

ANALISIS FAKTOR KEAMANAN PADA JEMBATAN KERETA API BH NOMOR 105 KM 49+093 ANTARA STASIUN LUBUKALUNG DAN STASIUN SICINCIN DI DIVRE 2 SUMATERA BARAT

Dicky Arisikam¹⁾, Heru Kuswanto²⁾, Muhammad Arifudin³⁾, Alya Ramadianisa⁴⁾

¹⁾²⁾³⁾Direktorat Prasarana, PT. Kereta Api Indonesia (Persero)

⁴⁾Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada

Email : dicky.arisikam@kai.id¹⁾, heru.kuswanto@kai.id²⁾, muhammad.arifudin@kai.id³⁾,
alyaramadianisa21@mail.ugm.ac.id⁴⁾

Abstrak

Salah satu struktur pada jalan rel bermacam-macam salah satunya adalah jembatan. Pada jembatan kereta api terdapat beban-beban yang diperhitungkan. Beban tersebut dikelompokkan menjadi tiga yaitu beban sendiri gelagar, beban mati tambahan, dan beban hidup. Lokomotif dan gerbong memiliki beban gandar dan jarak gandar yang berbeda-beda, sehingga ada perubahan gaya yang bekerja pada struktur jalan relnya. Saat ini pembebanan kereta api direncanakan berdasarkan skema Rencana Muatan (RM) 1921. Pada jembatan BH Nomor 105 yang menghubungkan Stasiun Lubukalung dengan Stasiun Sicincin dilewati oleh lokomotif BB 303 dan gerbong tertutup, dilakukan analisis pembebanan dengan penentuan beban gandar dan jarak gandar pada bentang 50 m. Lalu dapat dibandingkan perhitungan pembebanan dengan skema RM 1921 dan RM Sumbar. Diperlukan pengecekan kapasitas seluruh elemen struktur jembatan terhadap pembebanan yang berlaku. Didapat nilai hasil perhitungan faktor aman pembebanan eksisting dengan skema RM 1921 untuk reaksi maksimum sebesar 2,353 dan momen maksimum 2,32. Dengan skema RM Sumbar untuk reaksi maksimum sebesar 0,8365 dan momen maksimum 0,74125. Dengan ini menunjukkan bahwa tercapainya faktor aman lebih dari 1,5 untuk perhitungan faktor aman pembebanan eksisting dengan skema RM 1921. Sedangkan nilai faktor aman lendutan maksimum untuk skema RM 1921 sebesar 0,005, RM Sumbar 0,005, dan pembebanan eksisting 0,0667. Diidentifikasi hasil perhitungan lebih kecil dari nilai faktor aman maksimumnya sehingga memenuhi syarat.

Kata kunci: Pembebanan, Rencana Muatan, Faktor Aman

Abstract

One of the structures on various railroads, of which is a bridge. On the railway bridge, there are calculated loads. The load is divided into three, namely the girder self-load, additional dead load, and live load. Locomotives and wain have different axle loads and axle distances, so there is a change in the forces acting on the rail structure. Currently, the planned train loading is based on the 1921 Load Plan (RM) scheme. On the bridge BH No. 105 which connects Lubukalung Station with Sicincin is passed by BB 303 locomotive and closed wain, loading analysis is carried out by making axle loads and axle distances on a span of 50 m. Then we can compare the calculation of the load with the RM 1921 and RM Sumbar scheme, it is necessary to check the capacity of the entire bridge structure against the applicable loading. Obtained the value of the calculation of the safety factor of the existing loading with the RM 1921 scheme for a maximum reaction is 2,353 and a maximum moment is 2,32. With the RM Sumbar scheme, a maximum reaction is 0.8365 and a maximum moment is 0.74125. This shows the achievement of a safety factor of more than 1.5 for the calculation of the safety factor of the existing loading with the RM 1921 scheme. While the maximum displacement safety factor value for the RM 1921 scheme is 0.005, West Sumatra RM 0.005, and the existing charge is 0.0667. Based on the calculation

results, it is smaller than the maximum safety factor value that meets the requirements.

Keywords: Loading, Loading Plan, Safety Factor

I. PENDAHULUAN

Jembatan merupakan struktur yang dibuat untuk menyeberangi jurang atau rintangan seperti sungai, rel kereta api ataupun jalan raya. Karna kegunaannya sangat penting, maka dibutuhkan struktur yang kuat dan menjamin keamanan dan keselamatan penggunaannya. Selain itu, jembatan menjadi penentu beban maksimum kendaraan yang lewat. Dalam jaringan kereta api pun tidak luput dari adanya bangunan jembatan kereta api yang menghubungkan dua wilayah yang terputus dan perlu adanya perbaikan dan pemeliharaan.

Pada jembatan kereta api terdapat beban-beban yang diperhitungkan. Beban tersebut dikelompokkan menjadi tiga yaitu beban sendiri gelagar, beban mati tambahan, dan beban hidup. Beban hidup yang digunakan adalah beban gandar terbesar sesuai rencana sarana perkeretaapian yang diopersikan atau skema dari rencana muatan. Pada Rencana Muatan (RM) 1921, beban dapat dihitung dengan jarak tertentu dengan besar 18 ton. Pada Rencana Muatan (RM) Sumbar beban dapat dihitung juga dengan jarak tertentu dengan beban 7 dan 9 ton.

Pada suatu titik tertentu pada jembatan gelagar memanjang akan menimbulkan gaya dalam seperti gaya momen dan lintang yang berubah besarnya tergantung dari letak rangkaian kereta api. Akan tetapi, kondisi eksisting beban gandar dan jarak gandar tidak sesuai dengan RM 1921. Akan tetapi, kondisi eksisting beban gandar dan jarak gandar tidak sesuai dengan RM 1921. Maka perlu diadakan penelitian untuk analisa faktor aman pembebanan kereta api yang melintas dengan pembebanan rencana.

Pada jembatan BH Nomor 105 yang menghubungkan Stasiun Lubukalung dengan Stasiun Sicincin dilewati oleh lokomotif jenis BB 303 dan gerbong tertutup. Pada penulisan ini, penulis menggunakan sumber Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 tahun 2012 dengan menggunakan skema RM 1921 dan skema RM Sumbar. Dengan data yang dimiliki maka dapat dilakukan dengan studi awal. Data yang dipakai pada

konsisi eksisting yaitu dengan memakai beban lokomotif dan gerbong yang melewati jembatan BH 105 dan data pembandungnya berdasarkan skema pembebanan yang dipakai.

II. METODE PENELITIAN

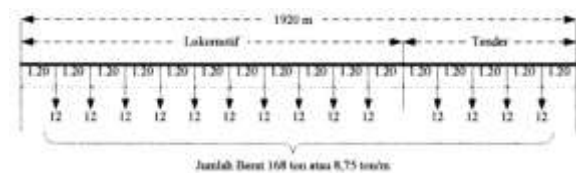
Jembatan kereta api memiliki fungsi untuk mengakomodir beban lalu lintas kereta api yang melintasi permukaan lantai jembatan (Nuranita, B., 2019). Jembatan kereta api harus didesain dapat menahan berbagai macam beban. Beban mati, beban hidup, beban kejut, beban horizontal, beban gempa, dan beban angin harus diperhatikan. Untuk perencanaan beban kereta api termuat dalam PM 60 Tahun 2012.

Secara umum kontruksi sipil selalu dibebani oleh beban mati (muatan tetap) dan beban hidup (muatan bergerak) Pada kereta api beban hidup yang digunakan adalah beban gandar terbesar sesuai rencana sarana perkeretaapian yang di operasikan atau skema dari rencana muata. Beban gandar sendiri adalah beban yang diterima oleh jalan rel dari satu gandar.

- A. Beban gandar untuk lebar jalan rel 1067 mm pada semua kelas jalur maksimum sebesar 18 ton.
- B. Beban gandar untuk lebar jalan rei 1435 mm pada semua kelas jalur maksimum sebesar 22,5 ton.

Pada penelitian ini, sekam muatan dengan muatan gerak dianggap susunan lokomotif yang di analisis menggunakan :

- a. RM 1921 sebagai berikut.



Gambar 1. Skema RM 1921

b. RM Sumbar



Gambar 2. Skema RM Sumbar

Analisis pembebanan dilakukan dengan menggunakan program SAP2000. Struktur dimodelkan sebagai beam element dengan hasil analisis ditinjau dari reaksi, momen, dan lendutan maksimum pada batang.

Menghitung faktor aman perbandingan pembebanan rencana dengan pembebanan nominal :

$$Pd = Pn \times SF$$

dengan:

Pd = Pembebanan rencana (RM 1921/ ton-m)

Pn = Pembebanan nominal (beban kereta api eksisting/ ton- m)

F = Faktor Aman (%)

Menghitung faktor aman perbandingan momen rencana dengan momen nominal :

$$Md = Mn \times SF$$

dengan:

Md = Momen rencana (RM 1921/ ton-m)

Mn = Momen nominal (momen kereta api eksisting/ ton- m)

SF = Faktor Aman (%)

Menghitung faktor aman perbandingan reaksi rencana dengan reaksi nominal :

$$Rd = Rn \times SF$$

dengan:

Rd = Reaksi rencana (RM 1921/ ton-m)

Rn = Reaksi nominal (reaksi kereta api eksisting/ton-m)

SF = Faktor Aman (%)

Menghitung faktor aman lendutan maksimum rencana sesuai PM 60 Tahun 2012 :

$$\delta d = \frac{1}{1000} \times L$$

Untuk standar pada PM 60 Tahun 2012

$$\delta n = \frac{1}{750} \times L$$

dengan:

δd = Faktor aman nilai lendutan maksimum rencana (RM 1921 dan RM Sumbar/ ton-m)

δn = Faktor aman nilai lendutan maksimum nominal (ton-m)

L = Panjang bentang (m)

Setelah perhitungan dilakukan dapat di analisis perbedaan pembebanan keadaan eksisting dengan RM 1921 dan RM Sumbar pada bentang yang sama.

III. HASIL ANALISIS

Secara umum metodologi pada kajian ini antara lain:

- Studi literatur.
- Mengumpulkan data batang dan lokasi jembatan.
- Memodelkan pembebanan menggunakan software SAP2000.
- Melakukan analisis perbandingan pembebanan, momen, reaksi, dan lendutan pada skema RM 1921, RM Sumbar, dan keadaan eksisting pada jembatan BH No. 105.
- Menghitung faktor aman dari segi pembebanan, momen, reaksi, dan lendutan.

3.1 Data

Jembatan kereta api yang menjadi objek dalam penelitian ini sebagai berikut.

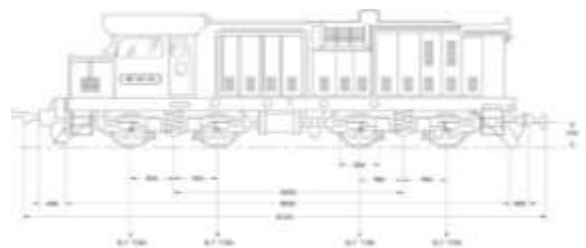
Jenis bentang	: Hulu
Petak jembatan	: Lubukalung – Sicincin
BH/KM	: BH 105 / 49+ 093
Panjang bentang	: 50 m
Jenis jembatan	: Dinding Rangka Tertutup
Jenis lokomotif	: Lok. BB 303
Jenis gerbong	: Gerbong Tertutup

Spesifikasi Lokomotif BB 303

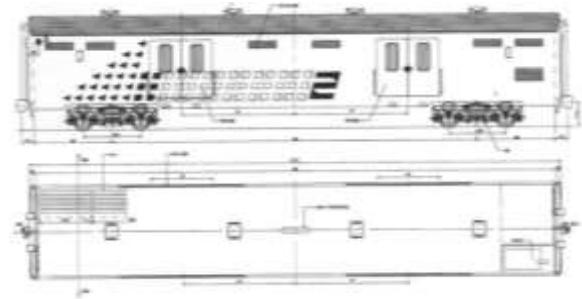
Panjang lokomotif	: 12,320 m
Jarak antar bogie	: 5,8 m
Jarak antar gandar 1-2	: 2,2 m
Jumlah gandar	: 4 buah
Beban maksimum	: 42,8 ton

Spesifikasi Gerbong Tertutup

Panjang Gerbong	: 20,920 m
Jarak antar bogie	: 14 m
Jarak antar gandar	: 2,2 m
Jumlah gandar	: 4 buah
Beban maksimum	: 56 ton



Gambar 3. Dimensi Lok. BB 303



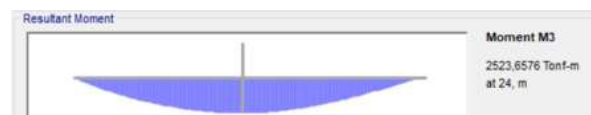
Gambar 4. Dimensi Gerbong Tertutup

3.2 Analisis Pembebanan Skema RM 1921 Bentang 50 m

Berdasarkan pemodelan dan input pembebanan dengan skema RM 1921 menggunakan software SAP2000, diperoleh nilai reaksi maksimum yang sama besarnya pada tumpuan kiri dan tumpuan kanan sebesar 222,152 ton dan momen maksimum pada jarak 24 m dari tumpuan kiri sebesar 2523,6576 tonf.m. Diperoleh juga hasil lendutan maksimum pada tumpuan jarak 24,8 m sebesar $1,617 \times 10^{-8}m$.



Gambar 5. Reaksi Tumpuan Akibat Pembebanan dengan Skema RM 1921



Gambar 6. Momen Tumpuan Akibat Pembebanan dengan Skema RM 1921



Gambar 7. Lendutan Tumpuan Akibat Pembebanan dengan Skema RM 1921

3.3 Analisis Pembebanan Skema RM Sumbar Bentang 50 m

Berdasarkan pemodelan dan input pembebanan beban eksisting menggunakan software SAP2000, diperoleh nilai reaksi maksimum pada tumpuan kiri sebesar 78,9524 ton, momen maksimum pada jarak 24,75 m dari tumpuan kiri sebesar 805,0719 tonf-m, dan lendutan maksimum pada jarak 24,75 m dari tumpuan kiri sebesar $5,289 \times 10^{-9}m$.



Gambar 8. Reaksi Tumpuan Akibat Pembebanan dengan Skema RM Sumbar



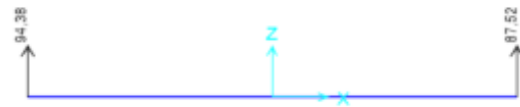
Gambar 9. Momen Tumpuan Akibat Pembebanan dengan Skema RM Sumbar



Gambar 10. lendutan Tumpuan Akibat Pembebanan dengan Skema RM Sumbar

3.4 Analisis Pembebanan Eksisting Pada Jembatan BH Nomor 105

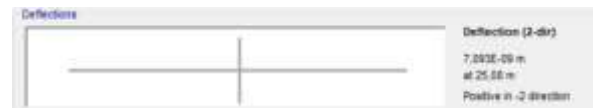
Berdasarkan pemodelan dan input pembebanan beban eksisting menggunakan software SAP2000, diperoleh nilai reaksi maksimum pada tumpuan kanan sebesar 87,52 ton, momen maksimum pada jarak 24,64 m dari tumpuan kiri sebesar 1086,098 tonf-m, dan lendutan maksimum pada jarak 25,08 m dari tumpuan kiri sebesar $7,093 \times 10^{-9}$.



Gambar 11. Reaksi Tumpuan Eksisting Akibat Pembebanan



Gambar 12. Momen Tumpuan Eksisting Akibat Pembebanan



Gambar 13. Lendutan Tumpuan Eksisting Akibat Pembebanan

3.5 Analisis Faktor Aman

- a. Pembebanan skema RM 2191 dengan pembebanan eksisting

- 1) Reaksi

$$Rd = Rn \times Sf$$

$$222,1524 = 94,3826 \times Sf$$

$$Sf = 2,35374$$

Dapat disimpulkan $Sf > 1,5$

- 2) Momen

$$Md = Mn \times Sf$$

$$2523,6576 =$$

$$1086,0982 \times Sf$$

$$Sf = 2,326$$

Dapat disimpulkan $Sf > 1,5$

- 3) Lendutan

$$\delta d = \frac{1}{1000} \times L$$

$$\delta d = \frac{1}{1000} \times 50$$

$$\delta d = 0,005$$

Diketahui nilai lendutan maksimum sebesar $1,617 \times 10^{-8}m$. Sehingga nilai lebih kecil dari nilai maksimum nilai faktor amanya.

- b. Pembebanan skema RM Sumbar dengan pembebanan eksisting

- 1) Reaksi

$$R_d = R_n \times S_f$$

$$78,9524 = 94,3826 \times S_f$$

$$S_f = 0,836514$$

- 2) Momen

$$M_d = M_n \times S_f$$

$$805,0719 =$$

$$1086,0982 \times S_f$$

$$S_f = 0,741251$$

- 3) Lendutan

$$\delta_d = \frac{1}{1000} \times L$$

$$\delta_d = \frac{1}{1000} \times 50$$

$$\delta_d = 0,005$$

Diketahui nilai lendutan maksimum sebesar $5,289 \times 10^{-9}m$. Sehingga nilai lebih kecil dari nilai maksimum nilai faktor amanya.

- 4) Lendutan Nominal

$$\delta_n = \frac{1}{750} \times L$$

$$\delta_n = \frac{1}{750} \times 50$$

$$\delta_n = 0,0667$$

Diketahui nilai lendutan maksimum sebesar $7,093 \times 10^{-9}$. Sehingga nilai lebih kecil dari nilai maksimum nilai faktor amanya.

IV KESIMPULAN DAN SARAN

Faktor aman paling ideal terdapat pada bentang 60. Pada bentang 60 faktor aman untuk reaksi sebesar 178,13 % (1,78), untuk momen sebesar 182,08 % (1,82), dan untuk lendutan sebesar. Sehingga dapat disimpulkan beban hidup yang melintasi jembatan BH

No 998 pda bentang 60 sudah memenuhi SNI dengan faktor aman lebih dari 1,5.

REFERENSI

Menteri Perhubungan, 2012, “Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api”, Jakarta.

Departemen Perhubungan Dirjen Perkeretaapian, 2006, “Standar Teknis Kereta Api Indonesia untuk Jembatan Struktur Baja”, Jakarta

Maulana, A., & Kusumawardani, R. (2020). Uji Durabilitas Jembatan Kereta Api dengan Menggunakan Analisis Mikrotremor. *Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, 13(2), 54–59. <https://doi.org/10.23917/dts.v13i2.13055>

Muspitasari, T., Sulistyowati, I., Studi, P., Sipil, T., & Trisakti, U. (2017). *Evaluasi Peraturan Pembebanan Gandar Kereta Api Di Pulau Jawa Terhadap Kondisi Eksisting*. 14(3), 182–187.

Prasetyo, A. E., & Hadi, F. (2013). Analisis Pemindahan Moda Angkutan Barang di Jalan Raya Pantura Pulau Jawa(Studi kasus: Koridor Surabaya – Jakarta). *TEKNIK POMITS*, 2(1), 6.

Rifni, M., & Prasetya, O. (2016). *Kereta Api Logistik*. 405–419