

## **PERBANDINGAN RANGKA JEMBATAN TIPE WARREN DAN TIPE PRATT PADA JEMBATAN BRANTAS**

**Adi Nugroho Santoso<sup>1</sup>, Sumaidi<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur  
Email: adinugrohosantoso200@gmail.com

### **ABSTRAK**

Jembatan merupakan fasilitas penghubung suatu wilayah yang berfungsi untuk fasilitas penunjang ekonomi wilayah tersebut. Jembatan memiliki fungsi krusial disuatu wilayah untuk melakukan aktifitas dan pekerjaan sehari-hari seperti, perdagangan, sosial, politik & lain sebagainya. Di Jawa Timur, tipe rangka yang digunakan banyak menggunakan rangka tipe *Warren*, sehingga diperlukan perbandingan analisis dengan tipe jembatan lain untuk menentukan tipe jembatan yang paling efisien. Pada analisis ini dipakai jembatan tipe *Pratt*. Analisis ini bertujuan untuk membandingkan rasio kekuatan terhadap berat struktur total. Dari output analisis didapat dalam Jembatan tipe *Warren* rasio kekuatan terhadap berat struktur adalah 3,417 sedangkan jembatan tipe *Pratt* mempunyai rasio kekuatan terhadap berat struktur adalah 3,358. Besar defleksi yang terjadi pada struktur rangka *Warren* adalah sebesar -0.0528 lebih kecil daripada jembatan tipe *Pratt* yaitu -0.0571. Berat dari struktur jembatan tipe *Warren* memiliki berat sebesar 18042,4 kg, sedangkan jembatan tipe *Pratt* sebesar 19023 kg. Berdasarkan hasil analisis yang didapat, maka ditunjukkan bahwa rasio kekuatan dan berat struktur jembatan tipe *Warren* adalah 3,417 dan tipe *Pratt* sebesar 3,358.

**Kata kunci:** *Defleksi, Jembatan, Rangka Pratt, Rangka Warren*

### **ABSTRACT**

*A bridge is a connecting facility for an area that functions as a supporting facility for the economy of the region. Bridges have a crucial function in an area to carry out activities and daily work such as trade, social, political and so on. In East Java, the type of truss used mostly uses Warren type trusses, so a comparison analysis with other types of bridges is needed to determine the most efficient type of bridge. In this analysis the Pratt type bridge is used. This analysis aims to compare the ratio of strength to total structure weight. From the output analysis, it is that the Warren type bridge the ratio of the structure is 3,417, while the Pratt type bridge has a ratio of strength to weight of the structure is 3,358. The deflection that occurs in the Warren truss structure is -0.0528 smaller than the Pratt type bridge which is -0.0571. The weight of the Warren type bridge structure weighs 18042.4 kg, while the Pratt type bridge is 19023 kg. Based on the analysis results obtained, it is shown that the ratio of the strength and weight of the Warren type bridge structure is 3,417 and the Pratt type is 3,358.*

**Keywords:** *Bridge, Deflection, Pratt-type, Warren-type*

## PENDAHULUAN

Akses jalan yang baik dan terhubung satu sama lain merupakan faktor pendukung kemajuan ekonomi suatu daerah. Permintaan akses jalan yang memadai akan semakin meningkat sejalan dengan pertumbuhan ekonomi yang semakin meningkat pula (Veen, 1995). Jembatan merupakan infrastruktur yang menghubungkan suatu daerah yang terpisah, terutama pada lokasi-lokasi yang terpisah oleh jalan, sungai, lembah, dan laut (Supriyadi, 2007). Jembatan Brantas Mojokerto menghubungkan Desa Nambangan dengan Desa Ngrame, selain sebagian akses penghubung antar desa jembatan ini juga merupakan akses utama penghubung Kab. Sidoarjo dengan Kab. Mojokerto. Jembatan Brantas terdiri dari dua jembatan yakni Jembatan Brantas lama disebelah Timur dan Jembatan Brantas baru disebelah Barat. Jembatan Brantas merupakan jembatan rangka baja yang memiliki panjang 230 m dengan bentar antar segmen sepanjang 5 m. Jembatan Brantas terdiri atas dua jalur jalan raya yang terdiri dari dua lajur lalu lintas. Tipe jembatan juga mempengaruhi kekuatan dari jenis jembatan itu sendiri, Jembatan Brantas menggunakan tipe jembatan jenis Warren. Tipe ini digunakan pada jembatan lama dan juga jembatan baru. Tujuan dari penelitian ini adalah redesign rangka Jembatan Brantas dari tipe *Warren* menjadi tipe *Pratt* dengan membandingkan hasil analisis lendutan jembatan tipe *Warren* dengan jembatan tipe *Pratt* dengan menggunakan *software* SAP2000. Selanjutnya, hasil analisis lendutan jembatan tipe *Warren* dengan jembatan tipe *Pratt* digunakan untuk menentukan rasio kekuatan dan berat antara kedua jenis struktur tersebut.

Batasan permasalahan dari penelitian ini adalah *Redesign* yang dilakukan pada penelitian ini terbatas pada perubahan tipe rangka tanpa merubah profil baja yang digunakan. Batasan kedua yaitu tidak memperhitungkan faktor RAB (Rencana Anggaran Biaya). Batasan ketiga pada penelitian ini adalah tidak memperhitungkan struktur bawah jembatan dan tidak memperhitungkan faktor tanah pada lokasi.

Manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui efisiensi tipe *Warren* apabila dibandingkan dengan tipe *Pratt* yang digunakan. manfaat lainnya adalah memberikan

gambaran bagi perancang dalam menentukan tipe jembatan yang lebih baik.

Jembatan adalah infrastruktur yang digunakan untuk menghubungkan jalan yang dipisahkan oleh elemen atau media lain. media ini pada umumnya merupakan perairan atau lalu lintas (*Viaduct*). Jembatan rangka baja secara umum dapat diartikan sebagai rangka jembatan yang batang – batangnya disambung dengan sambungan baut/las dan pelat buhul. (Tonias, 1994). Suatu bangunan jembatan pada umumnya terdiri dari 6 bagian pokok, yaitu: Bangunan atas, landasan, bangunan bawah, pondasi, oprit, Bangunan pengaman jembatan (T-02-2005, 2005).

Menurut (Veen, 1995) struktur atas jembatan adalah struktur dalam jembatan yang berfungsi sebagai penerima beban penutup jalan raya dan beban lalu lintas yang bekerja di atasnya. Beban tersebut ditopang oleh pelat jembatan lalu beban tersebut dibagi ke gelagar memanjang dan melintang yang selanjutnya diterima oleh bangunan bawah jembatan. Bagian jembatan terdiri dari balok, Rangka, atau sistem struktur jembatan lainnya. (Manu, 1995)

Klasifikasi jembatan ditentukan berdasarkan kegunaan dan jenis materialnya. (Setiawan, 2008)

- Berdasarkan Kegunaan: Jembatan untuk rel kereta api, jembatan penyebrangan, jembatan lalu lintas, dan jembatan pejalan kaki (Tonias, 1994).
- Berdasarkan Bahan Pembentuk: Jembatan beton bertulang, jembatan baja, jembatan kayu, dan jembatan beton prategang. (Tonias, 1994).

Jenis struktur jembatan dibedakan menjadi:

- Jembatan Lengkung-Batu (Stone Arch Bridge)
- Jembatan Rangka: Jembatan rangka adalah tipe jembatan yang telah digunakan sejak dahulu kala, karena memiliki daya tahan yang cukup tinggi dan pengerjaannya dinilai lebih mudah dibandingkan tipe jembatan lainnya. Sistem jembatan rangka adalah kumpulan batang – batang baja yang dibentuk hingga membentuk segitiga (Rangka batang) dan disatukan dengan sambungan pelat buhul disetiap titik buhulnya. beberapa tipe jembatan yang telah ditemukan adalah jembatan tipe Warren,

Pratt, Howe, Parker, dll. Di Jawa timur, tipe jembatan ini sangat umum digunakan. Contoh jembatan tipe rangka adalah jembatan Brantas.

- c. Jembatan Gantung: Jembatan dibangun dengan mengandalkan gantung yang memiliki keuntungan bentang yang sangat panjang.
- d. Jembatan Beton: Beton telah menjadi suatu bahan konstruksi yang sangat efisien di Konstruksi. Dengan kemajuan teknologi terkini, beton dapat memungkinkan untuk mencapai bentang yang panjang dan memiliki durabilitas yang tinggi. (BMS, 1992).
- e. Jembatan *Cable Stayed*: Jembatan *Cable Stayed* adalah jenis jembatan yang mengandalkan *Cable* sebagai penopang utamanya. Jembatan ini memiliki keunggulan yaitu dapat digunakan untuk bentang yang panjang. Tipe jembatan ini memiliki kelemahan yaitu membutuhkan biaya yang cukup mahal dan pengerjaannya yang cukup sulit.

Tipe jembatan *Warren* pada awalnya ditemukan oleh James Warren pada tahun 1848 di Inggris. ciri – ciri dari Jembatan rangka batang tipe warren ini adalah sistem struktur rangka batang tidak memiliki batang vertikal sehingga batang yang bekerja pada tipe rangka batang ini terdiri dari batang diagonal berbentuk segitiga sama sisi dan segitiga sama kaki dan batang horizontal sebagai penghubung antar batang diagonal. Ciri ciri dalam analisa struktur rangka jembatan tipe Warren adalah batang diagonal menerima gaya tekan (*Compression*) dan gaya tarik (*Tension*) (Veen, 1995).

Tipe jembatan rangka batang tipe Pratt pertama kali ditemukan oleh Thomas Pratt pada tahun 1844. ciri ciri Jembatan ini adalah batan diagonal yang mengarah ke bawah dan bertemu pada titik tengah batang jembatan bagian bawah.

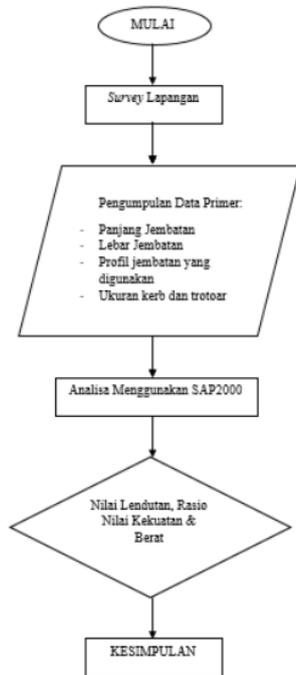
Menurut, Bridge Management System (BMS) 1992, Standar Pembebanan untuk Jembatan (RSNI T-02-2005), Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya (PPJJR) 1987, dan Dasar-dasar Perencanaan Jembatan Beton Bertulang. jenis beban yang harus dimasukkan dalam merencanakan suatu struktur jembatan adalah

beban lalu lintas, beban jalan raya (Beban Primer), gaya rem, beban angin dan gaya gempa. Beban primer pada jembatan meliputi (PPJJR, 1987):

- a. Beban mati: Beban mati adalah beban yang terdiri atas berat sendiri komponen struktur jembatan baik komponen struktur jembatan atas dan bawah, termasuk dengan ornamen tambahan jembatan yang juga bekerja diatas jembatan. Menurut SNI 1727: 2013 Beban mati adalah beban yang terdiri dari beban sendiri struktural jembatan dan beban tambahan yang terdiri dari beban non struktural jembatan dan ornamen tambahan jembatan. (SNI 1727:2013, 2013).
- b. Beban hidup adalah beban yang berasal dari beban kendaraan yang bergerak dan bekerja di atas jembatan. Beban hidup jembatan terdiri atas beban mobil, beban truk, dan beban sepeda. “Beban lajur D bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur “D” yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri. Beban lajur “D” terbagi dua yaitu beban tersebar merata (BTR) “q” dan beban garis terpusat (BGT) p”. (BMS, 1992).
- c. Menurut BMS, 1992 “Gaya-gaya horizontal pada arah memanjang jembatan, yang diakibatkan oleh gaya rem, harus dihitung berdasarkan lajur yang bekerja di jembatan tersebut. Gaya ini dihitung berdasarkan gaya rem sebesar 5% dari beban lajur D yang dianggap ada pada semua jalur lalu lintas, dan tanpa dikalikan dengan faktor beban dinamis dan dalam satu jurusan” (BMS, 1992).
- d. Menurut BMS, 1992 “Gaya yang terjadi akibat angin horizontal dihitung berdasarkan kecepatan angin yang disesuaikan dengan SNI 1727 : 2012. Angin bekerja dengan membagi beban secara merata pada gelagar dan rangka bangunan atas jembatan. Jika terdapat beban lalu lintas maka perlu diperhitungkan berdasarkan lajur lalu lintas” (BMS, 1992).
- e. Beban gempa dalam perencanaan jembatan dihitung berdasarkan pedoman perencanaan gempa SNI 1726:2016 dengan metode Respons spektrum daerah Jawa Timur. (BMS, 1992).

**METODE PENELITIAN**

Tahapan pengerjaan pada penelitian ditampilkan pada bagan alir dibawah ini:



**Gambar-1:** Bagan Alir Penelitian

NAMA	KETERANGAN
Lokasi	Ds. Ngrame, Mojokerto. Jembatan Sisi Timur (Jembatan Lama)
Panjang Jembatan	230 m
Tinggi Jembatan	6,875 m
Lebar Jalan	9,2 m
Lebar Trotoar+Kerb	95 cm
Tinggi Trotoar+Kerb	25 cm
Ikatan Angin	Siku 75.75.7

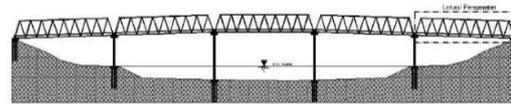
**Gambar-2:** Data Penelitian

Berdasarkan bagan alir diatas, maka penelitian ini diawali dengan kegiatan survey jembatan yang dilakukan di Jembatan Brantas di Mojokerto. Selanjutnya, dilakukan pengumpulan data primer yang terdiri dari panjangn jembatan, lebar jembatan, profil yang digunakan pada jembatan, ukuran kerb dan trotoar. Selanjutnya, dilakukan analisa struktur dengan SAP2000 untuk menghitung besar lendutan struktur jembatan yang ditinjau serta menghitung rasio gaya geser nominal terfaktor > gaya ultimit yang diterima jembatan. Apabila terdapat rasio gaya geser nominal terfaktor < gaya ultimit < 1 maka, perlu dilakukan tinjauan ulang terkait profil struktur yang digunakan.

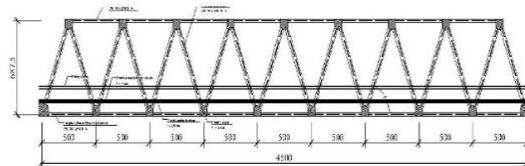
Selanjutnya, dilakukan perbandingan berat total struktur dan besar lendutan pada kedua tipe struktur sehingga dapat diketahui besar rasio kekakuan vs berat struktur.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

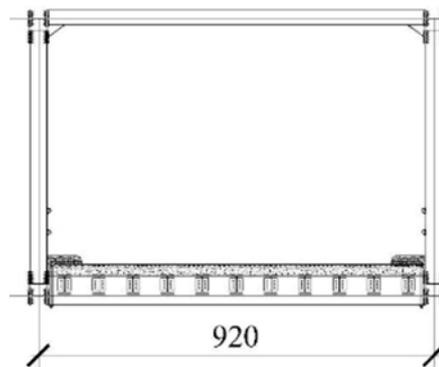
Data primer didapat dari hasil survey lapangan, berikut data umum yang dari Jembatan Brantas:



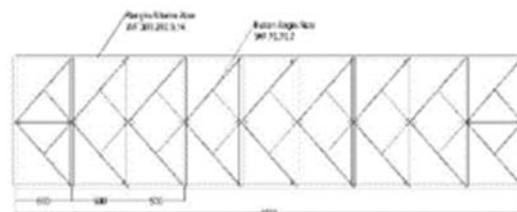
**Gambar-3:** Tampak Jembatan



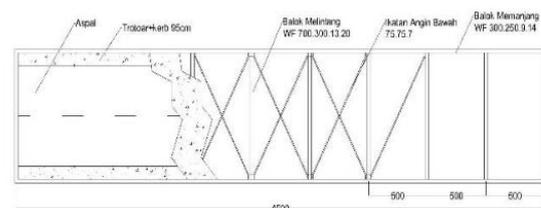
**Gambar-4:** Potongan Jembatan



**Gambar-5:** Potongan Melintang Jembatan



**Gambar-6:** Ikatan Angin Atas

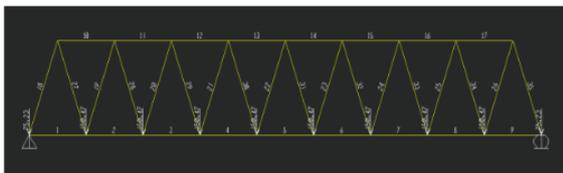


**Gambar-7:** Ikatan Angin Bawah

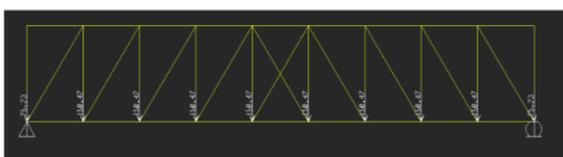
Perhitungan beban pada rangka jembatan terdiri atas beban sendiri struktur jembatan itu sendiri, serta muatan gravitasi yang bekerja pada struktur tersebut.

- a. Berat Sendiri Rangka:  
 $\text{Berat Rangka} = 7850 \times A \times L$
- b. Berat Aspal + Pelat:  
 $\text{Berat Aspal} = 22 \text{ kN/m}^3 \times 0,05 \text{ m} = 1,1 \text{ kN/m}^2$   
 $\text{Berat Pelat} = 24 \text{ kN/m}^3 \times 0,20 \text{ m} = 4,8 \text{ kN/m}^2$
- c. Beban pada Gelagar Memanjang:  
 $\text{Berat Sendiri} = 24,8 \text{ kg/m} = 0,248 \text{ kN/m}$   
 $\text{Berat Aspal + Pelat} = 5,9 \text{ kN/m} \times 0,8 \text{ m} = 4,72 \text{ kN/m}$
- d. Beban Pada Gelagar Melintang:  
 $\text{Berat Sendiri} = 166 \text{ kg/m} = 1,66 \text{ kN/m}$
- e. Reaksi Balok Memanjang =  $4,968 \text{ kN/m} \times 5 \text{ m} = 24,84 \text{ kN}$  :  $0,8 = 31,05 \text{ kN/m}$
- f. Beban Pada Struktur Utama Berat Sendiri =  $7850 \times A \times L$
- g. Reaksi Balok Melintang =  $32,71 \text{ kN/m} \times (9,2/2) = 150,466 \text{ kN}$

Beban yang ditinjau pada rangka jembatan ini terdiri atas beban gravitasi mati yang bekerja pada struktur jembatan. Beban diinput pada setiap titik buhul rangka yang sesuai dengan teori rangka jembatan yaitu beban yang bekerja harus bekerja pada titik buhul. Jembatan rangka yang dianalisa diambil satu segmen dari masing-masing tipe dengan bentang jembatan sepanjang 45 m, untuk dianalisis menggunakan SAP2000. Pada gambar dibawah ini, perletakkan struktur diidealisasikan sebagai perletakkan sendi/rol karena perletakkan yang digunakan mampu berotasi. Pada idealisasi struktur Pratt, dilakukan modifikasi struktur ditengah yaitu pertambahan rangka sebagai perkuatan dan penyeimbang geometri struktur.



**Gambar-8:** Analisa SAP200 Tipe Warren



**Gambar-9:** Analisa SAP2000 Tipe Pratt

Joint Text	U1 m	U2 m	U3 m
15	0,009884	0	-0,052802
6	0,011531	0	-0,052185
5	0,008238	0	-0,052185
14	0,013173	0	-0,049803
16	0,006596	0	-0,049803
4	0,005109	0	-0,046248
7	0,01466	0	-0,046248
17	0,003637	0	-0,041048
13	0,016132	0	-0,041048
3	0,002474	0	-0,034853
8	0,017295	0	-0,034853
12	0,018433	0	-0,027252
18	0,001336	0	-0,027252
2	0,000661	0	-0,018956
9	0,019107	0	-0,018956
11	0,019747	0	-0,009613
19	0,000021	0	-0,009613

**Gambar-10:** Analisa SAP200 Tipe Warren

Joint Text	U1 m	U2 m	U3 m
81	0,011499	0	-0,057179
5	0,009902	0	-0,056172
6	0,013096	0	-0,056172
76	0,009796	0	-0,055788
75	0,013202	0	-0,055788
7	0,016402	0	-0,050025
4	0,006597	0	-0,050025
77	0,006822	0	-0,048813
74	0,016176	0	-0,048813
8	0,019372	0	-0,037786
3	0,003626	0	-0,037786
73	0,018489	0	-0,035958
78	0,00451	0	-0,035958
9	0,021679	0	-0,020639
2	0,001319	0	-0,020639
72	0,019814	0	-0,018201
79	0,003184	0	-0,018201

**Gambar-11:** Analisa Lendutan SAP2000 pada tipe Pratt

Berdasarkan analisa yang dilakukan di SAP2000, menghasilkan output struktur yang menunjukkan bahwa setiap rasio perbandingan gaya aksial ultimit / gaya aksial nominal kurang dari 1 sehingga, menghasilkan struktur yang aman dan telah mencukupi dalam menahan beban yang bekerja diatasnya sesuai peraturan SNI 1729 – 2012 dan SNI 1727 - 2015.

**KESIMPULAN**

Hasil analisis dari perhitungan dan pengolahan menggunakan software SAP200 dapat ditarik kesimpulan untuk menjawab

rumusan masalah, berikut kesimpulan dari hasil analisis struktur rangka Jembatan Brantas:

1. Hasil analisis struktur jembatan menggunakan SAP2000 menunjukkan nilai lendutan terbesar pada jembatan tipe Warren sebesar  $-0,052802$  terletak pada segmen S15, sedangkan pada jembatan tipe Pratt sebesar  $-0,057179$  terletak pada segmen S81.
2. Hasil analisis menunjukkan total berat jembatan tipe Warren sebesar 180,424 kN dan berat total jembatan tipe Pratt sebesar 192,03 kN. Rasio kekuatan dan berat dari masing-masing tipe jembatan yaitu 3,417 untuk tipe Warren dan 3,358 untuk tipe Pratt, hasil perbandingan ini bertujuan sebagai referensi dalam perencanaan konstruksi jembatan yang ekonomis dan efisien.

#### DAFTAR PUSTAKA

- BMS. (1992). *Bridge Management System*. Jakarta: Dirjen Bina Marga DPU RI.
- Manu, A. I. (1995). *Dasar-Dasar Perencanaan Jembatan Beton Bertulang*. Jakarta: PT Mediatama Saptakarya.
- PPJIR. (1987). *Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit PU.
- Setiawan, A. (2008). *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Sesuai SNI 03-1729-2002)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- SNI 1726:2019. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 1727:2013. (2013). *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Supriyadi, B. (2007). *Jembatan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- T-02-2005, R. (2005). *Standar Pembebanan untuk Jembatan*. Jakarta: Balitbang Departemen Pekerjaan Umum.
- Tonias, D. (1994). *Bridge Engineering : Design, Rehabilitation, and Maintenance of Modern Highway Bridge*. McGraw-Hill, Inc.
- Veen, V. D. (1995). *Jembatan*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.