

# ANALISIS PENGARUH TIPE RANGKA WARREN, PRATT, HOWE, DAN K-TRUSS TERHADAP EFISIENSI JEMBATAN RANGKA BAJA BENTANG 80 M

Nadiyah Mulia Putri\*, Nindyawati

Universitas Negeri Malang,  
Jl. Semarang No. 5 Malang, Jawa Timur, Indonesia

\*Corresponding author, email: nadiyah.mulia.1705236@students.um.ac.id

doi: 10.17977/um068.v4.i5.2024.1

## Kata kunci Keywords

Tipe Rangka  
Berat  
Lendutan  
Efisiensi

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh pengaruh tipe rangka terhadap efisiensi jembatan berdasarkan nilai DCR (Demand Capacity Ratio), berat total struktur, nilai lendutan, dan nilai efisiensi. Penelitian ini menggunakan metode penelitian komparatif. Rancangan dari penelitian ini diawali dengan permodelan struktur jembatan menggunakan program SAP2000 dengan analisis pembebanan jembatan sesuai SNI 1725-2016 dan kontrol profil baja elemen batang jembatan sesuai RSNI T-03-2005 dan SNI 1729-2020. Tipe rangka yang dibandingkan adalah warren, pratt, howe, dan k-truss. Bentang jembatan 80 m dengan tinggi 8 m dan lebar 9 m. Mutu baja menggunakan SNI 07-2610-2011 BJ PHC 540 untuk profil baja H-beam dan JIS G3101-SS400 untuk profil IWF. Nilai efisiensi jembatan ditentukan dengan rumus perkalian berat total struktur dan lendutan maksimum jembatan. Semakin kecil nilai efisiensi jembatan maka semakin efektif kinerja struktur jembatan tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai DCR pada setiap tipe rangka memiliki pola grafik yang relatif sama pada daerah gelagar dan berbeda pada daerah sistem truss (rangka utama). Tipe rangka yang terberat adalah warren sebesar 161,77 ton, sedangkan yang teringan adalah k-truss sebesar 153,38 ton. Tipe rangka pratt dan howe mempunyai berat total struktur yang sama yaitu 154,54 ton. Tipe rangka yang mempunyai lendutan maksimum yang terkecil adalah k-truss sebesar 0,05227 m, sedangkan yang terbesar adalah pratt sebesar 0,05472 m. Tipe rangka yang mempunyai nilai efisiensi terkecil adalah k-truss sebesar 8,0172, sedangkan yang terbesar adalah warren sebesar 8,6968. Sehingga dapat diidentifikasi bahwa jembatan yang paling efisien dalam penelitian ini adalah jembatan dengan tipe rangka k-truss.

## 1. Pendahuluan

Upaya pemerintah dalam membangun konektivitas antar daerah dengan program pemerataan pembangunan infrastruktur secara nasional merupakan jawaban atas salah satu kebutuhan fasilitas transportasi. Infrastruktur jembatan merupakan suatu konstruksi yang berguna untuk meneruskan jalan melalui suatu rintangan berupa jalan lain yang lebih rendah seperti jalan air atau jalan lintas biasa. Supriyadi dan Muntohar (2007) menjelaskan, dalam perencanaan dan perancangan jembatan sebaiknya mempertimbangkan fungsi kebutuhan transportasi, persyaratan teknis, dan estetika-arsitektural.

Salah satu jenis jembatan yang paling mudah ditemui di Indonesia selain jembatan gantung adalah jembatan rangka baja. Jembatan rangka baja merupakan suatu konstruksi jembatan dengan struktur yang terdiri dari rangkaian batang-batang baja yang dihubungkan dengan cara di las ataupun menggunakan baut. Secara umum, jembatan rangka baja yang paling banyak ditemui di Indonesia adalah tipe warren (Fauzi, 2019). Hal ini dikarenakan struktur rangka baja umumnya dibuat berdasarkan aturan baku yang menentukan tipe dan dimensi elemen-elemen rangka jembatan sesuai dengan bentang jembatan.

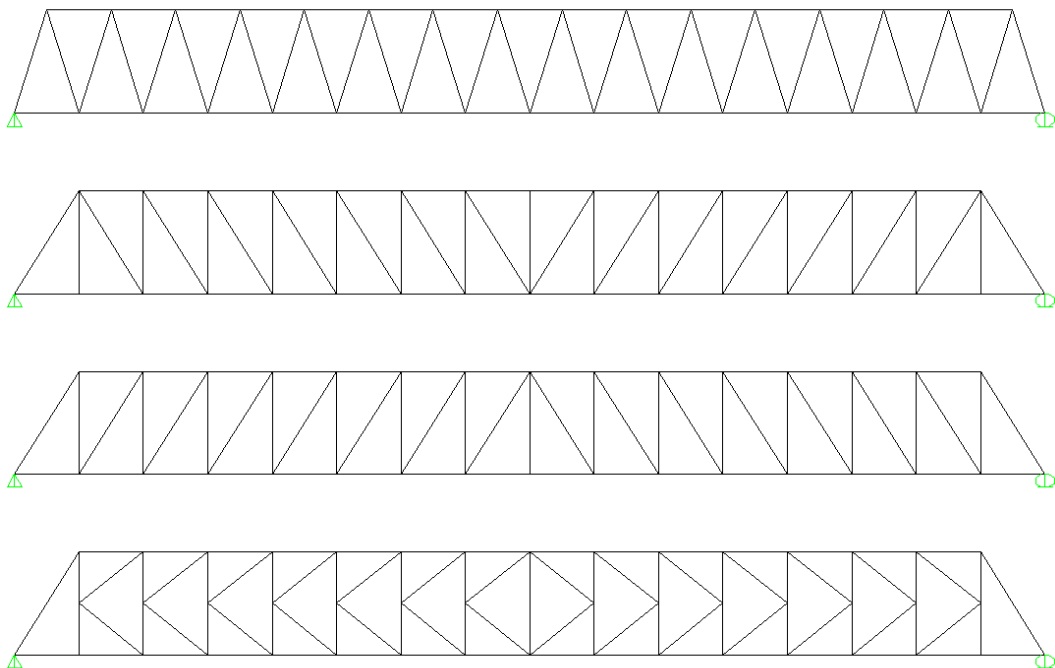
Pemilihan konfigurasi rangka jembatan baja merupakan hal yang penting dalam perencanaan struktur jembatan rangka baja (Arifi, dkk., 2016). Menurut Grahadika (2017), susunan batang pada

struktur rangka jembatan dapat bervariasi bentuknya. Terdapat beberapa tipe model rangka jembatan, antara lain yaitu warren, pratt, howe, dan k-truss. Setiap tipe memiliki karakteristik kinerja yang berbeda, baik dari segi kekuatan strukturnya, estetika, ekonomis, perencanaan, pelaksanaan, dan lain-lain. Pada jembatan rangka baja, perencanaan jembatan yang efisien dapat dilakukan dengan pemilihan tipe rangka batang yang optimal terhadap beban konstruksi. Setiap tipe rangka jembatan yang dikenakan beban yang sama mempunyai tingkat kinerja struktur tertentu.

Berdasarkan hasil riset yang telah dilakukan sebelumnya, belum dilakukan penelitian tentang analisis pengaruh tipe rangka warren, pratt, howe, dan k-truss terhadap efisiensi jembatan rangka baja bentang 80 m. Pada penelitian ini dilakukan permodelan struktur menggunakan aplikasi software SAP2000 V.14 terhadap jembatan rangka baja bentang 80 m. Selanjutnya akan dianalisis berdasarkan setiap tipe rangka yang dikenakan beban yang sama besar untuk memperoleh pengaruh tipe rangka jembatan terhadap efisiensi jembatan. Penelitian ini dilakukan untuk menghasilkan nilai DCR, berat total struktur, nilai lendutan, dan nilai efisiensi dari setiap tipe jembatan rangka baja pada bentang 80 m.

## 2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode penelitian komparatif. Menurut Sugiyono (2017) metode komparatif adalah penelitian yang bermaksud membandingkan nilai satu atau lebih variabel mandiri pada dua atau lebih populasi, sampel atau waktu yang berbeda atau gabungan semuanya. Penggunaan metode komparatif yaitu membandingkan nilai DCR, berat total struktur, nilai lendutan, dan nilai efisiensi pada tipe rangka warren, pratt, howe, dan k-truss jembatan baja bentang 80 m. Berikut ini adalah variasi tipe rangka jembatan yang akan dianalisis ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1. Tipe Rangka, (a) Warren, (b) Pratt, (c) Howe, (d) K-Truss**

Permodelan struktur menggunakan program SAP2000 V.14 dengan spesifikasi jembatan yaitu bentang 80 m, lebar 9 m, dan tinggi 8 m. Mutu baja yang digunakan adalah BJ PHC 540 dengan  $f_u = 490$  MPa,  $f_y = 285$  MPa dan SS400 dengan  $f_u = 400$  MPa,  $f_y = 245$  MPa. Profil baja yang digunakan diambil dari tabel baja berdasarkan [www.steelindonesia.com](http://www.steelindonesia.com) sesuai SNI 07-2610-2011 BJ PHC 540 untuk profil baja H-beam dan JIS G3101-SS400 untuk profil IWF, dengan pemilihan dimensi profil sebagai berikut:

- Gelagar melintang = IWF 900.300.16.28

- = IWF 700.300.13.24
- Gelagar memanjang = IWF 350.175.7.10
  - = IWF 400.200.8.13
  - = IWF 450.200.9.14
- Batang atas = H 400.400.13.21
- Batang bawah = H 400.400.13.21
  - = H 400.400.45.70
- Batang diagonal = H 400.400.13.21
- Batang vertikal = IWF 400.200.8.13
- Ikatan angin = H 200.200.8.12

Berikut ini merupakan data material baja berdasarkan SNI 1729-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung.

Modulus elastisitas,  $E = 200.000 \text{ MPa}$

Modulus geser,  $G = 80.000 \text{ MPa}$

Rasio poisson,  $\mu = 0,30$

Koefisien muai panjang,  $\alpha = 12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

Massa jenis baja,  $\rho = 7.850 \text{ kg/m}^3$

Analisa pembebanan yang bekerja pada struktur jembatan disesuaikan berdasarkan peraturan pembebanan SNI 1725-2016 tentang Pembebanan untuk Jembatan. Rekapitulasi pembebanan pada masing-masing tipe rangka jembatan baja ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Rekapitulasi Pembebanan Variasi Tipe Rangka Jembatan Baja Bentang 80 m**

No	Jenis Beban	Jenis Jembatan				Satuan	
		Warren	Pratt	Howe	K-truss		
1	Beban Mati Sendiri (MS)	161,77	154,54	154,54	153,38	ton	
2	Beban Mati Tambahan (MA)						
	a. Pada Lantai Kendaraan	1,59	1,59	1,59	1,59	kN/m <sup>2</sup>	
	b. Pada Trotoar	5,29	5,29	5,29	5,29	kN/m <sup>2</sup>	
	c. <i>Railing</i> / Sandaran	1,633	1,633	1,633	1,633	kN	
3	Beban Lajur "D" (TD)						
	a. Beban Terbagi Rata (BTR)	6,1875	6,1875	6,1875	6,1875	kN/m <sup>2</sup>	
	b. Beban Garis Terpusat (BGT)	68,6	68,6	68,6	68,6	kN/m	
4	Beban Truk "T" (TT)	500	500	500	500	kN	
5	Gaya Rem (TB)	2,33	2,33	2,33	2,33	kN	
6	Beban Pejalan Kaki (TP)	5	5	5	5	kN/m <sup>2</sup>	
7	Beban Angin (EW)						
	a. Beban Angin Struktur (EW <sub>s</sub> ):						
	Angin Tekan	Titik tengah	13,53	13,53	13,53	13,53	kN
		Titik ujung	6,76	6,76	6,76	6,76	kN
	Angin Hisap	Titik tengah	6,76	6,76	6,76	6,76	kN
		Titik ujung	3,38	3,38	3,38	3,38	kN
	b. Beban Angin Kendaraan (EW <sub>k</sub> ):						
	Angin Tekan	Titik tengah	3,65	3,65	3,65	3,65	kN
		Titik ujung	1,83	1,83	1,83	1,83	kN

Untuk memperoleh nilai beban paling maksimum maka pembebanan dilakukan beberapa variasi pembebanan. Kombinasi pembebanan dilakukan berdasarkan SNI 1725-2016 tentang Pembebanan untuk Jembatan, yaitu sebagai berikut.

- a. Kuat I :  $1,1MS+1,4MA+1,8TT+1,8TD+1,8TB+1,8TP$
- b. Kuat II :  $1,1MS+1,4MA+1,4TT+1,4TD+1,4TB+1,4TP$
- c. Kuat III :  $1,1MS+1,4MA+1,4EWS$
- d. Kuat IV :  $1,1MS+1,4MA$
- e. Kuat V :  $1,1MS+1,4MA+0,4EWS+1EWL$
- f. Ekstrem I :  $1,1MS+1,4MA+0,3TT+0,3TD+0,3TB+0,3TP$
- g. Ekstrem II :  $1,1MS+1,4MA+0,5TT+0,5TD+0,5TB+0,5TP$
- h. Daya Layan I :  $1MS+1MA+1TT+1TD+1TB+1TP+0,3EWS+1EWL$
- i. Daya Layan II :  $1MS+MA+1,3TT+1,3TD+1,3TB+1,3TP$
- j. Daya Layan III :  $1MS+1MA+0,8TT+0,8TD+0,8TB+0,8TP$
- k. Daya Layan IV :  $1MS+1MA+0,7EWS$
- l. Fatik :  $0,75TD$

Permodelan struktur jembatan pada program SAP2000 ditentukan dengan frame release momen. Release momen batang bertujuan untuk membuat batang tersebut mengasumsi bahwa beban-beban terletak pada titik joint. Hal ini sesuai dengan prinsip truss, bahwa beban-beban terletak pada titik joint yaitu reaksi momen lentur pada struktur rangka utama jembatan tidak terjadi karena rangka utama jembatan umumnya hanya menerima gaya tekan dan gaya tarik. Sedangkan momen lentur hanya terjadi di gelagar jembatan.

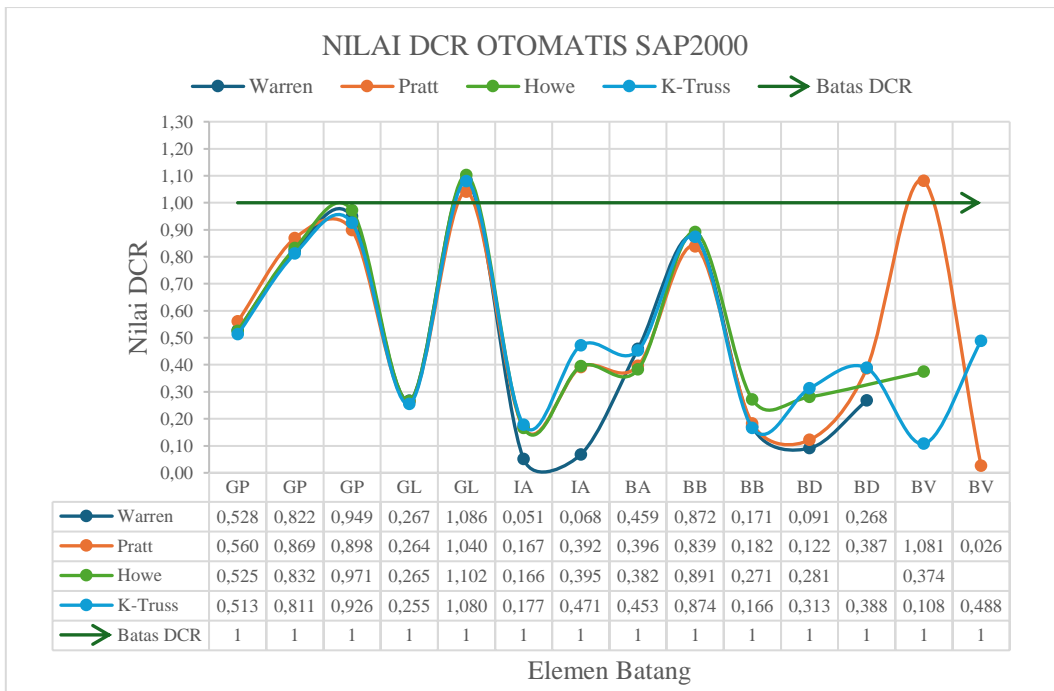
Analisa struktur kontrol kapasitas penampang profil baja berdasarkan output perhitungan SAP2000 V.14 dan menggunakan Microsoft Excel 2019 sesuai SNI 1729-2020 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural berbasis metode LRF, yaitu memenuhi komponen lentur dan geser, komponen tarik, serta komponen tekan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Hasil

##### 3.1.1. Hasil Analisis Nilai DCR

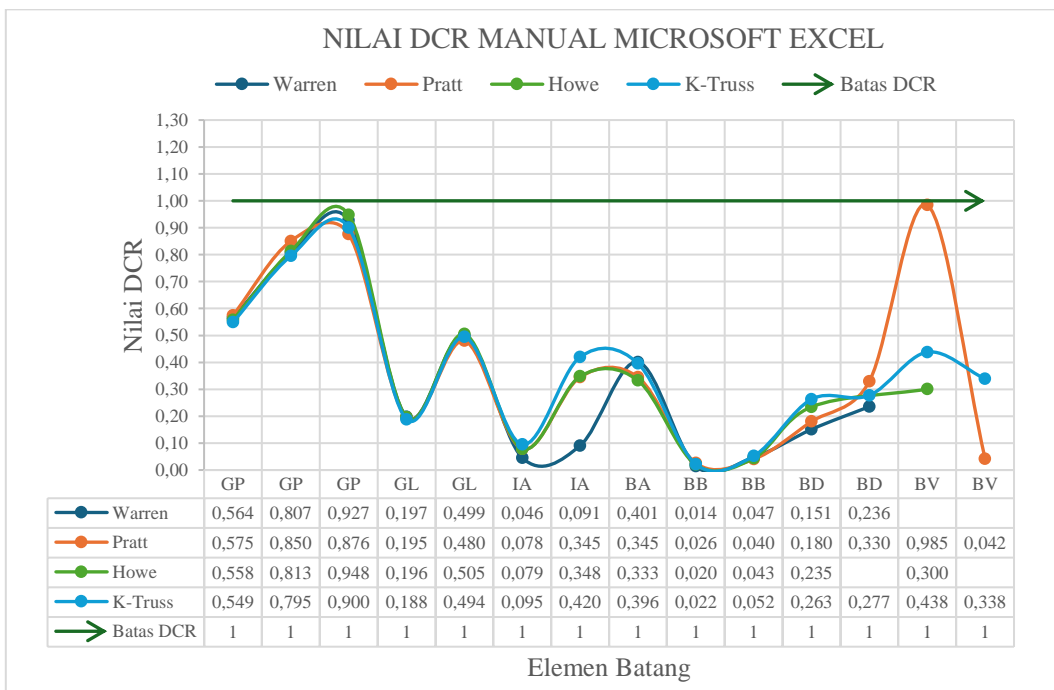
Berdasarkan hasil perhitungan Microsoft Excel, didapatkan nilai DCR penampang profil yaitu perbandingan kekuatan nominal atau kapasitas penampang profil terhadap kekuatan perlu atau beban yang harus dipikul akibat beban kombinasi. Hasil gaya dalam kekuatan perlu didapatkan dari hasil analisis program SAP2000 V.14. Gaya dalam yang digunakan adalah nilai maksimum dari masing-masing gaya dalam pada setiap profil baja, yaitu gaya aksial, momen lentur, dan geser. Berikut ini merupakan data nilai DCR penampang profil pada elemen batang dengan gaya dalam maksimum variasi tipe rangka warren, pratt, howe, dan k-truss pada jembatan bentang 80 m, berdasarkan hasil perhitungan nilai DCR otomatis dari program SAP2000 disajikan pada Gambar 2, sedangkan hasil perhitungan manual Microsoft Excel disajikan pada Gambar 3.



**Gambar 2. Grafik Nilai DCR Otomatis Program SAP2000 Variasi Tipe Rangka Jembatan Rangka Baja Bentang 80 m**

Keterangan:

- |                        |                      |
|------------------------|----------------------|
| GP : Gelagar Memanjang | BA : Batang Atas     |
| GL : Gelegar Melintang | BB : Batang Bawah    |
| IA : Ikatan Angin      | BD : Batang Diagonal |
|                        | BV : Batang Vertikal |



**Gambar 3. Grafik Nilai DCR Manual Perhitungan Excel Variasi Tipe Rangka Jembatan Rangka Baja Bentang 80 m**

### 3.1.2. Hasil Analisis Berat Total Struktur Jembatan

Berdasarkan hasil analisis program SAP2000 didapatkan nilai berat total struktur jembatan yang dapat dilihat pada joint reaction beban mati sendiri (dead load) pada sumbu Z. Berikut ini merupakan data nilai berat total struktur jembatan variasi tipe rangka warren, pratt, howe, dan k-truss pada jembatan bentang 80 m yang disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Rekapitulasi Berat Total Struktur Variasi Tipe Rangka Jembatan**

Tipe Rangka	Berat Struktur ton
Warren	161,77
Pratt	154,54
Howe	154,54
K-Truss	153,38

### 3.1.3. Hasil Analisis Lendutan Jembatan

Berdasarkan hasil analisis program SAP2000 didapatkan nilai lendutan maksimum pada tengah bentang jembatan sesuai dengan Pedoman Bina Marga No: 05/SE/Db/2017 tentang Kriteria Desain Jembatan Standar, kurang dari lendutan izin ( $L/800$ ) yaitu sebesar 0,1 m. Berikut ini merupakan data nilai lendutan maksimum pada tengah bentang variasi tipe rangka warren, pratt, howe, dan k-truss pada jembatan bentang 80 m yang disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3. Rekapitulasi Nilai Lendutan Variasi Tipe Rangka Jembatan**

Tipe Rangka	Lendutan m	Kombinasi	Keterangan
Warren	0,05376	Env	Aman
Pratt	0,05472	Env	Aman
Howe	0,05406	Env	Aman
K-Truss	0,05227	Env	Aman

### 3.1.4. Hasil Analisis Efisiensi Jembatan

Berdasarkan hasil perhitungan rasio perkalian berat total struktur dengan nilai lendutan jembatan, didapatkan nilai efisiensi jembatan. Semakin kecil nilai efisiensi jembatan maka semakin efektif kinerja jembatan tersebut. Berikut ini merupakan data nilai efisiensi variasi tipe rangka warren, pratt, howe, dan k-truss pada jembatan bentang 80 m yang disajikan pada Tabel 4 berikut ini.

**Tabel 4. Rekapitulasi Nilai Efisiensi Jembatan Variasi Tipe Rangka**

Tipe Rangka	Berat Struktur ton	Lendutan m	Rasio Efisiensi
Warren	161,77	0,05376	8,6968
Pratt	154,54	0,05472	8,4564
Howe	154,54	0,05406	8,3544
K-Truss	153,38	0,05227	8,0172

## 3.2. Pembahasan

### 3.2.1. Analisis Nilai DCR

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa setiap tipe rangka jembatan memberikan hasil kapasitas penampang profil baja yang memenuhi persyaratan sesuai kriteria desain SNI 1729-2020 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural berbasis metode LRFD. Nilai DCR dapat menentukan pemilihan profil baja elemen batang jembatan karena disyaratkan dalam batas kapasitas penampang profil apakah memenuhi nilai batas izin kriteria desain yaitu lebih kecil dari 1,00.

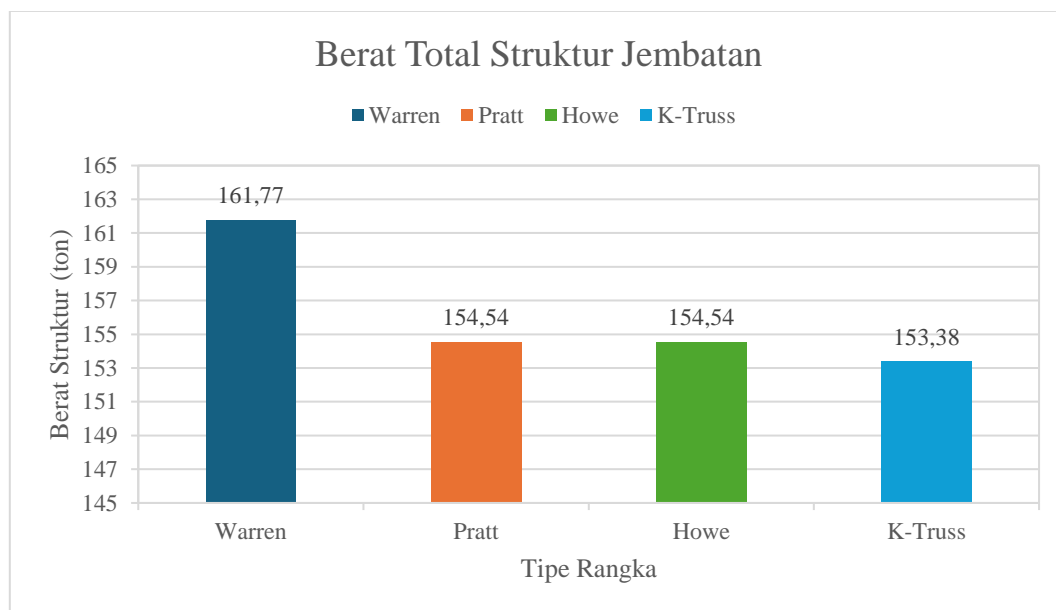
Berdasarkan grafik yang disajikan pada Gambar 2 menunjukkan bahwa, hasil analisis nilai DCR otomatis berdasarkan program SAP2000 untuk setiap elemen batangnya menghasilkan pola yang sedikit berbeda pada setiap tipe rangka. Sehingga dapat diidentifikasi bahwa tipe rangka jembatan dapat mempengaruhi sistem kapasitas penampang profil yang dapat ditunjukkan dengan nilai DCR

penampang. Pada daerah gelagar memiliki pola grafik yang hampir sama di setiap tipe rangka, sedangkan untuk daerah dengan sistem truss memiliki pola yang berbeda di setiap tipe rangka.

Berdasarkan grafik yang disajikan pada Gambar 3 menunjukkan bahwa, hasil analisis nilai DCR berdasarkan perhitungan manual Microsoft Excel untuk setiap elemen batangnya menghasilkan pola yang sedikit berbeda pada setiap tipe rangka. Hasil yang didapatkan tampak berbeda dengan hasil dari program SAP2000 pada daerah gelagar melintang dan batang bawah, hasil analisis nilai DCR otomatis SAP2000 lebih besar daripada perhitungan manual menggunakan Microsoft Excel.

### 3.2.2. Analisis Berat Total Struktur Jembatan

Adapun hasil analisis perbandingan berat total struktur untuk tipe rangka warren, pratt, howe, dan k-truss pada jembatan rangka baja bentang 80 m dapat dilihat pada Gambar 4 sebagai berikut.



**Gambar 4. Grafik Berat Total Struktur Variasi Tipe Rangka Jembatan Rangka Baja Bentang 80 m**

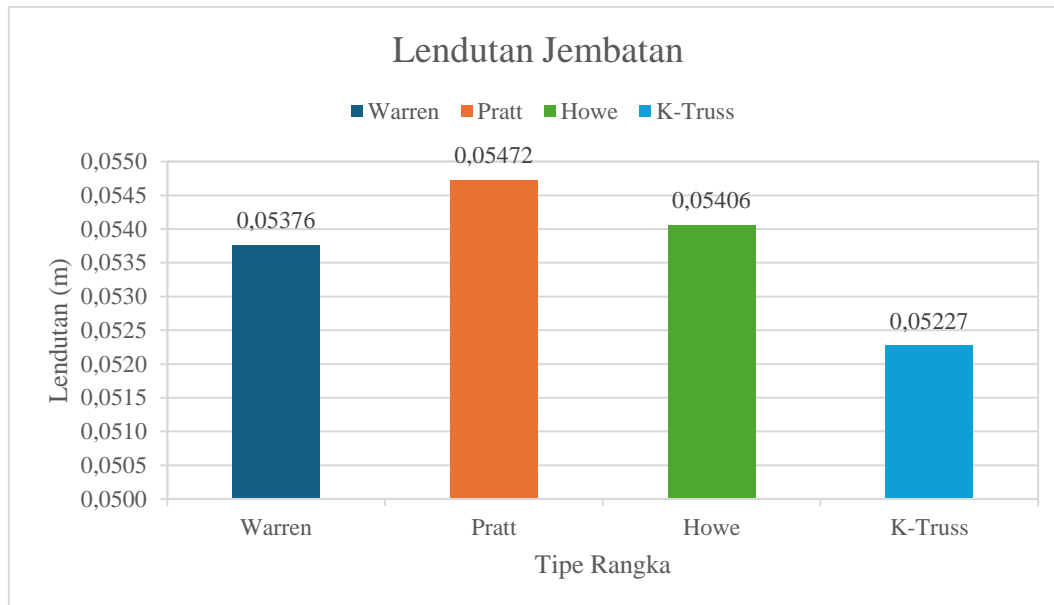
Berdasarkan grafik yang disajikan pada Gambar 4 menunjukkan bahwa, hasil analisis berat total struktur jembatan pada setiap tipe rangka terdapat perbedaan. Sehingga dapat diidentifikasi bahwa tipe rangka jembatan dapat mempengaruhi berat total struktur jembatan. Tipe rangka yang paling berat adalah tipe rangka warren sebesar 161,77 ton, sedangkan tipe rangka paling ringan adalah tipe rangka k-truss sebesar 153,38 ton. Sedangkan tipe rangka pratt dan howe mempunyai berat total struktur yang sama yaitu sebesar 154,54 ton.

Perbedaan berat total struktur jembatan pada setiap tipe rangka dikarenakan jembatan dengan tipe warren mempunyai rangka utama dengan profil baja yang sama, sedangkan tipe rangka lainnya terdapat kombinasi batang vertikal dan batang diagonal yang menggunakan profil baja lebih kecil. Sehingga pemilihan profil baja sangat mempengaruhi berat total struktur pada setiap tipe rangka jembatan. Hal ini membuktikan bahwa hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Atika (2018), yang menyatakan bahwa salah satu faktor penyebab besarnya berat struktur jembatan adalah pemilihan profil.

### 3.2.3. Analisis Lendutan Jembatan

Menurut Atika (2018), baja termasuk bahan bangunan yang memiliki sifat elastik, yaitu dapat melendut jika dibebani sehingga nilai lendutan sangat dipengaruhi oleh kekakuan lentur (EI). Nilai lendutan maksimum jembatan dapat menentukan nilai kekuatan struktur suatu jembatan. Hal ini dikarenakan semakin kecil nilai lendutan maka dapat dikatakan bangunan tersebut semakin kuat.

Adapun hasil analisis perbandingan lendutan maksimum di tengah bentang untuk tipe rangka warren, pratt, howe, dan k-truss pada jembatan rangka baja bentang 80 m dapat dilihat pada Gambar 5 sebagai berikut.

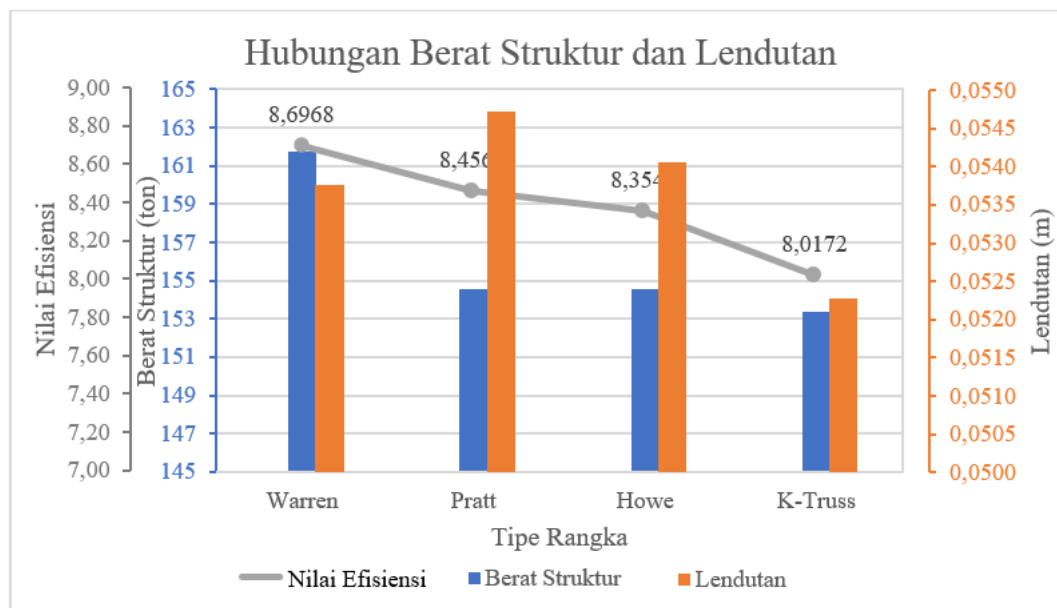


**Gambar 5. Grafik Nilai Lendutan Maksimum Variasi Tipe Rangka Jembatan Rangka Baja Bentang 80 m**

Berdasarkan grafik yang disajikan pada Gambar 5 menunjukkan bahwa, hasil analisis lendutan maksimum di tengah bentang jembatan pada setiap tipe rangka terdapat perbedaan. Sehingga dapat diidentifikasi bahwa tipe rangka jembatan dapat mempengaruhi nilai lendutan maksimum jembatan di tengah bentang. Tipe rangka yang mempunyai lendutan maksimum paling kecil adalah tipe rangka k-truss sebesar 0,05227 m, sedangkan tipe rangka yang mempunyai lendutan maksimum paling besar adalah tipe rangka pratt sebesar 0,05472 m. Semua hasil lendutan maksimum pada setiap rangka diidentifikasi kurang dari lendutan izin ( $L/800$ ) yaitu sebesar 0,1 m yang berarti aman, sesuai dengan Pedoman Bina Marga No: 05/SE/Db/2017 tentang Kriteria Desain Jembatan Standar.

### 3.2.4. Analisis Efisiensi Jembatan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap tipe rangka jembatan memberikan hasil berat total struktur dan lendutan maksimum yang berbeda sehingga perlu diperhitungkan nilai efisiensi dari berbagai tipe rangka jembatan. Adapun hasil analisis perbandingan nilai efisiensi untuk tipe rangka warren, pratt, howe, dan k-truss pada jembatan rangka baja bentang 80 m dapat dilihat pada Gambar 6 sebagai berikut.



**Gambar 6. Grafik Hubungan antara Berat Struktur dan Lendutan Maksimum Variasi Tipe Rangka Jembatan Rangka Baja Bentang 80 m**

Berdasarkan grafik yang disajikan pada Gambar 6 menunjukkan bahwa, hasil analisis nilai efisiensi jembatan pada setiap tipe rangka terdapat perbedaan. Sehingga dapat diidentifikasi bahwa tipe rangka jembatan dapat mempengaruhi nilai efisiensi jembatan. Tipe rangka yang mempunyai nilai efisiensi paling kecil adalah tipe rangka k-truss sebesar 8,0172, sedangkan tipe rangka yang mempunyai nilai efisiensi paling besar adalah tipe rangka warren sebesar 8,6968. Sehingga dapat diidentifikasi bahwa jembatan yang paling efisien adalah jembatan dengan tipe rangka k-truss.

#### 4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan. Nilai DCR otomatis dari SAP2000 memiliki pola grafik yang berbeda dengan nilai DCR manual dari Microsoft Excel pada elemen batang gelagar melintang dan batang bawah jembatan. Nilai DCR pada tipe rangka warren, pratt, howe, dan k-truss memiliki pola grafik yang relatif sama pada daerah gelagar dan berbeda pada daerah sistem truss (rangka utama), sehingga nilai DCR dapat dipengaruhi oleh tipe rangka jembatan. Hasil analisis berat total struktur jembatan pada setiap tipe rangka terdapat perbedaan. Pemilihan profil adalah faktor penyebab perbedaan berat total struktur pada setiap tipe rangka. Hasil analisis lendutan maksimum pada setiap tipe rangka juga terdapat perbedaan, sehingga lendutan maksimum di tengah bentang jembatan dapat dipengaruhi oleh tipe rangka jembatan. Tipe rangka yang mempunyai nilai efisiensi paling kecil adalah tipe rangka k-truss sebesar 8,0172, sedangkan tipe rangka yang mempunyai nilai efisiensi paling besar adalah tipe rangka warren sebesar 8,6968. Semakin kecil nilai efisiensi jembatan maka semakin efektif kinerja jembatan tersebut. Sehingga dapat diidentifikasi bahwa jembatan yang paling efisien adalah jembatan dengan tipe rangka k-truss.

#### Daftar Rujukan

Arifi, E., & Setyowulan, D. 2020. Perencanaan struktur baja (Berdasarkan SNI 1729:2020). Malang: UB Press.

Arifi, E., Suseno, H., Hidayat, M. T., & Grahadika, H. E. 2016. Pengaruh konfigurasi rangka dan optimasi profil terhadap struktur jembatan rangka baja. *Rekayasa Sipil*, 10(3), 187-193. Dari <https://www.researchgate.net/publication/313816110>

Atika, E. 2018. Analisis variasi tinggi rangka batang pada jembatan rangka baja tipe pratt. Skripsi diterbitkan. Yogyakarta: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Dari <https://dspace.uii.ac.id/handle/123456789/5822>

Fauzi, M. R. 2019. Analisis perencanaan jembatan struktur rangka baja dengan permodelan tipe warren truss. Skripsi tidak diterbitkan. Tasikmalaya: Fakultas Teknik Universitas Siliwangi.

Grahadika, H. E. 2017. Analisis pengaruh konfigurasi dan optimasi pada jembatan rangka baja terhadap efisiensi jembatan. Skripsi diterbitkan. Malang: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Dari <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/145639>

- Pedoman Bina Marga Nomor 05/SE/Db/2017 tentang Kriteria Desain Jembatan Standar. 2017. Jakarta: Kementerian PUPR Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Rancangan Standar Nasional Indonesia Nomor T-03 Tahun 2005 tentang Perencanaan struktur baja untuk jembatan. 2005. Jakarta: BSN (Badan Standarisasi Nasional).
- Standar Nasional Indonesia Nomor 03-1729 Tahun 2002 tentang Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung. 2000. Bandung: BSN (Badan Standarisasi Nasional).
- Standar Nasional Indonesia Nomor 1725 Tahun 2016 tentang Pembebanan untuk Jembatan. 2016. Jakarta: BSN (Badan Standarisasi Indonesia).
- Standar Nasional Indonesia Nomor 1729 Tahun 2020 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural. 2020. Jakarta: BSN (Badan Standarisasi Nasional).
- Sugiyono. 2017. Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta.
- Supriyadi, B., & Muntohar, A. S. 2007. Jembatan. Yogyakarta: Beta Offset.