

PERENCANAAN REAKTIVASI JALAN REL KERETA API RUTE YOGYAKARTA – PARANGTRITIS

(*REACTIVATION PLANNING ROAD TRAIN RAIL ROUTE YOGYAKARTA - PARANGTRITIS*)

Mohammad Hafidz Ali Mughni¹, Faizul Chasanah²

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam
Indonesia

Email: hafidz.amhs@gmail.com

² Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas
Islam Indonesia

Email: 145110101@staff.uii.ac.id

Abstract: *Yogyakarta is one of the cultural icons and also a tourism in Indonesia which one of its largest regional income is contributed by the tourism services sector so that infrastructure development in Yogyakarta is needed. According to the National Railway Master Plan in 2011 that was issued by the Railways Directorate General of Ministry of Transportation, it is explained that the development of urban railway transportation network and services in the area of Yogyakarta and its surroundings will be conducted in the period 2017 to 2020. Therefore there need to be more researches on the reactivation of the Yogyakarta - Parangtritis route railway line. The purpose of this research is to know the existing condition of Yogyakarta - Palbapang rail route (Bantul), to plan alternative trase, to plan railway geometry at selected trace and to plan the rail road structure.*

Planning was done using primary data obtained from direct survey alongside the existing path and secondary data of land use in D.I.Y. The analysis was conducted based on Minister of Transportation's regulation no. 60 of 2012 and Regulation No. 10 in 1986 and data processing using ArcGis and Autocad Civil 3D applications. The geometrical planning of the railway structure was carried out on the selected trace chosen based on the proposed trace rating.

The result of the discussion concluded that the existing path / converted existing path condition is 75,22%, 24,78% is damaged and 5,79% is good. Length of 25.24 km rail track rail with geometry planning using 1700 m radius with type arch full circle for first curve and using 550 m radius arch type with Spiral-Spiral Circle for second and third curve, radius used vertical alignment 10000 m. Railway structure using rail type R54 with bearing length 2 m, thickness of balas 30 cm and subbalas 40 cm.

Keywords : *ArcGIS, Autocad Civil 3D, Geometry, Rail, Trace*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

D.I.Yogyakarta merupakan salah satu ikon budaya sekaligus pariwisata di Indonesia. Salah satu Pendapatan Asli Daerah terbesar

untuk DIY disumbangkan oleh sektor jasa pariwisata. Begitupun Parangtritis menjadi salah satu tujuan para wisatawan untuk menikmati keunikan budaya dan keindahan alamnya. Menurut Dinas Pariwisata DIY, jumlah wisatawan yang datang ke Parangtritis

mencapai 1.999.870 wisatawan sepanjang tahun 2015, hal ini merupakan potensi besar untuk mengembangkan pariwisata di Parangtritis serta didukung moda transportasi massal seperti kereta api.

Banyak jalur-jalur regional yang dulunya memiliki akses jaringan rel namun sekarang sudah tidak aktif, salah satunya jalur KA Yogyakarta – Palbapang, Bantul yang di gunakan sebagai jembatan menuju Parangtritis, dan akhirnya resmi ditutup pada tahun 1973. Hal tersebut menghambat perkembangan sektor kereta api yang seharusnya dapat dimanfaatkan sebagai moda transportasi massal, seperti dengan diaktifkannya kembali jalur Bantul – Yogyakarta. Sesuai dengan Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (RIPNas) tahun 2011 yang dikeluarkan oleh Ditjen Perkeretaapian Kementerian Perhubungan, dijelaskan bahwa pengembangan jaringan dan pelayanan transportasi kereta api perkotaan di daerah Yogyakarta dan sekitarnya akan dilakukan pada periode waktu 2017 sampai dengan 2020. Maka dari itu perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang pembangunan reaktivasi jalur kereta api rute Yogyakarta – Parangtritis.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Mengevaluasi trase *existing* jalan rel kereta api rute Yogyakarta – Parangtritis sesuai kondisi lapangan yang ada
2. Menentukan alternatif trase baru jalan rel KA Yogyakarta – Parangtritis yang baik dan efisien berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No. 11 Tahun 2012
3. Merencanakan geometri jalan rel pada trase jalan rel terpilih berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012
4. Merencanakan struktur jalan rel pada trase terpilih

2. TINJAUAN PUSTAKA

Fauzi (2016) melakukan penelitian tentang Kajian Kelayakan Pembangunan Jalur Kereta

Api Antara Borobudur–Parangtritis (Rute Yogyakarta-Parangtritis) yang bertujuan memprediksi potensi angkutan penumpang kereta api Borobudur Parangtritis dan memperoleh hasil rekomendasi jalur koridor kereta api rute Yogyakarta- Parangtritis sesuai dengan analisa kondisi topografi, geologi dan lingkungan. Berdasarkan hasil kajian perkiraan kebutuhan perjalanan akan menarik jumlah penumpang pada awal operasi kereta (tahun 2020) untuk rute Borobudur – Parangtritis sebesar 9.756 penumpang/hari dan 25.761 penumpang/hari untuk rute sebaliknya.

Rosadi dan Kartika (2013) melakukan penelitian tentang Perencanaan Geometrik Jalan Rel Antara Banyuwangi-Situbondo- Probolinggo dengan desain perencanaan geometri jalan yang meliputi alinemen vertikal dan horisontal. Adapun perencanaan alinemen horisontal membahas bagaimana desain lengkung menggunakan parameter lengkung *horizontal spiral-circle-spiral* dan *full circle* dan dilanjutkan desain alinemen vertical. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil sebagai berikut : Jalan rel trase Banyuwangi- Probolinggo dapat digunakan karena adanya penyesuaian desain sebagaimana tertera pada RIPNAS, Peraturan Dinas PJKA dan keputusan menteri perhubungan.

Nugroho dan Natasha (2016) melakukan penelitian tentang Perencanaan Reaktivasi Jalan Rel Kereta Api Koridor Magelang– Ambarawa. Hasil yang didapat dari penelitian tersebut adalah pengembangan moda transportasi berbasis jalan rel sebagai alternatif moda transportasi jalan raya dengan potensi penumpang kereta api sebesar 2038 pnp/hari dan potensi angkutan barang sebesar 7,7 ton/hari, menetapkan kelas 4 sebagai kelas jalan rel berdasarkan ketentuan dan dengan spesifikasi teknis sebagaimana tercantum dalam PM Perhubungan No. 60 tahun 2012, KM Perhubungan No. 52 tahun 2000 dan PD PJKA No.10 tahun 1986 dan direncanakan

pemanfaatan trase eksisting sepanjang 21,9 km dan trase baru sepanjang 13,1 km

3. LANDASAN TEORI

3.1 Pemilihan Trase Jalan Rel

Beberapa kriteria yang akan menjadi dasar untuk menentukan trase jalan rel terpilih dalam penelitian ini terdiri dari beberapa aspek ialah aspek teknis, aspek integrasi jaringan, aspek aksesibilitas dan mobilitas, aspek tata guna lahan dan potensi angkutan.

3.2 Geometri Jalan Rel

Geometri jalan rel adalah suatu bentuk dan dimensi jalan rel pada arah melebar yang diantaranya lebar sepur, kelandaian, alinyemen horizontal, alinyemen vertikal, peninggian rel dan pelebaran sepur (Utomo, 2006). Mengacu pada Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012, persyaratan teknis jalur kereta api dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Kecepatan rencana dan beban gandar
Kecepatan rencana adalah kecepatan yang digunakan untuk merencanakan konstruksi jalan rel. Beban gandar adalah beban yang diterima oleh jalan rel dari satu gandar. Beban gandar untuk semua kelas jalur maksimum sebesar 18 ton untuk lebar jalan rel 1067 mm.
2. Lebar jalan rel
Lebar jalan rel adalah jarak minimum antara kedua sisi kepala rel yang diukur pada 0 – 14 mm dibawah permukaan paling atas rel. Pada umumnya penggunaan lebar jalan rel di Indonesia khususnya di Pulau Jawa dan Pulau Sumatera memakai lebar jalan rel tipe sepur sempit dengan jarak minimum kedua sisi kepala rel 1067 mm.
3. Standar Jalan Rel
 - a. Perhitungan daya angkut lintas yang dipakai oleh PT. Kereta Api Indonesia (Persero) Tbk. dijelaskan pada Persamaan 3.1 dan Persamaan 3.2 di bawah ini.

$$T = 360 \times S \times TE \quad (1)$$

$$T = T_p + (K_b \times T_b) + K_1 \times T_1 \quad (2)$$

Keterangan : T = kapasitas angkut lintas (ton/tahun), S = 1,1 untuk kecepatan maksimum 120 km/jam S = 1,0 untuk lintas tanpa kereta penumpang, TE = tonase ekuivalen (ton/hari), T_p = tonase penumpang dan kereta harian, T_b = tonase barang dan gerbong harian, T₁ = tonase lokomotif harian, K_b = 1,5 untuk beban gandar < 18 ton, K_b = 1,3 untuk beban gandar > 18 ton, K₁ = 1,4.

b. Klasifikasi

Dalam Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 disebutkan standar klasifikasi jalan rel berdasarkan elemen-elemen perencanaan di atas

4. Lengkung Horizontal

Dua bagian lurus yang perpanjangannya saling membentuk sudut harus dihubungkan dengan lengkung berbentuk lingkaran, dengan atau tanpa lengkung-lengkung peralihan. Besar radius minimum yang diijinkan ditampilkan pada Tabel 1

Tabel 1 Radius Minimum Diijinkan

V _r (km/jam)	R Tanpa Peralihan (m)	R Dengan Peralihan (m)
120	2370	780
110	1330	660
100	1650	550
90	1330	440
80	1050	350
70	810	270
60	600	200

Sumber : Kementerian Perhubungan Republik Indonesia (2012)

Lengkung peralihan adalah suatu lengkung dengan jari-jari yang berubah beraturan. Panjang minimum dari lengkung peralihan ditetapkan dengan rumus berikut :

$$L_h = 0,01 \cdot h \cdot V \quad (3)$$

Keterangan : L_h = panjang minimum lengkung peralihan (m), h = peninggian rel pada lengkung lingkaran (mm), V = kecepatan rencana (km/jam).

Jari-jari minimum lengkung horisontal tanpa peralihan peralihan dapat digunakan Persamaan 5 berikut :

$$R = 0,0164 \cdot V^2 \quad (4)$$

Keterangan : R = jari-jari minimum (m) dan V= kecepatan rencana (km/jam)

5. Lengkung Vertikal

Alinemen vertikal merupakan proyeksi sumbu jalan rel pada bidang vertikal yang melalui sumbu jalan rel. jari-jari minimum lengkung vertikal dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2 Jari-Jari Lengkung Vertikal

Vr (km/jam)	R Lengkung Vertikal(m)
> 100	8000
≤ 100	6000

Sumber : Kementerian Perhubungan Republik Indonesia (2012)

6. Percepatan Sentrifugal

Percepatan sentrifugal adalah fungsi dari kecepatan dan jari-jari lengkung. Percepatan sentrifugal perlu dibatasi dengan Persamaan 5 berikut :

$$a_{\text{maksimum}} = 0,0478 \cdot g \quad (5)$$

Keterangan : g = percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

7. Peninggian Jalan Rel

Pada lengkungan elevasi rel luar dibuat lebih tinggi daripada rel dalam untuk mengimbangi gaya sentrifugal. menentukan nilai peninggian normal digunakan Persamaan 6 berikut :

$$H_{\text{normal}} = 5,95 \frac{V^2}{R} \quad (6)$$

Keterangan : V = kecepatan rencana (km/jam) R = jari-jari lengkung horisontal (m)

3.3 Komponen Struktur Jalan Rel

Konstruksi jalan rel di rencanakan berdasarkan kecepatan rencana yang sudah ada.

1. Rel berfungsi untuk meneruskan tekanan roda-roda kereta api kepada bantalan, jenis rel yang sering digunakan di Indonesia diantaranya adalah R42, R50, R54 dan

R60. Tegangan ijin jalan rel menggunakan Persamaan 7 berikut ini :

$$\sigma = \frac{M \times y}{I_x}$$

2. Bantalan berfungsi untuk menghantarkan beban dari rel ke balas dibawahnya Bantalan terdiri dari bantalan beton, bantalan kayu dan bantalan besi. Momen di daerah bantalan bawah rel menggunakan Persamaan 8 berikut :

$$M = \frac{Q}{4\lambda(\sin\lambda l + \sinh\lambda l)} [2 \cosh^2 \lambda a (\cos 2\lambda c + \cosh \lambda L) - 2 \cos^2 \lambda a (\cosh 2\lambda c + \cos \lambda L) - \sinh 2\lambda a (\sin 2\lambda c + \sinh \lambda L) - \sin 2\lambda a (\sinh 2\lambda c + \sin \lambda L)]$$

Momen di daerah tengah bantalan menggunakan Persamaan 9 berikut :

$$M = -\frac{Q}{4\lambda(\sin\lambda l + \sinh\lambda l)} [\sinh \lambda c (\sin \lambda c + \sin \lambda(1-c)) + \sin \lambda c (\sinh \lambda c + \sinh \lambda(1-c)) + \cosh \lambda c \cos \lambda(1-c) - \cos \lambda c \cosh \lambda(1-c)]$$

3. Balas adalah terusan dari lapisan tanah dasarnya yang terletak di area yang mengalami konsentrasi tegangan terbesar dari beban lalu lintas kereta api. Tebal lapisan balas atas adalah seperti yang tercantum pada klasifikasi jalan rel Indonesia. Sedangkan tebal minimum lapisan subbalas 15 cm, berikut Persamaan 9-00 untuk menentukan bentuk dan ukuran subbalas.

$$D_2 = d - d_1 > 15 \quad (9)$$

$$d = \sqrt[1.35]{\frac{58 \cdot \sigma_1}{\sigma_1}} - 10 \quad (10)$$

$$\sigma_1 = \frac{Pd}{2b(\sin \lambda l + \sinh \lambda l)} \cosh 2\lambda a (\cos 2\lambda c + \cosh \lambda l) + 2 \cos^2 \lambda a (\cosh 2\lambda c + \cos \lambda l) + \sinh 2\lambda a (\sin 2\lambda c - \sinh \lambda l) - \sin 2\lambda a (\sinh 2\lambda c - \sin \lambda l) \quad (11)$$

$$Pd = \{P + 0,01 P ((\frac{V}{1,6}) - 5)\} \quad (12)$$

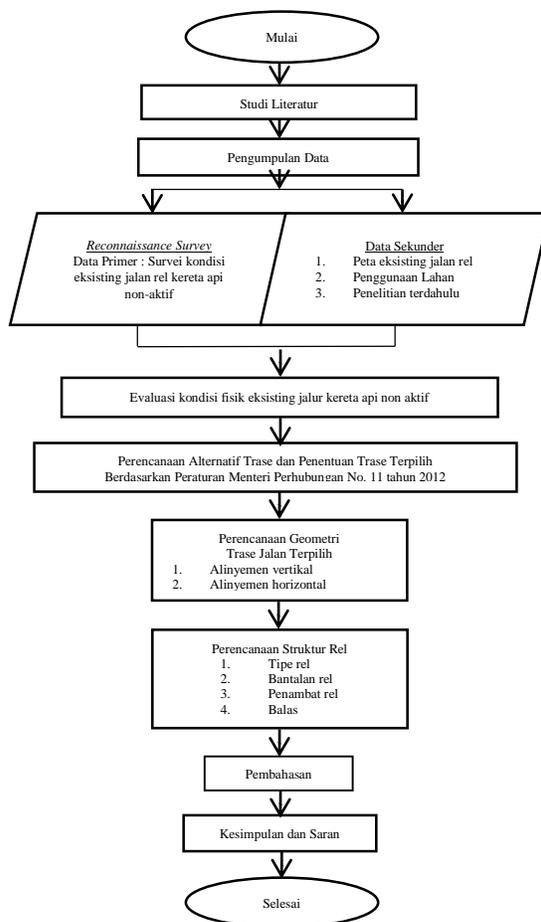
$$\lambda = \sqrt[4]{k l (4EI)} \quad (13)$$

$$k = b \times k_e \quad (14)$$

4. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang terlebih dahulu harus dilewati untuk mendapatkan hasil yang diinginkan, adapun langkah-langkah dalam penelitian ini diuraikan sebagai berikut ini:

1. pengumpulan data, yaitu tahapan yang dilakukan untuk mendukung analisis pada penelitian ini berupa data primer ataupun data sekunder,
3. merencanakan dan menentukan alternative trase terpilih berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No.11 Tahun 2012 menggunakan aplikasi ArcGis
4. merancang geometri jalan rel kereta api berpedoman pada Peraturan Menteri Perhubungan No.60 Tahun 2012 menggunakan aplikasi AutoCAD Civil 3D
5. merencanakan kontruksi atas dan bawah jalan rel berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No.60 Tahun 2012 dan Peraturan Dinas No. 10 PJKA Tahun 1986
6. simpulan dan saran.

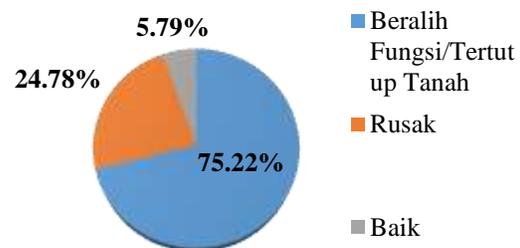


Gambar 2 Flow Chart Penelitian

5. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Evaluasi Kondisi Eksisting Jalan Rel

Survei data primer yang dilakukan merupakan mengamati kondisi eksisting jalan rel Yogyakarta – Palbapang (Bantul) dengan cara menjelajahi bekas jalan rel mulai dari Stasiun Tugu sampai Terminal Palbapang Bantul, berikut pada Gambar 1 diagram hasil evaluasi kondisi jalur eksisting.



Gambar 1 Diagram Hasil Evaluasi Kondisi Jalur Eksisting

kondisi jalur eksisting sebagian besar sekarang ini sudah beralih fungsi/tertutup tanah melebihi setengah dari total panjang jalur, sebagian mengalami kerusakan, dan sebagian kecil yang masih di kategorikan dalam kondisi baik. Alih fungsi pada jalur eksisting tersebut dikarenakan jalan rel sudah lama tidak beroperasi (non aktif) dan tidak ada perawatan.

5.2 Kajian Teknis Pemilihan Alternatif Trase Jalan Rel

Kajian teknis alternatif trase berfungsi sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan trase dan menjadi salah satu acuan penting dalam menentukan trase terbaik.

Pada penelitian ini dilakukan tiga usulan alternatif trase, trase A direncanakan menyerupai jalur eksisting mulai dari Stasiun Tugu, kemudian bergerak ke arah selatan melewati kecamatan Kasihan, selanjutnya memasuki kota Bantul sampai stasiun lama Palbapang, selanjutnya di lakukan pemanjangan trase sampai stasiun rencana Parangtritis melewati kecamatan Pandak dan

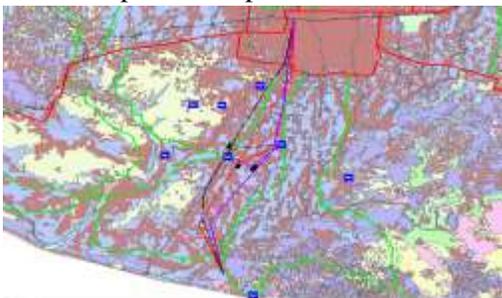
Kretek hingga ujung trase di desa Parangtritis. Sedangkan dua alternatif trase lainnya yaitu trase B dan C merupakan usulan trase baru yang akan direncanakan.

Alternatif trase B direncanakan mulai dari Stasiun Tugu kemudian bergerak ke arah selatan melewati kecamatan Sewon, selanjutnya memasuki kota Bantul sampai ke

kecamatan Pandak. Kemudian dari kecamatan Pandak berbelok memasuki kecamatan Bambang Lipuro dan Kretek sampai pada ujung trase di desa Parangtritis.

Alternatif trase C direncanakan mulai dari Stasiun Tugu kemudian bergerak ke arah selatan memasuki daerah kecamatan Sewon, selanjutnya melewati daerah kota Bantul hingga ke daerah kecamatan Bambang Lipuro. Dari kecamatan Bambang Lipuro arah trase C berbelok ke kecamatan Kretek sampai pada titik akhir trase C di desa Parangtritis.

Berikut ini adalah 3 usulan alternatif trase jalan rel dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Tiga Alternatif Trase

Perhitungan kebutuhan lahan jalur kereta api diolah menggunakan aplikasi *Arc Gis 10.2*, adapun data sekunder yang menjadikan dasar dari perhitungan ini adalah peta topografi, peta penggunaan lahan, peta jaringan jalan dan peta geologi yang berformat *shp*. rekapitulasi hasil luas lahan dari ketiga usulan alternatif trase sebagaimana pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3 Rekapitulasi Kebutuhan Lahan

No	Lahan	Luas Lahan Trase - (ha)		
		A	B	C
1	Pemukiman	28,22	20,40	29,33
2	Sawah Irigasi	21,43	29,45	20,51
3	Perkebunan	0,58	0,28	0,36
4	Sungai	0,29	0,25	0,25
5	Tegalan	0,10	0,09	0,08
6	Tanah Kosong	0,00	0,00	0,50
Jumlah		50,62	50,46	51,03

Selanjutnya pada Tabel 4 di bawah ini akan direkapitulasi hasil dari perhitungan data teknis dan dilakukan perbandingan antara 3 alternatif trase dengan cara pemeringkatan sehingga dapat menghasilkan alternatif trase terpilih yang akan digunakan pada perencanaan geometri jalan rel dan konstruksi jalan rel

Tabel 4 Rekapitulasi Hasil Data Teknis Alternatif Trase

Kriteria		Trase A		Trase B		Trase C		
		Data	Rangkingg	Data	Rangking	Data	Rangking	
Aspek tata guna lahan	Kebutuhan Lahan	50,62	2	50,46	1	51,0 ha	3	
	Luas pembebasan lahan	Pemukiman	28,22	2	20,40	1	29,33	3
		Sawah	21,43	2	29,45	1	20,51	3
		Perkebunan	0,58	1	0,28	3	0,36	2
		Sungai	0,29	2	0,25	1	0,25	1
Aspek Teknis	Panjang trase	25,28	2	25,24	1	25,47	3	
	Jumlah Tikungan	4	3	3	2	2	1	

	Jenis konstruksi	<i>atgrade</i>	1	<i>Atgrade</i>	1	<i>atgrade</i>	1
	Topografi	Cukup datar	1	Cukup datar	1	Cukup datar	1
	Geologi/bencana gempa	sedang	1	sedang	1	sedang	1
Aspek Integrasi Jaringan	Terminal Palbapang	0,8 km	1	1,7 km	3	0,9 km	2
	Terminal Parangtritis	2,8 km	1	2,8 km	1	2,8 km	1
Aspek Aksesibilitas dan Mobilitas	Melewati jalan	Arteri	1	1	1	1	1
		kolektor	2	2	2	2	1
	Melewati sungai	3	2	1	1	1	1
Potensi	Jarak ke wisata Manding	3,5 km	3	2,5 km	1	3,4 km	2
Total			27		22		27

Dari hasil pemeringkatan tersebut maka alternatif trase B sebagai alternatif trase terbaik karena memiliki beberapa keunggulan aspek terbaik dari alternatif trase lainnya sebagai rangking 1 dengan total nilai nominal terkecil 22.

5.3 Geometri Jalan Rel

5.3.1 Kecepatan Rencana

Mengacu kepada hasil kajian kelayakan pembangunan jalur kereta api rute Yogyakarta – Parangtritis yang dilakukan oleh Fauzi (2016) berdasarkan data sekunder survei OD Nasional tahun 2011 yang dilakukan oleh Badan Penelitian dan Pembangunan Kementerian Perhubungan, perkiraan *demand* perjalanan Yogyakarta – Parangtritis yaitu sebesar 31.339 pnp/haripada tahun 2020.

Perhitungan nilai daya angkut lintas kereta api dengan ditetapkan tonase lokomotif harian sebesar 100 ton dengan jumlah 119 lokomotif ($T_1 = 11.900$), tonase gerbong penumpang 50 ton dengan jumlah 476 gerbong ($T_p = 23.800$), $S = 1,1$, $K_1 = 1,4$, $K_b = 1,5$ dan nilai tonase gerbong barang (T_b) tidak dihitung sebagaimana dibawah ini.

$$\begin{aligned}
 T_1 &= 3.300 \text{ ton} \\
 T_p &= 8.250 \text{ ton} \\
 TE &= 12.870 \text{ ton} \\
 T &= 5.167.305 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Nilai daya angkut penumpang per tahun (asumsi berat per penumpang 65 kg) :

$$31.339 \text{ pnp/hari} = 743517,78 \text{ ton/tahun}$$

$$\text{Total nilai daya angkut} = 5.910.822,8 \text{ ton/th}$$

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api, nilai daya angkut lintas sebesar 5.910.822,8 ton/tahun termasuk pada kelas jalan 3 dengan spesifikasi sebagai berikut ini.

1. Kecepatan maksimum (V_{maks}) = 100 km/jam
2. Beban gandar = 18 ton
3. Tipe rel = R.54/R.50/R42
4. Jenis bantalan = Beton/kayu
5. Jarak antar sumbu bantalan = 60 cm
6. Jenis penambat = Elastis ganda
7. Tebal balas atas = 30 cm
8. Lebar bahu balas = 40 cm
9. Landai penentu maksimum = 20 ‰
10. Kelandaian di emplasemen = 1,5 ‰

5.3.2 Lengkung Peralihan

Persyaratan pertinggian maksimum (h) sebesar 110 mm sesuai yang tertera pada PM 60 Tahun 2012, maka panjang minimum lengkung peralihan (L_h) dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$L_h = 110 \text{ meter}$$

5.3.3 Peninggian Jalan Rel

Perencanaan peninggian jalan rel pada penelitian ini dilakukan pada aplikasi *AutoCAD Civil 3D* dengan hasil nilai peninggian 35 mm pada tikungan 1 dan 110 m pada tikungan 2 dan 3.

5.3.3 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal pada trase jalan rel terpilih B mempunyai 3 tikungan dengan

desain lengkung tipe *full circle* untuk tikungan pertama dan desain lengkung tipe *Spiral-Circle-Spiral* untuk tikungan kedua dan ketiga.

Hasil rekapitulasi perhitungan alinyemen horizontal yang telah di analisis dengan aplikasi *AutoCAD Civil 3D* dapat dilihat pada Tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Alinyemen Horizontal

Data		Tikungan 1	Tikungan 2	Tikungan 3
Tangent Data	Length (m)	7902.473	4221.812	7457.792
	Course	S 05° 11' 45.3167" W	S 09° 16' 57.1341" W	S 32° 03' 13.7288" W
Tipe Tikungan		Circular Curve	Spiral-Curve-Spiral	Spiral-Curve-Spiral
Spiral Curve		Cubic Parabola	Cubic Parabola	Cubic Parabola
Circular Curve Data	Delta angle (d)	4.0866	8.311	28.2535
	Radius (m)	1700	550	550
	Length (m)	121.252	79.779	271.214
	Middle Ordinate (m)	1.081	1.446	16.633
	Chord (m)	121.227	79.709	268.474
	Type	RIGHT	RIGHT	LEFT
	Tangent (m)	60.652	39.959	138.423
	External (m)	1.082	1.450	17.152
	Course	S 07° 14' 21.2254" W	S 20° 40' 05.4314" W	S 10° 41' 48.7545" W
Degree of curvature by arc (d)		0.6741	3.1252	3.1252

5.3.4 Alinyemen Vertikal

Perencanaan alinyemen vertikal pada penelitian ini menggunakan jari-jari lengkung sebesar 10.000 meter.

Hasil perhitungan alinyemen vertical menggunakan aplikasi *AutoCAD Civil 3D* terdapat pada Tabel 5.4 dibawah ini.

Tabel 6 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Alinyemen Vertikal

PPV	Station			Elevation (m)			Grade Change	Type Curve
	PVC	PVI	PVT	PVC	PVI	PVT		
1	0+363.96	0+410.00	0+456.04	106.2	106.2	105.7	0.92%	Crest
2	2+478.10	2+505.00	2+531.90	85.27	85.00	84.87	0.54%	Sag
3	4+396.71	4+400.00	4+403.29	76.01	76.00	75.98	0.07%	Crest
4	6+968.55	6+970.00	6+971.45	62.10	62.10	62.09	0.03%	Crest
5	9+611.66	9+620.00	9+628.34	47.04	47.00	46.96	0.17%	Sag
6	13+584.9	13+590.0	13+595.0	31.02	31.00	30.98	0.10%	Sag
7	16+233.9	16+235.0	16+236.0	23.00	23.00	22.99	0.02%	Sag
8	19+595.4	19+600.0	19+604.6	13.53	13.52	13.51	0.09%	Sag

9	21+927.0	21+935.0	21+942.9	9.107	9.092	9.064	0.16%	Crest
10	22+733.2	22+750.7	22+768.1	6.311	6.250	6.250	0.35%	Sag

5.3.5 Galian dan Timbunan

Hasil perhitungan volume galian dan timbunan menggunakan aplikasi *AutoCAD Civil 3D* adalah volume galian 176.788,90 meter³ dan total volume timbunan sebesar 173.061,34 meter³ dengan ratio volume galian dan timbunan 1,02.

5.4 Komponen Struktur Jalan

1. Profil jalan rel yang digunakan R54 mengacu kepada penggunaan jalan rel kelas 3. Berikut adalah data profil R54 di Tabel 7

Tabel 7 Spesifikasi Rel R54

No.	Spesifikasi	Keterangan
1	Berat rel teoritis (W)	54,43 kg/m
2	Momen inersia searag sumbu X (Ix)	2.345 cm ⁴
3	Luas penampang melintang (A)	69,34 cm ²
4	Tegangan ijin rel (σ)	1.325 kg/cm ²
5	Modulus elastisitas	210.000 kg/cm ²
6	Tegangan dasar rel	1.176,8 kg/cm ²
8	Beban Gandar	18 Ton
9	Lebar sepur	1.067 mm
11	Jarak antar bantalan	60 cm
12	Tebal balas di bawah bantalan	30 cm
13	Lebar bahu balas	50 cm
14	Tipe penambat	Pandrol
15	Sambungan	Baut

(Sumber: Perusahaan Jawatan Kereta Api 1986)

2. Bantalan yang digunakan adalah jenis bantalan beton prategang dengan spesifikasi kekuatan dan ukuran yang dijelaskan pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8 Ukuran Bantalan Beton

No.	Keterangan	Spesifikasi
1.	Kuat tekan (f_c')	500 kg/cm ²
2.	Modulus Elastisitas (E)	143.108,351 kg/cm ²
3.	Panjang	2.000 mm
Dimensi dibawah rel		
4.	Tinggi	20 cm
5.	Lebar atas	20,3 cm
6.	Lebar bawah	25,3 cm
7.	Luas (A1)	456 cm ²
8.	Inersia (I1)	15.139,09 cm ⁴
Dimensi ditengah bantalan		
9.	Tinggi	17,5 cm
10.	Lebar atas	20,5 cm
11.	Lebar bawah	25,3 cm
12.	Luas (A2)	400,75 cm ²
13.	Inersia (I2)	10.190,02 cm ⁴

3. Sambungan rel menggunakan sambungan pelat penyambung untuk Rel R54 dengan tebal pelat 20 mm dan diameter lubang 23 mm serta tinggi yang disesuaikan dengan masing – masing rel

4. Alat penambat rel yang digunakan adalah sambungan tipe Pandrol elastis ganda dengan tipe e2000 karena tipe Pandrol tersebut memiliki kekuatan gaya jepit sebesar 1.250 kg/pasang yang telah memenuhi persyaratan gaya jepit.

5. Perencanaan balas atas mengacu pada Peraturan Dinas No. 10 Tahun 1986 adalah berdasarkan kelas jalan relnya yaitu kelas jalan rel III, maka ketebalan balas atas yang digunakan adalah setebal 30 cm. Sedangkan perencanaan subbalas sebagai berikut :

a. Modulus reaksi balas (k)

$$k = 375 \text{ kg/cm}^2$$

b. Tekanan di bawah bantalan

$$\sigma_1 = 6,378 \text{ kg/cm}^2$$

c. Total balas dan subbalas

$$\sigma_t = 1,2 \text{ kg/cm}^2$$

Selanjutnya dihitung dengan persamaan berikut =

$d = 68,084 \text{ cm}$

Maka tebal lapisan balas bawah adalah =

$d_2 = 38,084 \text{ cm}$ dibulatkan menjadi
 $40 \text{ cm} > 15 \text{ cm} \dots$ Aman

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Kondisi jalur eksisting jalan rel Yogyakarta – Palbapang (Bantul) adalah 75,22 % sudah beralih fungsi/tertutup tanah, 24,78 % mengalami kerusakan dan 5,79 % dalam keadaan baik.
2. Usulan alternatif trase terbaik dipilih berdasarkan *ranking* dengan nilai paling kecil adalah alternatif trase B dengan panjang trase 25,24 km.
3. Perencanaan alinyemen horizontal mempunyai tiga tikungan, menggunakan jari-jari 1700 meter tipe *full circle* pada tikungan pertama dan lengkung tipe *Spiral-Circle-Spiral* menggunakan jari-jari 550 meter pada tikungan kedua dan ketiga
4. Struktur yang digunakan pada jalan rel adalah tipe R54 sesuai dengan kelas jalan rel III dengan menggunakan bantalan beton panjang 200 cm, tipe penambat pandrol (elastik ganda), sambungan baut, tebal balas 30 cm dan tebal subbalas 40 cm.

6.2 Saran

Peneliti merekomendasikan beberapa saran sebagai berikut ini

1. Perlu dilakukan studi lanjutan untuk melakukan survei lapangan secara lebih detail pada trase jalan rel.
2. Perlu dilakukan peninjauan kembali terhadap faktor – faktor lain yang dapat mempengaruhi kestabilan galian dan timbunan.
3. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai dampak bencana alam yang spesifik terhadap perencanaan jalan rel rute Yogyakarta – Parangtritis.

4. Perencanaan wesel, stasiun, drainase, jembatan jalan rel, rencana anggaran biaya serta amdal diharapkan dapat diperhitungkan pada kajian studi selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Fauzi, I. 2016. Kajian Kelayakan Pembangunan Jalur Kereta Api Antara Borobudur – Parangtritis (Rute Yogyakarta – Parangtritis). *Simposium XIX FSTPT Universitas Islam Indonesia*. Yogyakarta.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. 2011. *Peraturan Menteri Perhubungan No. 43 Tahun 2011 Tentang Rencana Induk Perkeretaapian Nasional*. Kemenhub RI. Jakarta.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. 2012. *Peraturan Menteri Perhubungan No. 11 Tahun 2012 Tentang Tata Cara Penetapan Trase Jalur Kereta Api*. Kemenhub RI. Jakarta.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. 2012. *Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api*. Kemenhub RI. Jakarta.
- Perusahaan Jawatan Kereta Api. 1986. *Peraturan Dinas No. 10 Tahun 1986 Tentang Perencanaan Kontruksi Jalan Rel*. PJKA. Bandung.
- Pemerintah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. 2010. *Peraturan Daerah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta No. 2 Tahun 2010 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Tahun 2009-2029*. Pemprov DIY. Yogyakarta.
- Rosadi,R dan Kartika, A. 2013. Perencanaan Geometrik Jalan Rel Antara Banyuwangi-Situbondo- Probolinggo. *Jurnal Teknik POMITS*. Vol. 2, No. 1. Surabaya.
- Utomo, Suryo Hapsoro Tri. 2009. *Jalan Rel, Cetakan Kedua*. Beta Offset. Yogyakarta.