

Analisis Perbandingan Kinerja Jembatan Rangka Baja Tipe Warren, Pratt dan Howe

Handayani¹, Musbar², Herri Mahyar³

¹⁾ Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Politeknik Negeri Lhokseumawe

^{2,3)} Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Politeknik Negeri Lhokseumawe

E-mail: musbaribrahim@pnl.ac.id

ABSTRAK – Jembatan rangka baja tipe warren lebih sering digunakan daripada tipe lainnya, sehingga diperlukan analisis untuk membandingkan penggunaan jembatan dengan tipe lain. Analisis perbandingan kinerja jembatan rangka baja ini bertujuan untuk mengetahui kinerja jembatan rangka baja berdasarkan nilai Demand Capacity Ratio (DCR) dan nilai lendutan jembatan rangka baja tipe warren, pratt dan howe. Dimensi jembatan dengan panjang bentang 50 m, lebar 9,13 m dan tinggi 6,37 m dipilih berdasarkan gambar standar Pedoman Bina Marga No:07/BM/2005. Peraturan yang digunakan dalam analisis ini adalah SNI 1725:2016, SNI 2833:2016 dan SNI 03-1729-2002, sedangkan untuk perhitungan analisis struktur digunakan software SAP2000 v.14. Hasil perhitungan nilai DCR maksimum pada jembatan tipe warren sebesar 0,934, tipe pratt dan tipe howe sebesar 1,231. Lendutan pada jembatan tipe warren sebesar 0,097 m, tipe pratt sebesar 0,107 m dan howe sebesar 0,095 m. Hasil analisis menunjukkan bahwa jembatan rangka baja tipe warren memiliki kinerja jembatan rangka baja terbaik dibandingkan dengan jembatan rangka baja tipe pratt dan tipe howe.

Kata kunci : DCR, howe, lendutan, pratt, warren

I. PENDAHULUAN

Salah satu jenis jembatan yang ada di Indonesia adalah jembatan rangka baja, dimana jembatan rangka baja merupakan jembatan rangka batang yang menggunakan baja sebagai elemen-elemen batangnya. Jembatan rangka baja terdiri dari beberapa tipe, yaitu tipe *pratt*, *parker*, *baltimore*, *warren*, *howe*, *K-truss* dan lainnya.

Hibbeller (dalam Purwanto & Hariadi, 2018) menyatakan bahwa jembatan rangka baja tipe *warren* lebih sering digunakan daripada tipe lainnya. Jembatan tipe *warren* juga memiliki keamanan, kenyamanan dan beban yang lebih ringan dibandingkan dengan tipe *parker* (Purwanto & Hariadi, 2018), sehingga diperlukan analisis untuk membandingkan antara jembatan rangka baja tipe *warren* dengan tipe lainnya. Dalam artikel ini yang dianalisis adalah kinerja jembatan rangka baja berdasarkan nilai Demand Capacity Ratio (DCR) dan nilai lendutan antara jembatan rangka baja tipe *warren*, *pratt* dan *howe*. Menurut Atika (2018), semakin tinggi batang vertikal pada jembatan rangka baja maka semakin kaku struktur jembatan tersebut, sedangkan menurut Widiatoro (2013), jembatan rangka baja dengan panjang bentang 30 m sampai dengan 55 m tinggi yang efektif adalah 6 m. Oleh karena itu, digunakan dimensi jembatan dengan panjang bentang 50 m, tinggi jembatan 6,37 m dan lebar jembatan 9,13 m berdasarkan gambar standar Pedoman Bina Marga No:07/BM/2005.

II. METODOLOGI

Dalam artikel ini jembatan yang dimodelkan berupa jembatan rangka baja tipe *warren*, *pratt* dan *howe*. Analisis struktur jembatan dilakukan dengan bantuan program SAP2000 v.14, dimana pembebanan dan kombinasi beban mengacu pada SNI 1725:2016 dan SNI 2833:2016.

A. Data Struktur Jembatan

Data struktur jembatan rangka baja mengacu pada gambar standar Pedoman Bina Marga No:07/BM/2005, dimana untuk penggunaan profil baja pada rangka utama dipilih ukuran terbesar. Untuk data teknis jembatan dapat dilihat pada Tabel 1 dan untuk data material struktur dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Data teknis jembatan

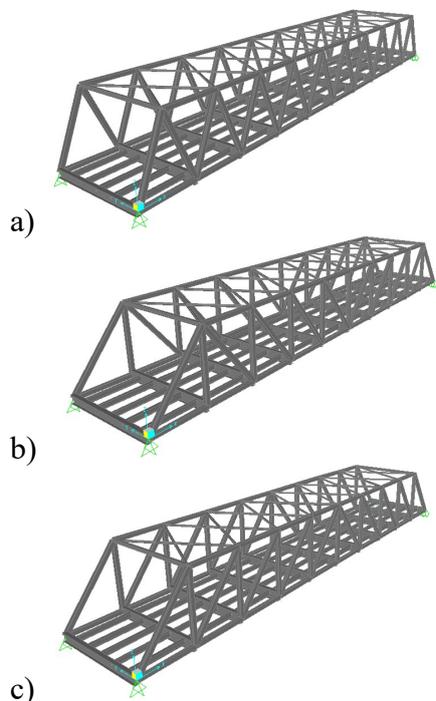
No.	Tinjauan	Data Teknis
1.	Panjang bentang	50 m
2.	Panjang tiap segmen	5 m
3.	Tinggi batang	6,37 m
4.	Lebar jembatan	9,13 m
5.	Lebar lantai kendaraan	7 m (3,5 + 3,5)
6.	Trotoar	2 x 1 m (f'c 30 Mpa, fy 400 Mpa)
7.	Tebal pelat lantai	25,5 cm (f'c 30 Mpa, fy 400 Mpa)
8.	Tebal trotoar	52 cm
9.	Jarak antar gelagar memanjang	1,7 m

Tabel 2. Data material struktur

No.	Tinjauan	Data Penampang Baja
1.	Gelagar melintang ujung	H 750.350.12.25 (BJ 55)
2.	Gelagar melintang tengah	H 900.350.12.19 (BJ 55)
3.	Gelagar memanjang	H 450.200.9.16 (BJ 55)
4.	Batang atas	H 350.350.16.32 (BJ 55)
5.	Batang diagonal	H 350.350.16.22 (BJ 55)
6.	Batang vertikal	H 350.350.16.22 (BJ 55)
7.	Batang bawah	H 350.350.12.22 (BJ 55)
8.	Ikatan angin ujung	H 300.200.12.19 (BJ 55)
9.	Ikatan angin tengah	H 150.150.6.9 (BJ 55)

B. Pemodelan Struktur

Tahap awal untuk menganalisis struktur jembatan rangka baja adalah pemodelan struktur jembatan. Pemodelan jembatan rangka baja tipe *warren*, *pratt* dan *howe* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pemodelan jembatan rangka baja (a) tipe *warren*, (b) tipe *pratt* dan (c) tipe *howe*

C. Beban Rencana

Kombinasi pembebanan yang digunakan berdasarkan SNI 1725:2016 dan SNI 2833:2016 adalah sebagai berikut:

$$\text{Kombinasi 1} = 1,1 \text{ MS} + 1,4 \text{ MA} + 1,8 \text{ TD} + 1,8$$

$$\text{TB} + 1,8 \text{ TP} \quad (1)$$

$$\text{Kombinasi 2} = 1,1 \text{ MS} + 1,4 \text{ MA} + 1,4 \text{ TD} + 1,4$$

$$\text{TB} + 1,4 \text{ TP} \quad (2)$$

$$\text{Kombinasi 3} = 1,1 \text{ MS} + 1,4 \text{ MA} + 1,4 \text{ W}_s \quad (3)$$

$$\text{Kombinasi 4} = 1,1 \text{ MS} + 1,4 \text{ MA} \quad (4)$$

$$\text{Kombinasi 5} = 1,1 \text{ MS} + 1,4 \text{ MA} + 0,4 \text{ W}_s + 1$$

$$\text{W}_L \quad (5)$$

$$\text{Kombinasi 6} = 1 \text{ MS} + 1 \text{ MA} + 1 \text{ TD} + 1 \text{ TB} + 1$$

$$\text{TP} + 0,3 \text{ W}_s + 1 \text{ W}_L \quad (6)$$

$$\text{Kombinasi 7} = 1 \text{ MS} + 1 \text{ MA} + 1,3 \text{ TD} + 1,3$$

$$\text{TB} + 1,3 \text{ TP} \quad (7)$$

$$\text{Kombinasi 8} = 1,1 \text{ MS} + 1,4 \text{ MA} + 0,3 \text{ TD} + 0,3$$

$$\text{TB} + 0,3 \text{ TP} + 0,3 \text{ E}_{QY} + 1,0 \text{ E}_{QX} \quad (8)$$

$$\text{Kombinasi 9} = 1,1 \text{ MS} + 1,4 \text{ MA} + 0,3 \text{ TD} + 0,3$$

$$\text{TB} + 0,3 \text{ TP} - 0,3 \text{ E}_{QY} + 1,0 \text{ E}_{QX} \quad (9)$$

$$\text{Kombinasi 10} = 1,1 \text{ MS} + 1,4 \text{ MA} + 0,3 \text{ TD} + 0,3$$

$$\text{TB} + 0,3 \text{ TP} + 0,3 \text{ E}_{QY} - 1,0 \text{ E}_{QX} \quad (10)$$

$$\text{Kombinasi 11} = 1,1 \text{ MS} + 1,4 \text{ MA} + 0,3 \text{ TD} + 0,3$$

$$\text{TB} + 0,3 \text{ TP} - 0,3 \text{ E}_{QY} - 1,0 \text{ E}_{QX} \quad (11)$$

$$\text{Kombinasi 12} = 1,1 \text{ MS} + 1,4 \text{ MA} + 0,3 \text{ TD} + 0,3$$

$$\text{TB} + 0,3 \text{ TP} + 1,0 \text{ E}_{QY} + 0,3 \text{ E}_{QX} \quad (12)$$

$$\text{Kombinasi 13} = 1,1 \text{ MS} + 1,4 \text{ MA} + 0,3 \text{ TD} + 0,3$$

$$\text{TB} + 0,3 \text{ TP} - 1,0 \text{ E}_{QY} + 0,3 \text{ E}_{QX} \quad (13)$$

$$\text{Kombinasi 14} = 1,1 \text{ MS} + 1,4 \text{ MA} + 0,3 \text{ TD} + 0,3$$

$$\text{TB} + 0,3 \text{ TP} + 1,0 \text{ E}_{QY} - 0,3 \text{ E}_{QX} \quad (14)$$

$$\text{Kombinasi 15} = 1,1 \text{ MS} + 1,4 \text{ MA} + 0,3 \text{ TD} + 0,3$$

$$\text{TB} + 0,3 \text{ TP} - 1,0 \text{ E}_{QY} - 0,3 \text{ E}_{QX} \quad (15)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan pembebanan jembatan rangka baja dilakukan secara manual, kecuali untuk berat sendiri karena sudah dihitung secara otomatis pada program SAP2000. Rekap pembebanan pada jembatan rangka baja dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi pembebanan jembatan rangka baja

No.	Jenis Beban	Tipe Jembatan			Satuan
		Warren	Pratt	Howe	
1.	Berat sendiri (MS)	4662,012	4639,747	4639,747	kN
2.	Beban mati tambahan (MA)	2,7	2,7	2,7	kN/m ²
3.	Beban lajur "D" (TD) - Beban	12,24	12,24	12,24	kN/m
		116,62	116,62	116,62	kN

	Terb agi Rata (BT R) - Beba n Garis Terp usat (BG T)				
4.	Beban rem (TB)	56,25	56,25	56,25	kN
5.	Beban pejala n kaki (TP)	5	5	5	kN/m ²
6.	Beban angin pada struku tur (Ws) - Tek an - Hisa p	220 110	220 110	220 110	kN kN
7.	Beban angin pada kendar aan (WL)	73	73	73	kN
8.	Beban gempa (EQ) - EQ X - EQ Y	1682,10 1682,10	1675, 42	1675,4 2	kN kN

Berdasarkan Tabel 3 berat sendiri struktur jembatan tipe *warren* lebih besar dibandingkan dengan tipe *pratt* dan *howe*, hal ini dikarenakan jumlah batang baja untuk tipe *warren* lebih banyak dibandingkan dengan tipe *pratt* dan *howe*. Analisis perbandingan kinerja jembatan berupa nilai *Demand Capacity Ratio* (DCR) dan nilai lendutan diperoleh dari hasil perhitungan SAP2000 v.14. Hasil perhitungan kinerja jembatan rangka baja dengan SAP2000 adalah sebagai berikut.

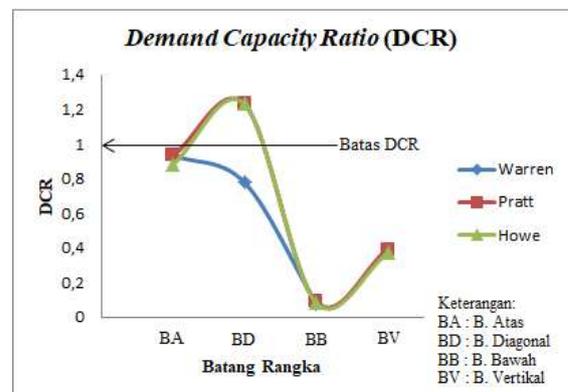
A. *Demand Capacity Ratio* (DCR)

Nilai DCR pada masing-masing tipe jembatan dipilih nilai yang paling maksimum. Adapun hasil perhitungan nilai DCR dengan menggunakan program SAP2000 v.14 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi nilai DCR pada jembatan rangka baja

Tinjauan	Rangka Utama	Tipe Jembatan		
		Warren	Pratt	Howe
DCR	Batang atas			
	Batang diagonal	0,934	0,933	0,881
	Batang vertikal	-	0,393	0,370
	Batang bawah	0,078	0,089	0,084
Kombinasi	Batang atas			
	Batang diagonal	1	1	1
	Batang vertikal	-	1	1
	Batang bawah	15	13	13

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat perbedaan nilai DCR pada masing-masing tipe jembatan rangka baja. Pada tipe *warren* nilai DCR maksimum sebesar 0,934, sedangkan untuk tipe *pratt* dan *howe* sebesar 1,231. Adapun perbandingan nilai DCR untuk jembatan tipe *warren*, *pratt* dan *howe* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik *Demand Capacity Ratio* (DCR)

Pada Gambar 2 diperlihatkan grafik perbandingan nilai DCR pada jembatan rangka baja tipe *warren*, *pratt* dan *howe*. Nilai DCR pada jembatan tipe *warren* tidak melebihi dari batas DCR yang ditentukan, yaitu lebih kecil dari 1,00, sedangkan untuk tipe *pratt* dan *howe*, nilai DCR melebihi dari batas yang ditentukan yang terletak pada batang diagonal. Disimpulkan bahwa jembatan tipe *warren* dengan panjang bentang 50 m memiliki nilai DCR yang memenuhi kriteria desain penampang daripada tipe *pratt* dan *howe*.

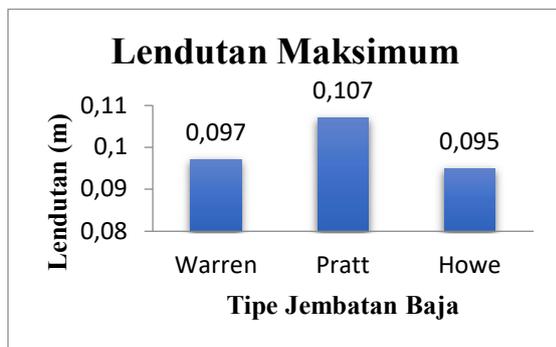
B. Lendutan

Nilai lendutan yang dianalisis dengan program SAP2000 v.14 dipilih nilai terbesar dari kombinasi beban dan berada pada tengah bentang. Hasil dari perhitungan nilai lendutan struktur jembatan dengan program SAP2000 v.14 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai lendutan pada masing-masing tipe jembatan rangka baja

Tipe Jembatan	Lendutan (m)	Kombinasi
Warren	0,097	Kombinasi I
Pratt	0,107	Kombinasi I
Howe	0,095	Kombinasi I

Pada Tabel 5 diperlihatkan perbedaan nilai lendutan pada masing-masing tipe jembatan rangka baja. Berdasarkan SNI 03-1729-2002 nilai lendutan tidak boleh lebih besar dari $L/500$ (0,1 m). Adapun perbandingan nilai lendutan untuk jembatan tipe *warren*, *pratt* dan *howe* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik lendutan maksimum

Pada Gambar 3 diperlihatkan grafik perbandingan nilai lendutan pada jembatan rangka baja tipe *warren*, *pratt* dan *howe*. Nilai lendutan pada jembatan tipe *warren* sebesar 0,097 m dan tipe *howe* sebesar 0,095 m tidak melebihi dari batas lendutan yang diizinkan, yaitu lebih kecil dari 0,1 meter, sedangkan untuk tipe *pratt*, nilai lendutan melebihi dari batas yang diizinkan yaitu sebesar 0,107 m. Disimpulkan bahwa jembatan rangka baja dengan panjang bentang 50 m untuk tipe *warren* dan tipe *howe* memiliki keamanan dan kenyamanan dibandingkan jembatan rangka baja tipe *pratt*.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, diperoleh beberapa simpulan antara lain:

1. Nilai *Demand Capacity Ratio* (DCR) pada rangka utama jembatan tipe *warren* memenuhi kriteria desain penampang baja, sedangkan DCR untuk rangka utama jembatan tipe *pratt* dan tipe *howe* tidak memenuhi kriteria desain penampang baja pada batang diagonal.
2. Nilai lendutan pada jembatan tipe *warren* sebesar 0,097 m dan *howe* sebesar 0,095 m yang memenuhi batas lendutan maksimum, sedangkan untuk tipe *pratt* tidak memenuhi batas lendutan maksimum yaitu sebesar 0,107 m. Sehingga jembatan rangka baja tipe *warren* dan tipe *howe* memiliki keamanan dan kenyamanan dibandingkan dengan jembatan rangka baja tipe *pratt*.
3. Jembatan tipe *warren* memiliki kinerja jembatan rangka baja terbaik dibandingkan dengan jembatan tipe *pratt* dan jembatan tipe *howe*.

Untuk hasil yang lebih maksimal, disarankan untuk menganalisis nilai tegangan dan berat struktur jembatan rangka baja.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002)*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. 2005. *Gambar Standar Rangka Baja Bangunan Atas Jembatan Kelas A dan B (No : 07/BM/2005)*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Atika, E. 2018. *Analisis Variasi Tinggi Rangka Batang Pada Jembatan Rangka Baja Tipe Pratt*. Tugas Akhir. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Badan Standardisasi Nasional. 2016. *Pembebanan untuk Jembatan: SNI 1725-2016*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2016. *Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa: SNI 2833-2016*. Jakarta.
- Purwanto, H. & Hariadi, G. 2018. "Analisis Perbandingan Jembatan Tipe Parker Dan Tipe Warren Dengan Bentang 50 Meter". *Jurnal Deformasi*. 3 (1), 67-75.
- Widiantoro, R. 2013. *Optimalisasi Struktur Rangka Jembatan Rangka Batang Baja Tipe Warren*. Tugas Akhir. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.