



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

**Nadiyah Mulia Putri<sup>1</sup>, Nindyawati<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universitas Negeri Malang, nadiyah.mulia.1705236@students.um.ac.id

<sup>2</sup>Universitas Negeri Malang, nindyawati.ft@um.ac.id

## **Abstrak**

Pemilihan tipe rangka batang merupakan hal yang penting dalam perencanaan struktur jembatan rangka baja untuk menahan beban kerja konstruksi. Setiap tipe rangka batang jembatan yang dikenai beban yang sama mempunyai tingkat kinerja struktur tertentu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh pengaruh tipe rangka batang terhadap efisiensi jembatan berdasarkan nilai DCR (*Demand Capacity Ratio*), berat total struktur, nilai lendutan dan nilai efisiensi. Penelitian ini menggunakan metode penelitian komparatif, yaitu membandingkan nilai satu atau lebih variabel pada dua atau lebih sampel. Rancangan dari penelitian ini diawali dengan permodelan struktur jembatan menggunakan program SAP2000 V.14 dengan analisis pembebanan jembatan sesuai SNI 1726-2016 dan kontrol profil baja elemen batang jembatan sesuai RSNI T-03-2005 dan SNI 1729-2020. Tipe rangka batang jembatan yang dibandingkan adalah *warren*, *pratt*, *howe*, dan *k-truss*. Bentang jembatan 80 m dengan tinggi 8 m, lebar lantai kendaraan 7 m, dan lebar trotoar  $2 \times 1$  m. Mutu baja menggunakan SNI 07-2610-2011 BJ PHC 540 untuk profil baja H-beam dan JIS G3101-SS400 untuk profil IWF. Kekuatan struktur jembatan ditinjau dari nilai lendutan maksimum pada tengah bentang dan nilai ekonomis jembatan ditinjau dari berat total struktur. 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 otomatis dari SAP2000 V.14 memiliki pola grafik yang berbeda dengan nilai DCR manual dari Microsoft Excel pada elemen batang gelagar melintang dan batang bawah jembatan. Nilai DCR pada setiap tipe rangka batang memiliki pola grafik yang relatif sama pada daerah gelagar dan berbeda pada daerah sistem *truss* (rangka utama). Tipe rangka batang yang paling berat adalah *warren* sebesar 210,96 ton, sedangkan yang paling ringan adalah *k-truss* sebesar 202,57 ton. Tipe rangka batang *pratt* dan *howe* mempunyai berat total struktur yang sama yaitu sebesar 203,72 ton. Tipe rangka batang yang mempunyai lendutan maksimum paling kecil adalah *k-truss* sebesar 0,05227 m, sedangkan yang paling besar adalah *pratt* sebesar 0,05472 m. Tipe rangka batang yang mempunyai nilai efisiensi paling kecil adalah *k-truss* sebesar 10,5883, sedangkan yang paling besar adalah *warren* sebesar 11,3412. Sehingga dalam penelitian ini, dapat diidentifikasi bahwa jembatan tipe rangka batang *k-truss* merupakan jembatan yang paling efisien.

**Kata kunci:** Tipe Rangka Batang, Berat, Lendutan, Efisiensi

## **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 dibutuhkan untuk meneruskan jalan yang melalui suatu rintangan berupa jalan lain yang lebih rendah seperti jalan air atau jalan

lintas biasa guna dilewati moda transportasi. Supriyadi dan Muntohar (2007) menjelaskan bahwa dalam perencanaan dan perancangan jembatan sebaiknya memikirkan fungsi kebutuhan transportasi, persyaratan teknis, dan estetika-arsitektural.

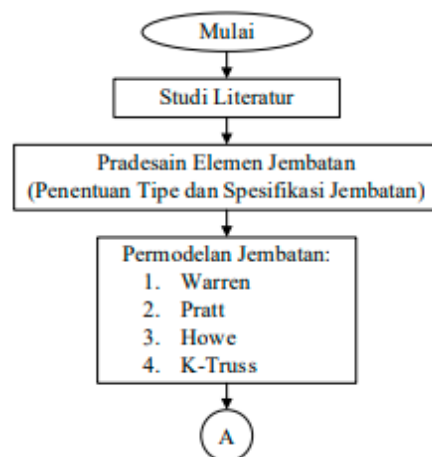
Selain jembatan gantung, jembatan rangka baja merupakan salah satu jenis jembatan yang paling mudah ditemui di Indonesia. Jembatan rangka baja merupakan suatu konstruksi jembatan dengan struktur yang terdiri dari rangkaian batang-batang baja yang dihubungkan dengan cara di las ataupun menggunakan baut. Secara umum, jembatan tipe warren adalah jembatan rangka baja yang paling banyak ditemui di Indonesia (Fauzi, 2019). Hal ini dikarenakan tipe dan dimensi elemen-elemen rangka jembatan baja tipe warren pada umumnya didesain berdasarkan aturan baku 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), bentuk susunan batang pada struktur rangka jembatan dapat bervariasi. Terdapat beberapa tipe model rangka jembatan, antara lain warren, pratt, howe, k-truss, dan lain sebagainya. Setiap tipe memiliki karakteristik kinerja yang berbeda, baik dari segi kekuatan strukturnya, estetika, ekonomis, perencanaan, pelaksanaan, dan lain-lain. Pemilihan tipe rangka batang yang optimal terhadap beban konstruksi yang bekerja bertujuan agar perencanaan jembatan rangka baja dapat efisien. Setiap tipe rangka batang jembatan yang dikenakan beban yang sama mempunyai tingkat kinerja struktur tertentu.

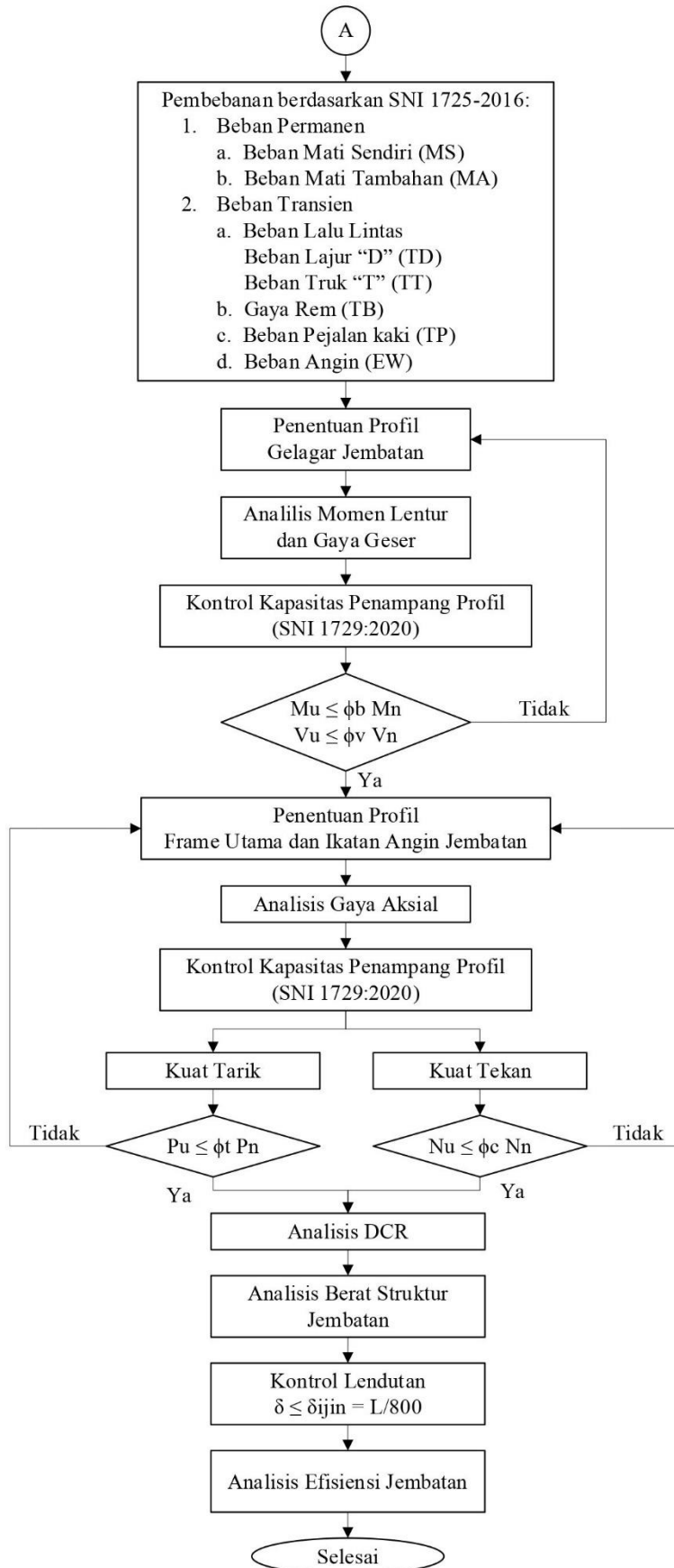
Berdasarkan hasil riset yang telah dilakukan sebelumnya, belum dilakukan penelitian tentang analisis pengaruh tipe rangka *warren*, *pratt*, *howe*, dan *k-truss* terhadap efisiensi jembatan rangka baja bentang 80 m. Pada penelitian ini dilakukan permodelan struktur menggunakan aplikasi *software* SAP2000 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) menyatakan bahwa metode komparatif mengacu pada penelitian atau analisis yang bermaksud membandingkan nilai satu atau lebih variabel pada dua atau lebih sampel. Penggunaan metode komparatif yaitu membandingkan nilai DCR, berat total struktur, nilai lendutan, dan nilai efisiensi pada tipe rangka batang *warren*, *pratt*, *howe*, dan *k-truss* jembatan baja bentang 80 m. Tahapan metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.

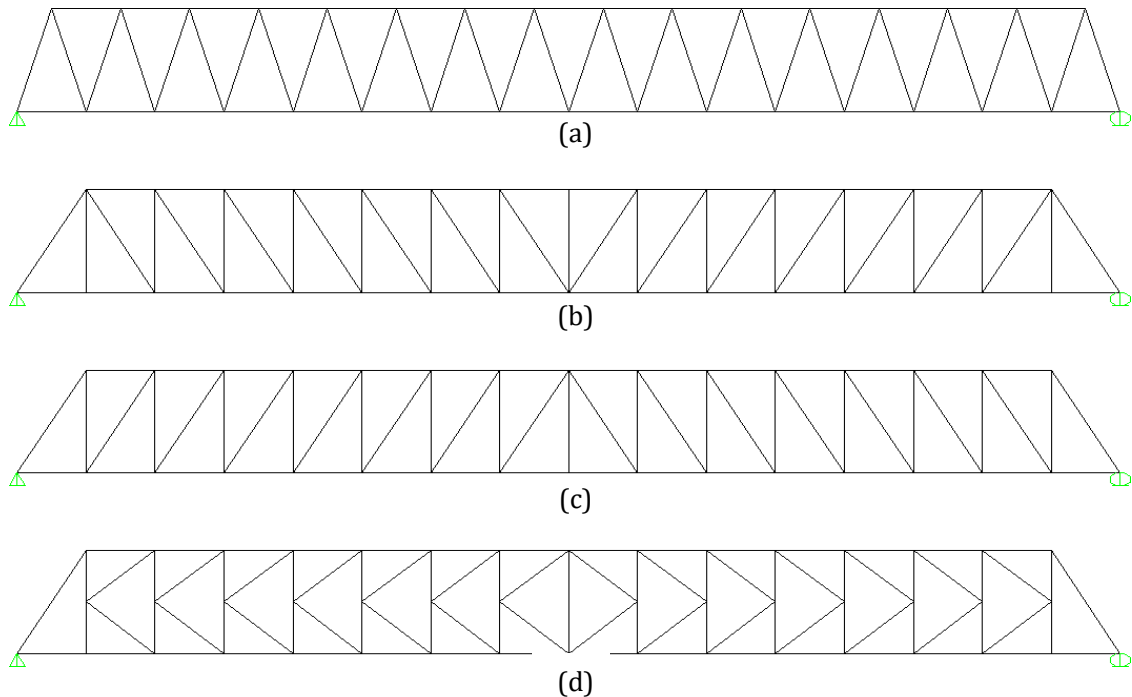


**Gambar 1. Diagram Alir Penelitian Bagian 1**



**Gambar 2. Diagram Alir Penelitian Bagian 2**

Berikut ini adalah variasi tipe rangka batang jembatan yang akan dianalisis ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3. 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 MPa
Modulus geser,	$G$	= 80.000 MPa
Rasio poisson,	$\mu$	= 0,30
Koefisien muai panjang,	$\alpha$	= $12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
Massa jenis baja,	$\rho$	= 7.850 kg/m <sup>3</sup>

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 batang 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>L</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
	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+1,4EW<sub>s</sub>
- d. Kuat IV : 1,1MS+1,4MA
- e. Kuat V : 1,1MS+1,4MA+0,4EW<sub>s</sub>+1EW<sub>L</sub>
- 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+0,3EW<sub>s</sub>+1EW<sub>L</sub>
- 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+0,7EW<sub>s</sub>
- l. Fatik : 0,75TD

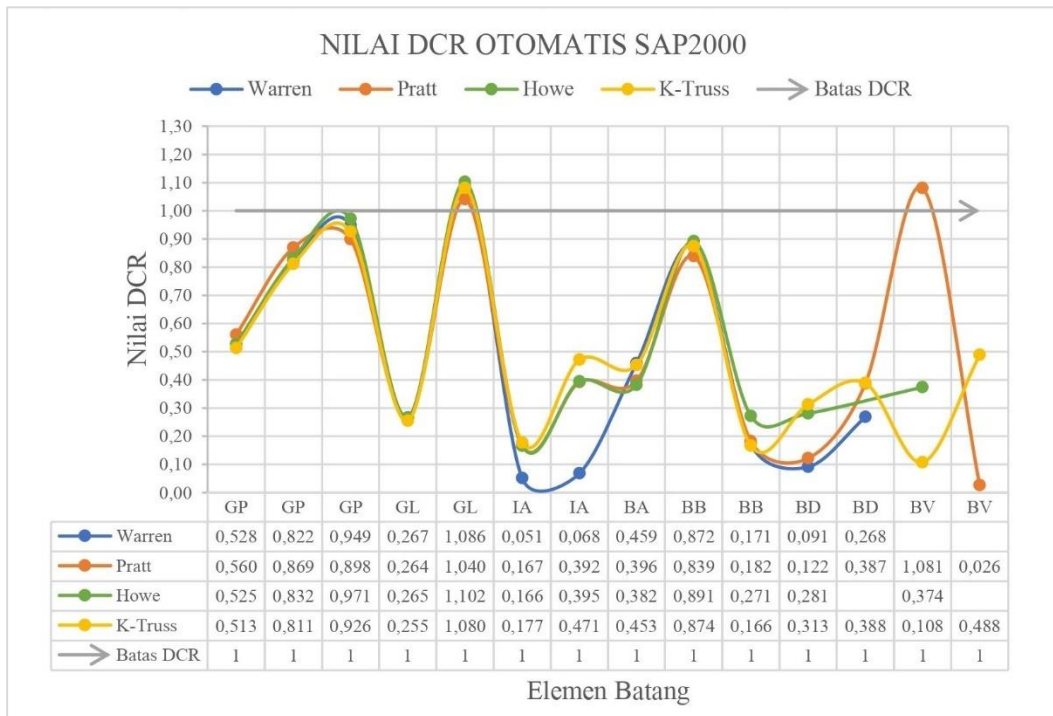
Permodelan struktur jembatan pada program SAP2000 ditentukan dengan *frame release momen*. *Release* momen batang bertujuan untuk membuat batang tersebut mengasumsi bahwa beban-beban terletak pada titik *joint*. Hal ini sesuai dengan prinsip *truss*, bahwa beban-beban terletak pada titik *joint* yaitu reaksi momen lentur pada strukturrangka 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 LRFD, yaitu memenuhi komponen lentur dan geser, komponen tarik, serta komponen tekan.

3. HASIL

3.1. Hasil Analisis Nilai DCR

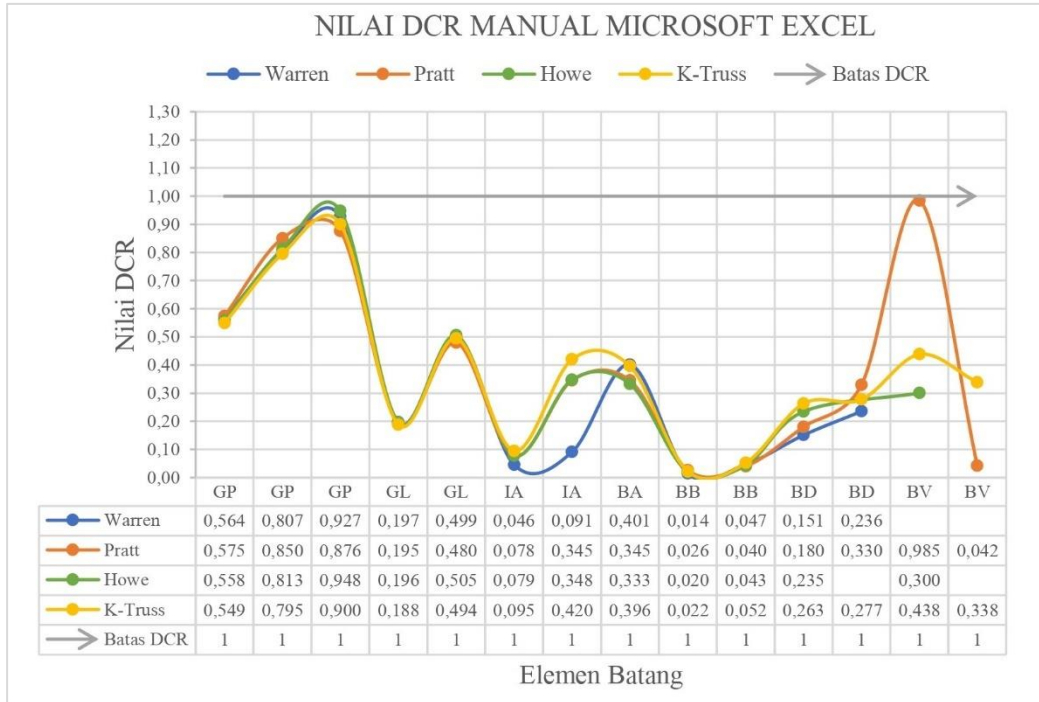
Berdasarkan hasil perhitungan *Microsoft Excel*, didapatkan nilai DCR penampang profil yaitu perbandingan kekuatan nominal atau kapasitas penampang profil terhadap kekuatan perlu atau beban yang harus dipikul akibat beban kombinasi. Hasil gaya dalam kekuatan perlu didapatkan dari hasil analisis program 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 batang *warren*, *pratt*, *howe*, dan *k-truss* pada jembatan bentang 80 m, berdasarkan hasil perhitungan nilai DCR otomatis dari program SAP2000 disajikan pada Gambar 4, sedangkan hasil perhitungan manual *Microsoft Excel* disajikan pada Gambar 5.



Gambar 4. Grafik Nilai DCR Otomatis Program SAP2000 Variasi Tipe Rangka Jembatan Rangka Baja Bentang 80 m

Keterangan:

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



Gambar 5. Grafik Nilai DCR Manual Perhitungan Excel Variasi Tipe Rangka Jembatan Rangka Baja Bentang 80 m

### 3.2. 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* dan *superdead load*) pada sumbu Z. Berikut ini merupakan data nilai berat total struktur jembatan variasi tipe rangka batang warren, pratt, howe, dan k-truss pada jembatan bentang 80 m yang disajikan pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Rekapitulasi Berat Total Struktur Variasi Tipe Rangka Jembatan

Tipe Rangka	Berat Struktur ton
Warren	210,96
Pratt	203,72
Howe	203,72
K-Truss	202,57

### 3.3. 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 batang 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

**3.4. 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 batang *warren*, *pratt*, *howe*, dan *k-truss* pada jembatan bentang 80 m yang disajikan pada Tabel 4.

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

Tipe Rangka	Berat Struktur	Lendutan	Rasio Efisiensi
	ton	m	
<i>Warren</i>	210,96	0,05376	11,3412
<i>Pratt</i>	203,72	0,05472	11,1476
<i>Howe</i>	203,72	0,05406	11,0131
<i>K-Truss</i>	202,57	0,05227	10,5883

**4. PEMBAHASAN**

**4.1. Analisis Nilai DCR**

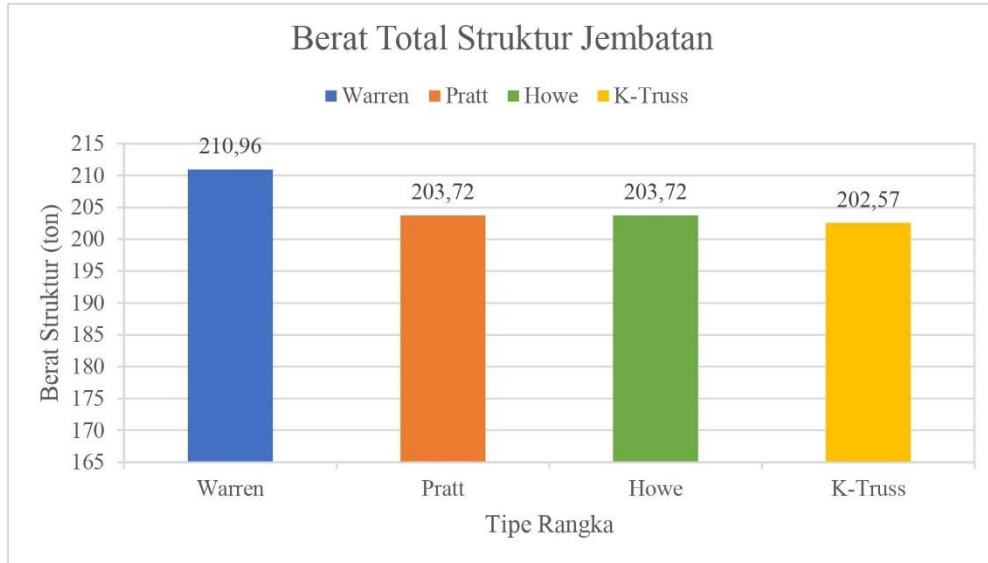
Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa setiap tipe rangka batang jembatan memberikan hasil kapasitas penampang profil baja yang memenuhi persyaratan sesuai kriteria desain SNI 1729-2020 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural berbasis metode LRFD. Nilai DCR dapat menentukan pemilihan 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 batang. Sehingga dapat diidentifikasi bahwa tipe rangka batang 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 batang, sedangkan untuk daerah dengan sistem *truss* memiliki pola yang berbeda di setiap tipe rangka batang.

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 batang. 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*. Pada tipe rangka batang *warren* dan *k-truss* menghasilkan pola grafik yang relative stabil dibawah batas ijin. Untuk elemen batang bawah pada semua tipe rangka batang batang menunjukkan polagrafik yang rendah hampir mendekati 0. Sedangkan pada tipe rangka batang *pratt* dan *howe* menghasilkan pola grafik yang tinggi untuk elemen batang vertikal. Hal ini membuktikan hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Handayani, dkk. (2022), yang menyatakan bahwa jembatan dengan tipe rangka batang *pratt* dan *howe* memiliki nilai DCR paling maksimum hingga melebihi batas ijin yaitu 1,231 dibandingkan tipe rangka batang lainnya. Sedangkan tipe rangka batang *warren* relatif stabil, yaitu nilai DCR maksimum sebesar 0,934.

**4.2. Analisis Berat Total Struktur Jembatan**

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



Gambar 6. Grafik Berat Total Struktur Variasi Tipe Rangka Jembatan Rangka Baja Bentang 80 m

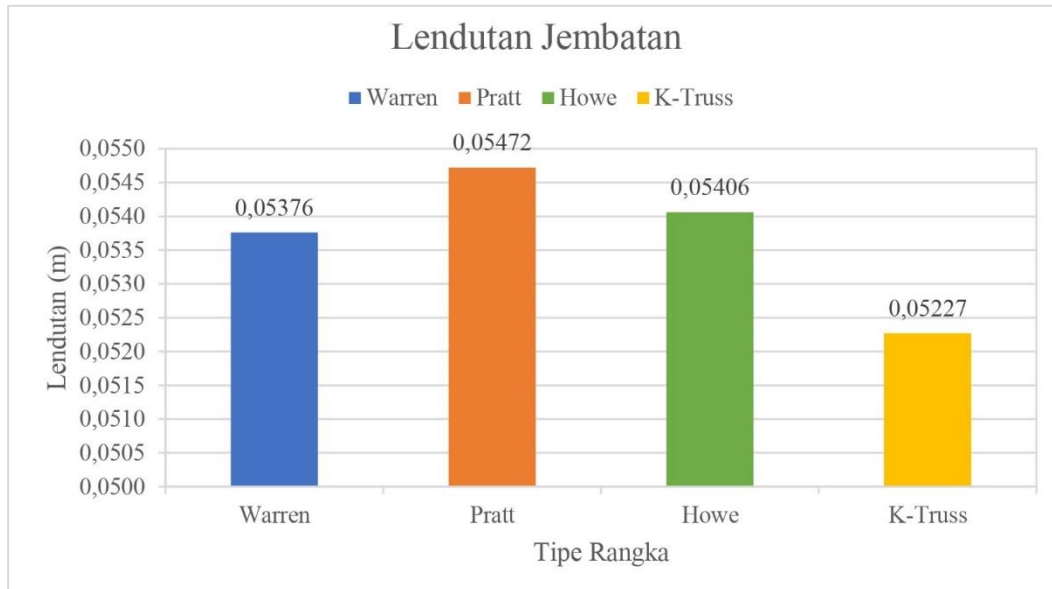
Berdasarkan grafik yang disajikan pada Gambar 4 menunjukkan bahwa, hasil analisis berat total struktur jembatan pada setiap tipe rangka batang terdapat perbedaan. Sehingga dapat diidentifikasi bahwa tipe rangka batang jembatan dapat mempengaruhi berat total struktur jembatan. Tipe rangka yang paling berat adalah tipe rangka batang *warren* sebesar 210,96 ton, sedangkan tipe rangka batang paling ringan adalah tipe rangka batang *k-truss* sebesar 202,57 ton. Sedangkan tipe rangka batang *pratt* dan *howe* mempunyai berat total struktur yang sama yaitu sebesar 203,72 ton.

Perbedaan berat total struktur jembatan pada setiap tipe rangka batang dikarenakan jembatan dengan tipe *warren* mempunyai rangka utama dengan profil baja yang sama, sedangkan tipe rangka batang 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 batang 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.

#### 4.3. 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 batang *warren*, *pratt*, *howe*, dan *k-truss* pada jembatan rangka baja bentang 80 m dapat dilihat pada Gambar 5 sebagai berikut.



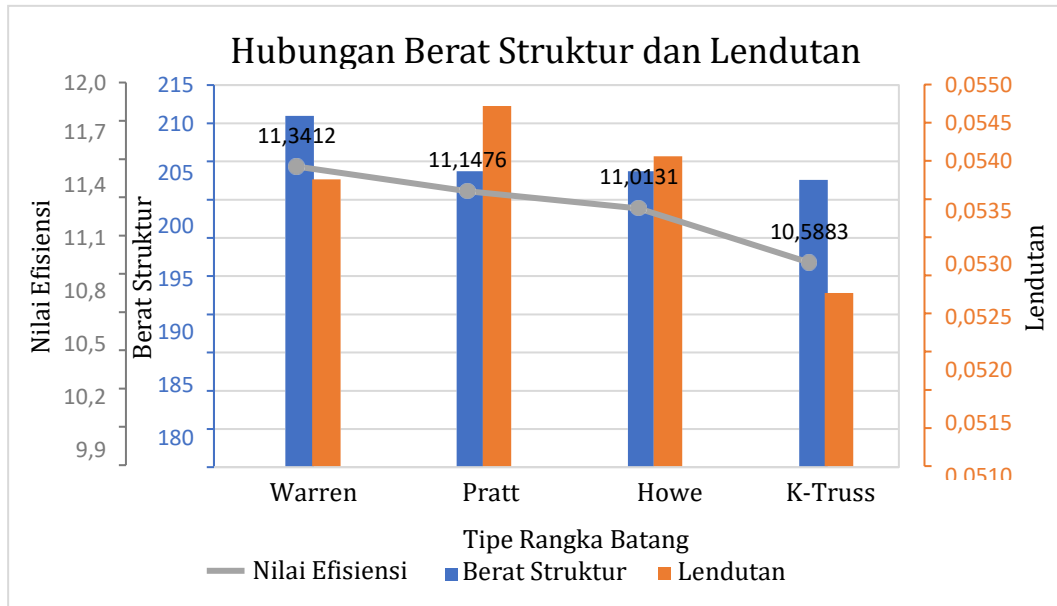
Gambar 7. Grafik Nilai Lendutan Maksimum Variasi Tipe Rangka Jembatan Rangka Baja Bentang 80 m

Berdasarkan grafik yang disajikan pada Gambar 5 menunjukkan bahwa, hasil analisis lendutan maksimum di tengah bentang jembatan pada setiap tipe rangka batang terdapat perbedaan. Sehingga dapat diidentifikasi bahwa tipe rangka batang jembatan dapat mempengaruhi nilai lendutan maksimum jembatan di tengah bentang. Tipe rangkayang mempunyai lendutan maksimum paling kecil adalah tipe rangka batang *k-truss* sebesar 0,05227 m, sedangkan tipe rangka batang yang mempunyai lendutan maksimum paling besar adalah tipe rangka batang *pratt* sebesar 0,05472 m. Hal ini membuktikan hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Handayani, dkk. (2022), yang menyatakan bahwa jembatan dengan tipe rangka batang *pratt* memiliki lendutan maksimum yang paling besar dibandingkan tipe rangka batang lainnya yaitu sebesar 0,107 m.

Semua hasil lendutan maksimum pada setiap rangka harus 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.

#### 4.4. Analisis Efisiensi Jembatan

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



Gambar 8. 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 batang terdapat perbedaan. Sehingga dapat diidentifikasi bahwa tipe rangka batang jembatan dapat mempengaruhi nilai efisiensi jembatan. Tipe rangka yang mempunyai nilai efisiensi paling kecil adalah tipe rangka batang *k-truss* sebesar 10,5883, sedangkan tipe rangka batang yang mempunyai nilai efisiensi paling besar adalah tipe rangka batang *warren* sebesar 11,3412. Sehingga dalam penelitian ini, dapat diidentifikasi bahwa jembatan tipe rangka batang *k-truss* merupakan jembatan yang paling efisien.

## 5. 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 batang *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 batang jembatan. Hasil analisis berat total struktur jembatan pada setiap tipe rangka batang terdapat perbedaan. Tipe rangka batangnya yang paling berat adalah *warren* sebesar 210,96 ton, sedangkan yang paling ringan adalah *k-truss* sebesar 202,57 ton. Tipe rangka batang *pratt* dan *howe* mempunyai berat total struktur yang sama yaitu sebesar 203,72 ton. Pemilihan profil adalah faktor penyebab perbedaan berat total struktur pada setiap tipe rangka batang. Hasil analisis lendutan maksimum pada setiap tipe rangka batang juga terdapat perbedaan, sehingga lendutan maksimum di tengah bentang jembatan dapat dipengaruhi oleh tipe rangka batang jembatan. Tipe rangka batang yang mempunyai lendutan maksimum paling kecil adalah *k-truss* sebesar 0,05227 m, sedangkan yang paling besar adalah *pratt* sebesar 0,05472 m. Tipe rangka yang mempunyai nilai efisiensi paling kecil adalah tipe rangka batang *k-truss* sebesar 10,5883, sedangkan tipe rangka batang yang mempunyai nilai efisiensi paling besar adalah tipe rangka batang *warren* sebesar 11,3412. Semakin kecil nilai efisiensi jembatan maka semakin efektif kinerja jembatan tersebut. Sehingga dalam penelitian ini, dapat diidentifikasi bahwa jembatan tipe rangka batang *k-truss* merupakan jembatan yang paling efisien.

**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.uui.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.