

# Kajian Pengaruh Panjang '*Back Span*' pada Jembatan Busur Tiga Bentang

**YUNO YULIANTONO, ASWANDY**

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung  
e-mail: yunoart94@gmail.com

## **ABSTRAK**

*Penelitian ini melakukan kajian pengaruh variasi bentang 'back span' pada jembatan. Jembatan yang dikaji adalah jembatan baja profil persegi tubular dengan bentang utama 150 meter dan 'back span' 51,2 meter. Ada 6 variasi penambahan dan pengurangan terhadap bentang 'back span' jembatan acuan awal yaitu : Model 1 berupa penambahan 10 meter, Model 2 berupa penambahan 5 meter, Model 3 berupa penambahan 0 meter, Model 4 berupa pengurangan 5 meter, Model 5 berupa pengurangan 10 meter, dan Model 6 berupa pengurangan 25 meter. Hasil analisis nilai terbesar menunjukkan Model 1 sebesar 78.693,89 kN untuk reaksi perletakan rol, Model 1 sebesar 305,8 mm di girder jembatan untuk lendutan, Model 1 sebesar 21.611,454 kN di girder untuk aksial, Model 1 sebesar 36.775,691 kN di girder untuk momen lentur, dan model 1 sebesar 5.020,33 kN di girder untuk geser. Hal ini menunjukkan beban dari lengkung dan main span jembatan disalurkan menuju 'back span' seiring bertambahnya bentang.*

**Kata kunci:** jembatan lengkung baja, 'back span'

## **ABSTRACT**

*This research investigate the effect of variant 'back span' length in a bridge. The type of the studied bridge is a hollow tube steel bridge with 150 meter of main span and 51,2 meter of back span. There are 6 variations of the addition and subtraction of the bridge 'back span' length, that is: Model 1 with 10 meters addition, Model 2 with 5 meters addition, Model 3 with 0 meters addition, Model 4 with 5 meters reduction, Model 5 with 10 meters reduction, and Model 6 with 25 meters reduction. Results of the analysis showed that Model 1 have the greatest value of 78693.89 kN for the for roll joint reaction, 1Model amounted to 305.8 mm in girder bridge for deflection, Model 1 amounted to 21.611,454 kN in girder for axial, Model 1 amounted to 36.775,691 kN in girder for momen, and 1 Model amounted to 5.020,33 kN in girder for shear. This show that with increasing of the length, loads from arch and main span are distributed towards 'back span'*

**Keywords:** steel arch bridge, 'back span'

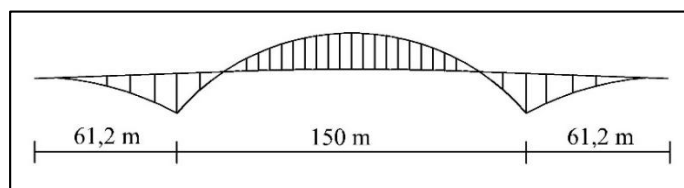
## 1. PENDAHULUAN

Jembatan adalah suatu infrastruktur yang berfungsi untuk meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah seperti sungai, lembah, jalan raya atau jalan rel kereta api. Jembatan tersebut bisa berupa jalan kendaraan, jalan kereta api, atau jalan pejalan kaki. Salah satu jenis jembatan yang umum digunakan sebagai jembatan jalan raya adalah jembatan lengkung.

Jembatan lengkung adalah struktur setengah lingkaran dengan abutmen di kedua sisinya. Desain pelengkung (setengah lingkaran) secara alami akan mengalihkan beban yang diterima lantai kendaraan jembatan menuju ke abutmen yang menjaga kedua sisi jembatan agar tidak bergerak kesamping. Jembatan lengkung yang menjadi objek penelitian merupakan jenis jembatan dengan *profil* baja kosong (*hollow*). Jembatan lengkung sudah banyak digunakan dengan *main span* berkisar antara 50 meter sampai 150 meter dan bagian '*back span*' yang umumnya memiliki panjang bentang tidak lebih besar dari *main span*. '*back span*' memiliki pengaruh yang besar terhadap struktur jembatan karena '*back span*' adalah penyalur beban *main span*. Apabila '*back span*' tidak dapat menyalurkan beban *main span* maka akan mengakibatkan gaya angkat pada perletakan dari jembatan tersebut. Sementara itu panjang bentang '*back span*' akan berpengaruh terhadap gaya dalam dari struktur jembatan tersebut.

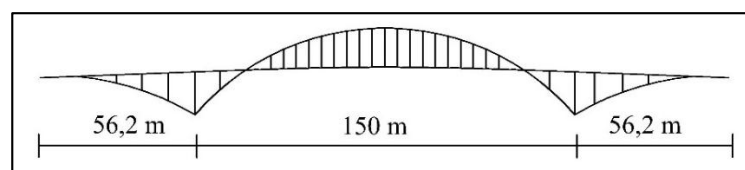
Secara khusus, beberapa ruang lingkup dalam penelitian yaitu:

1. objek penelitian adalah jenis jembatan pelengkung kantilever - rangka menerus diperkaku - 1/2 lantai bawah menggunakan rangka baja dan pelat lantai jembatan terbuat dari beton;
2. analisis struktur yang dilakukan berupa:
  - a. reaksi perletakan struktur;
  - b. lendutan (defleksi) struktur;
  - c. gaya - gaya dalam struktur berupa aksial, momen, dan geser;
3. struktur jembatan yang dianalisa terdiri enam model antara lain:
  - a. Model 1 adalah bentang '*back span*' acuan awal yang diberi penambahan panjang 10 meter seperti ditunjukkan **Gambar 1**;



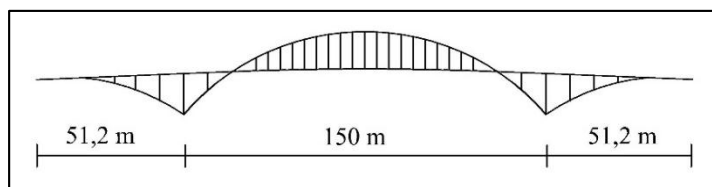
**Gambar 1. Jembatan busur dengan penambahan panjang '*back span*' sebesar 10 meter**

- b. Model 2 adalah bentang '*back span*' acuan awal yang diberi penambahan panjang 5 meter seperti ditunjukkan **Gambar 2**;



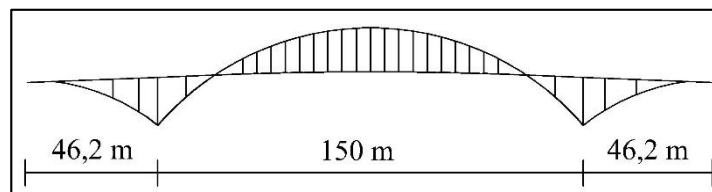
**Gambar 2. Jembatan busur dengan penambahan panjang '*back span*' sebesar 5 meter**

- c. Model 3 adalah bentang '*back span*' acuan awal seperti ditunjukkan **Gambar 3**;



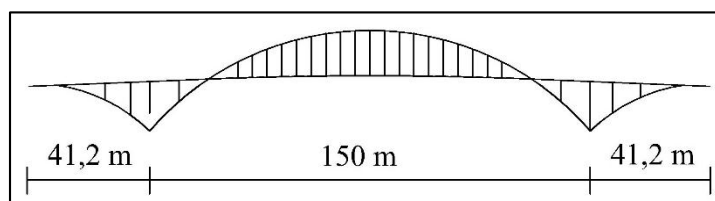
**Gambar 3. Jembatan busur acuan awal**

- d. Model 4 adalah bentang 'back span' acuan awal yang diberi pengurangan panjang 5 meter seperti ditunjukkan **Gambar 4**;



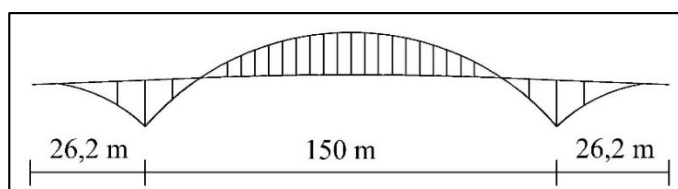
**Gambar 4. Jembatan busur dengan pengurangan panjang 'back span' sebesar 5 meter**

- e. Model 5 adalah bentang 'back span' acuan awal yang diberi pengurangan panjang 10 meter seperti ditunjukkan **Gambar 5**;



**Gambar 5. Jembatan busur dengan pengurangan panjang 'back span' sebesar 10 meter**

- f. Model 6 : bentang 'back span' acuan awal yang diberi pengurangan panjang 25 meter seperti ditunjukkan **Gambar 6**;



**Gambar 6. Jembatan busur dengan pengurangan panjang 'back span' sebesar 25 meter**

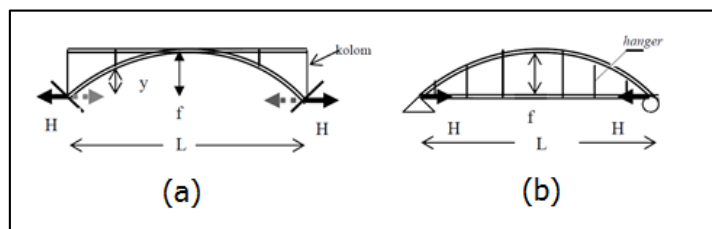
4. Analisis struktur jembatan menggunakan program CSI Bridge 2016 versi 18.1.1.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Karakteristik Bahan

Desain pelengkung (setengah lingkaran) secara alami akan mengalihkan beban yang diterima lantai kendaraan jembatan menuju ke abutmen yang menjaga kedua sisi jembatan agar tidak bergerak ke samping. Prinsip pelengkung berdasarkan karakteristik bahannya dibagi sebagai berikut:

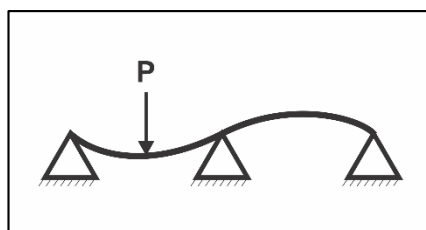
1. Pada pelengkung murni atau kaku seperti ditunjukkan **Gambar 7.a**, reaksi tekan horizontal ( $H$ ) dipangkal pelengkung dilimpahkan oleh blok fondasi telapak ke batuan dasar dangkal. Bangunan atas dan bangunan bawah merupakan kesatuan monolitik yang tidak dapat dipisahkan karena sebuah bagian dari satu kesatuan struktur.
2. Pada pelengkung diperkaku seperti ditunjukkan **Gambar 7.b**, reaksi tekan horizontal ( $H$ ) dilimpahkan ke batang pengikat dari struktur pengaku. Tipe ini digunakan bila letak batuan dasar dalam sehingga memerlukan fondasi tiang. Bangunan atas merupakan gelagar struktur statis tertentu keluar yang terpisah dari bangunan bawah dengan perletakan.



**Gambar 7.a Pelengkung murni kaku**  
**Gambar 7.b Pelengkung diperkaku (*larger*)**

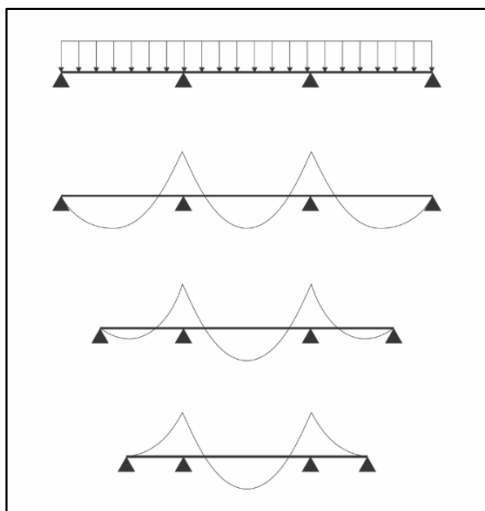
## 2.2 Balok Menerus

Secara sederhana, balok sebagai elemen lentur digunakan sebagai elemen penting dalam konstruksi bangunan. Balok merupakan struktur elemen yang memiliki dimensi lebar dan tinggi yang berbeda, umumnya dimensi lebar lebih kecil dari dimensi tinggi. Balok menerus dengan lebih dari dua titik tumpuan merupakan struktur statis tak tentu. Pada balok menerus, beban di satu bentang dapat menyebabkan timbulnya momen pada bentang lainnya seperti ditunjukkan pada **Gambar 8**.



**Gambar 8. Balok menerus**

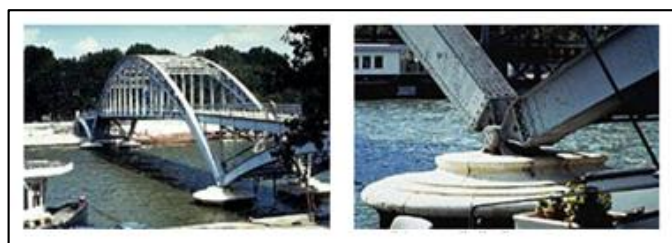
Momen gaya terhadap suatu titik didefinisikan sebagai hasil kali antara gaya dengan jaraknya ke titik tersebut. Jarak yang dimaksud adalah jarak tegak lurus dengan gaya tersebut. Pada struktur balok menerus yang diibaratkan jembatan lurus akan memiliki momen seperti ditunjukkan pada **Gambar 9**. Penambahan jarak antara dua buah perletakan yang berada di tengah bentang akan mempengaruhi gaya dalam momen pada struktur tersebut terutama pada bagian bentang kanan dan kiri yang pada kasus ini diibaratkan sebagai *backspan* dari sebuah jembatan.



**Gambar 9. Momen pada balok menerus**

### 2.3 Sistem Perletakan

Perletakan pada pelengkung kaku atau murni umumnya terjepit. Perletakan sendi menghilangkan reaksi momen dan diperlakukan pendetailan khusus agar tidak terlepas dari dukungan **Gambar 10**. Sistem pelengkung dengan tiga sendi jarang digunakan.



**Gambar 10. Perletakan sendi pelengkung murni (Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2005)**

## 3. TAHAPAN PENELITIAN

### 3.1 Pengumpulan Data

Kajian perilaku struktur pada jembatan lengkung ini perlu dilakukan melalui beberapa tahapan, tahapan awal adalah pengumpulan data-data perencanaan. Data DED (*Detail Engineering Design*) didapat dari salah satu konsultan perencanaan konstruksi di Bandung (P.T. Giri Awas).

### 3.2 Pemodelan dan Pembebanan

Pemodelan 2D penambahan dan pengurangan bentang '*back span*' dari model acuan awal jembatan dilakukan dengan program AutoCAD 2007. Selanjutnya, jembatan dimodelkan menggunakan program CSI Bridge versi 18.1.1 dan menggunakan pembebanan yang sudah ditentukan oleh SNI T-02-2005 tentang Standar Perencanaan Pembebanan untuk Jembatan. dengan mengikuti Bridge Management System (BMS) tahun 1992. Pembuatan model struktural dibuat dalam bentuk 3D sesuai dengan data yang telah diperoleh.

### 3.3 Analisis Struktur

Analisis struktur dilakukan setelah proses pemodelan dalam program CSI Bridge 2016 versi 18.1.1 selesai. Pada program CSI Bridge 2016 versi 18.1.1 akan diperoleh hasil analisa struktur berupa gaya dalam dan perilaku struktur. Adapun *output* atau hasil yang dianalisis meliputi:

- a. reaksi perletakan struktur;
- b. lendutan (defleksi) struktur;
- c. gaya - gaya dalam struktur berupa aksial, momen, dan geser.

#### 4. ANALISIS STRUKTUR

##### 4.1 Kombinasi Beban

Sesuai Rancangan Standar Nasional Indonesia tentang Pembebanan untuk Jembatan (SNI T02 – 2005), kombinasi beban yang dimasukkan diantaranya:

1. *Ultimate 1* : 1,3 Berat Sendiri + 2,0 Beban Mati Tambahan (Aspal, Trotoar dan Pagar) + 1,8 Beban Hidup (Lajur dan Truk) +1,8 Beban Pejalan Kaki;
2. *Ultimate 2* : 1,3 Berat Sendiri + 2,0 Beban Mati Tambahan (Aspal, Trotoar dan Pagar) + 1,8 Beban Hidup (Lajur dan Truk) +1,8 Beban Rem;
3. Daya Layan 1 : 1,0 Berat Sendiri + 1,0 Beban Mati Tambahan (Aspal, Trotoar dan Pagar) + 1,0 Beban Hidup (Lajur dan Truk) +1,0 Beban Pejalan Kaki;
4. Daya Layan 2 : 1,0 Berat Sendiri + 1,0 Beban Mati Tambahan (Aspal, Trotoar dan Pagar) + 1,0 Beban Hidup (Lajur dan Truk) +1,0 Beban Rem;

##### 4.2 Pengimputan Beban

Pengimputan beberapa beban pada program CSI Bridge 2016 versi 18.1.1 sesuai Rancangan Standar Nasional Indonesia tentang Pembebanan untuk Jembatan (SNI T02 – 2005) antara lain:

1. Berat Sendiri  
beban mati yang bekerja pada jembatan berupa berat sendiri pelat dengan berat jenis beton yang digunakan sebesar 2.400 kg/m<sup>3</sup> dan berat jenis baja sebesar 7.850 kg/m<sup>3</sup>;
2. Beban Mati Tambahan yang bekerja pada jembatan terdiri dari:
  - a. aspal : 2.250 kg/m<sup>3</sup>;  
beban aspal yang dimasukkan sebesar 0,625 kN/m<sup>2</sup> untuk ketebalan 3 cm;
  - b. trotoar : 2.400 kg/m<sup>3</sup> (dari beton);  
beban trotoar yang dimasukkan sebesar : 9,9 kN/m untuk lebar trotoar sebesar 1,1 meter dan tinggi 0,375 meter;
  - c. pagar : 2.400 kg/m<sup>3</sup> dan 20 kg/m<sup>3</sup> (dari beton dan railing baja);  
beban pagar yang dimasukkan sebesar 7,071 kN/m untuk pagar dengan lebar 0,4 meter dan tinggi 0,8 meter. Sementara railing baja berukuran lebar 0,2 meter dan tinggi 0,525 meter;
3. Beban Hidup
  - a. Beban Lajur (Beban Terbagi Rata)  
**Persamaan 1** untuk menentukan Beban Lajur dengan bentang lebih dari 30 meter sebagai berikut:

$$q = 9 * \left( 0,5 + \frac{15}{L} \right) \quad \dots (1)$$

halmana:

$q$  = Beban Lajur (kN/m),  
 $L$  = bentang jembatan (m).

Berdasarkan **Persamaan 1** diperoleh nilai Beban Lajur untuk setiap model sebagai berikut:

- 1) bentang jembatan acuan awal  

$$q = 9 * \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) = 9 * \left(0,5 + \frac{15}{252,4}\right) = 5,035 \text{ kN/m};$$
- 2) bentang jembatan acuan awal + 5 meter  

$$q = 9 * \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) = 9 * \left(0,5 + \frac{15}{252,4+10}\right) = 5,014 \text{ kN/m};$$
- 3) bentang jembatan acuan awal + 10 meter  

$$q = 9 * \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) = 9 * \left(0,5 + \frac{15}{252,4+20}\right) = 4,996 \text{ kN/m};$$
- 4) bentang jembatan acuan awal - 5 meter  

$$q = 9 * \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) = 9 * \left(0,5 + \frac{15}{252,4-10}\right) = 5,057 \text{ kN/m};$$
- 5) bentang jembatan acuan awal - 10 meter  

$$q = 9 * \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) = 9 * \left(0,5 + \frac{15}{252,4-20}\right) = 5,081 \text{ kN/m};$$
- 6) bentang jembatan acuan awal - 25 meter  

$$q = 9 * \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) = 9 * \left(0,5 + \frac{15}{252,4-50}\right) = 5,167 \text{ kN/m};$$

b. Beban Garis atau Beban Pisau

Beban Garis diambil senilai 49 kN/m dengan memasukkan faktor beban dinamis sebesar 30% atau 0,3 maka didapat beban sebesar 101,92 kN/m. Beban garis ditempatkan di tengah bentang *main span* dalam arah melintang;

c. Beban Truk

Beban Truk yang digunakan adalah beban roda belakang senilai 112,5 kN dengan memasukkan faktor beban dinamis sebesar 30% atau 0,3 maka didapat beban sebesar 146,25 kN/m. Beban truk dibuat beberapa posisi tergantung dari jumlah antar gelagarnya dan diletakkan diantara gelagar;

d. Faktor Beban Dinamis (DLA)

DLA diambil menggunakan grafik yang telah ditentukan sehingga didapat 30% atau 0,3;

e. Beban Pejalan Kaki

Beban Pejalan Kaki diambil menggunakan grafik yang telah ditentukan sehingga didapat 2 kPa;

f. Beban Rem

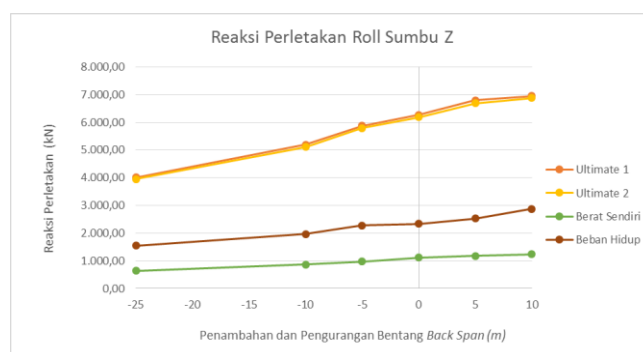
Beban Rem diambil sebesar 5% dari beban lajur BTR. Beban lajur BTR diambil sebesar 9 kPa karena bentang jembatan lebih dari 30 m, jadi gaya rem yang dimasukkan adalah 0,45 kPa.

### 4.3 Reaksi Perletakan Struktur

Reaksi perletakan yang ditinjau adalah reaksi perletakan dari masing-masing model terhadap kombinasi pembebanan *Ultimate 1*, *Ultimate 2*, Berat Sendiri, dan Beban Hidup seperti ditunjukkan **Tabel 1**. Dapat dilihat dari **Gambar 11**, nilai maksimum sumbu Z pada rol paling besar terhadap seluruh kombinasi beban terjadi model 1. Peningkatan nilai sumbu Z pada rol dikarenakan massa jembatan yang semakin bertambahnya seiring bertambahnya bentang dari setiap model jembatan. Sementara nilai maksimum sumbu Z pada rol paling kecil terhadap seluruh kombinasi beban adalah pada Model 6.

**Tabel 1. Reaksi Perletakan Maksimum Setiap Kombinasi Beban**

Model No	Deskripsi Model	Elemen	Sumbu	Reaksi Perletakan (kN)			
				Ultimate 1	Ultimate 2	Berat Sendiri	Beban Hidup
1	Penambahan bentang 10 m	sendi	X	32.200,2	32.599,7	2.227,1	15.982,9
			Y	7.927,7	7.848,9	2.235,1	2.440,6
			Z	78.693,9	77.856,4	19.894,2	25.726,1
		roll	Z	6.950,3	6.987,4	1.242,0	2.873,0
2	Penambahan bentang 5 m	sendi	X	33.668,2	34.025,7	3.122,6	15.619,9
			Y	7.824,3	7.716,7	2.205,6	2.321,1
			Z	77.192,5	76.066,2	19.531,4	24.324,2
		roll	Z	6.798,4	6.696,8	1.172,3	2.528,5
3	Bentang acuan awal	sendi	X	36.066,5	36.229,0	4.263,5	15.785,6
			Y	7.469,0	7.367,2	2.144,4	2.202,0
			Z	74.538,4	73.453,4	19.038,7	23.489,2
		roll	Z	6.275,9	6.186,7	1.112,6	2.340,3
4	Pengurangan bentang 5 m	sendi	X	39.258,3	39.258,2	5.951,4	16.432,8
			Y	7.131,6	7.034,3	2.030,4	2.163,3
			Z	71.682,1	70.637,8	18.127,7	23.241,6
		roll	Z	5.880,2	5.797,1	977,4	2.283,6
5	Pengurangan bentang 10 m	sendi	X	40.853,4	40.716,2	6.855,5	15.959,1
			Y	6.877,9	6.784,9	1.964,8	2.027,4
			Z	69.455,4	68.447,7	17.695,5	21.893,1
		roll	Z	5.190,6	5.117,9	868,6	1.969,1
6	Pengurangan bentang 25 m	sendi	X	45.258,5	44.749,2	9.671,3	15.698,0
			Y	5.663,2	5.586,7	1.618,2	1.669,2
			Z	60.951,0	60.066,1	15.379,4	19.254,1
		roll	Z	4.012,2	3.957,8	640,7	1.551,4

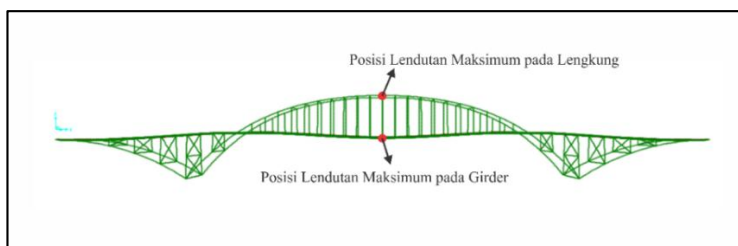
**Gambar 11. Grafik nilai reaksi perletakan maksimum sumbu Z pada rol**

### 4.3 Lentutan Struktur

Lentutan maksimum yang terjadi pada setiap model disajikan pada **Tabel 2**. Posisi lentutan maksimum seluruh model baik bagian *girder* atau lengkung berada pada tengah bentang seperti ditunjukkan pada **Gambar 12**. Hal ini terjadi secara alamiah mengingat model jembatan memiliki pola seperti balok dua tumpuan. Nilai lentutan terbesar pada *girder* dan lengkung terjadi pada Model 1. Sementara nilai lentutan terkecil terjadi pada Model 6. Hal ini diduga karena Momen Lentur yang terjadi di tengah bentang semakin besar seiring



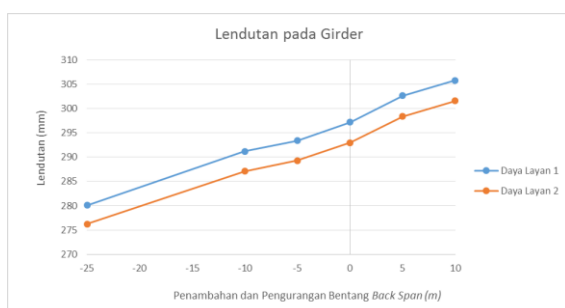
bertambahnya lengan momen akibat pertambahan bentang 'back span'. Perbandingan nilai lendutan setiap model dapat dilihat di **Gambar 13.a** dan **Gambar 13.b**. Jika dibandingkan, besar lendutan maksimum pada bagian girder lebih besar jika dibandingkan pada bagian lengkung ini dikarenakan bagian girder menopang lebih banyak beban antara lain beban hidup (pisau dan truk) dan beban pejalan kaki.



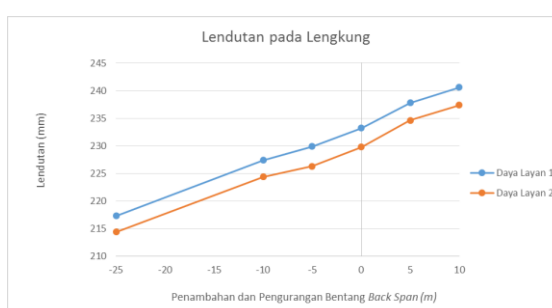
**Gambar 12. Posisi lendutan maksimum**

**Tabel 2. Lendutan Maksium Setiap Elemen Model**

Model No	Deskripsi Model	Kombinasi Beban	Lendutan Elemen Struktur (mm)	
			Girder	Lengkung
1	Penambahan bentang 10m	daya layan 1	305,8	240,6
		daya layan 2	301,6	237,4
2	Penambahan bentang 5m	daya layan 1	302,7	237,8
		daya layan 2	298,4	234,6
3	Bentang acuan awal	daya layan 1	297,2	233,2
		daya layan 2	293	229,8
4	Pengurangan bentang 5m	daya layan 1	293,4	229,9
		daya layan 2	289,3	226,3
5	Pengurangan bentang 10m	daya layan 1	291,2	227,4
		daya layan 2	287,1	224,4
6	Pengurangan bentang 25m	daya layan 1	280,1	217,3
		daya layan 2	276,2	214,4



**(a)**



**(b)**

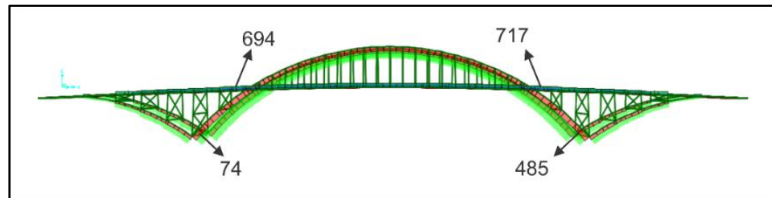
**Gambar 13.a Grafik nilai lendutan maksimum pada girder**

**Gambar 13.b Grafik nilai lendutan maksimum pada lengkung**

#### 4.4 Gaya Dalam Aksial

Hasil analisis setiap model terhadap gaya dalam aksial nilainya meningkat seiring bertambahnya bentang 'back span'. Nilai gaya aksial pada girder dan lengkung yang paling besar terjadi pada Model 1 sebesar 21.611,454 kN terhadap kombinasi beban *Ultimate 1*,

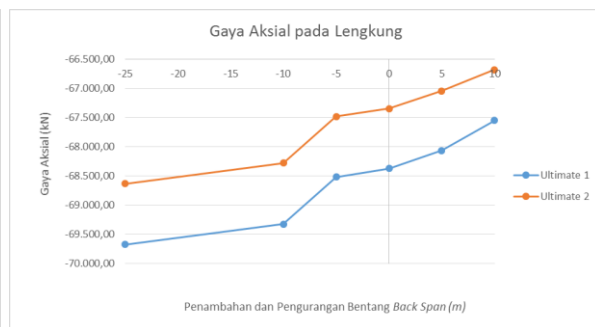
sementara yang paling kecil terjadi pada Model 6 sebesar 6.464,769 kN terhadap kombinasi beban *Ultimate 1*. Grafik nilai lendutan akibat dalam aksial ditunjukkan pada **Gambar 15.a** dan **Gambar 15.b**. Posisi beban aksial maksimum pada lengkung berada pada *frame 74* dan *frame 485* seperti ditunjukkan **Gambar 14**, posisi ini dikarenakan pada bagian dekat tumpuan tersebut paling banyak memikul beban dari puncak lengkung. Sementara pada bagian *girder*, posisi maksimum terdapat pada *frame 694* dan *frame 717* yaitu bagian dekat pertemuan antara *girder* dan lengkung yang mengakibatkan *girder* ikut memikul sebagian beban yang dipikul lengkung.



**Gambar 14. Posisi nilai gaya dalam aksial maksimum**



(a)

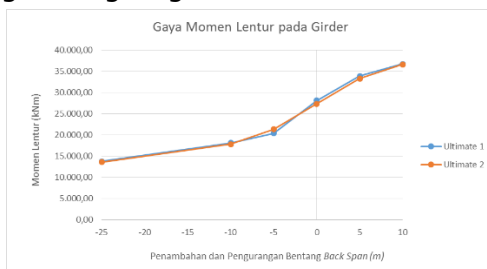


(b)

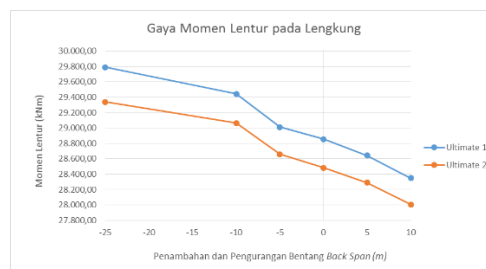
**Gambar 15.a Grafik nilai lendutan maksimum pada girder**  
**Gambar 15.b Grafik nilai lendutan maksimum pada lengkung**

#### 4.5 Gaya Dalam Momen Lentur

Gaya dalam momen ditinjau pada elemen lengkung dan elemen *girder* dari setiap model jembatan. **Tabel 3** menunjukkan nilai momen maksimum dari setiap model pada bagian *girder* dan lengkung terhadap kombinasi beban *Ultimate 1* dan *Ultimate 2*. Nilai gaya momen terbesar pada *girder* terjadi pada model 1, sementara yang paling kecil terjadi pada Model 6 seperti ditunjukkan **Gambar 16.a** dan **Gambar 16.b**. Hal ini menunjukkan sebagian besar beban dari bagian *main span* dan lengkung disalurkan ke bagian *girder* seiring bertambahnya bentang backspan. Semakin berkurangnya bentang *back span*, maka sebagian besar beban disalurkan pada bagian lengkung.



(a)



(b)

**Gambar 16.a Grafik nilai momen lentur maksimum pada girder**  
**Gambar 16.b Grafik nilai momen lentur maksimum pada lengkung**

**Tabel 3. Momen Lentur Maksimum Setiap Elemen Model**

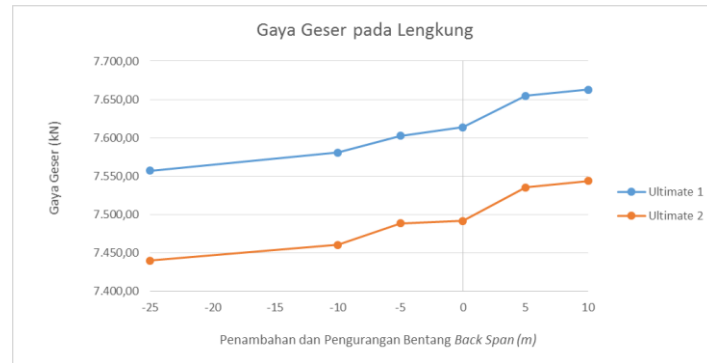
Model No	Deskripsi Model	Elemen	Momen (kNm)	
			<i>Ultimate 1</i>	<i>Ultimate 2</i>
1	Penambahan bentang 10 m	<i>girder</i>	36.775,69	36.627,58
		lengkung	28.347,72	28.004,79
2	Penambahan bentang 5 m	<i>girder</i>	33.866,13	33.307,30
		lengkung	28.642,20	28.288,64
3	Bentang acuan awal	<i>girder</i>	28.106,18	27.360,49
		lengkung	28.856,41	28.481,73
4	Pengurangan bentang 5 m	<i>girder</i>	20.424,18	21.336,12
		lengkung	29.011,70	28.660,63
5	Pengurangan bentang 10 m	<i>girder</i>	18.122,94	17.850,69
		lengkung	29.442,54	29.064,65
6	Pengurangan bentang 25 m	<i>girder</i>	13.828,81	13.618,04
		lengkung	29.789,49	29.340,25

#### 4.6 Gaya Dalam Geser

Pada penelitian ini, gaya geser yang diambil adalah hasil gaya geser maksimum dari setiap model. **Tabel 4** menunjukkan nilai gaya geser maksimum pada bagian *girder* dan lengkung setiap model jembatan terhadap kombinasi beban *Ultimate 1* dan *Ultimate 2*. Nilai gaya geser terbesar pada lengkung terjadi pada Model 1, sementara yang paling kecil terjadi pada Model 6 seperti ditunjukkan **Gambar 17**. Hal ini dikarenakan dengan adanya penambahan bentang 'back span' maka berpengaruh juga terhadap distribusi beban geser terhadap bagian 'back span'.

**Tabel 4. Geser Maksimum Setiap Elemen Model**

Model No	Deskripsi Model	Elemen	Nilai Gaya Geser (kN)	
			<i>Ultimate 1</i>	<i>Ultimate 2</i>
1	Penambahan bentang 10 m	<i>girder</i>	5.020,33	5.036,93
		lengkung	7.662,67	7.543,56
2	Penambahan bentang 5 m	<i>girder</i>	4.656,42	4.576,99
		lengkung	7.654,81	7.535,50
3	Bentang acuan awal	<i>girder</i>	4.445,23	4.380,40
		lengkung	7.613,72	7.491,50
4	Pengurangan bentang 5 m	<i>girder</i>	4.813,78	4.743,68
		lengkung	7.602,44	7.488,55
5	Pengurangan bentang 10 m	<i>girder</i>	5.089,61	5.015,38
		lengkung	7.580,67	7.460,56
6	Pengurangan bentang 25 m	<i>girder</i>	4.370,37	4.302,86
		lengkung	7.557,32	7.439,76



**Gambar 17 Grafik nilai momen lentur maksimum pada lengkung**

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil kajian, dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. Reaksi perletakan pada rol arah sumbu Z bertambah besar seiring bertambahnya bentang back span dan mengecil seiring berkurangnya bentang back span. Jembatan lengkung dengan back span ini menunjukkan perilaku yang berbeda dengan balok menerus, tidak terlihat potensi kemungkinan terjadinya ungukit pada perletakan rol seperti yang ditunjukkan dalam analisis.
2. Nilai lendutan baik pada bagian lengkung maupun girder jembatan bertambah besar seiring bertambahnya bentang back span dan mengecil seiring berkurangnya bentang back span. Hal ini diduga karena momen lentur yang terjadi di tengah bentang semakin besar seiring bertambahnya lengan momen akibat bertambahnya bentang back span.
3. Nilai aksial baik pada bagian lengkung maupun girder jembatan bertambah besar seiring bertambahnya bentang back span dan mengecil seiring berkurangnya bentang back span.
4. Nilai momen lentur pada bagian girder jembatan bertambah besar seiring bertambahnya bentang back span, sementara pada bagian lengkung bertambah besar seiring berkurangnya bentang back span. Hal ini diduga karena momen lentur yang terjadi sebagian besar dipikul bagian lengkung namun seiring bertambahnya bentang back span maka momen disalurkan ke bagian girder.
5. Nilai geser pada bagian lengkung bertambah besar seiring bertambahnya bentang back span dan mengecil seiring berkurangnya bentang back span.

## DAFTAR RUJUKAN

- Computers and Structures, Inc. (2016). CSI Bridge 2016 versi 18.1.1.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2005). Rancangan Standar Nasional Indonesia tentang Pembebanan untuk Jembatan (SNI T02-2005). Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- PT. Giri Awas. (2015). *Detail Engineering Design Jembatan Selat Rengit*. Bandung: PT. Giri Awas.