

## PERENCANAAN ULANG JEMBATAN BUSUR DI SUNGAI CODE YOGYAKARTA

Hillary Merry Christin, Agus Supriyadi, Senot Sangadji

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret  
Jl. Ir. Sutami 36 A, Kentingan Surakarta 57126, Telp. (0271) 634524, Fax. 662118  
Email: hillarymerry@student.uns.ac.id

### Abstract

Prof. Ir. KRMT Wreksodiningrat bridge is a reinforced concrete arch bridge with the deck arch structure. There are 3 types of bridges in this research consisting deck arch, through arch, and half-through arch. The inappropriate design selection will affect the strength and effectiveness of the designed bridge. This research aims to analyze deck variations on structure behaviors, to determine the effect of the bridges' deck variation to the weight of the structure and to determine the bridge efficiency ratio to obtain an effective design. The research begins with preliminary design to determine the bridge design to be modeled using SAP2000 v.14 program. Furthermore, the strength and deflection of the structure will be controlled in accordance with the permit requirements. The conducted analysis will determine the relationship between the researched variables to obtain the most optimal and efficient bridge design. The deck arch bridge has a structural weight of 52.653,071 kN, the through arch type has a structural weight of 139.924,826 kN and the half-through arch type has a structural weight of 118.144,430 kN. The results showed that the deck arch bridge is the most effective with the assumption that the main arch deflection/span is considered the same.

**Keywords:** Arch Bridge, Deck Arch, Half-Through Arch, Prof. Ir. KRMT Wreksodiningrat Bridge, SAP2000 v.14, Through Arch.

### Abstrak

Jembatan Prof. Ir. KRMT Wreksodiningrat merupakan jembatan busur beton bertulang dengan desain letak lantai kendaraan berlokasi di atas struktur pelengkung (*deck arch*). Terdapat tiga jenis jembatan pada penelitian ini yaitu jembatan dengan letak lantai kendaraan di atas pelengkung (*deck arch*), di bawah pelengkung (*through arch*), serta di antara puncak dan kaki pelengkung (*half-through arch*). Pemilihan desain yang kurang tepat akan memengaruhi kekuatan serta efektivitas desain jembatan yang dirancang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis variasi letak lantai kendaraan pada jembatan terhadap perilaku struktur, menentukan pengaruh variasi letak lantai kendaraan pada jembatan terhadap berat struktur, dan menentukan rasio efisiensi sehingga diperoleh desain yang efektif. Tahapan penelitian dimulai dengan perencanaan desain awal untuk menentukan desain jembatan yang akan dimodelkan menggunakan bantuan program SAP2000 v.14. Selanjutnya, kontrol kekuatan dan defleksi struktur dilakukan sesuai dengan persyaratan ijin. Analisis yang dilakukan akan memperoleh hubungan dari variabel yang diteliti untuk mendapatkan desain jembatan yang paling optimal dan efisien. Berat struktur dari jembatan berbanding lurus dengan biaya yang akan dikeluarkan. Model jembatan tipe *deck arch* yang menyerupai struktur eksisting mempunyai tiga bentang dengan bentangan utama 75 meter sedangkan kedua model lainnya berupa pelengkung tunggal dengan bentangan 145 meter. Perbandingan atas hasil analisis ketiga model didasarkan pada parameter kunci yaitu rasio antara defleksi dan panjang bentangan pelengkung dan berat struktur yang dihasilkan. Jembatan tipe *deck arch* memiliki berat struktur sebesar 52.653,071 kN, tipe *through arch* memiliki berat struktur sebesar 139.924,826 kN, dan tipe *half-through arch* memiliki berat struktur sebesar 118.144,430 kN. Berdasarkan hasil analisis ketiga jembatan yang telah dimodelkan, jembatan yang paling efisien merupakan jembatan busur tipe *deck arch* dengan rasio defleksi/bentangan busur 0,00067 dan berat struktur 52.653,071 kN.

**Kata Kunci :** *Deck Arch, Half-Through Arch, Jembatan Busur, Jembatan Prof. Ir. KRMT Wreksodiningrat, SAP2000 v.14, Through Arch.*

### PENDAHULUAN

Jembatan merupakan salah satu infrastruktur yang berfungsi untuk menghubungkan dua tempat yang terpisahkan oleh suatu rintangan atau konstruksi lain. Jembatan busur (*arch bridge*) merupakan struktur jembatan berbentuk menyerupai setengah lingkaran dengan *abutment* di kedua sisinya. Busur pada jembatan mendistribusikan beban yang diterima oleh lantai kendaraan ke *abutment* agar kedua sisi jembatan dapat terjaga dan tidak bergerak ke samping, sehingga tipe jembatan ini merupakan pilihan yang baik untuk melintasi sungai atau lembah karena tidak memerlukan pilar di tengah.

Jembatan Prof. Ir. KRMT Wreksodiningrat merupakan jembatan busur beton bertulang dengan desain letak lantai kendaraan berlokasi di atas struktur pelengkung (*deck arch*). Jembatan ini dibangun pada tahun 2007 dan mengacu pada RSNI T-12-2004 tentang standar perencanaan struktur beton untuk jembatan. Jembatan Prof. Ir. KRMT

Wreksodiningrat ini dibangun sebagai solusi guna kelancaran lalu lintas akibat permasalahan yang terjadi pada Jembatan Sardjito I dengan arus lalu lintas yang padat sehingga menyita waktu pengguna jalan.

Berdasarkan letak lantai kendaraannya terdapat jembatan dengan letak lantai kendaraan di atas pelengkung (*deck arch*), di bawah pelengkung (*through arch*), dan di antara puncak dan kaki pelengkung (*half-through arch*). Pemilihan desain yang kurang tepat akan memengaruhi kekuatan serta efektivitas desain jembatan yang dirancang. Berdasarkan hal-hal di atas, peneliti tertarik untuk membandingkan perilaku struktur Jembatan Prof. Ir. KRMT Wreksodiningrat terhadap variasi letak lantai kendaraan *deck arch*, *through arch*, dan *half-through arch* sehingga diperoleh desain yang efektif.

### Jembatan Busur

Jembatan busur atau jembatan lengkung adalah jembatan dengan konstruksi menyerupai setengah lingkaran dengan dukungan *abutment* di kedua sisinya (Supriyadi, 2007). Prinsip dasar jembatan lengkung adalah desain lengkungnya, yang tidak mengalirkan gaya beban ke bawah, melainkan dibawa sepanjang kurva lengkung ke tumpuan di tiap ujungnya. Tumpuan ini (yang disebut *abutment*) memikul beban seluruh jembatan dan bertanggung jawab untuk menahan lengkungan atau busur pada posisi yang tepat tidak bergerak. (Koshi & Kottalil, 2016)

### Jenis Jembatan Busur Berdasarkan Letak Lantai Kendaraan

Jenis jembatan busur berdasarkan letak lantai yang umum digunakan dapat diklasifikasikan menjadi 3, yaitu: (Ardiansyah dkk., 2019)

#### A. Lantai Kendaraan Atas (*Deck Arch*)

Pada jembatan tipe ini, letak lantai kendaraan berada di atas batang pelengkung. Tipe jembatan ini merupakan tipe yang sederhana dibandingkan dengan tipe jembatan lainnya.

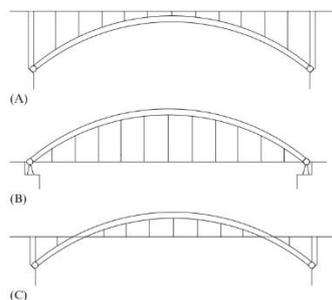
#### B. Lantai Kendaraan Bawah (*Through Arch*)

Pada jembatan tipe ini, letak lantai kendaraan berada di bawah batang pelengkung dan sejajar dengan kaki busur. Dalam hal ini, lantai kendaraan umumnya didukung oleh penggantung (*hanger*) atau kabel suspensi. Lantai kendaraan harus memiliki kekakuan yang besar karena tidak memiliki struktur pendukung di bawahnya. Pembebanan langsung yang diterima lantai kendaraan menjadikannya sebagai batang tarik.

#### C. Lantai Kendaraan Tengah (*Half-Through Arch*)

Pada jembatan tipe ini, letak lantai kendaraan berada di antara puncak dan kaki-kaki batang pelengkung. Beban yang diterima oleh lantai kendaraan dialihkan ke batang pelengkung melalui penggantung (*hanger*). Gaya tarik yang terjadi pada lantai kendaraan umumnya diserap oleh gelagar yang menghubungkan kedua ujung pelengkung.

Secara jelas, jenis jembatan busur berdasarkan letak lantai dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. (A) *Deck Arch* (B) *Through Arch* (C) *Half-through Arch*

### Pembebanan Jembatan

Pada perencanaan jembatan perlu dicermati beban-beban yang bekerja pada jembatan. Pembebanan pada jembatan akan memengaruhi besarnya dimensi dari struktur dan kekuatan yang dihasilkan. Perencanaan ulang jembatan ini merujuk pada peraturan pembebanan SNI 1725:2016.

**Beban Mati**

1) Berat Sendiri

Berat sendiri merupakan akumulasi berat dari elemen struktur dan elemen non-struktural. Berat elemen tersebut nilainya tetap. Pada Tabel 1. dijelaskan berat isi dan kerapatan massa material yang digunakan dalam jembatan ini.

Tabel 1. Berat Isi untuk Beban Mati

Bahan	Berat isi (kN/m <sup>3</sup> )	Kerapatan massa (kg/m <sup>3</sup> )
Aspal Beton	22,0	2245
Beton f'c < 35 MPa	22,0 – 25,0	2320
35 < f'c < 105 MPa	22 + 0,022 f'c	2240 + 2,29 f'c

2) Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan merupakan berat elemen non-struktural yang disumbangkan oleh utilitas jembatan. Berat elemen tersebut dapat berubah suatu waktu sesuai masa layan jembatan. Beban mati tambahan meliputi beban lapisan aspal, genangan air hujan dan lampu jembatan. Untuk faktor beban mati tambahan digunakan 1,4.

**Beban Lalu Lintas**

1) Beban Lajur “D”

Beban lajur “D” terdiri dari beban terbagi rata (BTR) yang digabung dengan beban garis terpusat (BGT). Dalam menganalisis perhitungan, nilai beban truk “T” harus dikalikan dengan faktor beban. Besarnya nilai beban terbagi rata (BTR) tergantung panjang bentangnya yang diuraikan pada Persamaan 1 dan Persamaan 2.

$$L \leq 30 \text{ m} \rightarrow q = 9,0 \text{ kPa} \dots\dots\dots [1]$$

$$L > 30 \text{ m} \rightarrow q = 9,0 \left( 0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa} \dots\dots\dots [2]$$

Keterangan:

- q = Beban terbagi rata (kN/m)
- L = Panjang total jembatan (m)

Beban garis bekerja tegak lurus dari arah melintang jembatan. Besarnya nilai beban garis (BGT) dapat dilihat pada Persamaan 3.

$$p = 49,0 \text{ kN/m} \dots\dots\dots [3]$$

Untuk faktor beban lajur “D” digunakan 1,8.

2) Beban Truk “T”

Berat dari masing-masing as disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 as tersebut bisa diubah antara 4,0 m – 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan. Dalam analisis perhitungan, beban truk “T” harus dikalikan dengan faktor beban. Faktor beban lajur “T” digunakan 1,8.

3) Faktor Beban Dinamis (FBD)

Nilai FBD pada beban lajur “D” tergantung pada panjang bentangnya. Nilai FBD untuk beban truk dinyatakan 30%, atau 0,3.

4) Beban Rem

Nilai beban rem harus diambil yang terbesar dari:

- 25% dari berat gandar truk desain, atau
- 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata

**Beban Angin**

Menurut SNI 1725:2016, penentuan besarnya beban angin dapat dilihat pada Persamaan 4.

$$P_D = P_B \left( \frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2 \dots\dots\dots [4]$$

Keterangan :

- $P_D$  = tekanan angin dasar rencana (MPa)
- $P_B$  = tekanan angin dasar (MPa)
- $V_{DZ}$  = kecepatan angin rencana pada elevasi rencana (km/jam)
- $V_B$  = kecepatan angin rencana, 90–126 km/jam pada elevasi 1000 mm (km/jam)

Untuk nilai  $V_0$  dan  $Z_0$  dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Tekanan angin dasar

Komponen bangunan atas	Angin tekan (MPa)	Angin hisap (MPa)
Rangka, kolom, pelengkung	0,0024	0,0012
Balok	0,0024	N/A
Permukaan datar	0,0019	N/A

Nilai  $V_{DZ}$  didapat dari Persamaan 4.

$$V_{DZ} = 2,5 V_0 \left( \frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left( \frac{Z}{Z_0} \right) \dots\dots\dots [5]$$

Keterangan:

- $V_{10}$  = kecepatan angin pada elevasi 10000 mm di atas permukaan tanah, atau dapat diambil  $V_{10} = V_B$
- $V_0$  = kecepatan gesekan angin
- $Z_0$  = panjang gesekan di hulu jembatan
- $Z$  = elevasi struktur yang diukur dari permukaan tanah

Untuk nilai  $V_0$  dan  $Z_0$  dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai  $V_0$  dan  $Z_0$  pada berbagai kondisi permukaan hulu

Kondisi	Lahan terbuka	Sub urban	Kota
$V_0$ (km/jam)	13,2	17,6	19,3
$Z_0$ (mm)	70	1000	2500

**Beban Gempa**

Penentuan gaya gempa berdasarkan SNI 2833:2016 dapat dilihat pada Persamaan 5.

$$E_Q = \left( \frac{C_{sm}}{R} \right) \times W_t \dots\dots\dots [6]$$

Keterangan:

- $E_Q$  = gaya gempa horisontal statis (kN)
- $C_{sm}$  = Koefisien respons gempa elastik pada mode getar ke-m
- $R$  = faktor modifikasi respons
- $W_t$  = berat total struktur (beban mati + beban hidup) (kN)

Perencanaan beban gempa yang diperhitungkan merupakan metode statik ekuivalen yang mengacu pada SNI 2833:2016. Wilayah yang ditinjau yaitu kota Yogyakarta dengan zonasi gempa wilayah 3 berada pada tanah sedang. Nilai pembebanan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Beban Jembatan

Beban	Tipe Jembatan		
	<i>Deck Arch</i>	<i>Through Arch</i>	<i>Half-through Arch</i>
Beban Mati Sendiri (MS)(kN/m)	115,097	121,161	121,161
Beban Mati Tambahan (MA)(kN/m)	25,155	25,155	25,155
Beban Lajur "D" (TD)(kN/m)	89,785	73,863	73,863
Gaya Rem (TB) (kN/joint)	3,469	2,815	2,815
Beban Pejalan Kaki (TP) (kN/m)	7,500	3,500	3,500
Beban Angin pada Kendaraan (EWL) (kN/m)	1,46	1,46	1,46
Beban Angin pada Struktur (EWS) (kN/m)	4,4	4,4	4,4
Beban Gempa Arah X (EQX) (kN)	914,830	-	5185,552
Beban Gempa Arah Y (EQY) (kN)	30,494	73,334	63,369

## METODE

### Lokasi Penelitian dan Pengumpulan Data

Kajian penelitian dilakukan pada Jembatan Prof. Ir. KRMT Wreksodiningrat terletak di Jl. Jemb. Baru UGM, Senolowo, Sinduadi, Mlati, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta yang melintasi Sungai Code dan menghubungkan Jl. Nyi Tjondrolukito dengan Jl. Kaliurang. Data penelitian yang digunakan adalah data jembatan *existing* sebagai dasar dalam menganalisis yang diperoleh dari Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional, Daerah Istimewa Yogyakarta. Data teknis jembatan adalah sebagai berikut:

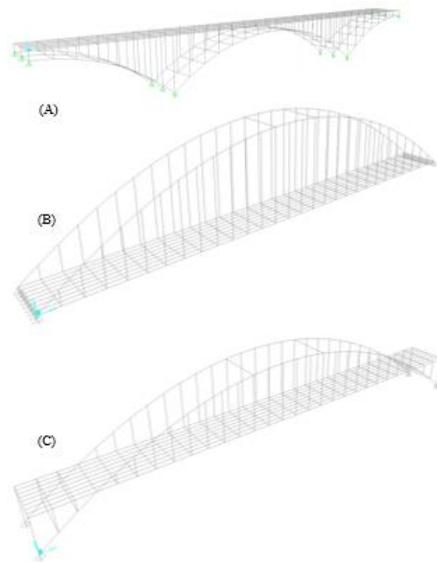
- 1) Tipe jembatan : Jembatan busur rangka beton (*deck arch*)
- 2) Jumlah bentang : 3 bentang
- 3) Jumlah lajur : 4/2 D
- 4) Dimensi jembatan
  - Panjang bentang utama : 75 m
  - Panjang bentang tepi : 35 m
  - Panjang total jembatan : 145 m
  - Lebar jembatan : 15,5 m
  - Tinggi jembatan : 14,29 m
  - Jarak antar gelagar melintang : 5 m
  - Jarak antar gelagar memanjang : 1,7 m
- 5) Material utama
  - Struktur atas jembatan : rangka beton
  - Struktur bawah jembatan : pondasi bored pile

### Perencanaan Desain Awal (*Preliminary Design*)

Proses ini merupakan tahap awal untuk menentukan desain jembatan yang akan dimodelkan yang kemudian akan dianalisis sehingga diperoleh bentuk struktur dengan dimensi dan properti material tertentu. Pada penelitian ini, jembatan busur dimodelkan berdasarkan tiga tipe letak kendaraannya, yaitu *Deck Arch*, *Through Arch*, dan *Half-Through Arch*. Adapun profil dan konfigurasi jembatan yang dianalisis dapat dilihat pada Tabel 5. dan Gambar 2.

Tabel 5. Profil penampang elemen jembatan

Profil	Tipe Jembatan		
	<i>Deck Arch</i>	<i>Through Arch</i>	<i>Half-through Arch</i>
Balok Induk	B1 800x1250	B1 1400x1500	B1 1400x1500
Balok Memanjang	B2 400x600	B2 400x600	B2 400x600
Balok Melintang	B3 600x900	B3 800x1500	B3 800x1500
Busur/Pelengkung	B4 800x1750	B4 1400x4000	B4 1400x4000
Bracing	B3 600x900	CB 400x600	CB 400x600
Hanger/Kolom	K1 800x800	K1 1400x1400	K1 1400x1400
Tinggi Busur	13,875 m	29 m	29 m



Gambar 2. (A) *Deck Arch* (B) *Through Arch* (C) *Half-through Arch*

### Perhitungan Pembebanan

Pada tahap ini, perlu diperhatikan beban yang terjadi dimana pada penelitian ini dalam menganalisis pembebanan jembatan menggunakan pedoman SNI 1725-2016 tentang Standar Pembebanan Jembatan dan untuk pembebanan gempa menggunakan peraturan SNI 2833:2016 tentang Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa.

### Analisis Gaya-gaya Dalam

Pemodelan dan analisis struktur jembatan dilakukan dengan bantuan program SAP2000 v.14 untuk mengetahui gaya-gaya dalam yang bekerja serta deformasi struktur yang terjadi.

### Kontrol Terhadap Kekuatan dan Lendutan Struktur

Kekuatan dan lendutan struktur hasil analisis program kemudian akan dibandingkan dengan persyaratan ijin sehingga diperlukan kontrol terhadap kekuatan dan lendutan struktur tersebut. Perencanaan ulang diperlukan apabila terdapat persyaratan yang tidak memenuhi struktur tersebut.

### Membandingkan Tegangan, Rasio Berat, dan Lendutan

Pada proses ini dilakukan perbandingan mencakup tegangan, rasio berat, dan lendutan struktur yang terjadi pada ketiga model tersebut. Berdasarkan hasil yang diperoleh akan didapatkan hubungan antara variabel-variabel yang diteliti, sehingga dapat mengetahui desain jembatan busur dengan variasi letak lantai kendaraan yang paling optimal dan efisien.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perilaku Struktur

#### A. Gaya Dalam Momen

Gaya momen dihasilkan oleh gaya lintang yang bekerja pada elemen struktur. Gaya momen yang ditinjau yaitu momen maksimum pada balok induk dan balok pelengkung. Nilai momen balok induk dan balok pelengkung dapat dilihat pada Tabel 6. dan Tabel 7.

Tabel 6. Gaya momen balok induk

<b>Tipe Jembatan</b>	<b>Momen (kNm)</b>
<i>Deck Arch</i>	-1.793,618
<i>Through Arch</i>	4.351,351
<i>Half-Through Arch</i>	-6.250,035

Tabel 7. Gaya Momen Balok Pelengkung

Tipe Jembatan	Momen (kNm)
<i>Deck Arch</i>	-4.716,767
<i>Through Arch</i>	15.549,184
<i>Half-Through Arch</i>	-69.217,535

### B. Gaya Aksial

Gaya aksial yaitu gaya pada elemen struktur yang bekerja sejajar dengan sumbu elemen. Gaya aksial maksimum yang ditinjau yaitu pada Balok Induk, Balok Pelengkung dan Kolom/*Hanger*. Nilai Gaya Aksial balok induk dan balok pelengkung serta kolom dapat dilihat pada Tabel 8., Tabel 9. Dan Tabel 10.

Tabel 8. Gaya Aksial Balok Induk

Tipe Jembatan	Gaya Aksial (kN)
<i>Deck Arch</i>	-4.046,697
<i>Through Arch</i>	-20.853,511
<i>Half-Through Arch</i>	12.788,112

Tabel 9. Gaya Aksial Balok Pelengkung

Tipe Jembatan	Gaya Aksial (kN)
<i>Deck Arch</i>	-18.548,779
<i>Through Arch</i>	-91.335,553
<i>Half-Through Arch</i>	-87.817,917

Tabel 10. Gaya Aksial Kolom/*Hanger*

Tipe Jembatan	Gaya Aksial (kN)
<i>Deck Arch</i>	-2.325,762
<i>Through Arch</i>	3.833,245
<i>Half-Through Arch</i>	-3.593,103

### C. Defleksi Struktur

Defleksi maksimum harus dipertimbangkan sebagai salah satu parameter dalam memastikan keamanan jembatan yang didesain. Berdasarkan SE Direktorat Jenderal Bina Marga No: 05/SE/Db/2017 pasal 3.2, batas defleksi yang diizinkan adalah sebesar  $\frac{L}{800} = \frac{145}{800} = 0,1812 \text{ mm}$  dan defleksi maksimum yang ditinjau yaitu elemen balok lantai. Nilai defleksi maksimum dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Defleksi Maksimum

Tipe Jembatan	Defleksi (m)
<i>Deck Arch</i>	0,0505
<i>Through Arch</i>	0,1261
<i>Half-Through Arch</i>	0,1093

### Berat Jembatan

Berat ketiga tipe jembatan dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Berat Jembatan

Tipe Jembatan	Berat (kN)
<i>Deck Arch</i>	52.653,071
<i>Through Arch</i>	139.924,826
<i>Half-Through Arch</i>	118.144,43

Dari ketiga tipe jembatan tersebut, tipe *deck arch* memiliki berat paling ringan. Bobot jembatan tipe *deck arch* lebih ringan 55,43% dari tipe *half-through arch* dan 62,37% lebih ringan dari tipe *through arch*. Hal tersebut dapat terjadi karena perbedaan bentang dan dimensi busur pelengkung. Jembatan tipe *deck arch* terdiri dari tiga bentang dan memiliki ukuran busur utama yang lebih kecil dari jembatan tipe lainnya. Jembatan tipe *through arch* dan *half-through arch* hanya terdiri dari satu bentang utama sepanjang 145 m dengan dimensi busur utama yang besar, sehingga berpengaruh terhadap berat struktur jembatan.

### Rasio Efisiensi Jembatan

Perbedaan bentang utama busur antara jembatan *deck arch* dengan *through arch* dan *half-through arch* sangat memengaruhi besar perbedaan nilai defleksi. Untuk menentukan tipe jembatan busur yang paling optimal dan efisien, maka perlu memperhitungkan rasio defleksi/bentang utama dan berat struktur jembatan. Berat struktur dari jembatan berbanding lurus dengan biaya yang akan dikeluarkan. Jembatan yang efisien merupakan jembatan dengan berat struktur terkecil untuk rasio defleksi/bentang utama yang sama. Perbandingan nilai rasio akan menggunakan tipe *deck arch* sebagai acuan perbandingan. Hasil perhitungan rasio defleksi dan berat jembatan dapat dilihat pada Tabel 13. berikut ini.

Tabel 13. Rasio Efisiensi Jembatan

Tipe Jembatan	Rasio (d/L)	Bentang Utama (m)	Defleksi Maksimum (m)	Defleksi Terjadi (m)	Selisih Defleksi (m)	Berat Struktur Jembatan (kN)
<i>Deck Arch</i>	0,00067	75	0,0506	0,0506	0	52.653,071
<i>Through Arch</i>	0,00067	145	0,0976	0,1261	0,0284	139.924,826
<i>Half-Through Arch</i>	0,00067	145	0,0976	0,1093	0,0116	118.144,430

Berdasarkan Tabel 13., desain jembatan busur tipe *deck arch* merupakan desain yang paling efisien dengan asumsi rasio defleksi/bentangan busur utama dianggap sama. Jembatan tipe *half-through arch* dan *through arch* memiliki berat struktur yang lebih besar sehingga akan berbanding lurus dengan biaya yang dikeluarkan.

### SIMPULAN

Pada penelitian skripsi ini dilakukan kajian analitis terhadap tiga jenis model struktur atas jembatan pelengkung yaitu jembatan dengan letak lantai kendaraan di atas pelengkung (*deck arch*), di bawah pelengkung (*through arch*), serta di antara puncak dan kaki pelengkung (*half-through arch*). Desain jembatan menggunakan material yang sama yaitu struktur beton bertulang, dengan spesifikasi bahan mutu kuat tekan 29,05 MPa dan mutu baja tulangan U-39 atau fy 390 MPa. Model jembatan tipe *deck arch* yang menyerupai struktur eksisting mempunyai tiga bentang dengan bentangan utama 75 meter sedangkan kedua model lainnya berupa pelengkung tunggal dengan bentangan 145 meter. Pemodelan dan pembebanan jembatan yang dilakukan mengacu pada standar SNI yang berlaku saat ini. Perbandingan atas hasil analisis ketiga model didasarkan pada parameter kunci yaitu rasio antara defleksi dan panjang bentangan pelengkung. Berdasarkan hasil penelitian serta analisis data yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa,

1. Pada struktur jembatan busur, gaya dominan dan yang paling besar dihasilkan yaitu berupa gaya aksial tekan pada busur/pelengkung. Gaya aksial terbesar dihasilkan oleh jembatan busur tipe *through arch* sebesar -91.335,553 kN. Jembatan tipe *half-through arch* menghasilkan gaya aksial sebesar -87.817,917 kN atau lebih kecil 3,85% dan jembatan tipe *deck arch* menghasilkan gaya aksial -18.548,779 kN atau lebih kecil 79,69% dari tipe *through arch*.
2. Jembatan tipe *deck arch* memiliki berat jembatan terkecil dengan nilai 52.653,071 kN. Jembatan tipe *half-through arch* lebih berat 124,33% dari tipe *deck arch* yaitu sebesar 118.144,43 kN dilanjutkan oleh tipe *through arch* lebih berat 165,75% dari tipe *deck arch* yaitu sebesar 139.924,826 kN..
3. Dari ketiga jembatan yang telah dimodelkan, jembatan yang paling efisien merupakan jembatan busur tipe *deck arch* dengan rasio defleksi/bentangan busur 0,00067 dan berat struktur 52.653,071 kN. Selanjutnya dengan panjang bentang dan dimensi yang sama, jembatan tipe *half-through arch* lebih efisien dibandingkan tipe *through arch*. Desain jembatan *half-through arch* menghasilkan rasio defleksi/bentangan busur 0,00075 dengan berat struktur 118.144,430 kN sedangkan tipe *through arch* menghasilkan rasio defleksi/ bentangan busur 0,00087 dengan berat struktur 139.924,826 kN.

### REFERENSI

- Anonim, 2004, "RSNI T-12-2004: Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan", Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Anonim, 2016, "SNI 1725-2016 Pembebanan untuk Jembatan", Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Anonim, 2016, "SNI 2833-2016 Perencanaan Jembatan terhadap Beban Gempa", Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.

- Anonim, 2017, "SE Nomor: 05/SE/Db/2017 Penyampaian Ketentuan Desain dan Revisi Desain Jalan dan Jembatan, serta Kerangka Acuan Kerja Pengawasan Teknis untuk Dijadikan Acuan di Lingkungan" Dijen Bina Marga. Jakarta.
- Ardiansyah, Syukri M. dkk., 2019, "Analisis Jembatan Busur Pejalan Kaki Berdasarkan Variasi Letak Lantai Kendaran", *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik*, Vol. 6, Edisi 2, Juli s/d Desember 2019.
- Chen, W. F., and Duan, L., 2014, "Bridge Engineering Handbook: Superstructure Design 2nd Ed", CRC Press. New York.
- Fu, Gongkang, 2013, "Bridge Design and Evaluation: LRFD and LRFR", John Wiley & Sons, Inc. New Jersey.
- Hibbeler, R. C., 2012, "Structural Analysis, 8th Ed", Pearson Education, Inc. New Jersey.
- Koshi, Aika., & Kottalil, Laju., 2016, "Performance Comparison of Through Arch Bridge at Different Arch Positions", *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Vol. 7, Issue 9, pp. 2229-5518.
- Lin, W., and Yoda, T., 2017, "Bridge Engineering", Butterworth-Heinemann. Oxford.
- Putra, A. K., 2019, "Studi Komparasi Perencanaan Jembatan Sarjito II Tipe Pelengkung Beton Bertulang Berdasarkan SNI 1725-2016 dan RSNI T-12-2004", Skripsi. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Seubelan, A. L., 2009, "Perancangan Struktur Jembatan Sardjito II Yogyakarta", Tesis. Yogyakarta : Universitas Atma Jaya.
- Supriyadi, B., dan Muntohar, A. S., 2007, "Jembatan", Penerbit Beta Offset. Yogyakarta.