

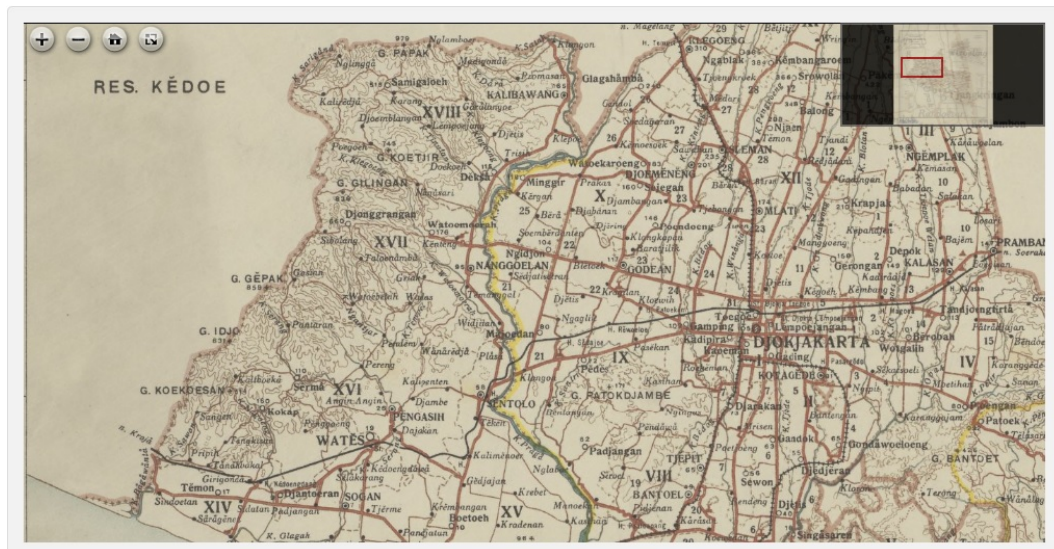
## BAB V

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Evaluasi Kondisi Prasarana Jalan Rel Eksisting

##### 5.1.1 Karakteristik Jalan Rel

Kondisi prasarana jalan rel eksisting Yogyakarta – Magelang didapatkan dari survei primer yaitu dengan menyusuri bekas jalan rel dari Stasiun Tugu sampai ke persimpangan Palbapang Magelang kemudian mengambil data per dua kilometer. Peta eksisting dapat dilihat pada Gambar 5.1 di bawah ini.



**Gambar 5.1 Peta Jalan Rel Yogyakarta Tahun 1921**  
(Sumber: KITLV, 1921)

Data yang diambil dilapangan yaitu koordinat dan foto dokumentasi. Survei jalan rel kereta api Yogyakarta – Magelang sudah dilaksanakan pada tanggal 9 Desember 2017 dengan rute awal dari Stasiun Tugu Yogyakarta sampai dengan persimpangan Palbapang (Magelang). Karakteristik pada jalur non aktif ini memiliki kondisi prasarana yang berbeda-beda sehingga dibagi menjadi beberapa segmen. Segmen 1 Stasiun Tugu Yogyakarta – Stasiun Beran (8 km), segmen 2 Stasiun Beran – Stasiun Sleman (3km), segmen 3 Stasiun Sleman – Stasiun Medari (2,7 km), segmen 4 Stasiun Medari – Stasiun Tempel (2,9 km), segmen 5 Stasiun

Tempel – Stasiun Muntilan (10,2 km), segmen 6 Stasiun Muntilan – Persimpangan Palbapang (3,1 km). Pembagian segmen dapat dilihat sebagai berikut.

1. Segmen 1 Stasiun Tugu Yogyakarta – Stasiun Beran  
Panjang jalur pada segmen 1 adalah sepanjang 8 km. Berdasarkan hasil survei yang telah dilakukan, jalur ini sudah tidak terlihat dan sebagian sudah dimanfaatkan masyarakat menjadi jalan raya. Kondisi penggunaan lahan dari Stasiun Tugu sampai Beran didominasi oleh pertokoan dan pemukiman penduduk.
2. Segmen 2 Stasiun Beran – Stasiun Sleman  
Panjang jalur pada segmen 2 adalah sepanjang 3 km. Berdasarkan hasil survei yang telah dilakukan, jalur ini sudah tidak terlihat dan sebagian sudah dimanfaatkan masyarakat menjadi jalan raya. Kondisi penggunaan lahan dari Stasiun Beran sampai Stasiun Sleman didominasi oleh pasar, kantor pemerintah dan pemukiman penduduk.
3. Segmen 3 Stasiun Sleman – Stasiun Medari  
Panjang jalur pada segmen 3 adalah sepanjang 2,7 km. Berdasarkan hasil survei yang telah dilakukan, jalur ini sebagian terlihat dan sebagian sudah dimanfaatkan masyarakat menjadi jalan kampung. Kondisi penggunaan lahan dari Stasiun Sleman sampai Medari didominasi oleh pemukiman penduduk dan perkebunan.
4. Segmen 4 Stasiun Medari – Stasiun Tempel  
Panjang jalur pada segmen 4 adalah sepanjang 2,9 km. Berdasarkan hasil survei yang telah dilakukan, jalur ini sebagian masih terlihat dan sebagian sudah dimanfaatkan masyarakat menjadi jalan raya. Kondisi penggunaan lahan dari Stasiun Tugu sampai Beran didominasi oleh pemukiman penduduk, perkebunan dan persawahan.
5. Segmen 5 Stasiun Tempel – Stasiun Muntilan  
Panjang jalur pada segmen 5 adalah sepanjang 10,2 km. Berdasarkan hasil survei yang telah dilakukan, jalur ini sudah tidak terlihat dan sebagian besar sudah dimanfaatkan masyarakat menjadi jalan raya. Kondisi penggunaan

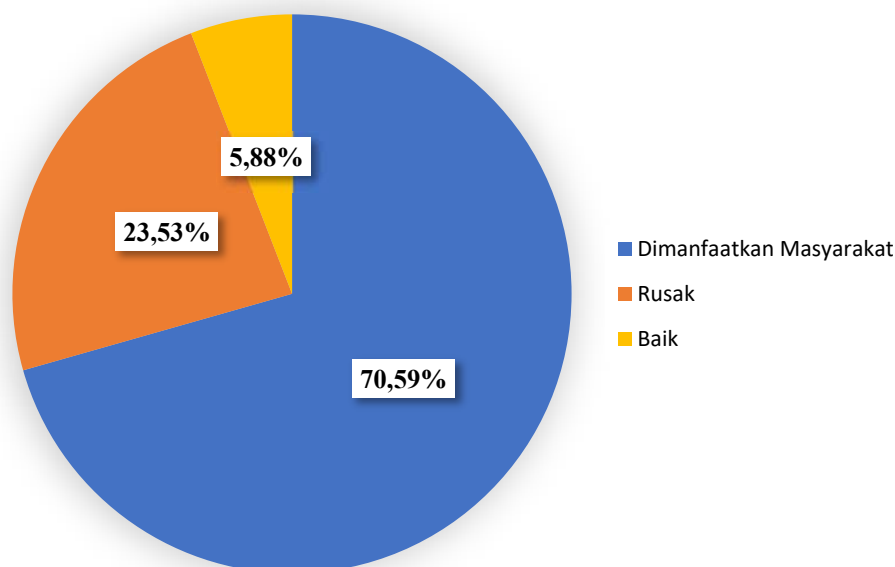
lahan dari Stasiun Tempel sampai Muntilan didominasi oleh pertokoan dan pemukiman penduduk.

6. Segmen 6 Stasiun Muntilan – Palbapang (Magelang)

Panjang jalur pada segmen 6 adalah sepanjang 3,1 km. Berdasarkan hasil survei yang telah dilakukan, jalur ini sebagian masih terlihat dan sebagian besar sudah dimanfaatkan masyarakat menjadi jalan raya. Kondisi penggunaan lahan dari Stasiun Muntilan sampai Palbapang didominasi oleh pertokoan dan pemukiman penduduk.

5.1.2 Hasil Evaluasi Kondisi Prasarana Jalan Rel Eksisting

Hasil dari survei yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut.



**Gambar 5.2 Kondisi Prasarana Jalan Rel Eksisting Yogyakarta – Magelang (Palbapang)**

Dapat dilihat pada gambar di atas bahwa pada jalur jalan rel Yogyakarta – Magelang (Palbapang) sebagian besar sudah dimanfaatkan masyarakat, sebagian rusak dan hanya sedikit yang masih tergolong dalam kondisi baik. Kondisi prasarana jalan rel eksisting ini menggunakan satu jalur atau *single track* dengan lebar sepur 1067 mm. Kelandaian rata-rata pada jalan rel eksisting tersebut 6,91 permil. Alih fungsi pada jalan rel tersebut dikarenakan jalan rel yang sudah lama tidak aktif dan tidak dirawat sehingga warga memanfaatkan kondisi tersebut.

Setelah dilakukan survei pada jalur tersebut sudah terdapat banyak sekali rumah-rumah warga yang berdiri di atas jalan rel maupun di samping kanan dan kiri jalan rel. Hasil survei peneliti tahun 2017, kondisi prasarana jalan rel eksisting 70,59% sudah dimanfaatkan masyarakat sedangkan pada Studi Kelayakan Kementerian Perhubungan tahun 2009 hanya 66% yang dimanfaatkan masyarakat. Jalan rel eksisting secara teknis masih bisa direaktivasi. Jika ditinjau dari segi sosial, ekonomi dan lingkungan, jalan rel eksisting sudah tidak bisa direaktivasi karena akan membutuhkan biaya yang tinggi untuk membebaskan lahan dan konflik sosial juga tinggi ketika terjadi penggusuran lahan.

## **5.2 Perencanaan Usulan Trase**

Setelah kondisi prasarana jalan rel eksisting kereta api Yogyakarta – Magelang (Palbapang) dievaluasi, maka tahap selanjutnya adalah memberikan usulan alternatif trase. Kondisi prasarana jalan rel eksisting Yogyakarta – Magelang sebagian besar sudah dimanfaatkan masyarakat 70,59%, rusak 23,53% dan yang ada dalam kondisi baik hanya 5,88%. Usulan trase alternatif direncanakan dan dipertimbangkan dari segi aspek teknis, aspek integrasi jaringan, aspek aksesibilitas dan aspek tata guna lahan.

### **5.2.1 Pengolahan Peta**

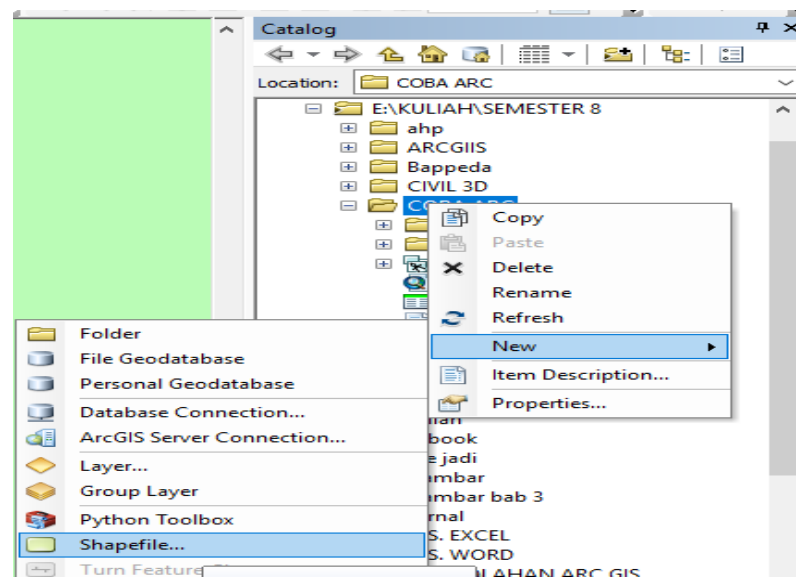
Pengolahan peta ini terdiri dari berbagai peta yang didapatkan dari Badan pembangunan daerah Daerah Istimewa Yogyakarta (Bappeda DIY) dan Bappeda Kab. Magelang antara lain: peta topografi, peta penggunaan lahan, peta jaringan jalan, peta sungai dan peta geologi. Peta tersebut digunakan untuk merencanakan trase jalan rel yang disesuaikan dengan peraturan yang ada. Data peta topografi, penggunaan lahan, jaringan jalan, sungai dan peta geologi yang berformat *.shp* diolah menggunakan program *Arc GIS 10.2* dan menggunakan sistem koordinat *WGS 1984 UTM Zone 49S* kemudian didapatkan peta hasil olahan.

### **5.2.2 Kebutuhan Lahan Jalur Kereta Api**

Dengan memperhatikan ruang bebas dan ruang bangun kereta api seperti yang tercantum dalam Permenhub No. 60 tahun 2012, untuk memudahkan pekerjaan konstruksi jalan rel dan pengembangan jalur ganda maka ditetapkan lebar

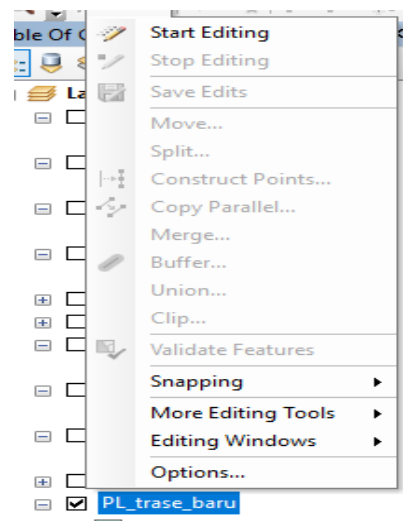
pembebasan lahan adalah 25 m. Perhitungan kebutuhan luasan lahan jalur kereta api menggunakan program aplikasi *ArcGIS 10.2*. Ada beberapa tahapan pada Tugas Akhir ini untuk menghitung luasan lahan jalur kereta api menggunakan *ArcGIS* yaitu sebagai berikut.

1. Klik kanan pada *Arc Catalog* kemudian klik *Create New ShapeFile*, seperti pada Gambar 5.3 di bawah ini.



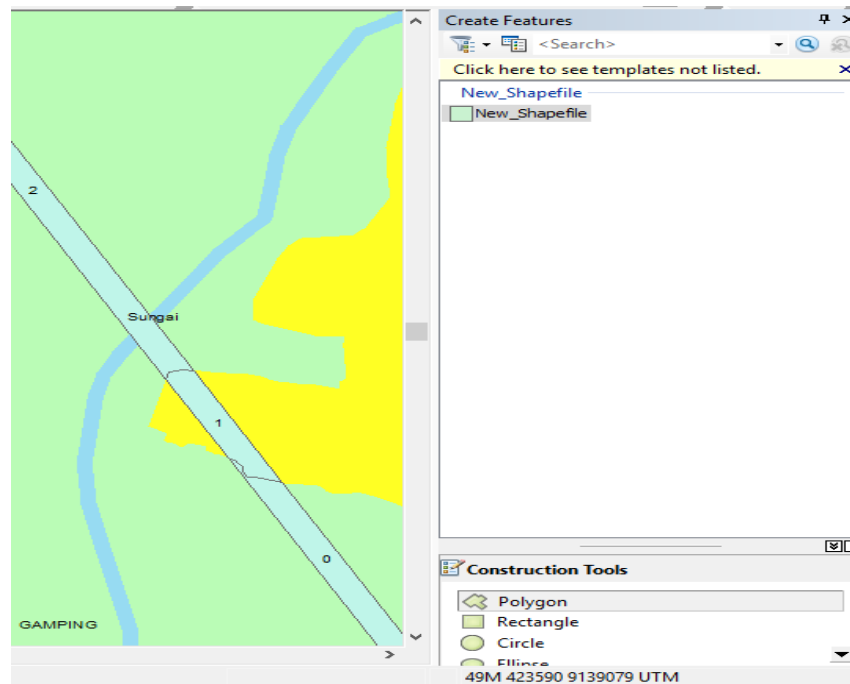
**Gambar 5.3 Create New Shapefile**

2. Pilih tipe Poligon untuk *shapefile* tersebut kemudian beri nama dan simpan. Setelah itu klik pada *shapefile* tersebut dan pada tab *Editor* klik *Start Editing* seperti pada Gambar 5.4 di bawah ini.



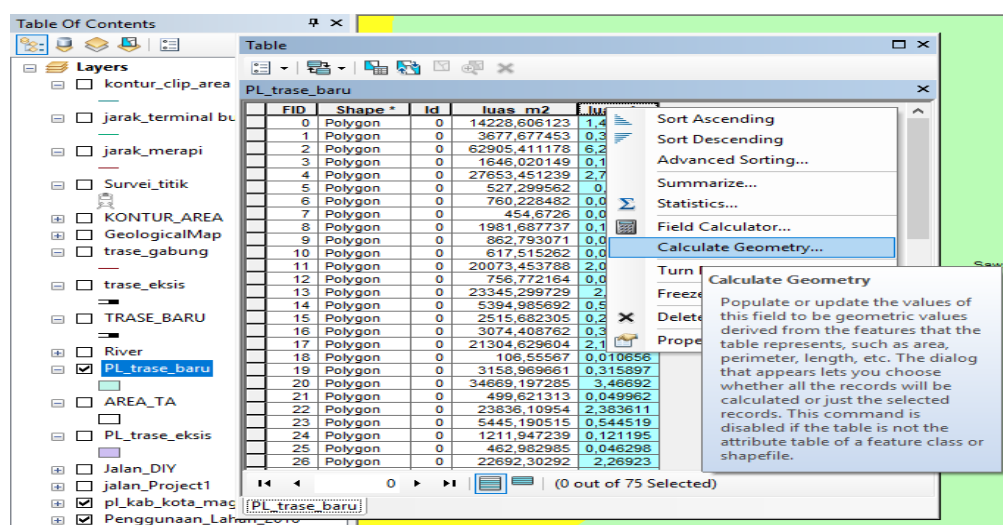
**Gambar 5.4 Start Editing Shapefile**

3. Pada menu *Create Feature* pilih tipe poligon, kemudian buat poligon di sepanjang penggunaan lahan pada trase dan ulangi sampai selesai kemudian beri label pada poligon tersebut. Dapat dilihat pada Gambar 5.5 di bawah ini.



**Gambar 5.5 Create Feature Polygon**

4. Hitung luasan penggunaan lahan dengan cara klik kanan pada *shapefile* kemudian klik kanan *Calculate Geometry*, seperti pada Gambar 5.6 di bawah ini.



**Gambar 5.6 Calculate Geometry**

Hasil rekapitulasi perhitungan kebutuhan luasan lahan trase jalur kereta api dapat dilihat pada Tabel 5.1 di bawah ini.

**Tabel 5.1 Hasil Perhitungan Kebutuhan Luasan Lahan Jalur Kereta Api**

No.	Penggunaan Lahan	Luasan (ha)	
		Trase 1 (eksisting)	Trase 2 (baru)
1	Pemukiman	1,53	2,15
2	Perkebunan	51,35	8,86
3	Persawahan	20,24	48,26
4	Tegalan	0,62	0,29

### 5.2.3 Alternatif Trase

Alternatif trase jalan rel yang akan dibuat diusahakan tidak melintasi atau meminimalisir kawasan padat penduduk. Trase baru yang dipilih memanfaatkan jalur rel eksisting sepanjang 5,419 km dari Stasiun Tugu menuju Stasiun Gamping Yogyakarta. Jalur rel yang baru dari Stasiun gamping kemudian bergerak ke arah Barat Laut melewati Kecamatan Godean, Kecamatan Seyegan dan memasuki Kecamatan Ngluwar, Kabupaten Magelang. Jalur rel kemudian bergerak ke arah Barat melewati Kecamatan Muntilan dan berakhir di Kecamatan Mungkid Kabupaten Magelang. Akhir dari jalur rel Yogyakarta – Borobudur berada di Kecamatan Mungkid dikarenakan padatnya pemukiman di Kecamatan Borobudur dan tidak perlu memotong sungai Progo dan sungai Elo.

### 5.2.4 Aspek Teknis Perencanaan Jalan Rel

Panjang jalur kereta api pada trase eksisting adalah sepanjang 30 km sedangkan pada trase baru yaitu sepanjang 27 km. Jenis konstruksi yang digunakan yaitu *at grade* atau berada pada permukaan tanah dan *elevated*. Jika yang akan dipilih trase eksisting maka konstruksi jalan rel yang dipilih adalah kombinasi *elevated* dan *at grade* dikarenakan trase eksisting sudah banyak yang dimanfaatkan masyarakat menjadi jalan raya, pemukiman dan pertokoan. Pada trase yang baru, jalan rel banyak melalui kawasan persawahan sehingga konstruksi yang dipilih adalah *at grade*. Faktor kebencanaan juga sangat penting dalam perencanaan jalan rel. Penelitian ini tidak terlalu detail membahas masalah kebencanaan. Faktor kebencanaan yang diperhitungkan yaitu jarak dari puncak gunung Merapi

mengingat trase berada pada kawasan gunung berapi dan daerah patahan. Jarak dari puncak gunung Merapi untuk trase eksisting dengan radius bahaya 17 km sedangkan pada trase yang baru memiliki radius 22 km. Pada trase eksisting maupun trase baru tidak melewati daerah patahan atau sesar.

#### 5.2.5 Integrasi Antar Moda Transportasi

Pembangunan jalan rel diharuskan terintegrasi dengan moda transportasi lain. Hal ini bertujuan supaya masyarakat dapat menghemat waktu, kemudahan berperjalanan dan efisiensi transportasi. Penelitian ini dilakukan perhitungan jarak dari Stasiun kereta api dengan Terminal bus terdekat. Terminal bus yang akan ditinjau antara lain: Terminal bus Muntilan, Terminal bus Borobudur dan Terminal bus Jombor. Stasiun yang akan ditinjau yaitu Stasiun Sleman, Stasiun Borobudur dan Stasiun Muntilan. Stasiun Sleman pada trase eksisting berada sejauh 7,8 km dari Terminal terdekat yaitu Terminal Jombor. Stasiun Muntilan berada persis bersebelahan dengan Terminal bus Muntilan. Pada trase yang baru akan direncanakan Stasiun Sleman Baru yang berada di Kecamatan Seyegan dengan koordinat *UTM Easting 420948 Northing 9147011* pada *zona 49S* dan Stasiun Borobudur yang berada di Kecamatan Mungkid dengan koordinat *Easting 415555, Northing 9159479* pada *zona 49S*. Stasiun Sleman baru berada sejauh 10,5 km dari Terminal bus Jombor. Stasiun Borobudur berada sejauh 3,7 km dari Terminal bus Borobudur. Stasiun Borobudur berada sejauh 8 km dari Terminal Sleman.

#### 5.2.6 Persilangan Sebidang

Menurut Undang-Undang No. 23 tahun 2007 pasal 90, “penyelenggara prasarana perkeretaapian berhak dan berwenang untuk mendahulukan perjalanan kereta api diperpotongan sebidang dengan jalan”. Pada pasal 91 ayat 1 dan 2, “perpotongan jalan kereta api dan jalan dibuat tidak sebidang”. Pengecualian dapat dilakukan dengan tetap menjamin keselamatan dan kelancaran perjalanan kereta api dan lalu lintas jalan. Kereta api harus didahulukan daripada kendaraan bermotor sehingga untuk keamanan perjalanan kereta api dan lalu lintas jalan dibutuhkan palang pintu kereta api maupun bangunan seperti *flyover*, *underpass* maupun bangunan lainnya. Pada trase eksisting, jalan rel banyak yang berada berpotongan dengan jalan raya dan bersinggungan dengan jalan raya. Hal ini dapat



membahayakan perjalanan kereta api maupun lalu lintas jalan raya. Jalan rel yang berpotongan dengan jalan arteri sebanyak 4 bidang, jalan kolektor 3 bidang dan jalan lokal 13 bidang. Pada trase yang baru jalan rel yang berpotongan dengan jalan arteri sebanyak 0 bidang, jalan kolektor 5 bidang dan jalan lokal 8 bidang.

#### 5.2.7 Klasifikasi Pemeringkatan Trase Jalan Rel

Setelah semua aspek dihitung, hasil tersebut dimasukkan ke dalam tabel perbandingan antara trase eksisting dan trase baru sehingga dapat dihasilkan trase yang akan digunakan dalam perancangan geometri jalan rel. Klasifikasi pemeringkatan trase dapat dilihat pada Tabel 5.2 di bawah ini.

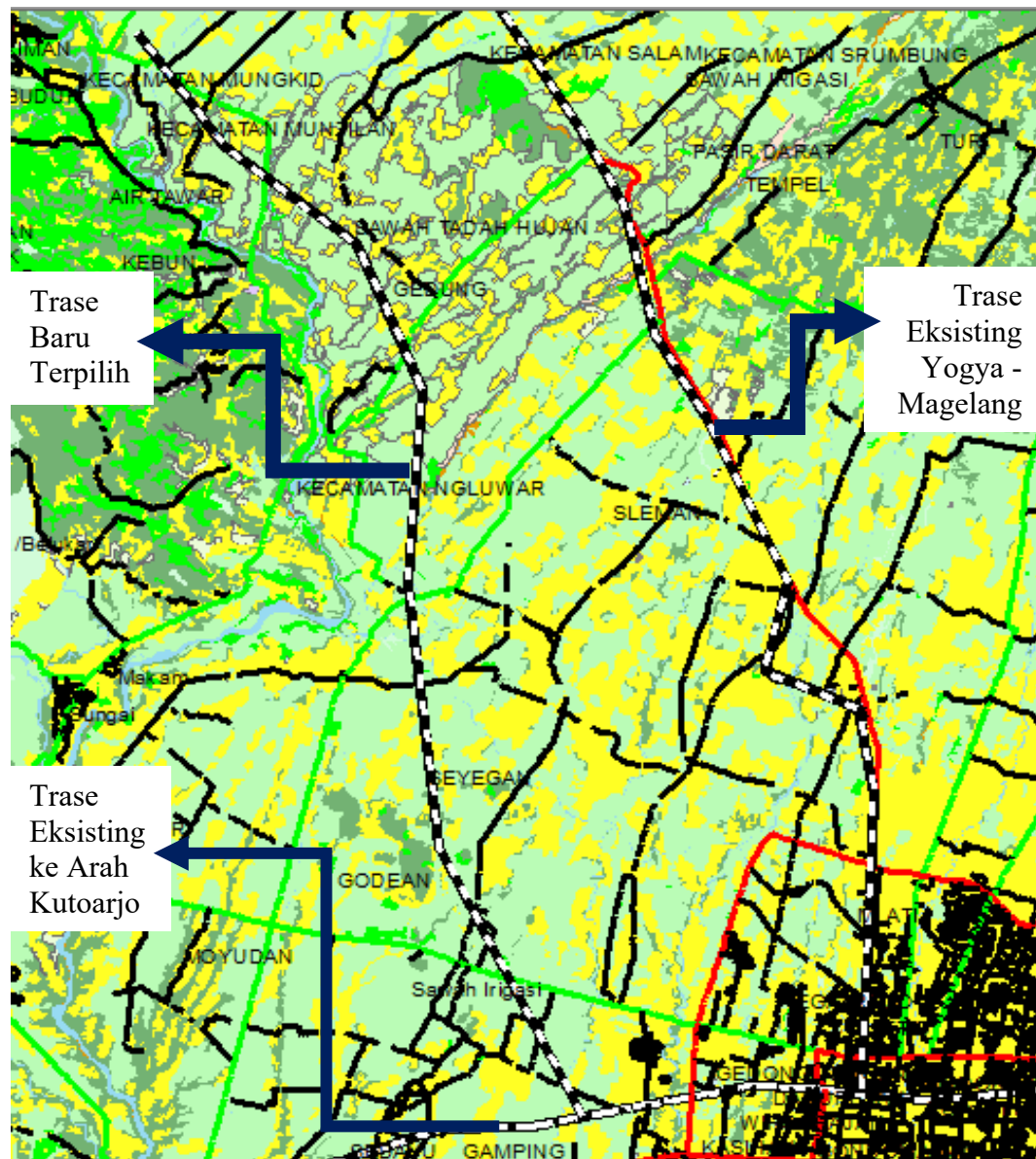
**Tabel 5.2 Klasifikasi *Ranking* Pemilihan Trase**

Kriteria			Trase 1 (Eksisting)		Trase 2 (Baru)	
			Jumlah	Ranking	Jumlah	Ranking
Aspek Teknis	Panjang Jalur (km)		30	2	27	1
	Jenis Konstruksi		<i>At Grade And Elevated</i>	2	<i>At Grade</i>	1
	Kondisi Geologi / Kebencanaan (km)	Jarak terdekat dari puncak merapi	17	2	22	1
Aspek Integrasi Jaringan	Jarak ke Terminal Bus (km)	Terminal Jombor	7.8	1	10,5	2
		Terminal Muntilan	0,1	1	8	2
		Terminal Borobudur	8	2	3,7	1
Aspek Aksesibilitas dan Mobilitas	Perpotongan dengan jalan raya	Jalan Arteri	4	2	-	1
		Jalan Kolektor	3	1	5	2
		Jalan Lokal	13	2	8	1
Aspek Tata Guna Lahan	Luas Lahan yang dibebaskan (ha)	Perkebunan	1.53	1	2.15	2
		Pemukiman	51.35	2	8.86	1
		Sawah	20.24	1	48.26	2
		Tegalan	0.62	2	0.29	1
Total			21		18	

Keterangan: Total nilai dengan nominal yang paling kecil adalah yang terbaik

Dari hasil klasifikasi ranking pemilihan trase jalan rel, dipilih trase 2 yang akan digunakan dalam perancangan geometri jalan rel Yogyakarta – Magelang.

Trase terbaik dipilih berdasarkan nilai yang terkecil. Trase 2 mempunyai nilai 18 yang lebih kecil dari trase 1 yaitu 21 sehingga dipilih trase 2. Trase eksisting tidak dilakukan perencanaan ulang. Trase terpilih tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut ini.



**Gambar 5.7 Trase Jalan Rel Yogyakarta - Borobudur Terpilih**

Gambar trase yang lebih detail dapat dilihat pada Lampiran 8 dan Lampiran 9.

### 5.3 Perancangan Geometri

Hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan jalan rel kereta api baik dari aspek geometri, struktur maupun fasilitas jalan rel lainnya terlebih dahulu harus memilih kelas dan lebar daripada jalan rel yang akan kita rencanakan. Lebar jalan rel yang digunakan di pulau jawa mempunyai lebar 1067 mm atau biasa disebut *narrow gauge*. Lingkup wilayah pekerjaan pada penelitian ini berada di pulau jawa sehingga untuk keterpaduan moda maka digunakan lebar jalan rel 1067 mm.

#### 5.3.1 Daya Angkut Lalu Lintas Kereta Api

Studi kelayakan yang sudah dilakukan oleh Dirjen Perkeretaapian Kementerian Perhubungan pada tahun 2009, perkiraan *demand* perjalanan Yogyakarta – Magelang adalah sebanyak 9.106.131 orang per tahun. Asumsi perkiraan potensi permintaan perjalanan untuk moda kereta api sebanyak 18% (2009-2019) maka didapatkan nilai sebanyak 1.639.103 penumpang pertahun atau 4.491 penumpang per hari. Apabila jalan rel kereta api Yogyakarta – Magelang dibangun pada tahun 2019 dan selesai pada tahun 2021 maka jumlah penumpang meningkat menjadi 7.396 penumpang per hari dengan frekuensi kereta api 13 perjalanan per hari dan jumlah rangkaian kereta api menjadi 2. Satu rangkaian kereta rel diesel listrik buatan PT. INKA tahun 2007 dapat mengangkut 528 penumpang. Jumlah rangkaian kereta api dipengaruhi oleh jumlah penumpang kereta api per hari.

Nilai daya angkut lintas kereta api dihitung dengan Persamaan 3.5 dan Persamaan 3.6 dengan ditetapkan tonase lokomotif harian 100 ton dengan jumlah 26 lokomotif ( $T_1 = 2.600$ ), tonase gerbong penumpang 50 ton dengan jumlah 104 gerbong ( $T_b = 5.200$ ),  $S = 1,1$ ,  $K_b = 1,5$ , dan  $K_1 = 1,4$ , sebagai berikut.

$$TE = Tp + (Kb \times Tb) + K1 \times T1$$

$$TE = 5.200 + (1,5 \times 0) + 1,4 \times 2.600$$

$$TE = 8.840$$

$$T = 360 \times S \times TE$$

$$T = 360 \times 1,1 \times 8.840$$

$$T = 3.500.640$$

Nilai Tb atau tonase gerbong barang tidak dihitung. Nilai daya angkut penumpang per tahun (asumsi berat per penumpang 65 kg)

$$\begin{aligned} \text{kereta api penumpang: } 7.396 \text{ pnp/hari} &= 7396 \times 65 \times 365 \\ &= 175.470.100 \text{ kg/tahun} \\ &= 175.479 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total nilai daya angkut kereta api} &= 3.500.640 + 175.479 \\ &= 3.676.119 \end{aligned}$$

ton/tahun

Berdasarkan Lampiran Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api 1.5, nilai daya angkut lintas 3.676.119 ton per tahun termasuk ke dalam kelas jalan 4 yang memiliki kisaran 2.500.000 ton per tahun sampai 5.000.000 ton per tahun. Kelas jalan 4 memiliki spesifikasi sebagai berikut.

1. Kecepatan maksimum ( $V_{maks}$ ) = 90 km/jam
2. Beban gandar = 18 ton
3. Tipe Rel = R-54
4. Jenis Bantalan = Beton
5. Jarak antar sumbu bantalan = 60 cm
6. Jenis penambat = Elastis ganda
7. Tebal balas atas = 25 cm
8. Lebar bahu balas = 40 cm
9. Landai penentu maksimum = 25 ‰
10. Kelandaian di emplasemen = 1,5 ‰

### 5.3.2 Lengkung Peralihan

Pada perencanaan jalan rel ini diketahui kecepatan rencana ( $V$ ) sebesar 90 km/jam, pertinggian maksimum ( $h$ ) sebesar 110 mm, maka panjang minimum lengkung peralihan ( $L_h$ ) dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\begin{aligned} L_h &= 0,01 \times h \times V \\ &= 0,01 \times 110 \times 90 \\ &= 99 \text{ meter.} \end{aligned}$$

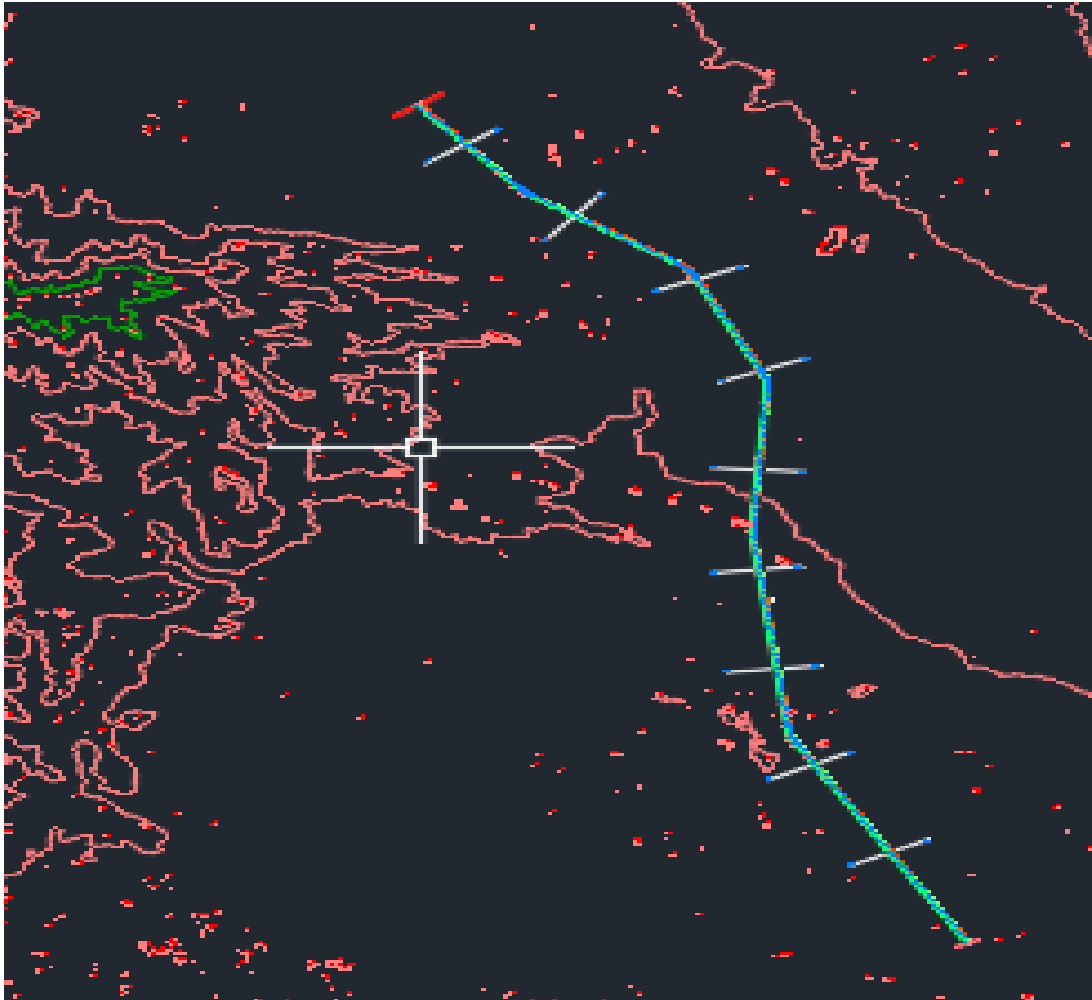
### 5.3.3 Alinemen Horizontal

Alinemen horizontal merupakan hal yang sangat penting dalam perencanaan jalan rel. Alinemen horizontal pada perencanaan jalan rel ini menggunakan kelas jalan rel kelas IV dengan jari-jari minimum 1330 meter tanpa lengkung peralihan dan jari-jari minimum 440 meter dengan lengkung peralihan. Kecepatan rencana yang digunakan yaitu 90 kilometer per jam. Rekapitulasi perhitungan alinemen horizontal yang telah dihitung menggunakan *AutoCAD Civil 3d* seperti pada Tabel 5.3 di bawah ini.

**Tabel 5.3 Rekapitulasi Perhitungan Alinemen Horizontal**

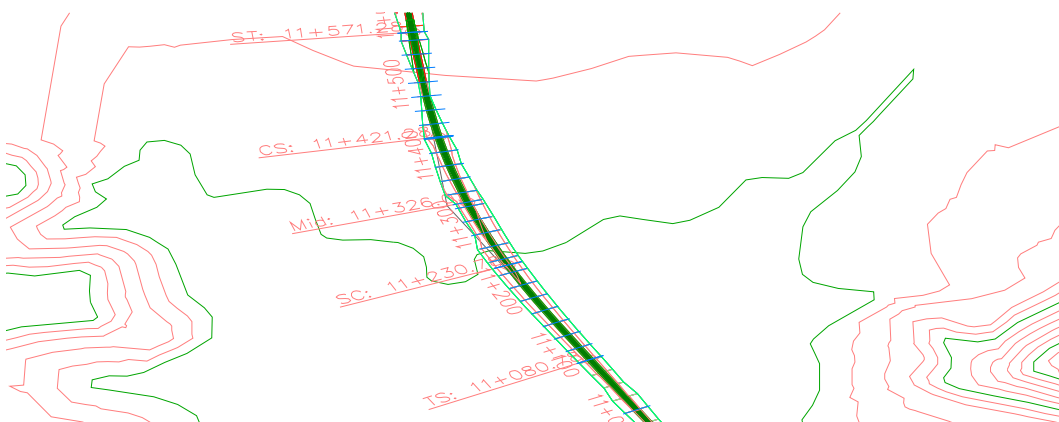
Data	Tikungan				
	1	2	3	4	5
<b>Type Tikungan</b>	<i>S - C - S</i>	<i>S - C - S</i>	<i>S - C - S</i>	<i>S - C - S</i>	<i>S - C - S</i>
<i>Length Tangent (m)</i>	5661,778	4724,581	3316,442	2458,678	2715,521
<i>Curve Direction</i>	<i>RIGHT</i>	<i>RIGHT</i>	<i>LEFT</i>	<i>LEFT</i>	<i>RIGHT</i>
<i>Long Tangent (m)</i>	99,931	99,931	99,931	99,931	99,931
<i>Short Tangent (m)</i>	50,138	50,138	50,138	50,138	50,138
<i>Long Chord (m)</i>	149,954	149,954	149,954	149,954	149,954
<i>Spiral Length (m)</i>	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000
<i>Spiral Angle (d)</i>	4,757	4,757	4,757	4,757	4,757
<i>Xs (m)</i>	149,896	149,896	149,896	149,896	149,896
<i>Ys (m)</i>	4,158	4,158	4,158	4,158	4,158
<i>p (m)</i>	1,058	1,058	1,058	1,058	1,058
<i>k (m)</i>	75,258	75,258	75,258	75,258	75,258
<i>k' (m)</i>	1,058	1,058	1,058	1,058	1,058
<i>TAN (m)</i>	95,610	7,251	143,593	160,993	53,964
<i>Distance (m)</i>	190,151	14,502	283,600	316,955	107,735
<i>Bearing</i>	S72° 36' 13"E	S88° 38' 37"E	S80° 02' 24"E	S51° 19' 09"E	S44° 36' 31"E
<i>Ex. Distance (m)</i>	5,064	0,029	11,383	14,286	1,616
<i>Middle Ordinate (m)</i>	5,036	0,029	11,241	14,063	1,614
<i>Radius Circle (m)</i>	900,000	900,000	900,00	900,000	900,000
<i>DEG Circle (d)</i>	158,358	169,563	152,356	150,202	163,623
<i>Delta Circle (d)</i>	12,128	0,923	18,130	20,284	6,863
<i>Length Circle (m)</i>	190,506	14,502	284,786	318,616	107,800

Untuk melihat gambar detail dari alinemen horizontal dapat dilihat pada Lampiran 10. Pada Gambar 5.8 berikut ini akan ditampilkan alinemen horizontal dari lembar kerja *Civil 3D*.



**Gambar 5.8 Alinemen Horizontal**

Bentuk tikungan ke 1 dari alinemen horizontal dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut ini.



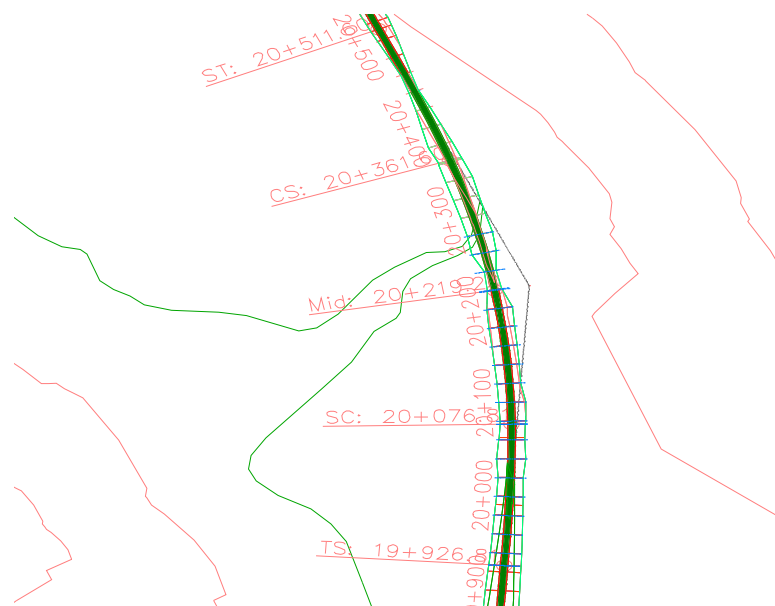
**Gambar 5.9 Tikungan ke 1 Tipe S – C – S**

Bentuk tikungan ke 2 dari alinemen horizontal dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut ini.



**Gambar 5.10 Tikungan ke 2 Tipe S – C – S**

Bentuk tikungan ke 3 dari alinemen horizontal dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut ini.



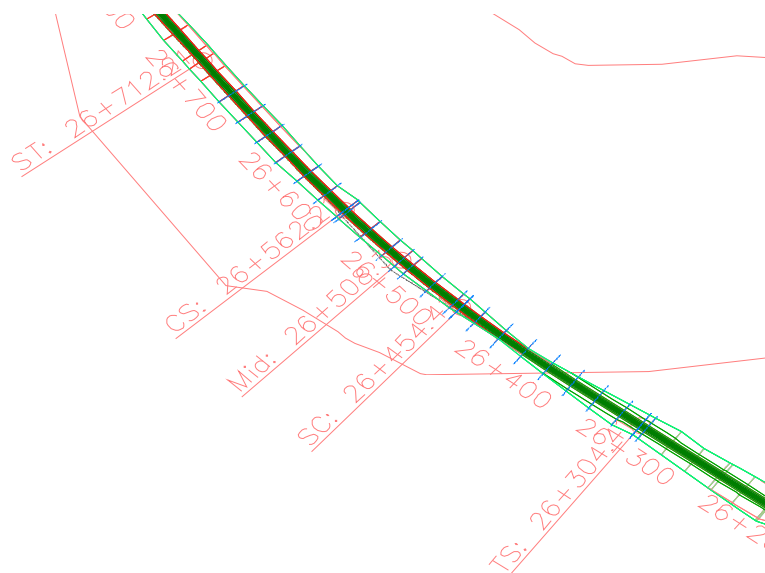
**Gambar 5.11 Tikungan ke 3 Tipe S – C – S**

Bentuk detail tikungan ke 4 dari alinemen horizontal dapat dilihat pada Gambar 5.12 berikut ini.



**Gambar 5.12 Tikungan ke 4 Tipe S – C – S**

Bentuk tikungan ke 5 dari alinemen horizontal dapat dilihat pada Gambar 5.13 berikut ini.



**Gambar 5.13 Tikungan ke 5 Tipe S – C – S**

Gambar alinemen horizontal yang lebih detail dapat dilihat pada Lampiran 10.



### 5.3.4 Percepatan Sentrifugal/Lateral

Percepatan sentrifugal dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 a &= \left( \frac{v^2}{13R} - g \frac{h}{w} \right) \\
 &= \left( \frac{90^2}{13.900} - 9,81 \frac{110}{1067} \right) \\
 &= 0,3186 \text{ m/s}^2.
 \end{aligned}$$

Telah memenuhi ketentuan percepatan sentrifugal maksimum yang dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 a_{\text{maksimum}} &= 0,0478 \times g \\
 &= 0,0478 \times 9,81 \\
 &= 0,4689 \text{ m/s}^2.
 \end{aligned}$$

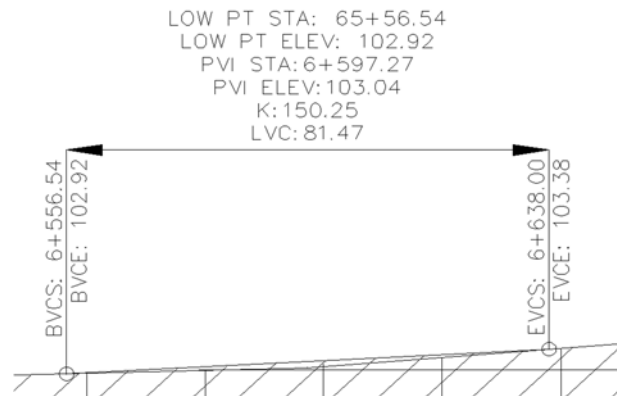
### 5.3.5 Alinemen Vertikal

Menurut Permenhub No. 60 tahun 2012, dengan kecepatan rencana 90 km/jam atau tidak lebih besar dari 100 km/jam maka jari-jari minimum lengkung vertikal sebesar 6000 meter. Panjang transisi lurus pada pertemuan 2 lengkung yaitu minimal 20 meter. Rekapitulasi perhitungan alinemen vertikal yang telah dihitung menggunakan *AutoCAD Civil 3D* seperti pada Tabel 5.4 di bawah ini.

**Tabel 5.4 Rekapitulasi Perhitungan Alinemen Vertikal**

PPV	Station			Elevation (m)			Grade Change (%)	Type Curve
	PVC	PVI	PVT	PVC	PVI	PVT		
1	6+556,5	6+597,2	6+638,0	102,91	103,03	103,37	2,9	Sag
2	7+310,5	7+333,7	7+357,0	108,98	109,17	109,28	3,9	Crest
3	9+363,4	9+372,0	9+380,5	118,21	118,25	118,29	0,6	Sag
4	10+837,0	10+866,1	10+895,2	125,65	125,80	125,99	1,7	Sag
5	12+710,9	12+728,2	12+745,4	138,31	138,43	138,46	4,9	Crest
6	15+791,3	15+875,5	15+959,6	144,10	144,25	145,07	7,8	Sag
7	17+010,3	17+034,3	17+058,3	155,20	155,44	155,83	6,8	Sag
8	18+885,8	18+924,3	18+962,7	185,98	186,62	187,11	3,7	Crest
9	19+401,2	19+442,5	19+483,8	192,70	193,23	193,76	0,2	Sag
10	19+991,1	20+026,8	20+062,5	200,31	200,77	201,00	6,5	Crest
11	20+593,8	20+606,9	20+620,0	204,42	204,50	204,55	3,0	Crest
12	23+503,2	23+512,7	23+522,2	214,33	214,36	214,42	2,8	Sag
13	26+198,8	26+218,2	26+237,5	231,02	231,14	231,14	6,2	Crest

Alinemen vertikal pada *ppv* 1 dapat dilihat pada Gambar 5.14 berikut ini.

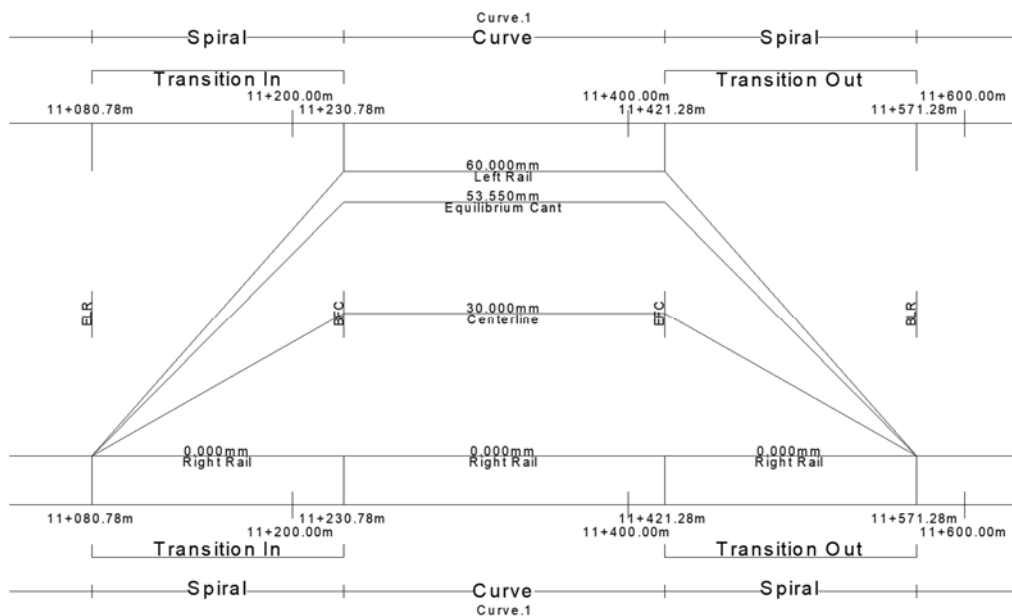


**Gambar 5.14 Alinemen Vertikal PPV 1**

Pada alinemen vertikal *ppv* 1, lengkung vertikal dimulai dari Stasiun 6+556,54 dengan elevasi 102,92. *Point of Vertical Increment* atau yang disebut *PVI* berada pada Stasiun 6+597,27 dan berada pada elevasi 103,04. Lengkung vertikal pada *ppv* 1 mempunyai radius 7000 m dengan panjang lengkung lingkaran 150,25 m. Lengkung vertikal berakhir pada Stasiun 6+638 yang berada di elevasi 103,38. Gambar alinemen vertikal yang lebih detail dapat dilihat pada Lampiran 10.

### 5.3.6 Peninggian Jalan Rel

Peninggian jalan rel dapat dilihat pada Gambar 5.15 berikut ini.

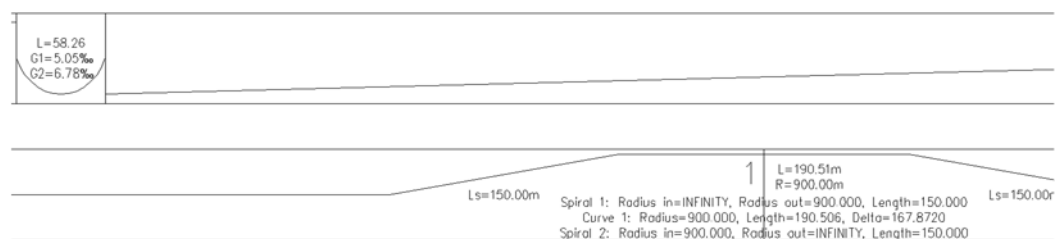


**Gambar 5.15 Peninggian Jalan Rel pada Tikungan 1**

Pada Gambar 5.15 di atas, peninggian jalan rel dimulai pada Stasiun 11+080,78 kemudian jalan rel sisi luar atau sisi kiri mengalami transisi peninggian yang berangsur-angsur dari 0 mm sampai 60 mm dengan Stasiun 11+080,78 sampai dengan Stasiun 11+230,78. Jalan rel sisi kiri sepanjang 190,5 m dari Stasiun 11+230,78 sampai dengan Stasiun 11+421,28 mengalami peninggian penuh sebesar 60 mm. Setelah mengalami peninggian penuh, peninggian jalan rel sisi kiri berangsur-angsur berkurang dari 60 mm ke 0 mm dengan Stasiun 11+421,28 sampai ke Stasiun 11+571,28.

### 5.3.7 Koordinasi Alinemen Horizontal dan Vertikal

Koordinasi alinemen horizontal dan vertikal bertujuan untuk melihat perbandingan letak tikungan pada alinemen horizontal terhadap kemiringan jalan pada alinyemen vertikal. Koordinasi alinemen horizontal dan vertikal dapat dilihat pada Gambar 5.16 berikut ini.



**Gambar 5.16 Koordinasi Alinemen Horizontal dan Alinemen Vertikal**

Panjang alinemen horizontal pada tikungan 1 sebesar 190,51 m dan memiliki radius tikungan 900 m dengan panjang lengkung peralihan 150 m. Panjang alinemen vertikal sebesar 58,26 m dengan kelandaian awal 5,05% dan kelandaian akhir 6,78%. Alinemen horizontal dan vertikal tersebut telah memenuhi persyaratan yaitu tikungan yang tajam pada bagian bawah lengkung vertikal cekung atau pada bagian atas lengkung vertikal cembung sudah dihindarkan. Lengkung vertikal cekung pada kelandaian jalan yang lurus dan panjang sudah dihindarkan. Dua atau lebih lengkung vertikal dalam satu lengkung horizontal sudah dihindarkan. Tikungan yang tajam diantara 2 bagian jalan yang lurus dan panjang sudah dihindarkan.

### 5.3.8 *Cut and Fill*

Galian dan timbunan atau yang biasa disebut *cut and fill* harus dihitung sedemikian sehingga volume antara galian dan timbunan tidak berbeda jauh atau paling tidak ratio antara keduanya adalah satu. Total volume galian 74.070.750 m<sup>3</sup> dan total volume timbunan 73.509.821 m<sup>3</sup> dengan ratio galian dan timbunan 1,01.

## 5.4 Pembahasan

Berdasarkan analisis di atas, kondisi prasarana jalan rel eksisting Yogyakarta – Borobudur sudah banyak yang dimanfaatkan masyarakat. Alih fungsi tersebut sebagian besar berupa pemukiman, jalan raya dan pertokoan. Alih fungsi pada jalan rel tersebut dikarenakan jalan rel yang sudah lama tidak aktif dan tidak dirawat sehingga warga memanfaatkan kondisi tersebut. Setelah dilakukan survei pada jalur tersebut sudah terdapat banyak sekali rumah-rumah warga yang berdiri di atas jalan rel maupun di samping kanan dan kiri jalan rel. Kondisi prasarana jalan rel eksisting ini menggunakan satu jalur atau *single track*. Hasil survei peneliti tahun 2017, kondisi prasarana jalan rel eksisting 70,59% sudah dimanfaatkan masyarakat sedangkan pada studi kelayakan Kementerian Perhubungan tahun 2009 hanya 66% yang dimanfaatkan masyarakat.

Trase eksisting jalan rel Yogyakarta – Borobudur mempunyai kelebihan antara lain terintegrasi dengan Terminal Jombor dan Terminal Muntilan, persilangan sebidang dengan jalan kolektor lebih sedikit dan melewati daerah perkebunan dan tegalan yang relative sedikit. Kekurangan trase eksisting jalan rel Yogyakarta – Borobudur antara lain jalur lebih panjang dari trase baru, jenis konstruksi *elevated*, lebih dekat dengan resiko bencana Gunung Merapi. Trase baru memiliki keunggulan antara lain hanya sedikit melewati daerah pemukiman, panjang jalur lebih pendek, jenis konstruksi *at grade*, terintegrasi dengan Terminal Borobudur, persilangan sebidang dengan jalan arteri lebih sedikit dibandingkan dengan trase eksisting. Hasil dari pemeringkatan trase dipilih trase terbaik berdasarkan nilai yang terkecil sehingga dipilih trase 2 atau trase baru yang akan digunakan dalam perancangan geometri jalan rel Yogyakarta – Borobudur. Trase eksisting tidak dilakukan perancangan geometri.

Geometri jalan rel telah memenuhi semua persyaratan sehingga kereta api yang akan berjalan di atasnya dapat melaju dengan aman serta penumpang merasa nyaman ketika melewati tikungan. Peninggian jalan rel pada tikungan dapat mengurangi percepatan sentrifugal yang terjadi dan telah memenuhi persyaratan sentrifugal maksimum.