

# Perancangan Struktur Jembatan Pelengkung Bentang 40,8 Meter Menggunakan *Software* SAP2000

FATHA ALIMA VALADHINA JUANDA<sup>1</sup>, EUNEKE WIDYANINGSIH, S.T., M.T.<sup>2</sup>

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung  
Email: fatha.alima@itenas.ac.id

## ABSTRAK

*Jembatan Rangka Baja tipe Pelengkung dengan bentang 40,8 meter merupakan salah satu inovasi untuk perencanaan Jembatan Summarecon-AI Jabbar Bandung di mana penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konstruksi rangka baja dengan menerapkan beban-beban yang dapat terjadi pada jembatan. Struktur bangunan Jembatan Pelengkung yang digunakan yaitu dengan penggunaan cable pada penggantung yang dimodelkan pada SAP2000 dengan menyesuaikan dengan data eksisting jembatan. Profil baja yang digunakan pada perencanaan yaitu profil baja IWF untuk seluruh elemen jembatan, sehingga output yang diharapkan yaitu nilai rasio kapasitas untuk Jembatan Pelengkung kurang dari satu dan lendutan yang terjadi lebih kecil dibandingkan lendutan izin pada Jembatan.*

**Kata kunci:** *Jembatan Pelengkung, Lendutan, Rasio Kapasitas*

## 1. PENDAHULUAN

Pembangunan sosial yang terencana dilakukan dengan pembangunan proses ekonomi dalam meningkatkan taraf hidup masyarakat. Dalam rangka mencapai tujuan tersebut, diperlukan sarana dan prasarana penunjang, keberadaan prasarana transportasi sangatlah vital dalam menunjang keberhasilan pembangunan. Desain pelengkung ini secara alami akan mengalihkan beban yang diterima lantai kendaraan menuju abutmen yang menjaga pergerakan jembatan agar tidak ke samping. Selain itu, jembatan ini tidak menerima gaya tarik sehingga jembatan dapat dibuat lebih panjang dari jembatan balok, sehingga jembatan ini berpotensi menjadi pilihan baik selain dari segi nilai arsitektur, jembatan dapat mengurangi momen lentur dan penggunaan bahan lebih efisien.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Jembatan Pelengkung

Pada proses pemilihan desain jembatan, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, diantaranya:

- a) Pelengkung pada jembatan, Struktur utama yang menahan sebagian besar beban yang diterima oleh jembatan.
- b) Jumlah segmen, hal ini berpengaruh pada penyaluran gaya pada jembatan yang mana semakin sedikit jumlah segmen, maka semakin besar gaya yang dipikul oleh kolom penyangga.

## 2.2 Komponen Jembatan Pelengkung

Berikut komponen-komponen pada Jembatan Pelengkung:

- Arch**, Sebagai penghubung utama bentang jembatan.
- Hanger**, Sebagai komponen hubungan dek jembatan ke lengkungan atau *arch* yang berada dalam jembatan lengkungan sebagai penahan tarik.
- Stiffning girder**, Tempat melintasnya beban lalu lintas yang menjadi penerima beban lalu lintas langsung dari jembatan.
- Gelagar melintang atau stringer**, Komponen yang menghubungkan *spandrel girders* dalam arah transversal.
- Bearing**, Sebagai pengatur deformasi tumpuan jembatan sesuai dengan perencanaan.
- Ikatan angin (Bracing)**, Sebagai pemberi kekuatan pada jembatan, penambah stabilisasi, dan meneruskan sebagian besar dari beban angin ke tiang ujung.
- Dudukan jembatan**, Sebagai penyalur beban jembatan keseluruhan ke pilar atau kepala jembatan.

## 2.3 Perencanaan Struktur Jembatan

*Preliminary design* menjadi proses awal desain untuk memperkirakan dimensi penampang yang akan digunakan pada struktur. Kemudian, dilakukan pemodelan dan menganalisis respon struktural pada struktur atas jembatan sesuai dimensi yang didapat.

## 2.4 Kapasitas Rasio Tegangan

Hubungan antara kekuatan yang ada dengan dibutuhkan menjadi salah satu parameter bahwa struktur itu kuat, maka kekuatan yang dibutuhkan harus lebih kecil atau sama dengan 1 dengan kekuatan yang ada.

$$\frac{P_u}{\phi P_n} \leq 1,00 \dots \dots \dots (1)$$

## 2.5 Kapasitas Lendutan Jembatan

Analisis lendutan pada jembatan dilakukan dengan bantuan *software* SAP2000 dengan berbagai kombinasi pembebanan pada struktur jembatang pelengkung yang bertujuan untuk mendapatkan besaran lendutan yang terjadi tidak boleh melebihi lendutan ijin. Menurut AASHTO (2020), lendutan pada jembatan dibatasi tidak boleh melebihi  $L/800$  panjang bentang dan untuk perkotaan tidak boleh melebihi  $L/1000$ .

## 2.6 Pembebanan

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia 1725:2016 menetapkan persyaratan minimum untuk pembebanan beserta batasan penggunaan setiap beban, faktor beban dan kombinasi pembebanan yang digunakan untuk perancangan jembatan jalan raya. Berikut merupakan beban-beban yang akan dianalisis:

- Berat Sendiri (MS), dalam hal ini adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural.
- Beban Mati Tambahan (MA), Berat seluruh bahan merupakan elemen nonstruktural dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan.
- Beban Lalu Lintas, Perencanaan jembatan terdiri atas beban lajur "D" yang terdiri dari beban terbagi rata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT) dan beban truk "T" merupakan beban yang tidak dapat digunakan bersamaan dengan beban "D".
- Gaya Rem (TB), Gaya rem harus diambil yang terbesar dari:
  - 25% dari berat gandar truk desain atau,
  - 5% dari berat truk rencana di tambah beban lajur terbagi rata BTR

- e. Pejalan Kaki (TP), Memikul beban pejalan kaki dengan intensitas 5 kPa.
- f. Beban Angin, Beban angin terbagi menjadi 2 yaitu beban angin kendaraan dan beban angin pada struktur. Di mana kecepatan angin rencana,  $V_{DZ}$  menggunakan rumus sebagai berikut:

$$VDZ = 2,5 \times V_o \times \left(\frac{V_{10}}{V_B}\right) \ln\left(\frac{Z}{Z_o}\right) \dots\dots\dots (2)$$

Dengan tidak adanya data yang lebih tepat, tekanan angin rencana dalam MPa dapat ditetapkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$PD = PB \times \left(\frac{VDZ}{V_B}\right)^2 \dots\dots\dots (3)$$

**2.7 Kombinasi Pembebanan**

Kombinasi Pembebanan yang dilakukan adalah pada keadaan batas Kuat I, Kuat II, Kuat III, Kuat IV, Kuat V, Layan I, Layan II, Layan III, dan Layan IV dengan mengacu nilai faktor beban pada SNI 1725:2016 tentang pembebanan pada jembatan.

**Tabel 1 Kombinasi Pembebanan**

Keadaan Batas	MS	MA	TB	TP	TD	TT	EWS	EWL
KUAT 1	1,1	2	1,8	1,8	1,8	-	-	-
KUAT 2	1,1	2	1,4	1,4	1,4	1,4	-	-
KUAT 3	1,1	2	-	-	-	-	1,4	-
KUAT 4	1,1	2	-	-	-	-	-	-
KUAT 5	1,1	2	-	-	-	-	0,4	1
LAYAN 1	1	1	1	1	1	1	0,3	1
LAYAN 2	1	1	1,3	1,3	1,3	1,3	-	-
LAYAN 3	1	1	0,8	0,8	0,8	0,8	-	-
LAYAN 4	1	1	-	-	-	-	0,7	-

**3. METODE PENELITIAN**

**3.1 Data Perencanaan Jembatan**

Tipe Jembatan : Jembatan Busur (*Arch Bridge*)  
 Panjang Jembatan : 40,8 meter  
 Lebar Trotoar : 1 meter  
 Lebar Lantai Kendaraan: 7 meter  
 Mutu Baja Profil : BJ 55  
 Jarak Antar Gelagar Melintang : 8,16 meter  
 Jarak Antar Gelagar Memanjang : 1 meter

**3.2 Pembebanan Jembatan**  
**Beban Mati Tambahan (MA)**

**Aspal**

Tebal lantai aspal + overlay (ta)= 0,05 m  
 Berat jenis aspal= 0,22 kN/m<sup>3</sup>  
 Ppelat 1=  $\frac{8,15}{2} \times 7 \times 0,05 \times 0,22$   
 = 0,314 kN  
 Ppelat 2=  $8,15 \times 7 \times 0,05 \times 0,22$   
 = 0,628 kN

**Air Hujan**

Tinggi genangan air hujan (th)= 0,05 m  
 Berat jenis air hujan = 0,1 kN/m<sup>3</sup>  
 Ppelat 1=  $\frac{8,15}{2} \times 7 \times 0,05 \times 0,1$   
 = 0,143 kN  
 Ppelat 2=  $8,15 \times 7 \times 0,05 \times 0,22$   
 = 0,285 kN

**Trotoar**

Tebal trotoar = 0,334 m  
 Berat jenis beton = 0,24 kN/m<sup>3</sup>  
 Ppelat 1=  $\frac{8,15}{2} \times 1 \times 0,334 \times 0,24$   
 = 0,327 kN  
 Ppelat 2=  $8,15 \times 1 \times 0,334 \times 0,24$   
 = 0,653 kN

**Beban Hidup (TD)**

• **Beban Terbagi Rata (BTR)**

$q = 9 \times (0,5 + (\frac{15}{40,8}))$   
 = 7,809 kN/m<sup>2</sup>

$$Q_{TD} = 1,85 \times 7,809$$

$$= 14,446 \text{ kN/m}$$

- **Beban Garis Terpusat (BGT)**

$$p = 49 \text{ kN/m}$$

$$P_{TD} = (1 + 0,4) \times 49 \times 1,85$$

$$= 126,910 \text{ kN}$$

**Beban Truk (TT)**

- **Roda 1**

$$P_{TT} = 25 \times (1+0,3)$$

$$= 32,5 \text{ kN}$$

- **Roda 2**

$$P_{TT} = 112,5 \times (1+0,3)$$

$$= 146,25 \text{ kN}$$

- **Roda 3**

$$P_{TT} = 112,5 \times (1+0,3)$$

$$= 146,25 \text{ kN}$$

**Gaya Rem (TB)**

Gaya rem harus diambil terbesar:

- 25% dari berat gandar truk desain  
= 25% x 225  
= 56,25 kN

- 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata BTR  
= 5% x (500 + (7,809 x 1,85 x 40,8))  
= 54,471 kN

$$Y = 1,8 + h_o + t_a + y_{ac}$$

$$= 1,8 + 0,25 + 0,05 + 0,898$$

$$= 188,944 \text{ kNm}$$

**Beban Pejalan Kaki (TP)**

$$P_{pelat 1} = 5 \times 1 \times \frac{8,15}{2} = 20,375 \text{ kN}$$

$$P_{pelat 2} = 5 \times 1 \times 8,15 = 40,75 \text{ kN}$$

**Beban Angin (EW)**

- **Beban Angin pada Struktur (EWs)**

$$VDZ = 2,5 \times V_o \times \left(\frac{V_{10}}{V_B}\right) \times \ln\left(\frac{Z}{Z_o}\right)$$

$$VDZ = 2,5 \times 13,2 \times \left(\frac{90}{90}\right) \times \ln\left(\frac{1500}{70}\right)$$

$$= 101,136 \text{ km/jam}$$

**Angin Tekan**

$$PD = PB \times \left(\frac{VDZ}{V_B}\right)^2$$

$$PD = 0,0024 \times \left(\frac{101,36}{90}\right)^2$$

$$= 0,000304 \text{ kN/mm}$$

**Angin Hisap**

$$PD = 0,0012 \times \left(\frac{101,36}{90}\right)^2$$

$$= 0,000152 \text{ kN/mm}$$

Sehingga, dari hasil analisis diambil gaya total beban angin 4,4 kN/mm untuk angin tekan dan 2,2 kN/mm untuk angin.

- **Beban Angin pada Kendaraan (EWI)**

Asumsi sudut arah angin = 0°

Gaya total angin kendaraan = 1,46 N/mm  
Tinggi diatas permukaan jalan (h) = 1800 mm

Jarak gandar ke roda (x) = 1750 mm

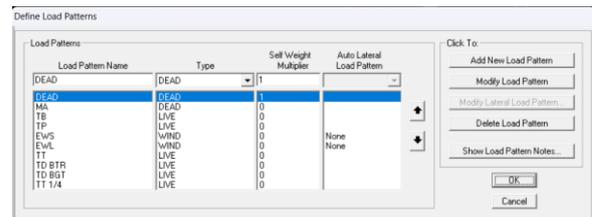
$$P_{EWL} = 0,5 \times \frac{1800}{1750} \times 1,46$$

$$= 0,751 \text{ N}$$

$$= 0,000751 \text{ kN}$$

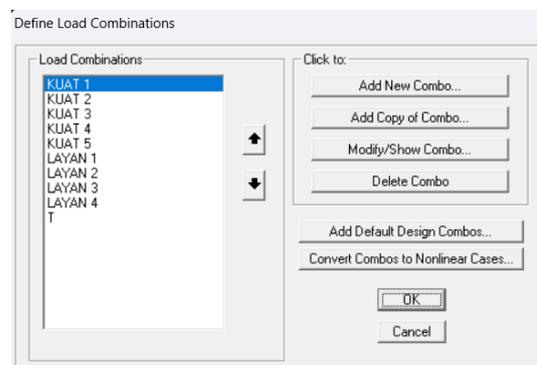
### 3.3 Pendefinisian Beban

Pendefinisian beban yang dimodelkan dilakukan dengan cara klikk menu utama *define* → *load pattern* → *add new load pattern* → *type* → *OK*, di mana dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.

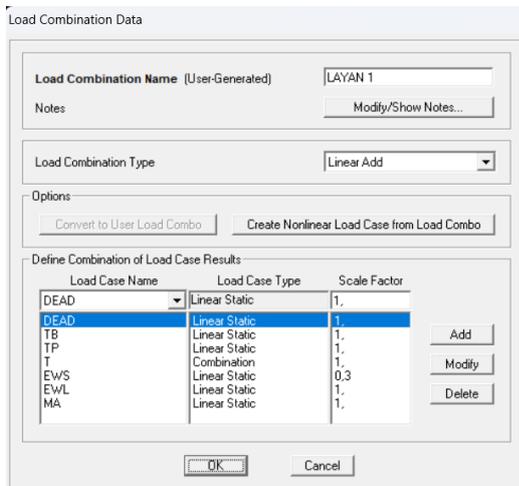


Gambar 1 Input Pembebanan Pada Model

Pendefinisian kombinasi pembebanan dengan cara klik menu utama *Define* → *Load Combinations* → *Add new combo* → mengisi kombinasi beban sesuai perencanaan → *Add* → *OK* seperti pada Gambar 2 dan Gambar 3.



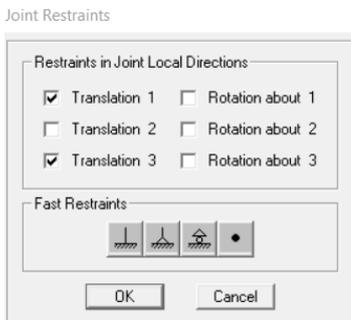
Gambar 2 Pendefinisian Kombinasi Pembebanan



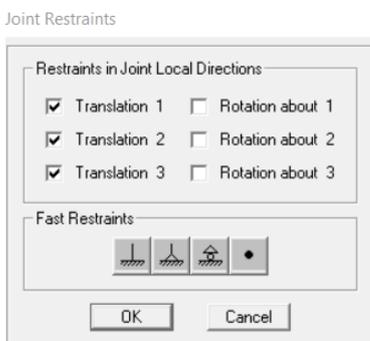
Gambar 3 Detail Kombinasi Menggunakan Nilai Faktor

### 3.4 Pemodelan Struktur Jembatan Busur Perletakan Jembatan

Pendefinisian dilakukan dengan cara pilih *Assign* pada menu utama → *Joint* → *Restraint* → Pilih perletakan sendi/rol (sesuai letak *joint*) → OK seperti pada Gambar 5 sampai dengan Gambar 8.



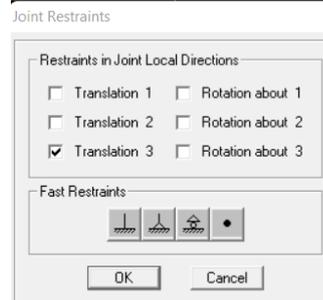
Gambar 4 Tipe Perletakan 1



Gambar 5 Tipe Perletakan 2



Gambar 6 Tipe Perletakan 3



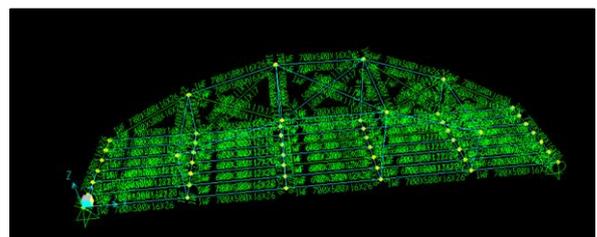
Gambar 7 Tipe Perletakan 4

### 3.5 Hasil Analisis Struktur

Dilakukan analisis struktur dengan cara memilih menu utama *Analyze* → *Run Analysis* → *Run now* seperti terlihat pada Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 8 Run Analysis Menggunakan Software



Gambar 9 Pemodelan Jembatan Pelengkung 3D

### 3.5.1 Rasio Tegangan Struktur

Elemen struktur yang telah didefinisikan sudah memenuhi kriteria aman atau belum, di mana nilai rasio tegangan harus kurang dari angka 1 didasarkan pada standar pembebanan SNI 1725:2016.

### 3.5.2 Defleksi Struktur Jembatan

Lendutan maksimum yang disyaratkan oleh peraturan adalah  $L/800$  yang mana dapat dihitung sebagai berikut:

Bentang jembatan = 40,8 m

Lendutan izin =  $L/800$

=  $40,8/800$

= 0,051 m atau 5,1 cm

## 4. KESIMPULAN

Hasil pemodelan Jembatan Pelengkung dengan bantuan *software* mengeluarkan nilai besar lendutan maksimal sebesar 0,0204 m di mana menggunakan kondisi batas Daya Layan I dan sudah memenuhi dari lendutan izin sebesar 0,051 m. Nilai rasio tegangan yang dihasilkan dari pemodelan Jembatan Pelengkung sudah memenuhi ketentuan syarat, dengan diambil nilai rasio kapasitas maksimum sebesar 0,523 menggunakan kondisi batas Kuat I.

Berdasarkan hasil analisis dari inovasi pemodelan jenis Jembatan Pelengkung, didapatkan Jembatan Pelengkung masih memenuhi kriteria dilihat dari lendutan lebih kecil dari lendutan izin dan nilai rasio kapasitas maksimum lebih kecil dari 1 sehingga Jembatan Pelengkung dapat dipertimbangkan menjadi alternatif yang baik pada daerah tersebut.

## DAFTAR RUJUKAN

- Badan Standardisasi Nasional. 2016. Pembebanan Untuk Jembatan. SNI 1725:2016. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Kementrian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat. 2018. Perancangan Jembatan Pelengkung, Pd 01 – 2017 – B. Kementrian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat. Jakarta.
- Kurniawan, F. 2020. Analisa Lendutan Rangka Batang Akibat Beban Tetap Dan Sementara Terhadap Jembatan Rangka (Studi Kasus: Jembatan Desa Petapahan Kec. Gunung Toar Kab. Kuantan Singingi). Tugas Akhir. Riau.
- Masagala, A.A., dan Setiawan, B. 2021. Perancangan Struktur Atas Jembatan Busur Baja Tipe *Tied Arch Bridge* Bentang 60 M (Studi Kasus: Jembatan Kali Putih, Magelang). *RENOVASI: Rekayasa Dan Inovasi Teknik Sipil*, 6 (1).
- Mido, A.W. 2023. Kajian Metode Perkuatan Pada Struktur Atas Jembatan Kereta Api Rangka Baja *Welded Through Truss*. Tugas Akhir. Bandung.
- Setiyarto, Y.D. 2017. Standar Pembebanan Pada Jembatan Menurut SNI 1725: 2016. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Komputer Indonesia*. Bandung.