

# ANALISIS SAFETY FACTOR BH 915 DENGAN PEMBEBANAN RM 1921 DAN EKSISTING TERHADAP DESAIN AWAL JEMBATAN

Dicky Arisikam<sup>1)</sup>, Heru Kuswanto<sup>2)</sup>, Muhammad Arifudin<sup>3)</sup>, Trina Marlina Nurochimah<sup>4)</sup>

<sup>1)2)3)</sup>Direktorat Prasarana, PT. Kereta Api Indonesia (Persero)

<sup>4)</sup>Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri

Email : dicky.arisikam@kai.id<sup>1)</sup>, heru.kuswanto@kai.id<sup>2)</sup>, muhammad.arifudin@kai.id<sup>3)</sup>, trina.marlina.tppg18@polban.ac.id<sup>4)</sup>

## Abstrak

BH 915 merupakan jembatan dengan dua bentang yang berlokasi di km 396+427 antara Stasiun Muaraenim-Muaralawai Divre III Palembang. Panjang bentang jembatan tersebut adalah 25 m dan 50 m dengan desain awal berdasarkan RM Bukit Asam. Setiap jembatan akan mengalami penurunan kondisi disebabkan oleh pertambahan umur, beban operasional, dan kondisi lingkungan. Analisis penurunan ini tidak bisa hanya dilakukan dengan prosedur inspeksi yang menghasilkan nilai kualitatif, tetapi juga diperlukan nilai kuantitatif. Oleh karena itu, pada pembahasan karya tulis ini membahas mengenai analisis nilai *safety factor* pada jembatan BH 915 akibat pembebanan dengan kombinasi beban mati dan beban hidup berupa RM 1921 dan Eksisting dengan perbandingan terhadap desain awal jembatan yang menggunakan pembebanan RM Bukit Asam.

Dari hasil analisis, BH 915 bentang 25 m pada kondisi normal memiliki nilai *safety factor* 0.91 ketika dibebani RM 1921, 1.25 ketika dibebani lokomotif-lokomotif, 1.58 ketika dibebani lokomotif-gerbong, dan 1.92 ketika dibebani gerbong-gerbong. BH 915 bentang 50 m pada kondisi normal memiliki nilai *safety factor* 0.89 ketika dibebani RM 1921, 1.31 ketika dibebani lokomotif-lokomotif, 1.71 ketika dibebani lokomotif-gerbong, dan 1.96 ketika dibebani gerbong-gerbong. Ketika diasumsikan mutu jembatan berkurang 25% (momen meningkat 25%), nilai *safety factor* mengalami penurunan sebesar 20%.

Kata kunci: momen, lintang, *safety factor*

## Abstract

*BH 915 is a two-span bridge located at km 396+427 between Stasiun Muaraenim-Muaralawai Divre III Palembang. The span length of the bridge is 25 m and 50 m with the initial design based on RM Bukit Asam. Each bridge will experience a decrease in condition due to increasing age, operating expenses, and environmental conditions. This degradation analysis cannot only be carried out with inspection procedures that produce qualitative values, but also requires quantitative values. Therefore, in the discussion of this paper, it discusses the analysis of the value of the safety factor on the BH 915 bridge due to loading with a combination of dead load and live load in the form of RM 1921 and Existing with a comparison to the initial design of the bridge using RM Bukit Asam loading.*

*From the results of the analysis, BH 915 with a span of 25 m under normal conditions has a safety factor value of 0.91 when loaded with RM 1921, 1.25 when loaded with locomotives, 1.58 when loaded with locomotives, and 1.92 when loaded with carriages. BH 915 with a span of 50 m under normal conditions has a safety factor value of 0.89 when loaded with RM 1921, 1.31 when loaded with locomotives, 1.71 when loaded with locomotives, and 1.96 when loaded with carriages. When it is assumed that the quality of the bridge is reduced by 25% (moment increases by 25%), the value of the safety factor has decreased by 20%.*

*Keywords: moment, latitude, safety factor,*

## I. PENDAHULUAN

Ketersediaan infrastruktur adalah salah satu faktor penting dalam perkembangan ekonomi suatu negara (Nugroho, 2007). Menurut Sriastuti (2015), kereta api merupakan transportasi dengan jumlah angkutan berskala besar. Hal tersebut menjadikan kereta api menjadi salah satu penyokong perekonomian untuk negara. Sama seperti perencanaan *reinvestment* pada jalur kereta api wilayah Sumatera, hal tersebut bertujuan untuk meningkatkan jumlah angkutan barang per tahun sehingga dapat meningkatkan penghasilan. Maka perlu adanya perawatan yang baik untuk infrastruktur jalur kereta api, diantaranya adalah jembatan kereta api.

BH 915 merupakan jembatan dengan dua bentang yang berlokasi di km 396+427 antara Stasiun Muaraenim-Muaralawai Divre III Palembang. Panjang bentang jembatan tersebut adalah 25 m dan 50 m dengan desain awal berdasarkan RM Bukit Asam. Setiap jembatan akan mengalami penurunan kondisi disebabkan oleh penambahan umur, beban operasional, dan kondisi lingkungan. Analisis penurunan ini tidak bisa hanya dilakukan dengan prosedur inspeksi yang menghasilkan nilai kualitatif, tetapi juga diperlukan nilai kuantitatif. Oleh karena itu, pada pembahasan karya tulis ini membahas mengenai analisis nilai *safety factor* pada jembatan BH 915 untuk mengetahui prioritas peningkatan mutu jembatan yang harus dilakukan.

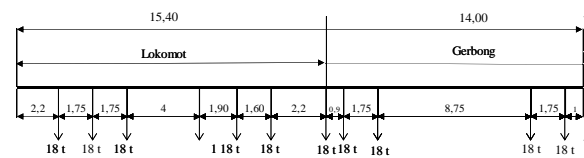
Tujuan dari penulisan karya tulis ini adalah untuk mengetahui nilai *safety factor* jembatan akibat pembebanan dengan kombinasi beban mati dan beban hidup berupa RM 1921 dan Eksisting dengan perbandingan terhadap desain awal jembatan yang menggunakan pembebanan RM Bukit Asam. Perbandingan dilakukan secara *apple to apple* terhadap nilai momen dari hasil analisis *software* SAP2000 yang terjadi pada bentang jembatan akibat pembebanan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Tertulis dalam Voorschriften voor het ontwerpen van Stalen Bruggen (VOSB 1963) bahwa pembebanan vertikal pada jembatan terdiri dari beban mati, beban hidup muatan gerak, dan beban salju. Beban mati merupakan beban terbagi rata yang diakibatkan oleh material-material penyusun jembatan dan lintasan kereta api. Sedangkan beban hidup

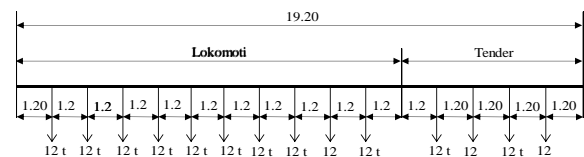
muatan gerak adalah beban-beban terpusat dan terbagi rata yang memenuhi seluruh bentang jembatan. Muatan bergerak diambil sedemikian rupa untuk menimbulkan pembebanan yang mendekati nilai pembebanan akibat lalu lintas yang sebenarnya.

Pada pembangunan jembatan di Wilayah Sumatera, RM Bukit Asam digunakan sebagai pembebanan fiktif dalam perencanaan jembatan karena berdasarkan perhitungan adalah yang paling mendekati kondisi pembebanan eksisting. Skema RM Bukit Asam dapat dilihat pada Gambar 1 .



Gambar 1 Skema Rencana Muatan Bukit Asam

Berdasarkan PM 60 Tahun 2012, tertulis bahwa RM 1921 digunakan sebagai beban hidup fiktif yang paling mendekati lalu lintas eksisting dalam perencanaan jembatan, dengan skema seperti pada Gambar 2 .



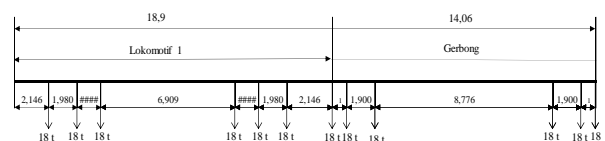
Gambar 2 Skema Rencana Muatan 1921

Sedangkan skema pembebanan eksisting dapat dilihat pada Gambar 3 . dengan spesifikasi sebagai berikut.

Tipe lokomotif : C205

Tipe gerbong : KKBW

Susunan : lokomotif-lokomotif-60 gerbong



Gambar 3 Skema Gandar KA Eksisting

Selain pembebanan hidup, beban mati yang diperhitungkan terdiri dari beban rel dan beban bantalan dengan spesifikasi sebagai berikut.

- a. Tipe rel R54  
Berat : 54 kg/m
- b. Tipe bantalan beton  
Berat : 100,8 kg/m  
Jarak : 0,6 m

Panjang bentang : 25 m dan 50 m  
Lebar Jembatan : 1.5 m

### III. ANALISIS

Langkah pelaksanaan analisis pada jembatan BH 915 adalah sebagai berikut.

1. Mengumpulkan data.
2. Meng-input pembebanan.
3. Menganalisis momen akibat pembebanan.
4. Menghitung nilai SF terhadap momen pembebanan dengan RM BA.

#### III.1 Data

Objek yang akan dianalisis adalah BH 915 dapat dilihat pada Gambar 4 dengan detail informasi sebagai berikut.



Gambar 4 Lokasi BH 915

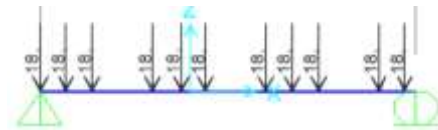
- Nomor BH : 915
- Lokasi : km 396+427
- Petak stasiun : Muaraenim – Muaralawai
- Divre : III Palembang
- Tipe jembatan : dinding rangka
- No. tipe jembatan: B872, B 880
- Jumlah bentang : 2 bentang

#### III.2 Pembebanan

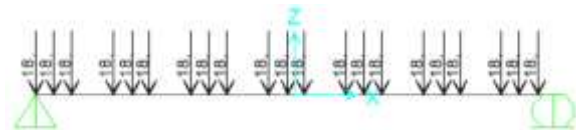
Pembebanan berdasarkan skema Rencana Muatan dan KA Eksisting adalah sebagai berikut.

##### a. RM Bukit Asam

Pembebanan RM Bukit Asam pada jembatan bentang 25 m dapat dilihat pada Gambar 5 dan pada bentang jembatan 50 m seperti pada Gambar 6.



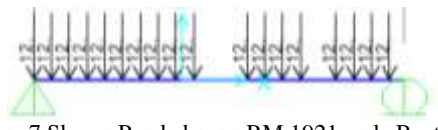
Gambar 5 Skema Pembebanan RM BA pada Bentang 25 m



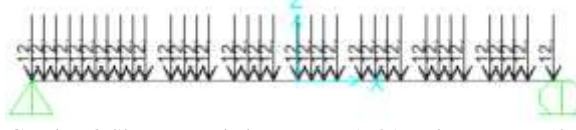
Gambar 6 Skema Pembebanan RM BA pada Bentang 50 m

##### b. RM 1921

Pembebanan RM 1921 pada jembatan bentang 25 m dapat dilihat pada Gambar 7 dan pada bentang jembatan 50 m seperti pada Gambar 8.



Gambar 7 Skema Pembebanan RM 1921 pada Bentang 25m



Gambar 8 Skema Pembebanan RM 1921 pada Bentang 50m

##### c. KA Eksisting

Pembebanan KA Eksisting dibagi menjadi 3 analisis, yaitu posisi Lokomotif-Lokomotif seperti Gambar 9 dan 10, Lokomotif-Gerbong seperti pada Gambar 11 dan 12, dan Gerbong-Gerbong seperti Gambar 13 dan 14.





## 2. Lokomotif-Gerbong

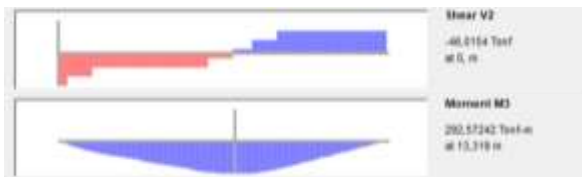
Momen maksimum yang terjadi pada jembatan akibat pembebanan Lokomotif-Gerbong pada bentang 25 m adalah 353,98 ton.m dan reaksi maksimum adalah 60,58 ton. Diagram gaya dalam momen dan lintang pada jembatan bentang 25 m dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 18 Gaya Dalam Lintang dan Momen Akibat Beban Loko-Gerbong (L=25 m)

## 3. Gerbong-Gerbong

Momen maksimum yang terjadi pada jembatan akibat pembebanan Lokomotif-Gerbong pada bentang 25 m adalah 292,57 ton.m dengan reaksi maksimum 46,02 ton. Diagram gaya dalam momen dan lintang pada jembatan bentang 25 m dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19 Gaya Dalam Lintang dan Momen Akibat Beban Gerbong-Gerbong (L=25 m)

### III.4 Analisis BH 915 Bentang 50 m

Hasil analisis pada kondisi normal pada BH 915 bentang 50 m dengan menggunakan *software* SAP2000 adalah sebagai berikut.

#### a. RM Bukit Asam

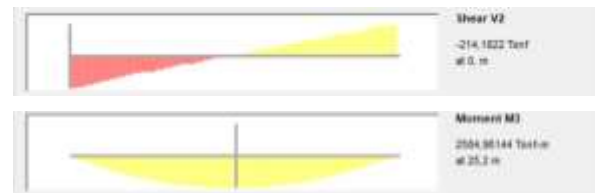
Momen maksimum yang terjadi pada jembatan bentang 50 m adalah 2307,0 ton.m dan reaksi maksimum 187,24 ton. Diagram gaya dalam momen dan lintang pada jembatan bentang 25 m dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20 Gaya Dalam Lintang dan Momen Akibat RM BA (L=50 m)

#### b. RM 1921

Momen maksimum yang terjadi pada jembatan akibat RM 1921 pada bentang 50 m adalah 2586,96 ton.m dengan reaksi maksimum 214,18 ton. Diagram gaya dalam momen dan lintang pada jembatan bentang 50 m dapat dilihat pada Gambar 21.



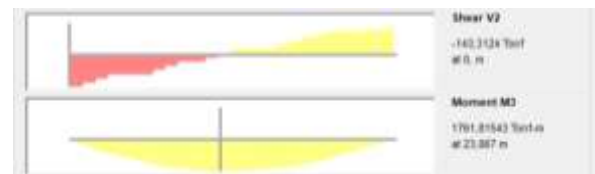
Gambar 21 Gaya Dalam Lintang dan Momen Akibat RM 1921 (L=50 m)

#### c. KA Eksisting

Berikut merupakan momen dan lintang maksimum akibat pembebanan KA Eksisting.

##### 1. Lokomotif-Lokomotif

Momen maksimum yang terjadi pada jembatan bentang 50 m adalah 1761,82 ton.m dan reaksi maksimum 143,312 ton. Diagram gaya dalam momen dan lintang pada jembatan bentang 25 m dapat dilihat pada Gambar 22.



Gambar 22 Gaya Dalam Lintang dan Momen Akibat Beban Loko-Loko (L=50 m)

##### 4. Lokomotif-Gerbong

Momen maksimum yang terjadi pada jembatan akibat pembebanan Lokomotif-Gerbong pada bentang 50 m adalah 1350,67 ton.m dengan reaksi maksimum 125,909 ton. Diagram gaya dalam momen dan lintang

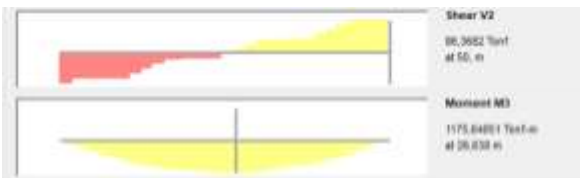
pada jembatan bentang 50 m dapat dilihat pada Gambar 23.



Gambar 23 Gaya Dalam Lintang dan Momen Akkibat Beban Lokomotif-Gerbong (L=50 m)

### 5. Gerbong-Gerbong

Momen maksimum yang terjadi pada jembatan akibat pembebanan Lokomotif-Gerbong pada bentang 25 m adalah 1175,65 ton.m dengan reaksi maksimum 86,368 ton. Diagram gaya dalam momen dan lintang pada jembatan bentang 50 m dapat dilihat pada Gambar 24.



### III.5 Nilai Safety Factor Bentang 25 m

Nilai *safety factor* dari hasil pembebanan dihitung dari perbandingan gaya-gaya yang terjadi akibat pembebanan RM 1921 dan KA eksisting terhadap momen akibat pembebanan RM Bukit Asam. Nilai *safety factor* pada BH 915 bentang 25 m dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Nilai SF pada Bentang 25 m

Pembebanan	M <sub>max</sub> (ton.m)	R <sub>max</sub> (ton)	SF
RM Bukit Asam	561,04	94,55	
RM 1921	613,71	105,18	0,91
Eksisting (Loko - Loko)	450,34	91,50	1,25
Eksisting (Loko - Gerbong)	353,98	60,58	1,58
Eksisting (Gerbong - Gerbong)	292,57	46,02	1,92

Berdasarkan nilai SF di atas, desain jembatan BH 915 bentang 25 m tidak mampu menahan pembebanan RM 1921 karena SF yang dicapai kurang dari 1. Akan tetapi jembatan masih memiliki nilai SF lebih dari 1 ketika dibebani oleh KA eksisting, artinya konstruksi masih aman.

Jika diasumsikan jembatan mengalami penurunan mutu sebesar 25% (peningkatan momen sebesar 25%) maka nilai SF menjadi seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Nilai SF pada Bentang 25 m Kondisi 75%

Pembebanan	M <sub>max</sub> (ton.m)	R <sub>max</sub> (ton)	SF
RM 1921	767,14	131,48	0,731
Eksisting (Loko - Loko)	562,92	114,38	0,997
Eksisting (Loko - Gerbong)	442,48	75,73	1,268
Eksisting (Gerbong - Gerbong)	365,72	57,52	1,534

Penurunan mutu yang terjadi seiring dengan penurunan nilai SF pada bentang jembatan. Nilai SF akibat pembebanan RM 1921 menjadi 0,73 dari 0,91 dan nilai SF dengan pembebanan KA eksisting Lokomotif-Lokomotif adalah 0,997 atau kurang dari 1 artinya jembatan dengan pembebanan tersebut kurang aman.

### III.6 Analisis Nilai Safety Factor Bentang 50 m

Nilai *safety factor* pada BH 915 bentang 50 m dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Nilai SF pada Bentang 50 m

Pembebanan	M <sub>max</sub> (ton.m)	R <sub>max</sub> (ton)	SF
RM Bukit Asam	2307,05	187,24	
RM 1921	2586,96	214,18	0,89
Eksisting (Loko - Loko)	1761,82	143,31	1,31
Eksisting (Loko - Gerbong)	1350,67	125,91	1,71
Eksisting (Gerbong - Gerbong)	1175,65	86,37	1,96

Dari perbandingan nilai SF, desain jembatan BH 915 bentang 50 m juga mampu menahan pembebanan RM 1921 karena SF yang dicapai kurang dari 1, tetapi jembatan aman ketika diberi pembebanan KA eksisting.

Jika diasumsikan jembatan mengalami penurunan mutu sebesar 25% (peningkatan momen sebesar 25%) maka nilai SF menjadi seperti pada Tabel 4.

Tabel 4 Nilai SF pada Bentang 25 m Kondisi 75%

Pembebanan	M <sub>max</sub> (ton.m)	R <sub>max</sub> (ton)	SF
RM 1921	3233,70	267,73	0,71
Eksisting (Loko - Loko)	2202,27	179,14	1,05
Eksisting (Loko - Gerbong)	1688,34	157,39	1,37
Eksisting (Gerbong - Gerbong)	1469,56	107,96	1,57

Penurunan mutu yang terjadi seiring dengan penurunan nilai SF pada bentang jembatan. Nilai SF

akibat pembebanan RM 1921 menjadi 0,71 dari 0,89 dan nilai SF dengan pembebanan KA eksisting Lokomotif-Lokomotif mendekati 1.

#### IV. SIMPULAN DAN SARAN

##### IV.1 Simpulan

Dari hasil analisis penulis menarik tiga kesimpulan, yaitu:

- Desain jembatan BH 915 bentang 25 m dan 50 m tidak aman ketika diberi pembebanan RM 1921.
- BH 915 bentang 25 m pada kondisi normal memiliki nilai *safety factor* 0.91 ketika dibebani RM 1921, 1.25 ketika dibebani lokomotif-lokomotif, 1.58 ketika dibebani lokomotif-gerbong, dan 1.92 ketika dibebani gerbong-gerbong.
- BH 915 bentang 50 m pada kondisi normal memiliki nilai *safety factor* 0.89 ketika dibebani RM 1921, 1.31 ketika dibebani lokomotif-lokomotif, 1.71 ketika dibebani lokomotif-gerbong, dan 1.96 ketika dibebani gerbong-gerbong.
- Ketika diasumsikan mutu jembatan berkurang 25% (momen meningkat 25%), nilai *safety factor* mengalami penurunan sebesar 20%.

##### IV.2 Saran

Pemodelan di SAP2000 lebih baik dibuat sesuai dengan kondisi sebenarnya, sehingga akan terlihat titik lemah dari struktur. Selain itu, perlu dilakukan analisis perkuatan pada BH 915 agar mampu dibebani dengan pembebanan RM 1921.

#### REFERENSI

- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2012). Peraturan Menteri Nomor 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api. PM. 60 Tahun 2012,1–57.
- Nugroho, Agus. (2007). Evaluasi Kondisi Jembatan Kereta Api Bentang Tunggal. Yogyakarta.
- PT Kereta Api Indonesia. (1986). Peraturan Dinas 10 PJKA Tahun 1986 tentang Perencanaan Konstruksi Jalan Rel dan Penjelasan

Peraturan Perencanaan Konstruksi Jalan Rel.

PT Kereta Api Indonesia. (2020). Laporan Tahunan dan Laporan Triwulan. [https://www.kai.id/static/annual-report/annual\\_report\\_2020.pdf](https://www.kai.id/static/annual-report/annual_report_2020.pdf)

Sub Direktorat Jembatan Kantor Pusat Bandung. tt. Rencana Muatan. Bandung: PT Kereta Api Indonesia (Persero).

Sugito. (2012). Modul SAP2000 15.0 Berdasarkan SNI 1726-2002 dan Beta 12-7-2012. Yogyakarta.

Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. (1980). Peraturan-Peraturan untuk Merencanakan Jembatan Konstruksi Baja. Bandung.