Titik I.P**

Nama I.P	Koordinat I.P		Jarak Titik
	X(m)	Y(m)	(m)
AWAL	302,326.669	9,177,143.273	
			369.235
IP-01	302,152.951	9,176,817.457	
			408.272
IP-02	302,236.118	9,176,417.745	
			313.018
IP-03	302,416.360	9,176,161.830	
			1,491.781
IP-04	303,708.200	9,175,415.801	
			2,348.312
IP-05	305,213.974	9,173,613.798	
			1,089.460
IP-06	306,234.851	9,173,233.361	
			823.326
IP-07	307,016.943	9,172,976.073	
			1,622.310
IP-08	308,577.866	9,172,534.020	
			1,604.323
IP-09	309,929.295	9,173,398.597	
			1,162.547
IP-10	311,059.204	9,173,672.131	
			1,986.014
IP-11	313,015.209	9,174,016.071	
			1,713.702
IP-12	313,180.058	9,175,721.826	
			874.362
IP-13	313,800.602	9,176,337.809	
			796.071
IP-14	314,476.817	9,176,757.882	
			1,076.724
IP-15	315,550.202	9,176,842.620	
			964.859
AKHIR	316,422.507	9,176,430.265	

### 4.3.3 Lengkung Horizontal dengan Peralihan

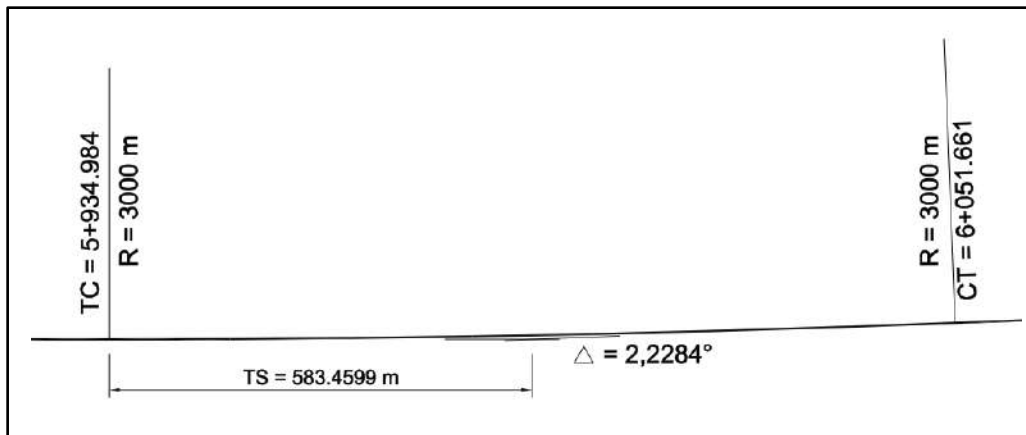
Lengkung horizontal dengan peralihan atau Spiral-Circle-Spiral (SCS) diambil pada titik IP-04 menggunakan kecepatan rencana ( $V_r$ ) 120 km/jam dan sudut peubah ( $\Delta$ ) 20,111°



**Gambar 12. Detail Lengkung SCS di IP-04**

### 4.3.4 Lengkung Horizontal Tanpa Peralihan

Lengkung horizontal tanpa peralihan atau Full Circle (FC) diambil pada titik IP-06, menggunakan kecepatan rencana ( $V_r$ ) 120 km/jam, dan sudut peubah ( $\Delta$ ) 2,228°



**Gambar 13. Detail Lengkung FC di IP-06**

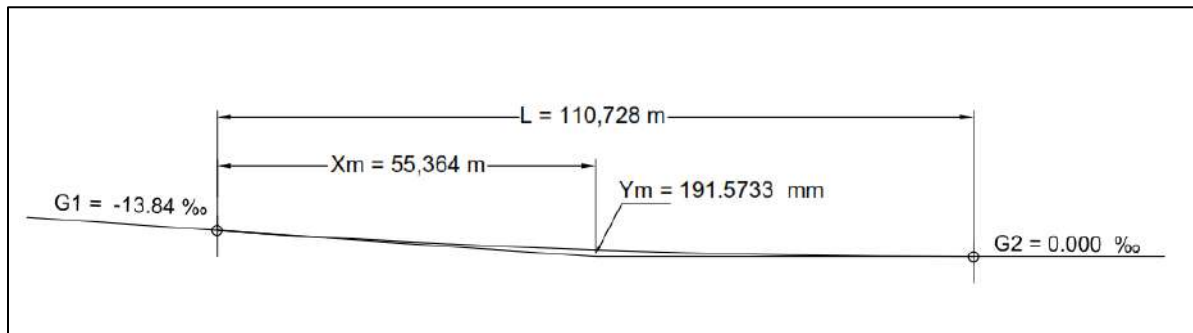


**Tabel 12. Hasil Perhitungan Lengkung Horizontal**

No. IP	R (m)	Vr (km/jam)	h (mm)	PLA (m)	$\Theta_s$ °	$\Theta_c$ °	Lc (m)	L (m)	Xc (m)	Yc (m)	p (m)	k (m)	Ts (m)	Es (m)	Jenis lengkung
AWAL															
IP-01	310	50	50	25	2.310	35.199	190.443	240.443	24.996	0.336	0.084	12.499	124.807	19.796	SCS
IP-02	310	50	50	25	2.310	18.783	101.624	151.624	24.996	0.336	0.084	12.499	76.724	6.665	SCS
IP-03	400	60	55	33	2.363	20.110	140.394	206.394	32.994	0.454	0.113	16.499	104.605	9.699	SCS
IP-04	800	120	110	132	4.727	10.658	148.807	412.807	131.910	3.630	0.909	65.985	208.009	13.404	SCS
IP-05	800	120	110	132	4.727	20.225	282.400	546.400	131.910	3.630	0.909	65.985	278.187	28.544	SCS
IP-06	3000	120	0	0	0.000	2.228	116.677	116.677	0.000	0.000	0.000	0.000	58.346	0.567	FC
IP-07	3000	120	0	0	0.000	2.398	125.549	125.549	0.000	0.000	0.000	0.000	62.784	0.657	FC
IP-08	800	120	110	132	4.727	38.967	544.087	808.087	131.910	3.630	0.909	65.985	426.106	78.147	SCS
IP-09	800	120	110	132	4.727	9.547	133.296	397.296	131.910	3.630	0.909	65.985	200.014	12.046	SCS
IP-10	3000	120	0	0	0.000	3.636	190.370	190.370	0.000	0.000	0.000	0.000	95.217	1.511	FC
IP-11	800	120	110	132	4.727	65.053	908.315	1172.315	131.910	3.630	0.909	65.985	675.088	206.212	SCS
IP-12	800	120	110	132	4.727	30.237	422.195	686.195	131.910	3.630	0.909	65.985	355.051	51.478	SCS
IP-13	800	120	110	132	4.727	3.486	48.671	312.671	131.910	3.630	0.909	65.985	156.809	6.042	SCS
IP-14	800	120	110	132	4.727	17.881	249.672	513.672	131.910	3.630	0.909	65.985	260.746	24.249	SCS
IP-15	800	120	110	132	4.727	20.361	284.293	548.293	131.910	3.630	0.909	65.985	279.201	28.804	SCS
AKHIR															

#### 4.4 Perencanaan Alinyemen Vertikal

Perencanaan alinyemen vertikal, terdiri dari 18 titik, 2 titik dengan jari-jari lengkung vertikal 6.000 m dan 16 titik dengan jari-jari lengkung vertikal 8.000 m. Untuk lengkung vertikal diambil di titik IPV-01 dengan jari-jari lengkung vertikal 8.000 m.



**Gambar 14. Detail Lengkung Vertikal di IPV-01**

**Tabel 13. Hasil Perhitungan Alinyemen Vertikal**

No. IPV	STA	Elevasi IPV (m)	Kelandaian (Gr)			R Vertikal (m)	L (m)	Xm (m)	Ym (mm)	Jenis Lengkung
			Sebelum	Sesudah	Selisih (A)					
			(o/oo)	(o/oo)	(o/oo)					
AWAL	0+000.000	58.378		-6.832						
IPV-A1	0+155.426	57.316	-6.832	-1.500	5.332	6,000	31.992	15.996	21.323	CEKUNG
IPV-A2	0+925.000	56.162	-1.500	-13.841	12.341	6,000	74.046	37.023	-114.225	CEMBUNG
IPV-01	1+433.850	49.119	-13.841	0.000	13.841	8,000	110.728	55.364	191.573	CEKUNG
IPV-02	1+887.675	49.119	0.000	-17.410	17.410	8,000	139.280	69.640	-303.108	CEMBUNG
IPV-03	2+878.423	31.870	-17.410	0.000	17.410	8,000	139.280	69.640	303.108	CEKUNG
IPV-04	3+300.000	31.870	0.000	15.061	15.061	8,000	120.488	60.244	226.834	CEKUNG
IPV-05	4+903.388	56.018	15.061	-13.183	28.244	8,000	225.952	112.976	-797.724	CEMBUNG
IPV-06	6+200.000	38.925	-13.183	0.000	13.183	8,000	105.464	52.732	173.791	CEKUNG
IPV-07	6+650.000	38.925	0.000	13.442	13.442	8,000	107.536	53.768	180.687	CEKUNG
IPV-08	7+950.000	56.400	13.442	0.000	13.442	8,000	107.536	53.768	-180.687	CEMBUNG
IPV-09	8+900.000	56.400	0.000	-15.111	15.111	8,000	120.888	60.444	-228.342	CEMBUNG
IPV-10	10+250.000	36.000	-15.111	0.000	15.111	8,000	120.888	60.444	228.342	CEKUNG
IPV-11	12+150.000	36.000	0.000	8.727	8.727	8,000	69.816	34.908	76.161	CEKUNG
IPV-12	12+425.000	38.400	8.727	0.000	8.727	8,000	69.816	34.908	-76.161	CEMBUNG
IPV-13	13+950.000	38.400	0.000	-3.459	3.459	8,000	27.672	13.836	-11.965	CEMBUNG
IPV-14	15+050.000	34.596	-3.459	0.000	3.459	8,000	27.672	13.836	11.965	CEKUNG
IPV-15	15+950.000	34.596	0.000	-4.281	4.281	8,000	34.248	17.124	-18.327	CEMBUNG
IPV-16	17+000.000	30.100	-4.281	0.000	4.281	8,000	34.248	17.124	18.327	CEKUNG
AKHIR	18+750.000	30.100								

#### 4.5 Panjang Landai Curam

Sepanjang jalur terdapat 5 landai yang melebihi landai penentu 10‰. Maka itu perlu dilakukan pengecekan panjang landai efektif ketika kereta melintas pada jalur tersebut bila panjang landai efektif diatas minimal landai curam.

**Tabel 14. Hasil Perhitungan Landai Curam**

IPV Awal	IPV Akhir	Panjang Landai Desain (m)	Sk (‰)	Sm (‰)	Va (km/jam)	Vb (km/jam)	Va <sup>2</sup> (m/s)	Vb <sup>2</sup> (m/s)	ℓ (m)	Status (ℓ > Panjang Landai Desain)
IPV-A2	IPV-01	510.067	13.84	10	60	30	278	69.444	2,768.034	Panjang landai curam terpenuhi
IPV-02	IPV-03	994.498	17.41	10	90	45	625	156.250	3,227.506	Panjang landai curam terpenuhi
IPV-04	IPV-05	1,603.388	15.061	10	90	45	625	156.250	4,725.512	Panjang landai curam terpenuhi
IPV-05	IPV-06	1,296.612	13.183	10	90	45	625	156.250	7,513.609	Panjang landai curam terpenuhi
IPV-07	IPV-08	1,300.000	13.442	10	90	45	625	156.250	6,948.233	Panjang landai curam terpenuhi
IPV-09	IPV-10	1,350.000	15.111	10	90	45	625	156.250	4,679.283	Panjang landai curam terpenuhi

#### 4.6 Hambatan Alinyemen

Rangkaian kereta api terdiri dari 1 lokomotif CC 206 berbobot 90 ton dengan data 2250 HP untuk menarik 7 kereta penumpang dengan berat kosong 39,5 ton. Jumlah penumpang 1 kereta 50 orang dan berat masing-masing penumpang 70 kg (0,07 ton).

Kecepatan kereta diasumsikan 60 km/jam. Titik alinyemen paling kritis terletak di alinyemen vertikal dari titik IPV-02 (STA 1+887,675) sampai titik IPV-03 (STA 2+878,423) dengan kelandaian sebesar 17,41 ‰. Pada alinyemen tersebut terdapat jari-jari lengkung horizontal titik IP-04 sebesar 800 meter.

**Tabel 15. Hasil Perhitungan Hambatan Alinyemen**

Jumlah Lokomotif	Jumlah Kereta Maksimum	Kecepatan (KM/Jam)	Daya Tarik Lokomotif (HP)	G (ton)	HJ	HL	HS	N Minimal (HP)	Status
1	7	60	2,250	391	5.169	0.5	17.41	2,205.862	Dapat Beroperasi
1	5	70	2,250	305	6.169	0.5	17.41	2,094.447	Dapat Beroperasi
2	14	60	4,500	782	5.169	0.5	17.41	4,411.723	Dapat Beroperasi
2	11	70	4,500	653	6.169	0.5	17.41	4,484.177	Dapat Beroperasi

### 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan perencanaan geometrik jalur rel rute Purwokerto Selatan – Banjarsari dengan pajang 18,75 km, maka diperoleh:

1. Kriteria Desain
  - a. Kelas Jalan rel: kelas 1
  - b. Lebar rel = 1067 mm
  - c. kecepatan maksimum 120 km/jam.
2. Alinyemen Lengkung Horizontal
 

Terdapat 15 buah lengkung horizontal terdiri dari 12 buah tipe lengkung horizontal dengan peralihan (SCS) dan 3 buah tipe lengkung horizontal tanpa peralihan (FC) sebagai berikut:

  - a. Tipe lengkung horizontal dengan peralihan (SCS) memakai jari-jari minimum 800 meter, kecuali pada I.P-01, I.P-02, dan I.P-03.
  - b. Tipe lengkung horizontal tanpa peralihan (FC) memakai jari-jari minimum 3.000 meter.
3. Alinyemen Lengkung Vertikal
 

Terdapat 16 buah lengkung vertikal sebagai berikut:

  - a. Pada IPV-A1 dan IPV-A2 memakai jari-jari lengkung vertikal sebesar 6.000 m.
  - b. Pada IPV-01 sampai dengan IPV-16 memakai jari-jari lengkung vertikal sebesar 8.000 m.
4. Panjang Landai Curam
 

Terdapat 6 buah landai curam maksimum yang melebihi landai penentu 10 ‰ dengan hasil panjang landai curam maksimal aman untuk dilewati kereta api.

5. Hambatan Alinyemen

Untuk kereta dengan stamformasi 1 lokomotif CC 206 menarik 7 kereta penumpang melewati titik alinyemen vertikal kritis pada IPV-02 sampai IPV-03 dengan landai 17,41 ‰ dengan jari-jari lengkung horizontal adalah 800 m di titik IP-02 mampu beroperasi dengan aman pada hambatan tersebut.

**DAFTAR RUJUKAN**

- Caltrain. (2011). *Chapter 2 - Track*. California: Caltrain Design Criteria
- Contour Maps - A Short Guide. *Support Mapserve*. 2021. Map Serve. 25 Februari 2021. <<https://www.mapserve.co.uk/blog/contour-maps-a-guide>>
- GE Lokomotif Indonesia dari Masa ke Masa. *General Electric News*. 2014. General Electric. 29 September 2014. < <https://www.ge.com/news/reports/ge-lokomotif-indonesia-dari-masa-ke-masa>>
- Kementerian Perhubungan. (2012). *Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api*.
- Kementerian Perhubungan. (2012). *Tata Cara Penetapan Trase Jalur Kereta Api*.
- Perusahaan Jawatan Kereta Api. (1986). *Peraturan Dinas Nomor 10*.
- Purwohardjo, Umaryono U, (1986). *Pengukuran Horizontal*. Bandung: Jurusan Teknik Geodesi ITB
- Rosyidi, Sri Atmaja. (2016). *Rekayasa Jalur Kereta Api*. Yogyakarta: LP3M Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Salman, Mohamad. (2017). *Perencanaan Geometrik Jalur Rel Surabaya – Bandara Juanda, STA KM 14+.000 – STA KM 16+.000*. Bandung: Institut Teknologi Nasional Bandung.
- Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional (2019). *Modul 2 Jenis Citra*
- Sukirman, Silvia. (2015). *Dasar Dasar Perencanaan Geometrik Jalur*. Bandung: Karyamanunggal Lithomas
- Suparno, S. M., dan E. Marlina. (2005). *Perencanaan dan Pengembangan Perumahan*. Yogyakarta: Andi Offset
- Syahrul. (2018). *Modul 1 Peta Topografi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- Syaifullah, Arief. (2019). *Ilmu Ukur Tanah*. Yogyakarta: Kementerian Agraria dan Tata Ruang/ Badan Pertanahan Nasional
- Utomo, Suryo Hapsoro. (2006). *Jalur Rel*. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.