

ANALISIS KELAYAKAN KONSTRUKSI BAGIAN ATAS JALAN REL DALAM KEGIATAN REVITALISASI JALUR KERETA API LUBUK ALUNG-KAYU TANAM (KM 39,699-KM 60,038)

Wilton Wahab^{1*} dan Sicilia Afriyani²

¹ Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Padang

Email: wahab.wilton@yahoo.com

² Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Padang

Coressponding *

ABSTRAK

Dalam penelitian ini dilakukan analisis terhadap kelayakan konstruksi jalan rel kereta api Lubuk Alung-Kayu Tanam mengingat jalur ini telah lama tidak digunakan dan adanya peningkatan konstruksi jalan kereta api pada rute tersebut dari kelas II menjadi kelas 1. Teknik analisis data menggunakan standar perencanaan jalan rel di Indonesia yang lebih dikenal dengan Peraturan Dinas (PD) Nomor 10 tahun 1986. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rel eksisting (tipe R33) tidak layak digunakan untuk konstruksi jalan rel kelas 1 dengan beban gandar 18 ton karena kemampuan bantalan eksisting (bantalan baja) untuk menahan beban yang terdistribusi dari rel (Qb) lebih kecil dari pada beban yang terdistribusi dari rel (Qr) sehingga akibatnya bantalan baja tidak mampu menahan beban yang terdistribusi dari rel. Rel (tipe R54) dapat digunakan untuk konstruksi jalan rel kelas 1 dengan beban gandar 18 ton. Bantalan beton prategang (mutu K-500) dapat digunakan, karena kemampuan beton prategang untuk menahan beban rel lebih besar dari beban rel yang terdistribusi ($Qb > Qr$). Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa peningkatan konstruksi jalan rel dalam bentuk kegiatan revitalisasi jalur kereta api Lubuk Alung-Kayu Tanam layak dilakukan.

KATA KUNCI: Jalan kereta api, beban gandar, bantalan

1. PENDAHULUAN

Transportasi saat ini telah berkembang menjadi salah satu kebutuhan manusia yang paling mendasar. Mulai dari lingkup hidup manusia yang paling kecil, lingkup menengah sampai dengan lingkup terluas. Sebuah negara yang berbeda ciri kegiatannya, budayanya, dan fisiknya, sudah pasti bersentuhan dengan transportasi. Efek dari adanya kebutuhan perpindahan/pergerakan orang dan barang, akan menimbulkan suatu tuntutan untuk penyediaan prasarana dan sarana pergerakan supaya tercipta suatu pergerakan yang berlangsung dengan kondisi aman, nyaman dan lancar, serta ekonomis dari segi waktu dan biaya. Pada akhirnya kebutuhan akan transportasi bukan hanya suatu kebutuhan yang bersifat alamiah saja, melainkan diperlukan adanya suatu sistem yang baik supaya tujuan pergerakan diatas dapat dicapai.

Sistem transportasi yang berkembang saat ini telah mewujudkan suatu bentuk pelayanan melalui berbagai sarana pergerakan - pergerakan mekanistik yang hampir menjangkau ke semua jaringan wilayah dimuka bumi ini. Dengan demikian, saat ini melalui sistem transportasi modern bukanlah hal yang sukar untuk menjangkau pusat aktivitas manusia dari berbagai sudut pergerakan. Perkembangan teknologi transportasi di masa yang akan datang diarahkan kepada kemampuan mengatasi tuntutan keterbatasan angkut, jarak tempuh, kecepatan pergerakan, kenyamanan, keselamatan, dan keringanan biaya. Selain pemenuhan keterbatasan transportasi diatas, dimensi sistem teknologi transportasi juga akan tertumpu pada perbaikan kualitas kehidupan manusia dan sasaran pemenuhan kebutuhan globalisasi. Salah satu contoh keberhasilan teknologi transportasi Indonesia adalah peningkatan kinerja kereta api untuk mengurangi kemacetan akibat peningkatan kendaraan pribadi seperti *monorail* dan MRT (*Mass Rapid Transit*) di Jakarta.

Sumatera Barat sebagai salah satu provinsi yang berkembang di Indonesia pun saat ini juga sedang gencarnya mengembangkan moda transportasi kereta api. Sebagaimana kita ketahui bahwa perkeretaapian di Sumatera Barat pernah mengalami mati suri hingga pada tahun 2007 jalur kereta api Padang-Pariaman kemudian diaktifkan kembali. Keberhasilan revitalisi sistem dan teknologi pergerakan moda angkutan jalur kereta api Padang-Pariaman perlu didukung sepenuhnya oleh prasarana yang baik. Bukan hanya jalur kereta api Padang - Pariaman saja, awal November 2016 lalu DIVRE II SUMATERA BARAT juga telah mengaktifkan kembali jalur kereta api Lubuk Alung - Sicincin - Kayu Tanam yang disebut dengan Kereta

Api Perintis. Perbedaannya adalah jika jalur kereta api Padang-Pariaman masih dilintasi oleh lokomotif jenis BB, maka jalur Lubuk Alung-Kayu Tanam dilintasi oleh kereta api jenis railbus dengan beban gandar 18 ton, dimana beban tersebut lebih besar dari lokomotif yang biasanya melintasi jalur ini yaitu 11 ton.

Dalam kegiatan revitalisasi jalur kereta api yang pernah vakum di awal tahun 2000 ini, DIVRE II Sumatera Barat telah melakukan pembangunan kembali ataupun perbaikan prasarana berupa emplasemen, perlengkapan jalan, pengamanan dan telekomunikasi, penerangan, penyediaan air dan lain sebagainya yang mendukung kelancaran revitalisasi jalur kereta api Lubuk Alung - Kayu Tanam. Berdasarkan uraian latar belakang diatas maka penulis bermaksud melakukan penelitian mengenai analisis kelayakan konstruksi atas jalan rel dalam kegiatan revitalisasi jalur kereta api Lubuk Alung-Kayu Tanam (KM 39,699 – KM 60,038). Untuk menganalisis kelayakan konstruksi atas jalan rel dalam kegiatan revitalisasi jalur kereta api Lubuk Alung-Kayu Tanam ini, penulis merumuskan masalah sebagai berikut: (1) Apakah kondisi existing konstruksi atas jalan rel pada jalur kereta api Lubuk alung-Kayu Tanam layak untuk dilalui oleh railbus berganda 18 ton? (2) Apakah kondisi konstruksi atas jalan rel pada jalur Lubuk Alung-Kayu Tanam saat ini (setelah direvitalisasi) layak untuk dilalui oleh railbus berganda 18 ton? Karena keterbatasan sumber daya dan waktu, maka penulis membatasi penelitian ini meliputi: (a). Jalan rel yang direvitalisasi adalah jalur pada lintas Lubuk Alung - Kayu Tanam KM 30,699 sampai dengan KM 60,038 atau sepanjang 20,339 KM. (b) Kondisi konstruksi atas (rel dan bantalan) jalan kereta api pada jalur lintas Lubuk Alung-Kayu Tanam. (c) Standart yang digunakan dalam menganalisa mengacu pada Peraturan Dinas (PD) Nomor 10 Tahun 1986.

Menurut Peraturan Menteri Nomor 60 Tahun 2012 tentang persyaratan teknis jalur kereta api, kecepatan dibagi menjadi:

1. Kecepatan Rencana
2. Kecepatan Maksimum
3. Kecepatan Operasi
4. Kecepatan Komersial

Tekanan Gandar adalah beban yang diterima oleh jalan rel dari satu gandar. Beban gandar maximum adalah 18 ton untuk semua kelas. Formula “Verain” digunakan untuk menghitung tekanan gandar maksimum (Peraturan Dinas Nomor 10, 1986).

$$\bar{P} = \frac{0,4}{1 + C} \times \frac{G}{a} \dots\dots\dots(1)$$

Persamaan berikut digunakan untuk menentukan kekuatan suatu rel dalam menahan beban yang akan dilaluinya.

1. Perhitungan Beban pada Boogie (Pb) = 1/2 × W lokomotif..... (2)

2. Perhitungan Beban pada Gandar (Pg) = 1/2 × Pb(3)

3. Perhitungan Beban pada Roda (Ps) = 1/2 × Pg(4)

4. Perhitungan Beban Dinamis (Pd) = Ps (1 + 0,01 [$\frac{V_{maks}}{1,609}$] - 5)(5)

5. Perhitungan Faktor Reduksi (*dumping Factor*), (λ) = $\sqrt[4]{\frac{K}{4EI_x}}$ (6)

Dimana:

K = Modulus Elastisitas Jalan Rel (kg/cm²)

E = Modulus Elastisitas Baja penyusun jalan rel (kg/cm²)

I_x = Momen Inersia Rel (cm⁴)

6. Perhitungan Momen Maksimum (Mm) = $\frac{Pd}{4\lambda}$ (7)

Dimana:

Pd = Beban Dinamis (kg)

λ = Faktor Reduksi Rel (cm⁻¹)

7. Perhitungan Tegangan yang terjadi (δ) = $\frac{M_1 \times Y}{I_x}$ (8)

Dimana:

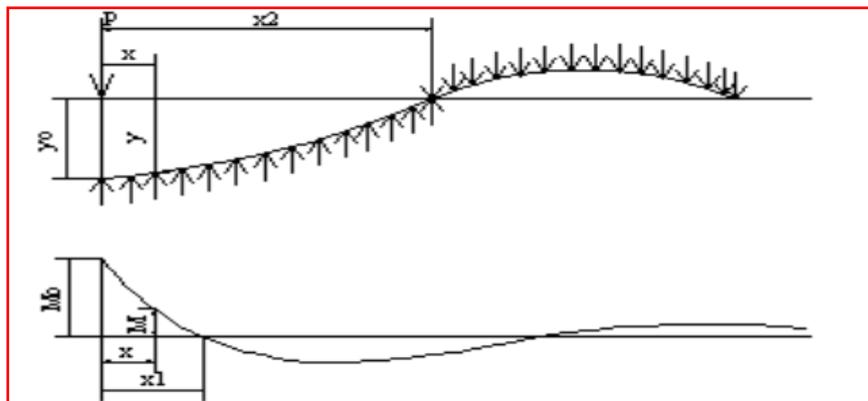
M₁= Momen akibat superposisi beberapa gandar (0,85 × Mm) (kg.cm)

Y = Jarak tepi bawah rel ke garis netral (cm)

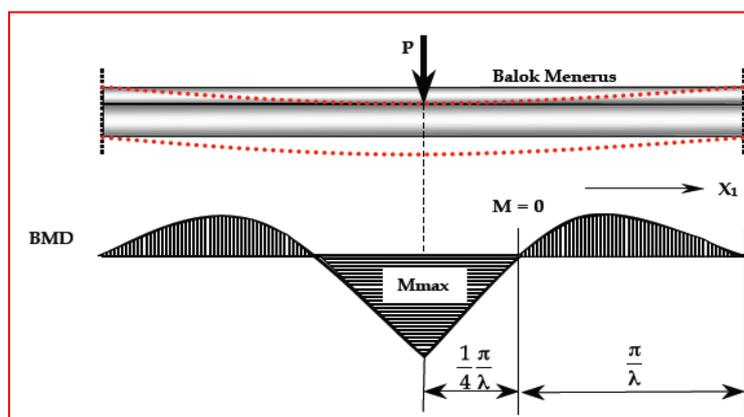
Nilai tegangan yang terjadi pada rel tidak boleh melebihi tegangan izin rel menurut JNR dalam Peraturan Dinas Nomor 10, 1986 yang tersaji dalam Tabel 1 (Darmawan, 2001). Konsep pembebanan merata pada tepi bawah rel dipaparkan pada Gambar 1 dan distribusi momen pada balok menerus dipaparkan pada Gambar 2 berikut.

Tabel 1: Tegangan Izin Jalan Rel Menurut JNR berdasarkan Kelas Jalan Rel dan Jenis Rel

Kelas	Rel	Tegangan (kg/cm ²)	Tegangan Izin (kg/cm ²) Menurut JNR
I	R 60	1042	1325
	R 54	1195	
II	R 54	1146	1325
	R 50	1236	
III	R 54	1097	1663
	R 50	1183	
	R 42	1474	
IV	R 54	1048	1843
	R 50	1130	
	R 42	1409	
V	R 42	1343	1843



Gambar 1: Konsep pembebanan merata pada tepi bawah rel



Gambar 2: Distribusi momen pada balok menerus

Perhitungan Kekuatan Bantalan

Rel diasumsikan sebagai suatu balok tak terhingga panjangnya dan menumpu pada banyak bantalan, maka diasumsikan rel sebagai gelagar pada banyak perletakan. Oleh karena masing-masing perletakan beralaskan tumpuan batu-batu yang dapat bergeser, maka konstruksi tersebut merupakan gelagar panjang diatas banyak sekali tumpuan kenyal (elastis). Maka pembebanan pada bantalan diperhitungkan menggunakan model balok diatas tumpuan elastik.

Langkah-langkah menghitung kekuatan bantalan menurut Peraturan Dinas Nomor 10 Tahun 1986 adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan distribusi beban rel ke bantalan $(QI) = \frac{0,786.Pd.S}{X_1}$ (9)

Dimana:

Pd = Beban dinamis (kg)

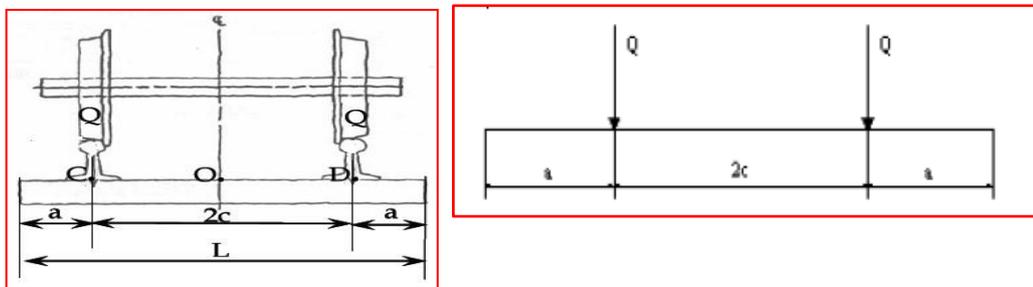
S = Jarak bantalan (cm)

X_1 = Jarak lengan momen (cm), yaitu : $X_1 = \frac{\pi}{4.\lambda}$ (10)

$\pi = 3,14$

$\lambda = \text{Dumping factor} = \sqrt[4]{\frac{K}{4.E.I.x}}$

2. Perhitungan momen pada bantalan dengan konsep yang dipaparkan pada Gambar 3, sebagai berikut:



Gambar 3: Perhitungan momen pada bantalan

a. Momen pada titik C dan D

$$M_{c/d} = \frac{Q_1}{4 \lambda} \times \frac{1}{\sin \lambda L + \sinh \lambda L} \times \begin{bmatrix} 2 \cosh^2 \lambda a (\cos 2 \lambda c + \cosh \lambda L) - \\ 2 \cos^2 \lambda a (\cosh 2 \lambda c + \cos \lambda L) - \\ \sinh 2 \lambda a (\sin 2 \lambda c + \sinh \lambda L) - \\ \sin 2 \lambda a (\sinh 2 \lambda c + \sin \lambda L) \end{bmatrix} \dots \dots \dots (11)$$

b. Perhitungan momen di tengah bantalan (M_0)

$$M_0 = - \frac{Q_1}{2 \lambda} \times \frac{1}{\sin \lambda L + \sinh \lambda L} \times \begin{bmatrix} \{ \sinh \lambda c (\sin \lambda c + \sin \lambda (L - c)) \} + \\ \{ \sin \lambda c (\sinh \lambda c + \sinh \lambda (L - c)) \} + \\ \{ \cosh \lambda c \times \cos (L - c) \} - \\ \{ \cos \lambda c \times \cosh \lambda (L - c) \} \end{bmatrix} \dots \dots \dots (12)$$

c. Perhitungan momen yang mampu ditahan bantalan

$$M_{bantalan} = \left(\frac{5}{6} \sigma_1 \right) \times W \dots \dots \dots (13)$$

Dimana:

σ_1 = Tegangan izin bantalan berdasarkan jenis bahannya (kg/cm²)

W = Momen tahanan bantalan (cm³) = 1/6 × b × h²

d. Perhitungan pembebanan pada bantalan (Q_b)

$$Q_b = \frac{M_{bantalan}}{M_{c/d}} \dots \dots \dots (14)$$

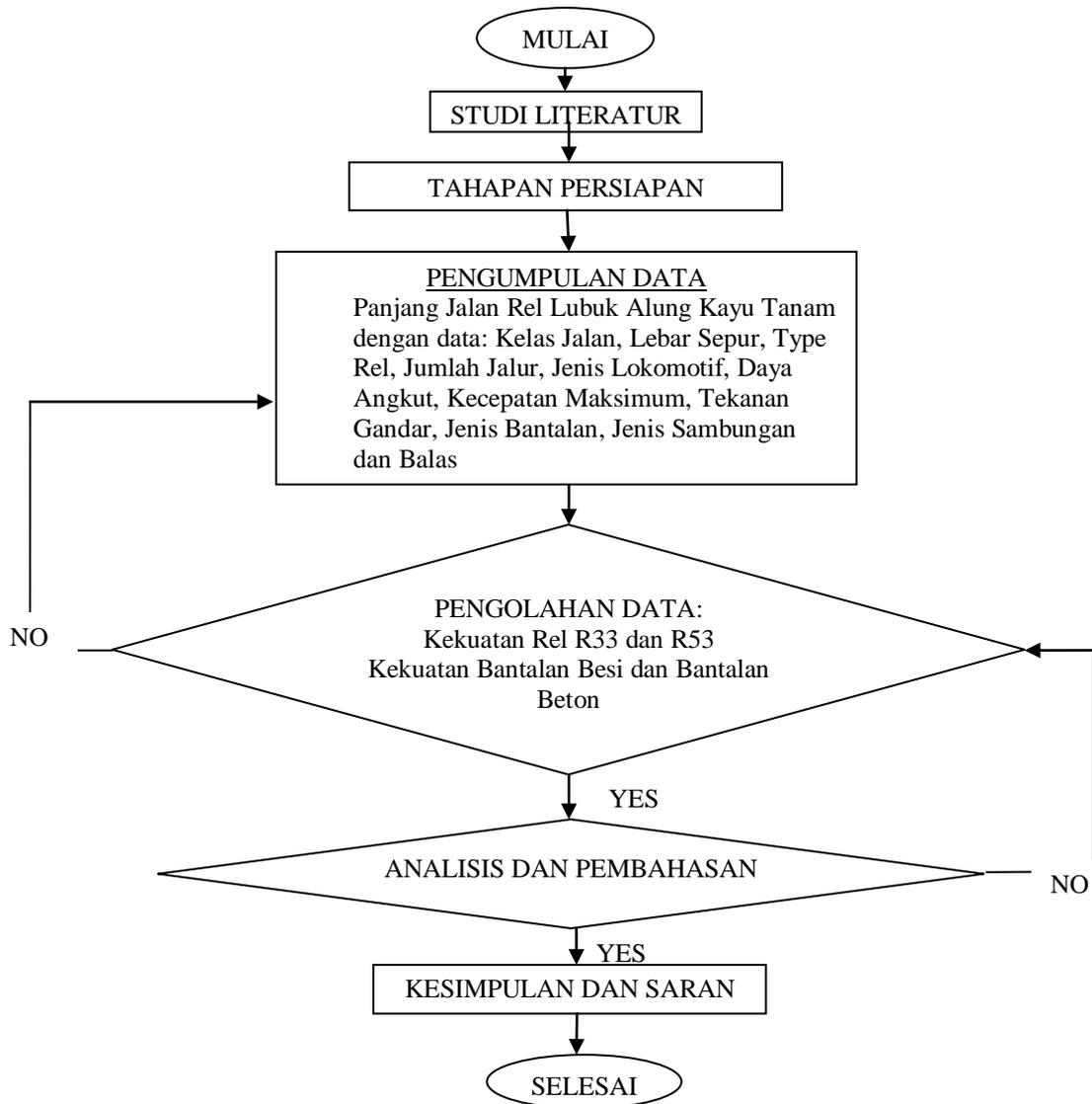
e. Analisa Pembebanan pada bantalan

Analisa pembebanan pada bantalan harus memenuhi syarat bahwa beban yang mampu ditahan oleh bantalan harus lebih besar dari beban yang terjadi.

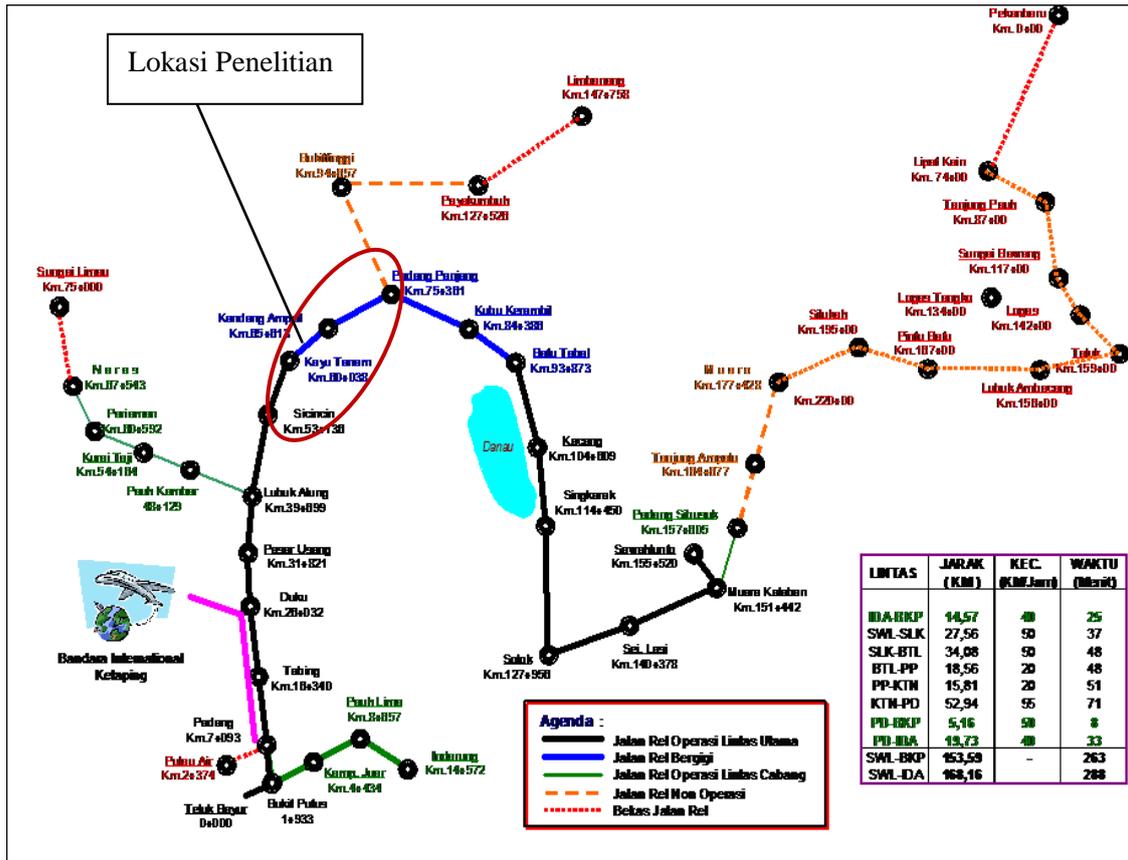
$$(Q_b > Q_l) \dots\dots\dots (15)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian disusun dalam upaya memudahkan melaksanakan penelitian sehingga tujuan penelitian dapat tercapai sebagaimana yang diharapkan. Adapun metodologi penelitian terdiri dari beberapa tahapan, yaitu: tahap persiapan, tahap pengumpulan data, tahap pengolahan dan analisis data, serta kesimpulan. Kegiatan pada tahap persiapan berupa: survei pendahuluan (untuk menentukan lokasi penelitian), pembuatan format pengambilan data, menentukan kebutuhan data, menentukan narasumber untuk tujuan pengumpulan data sekunder, melengkapi persyaratan administrasi, dan melakukan studi kepustakaan. Kegiatan pengumpulan data dilakukan dengan metode wawancara dengan narasumber dari Kantor PT. KAI Divisi Regional II Sumatera Barat, serta inventarisasi data primer dan data sekunder. Kegiatan pengolahan dan analisis data dilakukan dengan mengacu pada norma, standar, peraturan, pedoman, dan manual yang masih berlaku. Bagan alir penelitian dipaparkan pada Gambar 4. Penelitian ini dilakukan pada ruas jalan rel antara stasiun Lubuk Alung dan Kayu Tanam dimulai dari KM 39,699 s.d KM 60,038 (sepanjang 20,339 km). Gambar 5 merupakan wilayah penelitian dalam peta jalur kereta api di Sumatera Barat.



Gambar 4: Bagan Alir Penelitian



Gambar 5: Lokasi Penelitian
(Sumber: Balai Teknik Perkeretaapian Wilayah II Sumatera Bagian Barat)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun data jalan rel eksisting dan data revitalisasi pada jalur Lubuk Alung – Kayu Tanam yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2: Data jalan rel eksisting dan data revitalisasi pada jalur Lubuk Alung – Kayu Tanam

No.	Jenis Data	Satuan	Eksisting	Revitalisasi
1	Kelas Jalan Rel		Kelas 1	Kelas 1
2	Jenis Rel	-	R33	R54
3	Kecepatan Maksimum	Km/jam	60	
4	Jenis Kereta Api – Rail Bus	-	-	-
5	Berat Rail Bus	Ton	72	72
6	Tekanan Gandar	Ton	18	18
7	Bantalan	-	Baja	Beton Prategang (mutu K-500)
8	Jarak Bantalan	Meter	0,60	0,60

4.1 Hasil

Berdasarkan hasil pengolahan data terhadap rel eksisting dan rel revitalisasi menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi pada rel eksisting (R33) adalah sebesar 1380,34 kg/cm² dan tegangan yang terjadi pada rel revitalisasi (R54) adalah sebesar 840,60 kg/cm², sedangkan tegangan izin rel untuk jalan kelas I adalah 1325 kg/cm². Hasil selengkapnya dapat dilihat dalam Tabel 3. Hasil pengolahan data terhadap

bantalan eksisting (baja) dan bantalan revitalisasi (beton prategang) menunjukkan bahwa kemampuan bantalan eksisting (baja) menahan beban adalah sebesar 6.761,39 kg dan kemampuan bantalan revitalisasi (beton presstress) menahan beban adalah sebesar 23.241,68 kg. Sedangkan beban yang terdistribusi dari rel ke bantalan adalah sebesar 8.568,898 kg untuk bantalan baja dan sebesar 6.986,28 kg untuk jenis bantalan beton prategang. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3: Tegangan yang terjadi pada rel eksisting (R33) dan rel revitalisasi (R54)

Tipe Rel	Tegangan yang terjadi (Kg/cm ²)	Tegangan Izin Rel (Kg/cm ²)	Keterangan
R33	1380,34	1325	Tidak Memenuhi
R54	840,60		Memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 4: Kemampuan bantalan menahan beban (Qb) dan Beban yang terdistribusi dari rel ke bantalan (Qr)

Jenis Bantalan	Beban yang mampu ditahan (Q _b) (Kg)	Beban distribusi dari rel ke bantalan (Q _r) (Kg)	Keterangan
Baja	6761,59	8568,898	Tidak Memenuhi
Beton	23.241,68	6986,28	Memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa pada kondisi eksisting jalur kereta api Lubuk Alung-Kayu Tanam yang menggunakan rel tipe R33, tegangan yang terjadi pada rel jika dilalui oleh Railbus dengan tekanan gandar 18 ton adalah 1380,34 kg/cm², nilai ini lebih besar dari tegangan yang diizinkan berdasarkan Peraturan Dinas Nomor 10 Tahun 1986 yaitu 1325 kg/cm². Hal ini menunjukkan bahwa jenis rel R33 tersebut tidak layak dilalui oleh railbus. Demikian juga distribusi beban yang terjadi pada bantalan baja (bantalan eksisting) akibat tekanan gandar railbus 18 ton adalah sebesar 8.568,898 kg (Q_r), dan lebih besar dari kemampuan bantalan baja menahan beban hanya sebesar 6.761,39 kg (Q_b), oleh karena itu bantalan baja tidak layak dilalui oleh kereta api jenis railbus dengan tekanan gandar 18 ton.

Selanjutnya penggantian jenis rel dari tipe R33 ke rel tipe R54 menghasilkan tegangan rel sebesar 840,601 kg/cm². Tegangan yang dihasilkan lebih kecil dari tegangan yang diizinkan oleh JNR pada Peraturan Dinas Nomor 10 Tahun 1986 yaitu sebesar 1325 kg/cm². Maka rel tipe R54 aman dilalui oleh kereta api jenis railbus dengan tekanan gandar 18 ton. Kemudian, penggantian bantalan baja ke bantalan beton prategang menghasilkan beban yang mampu ditahan bantalan sebesar 23.241,68 kg, dan ini lebih besar dari beban ditribusi yang terjadi pada bantalan yaitu 6.986,28 kg. Dengan demikian bantalan beton prategang (mutu K-500) tersebut mampu menahan beban railbus dengan tekanan gandar 18 ton.

4.2 Pembahasan

Secara fisik kondisi *eksisting* jalur kereta api Lubuk Alung-Kayu Tanam yang dibangun pada masa pemerintahan kolonial Belanda ini pada saat itu didesain untuk dilalui oleh lokomotif jenis BB bergandar 11 ton. Adanya perkembangan kereta api di dunia sangat berpengaruh pada perkembangan perkeretaapian di Indonesia. Karena tuntutan perkembangan teknologi dan efisiensi transportasi diperlukan *Up-Grade* dan revitalisasi sehingga jalan kereta yang telah lama tidak beroperasi disesuaikan dengan beban lokomotif yang melewatinya khususnya jalur kereta api Lubuk Alung-Kayu Tanam.

Berdasarkan Peraturan Dinas (PD) Nomor 10 tahun 1986 bahwa jalan rel kelas I menggunakan jenis rel tipe R54 dan R60 (lihat tabel), sehingga DIVRE II Sumatera Barat melakukan peningkatan dimensi terhadap jalan rel lintas Lubuk Alung-Kayu Tanam dari R33 menjadi R54 dengan mempertimbangkan beberapa faktor selain faktor tegangan izin rel dan bantalan yang telah dianalisis sebelumnya walaupun volume lalu lintas jalur ini belum sebanyak jalur kelas I lainnya.

Jalan kelas I dalam kegiatan revitalisasi jalur kereta api Lubuk Alung-Kayu Tanam bukanlah satu-satunya alasan peneliti untuk memilih R54 sebagai pengganti R33. Rencana pembangunan jangka menengah dan jangka panjang juga menjadi bahan pertimbangan dalam pemilihan dimensi rel yaitu jalur kereta api

Trans Sumatera yang direncanakan akan beroperasi beberapa tahun kedepan. Jika kegiatan revitalisasi ini dimulai dari peningkatan rel R33 menjadi R42 yang merupakan dimensi terkecil menurut PD 10 tahun 1986 dengan umur rel yang berkisar antara 35-40 tahun maka ditinjau dari aspek ekonomi kurang menguntungkan dan akan terjadi pemborosan. Saat jalur Trans Sumatera diaktifkan maka konstruksi rel dan bantalan juga harus disesuaikan lagi terhadap volume lalu lintas, jenis lokomotif, jenis kereta dan beban gandar yang melaluinya. Itulah alasannya kenapa R54 sebagai salah satu dimensi terbaik saat ini menurut Peraturan Dinas (PD) 10 tahun 1986 dipilih sebagai dimensi pengganti R33 dalam revitalisasi jalur kereta api Lubuk Alung-Kayu Tanam.

Walaupun kelas jalan rel pada jalur lintas Lubuk Alung-Kayu Tanam telah mengalami peningkatan menjadi jalan rel kelas I dengan kecepatan maksimum 120 km/jam (Peraturan Dinas (PD.10) 1986), namun kondisi geografis wilayah Sumatera Barat yang relatif berbukit menyebabkan terbatasnya peningkatan geometrik jalan rel seperti lengkung dan tikungan. Sehingga PT. Kereta Api Indonesia (KAI) memberi aturan khusus bahwa kecepatan maksimal untuk jalan kereta api di Sumatera Barat hanya 60 km/jam dan tidak memungkinkan untuk memenuhi kecepatan maksimum yang disyaratkan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tipe rel R33 tidak layak digunakan untuk konstruksi jalan rel kelas I dengan beban gandar 18 ton dimana tegangan yang terjadi lebih besar dari tegangan izin. Sedangkan kemampuan bantalan baja menahan beban yang terdistribusi dari rel (Qb) lebih kecil dari beban yang terdistribusi dari rel (Qr). Akibatnya bantalan baja tidak mampu menahan beban yang terdistribusi dari rel.
2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tipe rel R54 dapat digunakan untuk konstruksi jalan rel kelas I dengan beban gandar 18 ton dimana tegangan yang terjadi lebih kecil dari tegangan izin. Sedangkan penggantian jenis bantalan baja dengan bantalan beton prategang (mutu K-500) dapat digunakan, karena kemampuan beton prategang untuk menahan beban rel lebih besar dari beban rel yang terdistribusi ($Q_b > Q_r$).
3. Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa peningkatan konstruksi jalan rel dalam bentuk kegiatan revitalisasi jalur kereta api Lubuk Alung-Kayu Tanam layak dilakukan.

5.2 Saran

Penelitian ini hanya membahas terhadap konstruksi bagian atas jalan rel (jenis rel dan bantalan), sedangkan konstruksi bagian bawah jalan rel tidak dibahas dalam penelitian ini. Oleh sebab itu, disarankan kepada instansi terkait agar melakukan kajian terhadap konstruksi bagian bawah jalan rel terutama terkait dengan daya dukung tanah dasar.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi masyarakat.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Darmawan, (2001), *Teknologi Jalan Rel*, PT Kereta Api Indonesia: Bandung
- Surakim, H., (2014). *Konstruksi Jalan Rel dan Keselamatan Perjalanan Kereta Api*, Nuansa Cendikia: Bandung
- Sunggonokh, (1995), *Teknik Sipil*,: Bandung.
- PERUMKA, (1986), Peraturan Dinas (PD) No 10, Tahun 1986 PT. KERETA API INDONESIA (Persero): Bandung
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No.60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api, Jakarta.
- Peraturan Pemerintah No.56 Tahun 2009 tentang Penyelenggaraan Perkeretaapian: Jakarta. 2009.
- Undang-Undang No.23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian: Jakarta
- Wahab, W., (2012), *Bahan Ajar Mata Kuliah Perencanaan Jalan Rel/Jalan Kereta Api*, Institut Teknologi Padang: Padang.