

Perencanaan Desain Geometri Jalan Rel Rute Rejosari - Tarahan

Amelia Oktavia^{1*}, Michael², Martin Juharlin Situmeang³

¹ Teknik Perkeretaapian, Institut Teknologi Sumatera, 35365, Indonesia

^{2,3} Teknik Sipil, Institut Teknologi Sumatera, 35365, Indonesia

*Corresponding author, e-mail: amelia.octavia@ka.itera.ac.id

Received 6th June 2023; 1st Revision 15th June 2023; Accepted 30th June 2023

DOI: <https://doi.org/10.24036/cived.v10i2.124121>

ABSTRAK

Pada era modern saat ini segala aktivitas kehidupan manusia tidak terpisahkan dari transportasi/perpindahan barang atau manusia antar tempat, sehingga diperlukan salah satu sarana transportasi yang efisien, misalnya kereta api. Kereta api merupakan serangkaian kendaraan yang ditarik oleh suatu lokomotif yang melintas pada jalur rel untuk mengangkut penumpang/orang atau barang, sehingga sebelum kereta api dapat digunakan perlu dianalisis terlebih dahulu jalur rel yang akan digunakan sebagai lintasannya. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini membahas tentang bagaimana mendesain jalur untuk transportasi kereta api. Pada penelitian ini memprioritaskan rencana pembangunan geometri jalan rel rute Rejosari-Tarahan, agar seluruh kereta api (KA) industri seperti KA Babaranjang tidak lagi masuk ke daerah kota Bandar Lampung. Direncanakan untuk membangun jalur kereta api dengan panjang rute kurang lebih 37 km, untuk KA Babaranjang nantinya tidak lagi melewati Stasiun Gedung Ratu, Labuhan Ratu, Tanjungkarang, Garuntang, dan Pidada. Rute ini juga dirancang sebagai jalur lingkaran luar dan menggunakan beberapa lahan yang sudah dibebaskan pada pembangunan Tol Trans Sumatera untuk menghemat biaya pembebasan lahan. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah studi dokumen dimana metode ini menggunakan data-data yang bersumber dari PT. KAI dan BBWS Lampung. Penelitian ini mendesain jalan rel dengan jenis single track. Terdapat beberapa faktor yang memengaruhi produktifitas dari jalur rel itu sendiri diantaranya beban dari kereta yang melintas, mutu material dari struktur rel, suhu di lingkungan, serta perawatan rutin dari jalur rel tersebut. Berdasarkan hasil analisa pada 4 trase rencana dipilih alternatif trase 4 dengan jarak 35,204 km, 12 tikungan tipe spiral-circle-spiral (SCS), serta melalui pertimbangan atas kawasan lahan, kondisi topografi, serta area pengalihan jalur kereta agar tidak lagi melalui kawasan perkotaan.

Kata Kunci: Kereta Api; Alternatif Trase; Geometri Jalan Rel

ABSTRACT

Now a days, all activities of human life are inseparable from the transportation/movement of goods or people, so an efficient of transportation is needed, such as trains. A train is a series of vehicles pulled by a locomotive on railway to transport passengers/people or goods, thus it is necessary to design it's track. This study discusses the design of railways. Especially it's geometric design for Rejosari-Tarahan, thus industrial trains (KA) such as Babaranjang will no longer enter the Bandar Lampung city area. It is planned to build a the track with a route length of approximately 37 km, for the Babaranjang train it will no longer pass through Gedung Ratu, Labuhan Ratu, Tanjungkarang, Garuntang, and Pidada stations. This route is also designed as an outer ring route and uses some of the land that has been acquired during the construction of the Trans Sumatra Toll Road to save on land acquisition costs. The method used in this research is an empirical study uses data sourced from PT. KAI and BBWS

Lampung. The track is designed as single track. Which is effected by load from passing trains, the material quality of the rail structure, the temperature in the environment, and routine maintenance of the rail line. Based on the results of the analysis of the 4 planned alignments, an alternative route 4 was chosen with a distance of 35,204 km, 12 spiral-circle-spiral (SCS) type bends, and through consideration of the land area, topographical conditions, and the area for diverting the railway line so that it no longer passes through urban areas.

Keywords: Train; Alternative Railway; Railway of Geometric

Copyright © Amelia Oktavia, Michael, Martin Juharlin Situmeang

This is an open access article under the: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

PENDAHULUAN

Di Provinsi Lampung yang menjadi salah satu titik perlintasan gerbong barang di Sumatera memiliki rencana agar perlintasan tidak lagi memasuki kawasan perkotaan Bandarlampung, sehingga akan dilakukan pembangunan jalur kereta api oleh Gubernur Lampung dan Kementerian Perhubungan (KEMENHUB) melalui Direktorat Jenderal Perkeretaapian (DJKA) yang telah disepakati mulai Tahun Anggaran 2018, memprioritaskan pembangunan jalur *shortcut* Tarahan-Rejosari, agar seluruh kereta api (KA) industri seperti KA Babaranjang tidak lagi masuk ke daerah kota Bandarlampung. Perencanaan ini direncanakan untuk membangun jalur kereta api dengan panjang rute kurang lebih 37 km, sehingga KA Babaranjang nantinya tidak lagi melewati Stasiun Gedung Ratu, Labuhan Ratu, Tanjungkarang, Garuntang, dan Pidada. Rute ini juga dirancang sebagai jalur lingkaran luar sehingga menggunakan lahan yang sudah dibebaskan pada pembangunan Tol Trans Sumatera untuk menghemat biaya pembebasan lahan.

Jalur rel sendiri adalah suatu kesatuan sistem struktur dengan analisis tertentu mulai dari tanah dasar yang menjadi penopang struktur lintasan, lapisan fondasi, bantalan, penambat, dan rel agar dapat dilalui kereta api dengan nyaman dan aman. Jalur kereta api sendiri merupakan jalur yang terdiri atas rangkaian petak-petak jalan rel yang meliputi ruang manfaat jalur kereta api (RUMAJA), ruang milik jalur kereta api (RUMIJA), dan ruang pengawasan jalur kereta api (RUWASJA), termasuk juga bagian atas dan bawahnya yang diperuntukan bagi lalu lintas kereta api. Untuk struktur dari jalur rel sendiri dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan berdasarkan analisa intensitas kereta api yang akan melintasi jalur rel. Terdapat beberapa faktor yang memengaruhi produktifitas dari jalur rel itu sendiri diantaranya beban dari kereta yang melintas, mutu material dari struktur rel, suhu di lingkungan, serta perawatan rutin dari jalur rel tersebut. Setiap jenis kereta yang melintas memiliki bobot yang berbeda-beda seperti bobot angkutan antara kereta penumpang dengan kereta barang dimana dalam hal ini akan memberikan efek pembebanan yang berbeda pada jalur rel.

METODE

Adapun hal-hal yang berpengaruh terhadap desain dari jalan rel berupa kondisi topografi, daya angkut kereta, kondisi eksisting jalan rel. Langkah analisis untuk data ini adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data-data yang diperlukan (data topografi, kecepatan maksimum, data tonase, dan jenis lokomotif).
2. Melakukan pemeriksaan kelengkapan data.
3. Menentukan jalur rencana dari topografi untuk desain jalan rel.
4. Melakukan analisis dan desain terkait trase jalan rel.

5. Melakukan perhitungan terhadap daya angkut kereta api khusus untuk babaranjang.
 - a. Penentuan untuk jenis lokomotif dan kereta angkut yang digunakan.
 - b. Melakukan perhitungan untuk bobot dari satu rangkaian kereta api.
 - c. Melakukan perhitungan kumulatif dari tonase kereta yang melintas untuk kurun waktu 1 tahun.
6. Menghitung desain geometri jalan rel.
 - a. Alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal.
 - 1) Menentukan titik tikungan, penentuan koordinat, dan kecepatan rencana dari peta kontur yang telah dikerjakan.
 - 2) Perancangan elemen alinyemen horizontal seperti jari-jari lengkung, sudut tikungan, dan diagram superelevasi.
 - 3) Perancangan elemen alinyemen vertikal
 - b. Kelandaian.
 - 1) Melakukan pengelompokkan lintas jalan rel berdasarkan kelandaiannya.
 - 2) Menentukan landai penentu berdasarkan kelas jalan rel yang digunakan.
 - 3) Melakukan analisis pada jalur yang terdapat tanjakan atau turunan agar sesuai dengan aturan.
 - c. Menentukan penambat rel dan bantalan yang akan digunakan.
 - d. Desain balas dan subbalas.
 - e. Desain penampang melintang.
7. Mendesain sistem drainase pada jalan rel.
8. Membuat gambar dari desain jalan rel ke dalam *software* pemodelan menggunakan aplikasi *Arcgis* dan *Civil 3D*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Daya Angkut

Daya angkut lintas merupakan jumlah angkutan yang melewati suatu lintas dalam durasi satu tahun [7]. Rumus perhitungan untuk daya angkut lintas adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 T &= 360 \times S \times TE \\
 &= 360 \times 1 \times 124416 \text{ ton/hari} \\
 &= 44789760 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Tabel 1. Spesifikasi Jalan Rel

| Keterangan | Tipe/Ukuran | Satuan |
|------------------|---------------|-------------|
| Lebar Sepur | 1067 | (mm) |
| Daya Angkut | 44789760 | (ton/tahun) |
| Kelas Jalan | I | |
| V maks | 120 | (km/jam) |
| P maks Gandar | 18 | (ton) |
| Tipe Rel | R60 | |
| Jenis Bantalan | Beton | |
| Jarak Bantalan | 60 | (cm) |
| Jenis Penambat | Elastis Ganda | |
| Tebal Balas Atas | 30 | (cm) |
| Lebar Bahu Balas | 60 | (cm) |

Alinyemen Horizontal

Untuk alinyemen horizontal kali ini menggunakan tipe SCS (*Spiral-Circle-Spiral*) [6]. Tipe

tikungan didapat berdasarkan dari besar sudut trase yang direncanakan. Hasil dari desain dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 2. Desain Lengkung

| PI | Δ (°) | θ_s (°) | θ_c (°) | Ls (m) | Lc (m) | P (m) | k (m) | Ts (m) | Es (m) | Yc (m) | Xc (m) |
|-------|--------------|----------------|----------------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| PI 1 | 46,78 | 7,48 | 31,81 | 80,97 | 172,12 | 0,89 | 40,46 | 174,93 | 28,72 | 3,53 | 80,83 |
| PI 2 | 69,92 | 7,48 | 54,95 | 80,97 | 297,31 | 0,89 | 40,46 | 257,81 | 69,33 | 3,53 | 80,83 |
| PI 3 | 31,92 | 7,48 | 16,96 | 80,97 | 91,75 | 0,89 | 40,46 | 129,38 | 13,35 | 3,53 | 80,83 |
| PI 4 | 18,63 | 7,48 | 3,66 | 80,97 | 19,83 | 0,89 | 40,46 | 91,46 | 5,04 | 3,53 | 80,83 |
| PI 5 | 25,26 | 7,48 | 10,29 | 80,97 | 55,69 | 0,89 | 40,46 | 110,12 | 8,59 | 3,53 | 80,83 |
| PI 6 | 35,70 | 7,48 | 20,74 | 80,97 | 112,21 | 0,89 | 40,46 | 140,59 | 16,61 | 3,53 | 80,83 |
| PI 7 | 24,76 | 7,48 | 9,79 | 80,97 | 53,00 | 0,89 | 40,46 | 108,70 | 8,29 | 3,53 | 80,83 |
| PI 8 | 45,64 | 7,48 | 30,67 | 80,97 | 165,95 | 0,89 | 40,46 | 171,27 | 27,28 | 3,53 | 80,83 |
| PI 9 | 75,50 | 7,48 | 60,53 | 80,97 | 327,50 | 0,89 | 40,46 | 95,48 | 5,72 | 3,53 | 80,83 |
| PI 10 | 13,25 | 7,48 | -1,71 | 80,97 | -9,27 | 0,89 | 40,46 | 76,58 | 2,98 | 3,53 | 80,83 |
| PI 11 | 31,51 | 7,48 | 16,55 | 80,97 | 89,52 | 0,89 | 40,46 | 128,18 | 13,02 | 3,53 | 80,83 |
| PI 12 | 30,25 | 7,48 | 15,28 | 80,97 | 82,68 | 0,89 | 40,46 | 226,14 | 52,11 | 3,53 | 80,83 |

Alinyemen Vertikal

Pada desain alinyemen vertikal terdapat 4 lengkung untuk lengkung yang diijinkan maksimal 1% saja disesuaikan dengan ketentuan desain jalan rel pada PM 60 Tahun 2012 [1]. Untuk hasil dari desain dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 3. Desain Alinyemen Vertikal

| LENGKUNG | g1 (%) | g2 (%) | R (m) | ϕ (%) | L (m) | Xm (m) | Ym (m) |
|----------|--------|--------|-------|------------|-------|--------|--------|
| 1 | 0,00 | 0,57 | 6000 | 0,57 | 34,20 | 17,10 | 0,10 |
| 2 | 0,57 | -0,50 | | 1,07 | 64,20 | 32,10 | 0,34 |
| 3 | -0,50 | -0,57 | | 0,07 | 4,20 | 2,10 | 0,001 |
| 4 | -0,57 | -0,81 | | 0,24 | 14,40 | 7,20 | 0,02 |

Saluran Drainase

Berdasarkan hasil analisis debit rencana dan saluran didapatkan hasil yang memenuhi syarat karena nilai debit saluran masih lebih besar dari nilai debit rencana. Dengan dimensi saluran hasil desain untuk B sebesar 0,2 m; h sebesar 0,3 m; m sebesar 1 %, dan untuk hasil perhitungan dapat dilihat sebagai berikut:

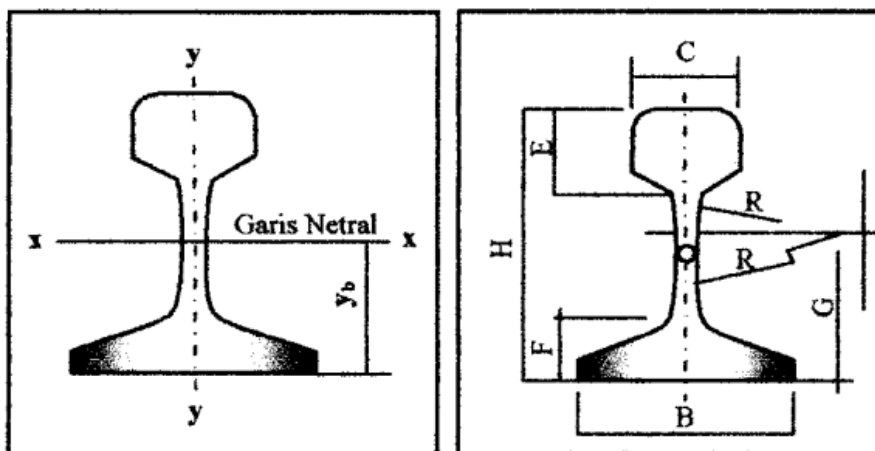
Tabel 4. Desain Saluran Drainase

| Saluran | Q rencana | A (m ²) | P (m) | R (m) | R ^{2/3} | S1 | S1 ^{1/2} | V (m/jam) | Q saluran | Cek | |
|---------|-----------|---------------------|-------|-------|------------------|-------|-------------------|-----------|-----------|-------|--------------|
| 1 | DTA Kiri | 0,2231 | 0,150 | 1,048 | 0,143 | 0,277 | 0,020 | 0,141 | 2,612 | 0,391 | Tidak Banjir |
| | DTA Kanan | 0,2213 | | | | | 0,040 | 0,200 | 3,694 | 0,554 | Tidak Banjir |
| 2 | DTA Kiri | 0,2231 | | | | | 0,010 | 0,100 | 1,847 | 0,277 | Tidak Banjir |
| | DTA Kanan | 0,2213 | | | | | 0,010 | 0,100 | 1,847 | 0,277 | Tidak Banjir |
| 3 | DTA Kiri | 0,2215 | | | | | 0,020 | 0,141 | 2,612 | 0,391 | Tidak Banjir |

| | | | | | | | | | | |
|---|-----------|--------|--|--|--|-------|-------|-------|-------|--------------|
| | DTA Kanan | 0,2227 | | | | 0,020 | 0,141 | 2,612 | 0,391 | Tidak Banjir |
| 4 | DTA Kiri | 0,2238 | | | | 0,010 | 0,100 | 1,847 | 0,277 | Tidak Banjir |
| | DTA Kanan | 0,2203 | | | | 0,020 | 0,141 | 2,612 | 0,391 | Tidak Banjir |
| 5 | DTA Kiri | 0,2228 | | | | 0,010 | 0,100 | 1,847 | 0,277 | Tidak Banjir |
| | DTA Kanan | 0,2225 | | | | 0,030 | 0,173 | 3,199 | 0,480 | Tidak Banjir |
| 6 | DTA Kiri | 0,2222 | | | | 0,010 | 0,100 | 1,847 | 0,277 | Tidak Banjir |
| | DTA Kanan | 0,2222 | | | | 0,010 | 0,100 | 1,847 | 0,277 | Tidak Banjir |
| 7 | DTA Kiri | 0,2166 | | | | 0,038 | 0,196 | 3,621 | 0,543 | Tidak Banjir |
| | DTA Kanan | 0,2141 | | | | 0,029 | 0,170 | 3,136 | 0,470 | Tidak Banjir |

Struktural Jalan Rel

Struktur jalan rel merupakan satu kesatuan yang tersusun dari komponen-komponen terdiri dari rel, bantalan, penambat, balas dan sub-balas [8], hingga pada lapisan tanah dasar yang ditata serta dianalisa untuk dapat dilalui oleh kereta dengan aman dan nyaman. Untuk desain dimensi rel sendiri menggunakan hasil dari perhitungan beban tonase sebagai acuan untuk menentukan dimensi dari rel yang akan digunakan. Berikut untuk desain dimensi rel sebagai berikut:



Gambar 1. Penampang Rel

Tabel 5. Dimensi Penampang Rel Tipe R60

| Keterangan | Simbol | Ukuran | Satuan |
|-----------------------|--------|--------|--------|
| Tinggi Rel | H | 172 | mm |
| Lebar Kaki | B | 150 | mm |
| Lebar Kepala | C | 74,3 | mm |
| Tebal Badan | D | 16,5 | mm |
| Tinggi Kepala | E | 51 | mm |
| Tinggi Kaki | F | 31,5 | mm |
| Jarak Tepi Bawah Kaki | G | 80,95 | mm |

| | | | |
|----------------------------------|----------------|-------|-----------------|
| Jari-Jari Kelengkungan Jalan Rel | R | 120 | mm |
| Luas Penampang | A | 76,86 | cm ² |
| Berat Rel Per Meter | W | 60,34 | kg/m |
| Momen Inersia | I _x | 3055 | cm ² |
| Jarak Bawah Rel - Garis Netral | Y _b | 80,95 | mm |

Tabel 6. Tegangan Ijin Rel Hasil Analisis

| Keterangan | Simbol | Rumus | Nilai | Satuan |
|------------------------|---|--------------------------------------|------------|--------------------|
| Kecepatan Rencana | V _r | 1.25 x V operasi | 75 | km/jam |
| Beban Statis | P _s | Beban Gandar/2 | 9000 | kg |
| Formulasi Talbot | I _p | 1+(0.01*((V _r /1,609)-5)) | 1,416 | - |
| Beban Dinamis | P _d | P _s xI _p | 12745,152 | kg |
| Tahanan Momen Dasar | W _b | I _x /Y _b | 377,393 | cm ³ |
| <i>Dumping Factor</i> | λ | (k/4EI _x) ^{0.5} | 0,008 | cm |
| Momen Maximum | M _{maks} | P _d /4 λ | 380446,887 | kg.cm |
| Momen Superposisi | M _a | 0.85*M _{maks} | 323379,854 | kg.cm |
| Tegangan Ijin | σ izin | (MaxY _b)/I _x | 856,877 | kg.cm ² |
| Tegangan R-60 | σ r-60 | - | 1325 | kg.cm ² |
| Cek | σ izin < σ r-60 | | OK | |
| Tegangan Tahanan Momen | S base | M _a /W _b | 856,877 | kg.cm ² |
| Tegangan R-60 | S base 1 | - | 1042,300 | kg.cm ² |
| Cek | S _{base} < S _{base 1} | | OK | |

Tegangan jalan rel yang diijinkan untuk tipe R-60 adalah 1325 kg/cm², dimana agar memenuhi syarat maka σ izin < σ r-60 (856,877 < 1325). Untuk tegangan ijin rel sudah memenuhi persyaratan. Selanjutnya, analisis untuk kemiringan dari talud sendiri disesuaikan berdasarkan acuan PM No. 60 Tahun 2012 tentang persyaratan teknis jalur kereta api [1].

Tabel 7. Kriteria Kemiringan Talud

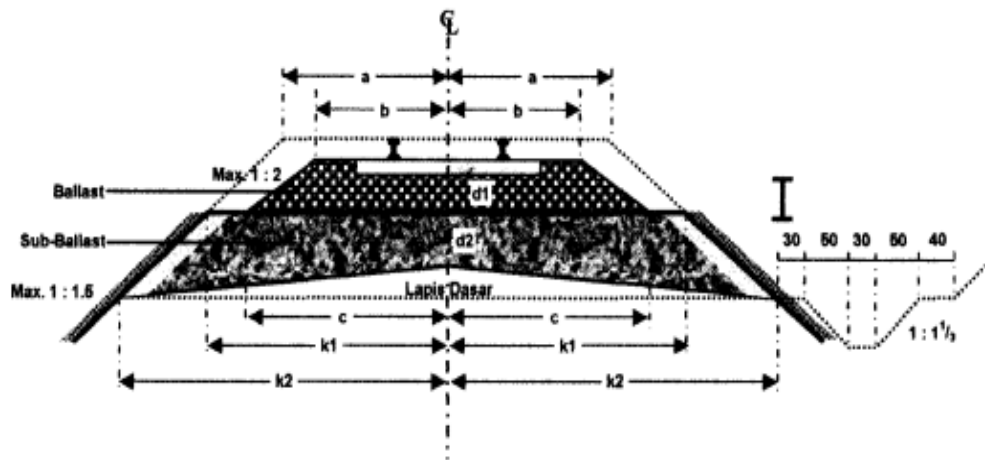
| KELAS JALAN | V Maks (km/jam) | d ₁ (cm) | b (cm) | C (cm) | k ₁ (cm) | d ₂ (cm) | e (cm) | k ₂ (cm) |
|-------------|-----------------|---------------------|--------|--------|---------------------|---------------------|--------|---------------------|
| I | 120 | 30 | 150 | 235 | 265 | 15-50 | 25 | 375 |
| II | 110 | 30 | 150 | 235 | 265 | 15-50 | 25 | 375 |
| III | 100 | 30 | 140 | 225 | 240 | 15-50 | 22 | 325 |
| IV | 90 | 25 | 140 | 215 | 240 | 15-50 | 20 | 300 |
| V | 80 | 25 | 135 | 210 | 240 | 15-50 | 20 | 300 |

Berdasarkan tabel diatas dengan desain kelas jalan I maka desain kemiringan talud dapat dilihat sebagai berikut:

$$d_1 = 30 \text{ cm}, \quad d_2 = 15-20 \text{ cm},$$

$$k_1 = 265 \text{ cm}, k_2 = 375 \text{ cm}$$

$$b = 150 \text{ cm}, C = 235 \text{ cm}, e = 25 \text{ cm}$$



Gambar 2. Penampang Melintang Jalan Rel

Keterangan:

- a = Lebar badan jalan
- b = Lebar bantalan
- c = Lebar balas
- d₁ = Tebal balas
- d₂ = Tebal sub-balas
- k₁ = Kekakuan jalan rel pada sub-balas
- k₂ = Kekakuan jalan rel pada sub-grade

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan desain jalan rel pada bab sebelumnya, didapatkan rencana desain jalan rel sepanjang 35,204 km analisa pada pemilihan trase jalan rel dipilih alternatif trase 4, melalui pertimbangan atas efisiensi dalam pembebasan dan penggunaan lahan, kondisi topografi dimana terdapat 12 titik alinyemen horizontal dengan tipe lengkung *spiral-circle-spiral* (SCS) dan 4 titik alinyemen vertikal [2][3]. Dan perencanaan drainase untuk jalan rel ini didesain tipikal menggunakan saluran berbentuk trapesium pada sisi kiri dan kanan jalan rel dengan Qsaluran rata-rata sebesar 0,3513 m³/s dan Qrencana rata-rata sebesar 0,2213 m³/s.

Adapun beberapa saran dari hasil penelitian ini adalah ketika dalam pemilihan trase sebaiknya tidak terlalu banyak melalui daerah permukiman dan kondisi topografi yang ekstrem. Dimana nantinya hasil untuk galian dan timbunan pada desain agar dapat memenuhi ketentuan tanpa harus meredesain trase. Selain itu, untuk penentuan kecepatan rencana ada baiknya jika mendapatkan data berdasarkan sumber dari instansi terkait secara langsung agar akurasi dari perhitungan semakin akurat.

REFERENSI

- [1] *Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api*, PM No.60, 2012.
- [2] Azubi, Shara., "Perencanaan Gemetrik Jalan Rel Socah-Sampang". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November. 2015.

- [3] Ridho, A.M., "Perencanaan Geometri Jalan Rel Trase Bakauheni-Sidomulyo". *Journal of Science and Applicative Tecnology*. Vol. 5 No. 1. p. 148-147. 2021.
- [4] Yustikasari, M., "Manajemen Sarana Prasarana dan Prasarana Perkeretaapian di PT. Kereta Api Indonesia (Persero) Daerah Operasi (Daop) VII Madiun". Surakarta: Universitas Sebelas Maret. 2011.
- [5] Wasanta, Tilaka., "Desain Jalan Rel untuk Transportasi Batu Bara Rangkaian Panjang (Studi Kasus : Sumatera Selatan)". Bandung: Universitas Katolik Parahyangan. 2017.
- [6] Rosadi, R.S, dkk., "Perencanaan Geometri Jalan Rel Antara Banyuwangi-Situbondo- Probolinggo". *Jurnal Teknik Pomits*. Vol. 2 No. 1. 2013.
- [7] Murniati & Desriantomy, "Tinjauan Geometri Jalan Kereta Api Trase Puruk Cahu-Bangkuang-Batanjung (STA 212+000 – 213+000)". *Jurnal Teknika*. Vol. 1 No. 2. p. 136-145. 2018.
- [8] Aziz, W.A. et al., "Perencanaan Geometri Jalan Rel Berdasarkan Trase Terpilih Lintas Dolopo-Surodikraman". Prosiding Simposium Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi ke-23. Oktober 2020.
- [9] Harjono, S., "Analisis Karakteristik Angkutan Kereta Api Stasiun Bandar Tinggi-Kuala Tanjung (Studi Kasus)". Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. 2019.
- [10] Raihan, et al., "Evaluasi Geometrik dan Struktur Jalan Rel Kereta Api pada Stasiun Jember-Rambipuji-dan Arjasa". Jawa Timur: Universitas Muhammadiyah Jember. 2015.