

Studi Alternatif Konfigurasi Rangka pada Jembatan Penyeberangan Orang Akibat Beban Statik

SAYYID MAULANA IMANUL HAQ¹, BADRIANA NURANITA².

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung
2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung
Email: sayyidmaulana2608@gmail.com

ABSTRAK

Jembatan penyeberangan orang (JPO) adalah struktur bangunan yang dirancang untuk pejalan kaki sebagai jalur khusus dan pengaman agar tidak mengganggu mobilitas lalu lintas. Dalam penelitian ini, konfigurasi rangka baja JPO eksisting yang bertipe Warren with vertical akan dimodifikasi menjadi tipe pratt, k truss, dan baltimore, lalu JPO eksisting dan JPO yang sudah dimodifikasi konfigurasi rangkanya tersebut akan dihitung dan dibandingkan kinerja struktur atas jembatannya dengan bantuan software analisis dan pemodelan struktur jembatan. Hasil analisis rasio tegangan didapat nilai rasio tegangan terbesar adalah JPO dengan konfigurasi tipe warren sebesar 0,863 sedangkan nilai rasio tegangan terkecil adalah JPO dengan konfigurasi tipe baltimore sebesar 0,831, untuk nilai lendutan terbesar adalah JPO dengan konfigurasi tipe baltimore sebesar 40,365 mm, sedangkan untuk nilai lendutan terkecil adalah JPO dengan konfigurasi tipe k truss sebesar 34,522 mm.

Kata kunci: jembatan penyeberangan orang, rangka baja, rasio tegangan dan lendutan, statik.

ABSTRACT

A pedestrian bridge (JPO) is a building structure designed for pedestrians as a special lane and safety so as not to interfere with traffic mobility. In this study, the existing JPO steel frame configuration of the Warren type with vertical will be modified into the Pratt, K truss, and Baltimore types, then the existing JPO and JPO that have been modified in the frame configuration will be calculated and compared to the performance of the bridge's upper structure with the help of bridge structure analysis and modeling software. The results of the stress ratio analysis obtained the largest stress ratio value is JPO with a warren type configuration of 0.863 while the smallest stress ratio value is JPO with a baltimore type configuration of 0.831, for the largest deflection value is JPO with a baltimore type configuration of 40.365 mm, while for the smallest deflection value is JPO with a k truss type configuration of 34.522 mm.

Keyword: pedestrian bridge, steel truss, stress ratio and deflection, static.

1. PENDAHULUAN

Jembatan rangka baja saat ini menjadi pilihan utama dalam desain jembatan, mencakup penyeberangan kendaraan, rel kereta, dan pejalan kaki, berkat kekuatan dan efisiensi materialnya. Namun, perancangan jembatan baja mengharuskan pertimbangan mendalam terhadap faktor-faktor seperti desain struktur, pemilihan material, dan konfigurasi rangka. Tipe konfigurasi rangka baja memiliki dampak signifikan pada kinerja jembatan, termasuk kekuatan, kekakuan, dan keamanan.

Dalam penelitian ini, konfigurasi rangka baja JPO eksisting yang bertipe *Warren with vertical* akan dimodifikasi menjadi tipe *Pratt*, *K Truss*, dan *Baltimore*, lalu JPO eksisting dan JPO yang sudah dimodifikasi konfigurasi rangkanya tersebut akan dihitung dan dibandingkan kinerja struktur atas jembatannya dengan bantuan *software* simulasi dan analisis struktur berdasarkan kriteria pembebanan jembatan menurut SNI 1725:2016. Model JPO yang digunakan dalam penelitian ini adalah JPO yang didapat dari hasil penelitian Prasetyo, M. B., Martua, D. & Gasti, M. D. (2021).

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Jembatan Rangka Baja

Jembatan rangka baja adalah jembatan yang batang-batangnya dihubungkan dengan sendi pada titik buhul, sehingga membentuk segitiga yang menahan dari gaya tarik, gaya tekan, dan juga beban dinamis. Garis netral dari tiap batang yang bertemu pada titik buhul harus saling berpotongan pada satu titik untuk mencegah adanya momen skunder (Asiyanto, 2008).

2.2 Pembebanan Jembatan Rangka Baja Penyeberangan Orang

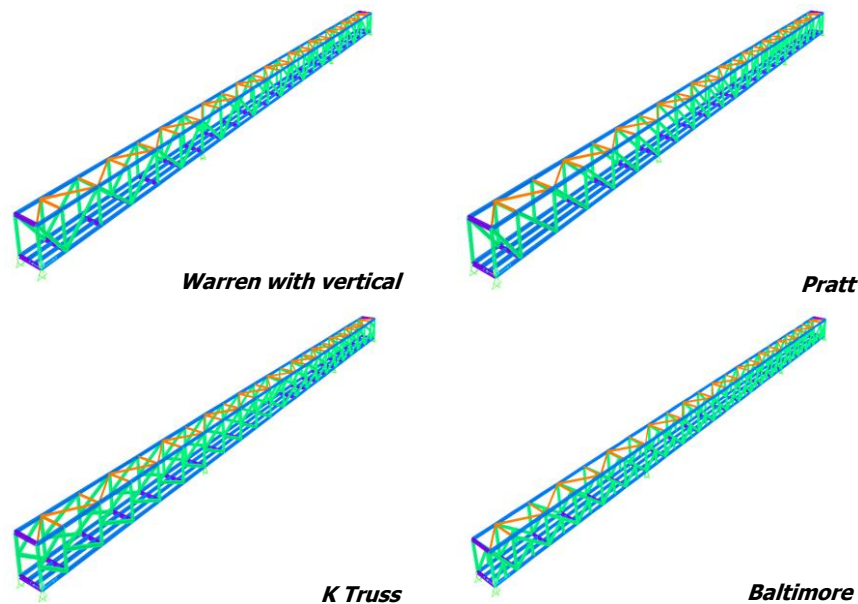
Pada studi ini, standar terkait pengaplikasian beban dalam merancang jembatan rangka baja untuk pejalan kaki akan merujuk pada pedoman SNI 1725:2016. Beban - beban yang akan diperhitungkan meliputi beban mati sendiri (MS) dari struktur, beban mati tambahan (MA), beban yang diakibatkan oleh pejalan kaki (TP), dan pengaruh beban angin pada struktur (EWs).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan studi literatur mengenai penelitian – penelitian terdahulu yang bertujuan untuk memahami subjek yang akan diteliti dan metode penelitian yang akan digunakan. Tahap kedua adalah mengumpulkan data teknis jembatan yang terdiri dari data mutu material, data dimensi profil baja yang terdapat pada jembatan rangka baja penyeberangan orang, dan data dimensi dari struktur jembatan itu sendiri. Adapun untuk data teknis jembatan dapat dilihat pada **Tabel 1**. Tahap selanjutnya adalah pemodelan jembatan penyeberangan orang (JPO) eksisting dan JPO yang dimodifikasi konfigurasi rangkanya yaitu *warren with vertical* (eksisting), *pratt*, *k truss*, dan *baltimore*, dengan menggunakan *software* analisa struktur. Untuk model masing – masing jembatan dapat dilihat pada **Gambar 1**. Penelitian ini ditutup dengan melakukan analisis untuk masing – masing JPO berdasarkan nilai rasio tegangan dan lendutan. Hasil analisis rasio tegangan dan lendutan kemudian akan dibandingkan dan ditarik kesimpulan akhir dari penelitian ini.

Tabel 1. Data Teknis Jembatan

Data Teknis Jembatan					
1	Panjang Jembatan	85 m	7	Mutu Baja	BJ 37
2	Lebar Jembatan	3 m	8	Profil Ikatan Angin	IWF 100 x 100 x 6 x 8
3	Tinggi Jembatan	3 m	9	Profil Rangka Utama	IWF 200 x 200 x 8 x 12
4	Jumlah Bentang	3 buah	10	Penutup Atap	Double glass 2 x 6 mm
5	Jarak Antar Segmen	4 m	11	Pelat Lantai	Pelat kembang 5 mm
6	Tipe Rangka	Warren with vertical	12	Railing	Railing box 30 x 30 mm



Gambar 1. Pemodelan JPO Eksisting dan JPO Modifikasi

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dalam melakukan analisis struktur perlu dilakukan pendefinisian jenis, besaran, lokasi beban, serta menentukan kombinasi pembebanan. Selanjutnya dilakukan analisis untuk mendapatkan nilai rasio tegangan dan lendutan untuk masing – masing tipe JPO.

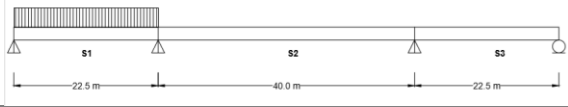
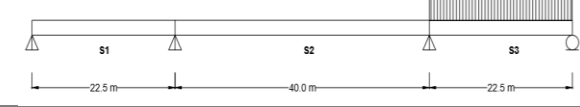
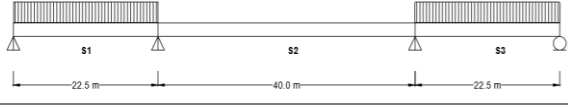
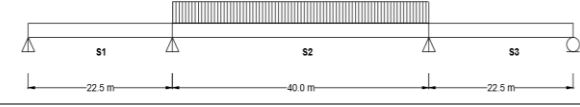
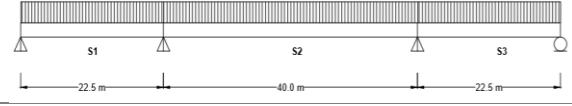
4.1 Pembebanan dan Kombinasi

1. Beban Sendiri (MS)
Berat sendiri struktur merujuk pada bobot total dari keseluruhan kerangka jembatan yang bersifat tetap. Dalam penelitian ini, perhitungan berat sendiri struktur dilakukan secara otomatis menggunakan *software*.
2. Beban Mati Tambahan (MA)
Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen nonstruktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan.
3. Beban Angin Struktur (EWS)
Menurut ketentuan dalam SNI 1725:2016, arah angin diasumsikan secara horizontal, dan gaya angin pada bidang tekan minimal harus mencapai 4,4 N/mm, sedangkan gaya angin pada bidang hisap minimal harus mencapai 2,2 N/mm.

4. Beban Statik Pejalan Kaki (TP)

Untuk beban statik pejalan kaki mengacu pada SNI 1725 – 2016 yaitu, semua komponen perkerasan jalan yang lebarnya lebih dari 600 mm harus dirancang untuk memikul beban pejalan kaki dengan intensitas 5 kPa (5 kN/m²). Karena jembatan tersebut memiliki jumlah bentang > 1 maka untuk beban statik pejalan kaki dimodelkan menjadi 5 tipe seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Model pembebanan untuk beban statik pejalan kaki

Model -1	Model -2
	
Untuk Model -1 beban pejalan kaki yang terdistribusi sepanjang bentang S1.	Untuk Model -2 beban pejalan kaki yang terdistribusi sepanjang bentang S3.
Model -3	Model -4
	
Untuk Model -3 beban pejalan kaki yang terdistribusi sepanjang bentang S1 dan S3.	Untuk Model -4 beban pejalan kaki yang terdistribusi sepanjang bentang S2.
Model -5	
	
Untuk Model -5 beban pejalan kaki yang terdistribusi sepanjang bentang S1, S2, dan S3.	

5. Kombinasi Pembebanan

Dalam penelitian ini, menggunakan kombinasi pembebanan berdasarkan standar SNI 1725:2016 yang mengatur pembebanan pada jembatan. Kombinasi pembebanan terdiri dari kuat dan layan sebagai berikut :

$$\text{Kuat I} = 1,1\text{MS} + 2\text{MA} + 1,8\text{TP}$$

$$\text{Kuat II} = 1,1\text{MS} + 2\text{MA} + 1,4\text{TP}$$

$$\text{Kuat III} = 1,1\text{MS} + 2\text{MA} + 1,4\text{EW}_s$$

$$\text{Kuat IV} = 1,1\text{MS} + 2\text{MA}$$

$$\text{Kuat V} = 1,1\text{MS} + 2\text{MA} + 0,4\text{EW}_s$$

$$\text{Layan I} = \text{MS} + \text{MA} + \text{TP} + 0,3 \text{EW}_s$$

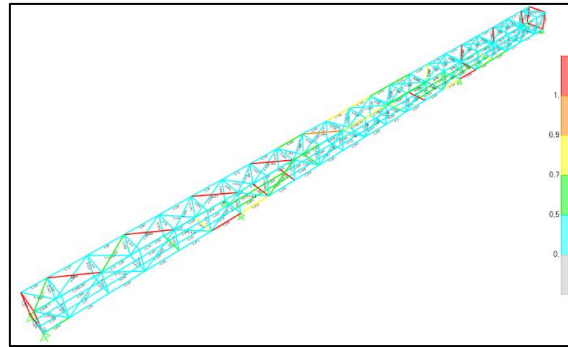
$$\text{Layan II} = \text{MS} + \text{MA} + 1,3\text{TP}$$

$$\text{Layan III} = \text{MS} + \text{MA} + 0,8\text{TP}$$

$$\text{Layan IV} = \text{MS} + \text{MA} + 0,7\text{EW}_s$$

4.2 Rasio Tegangan Struktur

Rasio tegangan atau *stress ratio* merupakan perbandingan antara momen ultimate pada penampang dengan kekuatan nominal penampang. Dengan menganalisis rasio tegangan ini, dapat diperiksa apakah struktur yang telah dimodelkan memenuhi kriteria keamanan atau tidak. Jika nilai rasio tegangan melebihi 1, maka struktur tersebut tidak memenuhi persyaratan kekuatan.



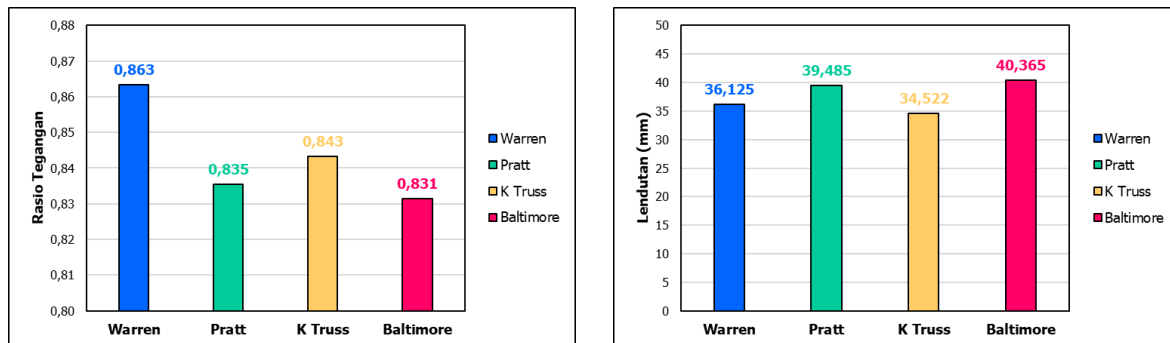
Gambar 2. Rasio Tegangan JPO Eksisting

Berdasarkan **Gambar 2**, dapat dilihat bahwa dalam struktur atas JPO masih terdapat banyak garis berwarna merah yang artinya nilai rasio tegangan masih > 1 atau *overstressed*. Untuk JPO eksisting nilai rasio tegangan terbesar diakibatkan oleh kombinasi pembebanan “Kuat III” yang terjadi pada ikatan angin, untuk ketiga JPO modifikasi yang dianalisis juga terjadi hal yang sama yaitu terdapat batang yang mengalami *overstressed* diakibatkan oleh kombinasi pembebanan “Kuat III”. Oleh karena itu untuk mengatasi *overstressed* pada penampang dilakukan penambahan dimensi.

4.3 Lendutan Struktur

Pemeriksaan lendutan struktur bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat penyimpangan yang terjadi pada struktur sebagai hasil dari beban yang diterapkan. Sesuai dengan persyaratan AASHTO LRFD *Guide Specifications for Design of Pedestrian Bridges* (2009), batasan lendutan izin adalah sebesar $L/500$. Maka untuk JPO eksisting dengan panjang bentang 85 m, lendutan izinnya adalah 0,17 m atau setara dengan 170 mm.

4.4 Perbandingan Rasio Tegangan dan Lendutan



Gambar 3. Perbandingan nilai rasio tegangan dan lendutan tiap JPO

Setelah dilakukan penambahan dimensi nilai rasio tegangan dari keempat tipe JPO sudah < 1 yang artinya JPO tersebut sudah memenuhi persyaratan kekuatan. Untuk masing – masing nilai rasio tegangan JPO dapat dilihat pada **Gambar 3**, dimana untuk nilai rasio tegangan terbesar adalah JPO dengan konfigurasi tipe *warren* (eksisting) sedangkan nilai rasio terkecil adalah JPO dengan konfigurasi tipe *baltimore*.

Selanjutnya berdasarkan **Gambar 3**, dapat dilihat nilai lendutan masing – masing JPO sudah memenuhi nilai lendutan izin (< 170 mm), untuk nilai lendutan terbesar adalah JPO dengan konfigurasi tipe *baltimore* sebesar 40,365 mm, sedangkan untuk nilai lendutan terkecil adalah JPO dengan konfigurasi tipe *k truss* sebesar 34,522 mm, dimana untuk masing – masing JPO

lendutan terbesarnya diakibatkan oleh kombinasi pembebanan "LAYAN II (4)" atau kombinasi Layan II akibat beban statik pejalan kaki model ke-4.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan pemodelan dan menganalisis struktur atas JPO dengan mengacu pada pembebanan SNI 1725:2016, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Dari analisis rasio tegangan yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa semua elemen struktur pada keempat tipe konfigurasi JPO menghasilkan rasio tegangan yang kurang dari 1 setelah dilakukan penambahan dimensi. Hal ini menunjukkan bahwa keempat struktur tersebut memenuhi persyaratan kekuatan.
2. Hasil analisis rasio tegangan didapat nilai rasio tegangan terbesar adalah JPO dengan konfigurasi tipe *warren* sebesar 0,863 sedangkan nilai rasio tegangan terkecil adalah JPO dengan konfigurasi tipe *baltimore* sebesar 0,831
3. Hasil analisis lendutan didapat nilai lendutan untuk JPO eksisting (*warren*) sebesar 36,125 mm, JPO tipe *pratt* sebesar 39,485 mm, JPO tipe *k truss* sebesar 34,522 mm, dan JPO tipe *baltimore* sebesar 40,365 mm, dimana keempat tipe konfigurasi tersebut memenuhi nilai lendutan izin
4. Untuk nilai lendutan terbesar adalah JPO dengan konfigurasi tipe *baltimore*, sedangkan untuk nilai lendutan terkecil adalah JPO dengan konfigurasi tipe *k truss*.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan beberapa hal sebagai berikut :

1. Dapat menggunakan profil atau dimensi yang berbeda dari penelitian ini, seperti contohnya menggunakan profil *box* atau *h-beam*.
2. Dapat menganalisis efisiensi yaitu dengan membandingkan berat jembatan dengan lendutan yang terjadi untuk mengetahui konfigurasi rangka mana yang paling efisien.

DAFTAR RUJUKAN

- Alantia, F. (2015). Studi Perilaku Struktur Jembatanpejalan Kaki Akibat Beban Statis dan Dinamis dari Beban Manusia Berjalan. *Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Alifanda, A. S. (2022). Evaluasi Kinerja Dan Modifikasi Perancangan Struktur Atas Jembatan Penyeberangan Orang Rangka Baja Ciracas. *Skripsi thesis, Institut Teknologi Nasional*.
- Prasetyo, M. B., Martua, D., & Gasti, M. D. (2021, March 30). *Proyek Pembangunan Jembatan Penyebrangan Orang (JPO) Ciracas* . Retrieved from Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=2Q7KjvjZ3bg>
- Putra, A. S. (2012). Studi Perilaku Dinamis Struktur Jembatan Penyeberangan Orang (JPO) Akibat Beban Manusia Bergerak Studi Kasus : Jembatan Gantung. *Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Rahman, A. (2016). Studi Perbandingan Hasil Perencanaan Optimal Jembatan Penyeberangan Orang (JPO) Bertingkat Akibat Beban Statis Dan Beban Dinamis Manusia Berjalan. *Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- SNI 1725-2016. (2016). *Pembebanan untuk jembatan*. Jakarta: Bandar Standarisasi Nasional.