

# ANALISIS OPTIMALISASI TINGGI FOKUS ( $f$ ) PELENGKUNG PADA PERENCANAAN JEMBATAN LENGKUNG TIPE LANTAI ATAS (*ARCH BRIDGE DECK TYPE*)

**Moch. Zaini**

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: [muhammadzaini0803@yahoo.com](mailto:muhammadzaini0803@yahoo.com)

**Suprpto, S.Pd., M.T.**

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: [suprap\\_sipil@yahoo.com](mailto:suprap_sipil@yahoo.com)

## Abstrak

Jembatan secara umum adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan-rintangan seperti lembah yang dalam, alur sungai, danau, saluran irigasi, kali, jalan kereta api, jalan raya yang melintang tidak sebidang dan lain-lain. Batang lengkung merupakan bagian dari struktur yang paling penting sekali karena seluruh beban di sepanjang beban jembatan dipikul olehnya.

Tujuan dari skripsi ini untuk mengetahui pengaruh tinggi fokus ( $f$ ) pelengkung terhadap kekuatan pilar pada perencanaan jembatan lengkung tipe lantai atas (*Arch Bridge Deck Type*) dan dapat mengetahui tinggi optimal jembatan pelengkung.

Penelitian ini membahas desain jembatan pelengkung beton. Kemudian memodelkannya menjadi tiga model jembatan dengan tinggi fokus ( $f$ ) yang berbeda-beda (10 m – 12 m) untuk memperoleh hasil yang optimal. Penelitian ini merupakan jenis penelitian simulasi dengan bantuan program *CSI Bridge* untuk memperoleh gaya dalam berupa aksial, momen, dan deformasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ditinjau dari pilar dengan dimensi yang sama menunjukkan bahwa tinggi fokus ( $f$ ) mempengaruhi nilai aksial dan momen yang terjadi, sampai dengan 12 m. Semakin tinggi fokus ( $f$ ) kemampuan aksial dan momen yang terjadi semakin efektif. Optimalisasi tinggi fokus ( $f$ ) pada pilar tercapai pada model jembatan III dengan tinggi fokus ( $f$ ) 12 m atau  $1/5 L$ .

**Kata Kunci:** jembatan pelengkung beton, tinggi fokus ( $f$ )

## Abstract

*The bridge in general is a construction that serves to connect the two parts of the road that is cut off by the obstacles such as deep valleys, river channels, lakes, irrigation channels, times, railroads, highways that are not in plane and other. The arch is the most important part of the structure because all loads along the bridge load are borne by it.*

*The purpose of this research is to know the influence of high focus ( $f$ ) curve of pillar strength in the planning of arch bridge upstairs type (*Arch Bridge Deck Type*) and can know the optimal height of the bridge of the arch.*

*This study discusses the design of concrete arch bridge. Then model it into three different types of bridge ( $f$ ) (10 m – 12 m) in different bridges to achieve optimal results. This research is a type of simulation research with the help of *CSI Bridge* program to obtain axial style, moment, and deformation.*

*The results showed that viewed from the pillar with the same dimensions showed that the focal height ( $f$ ) affects axial values and moment that occur, up to 12 m. The heigher the focus ( $f$ ) the axial ability and the more effective the moment. The optimilization of the focal height ( $f$ ) on the pillar was achieved on bridge III model with focal height ( $f$ ) 12 m or  $1/5 L$ .*

**Keywords:** concrete curve bridge, focal height ( $f$ )

## PENDAHULUAN

Jembatan secara umum adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan-rintangan seperti lembah yang dalam, alur sungai, danau, saluran irigasi, kali, jalan kereta api, jalan raya yang melintang tidak sebidang dan lain-lain. Jenis jembatan berdasarkan fungsi, lokasi, bahan konstruksi dan tipe struktur sekarang ini telah mengalami perkembangan pesat sesuai dengan kemajuan jaman dan teknologi, mulai dari yang

sederhana sampai pada konstruksi yang mutahir (Manu, 1995).

Pemilihan jembatan lengkung beton karena konstruksi lengkung beton dapat digunakan untuk bentang maksimum 90 meter. Lengkung pada struktur jembatan pelengkung terutama merupakan unsur tekan dengan bentuk kurvalinier parabolis. Sebagian besar dari beban terbagi rata dan muatan bergerak dipikul melalui gaya tekan yang dilimpahkan dalam reaksi tekan horizontal yang besar di pangkal lengkung. Gaya tekan

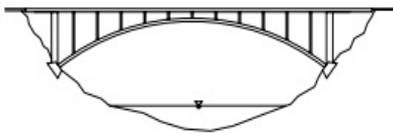
mencegah dan mengurangi tegangan tarik dalam lengkung beton selama dilewati beban kendaraan.

Batang lengkung merupakan bagian dari struktur yang paling penting sekali karena seluruh beban di sepanjang beban jembatan dipikul olehnya. Bagian struktur ini mengubah gaya-gaya yang bekerja dari beban vertical dirubah menjadi gaya horizontal tekan, sehingga menjadi keuntungan sendiri bagi jembatan tersebut. Pada sisi bentuk pelengkung berdasarkan (A. Hool & W.S. Kinne, 1943) tinggi fokus ( $f$ ) pelengkung dihitung dengan memenuhi syarat  $\frac{1}{6} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5}$ . Persyaratan tersebut akan dikaji lebih jauh tentang tinggi lengkung sehingga bisa dihitung tinggi yang paling optimal.

Penggolongan jembatan letak lantainya, ada beberapa bentuk tipe yang umum dipakai, yaitu:

1. *Deck Arch*

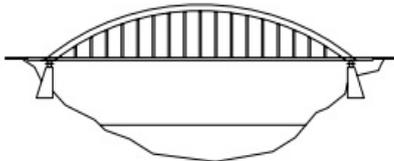
Salah satu tipe jembatan pelengkung dimana lantai kendaraan yang dilalui oleh lalu lintas transportasi berada pada bagian atas dari struktur lengkung jembatan.



Gambar 1. Jembatan Lengkung Deck Arch (Havis Fikri, 2008)

2. *Through Arch*

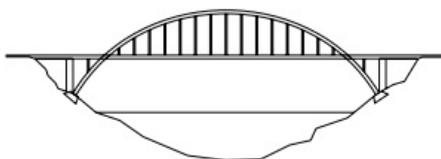
Tipe jembatan pelengkung dimana lantai kendaraan yang dilalui oleh lalu lintas transportasi berada pada bagian bawah dari struktur lengkung jembatan.



Gambar 2. Jembatan Lengkung Through Arch (Havis Fikri, 2008)

3. *Half-Through Arch*

Tipe jembatan pelengkung dimana lantai kendaraan berada pada bagian bawah dan atas dari struktur lengkung jembatan.



Gambar 3. Jembatan Lengkung Half-Through Arch (Havis Fikri, 2008)

Pendekatan pertama dalam bentuk geometrik sebagai persamaan parabola:

1. Perencanaan Tinggi Fokus

Rumus:

$$\frac{1}{6} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5}$$

Dimana:

$f$  = tinggi lengkung jembatan (m)

$L$  = panjang bentang jembatan (m)

2. Penentuan tinggi tampang busur

Rumus:

$$\frac{1}{40} \leq \frac{t}{L} \leq \frac{1}{25}$$

Dimana:

$t$  = tinggi tampang busur (m)

$L$  = panjang bentang jembatan (m)

3. Persamaan Parabola

$$Yn1 = \frac{4fX}{L^2}(L - X)$$

Dimana:

$Yn1$  = Panjang penampang busur

$L$  = Panjang total jembatan

$f$  = Tinggi fokus

$$Sn = \sqrt{(\Delta Yn^2 + \Delta X^2)}$$

$Sn$  = panjang dimensi busur

**METODE**

Penelitian ini dilakukan dengan cara memanipulasi tinggi fokus ( $f$ ) menjadi empat model jembatan ( $f = 10$  m sampai dengan  $f = 12$  m), kemudian dilakukan analisa struktur dengan menggunakan program *CSI Bridge* untuk memperoleh gaya dalam. Gaya dalam tersebut berupa axial, momen, dan deformasi yang terjadi pada jembatan akibat pengaruh tinggi fokus ( $f$ ) yang berbeda-beda. Hasil gaya dalam tersebut dianalisa dan dikontrol sehingga dapat terlihat model jembatan manakah yang memenuhi atau tidak terhadap batas kontrol jembatan yang diberikan. Hasil analisa kemudian dapat dilakukan optimalisasi. Hasil analisa optimalisasi tinggi fokus ( $f$ ) diambil berdasarkan model jembatan yang memiliki gaya dalam yang paling mendekati batas kontrol jembatan dan memenuhi ke-tiga gaya dalam yang diberikan.

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan tahap atau proses sebagai berikut:

1. *Preliminary* Desain

Merupakan tahap awal untuk menentukan dimensi struktur jembatan. Dalam hal ini, preliminary dilakukan terhadap dimensi balok diafragma, dimensi balok memanjang, dimensi balok pelengkung, dan dimensi kolom.

2. Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur jembatan pelengkung beton pada program *CSI Bridge* menggunakan model 3 Dimensi. Tumpuan yang digunakan pada perletakan jembatan adalah sendi-sendi.

3. Pembebanan

Beban-beban yang diperhitungkan dalam suatu perencanaan struktur jembatan adalah mengacu pada SNI 1725-2016 yang meliputi beban primer (beban mati, beban hidup, beban kejut, dan beban akibat tekanan tanah), beban sekunder (beban angin, beban akibat perbedaan suhu, gaya akibat rangkai dan susut, gaya rem dan traksi, gaya akibat gempa bumi, dan gaya gesekan pada tumpuan bergerak), beban khusus (gaya sentrifugal, gaya dan beban selama pelaksanaan, dan gaya aliran air beserta tumbukan benda-benda hanyutan).

4. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang diberikan berdasarkan pada peraturan pembebanan jembatan RSNI T-02-2005 dengan 4 buah kombinasi dalam kondisi ultimate.

5. Analisis Struktur

Analisi struktur dilakukan setelah masing-masing model jembatan dilakukan *running* pada program *CSI Bridge* untuk memperoleh gaya dalam.

6. Kontrol Analisis Struktur

Kontrol analisis dilakukan setelah data hasil *running* gaya dalam masing-masing model jembatan pada program *CSI Bridge* diolah, kemudian dilakukan kontrol untuk masing-masing analisis sehingga hasil analisis untuk masing-masing model jembatan dapat terlihat mana yang memenuhi syarat maupun tidak.

7. Optimalisasi Tinggi Fokus Terhadap Pilar

Optimalisasi dilakukan setelah dilakukan kontrol untuk masing-masing analisis. Hasil yang paling optimal adalah model jembatan yang hasil analisisnya memenuhi kontrol analisis terhadap aksial, analisis terhadap momen, dan analisis terhadap deformasi yang dilakukan dan hasilnya yang paling mendekati dengan nilai kontrol tersebut.

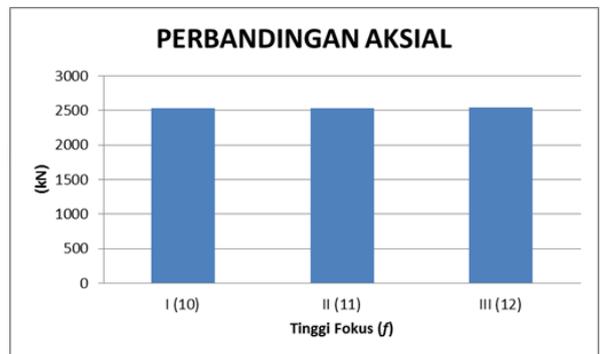
**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

**1. Aksial**

Berdasarkan tabel 1 dan gambar 4 tentang hasil perbandingan aksial maksimum untuk masing-masing model jembatan, terlihat bahwa besarnya aksial yang terjadi mengalami peningkatan dari model jembatan I ( $f = 10$ ) hingga model jembatan III ( $f = 12$ ), nilai aksial yang terbesar adalah pada model jembatan III, sedangkan nilai aksial yang terkecil adalah pada model jembatan I.

Tabel 1. Perbandingan Aksial Masing-masing Model Jembatan

No	Model Jembatan	Tinggi Fokus ( $f$ )	Aksial (kN)
1	I	10	2529,17
2	II	11	2532,87
3	III	12	2548,55



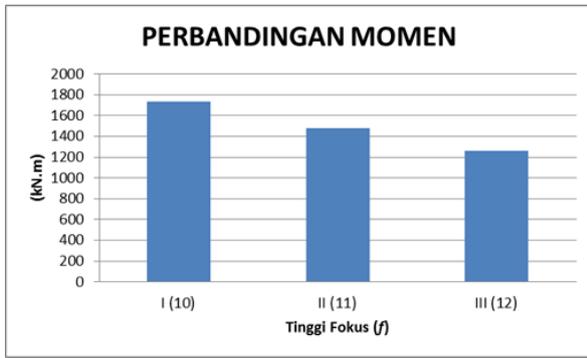
Gambar 4. Grafik Perbandingan Aksial Pada Masing-masing Model Jembatan

**2. Momen**

Berdasarkan tabel 4.38 dan gambar 4.54 tentang hasil perbandingan momen maksimum untuk masing-masing model jembatan, terlihat bahwa besarnya momen yang terjadi mengalami penurunan dari model jembatan I ( $f = 10$ ) hingga model jembatan III ( $f = 12$ ), nilai momen yang terbesar adalah pada model jembatan I, sedangkan nilai momen yang terkecil adalah pada model jembatan III.

Tabel 2. Perbandingan Momen Masing-masing Model Jembatan

No	Model Jembatan	Tinggi Fokus ( $f$ )	Momen (kN.m)
1	I	10	1735,18
2	II	11	1478,09
3	III	12	1263,69



Gambar 5. Grafik Perbandingan Aksial Pada Masing-masing Model Jembatan

### 3. Deformasi

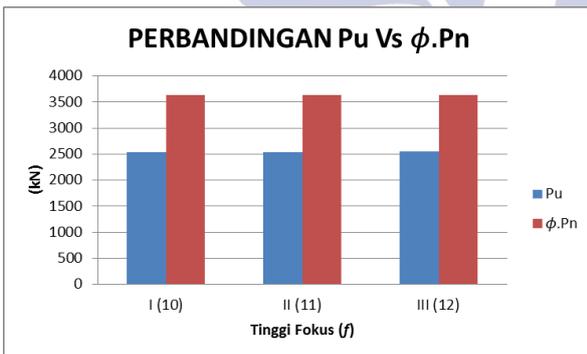
Dari hasil analisis deformasi untuk masing-masing kombinasi, terlihat bahwa deformasi yang terjadi pada tinggi fokus ( $f$ ) tidak berpengaruh terhadap deformasi.

### 4. Analisa Struktur Pilar Hasil Optimalisasi

#### a. Aksial

##### 1) Arah X

Berdasarkan analisis dari tabel perhitungan di atas dari model masing-masing jembatan didapat hasil perhitungan yang paling besar. Berikut ini merupakan gambar 6 grafik perbandingan hasil perhitungan untuk masing-masing model jembatan pada pilar 1 arah X.

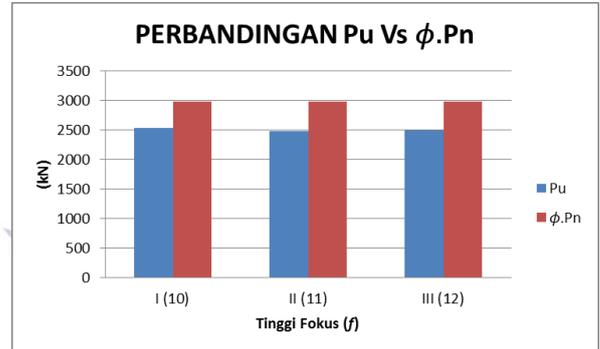


Gambar 6. Perbandingan Perhitungan  $P_u$  Vs  $\phi.P_n$  Untuk Masing-masing Model Jembatan

Dilihat dari grafik arah X diatas terlihat bahwa tinggi yang paling efektif berada di model jembatan yang ke III dengan tinggi fokus ( $f$ ) 12 m dengan selisih perbandingan nilai 10,87% dengan nilai aksial nominal yang diizinkan. Sedangkan untuk model jembatan yang ke I selisih perbandingan nilai 11,06% dan untuk model jembatan yang ke II selisih perbandingan nilai 11,03%.

##### 2) Arah Y

Berdasarkan analisis dari tabel perhitungan di atas dari model masing-masing jembatan didapat hasil perhitungan yang paling besar. Berikut ini merupakan gambar 7 grafik perbandingan hasil perhitungan untuk masing-masing model jembatan pada pilar 1 arah Y.



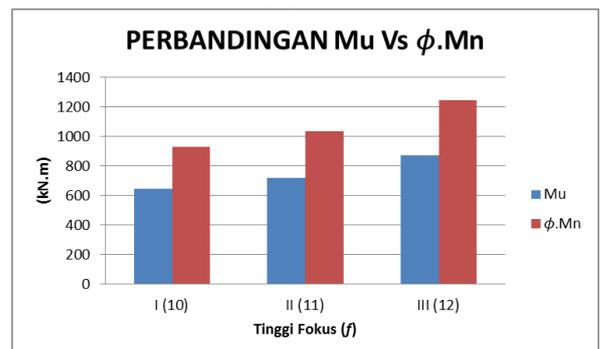
Gambar 7. Perbandingan Perhitungan  $P_u$  Vs  $\phi.P_n$  Untuk Masing-masing Model Jembatan

Dilihat dari grafik arah Y diatas terlihat bahwa tinggi yang paling efektif berada di model jembatan yang ke III dengan tinggi fokus ( $f$ ) 12 m dengan selisih perbandingan nilai 4,30% dengan nilai aksial nominal yang diizinkan. Sedangkan untuk model jembatan yang ke I selisih perbandingan nilai 4,49% dan untuk model jembatan yang ke II selisih perbandingan nilai 4,46%.

#### b. Momen

##### 1) Arah X

Berdasarkan analisis dari tabel perhitungan di atas dari model masing-masing jembatan didapat hasil perhitungan yang paling besar. Berikut ini merupakan gambar 8 grafik perbandingan hasil perhitungan untuk masing-masing model jembatan pada pilar 1 arah X.

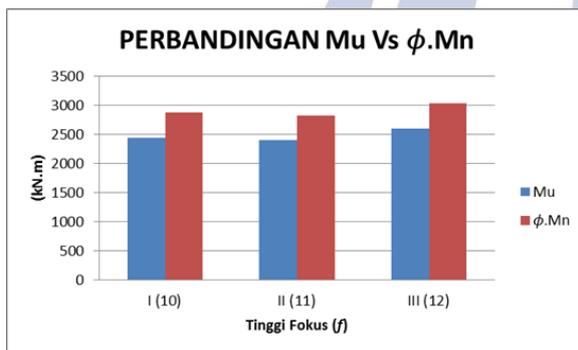


Gambar 8. Perbandingan Perhitungan  $M_u$  Vs  $\phi.M_n$  Untuk Masing-masing Model Jembatan

Dilihat dari grafik arah X diatas terlihat bahwa tinggi yang paling efektif berada di model jembatan yang ke III dengan tinggi fokus ( $f$ ) 12 m dengan selisih perbandingan nilai 4,31% dengan nilai momen nominal yang diizinkan. Sedangkan untuk model jembatan yang ke I selisih perbandingan nilai 4,49% dan untuk model jembatan yang ke II selisih perbandingan nilai 4,46%.

## 2) Arah Y

Berdasarkan analisis dari tabel perhitungan di atas dari model masing-masing jembatan didapat hasil perhitungan yang paling besar. Berikut ini merupakan gambar 9 grafik perbandingan hasil perhitungan untuk masing-masing model jembatan pada pilar 1 arah Y.



Gambar 9. Perbandingan Perhitungan Mu Vs  $\phi.Mn$  Untuk Masing-masing Model Jembatan

Dilihat dari grafik arah Y diatas terlihat bahwa tinggi yang paling efektif berada di model jembatan yang ke III dengan tinggi fokus ( $f$ ) 12 m dengan selisih perbandingan nilai 4,23% dengan nilai momen nominal yang diizinkan. Sedangkan untuk model jembatan yang ke I selisih perbandingan nilai 4,39% dan untuk model jembatan yang ke II selisih perbandingan nilai 4,34%.

dengan 12 m. Semakin tinggi fokus ( $f$ ) kemampuan aksial yang terjadi semakin efektif karena nilai aksial yang dibutuhkan aksial nominal ( $P_n$ ) dengan yang terjadi aksial ( $P_u$ ) selisihnya kecil.

- b. Ditinjau dari pilar dengan dimensi yang sama menunjukkan bahwa tinggi fokus ( $f$ ) mempengaruhi nilai momen yang terjadi, sampai dengan 12 m. Semakin tinggi fokus ( $f$ ) kemampuan momen yang terjadi semakin efektif karena nilai momen yang dibutuhkan momen nominal ( $M_n$ ) dengan yang terjadi momen ( $M_u$ ) selisihnya kecil.
  - c. Ditinjau dari pilar dengan dimensi yang sama menunjukkan bahwa tinggi fokus ( $f$ ) tidak mempengaruhi nilai deformasi yang terjadi.
2. Berdasarkan 3 model jembatan, tinggi fokus ( $f$ ) yang paling optimal berada di tinggi 12 m atau  $1/5 L$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- A.Hool, George & W.S. Kinne. 1943. "Moveable Long-Span Steel Bridge". New York & London, McGrawHill Book Company, Inc.
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. "Pembebanan untuk Jembatan – RSNI No. T-02-2005". Departemen PU Dirjen Bina Marga.
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. "Standart Pembebanan untuk Jembatan – SNI 1725:2016". Departemen PU Dirjen Bina Marga.
- Fikri, Havis. 2008. "Perencanaan Jembatan Gedangan Kabupaten Trenggalek dengan Bangunan Atas Rangka Batang Busur". Surabaya: ITS.
- Manu, Agus Iqbal. 1995. "Dasar-dasar Perencanaan Jembatan Beton Bertulang". Jakarta: PT. Mediatama Saptakarya, DPU.

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan hasil pembahasan diatas, dapat disimpulkan:

1. Perubahan variasi tinggi fokus ( $f$ ) terhadap kekuatan pilar jembatan pelengkung sangat mempengaruhi perilaku struktur pilar utama jembatan terhadap gaya dalam:
  - a. Ditinjau dari pilar dengan dimensi yang sama menunjukkan bahwa tinggi fokus ( $f$ ) mempengaruhi nilai aksial yang terjadi, sampai