

TINJAUAN GELAGAR JEMBATAN PRATEGANG SEGMENTAL TYPE I POST-TENSIONING DENGAN BENTANG 25 METER PADA JEMBATAN SUNGAI BENIT

Budi Eka Dharma, Muhammad Amin, Suwarjo

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik,

Universitas Muara Bungo

bedahrc@gmail.com

ABSTRAK

Jembatan beton pratekan atau yang dikenal dengan *Presressed Concrete Bridge (PC Bridge)* merupakan salah satu jenis jembatan dengan material konstruksi beton pratekan/prategang atau beton yang berisi kabel baja dengan tujuan untuk memberikan tegangan awal berupa tegangan tarik terhadap beton akibat sifat beton yang tidak memiliki elastisitas yang cukup kuat. Dalam hal ini, beton pratekan sebagai solusi untuk mengatasi besarnya vibrasi yang timbul pada struktur beton khususnya pada struktur dengan bentang yang besar.

Jembatan Sungai Benit merupakan jembatan beton prategang, dimana gelagar dari jembatan tersebut merupakan gelagar I segmental beton prategang (post-tensioning) dengan panjang jembatan 25,6 m dan lebar 7 m. Jembatan Sungai Benit terletak di desa Sungai Benit, kecamatan Rimbo Tengah, kabupaten Bungo. Faktanya, dalam aplikasinya, cukup sering terjadi keretakan dan kerusakan dalam struktur jembatan beton pratekan misalnya, pada gelagar, oprit dan, pangkal jembatan, yang pada dasarnya memiliki anggaran yang tidak kecil menunjukkan perlunya tinjauan ulang terhadap jembatan khususnya pada bagian gelagar.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini melalui 3 tahapan; Pertama, perhitungan pembebanan gelagar, melalui perhitungan beban mati dan beban hidup. Kemudian, perhitungan analisa struktur gelagar, yang meliputi analisa tegangan terhadap berat, perhitungan gaya prategang, penentuan layout kabel tendon, dan perhitungan kehilangan gaya prategang. Ketiga, dilanjutkan dengan perhitungan kontrol terhadap kekuatan dan kestabilan yang meliputi kontrol terhadap tegangan akhir, dan terhadap lendutan.

Kata kunci : PC Bridge, Analisis gelagar, Beton Pratekan

1. PENDAHULUAN

Jembatan/ jalan sebagai prasarana transportasi mempunyai peranan yang sangat penting bagi kelancaran arus lalu lintas. Dimana fungsi jembatan adalah menghubungkan rute/lintasan transportasi yang terpisah baik oleh sungai, rawa, danau, selat, saluran/ kanal, jalan kereta api maupun, perlintasan lainnya.

Namun yang paling penting disini ialah rekayasa pada konstruksi gelagar yang digunakan pada jembatan tersebut, yang perannya sangat penting untuk menopang beban di atasnya. Teknologi yang sering digunakan saat ini ialah gelagar menggunakan beton prategang. Jembatan beton pratekan atau yang dikenal dengan *prestressed bridge (PC Bridge)* merupakan salah satu jenis jembatan dengan material konstruksi beton pratekan/prategang atau beton yang berisi kabel baja dengan tujuan untuk memberikan tegangan awal berupa tegangan tarik terhadap beton akibat sifat beton yang tidak mampu menahan vibrasi dengan baik. Dalam hal ini, beton pratekan sebagai solusi untuk mengatasi besarnya vibrasi yang timbul pada struktur beton khususnya pada struktur dengan bentang yang besar.

Jembatan Sungai Benit merupakan jembatan beton prategang, dimana gelagar dari jembatan tersebut merupakan gelagar I segmental beton prategang (post-tensioning) dengan panjang jembatan 25,6 m dan lebar 7 m. Jembatan Sungai Benit terletak di desa Sungai Benit, kecamatan Rimbo Tengah, kabupaten Bungo. Faktanya, dalam aplikasinya cukup sering terjadi keretakan dan kerusakan dalam struktur jembatan beton pratekan misalnya, pada gelagar, oprit dan, pangkal jembatan, yang pada dasarnya memiliki anggaran yang tidak kecil menunjukkan perlunya tinjauan ulang terhadap jembatan khususnya pada bagian gelagar.

Adapun beberapa tujuan utama dari penelitian ini meliputi antara lain, untuk mengetahui tegangan yang terjadi pada saat transfer maupun pada saat beban kerja, dan pada kondisi puncak (*ultimate*) pada gelagar pracetak dengan pembebanan yang didasarkan pada Standar Pembebanan Untuk Jembatan RSNi T-02-2005. Kedua, untuk menghitung tata letak tendon pada gelagar jembatan. Ketiga, menghitung tulangan geser pada gelagar jembatan, dan terakhir, untuk menghitung lendutan yang terjadi pada gelagar jembatan.

2. METODOLOGI

Data yang digunakan merupakan data gelagar jembatan beton prategang I segmental post-tensioning, dari proyek pembangunan alan dan jembatan Sungai Benit yang berada di jalan Arak Bandara Dusun Sungai Buluh, Muara Bungo, Jambi. Data yang terkumpul merupakan data awal.

Data awal yang terkumpul selanjutnya dilakukan analisa melalui 3 cara: analisa penampang gelagar, analisa gaya yang diperlukan untuk menahan beban kerja, dan analisa tata letak tendon.

2.1. ANALISA PENAMPANG GELAGAR

Adapun perhitungan yang dilakukan dalam analisa penampang pada gelagar antara lain:

- Luas penampang (A):

$$A_{persegi} = b \times h \quad \dots (1)$$

$$A_{segitiga} = \frac{b \times h}{2} \quad \dots (2)$$

- Momen inersia(I):

$$I = I_{asli} + I_{tambahan} \quad \dots (3)$$

$$I_{segiempat} = \frac{1}{12} b \cdot h^3 + A \cdot Y^3 \quad \dots (4)$$

$$I_{segitiga} = \frac{1}{36} b \cdot h^3 + A \cdot Y^2 \quad \dots (5)$$

Dengan:

I = Momen inersia penampang ($kg \cdot m^2$)

b = lebar balok yang ditinjau (mm)

h = tinggi balok yang ditinjau (mm)

A = Luas penampang yang ditinjau (mm^2)

Y = jarak titik berat balok yang ditinjau terhadap sumbu x (mm)

- Titik berat(Y):

$$Y_b = \frac{S_x}{A} \quad \dots (6)$$

$$Y_a = h - Y_b \quad \dots (7)$$

Dengan:

S_x = Statis Momen = $A \times y$ (cm^3)

A = Luas penampang yang ditinjau (mm^2)

y = jarak titik berat ruas ke alas (mm)

Y_a = jarak titik berat balok ke serat atas (mm)

Y_b = jarak titik berat balok ke serat bawah (mm)

- Momen tahanan(W)

$$W_a = \frac{I_x}{Y_a} \quad \dots (8)$$

$$W_b = \frac{I_x}{Y_b} \quad \dots (9)$$

Dengan:

I_x = Momen inersia (cm^4)

Y_a = jarak titik berat balok ke serat atas (mm)

Y_b = jarak titik berat balok ke serat bawah (mm)

- Penentuan batas inti balok prategang/kern (K)

$$K_a = \frac{I_x}{Y_b \cdot A} \quad \dots (10)$$

2.1. ANALISA GAYA YANG DIPERLUKAN UNTUK MENAHAN BEBAN YANG BEKERJA

Pada analisa gaya yang diperlukan untuk menahan beban yang berkerja, dilakukan perhitungan antara lain:

- Momen total (M)

$$M = \frac{wL^2}{8} \quad \dots(11)$$

- Perkiraan gaya prategang (F)

$$F = \frac{M}{0,65 \cdot h} \quad \dots(12)$$

- Gaya efektif (F)

$$F = \frac{M_p + (M_b \times M_c)}{e \times K_a} \quad \dots(13)$$

- Kontrol tegangan
Akibat gaya prategang awal

$$f_a = \frac{F_0}{A} \left(1 + \frac{e}{K_a}\right) \quad \dots(14)$$

$$f_t = \frac{F_0}{A} \left(1 - \frac{e}{K_b}\right) \quad \dots(15)$$

- Akibat gaya prategang efektif

$$f_b = \frac{F}{A} \left(1 + \frac{e}{K_a}\right) \quad \dots(16)$$

$$f_t = \frac{F}{A} \left(1 - \frac{e}{K_b}\right) \quad \dots(17)$$

Dengan:

$$f_b = \text{Tegangan serat bawah } \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$$

$$f_t = \text{Tegangan serat atas } \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$$

Akibat berat sendiri balok prategang:

$$f_b = - \frac{Mg}{A \times K_a} \quad \dots(18)$$

$$f_t = + \frac{mg}{A \times K_b} \quad \dots(19)$$

Akibat muatan total:

$$f_b = - \frac{Mt}{A \times K_a} \quad \dots(20)$$

$$f_t = + \frac{Mt}{A \times K_b} \quad \dots(21)$$

Kombinasi tegangan:

a. Keadaan awal (gaya prategang awal + berat sendiri balok prategang)

b. Akibat gaya prategang (gaya prategang efektif + muatan lokal)

c. Lendutan:

$$\Delta = \frac{5}{384} \times \frac{Wbs \cdot l^4}{EI} \quad \dots(22)$$

2.2. ANALISA TATA LETAK TENDON

Untuk menganalisa tata letak tendon, data yang diolah antara lain:

- Lintasan inti tendon

$$Y = \frac{4 \cdot f_i \cdot X(L-X)}{L^2} \quad \dots(23)$$

- Letak trace cable

$$Z_i = Z'_i - \frac{4 \cdot f_i \cdot X(L-X)}{L^2} \quad \dots(24)$$

3. HASIL PEMBAHASAN

Hasil dari perhitungan Analisa penampang gelagar dan Analisa yang diperlukan untuk menahan beban yang bekerja ditunjukkan dalam tabel berikut:

Tabel 1. Hasil perhitungan Analisa penampang gelagar dan, Analisa beban yang bekerja

No	Subjek Perhitungan	Hasil
	Luas penampang persegi (ΣA_p)	4831,875 cm^2
	Statis Momen	344571,77 cm^3
	Momen inersia pracetak	1468973,70145 $kg.cm^2$
	Titik berat dari bawah	71,31 cm
	Titik berat dari atas	88,69 cm
	Momen ketahanan profil	
	a. Serat atas gelagar	205987,571 cm^3
	b. Serat bawah gelagar	165621,532 cm^3
	Batas daerah kern	
	a. Sisi atas	32,276 cm
	b. Sisi bawah	42,630 cm
	c. Kontrol atas	24,376 cm
	d. Kontrol bawah	42,630 cm

Data propertis gelagar setelah dilakukan post-tensioning terlampir dalam tabel berikut:

Tabel 2. Data post-tensioning gelagar

Uraian Propertis Penampang	Kondisi Pracetak	Kondisi Komposit
Luas penampang	$A_p = 4831,875 cm^2$	$A_k = 7276,875 cm^2$
Titik berat penampang		
• Sisi bawah	$Y_b = 71,31 cm$	$Y_{bk} = 106,12 cm$
• Sisi atas	$Y_a = 88,69 cm$	$Y_{ak} = 76,88 cm$
Momen ketahanan profil		
• Sisi atas plat lantai		$W_{top} = 418588,978 cm^3$
• Sisi bawah plat lantai		$W_{dc} = 520056,897 cm^3$
• Sisi atas gelagar	$W_a = 205987,571 cm^3$	$W_{ak} = 597273,9531 cm^3$
• Sisi bawah gelagar	$W_b = 165621,532 cm^3$	$W_{bk} = 303525,173 cm^3$
Momen inersia	$I_p = 14688973,70145 kg.cm^2$	$I_k = 32181120,59 kg.cm^2$
Jari-jari inersia	$i_p = 55,136 cm$	$i_k = 66,50 cm$
Batas daerah kern		
• Sisi bawah	$k_b = 42,630 cm$	$k_{bk} = 41,672 cm$
• Sisi atas	$k_a = 34,276 cm$	$k_{ak} = 57,521 cm$

Dari hasil perhitungan terhadap lendutan, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil perhitungan lendutan gelagar

Uraian Gaya dan Beban	Jangka Pendek/layan (cm)	Jangka Panjang/Ultimate (cm)
Penegangan (Stressing)	3,61	3,61
Berat sendiri gelagar	-1,17	-1,52
Beban diafragma	-0,09	-0,12
Beban lantai beton	-0,62	-0,80
Beban lapisan aspal	-0,15	-0,20
Beban kendaraan truk berat	-0,2	-0,36
Δ	1,38	0,61

4. KESIMPULAN

Dari analisis lebih lanjut terhadap hasil perhitungan, didapatkan beberapa kesimpulan, antara lain:

1. Analisis penampang terhadap gelagar prategang menunjukkan hasil tegangan yang berada dibawah tegangan izin, sehingga gelagar tersebut dapat dikategorikan aman.
2. Dari hasil analisis penampang terhadap gelagar prategang, didapatkan nilai lendutan ayng masih kurang dari lendutan izin, sehingga gelagar dapat dikatakan aman.
3. Secara keseluruhan, melalui analisis holistik dari perhitungan-perhitungan yang ada dalam penelitian ini menunjukkan bahwa balok beton tersebut dapat di aplikasikan di lapangan.

DAFTAR RUJUKAN

- Annud, Dini Fitria. (2013). Perencanaan Precast Concrete I Girder pada Jembatan Prestressed Post-tension dengan Bantuan Program Microsoft Excel. Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara.
- Lin, T.Y., Burn, N.H. (1993). Desain Struktur Beton Prategang Jilid I Edisi III. Erlangga
- Raju, K.N. (1988). Beton Prategang. Erlangga
- Standar Nasional Indonesia . (2005). Standar Pembebanan Untuk Jembatan RSNI T-12-2005.
- Standar Nasional Indonesia. (2004). Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan (RSNI T-12-2004)