Komparasi Beberapa Tipe Struktur Jembatan Rangka dengan Pembebanan Gempa sesuai Persyaratan SNI 2833-2016

Jaka Propika*[1], Dwilita Putri Irawan[2], Yanisfa Septiarsilia[3], Suheni[4]

[1,2,3]Program Studi Teknik Sipil, FTSP, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
[4]Program Studi Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

e-mail:[*1]jakapropika@itats.ac.id,[2]dwilitapi@yahoo.com, [3]yanisfa.septi@itats.ac.id, [4]suheni@itats.ac.id.

Abstract

Bridges have various types in terms of models, materials, and shapes. This plan employs the bridge models of Through Warren Truss, Through Howe Truss, Through Pratt Truss, and Quadrangular Through Warren Truss. To know the comparison of frame bridge models, the researcher planned modelling upon some frame bridges by SNI 2833-2016. This planning has the following purposes i.e. to investigate the values of bridge ratio, deflection, base shear, and moment.The results of planning demonstrated that the highest ratio was on Quadrangular Through Warren Truss by 0.410, while the lowest ratio was on Through Warren Truss by 0.384. Meanwhile, the highest deflection was on Quadrangular Through Warren Truss by 0.105692 and the lowest one was on Through Warren Truss by 0.100173. Moreover, the highest base shear occurred on Quadrangular Through Warren Truss by 885.47 kN and the lowest one was on Through Warren Truss by 1340.1103 kN/m and the lowest one was on Quadrangular Through Warren Truss by 1340.1103 kN/m. Accordingly, the bridge model of Through Warren Truss is chosen as it had the lowest values of ratio, deflection, and base shear so that the risk of bridge failure can be minimized.

Keywords: *jembatan rangka baja, base shear, lendutan, ratio, momen*

Abstrak

Jembatan memiliki banyak macam, baik dari segi model, bahan yang digunakan, dan bentuknya. Perencanaan ini menggunakan jembatan model Through Warren Truss, Through Howe Truss, Through Pratt Truss, Quadrangular Through Warren Truss. Untuk mengetahui perbandingan model dari jembatan rangka dilakukan perencanaan permodelan beberapa jembatan rangka dengan menggunakan SNI 2833-2016.5 Tujuan perencanaan ini untuk mengetahui nilai ratio jembatan, nilai lendutan, nilai base shear, dan nilai momen jembatan. Hasil dari perencanaan diperoleh nilai ratio paling tinggi pada Quadrangular Through Warren Truss sebesar 0.410, sedangkan ratio terendah pada Through Warren Truss sebesar 0.384. Lendutan paling tinggi pada Quadrangular Through Warren Truss sebesar 0.105692 dan lendutan terendah pada Through Warren Truss sebesar 0.100173. Base shear paling tinggi pada Quadrangular Through Warren Truss sebesar 885.47 kN dan base shear terendah pada Through Warren Truss sebesar 822.563 kN. Momen paling tinggi pada Through Warren Truss sebesar 1340.1103 kN/m dan momen terendah pada Quadrangular Through Warren Truss sebesar 1340.1103 kN/m. Dipilih jembatan Through Warren Truss karena memiliki nilai ratio, lendutan, base shear, yang paling rendah. Sehingga resiko kegagalan jembatan dapat diminimalisir.

Kata kunci: steel frame bridge, base shear, deflection, ratio, moment

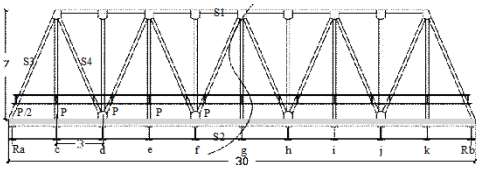
1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara kepulauan yang memiliki topografi bervariasi serta jumlah penduduk yang tinggi, menyebabkan dibutuhkannya fasilitas yang memadai untuk masyarakat beraktivitas. Salah satu fasilitas tersebut adalah jembatan. Jembatan merupakan struktur penopang jalan yang essensial untuk menyatukan segmen-segmen jalan yang terpisah oleh berbagai hambatan, seperti sungai, lembah, jalur kereta api, dan sejenisnya (Septiarsilia et al., 2020). Bersama dengan perkembangan teknologi yang terus meningkat, perancangan konstruksi jembatan harus memenuhi persyaratan transportasi, mencakup elemen kenyamanan, keamanan, dan estetika (Propika & Septiarsilia, 2016). Konstruksi jembatan untuk jalan raya dan rel kereta api tidak hanya menyederhanakan waktu perjalanan, tetapi juga mengurangi penggunaan bahan bakar (Arifi et al., 2016). Struktur jembatan pada dasarnya terbagi menjadi dua yaitu struktur atas dan struktur bawah. Struktur atas berfungsi menerima beban dari jembatan itu sendiri, beban mati tambahan, beban lalu lintas dan lainnya, struktur atas meliputi balok utama (girder), diafragma, pelat lantai kendaraan, trotoar dan sebagainya. Sedangkan struktur bawah bertugas memikul seluruh beban struktur atas serta beban lainnya seperti beban yang ditimbulkan oleh tekanan tanah, aliran air, gesekan tumpuan, dan sebagainya, bagian struktur bawah adalah pangkal jembatan (abutment), pilar jembatan (pier), dan pondasi.

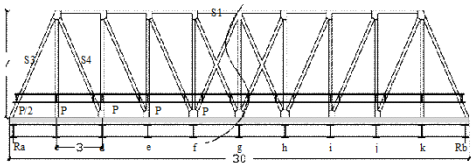
Dalam merencanakan jembatan, diperlukan dipertimbangkan tipe dan material yang tepat agar konstruksi dan Perencanaan efektif dan efisien (Fitriyah, 2019). Jembatan dapat dibagi menjadi beberapa jenis atau tipe, salah satunya adalah jembatan rangka. Jembatan rangka baja di Indonesia sudah ada sejak jaman Hindia Belanda(Istiono & Susanti, 2020). Jembatan rangka tersusun dari beberapa batang baja yang dihubungkan dengan menggunakan pelat buhul, pengikat paku keling, baut atau dapat juga dilas. Batang- batang pada jembatan rangka akan memikul gaya dalam aksial tekan atau tarik. Jika menurut tipe model rangkanya, jembatan dibagi menjadi beberapa tipe ada tipe Through Warren Truss, tipe Through Howe Truss, tipe Through Pratt Truss, tipe Quadrangular Through Warren Truss, dan masih banyak lagi (Arifi et al., 2016)). Tipe Through Warren Truss dan tipe Quadrangular Through Warren Truss tersusun dari segitiga sama kaki yang dapat menahan gaya tekan dan gaya tarik. Sedangkan tipe Through Howe Truss batang baja mengarah vertikal menahan gaya tarik dan mengarah diagonal untuk menahan gaya tekan axial, batang diagonal mengarah kebagian akhir. Untuk tipe Through Pratt Truss hampir sama dengan tipe Through Howe Truss hanya saja batang diagonalnya mengarah ke pusat. Pada penelitian ini akan dibandingkan beberapa tipe model jembatan rangka dengan menggunakan (2833, 2016) dilihat dari lendutan yang terjadi pada jembatan serta perbandingan rasio untuk setiap jembatan rangka.

2. Metode Penelitian

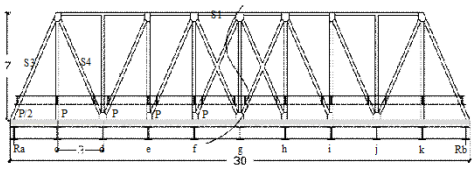
Dalam penelitian ini akan dilakukan beberapa komparasi struktur jembatan dengan beberapa tipe/model jembatan yang akan dianalisis dengan beban gempa sesuai SNI 2833-2016, diantaranya yakni Through Warren Truss, tipe Through Howe Truss, tipe Through Pratt Truss, tipe Quadrangular Through Warren Truss. Beberapa tipe jembatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 1. Dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan penelitian.



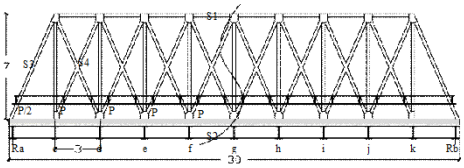
Jembatan Tipe *Trough Warren Truss*



Jembatan Tipe *Through Howe Truss*



Jembatan Tipe *Through Pratt Truss*



Jembatan Tipe *Quadrangular Through Warren Truss*

Gambar 1. Beberapa Tipe Jembatan Rangka Baja
(Sumber:Penelitian)

2.1 Perencanaan Struktur Atas Jembatan

Dalam penelitian ini, adapun Perencanaan beberapa elemen struktur jembatan terhadap beberapa tipe/model jembatan rangka baja yang ditinjau.

2. 1.1 Perencanaan Pelat

Pelat direncanakan berdasarkan momen maksimum yang diperoleh berdasarkan kombinasi. Pembebanan kuat dan dikontrol terhadap lendutan dan gaya pons yang terjadi akibat beban yang diterima jembatan.

2. 1.2 Gelagar Memanjang

Gelagar memanjang merupakan gelagar yang berada dibawah lantai kendaraan searah dengan sumbu jalan untuk menahan beban diatasnya yang merupakan beban dari lantai kendaraan dan muatan hidup (beban lalu lintas) yang berada diatasnya. Persyaratan desain terdapat pada persamaan 1.

$$øVn > Vu \quad (1)$$

dimana,
ø = faktor reduksi (0,9),
Vn = gaya geser nominal,
Vu = gaya geser ultimate.

2. 1.3 Gelagar Melintang

Gelagar melintang merupakan gelagar yang berada dibawah lantai kendaraan melintang dengan sumbu jalan untuk menahan beban diatasnya yang merupkan beban dari lantai kendaraan, beban gelagar memanjang dan muatan hidup (beban lalu lintas) yang berada diatasnya.

2. 1.4 Ikatan Angin

Berfungsi untuk mengakukan konstruksi, mengurangi getaran dan menjaga agar terus tetap tegak, mencegah runtuhnya jembatan; misalnya akibat adanya gaya lateral yang ditimbulkan angin dari tepi.

2. 1.5 Rangka Jembatan

Rangka jembatan merupakan rangka utama dimana untuk menahan beban-beban yang terjadi. Rangka jembatan tersebut menahan beban beban yang terjadi diatasnya dan termasuk dari berat sendiri rangka jembatan serta segala muatan ke kepala jembatan atau pilar-pilar.

2.2 Pembebanan Jembatan

Berdasarkan SNI 1725- 2016 tentang pembebanan pada jembatan, dijelaskan bahwa terdapat berbagai beban yang terdapat pada jembatan antara lain beban tetap, beban lalu lintas, dan beban aksi lingkungan.

2. 2.1 Beban Tetap

Pada beban tetap jembatan terdiri dari berat sendiri dan beban mati tambahan.
Beban Mati Sendiri = 13.125 kN/m
Beban Mati Tambahan = 2.04 kN/m

2. 2.2 Beban Lalu Lintas

Beban lajur (D)

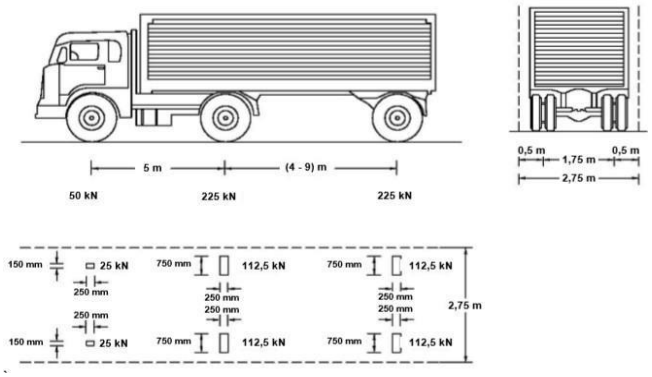
- Beban terbagi rata (BTR), Perhitungan beban terbagi rata dapat dilihat pada persamaan (2) dan (3).

  $$Jika\ L \leq 30\ m : q = 9{,}0\ kPa \quad (2)$$

  $$Jika\ L > 30m : q = 9{,}0\ [0{,}5 + 15]\ kPa \quad (3)$$

  Beban Lajur "D" = 68,6 kPa
- Beban garis terpusat (BGT) dengan p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas. Besarnya intensitas p adalah 49,0 kN/m.

Beban Truk "T"
Beban truk "T" tidak dapat digunakan bersamaan dengan beban "D" dengan mekanisme pembebanan dapat dilihat pada Gambar 2.
Beban Truk "T" = 32,5kN



Gambar 2. Beban Truk "T"
(Sumber:(1725, 2016)**)**

2. 2.3 Beban Akibat Aksi Lingkungan

- Beban angin
  Tekanan angin disebabkan oleh angin rencana dengan kecepatan dasar (VB) sebesar 90 hingga 126 km/jam. Beban angin harus diasumsikan terdistribusi secara merata pada permukaan yang terekspos oleh angin. Beban Angin didapatkan sebesar 1,764 kN/m.
- Beban Gempa
  Parameter gempa diambil berdasarkan tanah pada lokasi yang dapat diketahui melalui pusjatan.pu.go.id. Berdasarkaan beban Gempa pada SNI 2833:2016, mendapatkan parameter berdasarkan aplikasi pusjatan.pu.id :
  Ss = 0,494 g
  S1 = 0,237 g
  PGA = 0,252
  T0 = 0,096 detik

Ts = 0,480 detik
SDS = 0,8493 g
SD1 = 0,7233g

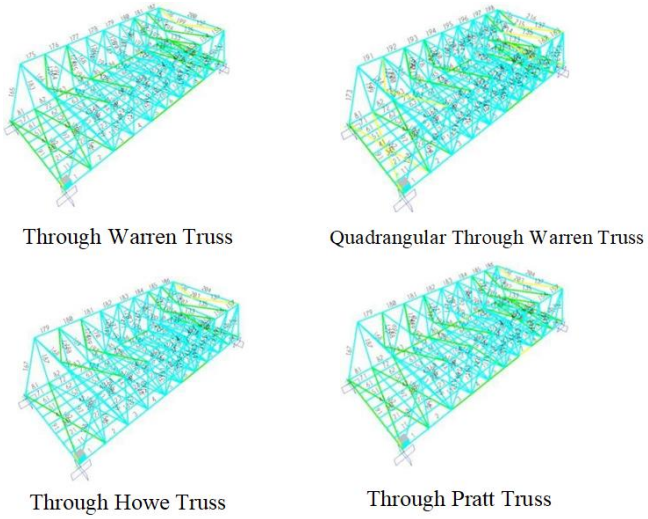
2.3 Data Perencanaan

Bentang jembataan : 30 meter
Lebar jembatan : 12 meter
BJ55 : Fu = 550 MPa, Fy = 410 Mpa
Preliminary Design :
Gelagar memanjang menggunakan profil WF 300 x 300 x 15 x 15.
Gelagar melintang menggunakan profil WF 900 x 300 x 16 x 28.
Rangka utama menggunakan profil WF 400 x 400 x 20 x 35.
Ikatan angin atas menggunakan profil L 110 x 110 x 14.
Ikatan angin atas menggunakan profil L 250 x 250 x 25.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Permodelan Struktur Jembatan

Dalam penelitian ini, digunakan program bantu SAP2000 untuk memodelkan struktur jembatan dengan beberapa tipe yang akan dibandingkan. Gambar 3 merupakan hasil permodelan menggunakan program SAP2000.



Gambar 3. Permodelan Struktur Jembatan dengan SAP2000
(Sumber:Penelitian, 2022)

3.2 Perbandingan Struktur Jembatan

Dalam penelitian ini, akan dilakukan perbandingan terhadap rasio pada jembatan rangka, lendutan, nilai base shear, serta perbandingan momen.

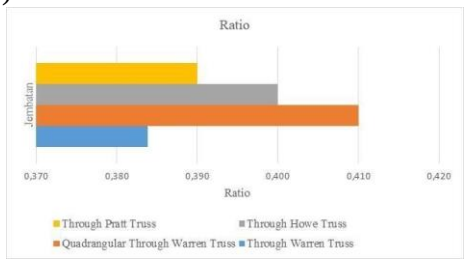
3. 2.1 Rasio Rangka Utama

Perbandingan rasio gaya terhadap kapasitas diambil dari rasio maksimum pada elemen pada elemen rangka utama masing-masing model dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 4.

Tabel 1. Perbandingan Rasio Kapasitas Jembatan

Rasio Maksimum			
Jembatan Through Warren Truss	**Jembatan Quadrangular Through Warren Truss**	**Jembatan Through Howe Truss**	**Jembatan Through Warren Truss**
0.384	0.410	0.400	0.390

Sumber: Penelitian (2020)



Gambar 4. Grafik perbandingan rasio jembatan
(Sumber:Penelitian, 2022)

Dari tabel dan grafik diatas dapat dilihat bahwa ratio paling tinggi terdapat pada jembatan Quadrangular Through Warren Truss sebesar 0.410, sedangkan ratio terendah ada pada jembatan Through Warren Truss sebesar 0.384.

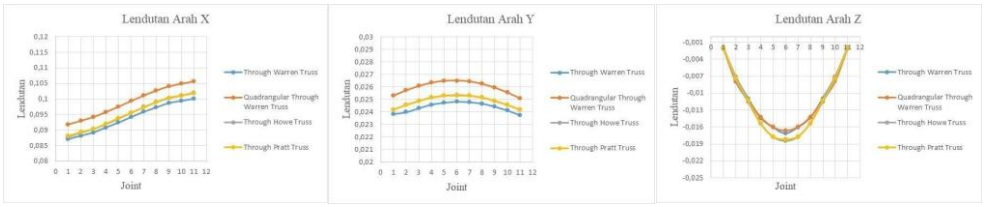
3. 2.2 Lendutan Jembatan

Perbandingan nilai lendutan masing-masing tipe jembatan dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 5.

Tabel 2. Perbandingan nilai lendutan Jembatan

		Lendutan Maksimum			
No	**Jembatan**	**Joint**	**Arah X**	**Arah Y**	**Arah Z**
1	Through Warren Truss	11	0.100173	0.023764	-0.001973
2	Quadrangular Through WarrenTruss	11	0.105692	0.025114	-0.002137
3	Through Howe Truss	11	0.102092	0.024174	-0.002014
4	Through Pratt Truss	11	0.101753	0.024168	-0.002014

Sumber: Penelitian (2020)



Gambar 5. Grafik perbandingan lendutan
(Sumber:Penelitian, 2022)

Dari Tabel 2 dan Gambar 5 dapat dilihat bahwa lendutan paling tinggi terdapat pada jembatan Quadrangular Through Warren Truss sebesar 0.105692 dan lendutan terendah ada pada jembatan Through Warren Truss sebesar 0.100173.

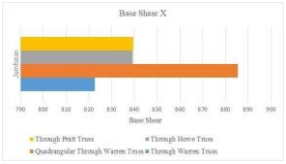
3. 2.3 Nilai Base Shear

Perbandingan nilai base shear masing-masing tipe jembatan dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 6.

Tabel 3. Perbandingan Nilai Base Shear

No	Jembatan	Base Shear X (kN)	Lendutan (m)
1	Through Warren Truss	822,563	0,100173
2	Quadrangular Through Warren Truss	885,470	0,105692
3	Through Howe Truss	839,210	0,102092
4	Through Pratt Truss	839,405	0,101753

Sumber: Penelitian (2020)



Gambar 5. Grafik perbandingan lendutan
(Sumber:Penelitian, 2022)

Dari Tabel 3 dan Gambar 5 dapat dilihat bahwa base shear paling tinggi terdapat pada jembatan Quadrangular Through Warren Truss sebesar 885.47 kN dan base shear terendah ada pada jembatan Through Warren Truss sebesar 822.563 kN.

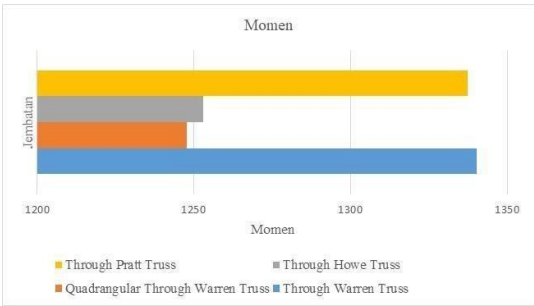
3. 2.4 Momen Jembatan

Perbandingan nilai momen masing-masing tipe jembatan dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 7.

Tabel 3. Perbandingan Nilai Momen

No	Jembatan	Momen (kN/m)
1	Through Warren Truss	1340.1103
2	Quadrangular Through Warren Truss	1247.8585
3	Through Howe Truss	1253.0553
4	Through Pratt Truss	1337.3556

Sumber: Penelitian (2020)



Gambar 7. Grafik perbandingan momen maksimum
(Sumber:Penelitian, 2022)

Dari tabel dan grafik diatas dapat dilihat bahwa momen paling tinggi terdapat pada jembatan Through Warren Truss sebesar 1340.1103 kN/m dan momen terendah ada pada jembatan Quadrangular Through Warren Truss sebesar 1340.1103 kN/m.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dilakukan, didapatkan hasil dari keempat jembatan tersebut dipilih jembatan Through Warren Truss karena memiliki nilai ratio, lendutan, base shear, yang paling rendah. Sehingga meminimalisir kegagalan yang terjadi pada jembatan.

Daftar Pustaka

1725. (2016). *Pembebanan untuk jembatan*.

2833. (2016). *Perencanaan jembatan terhadap beban gempa*.

Arifi, E., Suseno, H., Hidayat, M. T., Grahadika, H. E., Timur, J., Teknik, J., & Universitas, S. (2016). *JEMBATAN RANGKA BAJA*. *10*(3), 187–193.

Fitriyah, D. K. (2019). Modifikasi Jembatan Mataraman II Malang Menggunakan Struktur Gelagar Beton Bertulang. *Rekayasa: Jurnal Teknik Sipil*, *4*(1), 13. https://doi.org/10.53712/rjrs.v4i1.613

Istiono, H., & Susanti, E. (2020). Pola Keruntuhan Jembatan Rangka Menerus Tipe Waren. *Borneo Engineering : Jurnal Teknik Sipil*, *3*(2), 73–80. https://doi.org/10.35334/be.v3i2.1169

Propika, J., & Septiarsilia, Y. (2016). *Re-Design Jembatan THP dengan Sistem Box Girder Segmental*.

Septiarsilia, Y., Fitriyah, D. K., & Propika, J. (2020). *Perencanaan Struktur Jembatan Sumber Sari , Kutai Barat , Kalimantan Timur dengan Sistem Busur Baja*.