



## Evaluasi Struktur Atas Komponen Jalan Rel dalam Kegiatan Reaktivasi Jalur Cibatu Cikajang

Mega Azahra Yusuf<sup>1</sup>, Roestaman<sup>2</sup>, Eko Walujodjati<sup>3</sup>

Jurnal Konstruksi  
Institut Teknologi Garut  
Jl. Mayor Syamsu No. 1 Jayaraga Garut 44151 Indonesia  
Email : [jurnal@itg.ac.id](mailto:jurnal@itg.ac.id)

<sup>1</sup>1611098@itg.ac.id  
<sup>2</sup>roestaman@itg.ac.id  
<sup>3</sup>eko.walujodjati@itg.ac.id

**Abstrak** – Jalur kereta Api nonaktif yang menghubungkan Stasiun Cibatu dan Stasiun Cikajang panjang lintas kurang lebih 47 kilometer, dan saat ini untuk segmen antara Cibatu – Garut Kota dengan panjang kurang lebih 19 km sedang dalam proses reaktivasi dengan struktur atas yang melewati 3 stasiun ini dilakukan dengan pergantian rel R52 dan bantalan kayu/baja dengan rel tipe R.42 dengan bantalan beton. Evaluasi komponen perkeretapiian yang dipasang pada rel dengan menghitung beban dinamis menggunakan metode berikut persamaan tablot dan di bandingkan dengan komponen jalan rel terpasang Menurut standar perencanaan perkeretapiian, ini diklasifikasikan menurut nilai perkeretapiian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perkeretapiian diklasifikasikan menjadi tiga kategori beban dinamis 12.745,152 Kg, Untuk analisa beban cross-bearing beton produksi WIKA sudah memenuhi persyaratan, namun untuk perkeretapiian perhitungannya didasarkan pada tegangan ijin yang muncul pada pondasi perkeretapiian. =  $1.16 \cdot 7,943 \text{ Kg/cm}^2 < 1.476,3 \text{ Kg/cm}^2$  (memenuhi syarat), jadi tidak perlu ada pergantian rel karena komponen ini sudah Sesuai dengan daya dukung perlintasan KA tersebut memenuhi standar operasional pelayanan KA.

**Kata Kunci** – Bantalan Rel Kereta Api; Komponen Jalan Rel; Reaktivasi Jalan Rel.

### I. PENDAHULUAN

Saat ini Transportasi adalah bagian terpenting ini tidak dapat terlepas dari manusia. Transportasi kaitannya sangat erat dengan cakupan dan Tempat aktivitas sosial, barang, jasa bahkan produk *industry* [1]. Jika dihubungkan dengan kehidupan dan aktivitas manusia, transportasi juga memegang peran penting dalam masyarakat, ekonomi, lingkungan, politik dan pertahanan keamanan [2].

Kereta api ialah salah satu jenis transportasi yang merupakan kendaraan yang menggunakan tenaga gerak, dapat berjalan sendiri maupun dengan kendaraan lain [3]. yang akan ataupun sedang bergerak di rel, kereta api merupakan transportasi massal yang terdiri dari lokomotif dan rangkaian kereta api atau gerbong, Jalur Kereta Api Cibatu-Cikajang merupakan jalur kereta api nonaktif yang menghubungkan Stasiun Cibatu dan Stasiun Cikajang. Pada tanggal 26 September 2018, Dirut PT KAI meninjau ulang persiapan tersebut. untuk reaktivasi jalur ini, Persiapan memulai kembali juga didukung oleh berbagai faktor, seperti kelangkaan pemukiman penduduk di beberapa lokasi (kecuali di kota Garut yang padat) [4]. Pengaktifan kembali ini akan menjadi proyek percontohan untuk pengaktifan kembali jalur kereta api lain di Jawa [5].

Untuk mendesain struktur rel kereta api ini, akan menggunakan beberapa peraturan diantaranya Peraturan

Menteri Perhubungan No.60 tahun 2012 tentang persyaratan teknis jalur kereta api, peraturan tentang pembebanan pada rel kereta api, dan peraturan-peraturan lain yang berlaku di Indonesia. Dalam tugas akhir ini penulis tertarik untuk mengevaluasi komponen rel kereta api terpasang dengan standar peraturan menteri No.60 Tahun 2012. Diharapkan dengan adanya analisis ini akan mengetahui sejauh mana tingkat efisiensi yang diterapkan di lapangan baik itu dari segi bahan, kekuatan, dan sebagainya.

Berikut merupakan rumusan masalah dalam evaluasi ini, yaitu:

1. Bagaimana analisis perhitungan beban yang di terima rel dan bantalan pada rel kereta api Cibatu- Garut kota?
2. Bagaimana menganalisis momen antara kaki rel dan bagian tengah rel?
3. Bagaimana cara melakukan analisis tegangan pada tegangan awal dan tegangan efektif bantalan KA di Cibatu-Garut
4. Apakah Struktur komponen atas jalan rel Cibatu – Garut kota sudah sesuai dengan standar?

Tujuan untuk penelitian ini ialah untuk memberitahu sejauh mana rel dan bantalan rel kereta api Cibatu- Garut kota memenuhi kriteria kuat sampai mencapai tegangan ijin melalui perhitungan – perhitungan analisis sebagaimana dalam rumusan masalah, yaitu untuk mengetahui:

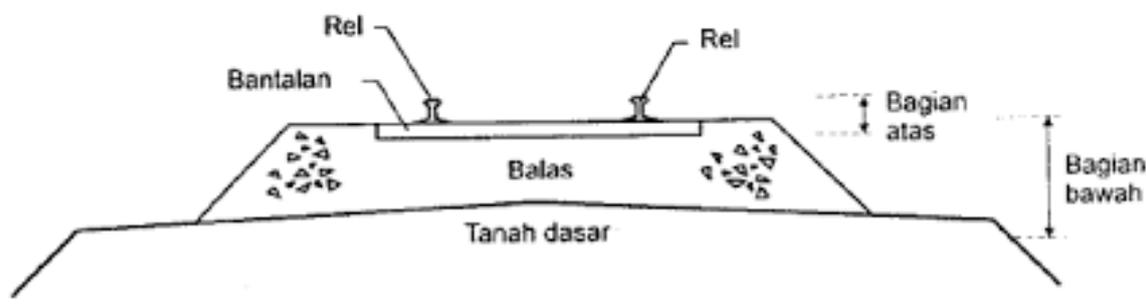
1. Beban yang diterima oleh rel dan bantalan.
2. Momen tepat dibawah kaki rel dan bagian tengah rel.
3. Tegangan tahap pratekan awal dan pratekan efektif.
4. Struktur atas komponen jalan rel sudah sesusai standar atau tidak.

## II. URAIAN PENELITIAN

Struktur lintasan rel kereta api adalah sistem srtuktur yang menghimpun komponen komponen jalan rel kereta api, seperti rel, bantalan penambat serta lapisan fondasi dan tanah dasar yang terpadu[6] dan tersusun rapih sesuai dengan sistem kontruksi Dan melakukan analisis tertentu agar Anda dapat berkendara di rel kereta api dengan aman dan nyaman. Biasanya, rel kereta api terdiri dari dua rel baja yang ditempatkan di atas balok. Balok ini disebut bantalan”[7].

Components struktur lintasan rel diatas didapat dikelompokan menjadi dua kelompok, yaitu sebagai berikut:

1. Stuktur Bagian atas, lintasan, terdiri dari lintasan, bantalan, dan pengencang lintasan.
2. Struktur bagian bawah, ialah bagian pondasi, terdiri dari balas dan tanah dasar (Hapsono, Suryo. 2009)



Gambar 1: Struktur Jalan Rel Kereta Api

### A. Standar Pembebanan Struktur Jalan Rel Kereta Api

Menurut Peraturan Tahun 2012 Menteri Nomor 60 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api, membagi kecepatan menjadi [8]:

1. Kecepatan Rencana
2. Kecepatan Maksimum

3. Kecepatan Operasi
4. Kecepatan Komersial.

Tekanan Poros adalah beban yang diterima oleh rel kereta api dari sebuah bantalan. Beban gandar maximum adalah 18ton untuk semua kelas [9]. Formula “Verain” digunakan untuk menghitung tekanan gandar maksimum (Peraturan Dinas Nomor 10, 1986).

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

Persamaan berikut digunakan untuk menentukan kekuatan suatu rel dalam menahan beban yang akan dilaluinya [10].

1. Perhitungan Beban pada Boogie (Pb) =  $\frac{1}{2} \times W$  lokomotif[11]
2. Perhitungan Beban pada Gandar (Pg) =  $\frac{1}{2} \times Pb$  [11]
3. Perhitungan Beban pada Roda ( Ps) =  $\frac{1}{2} \times Pg$  [11]
4. Perhitungan Beban Dinamis (Pd) =  $Ps(1+0,01[\frac{Vmaks}{s1,609}]) - 5$  [10]
5. Perhitungan Faktor Reduksi (dumping Factor), ( $\lambda$ )=  $\sqrt[4]{\frac{4}{4EIx}}$  [10]

Dimana: K = Modulus Elastisitas Jalan Rel (kg/cm<sup>2</sup>), E = Modulus Elastisitas Baja penyusun jalan rel (kg/cm<sup>2</sup>), Ix = Momen Inersia Rel (cm<sup>3</sup>)[10]

6. Perhitungan Momen Maksimum (Mm) =  $\frac{Pd}{4\lambda}$   
Dimana: Pd = Beban Dinamis (kg),  $\lambda$  = Faktor Reduksi Rel (cm-1 )
7. Perhitungan Tegangan yang terjadi ( $\delta$ ) =  $\frac{M1 xy}{Ix}$   
Dimana: M1= Momen akibat superposisi bebeapa gandar (0,85 × Mm) (kg.cm), Y = Jarak tepi bawah rel ke garis netral (cm)

## B. Analyses Teagan Pada Lintasan Dan Bantalan

Analisis bantalan lintasan untuk menentukan resistansi bantalan beton di bawah beban silang. Tegangan yang ditimbulkan pada bantalan beton adalah:

1. Analisis Nilai Modulus Elastisitas berdasarkan nilai Fcu  
 $E = 6400\sqrt{500}$
2. Analisis perhtungan nilai Dumping Faktor pada bagian di Bawah Rel dan Tengah Bantalan:

Bagian bantalan dibawah rel[7]

$$\lambda = -\sqrt[4]{\frac{K}{4EIx}}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{180 \text{ Kg/cm}^3}{4 \times 143.108,35 \text{ kg/cm} \times 15139,09 \text{ cm}^4}}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{180 \text{ Kg/cm}^3}{8666120796 \text{ cm}^4}}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{2,0771 \times 10^{-8} \text{ cm}^{-4}}$$

$$\lambda = 0,0120 \text{ cm}^{-1}$$

bantalan bagian tangan bantalan [7]

$$\lambda = -\sqrt[4]{\frac{K}{4EIx}}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{180 \text{ Kg/cm}^3}{4 \times 143.108,35 \text{ kg/cm} \times 10190,02 \text{ cm}^4}}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{180 \text{ Kg/cm}^3}{5833107817 \text{ cm}^4}}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{3,08583 \times 10^{-8} \text{cm}^{-4}}$$

$$\lambda = 0,0132 \text{ cm}^{-1}$$

- Perhitungan dan analisis Bantalan yang menerima beban dari kereta:  
Q = 60% paladium
- Analisis nilai momen (tepat bawah kaki rel) nilai pusat bantalan (O):  
Momen di bagian bawah trek (Mcd)M

$$= \frac{Q}{2\lambda} \times \frac{1}{\sin\lambda L + \sinh\lambda L} \left[ \begin{array}{l} \sinh \lambda c (\sin \lambda c + \sin \lambda (L - c)) + \sin \lambda c \\ (\sinh \lambda c + \sinh \lambda (L - c)) + \cosh \lambda c \cos \lambda \\ (L - c) - \cos \lambda c \cosh \lambda (L - c) \end{array} \right] \quad [12]$$

Momen dibagian Tengah Bantalan (Mo)

$$M = \frac{Q}{4\lambda} \times \frac{1}{\sin\lambda L + \sinh\lambda L} \left[ \begin{array}{l} 2\cosh^2\lambda a (\cos 2\lambda c + \cos \lambda l) - 2\cos^2\lambda a \\ (\cosh 2\lambda c + \sinh \lambda l) - \sinh 2\lambda a \\ (\sin 2\lambda c + \sinh \lambda l) - \sin 2\lambda a (\sinh \lambda c + \cos \lambda l) \end{array} \right] \quad [12]$$

- Analisis stres pada tahap stres awal  
Sisi atas bagian bantalan di bawah lintasan pemandu

$$\sigma = \frac{P_{\text{initial}}}{A_1} - \frac{P_{\text{initial}} \cdot e}{wl(a)} \quad \text{dengan } e = 0.135$$

Sisi bawah bagian bantalan bawah lintasan

$$\sigma = \frac{P_{\text{initial}}}{A_1} - \frac{P_{\text{initial}} \cdot e}{wl(b)} \quad \text{dengan } e = 1.055$$

Sisi bawah bagian tengah bantalan

$$\sigma = \frac{P_{\text{initial}}}{A_2} - \frac{P_{\text{initial}} \cdot e}{wl(a)} \quad \text{dengan } e = 0.135$$

Sisi bawah bagian tengah bantalan

$$\sigma = \frac{P_{\text{initial}}}{A_2} - \frac{P_{\text{initial}} \cdot e}{wl(b)} \quad \text{dengan } e = 1.055$$

- Tahap analisis stres yang efektif  
Sisi atas bagian bantalan di bawah rel pemandu

$$\sigma = \frac{P_{\text{efektif}}}{A_1} - \frac{P_{\text{efektif}} \cdot e}{wl(a)} + \frac{M}{wl(a)} \quad \text{dengan } e = 0.135$$

Sisi bawah bagian bantalan bawah lintasan

$$\sigma = \frac{P_{\text{efektif}}}{A_1} - \frac{P_{\text{efektif}} \cdot e}{wl(b)} + \frac{M}{wl(b)} \quad \text{dengan } e = 0.135$$

Sisi atas dari bagian bantalan tengah lintasan

$$\sigma = \frac{P_{\text{efektif}}}{A_2} - \frac{P_{\text{efektif}} \cdot e}{wl(a)} + \frac{M}{wl(a)} \quad \text{dengan } e = 1.055$$

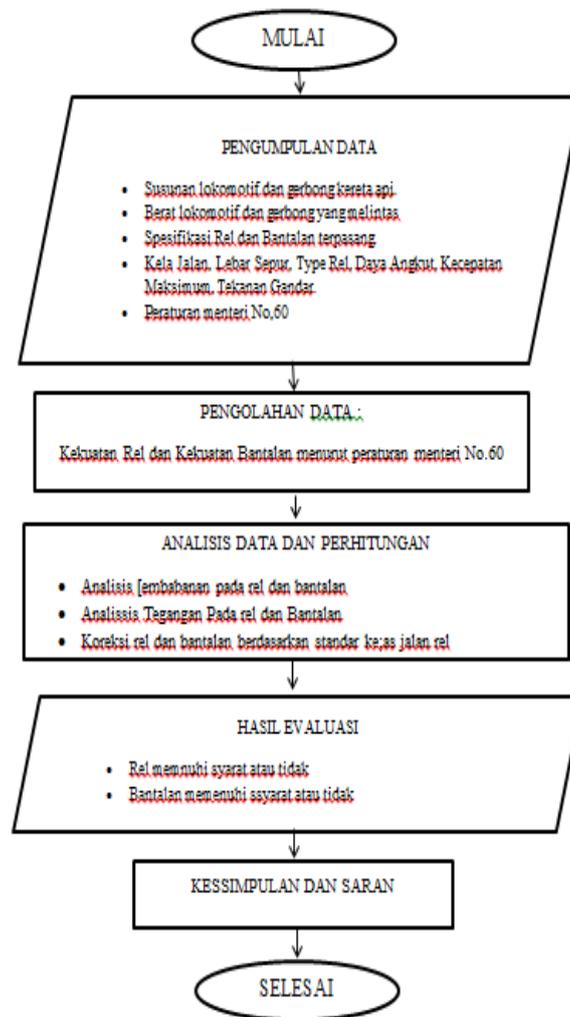
Sisi bawah bagian bantalan tengah lintasan

$$\sigma = \frac{P_{\text{efektif}}}{A_2} - \frac{P_{\text{efektif}} \cdot e}{wl(b)} + \frac{M}{wl(b)} \quad \text{dengan } e = 1.055$$

### C. Metode Penelitian

- Bagan Alir Penelitian

Berikut merupakan uraian tahapan penelitian secara umum dalam bentuk flowchart tentang tahapan-tahapan penelitian tentang evaluasi kekuatan struktur atas komponen jalan rel Cibatu-Garut kota



Gambar 2: Tahapan Penelitian

**2. Tahapan Analisis**

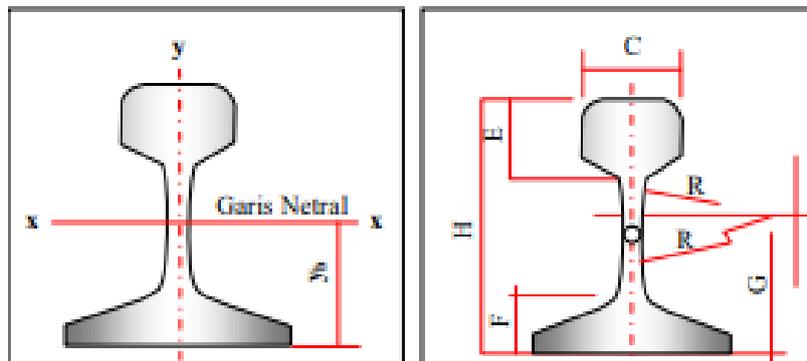
- Tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan pada penyusunan Skripsi ini yaitu dimulai dari:
- Pengumpulan data, Pada tahan ini dilakukan pengumpulan data yaitu data kelas jalan rel, jenis bantalan rel kereta api Cibatu-Garut kota serta data lokasi yang didapat dari PT. KAI
- Analisis rel dan bantalan, Rel kereta api jalu Cibatu- Kota dalah rel yang menggunakankontruksi untuk rel keraeta api yaitu rel nya adalah besi baja yang sama panjang yang bantalanya menggunkan bantalan beton dan menggunkan ballas dengan batu keracak
- Analisis pembebanan, dalam analisa pembebanan penulis menghitung beban vertikal, beban ratelar dan tekanan gandar yang mengacu pada peraturan yang berlaku.
- Analisis tegangan, Analisis bantalan lintasan untuk menentukan resistansi bantalan beton di bawah beban silang. Tekanan yang ditimbulkan pada bantalan beton
- Analasia kekuatan Tingkat ini adalah analisa terakhir yang menghasilkan apakah rel dan bantalan tersebut kuat atau tidak.

### III. HASIL DAN DISKUSI

Dengan diperolehnya data-data dari PT. Kereta Api Indonesia, kemudian dilakukan analisis sesuai tahapan analisis dan bagan alir.

#### A. Analisis Beban Lintas Pada Lintasan Rel R.42

Beban yang di distribusikan untuk struktur adalah Distribusi kapasitas bantalan silang pada struktur operasional jalan lintasan kereta api. Dapat di perhitungkan besaran reaksi yang Terjadi di bagian utama struktur kereta api akibat beban ini yang disalurkan dan menjadi hal utama untuk mengetahui seberapa besar reaksi dan Mendapat diketahui Komponen lintasan geser dipasang. Jenis rel yang digunakan pada rel Cibatu-Garut kota ini adalah type rel R.42 satu jenis type rel termasuk kategori kelas III



Sumber : PM perhubungan No.60 2002

Gambar 3: Ukuran Penampang Rel

Analisis beban dinamis menggunakan persamaan 2.11 yaitu persamaan Talbot (Formula Talbot) :

$$Pd = Ps [1 + 0.010 (\frac{V_{rencana}}{1,609} - 5)]$$

$$Pd = 9000 [1 + 0,010 (\frac{75}{1,609} - 5)]$$

$$Pd = 9000 [1 + 0,010 (41,619)]$$

$$Pd = 9000 (1+ 0,416)$$

$$Pd = 9000 (1.0416)$$

$$Pd = 12.745,152 \text{ Kg}$$

Perhitungan faktor reduksi/ pengurangan (Dumping factor) menggunakan persamaan 2.17 :

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{K}{EI}}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{180 \text{ Kg/cm}^3}{4 \times 2,1 \times 10^6 \times 1369 \text{ cm}^4}}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{180 \text{ Kg/cm}^3}{11499,6 \times 10^6 \text{ cm}^4}}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{180}{11499,6 \times 10^8 \text{ cm}^4}}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{1,5 \times 10^{-10} \text{ cm}^{-4}}$$

$$\lambda = 0,011185295 \text{ cm}^{-1}$$

Perhitungan Momen maksimum ( Mmaks) menggunakan persamaan 2.18 :

$$\frac{Pd}{4\lambda} = \frac{12745,152 \text{ Kg}}{4 \times 0,011185295 \text{ cm}^{-1}}$$

$$= 28.486,401 \text{ Kg/cm}$$

Tabel 1: Data Teknis Kelas Jalan Rel

Data Teknis Kelas Jalan Rel	Nilai
Kecepatan Maximum (V max)	75 Km/Jam
Kecepatan Rencan	$1,25 \times V_{max} = 93,75 \text{ Km/jam}$
Tekanan Gandar	18 ton
Jeniz Rel	R 42
Inesia Rel ( Ix)	$R 42 = 1369 \text{ cm}^4$
Jarak tepid Bawah kaki rel ke garis netral (Iy)	$Yb = 68,50 \text{ mm}$
Modulus elastics lintasan	$R 42 = 2.1 \times 10^6$
Modulus Kekuatan lintasan	180 Kg/cm <sup>2</sup>
Panjang per-Batang lintasan	$R 42 = 17 \text{ meter}$

Sumber : PT. KAI 2020

Jadi nilai Ma untuk konfigurasi enam roda CC ialah:

$$Ma = 0.82 \times M_{maks}$$

$$Ma = 0.82 \times 284684,401 \text{ Kg/cm}$$

$$Ma = 233.588,494 \text{ Kg/cm}$$

Analisis tegangan terhadap tegangan izin kelas jalan

$$\sigma = \frac{M a x y}{I}$$

$$\sigma = \frac{233.588,494 \text{ kg/cm} \times 6,85 \text{ cm}}{1369 \text{ cm}^4}$$

$$\sigma = 1168,795 \text{ kg/cm}^2 < 1667 \text{ kg/cm}^2$$

maka dari data diatas di peroleh

$$Ma = 233.588,494 \text{ kg/cm}$$

$$I = 1369 \text{ cm}^4$$

$$Y = 6,85 \text{ cm}$$

Rel kelas III tipe 42 Nilai tegangan ijinnya adalah 1667 dan nilai tegangan yang terjadi yang didapatkan dari perhitungan adalah  $1168.795 \text{ Kg/cm}^2 < 1.663 \text{ Kg/cm}^2$  (nilai tegangan ijin yang diijinkan jalan kelas III R.42) Menjadikannya masih persyaratan terpenuhi dengan tegangan yang diizinkan kelas jalan (ditentukan)

Lakukan analisis tegangan untuk mengatasi tegangan yang diijinkan di bagian bawah rel pada rel tipe R.42

$$S_{base} = Ma / W_b$$

$$S_{base} = \frac{233.588,494 \text{ kg/cm}}{200}$$

$$S_{base} = 1.167,943 \text{ Kg/cm}^2 < 1.476,3 \text{ Kg/cm}^2$$

Nilai yang didapatkan diatas yaitu  $1.167,943 \text{ Kg/cm}^2 < 1.476,3 \text{ Kg/cm}^2$  ( nilai tegangan izin dasar) syarat terpenuhi dalam tegangan izin dasar lintasan (Ok!!)

Menurut JNR dari analisa tegangan ijin didapat bahwa rel R.42 memenuhi syarat oprasional untuk jalan rel, kebutuhan rel R.42 sepanjang 90 kilometer adalah sebagai berikut:

Panjang rel 1 batang adalah 17meter

Panjang lintasan Cibatu – Garut Kota adalah 90 Kilometer

$$\text{Total kebutuhan rel R.42 adalah} = \frac{19000 \text{ meter}}{17 \text{ meter}} = 1117,64 \sim 1118 \text{ batang}$$

## B. Analisis Beban Lintas Terhadap Bantalan Beton

Analisis tegangan akibat beban lintas pada bantalan beton, data bantalan yang dipasang adalah N67 dengan kekuatan beton K500 produksi wika dengan spesifikasi sebagai berikut:

Dimensy bantalan bawah rel :

$$\begin{aligned} AI &= 456 \text{ cm}^2 \\ YII(a) &= 10,365 \text{ cm} \\ YI(b) &= 9,634 \text{ cm} \\ WI(a) &= 1460,527 \text{ cm}^3 \\ WI(b) &= 1571,342 \text{ cm}^3 \\ IX-I &= 15.139,09 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Dimensi bantalan tengah rel:

$$\begin{aligned} AII &= 400,75 \text{ cm}^2 \\ IX-II &= 10.190,02 \text{ cm}^4 \\ YI(a) &= 9,055 \text{ cm} \\ YII(b) &= 8,444 \text{ cm} \\ WI(a) &= 1125,263 \text{ cm}^3 \\ WII(b) &= 1206,730 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

1. Analisa nilai modulus Elastis berdasarkan nilai Flu

$$E = 6400\sqrt{500} = 143108,351 \text{ kg/cm}$$

Analisa perhitungan dumping faktor pada bantalan bagian bawah lintasan dan bagian tengah bantalan:

Bantalan bagian bawah lintasan

$$\begin{aligned} \lambda &= -\sqrt[4]{\frac{K}{4EIx}} \\ \lambda &= \sqrt[4]{\frac{180 \text{ Kg/cm}^3}{4 \times 143.108,35 \text{ kg/cm} \times 15139,09 \text{ cm}^4}} \\ \lambda &= \sqrt[4]{\frac{180 \text{ Kg/cm}^3}{8666120796 \text{ cm}^4}} \\ \lambda &= \sqrt[4]{2,0771 \times 10^{-8} \text{ cm}^{-4}} \\ \lambda &= 0,0120 \text{ cm}^{-1} \end{aligned}$$

bantalan bagian tengah bantalan

$$\begin{aligned} \lambda &= -\sqrt[4]{\frac{K}{4EIx}} \\ \lambda &= \sqrt[4]{\frac{180 \text{ Kg/cm}^3}{4 \times 143.108,35 \text{ kg/cm} \times 10190,02 \text{ cm}^4}} \\ \lambda &= \sqrt[4]{\frac{180 \text{ Kg/cm}^3}{5833107817 \text{ cm}^4}} \\ \lambda &= \sqrt[4]{3,08583 \times 10^{-8} \text{ cm}^{-4}} \\ \lambda &= 0,0132 \text{ cm}^{-1} \end{aligned}$$

2. Analisa hitungan bantalan yang menerima beban dari kereta api

$$\begin{aligned} Q &= 60\% Pd \\ Q &= 60/100 \times 12.745,152 \\ Q &= 7647,09 \text{ kg} \end{aligned}$$

3. Analisis perhitungan nilai momen di bagian bawah rel

$$M = \frac{Q}{2\lambda} \times \frac{1}{\sin\lambda L + \sinh\lambda L} \left[ \begin{array}{l} \sinh \lambda c (\sin \lambda c + \sin \lambda (L - c)) + \sin \lambda c \\ (\sinh \lambda c + \sinh \lambda (L - c)) + \cosh \lambda c \cos \lambda \\ (L - c) - \cos \lambda c \cosh \lambda (L - c) \end{array} \right]$$

$$\begin{aligned} M &= \frac{7647,09}{2 \times 0,0120} \times \frac{1}{0,674+5,471} \left[ \begin{array}{l} 0,709 (0,613 + 0,985 + 0,613 + 0,613) \\ (0,709 + 2,763) + 1,226 (-0,169) \\ -0,789 \times 2,938 \end{array} \right] \\ &= -102945,6151 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

## 4. Analisis perhitungan nilai momen dibagian tengah bantalan

$$M = \frac{Q}{4\lambda} \times \frac{1}{\sin\lambda L + \sinh\lambda L} \left[ \begin{array}{l} 2\cosh^2\lambda a (\cos 2\lambda c + \cos \lambda l) - 2\cos^2\lambda a \\ (\cosh 2\lambda c + \sinh \lambda l) - \sinh 2\lambda a \\ (\sin 2\lambda c + \sinh \lambda l) - \sin 2\lambda a (\sinh \lambda c + \cos \lambda l) \end{array} \right]$$

$$M = \frac{7647,09}{4 \times 0,013} \times \frac{1}{0,47+7,05} \left[ \begin{array}{l} 2,79 (0,11 + 7,11) - 1,36 \\ (2,26 + (-0,88)) - 1,49 \\ (0,99 + 7,09) - 0,92(2,03 + 0,47) \end{array} \right]$$

$$= 76565,657 \text{ kg/cm}$$

## 5. Analisa Tegangan tahap Pratekan Awal

Sisi atas bagian bantalan bawah lintasan :

$$\sigma = -\frac{P_{\text{initial}}}{A_1} - \frac{P_{\text{initial}} \cdot e}{wl(a)} \quad \text{dengan } e=0,135$$

$$\sigma = -\frac{18 \times 2270,24}{456} - \frac{18 \times 2270,24 \times 0,135}{1460,46}$$

$$= -93,391 \text{ kg/cm}^2 < 200 \text{ kg/cm}^2 (\sigma_{\text{maks}})$$

Sisi bawah bagian bantalan bawah lintasan:

$$\sigma = -\frac{P_{\text{initial}}}{A_1} + \frac{P_{\text{initial}} \cdot e}{wl(b)} \quad \text{dengan } e=0.135$$

$$\sigma = -\frac{18 \times 2270,24}{456} + \frac{18 \times 2270,24 \times 0,135}{1571,26}$$

$$= -86,10393,391 \text{ kg/cm}^2 < 200 \text{ kg/cm}^2 (\sigma_{\text{maks}})$$

sisi atas bagian tengah bantalan:

$$\sigma = -\frac{P_{\text{initial}}}{A^2} - \frac{P_{\text{initial}} \cdot e}{wl(a)} \quad \text{dengan } e=1.055$$

$$\sigma = -\frac{18 \times 2270,24}{400,75} - \frac{18 \times 2270,24 \times 1,055}{1125,35}$$

$$= -140,282 \text{ kg/cm}^2$$

Sisi bawah bagian tengah bantalan:

$$\sigma = -\frac{P_{\text{initial}}}{A^2} + \frac{P_{\text{initial}} \cdot e}{wl(b)} \quad \text{dengan } e=1.055$$

$$\sigma = -\frac{18 \times 2270,24}{400,75} + \frac{18 \times 2270,24 \times 1,055}{1206,63}$$

$$= -66,243 \text{ kg/cm}^2$$

## 6. Analisis Tegangan tahap Pratekan Efektif

Sisi atas bagian bantalan bawah lintasan:

$$\sigma = -\frac{P_{\text{efektif}}}{A_1} - \frac{P_{\text{efektif}} \cdot e}{wl(a)} + \frac{M}{wl(a)} \quad \text{dengan } e= 0.135$$

$$\sigma = -\frac{18 \times 1783,76}{456} - \frac{18 \times 1783,76 \times 0,135}{1460,46} + \frac{102.946}{1460,46}$$

$$\sigma = -137,913 \text{ kg/cm}^2 < 200 \text{ kg/cm}^2 (\sigma_{\text{maks}})$$

Sisi bawah bagian bantalan bawah lintasan:

$$\sigma = -\frac{P_{\text{efektif}}}{A_1} + \frac{P_{\text{efektif}} \cdot e}{wl(b)} - \frac{M}{wl(b)} \quad \text{dengan } e= 0.135$$

$$\sigma = \frac{18 \times 1783,76}{456} + \frac{18 \times 1783,76 \times 0,135}{1571,26} - \frac{76.565,66}{1571,26}$$

$$\sigma = -128,32 \text{ kg/cm}^2$$

Sisi atas bagian bantalan tengah bantalan:

$$\sigma = -\frac{P_{\text{efektif}}}{A^2} - \frac{P_{\text{efektif}} \cdot e}{wl(a)} + \frac{M}{wl(a)} \quad \text{dengan } e= 1,055$$

$$\sigma = -\frac{18 \times 1783,76}{400,75} - \frac{18 \times 1783,76 \times 1,055}{1125,35} + \frac{76.565,66}{1125,35}$$

$$\sigma = -57,306 \text{ Kg/cm}^2$$

Sisi bawah bagian bantalan tengah lintasan :

$$\sigma = -\frac{P_{\text{efektif}}}{A^2} + \frac{P_{\text{efektif}} \cdot e}{wl(b)} - \frac{M}{wl(b)} \quad \text{dengan } e= 1,055$$

$$\sigma = -\frac{18 \times 1783,76}{400,75} + \frac{18 \times 1783,76 \times 1,055}{1206,63} - \frac{76.565,66}{1206,63}$$

$$\sigma = -101,4 \text{ Kg/cm}^2$$

## IV. KESIMPULAN

### A. Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan dari pembahasan berdasarkan rumusan masalah tentang hitungan dan Analisis tegangan di reel dan bantalan beton jalan rel lintas Cibatu –Garut Kota, antara lain:

1. Rekonstruksi jalan rel lintas Cibatu – Garut Kota menggunakan rel tipe R.42 dengan tegangan ijin = 1667 kg/cm<sup>2</sup> dan bantalan tipe/jenis bantalan beton dengan tegangan iji tekan = 200 kg/cm<sup>2</sup>
2. Pehitungan analisis pada rel disebabkan oleh beban gandar dan berat lokomotif yang menghasilkan beban dinamis sebesar 12.745,152 Kg
3. Berdasarkan perhitungan, nilai momen yang didapatkan pada bantalan bagian bawah rel adalah sebesar –102945,6151 kg/cm dan pada bagian tengah bantalan sebesar 76565,657 kg/cm
4. Dari analisis tegangan penampang rel akibat beban-beban yang mengacu pada standar pembebanan rel kereta api pada SNI dan Peraturan menteri Perhub republik Indonesia nomor PM.60 tahun 2012 diperoleh hasil Tegangan maksimum yang terjadi pada penampang rel adalah sebesar 168,795 kg/cm<sup>2</sup> (tarik) < Tegangan ijin = 1667 kg/cm<sup>2</sup> dan Tegangan maksimum yang terjadi pada dasar rel adalah sebesar 1.167,943 Kg/cm<sup>2</sup> < Tegangan ijin = 1.476,3 Kg/cm<sup>2</sup>
5. Dari analisa dan perhitungan tegangan dapat disimpulkan bahwa kuat tekan beton bantalan beton tersebut di atas adalah K-500 kg / cm<sup>2</sup>, dan dapat disimpulkan bahwa bantalan beton eksisting masih memenuhi persyaratan Cibatu-Garut. Standar pengoperasian KA Kota.

### B. Saran

Untuk penelitian selanjutnya supaya didapatkan hasil yang lebih baik maka penulis menyarankan Penelitian ini hanya membahas kontruksi bagian atas jalan rel yaitu jenis bantalan dan rel sedangkan bagian bawah rel tidk di bahas maka disarankan untuk pembaca agar melakukan penelitian terhadap kontruksi bagian bawah jalan rel terutama terkait daya dukung tanah dasar.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. H. Jaya, “Evaluasi Struktur Atas Komponen Jalan Rel Berdasarkan Passing Tonnage ( Studi Kasus : Jalan Rel Lintas Tanjung Karang – Bekri ),” *Tapak Vol. 8 No. 1*, 2018.
- [2] W. T. Adi, “Kajian Umur Jalan Rel Berdasarkan Keausan dengan Metode dari AREA dan Perjana,” *J. Perkeretaapi. Indones. (Indonesian Railw. Journal)*, 2019, doi: 10.37367/jpi.v3i2.84.
- [3] Usman and Rachmatsyah, “Kereta Api sebagai Sarana Transportasi Militer Kolonial Belanda dalam Perang Aceh (Suatu Kajian Historis dan Ekonomi di Pantai Timur Aceh Tahun 1900-1942),” 2017.
- [4] R. R. Prihatmanto, U. Widyanto, F. Fauzi, and R. Sadili, “KAJIAN POTENSI PENGGUNA KERETA API PADA JALUR REAKTIVASI CIBATU - GARUT,” *J. Penelit. Sekol. Tinggi Transp. Darat*, 2019, doi: 10.55511/jpsttd.v10i1.79.
- [5] I. Sebastian and F. X. Supartono, “ANALISIS STRUKTUR JEMBATAN GANTUNG SELF-ANCHORED,” *JMTS J. Mitra Tek. Sipil*, 2019, doi: 10.24912/jmts.v2i1.3422.
- [6] RTA Irawati, “Evaluasi Geometrik dan Struktur Jalan Rel Kereta Api pada Stasiun Jember–Rambipuji Dan Arjasa,” *Hexagon*, pp. 1–11, 2016.
- [7] F. H. Jaya, “Evaluasi Struktur Atas Komponen Jalan Rel Berdasarkan Passing Tonnage ( Studi Kasus : Jalan Rel Lintas Tanjung Karang – Bekri ),” *Tapak Vol. 8 No. 1*, vol. 8, no. 1, pp. 33–45, 2018.
- [8] I. Muthohar and N. B. Santoso, “Analisis Distribusi Beban Kereta Api Pada Konstruksi Timbunan Jalur Kereta Api,” *18th FSTPT Int. Symp. Unila, Bandar Lampung, August 28th, 2015*, pp. 1418–1431, 2015.
- [9] A. P. Soares, “濟無No Title No Title,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [10] W. Wahab and S. Afriyani, “Analisis kelayakan konstruksi bagian atas jalan rel dalam kegiatan revitalisasi jalur kereta api lubuk alung-kayu tanam (km 39,699-km 60,038),” *J. Tek. Sipil ITP*, vol. 4, no. 2, pp. 1–8, 2017.
- [11] Ritter, “Struktur Jalan Rel,” pp. 21–26, 1986.

- [12] H. Panjaitan and Sembiring, “Evaluasi Komponen Jalan Rel Berdasarkan Passing Tonnage dan Analisis Kebutuhan Pemeliharaan Tahunan Jalan Rel dengan Analisa Jo Tahun 2011,” *J. Tek. Sipil ITP Vol. 4 No.2 Juli 2017*, vol. 2011, 2011.