

TINJAUAN GEOMETRIK JALAN REL KERETA API TRASE PURUK CAHU–BANGKUANG–BATANJUNG (STA 212+000–STA 213+000)

Murniati

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya, E-mail: murniatunpar@yahoo.co.id

Desriantomy

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya, E-mail: desriantomy@yahoo.co.id

Evanphilo Ibie

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya, E-mail: evanphilo@yahoo.co.id

Abstract: Central Kalimantan is one of the provinces in Indonesia that is rich in natural resources, one of which is obtained through coal mining activities. Therefore, alternative transportation modes are needed to reduce the constraints in the use of river transportation modes. This study aims to find out whether the plan can be used for railway development and geometric planning and railway arrangement. In addition, the calculation of the volume of piles and excavations. From the results of the research can be concluded that the trajectory of STA 212 + 000 - STA 213 + 000 railway track can be used because this area does not have the potential for cracks, landfills, landslides and earthquake shifts due to earthquake earth. And there is no fault area that can damage the construction of rail roads. The railroad class includes a class III railroad class with a plan speed of 125 km / h. The rail profiles used are R.54, 1067 mm rail width, and 18-ton axle load. The type of bearings used are concrete pads with type D.E. Spring Clip. The result of calculation of excavation volume of base soil is 17230,79 m³ and volume of base ground pile is 81586 m³. While the volume of heap of bottom mortgage amounted to 1160 m³ and the stock back up 3053,919695 m³.

Keywords: railroad tracks, geometric planning, rail track arrangement, volume analysis of excavation piles

Abstrak: Kalimantan Tengah merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang kaya akan hasil sumber daya alam, salah satunya diperoleh melalui kegiatan pertambangan batu bara. Oleh karena itu diperlukan moda transportasi alternatif untuk mengurangi kendala dalam penggunaan moda transportasi sungai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah trase rencana dapat digunakan untuk pembangunan jalan rel kereta api serta melakukan perencanaan geometrik dan susunan jalan rel. Selain itu dilakukan juga perhitungan volume timbunan dan galian. Dari hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa trase rencana jalan rel STA 212+000 – STA 213+000 dapat digunakan karena kawasan ini tidak memiliki potensi terjadinya retakan tanah, pelulukan, longsor dan pergeseran tanah akibat gempa bumi. Serta tidak terdapat daerah sesar yang dapat merusak konstruksi jalan rel. Kelas jalan rel termasuk kelas jalan rel kelas III dengan kecepatan rencana 125 km/jam. Profil rel yang digunakan adalah R.54, lebar sepur 1067 mm, dan beban gandar 18 ton. Jenis bantalan yang digunakan adalah bantalan beton dengan penambat rel jenis D.E. Spring Clip. Hasil perhitungan volume galian tanah dasar adalah 17230,79 m³ dan volume timbunan tanah dasar sebesar 81586 m³. Sedangkan volume timbunan balas bawah sebesar 1160 m³ dan timbunan balas atas sebesar 3053,919695 m³.

Kata kunci: trase jalan kereta api, perencanaan geometrik, susunan jalan rel, analisa volume timbunan galian.

PENDAHULUAN

Transportasi merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia.

Terdapat hubungan yang kuat antara transportasi dengan jangkauan dan lokasi kegiatan manusia, barang-barang dan jasa. Dalam kaitannya dengan kehidupan dan

kegiatan manusia transportasi mempunyai peranan yang signifikan dalam aspek-aspek sosial, ekonomi, lingkungan, politik dan pertahanan keamanan.

Perkembangan salah satu moda transportasi yaitu kereta api dengan menggunakan jalan rel bermula dari dikembangkannya usaha untuk meningkatkan pelayanan transportasi yang meliputi antara lain kuantitas pengangkutan, kecepatan perjalanan, dan keawetan sarana prasarannya. Awal mula terciptanya jalan rel bisa dikatakan bermula di Inggris pada tahun 1630, yaitu dengan adanya pengangkutan batu bara.

Kalimantan Tengah merupakan salah satu Provinsi di Indonesia yang terletak 111⁰ BT hingga 116⁰ BT dan 0⁰ 45' LU serta 3⁰ 30' LS dengan luas wilayah 153.564 km². Kalimantan tengah juga kaya akan hasil sumber daya alam yang diperoleh melalui kegiatan pertambangan batubara. Saat ini tercatat 5,5 milyar ton deposit batubara yang terdistribusi 2,5 milyar ton tereka, 1,7 milyar ton terunjuk dan 1,3 milyar ton terukur. Namun potensi tersebut belum dapat dikelola dengan maksimal karena terkendala masalah angkutan sehingga tidak ekonomis untuk dieksploitasi.

Umumnya lokasi tambang berada di bagian Utara Provinsi Kalimantan Tengah sedangkan outlet berada di bagian Selatan Laut Jawa. Saat ini para penambang umumnya menggunakan moda transportasi sungai untuk pengangkutan batu bara dari daerah Barito ke Laut Jawa, namun kendalanya adalah bahwa sungai Barito yang melalui daerah seperti daerah-daerah yang ada pada Kabupaten Barito Utara, Kabupaten Barito Selatan, Kabupaten Barito Timur dan Kabupaten Kapuas hanya dapat dilayari sekitar 8 (delapan) bulan setiap tahunnya karena terkendala kedalaman air sungai, belum termasuk kegiatan penambangan dan pengangkutan yang melalui sedikit daerah sungai Kapuas bagian hulu.

Kendala lain dengan menggunakan moda transportasi sungai ini adalah kerusakan lingkungan berupa tercemarnya air sungai dan terjadinya erosi, abrasi dan pendangkalan.

Berdasarkan hal diatas, salah satu alternatif moda transportasi yang dapat digunakan adalah angkutan jalan rel kereta api. Pemerintah Provinsi Kalimantan Tengah berencana akan menyelenggarakan perkeretaapian umum dimana untuk tahap pertama adalah trase Puruk Cahu – Bangkuang

– Batanjung. Hal ini diperkuat dengan adanya Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Tengah Nomor 13 Tahun 2013 Tentang Penyelenggaraan Perkeretaapian dari Puruk Cahu – Bangkuang – Batanjung Tanggal 11 Oktober 2013.

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Apakah trase rencana pada STA 212+000 – STA 213+000 dapat digunakan untuk pembangunan jalan rel kereta api?
2. Bagaimana perencanaan geometrik jalan rel yang sesuai dengan persyaratan yang ada?
3. Bagaimana susunan jalan rel yang digunakan?
4. Berapa volume galian dan timbunan yang diperlukan untuk perencanaan?

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Daerah lokasi penelitian tugas akhir berada pada ruas Puruk Cahu – Bangkuang – Batanjung, tepatnya pada STA 212+000 – STA 213+000 di kabupaten Barito Timur, Kalimantan Tengah.
2. Dalam penelitian ini tidak merencanakan persinyalan, jembatan maupun infrastruktur lain (stasiun, rumahsinyal).
3. Kereta api direncanakan untuk angkutan barang tanpa penumpang.
4. Data yang digunakan adalah data sekunder.
5. Tidak melakukan perhitungan kekuatan timbunan.
6. Tidak melakukan perencanaan sistem drainase

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui apakah trase rencana pada STA 212+000 – STA 213+000 dapat digunakan untuk pembangunan jalan rel kereta api
2. Mendapatkan alinemen horizontal dan vertikal jalan rel yang sesuai dengan persyaratan spesifikasi.
3. Merencanakan susunan jalan rel yang digunakan.
4. Menghitung volume galian dan timbunan serta gambar yang diperlukan untuk perencanaan.

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Sebagai masukan terhadap perkembangan pembangunan perkeretaapian di Provinsi Kalimantan Tengah.

2. Sebagai alternatif angkutan baru yang kedepannya diharapkan menjadi angkutan antar kota maupun antar provinsi.
3. Sebagai sumbangan pemikiran terhadap pihak-pihak terkait dalam hal bidang transportasi khususnya jalan rel.

TINJAUAN PUSTAKA

Struktur Jalan Rel

Kereta Api dalam menjalankan fungsinya sebagai sarana transportasi bergerak dari satu tempat ke tempat lainnya berjalan di atas jalan rel. Secara umum, pada teknologi konvensional berupa Teknologi Dua Rel Sejajar, jalan rel terbentuk dari dua batang rel baja diletakan di atas balok balok melintang. Balok balok melintang ini disebut bantalan. Untuk menjaga supaya rel tetap pada kedudukannya, rel tersebut ditambatkan pada bantalan dengan menggunakan penambat rel. Rangka tersebut bersambungan secara memanjang membentuk jalur yang disebut dengan sepur. Sepur diletakan di atas suatu alas yang disebut balas, yang selanjutnya di bawah balas terdapat lapisan tanah dasar.

Gaya yang ditimbulkan oleh kereta api yang melintas di atas jalan rel harus ditahan oleh struktur jalan rel. Gaya-gaya dimaksud ialah:

1. Gaya vertikal
2. Gaya horizontal tegak lurus sumbu sepur
3. Gaya horizontal membujur searah sumbu sepur

Geometrik Jalan Rel

Geometrik jalan rel yang dimaksud ialah bentuk dan ukuran jalan rel, baik pada arah memanjang maupun arah melebar yang meliputi lebar sepur, kelandaian, lengkung horisontal, lengkung vertikal, peninggian rel, dan pelebaran sepur. Geometrik jalan rel direncanakan berdasarkan kecepatan rencana serta ukuran – ukuran kereta yang melewatinya dan dirancang sedemikian rupa sehingga dapat mencapai hasil yang efisien, aman, nyaman dan ekonomis.

Susunan Jalan Rel

Perencanaan susunan jalan rel yang dimaksud adalah menentukan profil rel yang digunakan beserta karakteristik penampangnya, jenis rel dan panjang minimumnya, desain sambungan rel dan celah pada sambungan rel.

1. Bantalan

Bantalan berfungsi meneruskan beban dari rel ke balas, menahan lebar sepur dan stabilitas ke arah luar jalan rel. Bantalan dapat terbuat dari kayu, baja, ataupun beton. Pemilihan didasarkan pada kelas yang sesuai dengan klasifikasi jalan rel Indonesia.

2. Balas

Lapisan balas pada dasarnya adalah terusan dari lapisan tanah dasar, dan terletak di daerah yang mengalami konsentrasi tegangan yang terbesar akibat lalu lintas kereta pada jalan rel, oleh karena itu material pembentukannya harus sangat terpilih. Fungsi utama balas adalah untuk :

- a. Meneruskan dan menyebarkan beban bantalan ke tanah dasar
- b. Mengokohkan kedudukan bantalan
- c. Meluluskan air sehingga tidak terjadi penggenangan air disekitar bantalan dan rel.

3. Penampang Melintang

Penampang melintang jalan rel adalah potongan pada jalan rel, dengan arah tegak lurus sumbu jalan rel, dimana terlihat bagian-bagian dan ukuran-ukuran jalan rel dalam arah melintang.

4. Analisa Volume Timbunan dan Galian

Timbunan dan galian dilakukan untuk mencapai ketinggian/elevasi yang sesuai untuk struktur jalan rel

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dalam beberapa tahap seperti diuraikan pada Bagan alir Gambar 1.



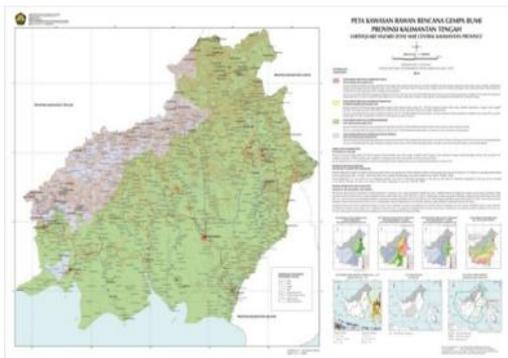
Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Sejarah Gempa Bumi di Kalimantan Tengah

Wilayah Kalimantan Tengah merupakan wilayah yang tidak terlalu rawan gempa bumi. Belum diketahui adanya sumber gempa bumi merusak di wilayah ini.

Pada Peta Kawasan Rawan Bencana Gempa Bumi Provinsi Kalimantan Tengah dibawah ini, diperlihatkan bahwa Kalimantan Tengah termasuk daerah dengan kondisi zona rawan bencana gempa bumi Rendah dan zona rawan bencana gempa bumi sangat rendah. Artinya kawasan ini tidak memiliki potensi terjadinya retakan tanah, pelulukan, longoran dan pergeseran tanah akibat gempa bumi.



Gambar 2. Peta Kawasan Rawan Bencana Gempa Bumi Provinsi Kalimantan Tengah

Daya Angkut Lintas

Untuk mendapatkan tonase barang dan gerbong harian (T_b), maka produksi batu bara rata-rata pertahun dibagi 365.

$$T_b = \frac{4.767.261,777}{365} = 13.060,991 \text{ ton/hari}$$

Perhitungan Tonase Ekuivalen (ton/hari) dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} TE &= T_p + (K_b \times T_b) + (K_1 \times T_1) \\ &= 0 + (1,3 \times 13.060,991) + (1,4 \times 56) \\ &= 17.057,689 \text{ ton} \end{aligned}$$

Perhitungan Kapasitas angkut lintas (ton/pertahun) dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} T &= 360 \times S \times TE \\ &= 360 \times 1,0 \times 17.057,689 \\ &= 6.140.767,867 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Dengan nilai kapasitas angkut lintas diatas, maka kelas jalan rel termasuk kelas jalan rel kelas III.

Geometrik Jalan Rel

Perhitungan Geometrik jalan rel meliputi perhitungan alinemen horizontal dan alinemen vertikal.

Pada alinemen horizontal lebar sepur memerlukan pelebaran yang tergantung pada jari-jari lengkung horizontal.

a. Penentuan Rminimum

Besar jari-jari minimum yang diijinkan ditinjau dari beberapa kondisi, yaitu:

1) Gaya Sentrifugal diimbangi sepenuhnya oleh gaya berat

$$\begin{aligned} R_{min} &= 0,08 \cdot V^2 \\ &= 0,08 (100)^2 \\ &= 800 \text{ m} \end{aligned}$$

2) Gaya Sentrifugal diimbangi oleh gaya berat dan daya dukung komponen jalan rel

$$R_{min} = 0,054 \cdot V^2 = 0,054 \cdot (100)^2 = 540 \text{ m}$$

3) Jari-jari minimum berdasarkan peraturan dinas no.10 tentang Perencanaan Konstruksi Jalan Rel.

$$R_{min} = 550 \text{ m (tabel 2.3)}$$

4) Jari-jari minimum dengan cara trial.

$$R_{rencana} = 900 \text{ m}$$

b. Peninggian Rel

Peninggian rel rencana/disain harus memenuhi syarat:

$$h_{min} < h_{normal} < h_{maks}$$

Kecepatan rencana untuk peninggian rel adalah 125 km/jam. Nilai h rencana dibulatkan menjadi bilangan kelipatan 5 mm diatasnya. Peninggian maksimum (h_{maks}) adalah 110 mm, berdasarkan stabilitas kereta api saat berhenti di bagian lengkung.

$$\begin{aligned} h_{normal} &= 5,95 \frac{V^2}{R} \\ &= 5,95 \frac{(125)^2}{900} = 103,299 \text{ mm} < h_{maks}, \\ &\text{maka } R \text{ trial memenuhi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{minimum} &= \frac{8,8 v^2}{R} - 53,54 \\ &= \frac{8,8 (125)^2}{900} - 53,54 \\ &= 99,238 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat : $h_{min} < h_{normal} < h_{maks}$
 $99,238 < 103,299 < 110$ (memenuhi)
 Peninggian rel yang direncanakan ($h = h_{normal}$) = 103,299, dipakai 105 mm

c. Lengkung Peralihan

Kecepatan rencana untuk jari-jari lengkung peralihan adalah 100 km/jam.
 $L_h = L_s = 0,01 \times h \times V$
 $= 0,01 \times 105 \times 100$
 $= 105 \text{ m}$

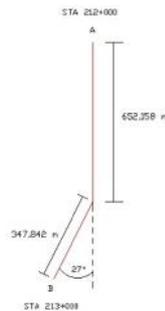
d. Perhitungan Lengkung Horizontal

1) Menghitung panjang lengkung

$$s = \frac{90 \times L_s}{\pi \times R}$$

$$= \frac{90 \times 105}{\pi \times 900} = 3,343949045$$

$$= 3^\circ 20' 38,22''$$



Gambar 3. s

$$c = s - 2 \text{ s}$$

$$= 27^\circ 0' 0'' - 2 (3^\circ 20' 38,22'')$$

$$= 20^\circ 18' 43,57''$$

$$L_c = \frac{\theta c}{360^\circ} \times 2 \pi R$$

$$= \frac{20^\circ 18' 43,57''}{360^\circ} \times 2 \pi \times 900$$

$$= 318,900 \text{ m}$$

$$L = 2 L_s + L_c$$

$$= (2 \times 105) + 318,900$$

$$= 528,900 \text{ m}$$

2) Menghitung X_c , Y_c , k dan P

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

$$= L_s - \frac{105^3}{40 \times 900^2} = 104,9996597 \text{ m}$$

$$= 105 \text{ m}$$

$$Y_c = \frac{L_s^2}{6 \times R}$$

$$= \frac{105^2}{6 \times 900} = 2,042 \text{ m}$$

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

$$= 2,042 - 900 (1 - \cos 3^\circ 20' 38,22'')$$

$$= 0,509 \text{ m}$$

$$K = X_c - R \sin s$$

$$= 105 - 900 \sin 3^\circ 20' 38,22'' = 52,503171 = 53 \text{ m}$$

3) Menghitung T_t dan E_t

$$T_t = (R + p) \operatorname{tg} \frac{\Delta s}{2} + k$$

$$= (900 + 0,509) \operatorname{tg} \frac{27^\circ 0' 0''}{2} + 53$$

$$= 282,4 \text{ m}$$

$$E_t = (R + p) \operatorname{sec} \frac{\Delta s}{2} - R$$

$$= (900 + 0,509) \operatorname{sec} \frac{27^\circ 0' 0''}{2} - 900$$

$$= 26,097 \text{ m}$$

e. Pelebaran Sepur

Untuk lebar sepur 1067 mm, PT. Kereta Api (persero) menggunakan kelonggaran flens roda kereta terhadap tepi kepala rel terhadap sepur lurus (c) = 4 mm dan jarak gandar depan terhadap gandar belakang = 4 m. Maka pelebaran sepur dihitung menggunakan persamaan:

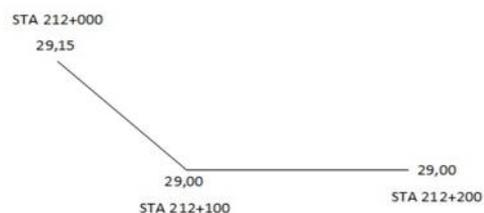
$$p = \frac{8000}{R} - 8$$

$$= \frac{8000}{900} - 8$$

$$= 0,421052632 \text{ mm} = 0 \text{ mm (tidak perlu pelebaran sepur)}$$

Alinemen Vertikal

Besarnya jari – jari minimum lengkung bergantung pada besarnya kecepatan rencana. Untuk V rencana > 100 km/jam, digunakan $R_{min} = 8000 \text{ m}$. Untuk V rencana hingga 100 km/jam, digunakan $R_{min} = 6000 \text{ m}$.



Gambar 4. Perbedaan Landai

Elevasi Rencana STA 212+000 = 29,15 m
 Elevasi Rencana STA 212+100 = 29,00 m

Maka perbedaan kelandaiannya:

$$= \frac{(29,15-29,00)}{100} \times 1000$$

$$= 1,5 \text{ ‰}$$

Dengan kecepatan rencana 100km/jam, maka digunakan Rmin 6000 m dengan Rrencana = 7000 m.

$$Lv = \frac{R}{R} = 0,0015 \times 7000 = 10,5 \text{ m}$$

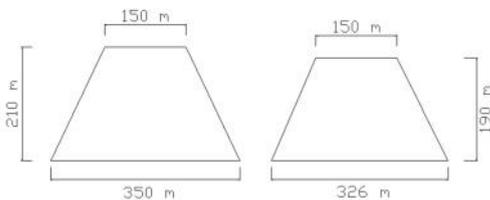
$$Xm = \frac{R}{2} \phi = \frac{7000}{2} \times 0,0015 = 5,25 \text{ m}$$

$$Ev = Ym = \frac{R}{8} \phi^2 = \frac{7000}{8} \times 0,0015^2$$

$$= 0,00196875 \text{ m}$$

Perencanaan Bantalan

Bantalan yang digunakan adalah bantalan beton blok tunggal dengan fc' 600. Dimensi bantalan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 5. Dimensi Bantalan

Perhitungan Bantalan:

Luas:

$$A1 = 2 (1/2 \times 100 \times 210) + 210 \times 150$$

$$= 52500 \text{ mm}^2 = 525 \text{ cm}^2$$

$$A2 = 2 (1/2 \times 88 \times 190) + 190 \times 150$$

$$= 45220 \text{ mm}^2 = 452,2 \text{ cm}^2$$

Inersia:

$$I1 = \frac{15^2 + 4 \times 15 \times 35 + 35^2}{36 (15+35)} 21^3$$

$$= 1159,47 \text{ cm}^4$$

$$I2 = \frac{15^2 + 4 \times 15 \times 32,6 + 32,6^2}{36 (15+32,6)} 19^3$$

$$= 902,37 \text{ cm}^4$$

$$E = 6400 \sqrt{fc}$$

$$= 6400 \sqrt{600}$$

$$= 156767,343 \text{ kg/cm}^2$$

$$= \sqrt[4]{\frac{k}{4 \cdot E \cdot I}}; k = \text{modulus elastisitas jalan rel} =$$

$$180 \text{ kg/cm}^2$$

untuk daerah di bawah rel

$$= \sqrt[4]{\frac{180}{4 \times 156767,343 \times 1159,47}}$$

$$= 0,022306126 \text{ cm}^{-1}$$

untuk daerah di tengah bantalan

$$= \sqrt[4]{\frac{180}{4 \times 156767,343 \times 902,37}}$$

$$= 0,023748905 \text{ cm}^{-1}$$

$$L = 200$$

$$a = 43,15$$

$$c = 56,85$$

Momen pada daerah di bawah rel

$$M = \frac{Q}{4\lambda} \frac{1}{\sin \lambda l + \sinh \lambda l} (2 \cosh 2\lambda a (\cos 2\lambda c + \cosh \lambda L) - 2 \cos 2\lambda a (\cosh 2\lambda c + \cos \lambda L) - \sinh 2\lambda a (\sin 2\lambda c + \sinh \lambda L) - \sin 2\lambda a (\sinh 2\lambda c + \sinh \lambda L))$$

$$Q = 60 \% Pd$$

$$Pd = (1 + 0,01 (\frac{V}{1,609} - 5) Ps)$$

Gaya roda statis (Ps) untuk lokomotif BB dengan beban 56 ton adalah 7 ton dengan kecepatan rencana 125 km/jam. Maka,

$$Pd = (1 + 0,01 (\frac{125}{1,609} - 5) 7000)$$

$$= 12088,16035 \text{ kg}$$

$$Q = 60 \% 12088,16035$$

$$= 7252,896209 \text{ kg}$$

$$M = \frac{7252,896209}{4 \times 0,022306126 (-0,969) + 43,291} (2 \times 1,5002 (-0,822 + 43,303) - 2 \times 0,5712 (6,355 + (-0,249)) - 3,355 (0,569 + 43,291) - 0,938 (6,276 + 43,291))$$

$$= 147626,335 \text{ kg cm} < \text{Momen Ijin} = 150000 \text{ kg cm} \dots \text{OK}$$

Momen pada daerah di tengah bantalan

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

$$Q = 60 \% Pd$$

$$Pd = (1 + 0,01 \left(\frac{v}{1,609} - 5\right) Ps)$$

$$Pd = (1 + 0,01 \left(\frac{125}{1,609} - 5\right) 7000)$$

$$= 12088,16035 \text{ kg}$$

$$Q = 60 \% 12088,16035$$

$$= 7252,896209 \text{ kg}$$

$$M = -\frac{7252,896209}{4 \times 0,012209341 - 0,999 + 57,775} (1,799 (0,976 + 14,960) + 0,976(1,799 + 14,960) + 2,059(-0,967) - 0,219 \cdot 14,994)$$

$$= -33289,21567 \text{ kg cm} < \text{Momen Ijin} =$$

$$76500 \text{ kg cm} \dots \text{OK}$$

Susunan Jalan Rel

Berdasarkan perhitungan diatas, kelas jalan rel termasuk kelas jalan rel III menggunakan profil rel R.54 dengan karakteristik, tinggi rel 153 mm, lebar kaki 127 mm, lebar kepala 65 mm, tebal badan 15 mm dan tinggi kepala 49 mm. Jenis rel yang digunakan adalah jenis rel panjang. Berdasarkan profil rel dan jenis bantalan yang digunakan, panjang rel adalah 250 m. Penambat rel yang digunakan adalah penambat elastis ganda, yaitu D.E. *Spring Clip*.

Sambungan rel direncanakan menggunakan sambungan menumpu, agar tekanan yang terjadi diteruskan kepada satu bantalan saja. Kemudian direncanakan menggunakan penempatan sambungan secara siku pada jalur lurus dan penempatan secara berselang-seling di tikungan.

Pemasangan Rel

Untuk rel standar dan rel pendek dengan panjang 25 m dan suhu pemasangan 30°, maka perhitungan celah sambungan dihitung sebagai berikut:

$$G = L \times \alpha \times (40 - t) + 2$$

$$G = 25000 \times 1,2 \times 10^{-5} \times (40 - 30) + 2$$

$$= 5 \text{ mm}$$

untuk rel panjang dengan panjang 250 m dan suhu pemasangan 30°, maka perhitungan celah sambungan dihitung sebagai berikut:

$$G = \frac{E \times A \times \alpha \times (50 - t)^2}{2 \times r} + 2$$

$$G = \frac{2,1 \times 10^4 \times 69,34 \times 1,2 \times 10^{-5} \times (50 - 30)^2}{2 \times 450} + 2$$

$$= 9,76608 \text{ mm}$$

Penampang Melintang

Penampang melintang memperlihatkan bagian-bagian dan ukuran-ukuran jalan rel dalam arah melintang.

a. Lapisan Balas Atas

Tebal balas atas dihitung sebagai berikut:

Menurut Wahyudi (2003):

$$Db = \frac{S - W}{2}$$

Keterangan:

Db = tebal balas minimum

S = jarak bantalan

w = lebar bantalan

$$Db = \frac{60 - 35}{2}$$

$$= 42,5 \text{ cm}$$

Menurut British regulation tebal balas dapat diperoleh. Dengan kecepatan rencana 125 km/jam dan tonase 6.225.664,310 ton/tahun, maka diperoleh tebal balas minimum 0,3 m.

Menurut *French spesification* tebal balas dapat dihitung dengan mempertimbangkan beberapa parameter. Dari perhitungan sebelumnya direncanakan menggunakan kelas jalan rel kelas III, Vrencana = 125 km/jam, bantalan beton, dan beban gandar 18 ton. Sehingga diperoleh:

$$e(m) = N(m) + a(m) + b(m) + c(m) + d(m) + f(m) + g(m)$$

$$= 0,55 + 0,05 + ((2,5 - 2)/2) + (0,1) + 0 + 0$$

$$= 0,75 \text{ m}$$

$$e(m) = \text{balas} + \text{subbalas}$$

$$0,75 = \text{balas} + 0,15$$

$$\text{Balas} = 0,75 - 0,15$$

$$= 0,60 \text{ m}$$

Menurut Utomo (2009), ketebalan lapisan balas yang diperlukan sesuai dengan kelas jalan rel tercantum. Maka diperoleh, tebal balas atas 30 cm.

b. Lapisan Balas Bawah

Menurut Utomo (2009), ketebalan lapisan balas yang diperlukan sesuai dengan kelas jalan rel, yaitu 15 – 60 cm. Maka digunakan, tebal balas bawah 20 cm.

Jarak dari sumbu jalan rel ke tepi atas lapisan balas bawah dihitung dengan persamaan

1) Pada sepur lurus:

$$K1 > B + 2.d1 + M + T$$

$$K1 > 140 + 2 \times 20 + 55 + 21$$

255 > 256,483, digunakan 255 cm

2) Pada tikungan :

$$K1_D = K1$$

$$K1_D = 255 \text{ cm}$$

$$E = (B + 1/2) \times h/S + T$$

$$E = (140 + 1/2) \times 10,5/113,7 + 21 = 33,97$$

$$k1_L = B + 2.d1 + M + 2.E$$

$$k1_L = 140 + 2 \times 20 + 55 + 2 \times 33,97 = 302,9498681 \text{ cm}$$

Perhitungan Volume Timbunan dan Galian

Perhitungan volume galian dan timbunan dibagi menjadi 100 meter per segmen. Kelandaian bagian lereng untuk timbunan diambil 1 : 1,5, sedangkan kelandaian bagian lereng untuk galian diambil 1 : 0,5. Elevasi rencana diambil berdasarkan kondisi kontur daerah tinjauan setempat karena trase Puruk Cahu – Bangkuang – Batanjung masih belum memiliki trase rencana.

Volume Timbunan dan Galian Tanah Dasar

Pada STA 212+000, dengan kedalaman gambut 2 m, maka akan dilakukan penggalian dan penimbunan untuk mengganti lapisan tanah gambut.



Gambar 6. Potongan Galian Tanah Dasar

Dari gambar diatas maka volume galiandihitung sebagai berikut:

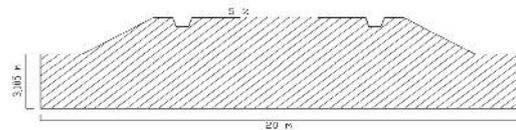
$$\text{Luas galian} = 2 \times 20 = 40 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume} = 40 \times 100 = 4000 \text{ m}^3$$

Perhitungan timbunan pada STA 212+000 – STA 212+100 sebagai berikut:

$$\text{Elevasi tanah asli rata - rata} = 27,985 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi rencana} = 29 \text{ m}$$



Gambar 7. Potongan Timbunan

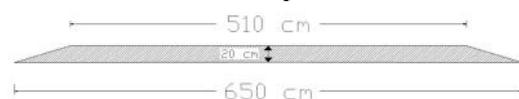
Tabel 1. Perhitungan Volume Galian dan Timbunan Tanah Dasar

STA	Jarak (m)	Elevasi (m)	Elevasi Rencana (m)	Volume Galian (m³)	Volume Timbunan (m³)
212+000	100	29,6	29,15	400,00	8683,25
212+100	100	26,37	29,00	400,00	11273,25
212+200	100	27,01	29,00	400,00	9783,25
212+300	100	27,86	29,00	5447,92	0
212+400	100	36,65	29,00	8582,87	0
212+500	100	32,59	29,00	400,00	7143,25
212+600	100	24,92	29,00	400,00	16433,25
212+700	100	23,3	29,00	400,00	16313,25
212+800	100	25,04	29,00	400,00	9173,25
212+900	100	30,44	29,00	400,00	2783,25
213+000		31,43	29,00		

Volume Timbunan Lapisan Balas

Dilakukan penimbunan untuk lapisan balas bawah dan lapisan balas atas sesuai dengan dimensi yang telah direncanakan.

a. Volume timbunan lapisan balas bawah

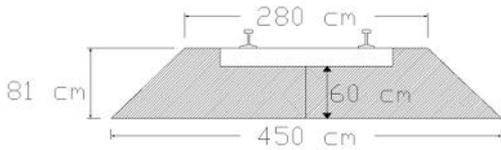


Gambar 8. Potongan Lapisan Balas Bawah

Perhitungan timbunan pada STA 212+000 – STA 212+100 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Luas Timbunan} &= 1,16 \text{ m}^2 \\ \text{Volume} &= 1,16 \times 100 \\ &= 116 \text{ m}^3\end{aligned}$$

b. Volume timbunan lapisan balas atas



Gambar 9. Potongan Lapisan Balas Atas

Perhitungan timbunan pada STA 212+000 – STA 212+100 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Luas Timbunan} &= 2,7957 \text{ m}^2 \\ \text{Volume} &= 2,7957 \times 100 \\ &= 279,57 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Tabel 2. Perhitungan Volume Timbunan Lapisan Balas

STA	Jarak	Volume Timbunan Balas Atas	Volume Timbunan Balas Bawah
	(m)	(m ³)	(m ³)
212+000			
	100	279,57	116
212+100			
	100	279,57	116
212+200			
	100	279,57	116
212+300			
	100	289,7062	116
212+400			
	100	330,251	116
212+500			
	100	330,251	116
212+600			
	100	330,251	116
212+700			
	100	330,251	116
212+800			
	100	324,929495	116
212+900			
	100	279,57	116
213+000			

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu:

1. Trase rencana jalan rel STA 212+000 – STA 213+000 dapat digunakan karena termasuk dalam zona rawan gempa bumi rendah. Artinya kawasan ini tidak memiliki potensi terjadinya retakan tanah, pelulukan,

longsoran dan pergeseran tanah akibat gempa bumi. Serta tidak terdapat daerah sesar yang dapat merusak konstruksi jalan rel.

2. Perencanaan geometrik jalan rel meliputi alinemen horizontal vertikal. Dari hasil perhitungan kapasitas angkut lintas, maka kelas jalan rel termasuk kelas jalan rel kelas III dengan kecepatan rencana 125 km/jam.
3. Susunan jalan rel yang digunakan adalah sebagai berikut:
 - Digunakan profil rel R.54
 - Beban gandar : 18 ton
 - Lebar sepur : 1067 mm
 - Jenis bantalan : Bantalan beton blok tunggal
 - Kekuatan bantalan : K600
 - Jarak bantalan beton : 60 cm
 - Penambat rel : D.E. *Spring Clip*
 - Tebal balas atas : 60 cm
 - Tebal balas bawah : 20 cm

Berdasarkan potongan melintang jalan rel, dengan segmen per 100 m. Maka hasil perhitungan volume galian tanah dasar adalah 17230,79 m³ dan volume timbunan tanah dasar sebesar 81586 m³. Sedangkan volume timbunan balas bawah sebesar 1160 m³ dan timbunan balas atas sebesar 3053,919695 m³.

Saran

1. Untuk mendapatkan hasil perencanaan yang optimal diperlukan data yang sangat lengkap dan sesuai dengan kondisi di lapangan, sehingga dapat dipertanggungjawabkan secara teknis.
2. Perlu ada penelitian lebih lanjut tentang daya dukung tanah, sehingga kekuatan tanah tersebut untuk menopang beban dapat diketahui.
3. Perlu ada penelitian lebih lanjut tentang perencanaan drainase jalan rel, sehingga tidak terjadi genangan air pada jalan rel.

DAFTAR PUSTAKA

- Pebiandi, V. (2010), *Perencanaan Geometrik Jalan Rel Kereta Api Trase Kota Pinang – Manggala STA 104+000 – STA 147+200 Pada Ruas Rantau Prapat – Duri II Provinsi Riau*. Jurnal Tugas Akhir Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh November.

- Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Tengah Nomor 13 (2013). *Penyelenggaraan Perkeretaapian dari Puruk Cahu – Bangkuang – Batanjung*.
- PJKA (1986). *Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No. 10*. Bandung.
- Rosadi, R.S. dan A.A.G. Kartika. (2013), *Perencanaan Geometrik Jalan Rel Antara Banyuwangi – Situbondo – Probolinggo*. Jurnal Tugas Akhir Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh November.
- Utomo, S. H. T. (2009). *Jalan Rel*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Wahyudi, H. (1993). *Jalan Kereta Api (Struktur dan Geometrik Jalan Rel*. Surabaya. Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh November.