

**PERBANDINGAN KEKUATAN  
JEMBATAN RANGKA TIPE WARREN  
DAN BALTIMORE DALAM  
MENERIMA BEBAN YANG SAMA  
PADA MATERIAL BAMBU  
(THE COMPARISON BETWEEN THE  
ENDURANCE OF TYPE WARREN AND  
BALTIMORE FRAME BRIDGE TO  
RECEIVE THE SAME LOAD ON THE  
BAMBOO MATERIAL)**

Ria P. Febrianti, Dwi Nurtanto, Akhmad Hasanuddin  
Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember  
Jln. Kalimantan 37, Jember 68121  
E-mail: riafebriant25@yahoo.co.id

**Abstrak**

Di Jember banyak terdapat sungai, sehingga banyak jembatan, baik yang modern maupun yang sederhana. Jembatan sederhana di pedesaan Jember banyak menggunakan bambu, karena bahan yang banyak tersedia dan murah. Permasalahan yang timbul pada jembatan bambu adalah jika terjadi banjir, jembatan akan roboh karena pilar jembatan hanyut terbawa arus. Jembatan model rangka menjadi alternatif untuk mengatasinya. Sehingga penelitian ini akan membandingkan kekuatan jembatan rangka tipe *Warren* dan *Baltimore* dalam menerima beban yang sama. Permodelan bentuk jembatan menggunakan program analisa struktur dalam bentuk 2D dengan material bambu. Jembatan diberi beban hingga mencapai lendutan maksimum yang diijinkan. Dari permodelan didapatkan gaya dalam dan lendutan. Tipe yang mempunyai tegangan maksimum terkecil dan lendutan terkecil menjadi jembatan terkuat. Dan dicari prosentase tegangan tarik dan tekan maksimal yang dialami terhadap tegangan ijin tarik dan tekan hasil pengujian ketika batang mengalami patah.

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa ketika jembatan menerima beban maksimal yaitu sebesar 4 ton menunjukkan bahwa jembatan terkuat adalah tipe *Warren* karena mempunyai gaya dalam maksimum terkecil, tegangan maksimum terkecil dan lendutan terkecil secara berturut-turut nilai tersebut adalah 5085.72 kg, 219.66 kg/cm<sup>2</sup>, dan 0.02139 meter. Sedangkan untuk tegangan maksimum tariknya sebesar 165.482 kg/cm<sup>2</sup>, nilai ini menunjukkan 46% dari tegangan ijin tarik hasil pengujian dan untuk tegangan maksimum tekannya sebesar 219.667 kg/cm<sup>2</sup>, nilai ini 26% lebih besar dari tegangan ijin tekan hasil pengujian ketika batang mengalami tegangan tekan maksimum.

**Kata Kunci: Jembatan rangka, bambu, tegangan, lendutan**

**Abstract**

*In Jember there are many rivers so there are many bridges too, modern or simple types of the bridges. Simple bridge in Jember is using of bamboo, because the material is easy to found and cheap. The problems that arise on a bamboo bridge is flood, the bridge will collapse because the flood bring a bridge pillar. So, this research using the frame bridge to handle this problem. This study will compare the strength of the frame of the bridge-type Warren and Baltimore in receiving the same load. Modeling form a bridge using structural analysis programs in the form of 2D with bamboo material. The bridge is loaded up to the maximum allowable deflection. Obtained in the style of modeling and deflection. The type that has a maximum of voltage and the smallest deflection becomes the strongest bridge. And searched the percentage of the maximum tensile stress and press stress experienced by the tensile and press the test results when the rod broke.*

*Based on the calculation and analysis when the bridge receives the maximum load that is equal to 4 tons indicates that the bridge the strongest is Warren type because it has the smallest maximum, maximum stress and deflection smallest respectively 5085.72 kg, 219.66 kg/cm<sup>2</sup>, and 0.02139 meters. As for its maximum voltage of 165 482 kg/cm<sup>2</sup>, this value indicates 46% of the allowable stress and tensile test results for the maximum compressive stress of 219 667 kg/cm<sup>2</sup>, this value is 26% larger than the press permission of stress when the maximum compressive stress experienced rod*

**Keywords: Bridge frame, bamboo, stress, deflection.**

**PENDAHULUAN**

Bambu tergolong hasil hutan non kayu yang dapat dipergunakan untuk berbagai keperluan. Tanaman bambu banyak kita jumpai di daerah pedesaan selain itu dapat tumbuh di lahan sangat kering maupun di lahan yang banyak disirami air hujan. Penggunaan bambu sebagai bahan bangunan cukup beralasan, karena harganya yang relative murah dan mudah didapat. Disamping itu struktur dari bambu merupakan material yang ringan namun mempunyai kekuatan yang tinggi dimana kuat tarik bambu dapat dipersaingkan dengan baja. Sekalipun demikian kekuatan bambu yang tinggi ini belum dimanfaatkan dengan baik karena biasanya batang-batang struktur bambu dirangkaikan dengan pasak atau tali yang kekuatannya rendah. Bambu berbentuk pipa sehingga momen kelembamannya tinggi, oleh karena itu bambu cukup baik untuk memikul momen lentur. Selain itu bambu mempunyai kelenturan yang tinggi. ditambah dengan sifat bambu yang elastis, struktur bambu mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap angin maupun gempa. (Morisco,1994-1999). [1]

Menurut Jansen (1980) [2] melakukan penelitian menggunakan bambu dari spesies *Bambusa blumcana* yang berumur 3 tahun. Hasilnya menunjukkan bahwa kekuatan tarik bambu sejajar serat cukup tinggi, yaitu 200-300 Mpa, kekuatan lentur bambu rata-rata sebesar 84 MPa, Modulus Elastisitas sebesar 20.000 MPa, Kekuatan geser rata-rata

cukup rendah, yaitu 2,25 MPa pada pembebanan jangka pendek dan 1,01 MPa pada pembebanan jangka pendek. Dari berbagai penelitian yang telah dilakukan, bambu di Indonesia mempunyai kekuatan tarik ( tegangan patah untuk tarik ) sebesar 100 - 400 MPa dan kekuatan tekan (tegangan patah untuk tekan) sebesar 25 – 10 MPa, serta mempunyai modulus kenyal sebesar 10.000 - 30.000 MPa. (Yap,1983). [3]

Di Kabupaten Jember banyak terdapat sungai, sehingga daerah tersebut didirikan banyak jembatan, baik yang modern ataupun yang sederhana. Untuk jembatan sederhana banyak dipakai dari jembatan bambu, baik untuk bentang pendek maupun panjang, karena bahan banyak tersedia dan murah. Salah satu permasalahan timbul pada jembatan bambu tersebut apabila pada daerah tersebut terjadi banjir, jembatan bambu akan roboh karena pilar jembatan akan hanyut terbawa arus. Kebanyakan untuk bentang cukup panjang, pilar jembatan ada di daerah pinggir sungai, yang waktu banjir akan tergerus oleh arus sungai.

Jembatan model rangka sendiri menjadi alternatif untuk mengatasinya. Ada berbagai macam tipe jembatan rangka yang biasa dipakai, antara lain *Pratt, Parker, Bowstring, Warren, Baltimore*, dan lain-lain yang mempunyai kelemahan dan kelebihan masing-masing. Kelebihan jembatan rangka yaitu gaya batang utama merupakan gaya aksial, memiliki berat yang relatif lebih ringan, sehingga bisa dirakit bagian demi bagian, paling ekonomis untuk digunakan jembatan untuk bentang sedang dan memiliki struktur yang kaku. Sedangkan kekurangan dari jembatan rangka yaitu Efisiensi rangka batang tergantung dari panjang bentangnya, artinya jika jembatan rangka batang dibuat semakin panjang, maka ukuran dari rangka batang itu sendiri juga harus diperbesar atau dibuat lebih tinggi dengan sudut yang lebih besar untuk menjaga kekakuannya, sampai rangka batang itu mencapai titik dimana berat sendiri jembatan terlalu besar sehingga rangka batang tidak mampu lagi mendukung beban tersebut sehingga biaya pembuatan yang tinggi. Pada penelitian sebelumnya sudah pernah dilakukan penelitian tentang jembatan tipe *Warren* dan *Baltimore*. Hanya saja pada penelitian sebelumnya penerapannya berbeda.. Untuk itu pada penelitian ini akan dibandingkan tipe jembatan *Warren* dan *Baltimore* dari segi kekuatan dalam menerima beban yang sama.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Umum

Penelitian ini melakukan perbandingan kekuatan jembatan tipe *Warren* dan *Baltimore* ketika menerima beban yang sama pada material bambu dan mencari berapa prosentase tegangan maksimum tarik dan tekan yang terjadi terhadap tegangan tarik dan tekan hasil pengujian Laboratorium ketika bambu mengalami tegangan maksimum atau patah. Pengujian di Laboratorium dilakukan dengan menguji bambu menggunakan alat MTS untuk uji tarik dan alat tekan untuk uji tekan. Hasil dari pengujian digunakan untuk mencari prosentase tegangan maksimum. Sedangkan untuk membandingkan kekuatan jembatan pada material bambu menggunakan program analisa struktur. Program analisa struktur digunakan untuk mencari gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada tiap-tiap jembatan. Artikel Ilmiah Hasi Penelitian Mahasiswa Tahun 2014

Kemudian gaya dalam tersebut digunakan untuk menghitung tegangan yang terjadi pada jembatan tersebut. Model jembatan rangka bambu yang menghasilkan tegangan maksimum terkecil dan lendutan terkecil merupakan jembatan terkuat

### Pengujian Material Bambu

Pengujian bambu dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Jember. Untuk uji tarik menggunakan alat uji tarik MTS. Sedangkan untuk uji tekannya menggunakan alat uji tekan. Benda uji yang digunakan adalah bambu jenis Keles. Bambu yang dipakai untuk pengujian adalah bagian pangkal bambu. Diameter bambu yang digunakan ±8.5 cm. Untuk uji tarik digunakan diameter bambu 10mm dan tinggi 60 cm dan untuk uji tekan berdiameter 85 mm dengan tinggi 20 cm. Data yang diambil dalam penelitian ini adalah kuat tekan dan kuat tarik bambu.

### Penentuan Dimensi Jembatan

Pada penelitian ini dimensi jembatan untuk tipe *Warren* dan *Baltimore* digunakan bentang 20 meter.

### Penentuan Beban

Dalam penelitian ini penentuan beban tipe *Warren* dan *Baltimore* menggunakan beban 1 ton, 2 ton, 3 ton, dan seterusnya diletakkan ditengah bentang

### Pemodelan Struktur Jembatan pada Program Analisa Struktur

Pada penelitian ini pemodelan pada program analisa struktur mengikuti model jembatan yang telah ditentukan yaitu tipe *Warren* dan *Baltimore* dengan material bambu dan beban seperti yang sudah ditentukan yaitu menggunakan model tipe *Warren* dan *Baltimore* dengan diberi beban 1 ton, 2 ton, 3 ton, dan seterusnya sampai jembatan tersebut mengalami lendutan maksimum.

### Analisa Hasil Program Analisa Struktur

Dari program Analisa Struktur didapatkan hasil gaya dalam dan lendutan. Pada analisa ini dicari masing-masing gaya dalam maksimumnya dan lendutan terkecil pada masing-masing tipe jembatan dan pembebanannya. Dan mencari tegangan maksimum yang terjadi. Untuk mencari tegangan menggunakan rumus :

$$\sigma_{\max} = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Dimana :

$\sigma$  = Tegangan maksimum ( kg/ cm<sup>2</sup> )

P = Gaya dalam ( kg )

A = Luas bambu ( cm<sup>2</sup> )

Dan untuk mencari lendutan yang diijinkan menurut RSNI T-03-2005 [4] sebagai berikut :

$$f = \frac{P L^3}{48 E I} \quad (2)$$

Dimana : f = lendutan yang diijinkan

L = panjang bentang ( m )

### Pemilihan Model Jembatan Terkuat

Pada penelitian ini setelah tegangannya didapatkan , hasilnya akan dibandingkan.. Model jembatan rangka bambu yang menghasilkan tegangan maksimum terkecil dan

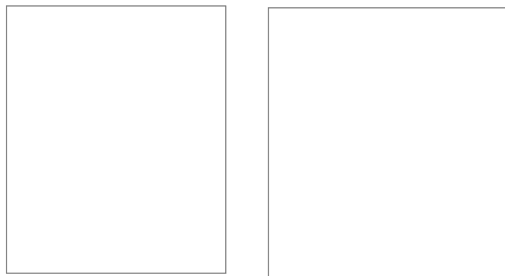
lendutan yang terkecil dalam menerima beban yang sama adalah jembatan yang terkuat. Dan dicari prosentase tegangan maksimum tekan dan tarik yang terjadi terhadap tegangan maksimum tarik dan tekan pada saat pengujian ketika batang mengalami patah.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Kuat Tarik

Tujuan dari pengujian ini adalah mengetahui kuat tarik bambu. Bambu yang digunakan pada penelitian ini adalah bambu Keles. Untuk uji tarik ini digunakan bambu dengan panjang 60 cm dan tebal  $\pm 8.5$  mm sebanyak 20 benda uji. Pengukuran bambu dilakukan 2 kali di bagian atas dan bawah yang kemudian dirata-rata. Kemudian bambu tersebut di konversikan menjadi luas lingkaran

Dari hasilnya bahwa nilai yang didapatkan untuk nilai rata-rata kuat tarik sebesar 68.3792 MPa.



Gambar 1 Uji Tarik Bambu

### Tegangan Ijin Tarik Bambu

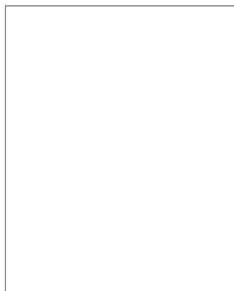
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai tegangan ijin tarik bambu keles. Berdasarkan hasil pengujian tarik di Laboratorium didapatkan nilai rata-rata tegangan tarik sebesar 68.3792 Mpa, sedangkan untuk mencari tegangan ijin tarik diperlukan factor keamanan sebesar 2.25. Sehingga tegangan ijin tarik bambu sebesar 30.391 Mpa.

### Pengujian Kuat Tekan Bambu

Tujuan dari pengujian ini adalah mengetahui kuat tekan bambu. Untuk uji tekan ini digunakan bambu dengan panjang 20 cm dan berdiameter  $\pm 8$ mm sebanyak 20 benda uji.

uji.

Berdasarkan hasil uji tekan bambu di Laboratorium bahwa nilai uji tekan rata-rata kuat tekan bambu sebesar 88.983 kN.



Gambar 2 Uji Tekan Bambu

### Tegangan Ijin Tekan Bambu

Tujuan dari perhitungan tegangan ijin bambu untuk mengetahui nilai tegangan ijin bambu yang diteliti. Berdasarkan hasil pengujian tarik di Laboratorium didapatkan nilai rata-rata tegangan tarik sebesar 391.801 kg/cm<sup>2</sup> sehingga diperoleh tegangan ijin tekannya sebesar 174.1336 kg/cm<sup>2</sup>.

### Analisa Struktur Jembatan Rangka Tipe Warren

Tujuan dilakukan analisa struktur jembatan rangka tipe Warren ini adalah untuk mengetahui besar gaya dalam dan lendutan yang dialami ketika menerima beban. Dari hasil permodelan menggunakan program analisa struktur didapatkan nilai gaya dalam dan lendutan maksimum pada tiap pembebanan tipe Warren pada tabel 1

Tabel 1. Tabel Nilai Gaya Dalam dan Lendutan Maksimum

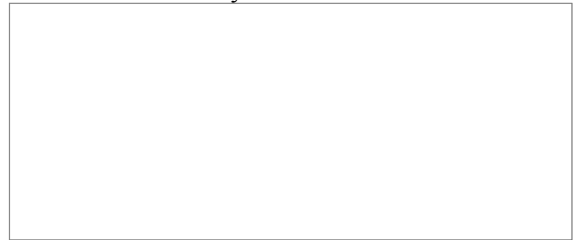


Dari tabel 1 menunjukkan bahwa untuk tipe Warren beban maksimum yang mampu dipikul dengan lendutan maksimum yang masih diijinkan adalah sebesar 4 ton.

### Analisa Struktur Jembatan Rangka Tipe Baltimore

Tujuan dilakukan analisa struktur jembatan rangka tipe Baltimore ini adalah untuk mengetahui besar gaya dalam dan lendutan yang dialami ketika menerima beban. Dari hasil permodelan menggunakan program analisa struktur didapatkan nilai gaya dalam dan lendutan maksimum pada tiap pembebanan tipe Baltimore pada tabel 2

Tabel 2. Tabel Nilai Gaya Dalam dan Lendutan Maksimum



Dari tabel 1 menunjukkan bahwa untuk tipe Baltimore beban maksimum yang mampu dipikul dengan lendutan maksimum yang masih diijinkan adalah sebesar 4 ton.

### Analisa Perbandingan Jembatan Tipe Warren dan Baltimore

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan kekuatan jembatan tipe Warren dan Baltimore dengan membandingkan hasil tegangan dari semua tipe Warren dan Baltimore.

Dari hasil perhitungan didapatkan hasil tegangan pada tabel 3 sebagai berikut :

**Tabel 3.** Tabel Perbandingan Tegangan Tipe Warren dan Baltimore

Dari tabel 3 didapatkan tegangan pada tiap-tiap model jembatan ketika menerima beban. Dari hasil perbandingan tersebut tipe jembatan yang mempunyai tegangan maksimum terkecil dan lendutan maksimum terkecil ketika menerima beban maksimal sebesar 4 ton adalah tipe Warren.

Untuk tegangan maksimum tariknya pada tipe Warren sebesar 165.482 kg/cm<sup>2</sup>, nilai ini menunjukkan 46% dari tegangan ijin tarik hasil pengujian ketika benda uji mengalami tegangan maksimum atau patah dan untuk tegangan maksimum tekannya pada tipe Warren sebesar 219.667 kg/cm<sup>2</sup>, nilai ini 26% lebih besar dari tegangan ijin tekan hasil pengujian.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis pada pembahasan sebelumnya didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Tipe Jembatan terkuat adalah tipe Warren karena ketika menerima beban maksimum sebesar 4 ton, jembatan mengalami lendutan maksimum sebesar 0.02139 meter. Dan nilai tegangan maksimumnya 219.666 kg/cm<sup>2</sup>. Nilai ini masih lebih kecil daripada tipe Baltimore dan masih memenuhi lendutan ijin.
2. Tegangan tarik maksimum hasil program analisa struktur pada jembatan tipe Warren sebesar 165.482 kg/cm<sup>2</sup>, nilai ini menunjukkan sekitar 46% dari tegangan ijin tarik hasil pengujian ketika batang mengalami tegangan tarik maksimum atau patah yaitu sebesar 303.9075 kg/cm<sup>2</sup>.
3. Tegangan tekan maksimum hasil program analisa struktur pada jembatan tipe Warren sebesar 219.667 kg/cm<sup>2</sup>, nilai ini 26% lebih besar dari tegangan ijin tekan dari hasil pengujian ketika batang mengalami tegangan tekan maksimum atau patah sebesar 174.1336 kg/cm<sup>2</sup>.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

### Daftar Pustaka

- [1] Morisco, 1999. *Rekayasa Bambu*, Nafiri Offset, Yogyakarta.
- [2] Janssen, J.J.A. (1987). "The Mechanical Properties of Bamboo" (*jurnal*): 250-256. In Rao, A.N., Dhanarajan, and Sastry, C.B., Recent Research on Bamboos, The Chinese Academy of Forest, People's Republic of China, and IDRC, Canada.
- [3] Yap, F.K.H., 1983, *Bambu Sebagai Bahan Bangunan*, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan (DPMB), DPU dan Tenaga Listrik, Bandung.
- [4] *Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan*, RSNI T-03-2005. Badan Standarisasi Nasional.