

Perencanaan Reaktivasi Geometri Jalan Rel Padang Panjang – Koto Baru STA 75+698 – STA 85+000

Mutia Juliana Sari*^{}, Ishak^{}, Ana Susanti Yusman^{}

Universitas Muhammadiyah
Sumatera Barat, Indonesia

Abstrak. Perencanaan reaktivasi geometri jalan rel untuk segmen Padang Panjang – Koto Baru STA 75+698 – STA 85+000, yang diusulkan sebagai moda transportasi alternatif yang vital di Sumatera Barat. Fokus utama kajian ini adalah untuk menghasilkan desain alinyemen, baik horizontal maupun vertikal, yang optimal dengan mempertimbangkan kondisi medan aktual, menetapkan kecepatan rencana yang realistis dan aman, serta mengevaluasi kesesuaian profil rel dan bantalan berdasarkan standar teknis yang berlaku. Metodologi yang diterapkan bersifat komprehensif, melibatkan pengumpulan data primer melalui survei dan observasi lapangan secara mendetail, yang dilengkapi dengan studi data sekunder dari berbagai literatur dan regulasi, terutama Pedoman Perencanaan Geometrik Jalan Rel dari Kementerian Perhubungan (PM No. 60 Tahun 2012). Hasil analisis membuktikan bahwa desain geometri yang dihasilkan telah memenuhi seluruh kriteria keselamatan dengan parameter utama berupa kecepatan rencana 80-100 km/jam, nilai Super elevasi sebesar 19 mm, dan jari-jari lengkung horizontal terkecil sebesar 2.000 meter. Evaluasi struktural menunjukkan bahwa rel jenis R42 masih memadai untuk menahan beban dinamis kereta dengan tegangan lentur maksimum yang terjadi sebesar 28,27 MPa. Sebagai penutup, penelitian ini memberikan rekomendasi penting berupa implementasi pemantauan rutin pasca-reaktivasi, program mitigasi dampak lingkungan, dan kajian kelayakan untuk konversi lebar sepur di masa depan guna meningkatkan kapasitas dan integrasi jaringan.

Kata kunci : Reaktivasi jalur kereta api; geometri jalan rel; alinyemen horizontal; alinyemen vertikal; tipe rel

*Penulis Korespondensi : mutiajulianasarii@gmail.com

1. Pendahuluan

Transportasi kereta api meruakan salah satu moda transportasi yang memiliki peran strategis dalam mendukung pertumbuhan ekonomi nasional serta mobilitas masyarakat secara luas (Suryosentono, 2009). Di Indonesia, moda ini

tidak hanya berfungsi sebagai sarana transportasi penumpang, tetapi juga sebagai alat angkut barang yang efisien dan andal, terutama di wilayah-wilayah dengan potensi ekonomi tinggi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Syamsuir, 2022), sejarah perkeretaapian di Pulau Sumatera menunjukkan bahwa jaringan kereta api telah ada sejak era kolonial. Pemerintah daerah di Sumatera kini mulai menyadari pentingnya reaktivasi jalur kereta api sebagai salah satu solusi strategis dalam menghadapi permasalahan transportasi, salah satunya adalah rute Padang Panjang – Koto Baru di Sumatera Barat (Syamsuir, 2022).

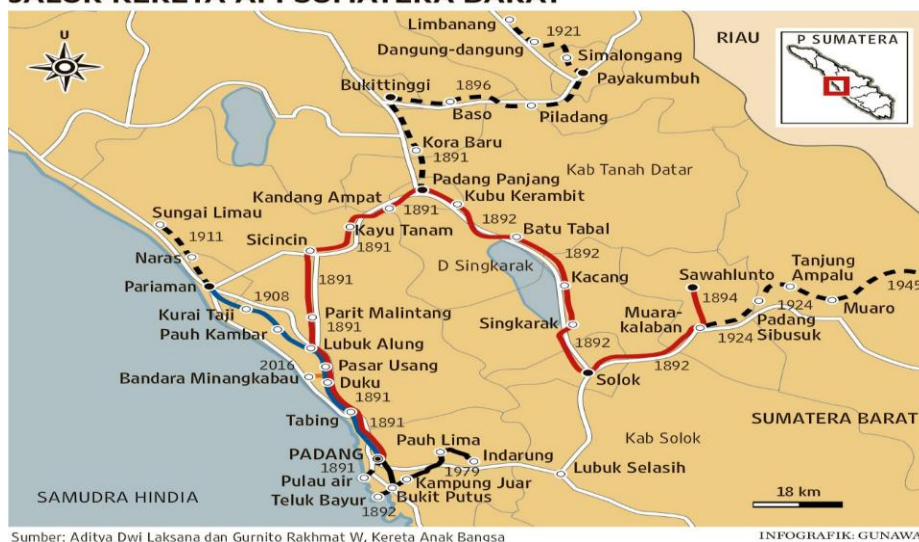
Jalur kereta api Padang Panjang-Koto Baru adalah salah satu rute penting di Sumatera Barat yang beroperasi melayani penumpang sampai tahun 1982. Reaktivasi jalur kereta api Padang Panjang-Koto Baru akan memberikan manfaat multidimensi bagi masyarakat, seperti meningkatkan konektivitas, memudahkan distribusi komoditas, mengembangkan sektor pariwisata, dan mengurangi kemacetan serta polusi udara. Proyek reaktivasi ini memiliki dasar pertimbangan yang kuat, baik dari segi teknis maupun kebijakan, termasuk pemanfaatan infrastruktur peninggalan kolonial Belanda yang masih tersisa dan dukungan pemerintah melalui berbagai regulasi (Kurniawan, 2023).

Wilayah antara Padang Panjang dan Koto Baru memiliki karakteristik topografi yang kompleks dan bervariasi, yang secara signifikan mempengaruhi perencanaan infrastruktur transportasi. Kemiringan curam dapat mengakibatkan penurunan kecepatan operasional, peningkatan kebutuhan daya pengereman dan traksi, serta risiko kecelakaan yang lebih tinggi (Sukirman, 1999). Oleh karena itu, pendekatan yang holistik dan interdisipliner sangat diperlukan, sehingga penelitian ini menggunakan pendekatan campuran, yakni observasi lapangan dan metode kuantitatif untuk menganalisis data topografi dan geoteknik secara sistematis (Haryanto, 2010).

2. Metodologi Penelitian

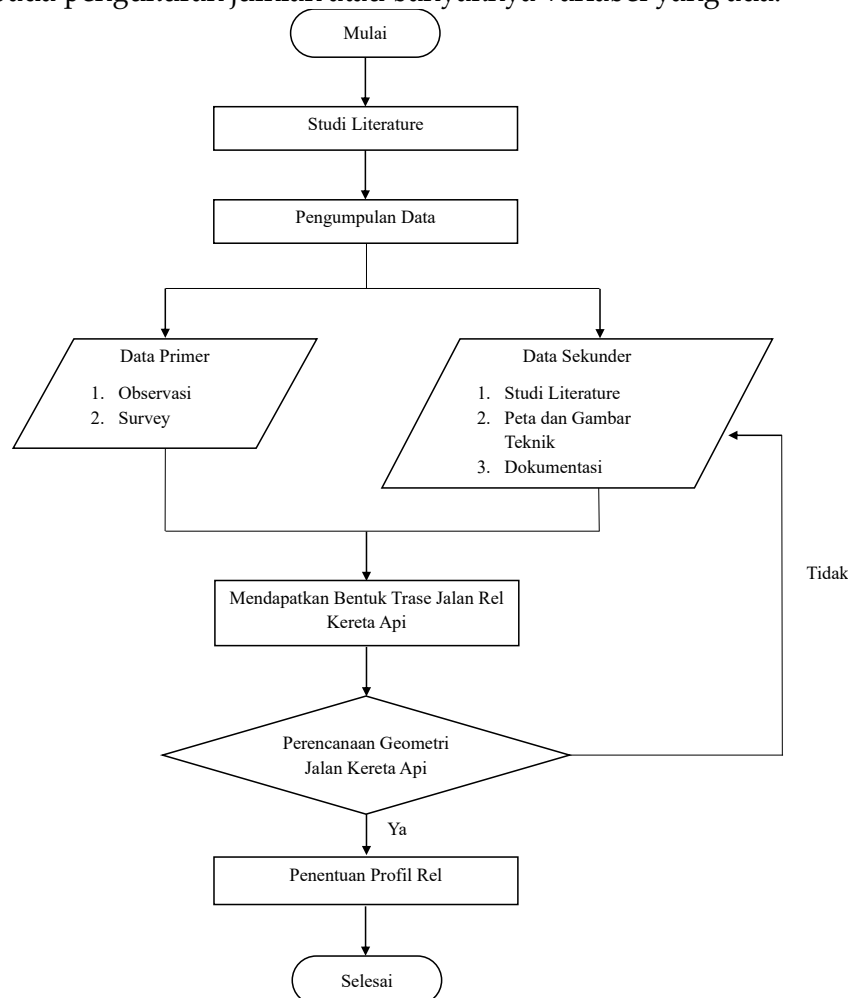
Lokasi penelitian ini berada di lingkungan PT. Kereta Api Indonesia (Persero) dari Padang Panjang – Koto Baru untuk menghubungkan jalur kereta api dari Provinsi Sumatera Barat ke Provinsi Riau (jalur kereta api Trans Sumatera).

JALUR KERETA API SUMATERA BARAT



Gambar 1: Lokasi Penelitian

Mendapatkan data yang perlukan pada penelitian ini membutuhkan pengambilan data, pengambilan data ini terdiri dari dua yaitu data primer dan data sekunder (Rosyidi, 2015). Data primer pada penelitian ini melakukan metode observasi yaitu pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan peninjauan dan pengamatan secara langsung di lapangan (Republik Indonesia, 2012). Proses pengumpulan informasi dilakukan dengan merujuk pada berbagai sumber, seperti buku, jurnal, dan artikel yang secara khusus membahas topik perencanaan jalur rel kereta api. Data yang telah dikumpulkan, termasuk hasil survei lapangan, penyelidikan, dan pedoman standar yang relevan, memberikan dasar yang kuat untuk menghitung dan merencanakan geometri jalur rel kereta api (Tri Utomo., 2009). Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, yang berarti fokus pada pengukuran jumlah atau banyaknya variabel yang ada.



Gambar 2: Bagan Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perhitungan Lengkung Horizontal

1. Lengkung Horizontal *Full Circle* KM 9-10

Kecepatan rencana (V) = 80 km/jam

Jari-jari rencana (R) = 2000 m

Sudut (Δ) = 28° (0,488)

$$\begin{aligned}\text{Super elevasi (e)} &= 5,95 \times \frac{V^2}{R} \\ &= 19,04 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka, hasil perhitungan Super elevasi adalah 19,04 mm dibulatkan menjadi 19 mm untuk maksimum Super elevasi lebar sepur 1.067 mm adalah 110 mm: 19 mm < 110 mm (aman).

$$\begin{aligned}Lh &= 0,01 \times e \times V \\ &= 15,232 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_v &= \frac{V^2}{127 \times R} \\ &= 0,025 \text{ g}\end{aligned}$$

Maka, α_v adalah 0,025 g (2,5% g) batas maksimum $\alpha_v \leq 35 \text{ cm/s}^2 : 2,5\% \text{ g}$ (2,5 cm/s²) $\leq 35 \text{ cm/s}^2$ (aman).

$$\begin{aligned}Ts &= R \times \tan 0,5 \Delta \\ &= 498,656 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Lc &= \frac{\Delta}{180} \times \pi \times R \\ &= 17,049 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Es &= R \times \sec 0,5 \Delta - R \\ &= 61,23 \text{ m}\end{aligned}$$

2. Lengkung Horizontal *Spiral Circle Spiral*

Kecepatan rencana (V) = 80 km/jam

Jari-jari rencana (R) = 2000 m

Sudut (Δ) = 111° (1,937)

$$\begin{aligned}h &= 5,95 \times \frac{V^2}{R} \\ &= 19,04 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Lh &= 0,01 \times h \times V \\ &= 15,23 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\theta_s &= \frac{90 \times Lh}{\pi \times R} \\ &= 0,22\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\theta_c &= \Delta - 2\theta_s \\ &= 1,50\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Lc &= \frac{\theta_c}{180} \times \pi \times R \\ &= 52,36 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L &= 2Lh + Lc \\ &= 82,82 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Xc &= Lh - \frac{Lh^3}{40 \times R^2} \\ &= 15,23 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Yc &= \frac{Lh^2}{6 \times R} \\ &= 0,019 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P &= Yc - R (1 - \cos \theta_s) \\ &= 0,048 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k &= Xc - R \sin \theta_s \\ &= 7,61 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Ts &= (R+P) \tan \frac{\Delta}{2} + k \\ &= 41,43 \text{ m}\end{aligned}$$

$$E = \frac{R+P}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R$$

$$= 0,291 \text{ m}$$

3.2.Perhitungan Lengkung Vertikal

1. Lengkung Vertikal Cembung

Kecepatan rencana (V) : 100 km/jam

Jari-jari minimum (Rmin) : 8000 m

Kelandaian awal (G1) = +10 ‰ (tanjakan)

Kelandaian akhir (G2) = - 5 ‰ (turunan)

$$\begin{aligned} \text{Perubahan Kelandaian (A)} &= |g1 - g2| \\ &= |10\%_0 - (-5\%_0)| \\ &= 15\%_0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_v &= \frac{A \times V^2}{1000 \times K} \\ &= \frac{15 \times 100^2}{1000 \times 60} \\ &= 25 \text{ m} \end{aligned}$$

Dimana K = faktor kenyamanan (50-70, maka diambil K = 60 untuk kereta cepat).

Untuk kecepatan rencana 100 km/jam maka L_v minimum adalah 100 m.

$$\begin{aligned} L_v &= A \times R \\ &= 120 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_v &= \frac{A \times L_v}{800} \\ &= 2,25 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_v &= \frac{A \times V^2}{3,6^2 \times L_v} \\ &= 9,65 \text{ cm/s}^2 \end{aligned}$$

Maka kontrol kenyamanan percepatan vertikal memenuhi syarat karena $\alpha_v \leq 35 \text{ cm/s}^2$

Koordinat Titik A (Puncak Lengkung)

$$\varphi = A = 0,015 \text{ radian}$$

$$\begin{aligned} X_m &= \frac{R}{2} \times \varphi \\ &= 60 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_m &= \frac{R}{2} \times \varphi^2 \\ &= 0,9 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Lengkung Vertikal Cekung

Kecepatan rencana (V) : 80 km/jam

Jari-jari minimum (Rmin) : 6000 m

Kelandaian awal (G1) = - 8 ‰ (turunan)

Kelandaian akhir (G2) = + 4 ‰ (tanjakan)

$$\begin{aligned} \text{Perubahan Kelandaian (A)} &= |g1 - g2| \\ &= |- 8 \%_0 - 4 \%_0| \\ &= 12\%_0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_v &= \frac{A \times V^2}{1000 \times K} \\ &= \frac{12 \times 80^2}{1000 \times 50} \\ &= 1,536 \text{ m} \end{aligned}$$

Dimana K = faktor kenyamanan (K=50 untuk lintas sekunder).

Untuk kecepatan rencana 80 km/jam maka L_v minimum adalah 100 m maka perhitungan L_v berdasarkan jari-jari minimum sebagai berikut:

$$L_v = A \times R \\ = 72 \text{ m}$$

$$E_v = \frac{A \times L_v}{800} \\ = 1,08 \text{ m}$$

$$\alpha_v = \frac{A \times v^2}{3,6^2 \times L_v} \\ = 8,23 \text{ cm/s}^2$$

Koordinat Titik A (Puncak Lengkung)

$$\varphi = A = 0,012 \text{ radian}$$

$$X_m = \frac{R}{2} \times \varphi \\ = 36 \text{ m}$$

$$Y_m = \frac{R}{2} \times \varphi^2 \\ = 0,432 \text{ m}$$

3.3. Penentuan Profil Rel

Tipe rel = R42

Kecepatan rencana (V) = 80 km/jam

Tekanan Gandar (P) = 18 ton = 18.000 kg

Menentukan faktor dinamis (IF) menggunakan rumus Talbot:

$$IF = 1 + \frac{v}{144} \\ = 1,56$$

Gaya Dinamis (Q)

$$Q = P \times IF \\ = 28.080 \text{ kg}$$

Jika diasumsikan beban terbagi merata pada kedua roda

$$Q_{\text{roda}} = \frac{Q}{2} \\ = 14.040 \text{ kg}$$

Tegangan lentur rel (σ)

$$\sigma = \frac{Q \times L}{Z}$$

Dimana:

Q = beban dinamis per roda (15.246 kg)

L = panjang jalur rel yang mendukung beban
(jarak bantalan yang diambil 60 cm)

Z = modulus penampang rel (untuk R42, $Z = 298 \text{ cm}^3 = 298 \times 10^{-6} \text{ m}^3$)

$$\sigma = \frac{14.040 \times 0,6}{298 \times 10^{-6}} \\ = 28,27 \text{ MPa}$$

Berdasarkan hitungan tegangan rel didapatkan 28,27 MPa sedangkan tegangan izin pada baja rel 250-350 Mpa, maka rel R50 memenuhi syarat karena 28,27 Mpa < 250 MPa.

Tabel 1: Hasil Pembahasan

Aspek	Parameter	Hasil Perhitungan	Kesesuaian dengan Standar	Implikasi
Lengkung Horizontal	Kecepatan Rencana (V)	80 km/jam	Sesuai (Kelas V, PM 60 Tahun 2012)	Kecepatan optimal untuk medan berbukit.
	Jari-jari (R)	2.000 m	$> R_{\text{minimum}} (0,054 \times V^2 = 345,6 \text{ m})$	Stabilitas kereta di tikungan terjamin.
	Super elevasi (e)	19 mm	$< e_{\text{maks}} (110 \text{ mm})$	Aman dari risiko terguling.
	Percepatan Sentrifugal (α_e)	0,025 g (2,5 cm/s ²)	$< \text{Batas maks} (0,0478 \text{ g atau } 35 \text{ cm/s}^2)$	Kenyamanan penumpang terjaga.
Lengkung Vertikal	Jari-jari Minimum (R_{min})	8.000 m (cembung), 6.000 m (cekung)	Sesuai Tabel 2.6 (PM 60 Tahun 2012)	Transisi landai halus, minim risiko "roda melayang".
	Panjang Lengkung (L_v)	120 m (cembung), 72 m (cekung)	$> L_v \text{ minimum}$ (100 m untuk V=100 km/jam; 60 m untuk V=80 km/jam)	Perubahan elevasi bertahap.
Lengkung Vertikal	Percepatan Vertikal (α_v)	9,65 cm/s ² (cembung), 8,23 cm/s ² (cekung)	$< \text{Batas maks} (35 \text{ cm/s}^2)$	Kenyamanan penumpang dan stabilitas beban.
Profil Rel	Tipe Rel	R42	Sesuai Kelas V (PM 60 Tahun 2012)	Mampu menahan beban dinamis.
	Tegangan Lentur (σ)	28,27 MPa	$< \text{Tegangan izin baja rel} (250\text{-}350 \text{ MPa})$	Keamanan struktur rel terjamin.
Faktor Eksternal	Topografi	Medan berbukit (kemiringan 15-45%)	Diantisipasi dengan R besar dan L_v panjang.	Minim risiko longsor dan erosi.

Aspek	Parameter	Hasil Perhitungan	Kesesuaian dengan Standar	Implikasi
	Lingkungan	Kebisingan dan erosi	Rekomendasi: <i>noise barrier</i> dan vegetasi penahan.	Mitigasi dampak sosial-ekologis.

Berdasarkan tabel hasil pembahasan tersebut, perencanaan geometri jalan rel Padang Panjang – Bukittinggi telah direncanakan dengan mempertimbangkan berbagai aspek teknis dan standar keselamatan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis mendalam terhadap penelitian ini memberikan kontribusi yang substantif dan aplikatif dalam perencanaan reaktivasi jalur kereta api Padang Panjang–Koto Baru, khususnya dengan menyusun desain geometri jalan rel yang komprehensif dan memenuhi seluruh standar teknis serta keselamatan sesuai Pedoman Perencanaan Geometrik Jalan Rel (PM No. 60 Tahun 2012). Parameter-parameter kritis seperti super elevasi sebesar 19 mm, jari-jari lengkung horizontal minimal 2.000 meter, dan konfigurasi lengkung vertikal telah dihitung secara cermat untuk menjamin keamanan dan kenyamanan operasional kereta api pada kecepatan 80–100 km/jam. Selain itu, penelitian ini berhasil membuktikan secara struktural bahwa rel tipe R42 masih layak digunakan melalui analisis tegangan lentur maksimum sebesar 28,27 MPa yang masih berada jauh di bawah batas izin material baja (250–350 MPa), sehingga memberikan justifikasi teknis yang kuat untuk penggunaan infrastruktur eksisting.

Meskipun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diakui, antara lain cakupan area studi yang terbatas hanya pada segmen STA 75+698 hingga STA 85+000 sehingga belum mencakup keseluruhan rute reaktivasi, penggunaan asumsi beban dinamis dan material yang masih mengacu pada standar lama tanpa mempertimbangkan variasi beban aktual dan material mutakhir, keterbatasan data lapangan khususnya dalam hal data geoteknik dan kondisi tanah yang mendetail yang dapat mempengaruhi stabilitas jangka panjang, serta analisis dampak lingkungan dan sosial yang masih bersifat umum dan belum dilakukan secara mendalam.

Oleh karena itu, untuk penelitian selanjutnya sangat disarankan untuk melakukan kajian geoteknik yang lebih mendalam guna memastikan stabilitas lereng dan pondasi pada topografi berbukit, mengkaji kelayakan konversi lebar sepur untuk meningkatkan kapasitas dan integrasi dengan jaringan nasional, menerapkan sistem pemantauan pasca-reaktivasi yang berkelanjutan, melakukan analisis dampak lingkungan dan sosial yang komprehensif termasuk mitigasi kebisingan dan getaran, serta mengeksplorasi penerapan material dan teknologi terkini untuk optimasi kinerja dan keberlanjutan operasional jalur kereta api ini di masa depan.

5. Referensi

- Haryanto, A. (2010). *Perkerasan Jalan*. Graha Ilmu.
- Kurniawan, M. A. , D. P. , P. H. W. , & A. S. W. (2023). Perencanaan Komponen Jalan Rel pada Trase Terpilih Rencana Reaktivasi Jalur Kereta Api di Kabupaten Bangkalan. *Jurnal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 6(2), 191–205.
- Nasution, M. A. (2015). *Teknik Transportasi: Perencanaan dan Operasi*. Jakarta: Erlangga.
- Nasution, M. N. (2004). *Manajemen Transportasi*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Perkeretaapian, D. J. (2018). *Standar Desain Geometrik Jalur Kereta Api*.
- Prabawa, H. I., Maryunani, W. P., & Puspitasari, E. (2022). Evaluasi Kinerja Jalur Ganda Kereta Api Solobalapan-Yogyakarta. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTRANSLOG)*, 8(2), 178-186.
- Prawira, A. H. (2020). “Peran Infrastruktur Transportasi dalam Pengembangan Wilayah: Studi Kasus Jalur Kereta Api Sumatera Barat.” *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 17(2), 103–115.
- Republik Indonesia, D. P. (2019). *Panduan Teknis Perencanaan Geometri Jalan Rel*.
- Republik Indonesia, M. P. (2012). *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 60 Tahun 2012*.
- Rosyidi, S. (2015). *Dasar-dasar Teknik Jalan Rel*. In *Gadjah Mada University Press*. Gadjah Mada University Press.
- Sukirman, S. (1999). *Dasar-Dasar Perkeretaapian*. Nova.
- Suryosentono, H. (2009). *Teknik Jalan Rel*. In *Gadjah Mada University Press*. Gadjah Mada University Press.
- Suryosentono, H. (2009b). *Teknik jalan rel*. Gadjah Mada University Press.
- Syamsuir, E. , W. F. I. , & S. S. T. (2022). PERENCANAAN GEOMETRI JALAN REL KERETA API BUKITTINGGI-PAYAKUMBUH STA 94+675-STA 124+526. 4. <http://jurnal.ensiklopediaku.org>
- Tri Utomo., S. H. (2009). *Jalan Rel*. Beta Offset.
- Wijayanti, A. D., & Putra, R. T. (2021). Analisis perencanaan struktur jalan rel berdasarkan kondisi tanah dasar dan balas di lintas aktif. *Jurnal Transportasi*, 11(2), 113–121.