

ISSN : 2828-0067 (CETAK)  
ISSN : XXXXXXXX (ONLINE)

# JURNAL INTAKINDO JATIM

*EASTJAVA INTAKINDO JOURNAL*



Dewan Pengurus Provinsi  
**INTAKINDO**  
Jawa Timur

Vol 1 No 1, JANUARI 2022



Nomor : 004/FINTEK I/ VIII/2021  
Perihal : Publikasi Prosiding FINTEK I  
Lampiran : -

Surabaya, 1 Agustus 2021

Kepada Yth Bapak/ Ibu/ Sdr:  
Hadi Surya Wibawanto Sunarwadi, Heru Prasetyo N, I Komang Azi S  
ID Pemakalah: R2\_2.8

Terima kasih kepada Pemakalah yang telah mempresentasikan makalah yang berjudul:

**“STUDI ANALISIS PERBANDINGAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN BLAHKIUH-  
AYUNAN DENGAN MODEL WAREEN TRUSS DAN THROUGH ARCH BOX TRUSS”**

Pada Forum Ilmiah Nasional Teknik (FINTEK) I Intakindo Jawa Timur yang diselenggarakan pada tanggal 31 Juli 2021 melalui media dalam jaringan (*Online*). Makalah yang telah dipresentasikan akan dipublikasikan dalam:

**PROSIDING FINTEK I 2012**  
Edisi Tahun 2021

Demikian informasi yang dapat kami sampaikan atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

Ketua Panitia Pelaksana,



Dr. Hanie Teki Tjendani, S.T., M.T.

# STUDI ANALISIS PERBANDINGAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN BLAHKIUH-AYUNAN DENGAN MODEL WARREN TRUSS DAN THROUGH ARCH BOX

Hadi Surya Wibawanto Sunarwadi<sup>1</sup>, Heru Prasetyo N<sup>2</sup>, I Komang Azi S<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil SI Institut Teknologi Nasional Malang, Malang  
Email: [hadiwibawanto@lecturer.itn.ac.id](mailto:hadiwibawanto@lecturer.itn.ac.id)

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil SI Institut Teknologi Nasional Malang, Malang  
Email: [heruprasetyonugroho95@gmail.com](mailto:heruprasetyonugroho95@gmail.com)

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Sipil SI Institut Teknologi Nasional Malang, Malang  
Email: [komangazi@gmail.com](mailto:komangazi@gmail.com)

## Abstrak

Jembatan merupakan salah satu konstruksi yang cukup vital secara fungsionalnya. Oleh sebab itu perencanaan suatu jembatan harus memenuhi kaidah – kaidah yang diatur dalam peraturan (*codes*). Dalam penelitian ini, mengambil contoh studi pada jembatan bentang panjang di Kabupaten Badung Provinsi Bali yang merupakan akses antar desa Blahkiuh dan desa Ayunan. Jembatan Blahkiuh-Ayunan ini termasuk dalam kategori Type kelas I dengan lalu lintas yang cukup berat. Kondisi eksisting menggunakan jembatan beton prategang yang membagi kedalam 3 segment bentang yaitu 2 x 25 m dan 40 m. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan membahas studi alternatif desain terkait penggunaan jembatan pelengkung 1 segment pada bentang panjang yang kemudian dikomparasikan dengan jembatan warren-truss dengan jumlah segment yang sama dengan kondisi eksisting. Analisis jembatan dilakukan menggunakan program SAP2000 V.23 Trial Edition berbasis *Finite Element 3D*. Dari hasil analisa dapat ditarik kesimpulan bahwa konstruksi jembatan pelengkung (*through arch box*) selain memiliki keindahan secara estetika dan ikonik, jembatan ini juga memiliki performa yang baik dalam menerima beban layan dan beban kerja. Jika dibandingkan dengan jembatan *warren-truss*, maka dapat dilihat bahwa jembatan pelengkung memiliki berat kebutuhan baja yang lebih tinggi hingga mencapai 1,5 kali dari jembatan *warren-truss*. Semakin tinggi busur jembatan, maka makin tinggi pula kebutuhan berat bajanya.

**Kata kunci:** *Jembatan, Through Arch Box, Warren Truss.*

## Pendahuluan

Jembatan Blahkiuh-Ayunan merupakan jembatan utama penghubung antar dua desa besar yang berada di Kecamatan Abiansemal yaitu desan Blahkiuh dan desa Ayunan, Kabupaten Badung, Bali. Jembatan Blahkiuh-Ayunan sangat vital keberadaannya sebagai jalur transportasi untuk pelayanan masyarakat umum seperti kebutuhan sehari-hari, pengiriman logistik dan pariwisata.

Pada wilayah Bali khususnya kabupaten Badung banyak digunakan jembatan dengan konstruksi struktur beton dan tipe rangka umum yaitu Warren Truss. Sementara tipe jembatan yang lain masih kurang dikembangkan. Sehingga perlu dilakukan suatu analisis untuk membandingkan antara jembatan tipe Warren Truss dengan tipe jembatan lainnya. Salah satu tipe jembatan yang banyak sekarang mulai dikembangkan dan diterapkan adalah jembatan tipe pelengkung *Through Arch Box*.

Tujuan dari penelitian ini adalah studi perbandingan desain alternatif yang dapat digunakan untuk jembatan bentang panjang. Pada model jembatan pertama adalah jembatan pelengkung tipe *Through Arch ox* dengan bentang segment adalah 90 meter, sedangkan untuk tipe jembatan kedua adalah berjumlah 3 segment yaitu 25 meter, 40 meter dan 25 meter.

Adapun tinjauan yang dilakukan adalah menghitung kapasitas rasio D/C baja untuk setiap elemen batang jembatan, lendutan maksimum yang terjadi, tegangan yang terjadi dan berat kebutuhan baja serta reaksi tumpuan vertikal total jembatan.

## Studi Pustaka

### • Jembatan Pelengkung Arch Through Box

Menurut (Beyer, 1846) konsep pelengkung adalah konsep dimana gaya dari beban mati ditransfer sebagai kompresi tekan, sedangkan gaya tarik cenderung dihilangkan dan tidak ada. Karena pelengkung bergantung pada gaya kompresi tekan untuk memikul beban, maka pelengkung dapat diaplikasikan pada material yang kuat terhadap tekan dan lemah terhadap tarik, seperti misalnya pasangan bata dan beton.

Jembatan pelengkung dapat menggunakan 2 dasar jenis tumpuan pada abutmen, yaitu tumpuan jepit dan tumpuan sendi. Pada tumpuan jepit, pelengkung dapat menerima momen, sedangkan pada sendi tidak dapat menerima perpindahan rotasi.

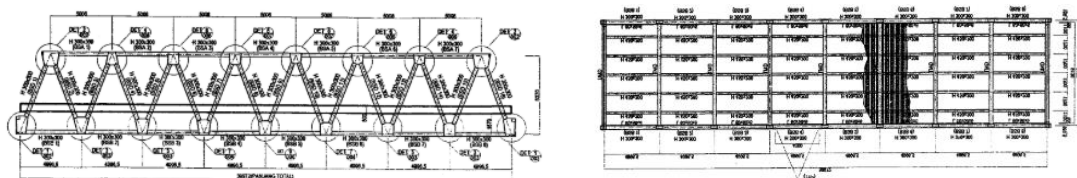
Dalam merencanakan jembatan pelengkung, beberapa faktor yang perlu diperhatikan yaitu konfigurasi jembatan lengkung, material jembatan dan tipe sambungan yang digunakan (Budio et al., 2016). Untuk memperoleh desain jembatan lengkung yang optimum maka yang dapat dilakukan adalah dengan mendesain jembatan dengan *trial and error* dengan memperhatikan mengenai rasio berat jembatan terhadap lendutan yang terjadi

Dalam penentuan geometri dari tinggi pelengkung harus memperhatikan panjang bentang, sehingga kinerja dari pelengkung bisa bekerja maksimal. Menurut (Almudianur et al., 2018) dari hasil penelitiannya menyebutkan bahwa rasio panjang terhadap tinggi busur yang optimum ( $f/L$ ) adalah berkisar antara 1:4 hingga 1:7,25.

### • Jembatan Warren-Truss

Model jembatan warren truss yang digunakan adalah menggunakan desain pada umumnya yg ada di Indonesia. Model yang sering menjadi acuan desain dari model Warren-Truss adalah pada desain khas dari *PT. Bukaka Teknik Utama Tbk*. Selain model tersebut, Direktorat Jenderal Bina Marga juga mempunyai desain standar untuk jembatan Warren-Truss.

Kedua desain model tersebut sudah menjadi dasar/ acuan penerapan jembatan tipe rangka Warren-Truss di Indonesia. Adapun penelitian yang dilakukan oleh (Adella Elysa Putri, Yudi Pranoto, 2018) bahwa jembatan rangka baja dari *PT. Bukaka Teknik Utama Tbk* memiliki nilai lendutan yang lebih kecil dibandingkan dengan jembatan standar *Bina Marga*. Rasio keamanan masing-masing komponen meliputi batang tarik, tekan, aksial lentur serta sambungan rangka baja *PT. Bukaka Teknik Utama Tbk* dan *Bina Marga* memiliki perbandingan yang sama. Sedangkan berat kebutuhan material rangka baja *PT. Bukaka Teknik Utama Tbk* lebih ringan dibanding dengan rangka baja *Bina Marga*. Adapun hasil dari keduanya menunjukkan hasil yang bagus dan layak sebagai acuan penerapan standar jembatan di Indonesia dengan bentang menengah. Dan hasil perbandingan tersebut akan menunjukkan hasil yang sedikit berbeda dikarenakan perbedaan geometric dari jembatan yang ditinjau.



(a)

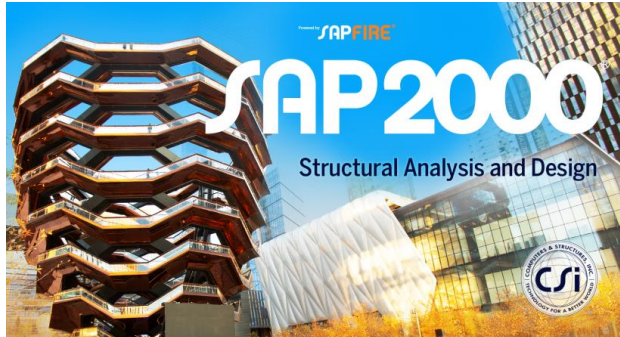
(b)

**Gambar 1. Jembatan Standar Ditjen Bina Marga (Bina Marga, 2005)**  
a) gambar tampak samping b) tampak atas gelagar lantai

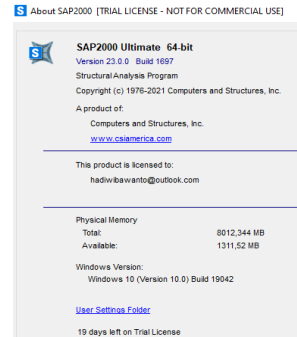
## Metodologi Penelitian

- **Metode Analisa**

Adapun analisa statika yang dilakukan pada komparasi jembatan warren-truss dan jembatan pelengkung box pada penelitian ini menggunakan program berbasis metoda elemen hingga (*Finite Element Method*). Program perangkat lunak yang digunakan adalah SAP2000 Trial Edition versi 23 (*Not Comercial Use*). Analisa jembatan dilakukan secara 3D dengan kondisi batas (*boundary condition*) yang telah ditentukan.



(a)



(b)

**Gambar 2. Perangkat Lunak SAP2000 v.23**

a) Logo Aplikasi b) lisensi program

- **Material Baja**

**Tabel 1. Properti Mekanis Material Baja Box/ Hollow Square**  
(Structural & Conveyance Business, 2003)

	SN490 B modified (355J2)
Tensile strength $R_m$ N/mm <sup>2</sup>	490 – 610
Yield strength $R_{eH}$ min. N/mm <sup>2</sup> : 0 < T ≤ 16 mm 16 < T ≤ 40 mm 40 < T ≤ 63 mm	355 345 335
Yield ratio	≤ 80%
Min. elongation % 9 < T ≤ 16 mm 16 < T ≤ 40 mm 40 < T ≤ 60 mm	17 21 23
Impact properties Minimum Ave energy (Joules) 10 x 10 mm specimen at -20°C	27

**Tabel 2. Properti Mekanis Material Baja WF**

(Badan Standarisasi Nasional, 2006)

Kelas baja	Batas ulur minimum kgf/mm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> ) Tebal baja (mm)		Kuat tarik kgf/mm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	Ukuran tebal baja (mm)
	t ≤ 16	t > 16		
Bj P34 (SS 34)	21 (205)	20 (195)	34 - 44 (330 - 430)	t ≤ 5 5 < t ≤ 16 t > 16
Bj P41 (SS 41)	25 (245)	24 (235)	41 - 52 (400 - 510)	t ≤ 5 5 < t ≤ 16 t > 16
Bj P50 (SS 50)	29 (285)	28 (275)	50 - 62 (490 - 610)	t ≤ 5 5 < t ≤ 16 t > 16
Bj P55 (SS 55)	41 (400)	40 (390)	55 min (540)	t ≤ 5 5 < t ≤ 16 t > 16

- **Data Penampang Profil Baja (*Steel Section Properties*)**

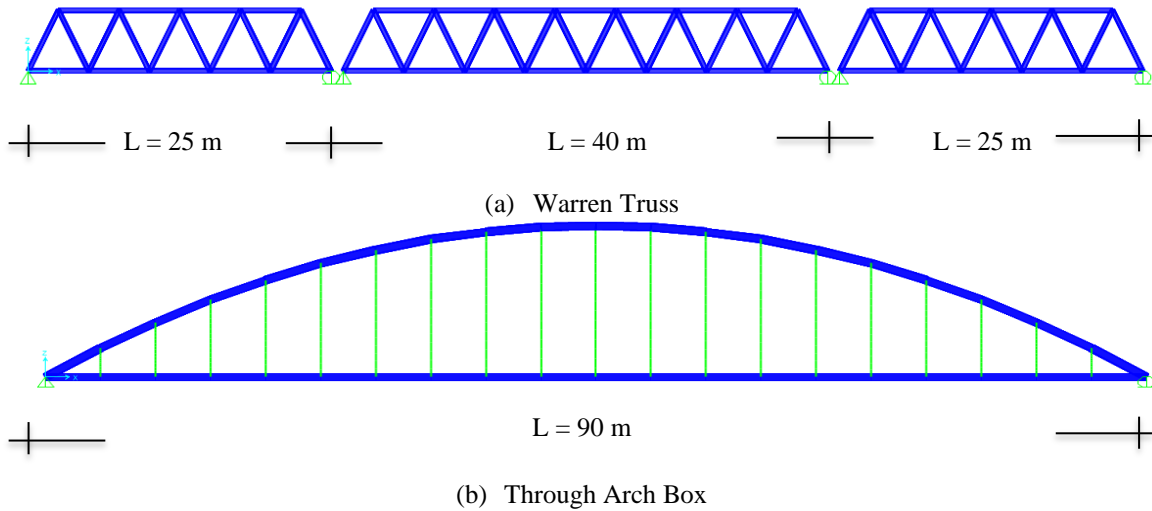
Adapun penampang profil baja yang digunakan pada kedua jembatan menggunakan profil baja yang umum digunakan di Indonesia. Baja WF mengacu pada database dari (Badan Standarisasi Nasional, 2006), baja Box mengacu pada database (Structural & Conveyance Business, 2003) dan kabel penggantung (*hanger*) mengacu pada (Bridon, n.d.). Kebutuhan dari profil penampang baja yang digunakan disesuaikan setelah *trial and error* untuk menghasilkan rasio baja D/C yang mendekati sama antar elemennya.

**Tabel 3. Rekapitulasi Profil Baja Pada Jembatan**

Elemen/ Batang	Arch Through Box	Warren Truss
Gelagar Induk	Hollow Rect. 700.500.32	WF 400x400x13x21
Gelagar Melintang Atas	Hollow Box. 350.350.22	WF 350x175x7x11
Gelagar Melintang	WF 600x300x13x20	WF 500x200x10x16
Gelagar Memanjang	WF 300x150x6,5x9	WF 350x175x7x11
Ikatan Angin	-	JL 200.200.8
Kabel Penggantung (Hanger)	Dyform 6x7 IWRC Bridge rope Ø32mm	-

- **Data Geometrik Jembatan**

Adapun geometrik pada jembatan yang akan dilakukan komparasi adalah sesuai dengan gambar dibawah. Panjang total rintangan (jarak antar abutmen ujung ke ujung) adalah 90 m. Kemudian dengan menggunakan model jembatan warren truss (jembatan bentang menengah) dapat dibagi kedalam 3 bentang yakni pada bentang 1 adalah 25 meter, bentang 2 adalah 40 meter dan bentang 3 adalah 25 meter. Sedangkan untuk model through arch box dapat membagi kedalam 1 bentang besar yaitu 90 m.



**Gambar 3. Potongan Bentangan Jembatan**

- **Metode Analisa**

Pembebanan pada jembatan dalam penelitian ini mengacu pada peraturan pembebanan jembatan 1725 : 2016 (SNI 1725-2016, 2016). Pembebanan dihitung kemudian diaplikasikan pada tiap joint/ titik gelagar induk pada sisi bawah (gelagar melintang).

Adapun data teknis pembebanan jembatan yang digunakan adalah seperti berikut :

Lebar jembatan	= 9 m	Berat steel deck (tebal 1mm)	= 13,48 kg/m <sup>2</sup>
Lebar lantai kendaraan	= 7 m	Faktor beban steel deck	= 1,1
Lebar trotoar (2 x 1 meter)	= 2 m	Berat 1 kolom beton pagar trotoar	= 124,8 kg
Tebal plat beton lantai kendaraan	= 0,2 m	Berat besi sandaran ( <i>railing</i> )	= 18,381 kg
Tebal plat beton trotoar	= 0,4 m	Beban terbagi rata (BTR) L = 90m	= 600 kg/m <sup>2</sup>
Berat jenis beton	= 2400 kg/m <sup>3</sup>	Beban terbagi rata (BTR) L=40m	= 787 kg/m <sup>2</sup>
Faktor beban beton cor ditempat	= 1,3	Beban terbagi rata (BTR) L=25m	= 900 kg/m <sup>2</sup>
Tebal lapisan aspal	= 0,05 m	Beban garis terpusat (BGT)	= 49 kN/m
Berat jenis aspal	= 2245 kg/m <sup>3</sup>	Faktor beban dinamis L=90m	= 1,3
Faktor beban aspal	= 1,3	Faktor beban dinamis L=40m,20m	= 1,4
Tinggi air hujan	= 0,05 m	Beban truk (T)	= 11250 kg
Berat jenis air hujan	= 1000 kg/m <sup>3</sup>	Faktor beban truk	= 1,8
Faktor beban air hujan	= 2	Beban pejalan kaki	= 500 kg/m <sup>2</sup>

**Tabel 4. Rekapitulasi Beban Pada Jembatan**

No	Beban Yang Bekerja	Arch Through Box		
		L = 90m	L = 40m	L = 25m
1	Bentang jembatan L (m)	90	40	25
2	Jumlah buhul 1 sisi (gelagar melintang)	21	9	6
<b>A</b>				
<b>Beban Mati Tambahan</b>				
1	Beban mati plat lantai beton (kg)	393120	174720	109200
2	Beban mati 2 sisi trotoar (kg)	224640	99840	62400
3	Beban mati lantai lapisan aspal (kg)	91932,75	40859	25536,88

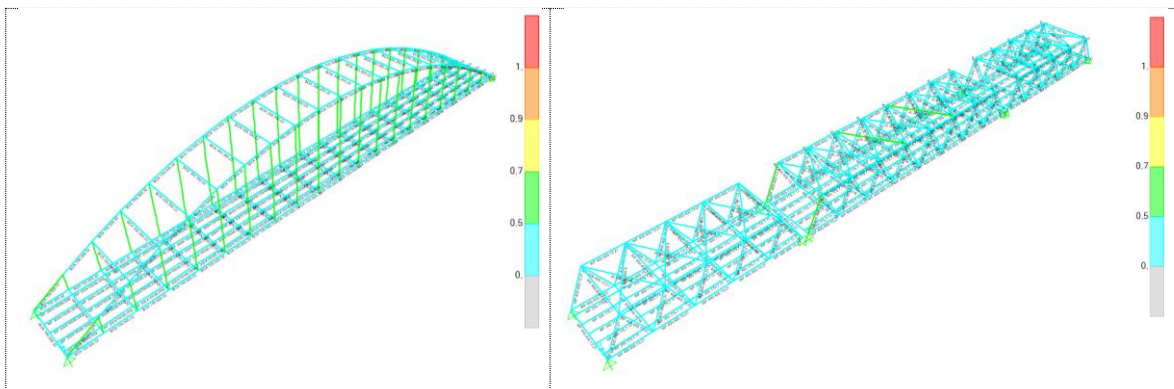


No	Beban Yang Bekerja	Arch Through Box	Warren-Truss	
4	Beban mati air hujan (kg)	81000	36000	22500
5	Beban mati steel deck tebal 1mm (kg)	12010,68	5338,08	3336,3
6	Beban mati 2 sisi pagar trotoar (kg)	17181,72	7636,32	4772,7
<b>B</b>	<b>Beban Hidup</b>			
1	Beban terbagi rata "BTR" (kg)	113400	63747	48600
2	Beban garis "BGT" (kg)	12039,3	5556,6	3704,4
3	Berat beban truk "T" (kg)	20250	20250	20250
4	Beban pejalan kaki (kg)	90000	40000	25000
5	Beban akibat gaya rem (kg)	5625	5625	5625
<b>C</b>	<b>Beban Angin</b>			
1	Beban angin atas per titik buhul (kg)	250	250	250
2	Beban angin bawah per titik buhul (kg)	125	125	125

## Hasil Analisis dan Pembahasan

- **Rasio Demand/Capacity (D/C) Elemen Struktur Jembatan**

Analisis yang pertama dilakukan adalah mengontrol rasio kekuatan batang/ element pada jembatan. Hal ini dilakukan pada tahap pertama bertujuan untuk memastikan kondisi dari profil baja yang digunakan pada kedua jenis jembatan adalah mendekati nilai yang sama. Sehingga hasil komparasi pada perhitungan dan analisis selanjutnya dapat dipertanggungjawabkan dan bersifat match (*apple to apple*).



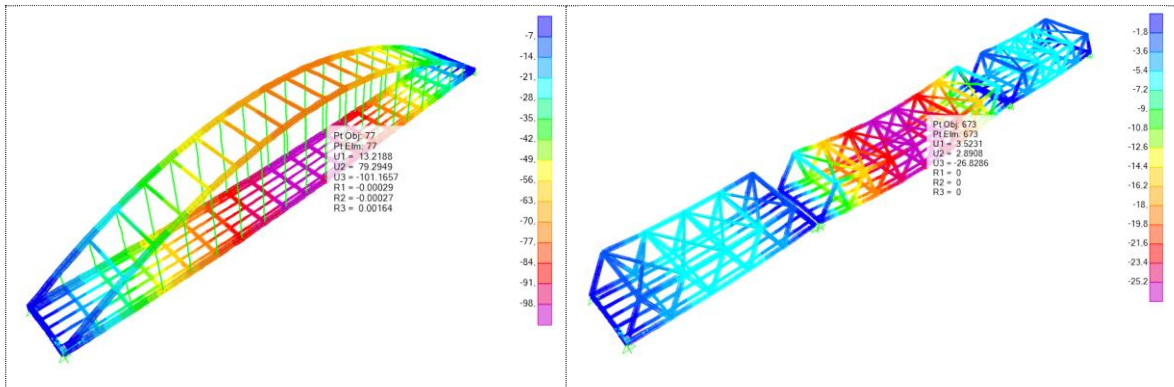
**Gambar 4. Diagram D/C Steel Ratio**

Dari hasil analisis *Trial and Error* yang sudah dilakukan pada kedua jembatan tersebut, maka didapatkan kondisi *D/C Steel Ratio maximum* yang mendekati sama. Adapun hasil dari analisis tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 5. Rekapitulasi D/C Steel Ratio**

Elemen/ Batang	Arch Through Box	Warren Truss
Gelagar Induk	0,51 (0,5 – 0,7)	0,53 (0,5 – 0,7)
Gelagar Melintang	0,32 (0,2 – 0,5)	0,24 (0,2 – 0,5)
Gelagar Memanjang	0,25 (0,2 – 0,5)	0,23 (0,2 – 0,5)
Ikatan Angin	-	0,51 (0,5 – 0,7)
Kabel Penggantung ( <i>Hanger</i> )	-	-

- **Lendutan Struktur Jembatan**



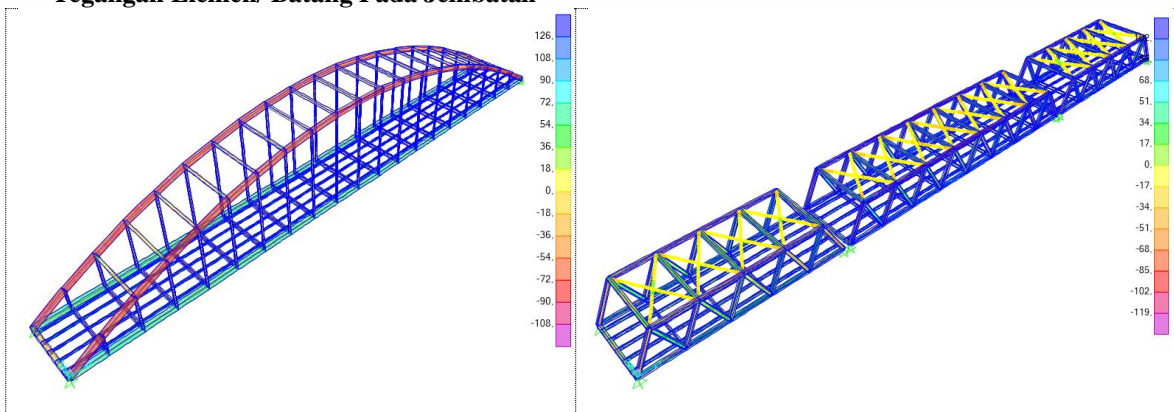
**Gambar 5. Lendutan Maksimum Jembatan**

Gambar diatas menunjukkan deformasi lentur (lendutan) dari kedua jembatan setelah dianalisa pada kombinasi beban yang sama (Beban Mati + Beban Hidup + Beban Angin). Dari hasil tersebut terlihat deformasi maximum terjadi pada tengah bentang jembatan. Pada jembatan Warren-truss yang memiliki tiga segement bentang jembatan, terlihat bahwa deformasi paling besar terjadi pada bentangan segmen tengah ( $L=40m$ ). Adapun kontrol terhadap lendutan ijin dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 6. Rekapitulasi Lendutan Maksimum**

Jembatan	Lendutan Izin (L/800)	Lendutan Max Arah sb. Global Z	Keterangan
Arch Through Box (L=90m)	112,5 mm	101 mm	Ok
Warren Truss (L=40m)	50 mm	26,82 mm	Ok

- **Tegangan Elemen/ Batang Pada Jembatan**



**Gambar 6. Diagram Tegangan**

Dari hasil analisis yang sudah dilakukan pada kedua jembatan tersebut, maka didapatkan kondisi tegangan baja maksimum yang terjadi. Adapun hasil dari analisis tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini. Jika dilihat dari tabel dibawah bahwa semua penampang pada tiap elemen/ batang menunjukkan hasil tegangan yang terjadi masih dibawah tegangan leleh dari mutu material yang digunakan. Sehingga dapat disimpulkan dalam menerima beban layan yang ada, semua elemen/batang pada jembatang masih berada difase elastis material baja.



**Tabel 7. Rekapitulasi Tegangan Batang Jembatan**

Elemen/ Batang	Arch Through Box			Warren Truss		
	Tegangan Max. (MPa)	Tegangan Batas (MPa)	Ket.	Tegangan Max. (MPa)	Tegangan Batas (MPa)	Ket.
Gelagar Induk	108,3	345	Ok	119,5	400	Ok
Gelagar Melintang	90,2	345	Ok	72,4	400	Ok
Gelagar Memanjang	75,2	400	Ok	34,4	400	Ok
Ikatan Angin	-	-	-	27,7	400	Ok
Kabel Penggantung (Hanger)	645	930	Ok	-	-	-

- **Berat Baja dan Reaksi Tumpuan Vertikal Jembatan**

Dalam analisa ini bertujuan untuk mengetahui nilai daripada berat struktur jembatan (dalam melayani beban) dan juga berat material baja yang dibutuhkan untuk kedua jenis jembatan tersebut. Adapun hasil dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 8. Rekapitulasi Berat Baja dan Reaksi Jembatan**

Jembatan	Berat Baja Struktur (Ton)	Reaksi Vertikal Total (Ton)	Rasio Berat Sendiri Terhadap Beban Total
Arch Through Box (L=90m)	310,587	1371,8	0,22
Warren Truss (L=40m)	207,447	1348,6	0,15

Dari hasil analisa didapatkan bahwa berat jembatan Pelengkung (*Arch Through Box*) memiliki berat kebutuhan baja yang lebih besar dibandingkan dengan jembatan *Warren-Truss*. Hal ini disebabkan karena walaupun bentangan total nya sama, akan tetapi tinggi busur dari jembatan pelengkung dapat menyebabkan kebutuhan baja semakin meningkat. Jika ditinjau dari segi biaya konstruksi baja, jelas menunjukkan bahwa jembatan pelengkung dapat memerlukan biaya pekerjaan baja yang lebih besar dibandingkan dengan jembatan warren-truss, bahkan mencapai 1,5 kali nya. Akan tetapi jika ditinjau dari segi konstruksi keseluruhan, jembatan pelengkung bisa lebih hemat dari segi konstruksi bawah jembatan. Dalam kasus ini dikarenakan jembatan pelengkung cuman membutuhkan 2 abutment sedangkan jembatan warren-truss membutuhkan 2 abutment dan juga 2 pilar di tengah.

Sedangkan jika ditinjau dari segi reaksi tumpuan vertikal yang diterima, pada jembatan pelengkung dan jembatan rangka menunjukkan hasil yang relative sama. Ini artinya kedua jembatan menunjukkan pelayanan yang kurang lebih sama.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Jembatan pelengkung dan jembatan warren-truss dapat melayani beban struktur dengan cukup baik.
2. Jika ditinjau dari segi keindahan, maka jembatan pelengkung memiliki nilai estetika yang cukup tinggi dibandingkan dengan jembatan rangka warren-truss.
3. Dalam kondisi D/C yang sama, maka jembatan pelengkung dan warren-truss memiliki lendutan aktual yang memenuhi lendutan ijin.
4. Jembatan pelengkung membutuhkan material baja yang lebih tinggi dibandingkan dengan jembatan warren-truss, karena memiliki geometri busur yang cukup panjang. Sehingga konstruksi baja dari jembatan pelengkung lebih mahal jika dibandingkan jembatan warren-truss. Akan tetapi jika dilihat dari konstruksi bawah jembatan (abutment dan pilar) maka jembatan pelengkung bisa lebih hemat dibandingkan jembatan warren truss (bentang pendek).

## Daftar Pustaka

- Adella Elysa Putri, Yudi Pranoto, T. (2018). Analisis Perbandingan Struktur Rangka Baja Bukaka dan SNI dengan Pemodelan TEKLA pada Jembatan Betapus Samarinda. *SNITT Politeknik Negeri Balikpapan*, 219–225. <https://jurnal.poltekba.ac.id/index.php/prosiding/article/view/597>
- Almulianur, A., Aminullah, A., & Muslikh, M. (2018). Optimasi Geometri Berdaraskan Gaya-Gaya Dalam Pada Jembatan Pelengkung Beton. *INERSIA: Informasi Dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 14(2), 146–157. <https://doi.org/10.21831/inersia.v14i2.22537>
- Badan Standarisasi Nasional. (2006). *SNI 07-7178-2006 Baja Profil WF – Beam Proses Canai Panas (Bj P WF – beam)* (B. baja dan produk baja Panitia Teknik 5S (ed.)). Badan Standarisasi Nasional.
- Beyer, L. (1846). Arched Bridges. *Scientific American*, 1(23), 2–2. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican02191846-2b>
- Bridon. (n.d.). *Dyform Dyform*. Bridon. [www.bridon-bekaert.com](http://www.bridon-bekaert.com)
- Budio, S. P., Angraini, R., Remayanti, C., & Widia, I. M. B. A. (2016). Optimalisasi Desain Jembatan Lengkung (Arch Bridge) Terhadap Berat dan Lentutan. *Rekayasa Sipil*, 10(3), 212–221. <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2016.010.02.06>
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2005). *Gambar Standar Rangka Baja Bangunan Atas Jembatan kelas A dan B*.
- SNI 1725-2016. (2016). SNI 1725-2016 : Pembebanan untuk Jembatan. In *Badan Standarisasi Nasional*. Badan Standardisasi Nasional. [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)
- Structural & Conveyance Business. (2003). *Jumbo Structural Hollow Sections*. Corus Tubes. [www.corustubes.com](http://www.corustubes.com)