

Kajian Analisis Struktur PC-I *Girder Prestressed* pada Jembatan Bentang 35,8 meter

BAGAS KAUTSAR DAROJATUN¹, BADRIANA NURANITA^{2*}

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

²Dosen Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

Email: nuranitabadriana@itenas.ac.id

ABSTRAK

Beton prategang merupakan salah satu tipe struktur atas yang banyak diaplikasikan pada jembatan-jembatan mulai bentang pendek hingga bentang panjang. Prinsip beton prategang yang banyak digunakan pada setiap pembangunan konstruksi karena kelebihanannya dapat mengatasi masalah keretakan akibat lemah menahan tegangan tarik sehingga dapat menghasilkan beton yang lebih kuat. Disisi lain, karena merupakan beton precast, maka dapat memangkas waktu pelaksanaan konstruksi. Hal tersebut menjadi bahan kajian penelitian di mana prinsip beton prategang diaplikasikan pada penampang PC-I girder jembatan bentang 35,8 meter. Analisis dilakukan dengan menghasilkan nilai tegangan dan nilai lendutan. Dari penampang tersebut didapatkan nilai tegangan yang tidak jauh dari tegangan izin. Namun, pada penampang PC-I girder khususnya pada serat bawah girder melebihi dari rasio kapasitas tegangan izin yaitu sebesar 1,000. Disisi lain, nilai lendutan dari penampang PC-I girder tersebut sudah memenuhi dari lendutan izin. Maka, penampang PC-I girder dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan.

Kata kunci: jembatan, PC-I girder, beton prategang

ABSTRACT

Prestressed concrete is one type of upper structure that is widely applied to bridges ranging from short spans to long spans. The principle of prestressed concrete is widely used in every construction because of its advantages which can overcome the problem of cracking due to not being strong enough to withstand tensile pressure so that it can produce stronger concrete. On the other hand, because the concrete is precast, it produces concrete that can reduce construction time. This is a research topic where the principles of prestressed concrete are applied to PC-I girder cross-sections. The cross-sections are compared to the stress values and deflection values. From the cross section, a stress value is obtained which is not far from the allowable stress. However, the cross-section of the PC-I girder, especially the bottom fiber of the girder, exceeds the allowable stress capacity ratio, which is 1,000. On the other hand, the deflection value of the cross-section of the PC-I girder already meets the permit deflection. So, the cross-section of the PC-I girder can be used as a consideration.

Keywords: bridge, PC-I girder, prestressed concrete

1. PENDAHULUAN

Jembatan merupakan infrastruktur yang sangat vital sebagai media sarana transportasi guna mendukung berbagai aspek pembangunan. Berdasarkan data statistik jumlah jembatan tahun 2022 yang disadur dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) mencatat dari 18.990 jembatan yang terdata oleh Kementerian PUPR, ada sejumlah 18.762 jembatan yang mengalami kerusakan dengan data kerusakan yang bervariasi mulai dari ringan, sedang, berat kritis dan runtuh. Salah satu jembatan yang mengalami kerusakan berat yaitu Jembatan Cihoe yang terletak di Jonggol, Kabupaten Bogor. Sebelumnya, struktur atas jembatan ini menggunakan tipe RC-T *beam* yang sudah berumur lebih dari 50 tahun dan terdapat banyak garis keretakan pada badan *girder*. Maka, perlu ada penggantian jembatan eksisting (RC-T *beam*) dengan tipe struktur atas baru. Jika dikaji dari tinjauan panjang bentang, jembatan dengan bentang 35,8 meter dapat menggunakan alternatif tipe struktur atas lain, yaitu tipe girder prestress I (PC-I *girder*).

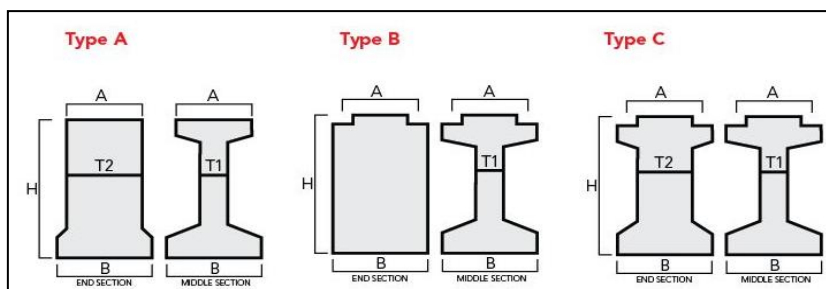
2. KAJIAN LITERATUR

2.1 Jembatan Prategang I-Girder

Jembatan adalah suatu struktur konstruksi yang dijadikan sebagai penghubung antara dua bagian wilayah yang terputus oleh berbagai kondisi [11]. Pada dasarnya jembatan berfungsi sebagai penghubung dua bagian jalan yang terputus oleh rintangan seperti Lembah, alur sungai, danau, saluran irigasi, kali, jalan kereta api dan jalan yang melintang tidak sebidang [5]. Jembatan merupakan sebuah struktur konstruksi didesain untuk memungkinkan kelangsungan perjalanan melalui hambatan yang terletak pada ketinggian yang lebih rendah. Hambatan ini seringkali berupa jalur lain seperti jalur air atau jalur lalu lintas umum. Apabila jembatan tersebut terletak di atas jalur lalu lintas umum, biasanya dikenal sebagai *viaduct* [9].

Beberapa material konstruksi yang digunakan dalam jembatan sangat variatif. Salah satunya material yang digunakan dalam konstruksi jembatan ini yakni beton prategang. Beton adalah material konstruksi dengan kuat tekan tinggi tetapi kuat tariknya relatif rendah, sedangkan baja mempunyai kuat tarik yang sangat tinggi, sehingga dikombinasikanlah dua material tersebut menjadi beton bertulang. Kuat tarik beton yang terbatas, sedangkan kuat tekannya sangat tinggi, menyebabkan pemberian prategang menjadi penting agar dapat secara penuh memanfaatkan kuat tekan dan melalui desain yang benar, dapat menghilangkan atau mengontrol retak defleksi [7]. Pada beton prategang, sistem distribusi tegangan dibedakan menjadi 2 macam yaitu *Full Prestressing* dan *Partial Prestressing* dan cara penarikan baja prategang dibedakan menjadi 2 cara yaitu pratarik dan pascatarik [6].

Dalam konstruksi jembatan, *Precast Concrete I-Girder* (PC-I Girder) merupakan material yang diunggulkan. Keunggulan penggunaan beton prategang pada girder jembatan terletak pada kekuatan dan kualitasnya. Penerapan beton mutu tinggi dan pencetakan yang tepat akan menghasilkan *girder* jembatan yang berkualitas tinggi. Secara ekonomi, penerapan prategang dan beton mutu tinggi memungkinkan gelagar untuk menahan momen lentur yang besar dan mengurangi lendutan, sehingga dimensi gelagar dapat dibuat lebih ekonomis. Bentuk penampang PC-I Girder dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Profil PC-I girder [2]

2.2 Pembebanan Jembatan

Pembebanan dan kombinasi beban pada penelitian ini mengacu pada Peraturan Standar Pembebanan Untuk Jembatan SNI 1725-2016 [4]. Analisis menggunakan beberapa jenis beban yaitu beban mati sendiri, beban mati tambahan, beban susut – rangkai, beban prategang, beban lajur "D", beban rem, beban temperatur dan beban angin.

2.3 Nilai Tegangan

Analisis tegangan pada girder prategang dilakukan untuk menjamin kekuatan daripada jembatan, bahwa tegangan yang timbul pada penampang girder akan dibandingkan dengan tegangan izinnnya. Perhitungan ini dipengaruhi oleh tahapan pelaksanaan dan beberapa keadaan seperti terlihat dari **Persamaan 2.1 hingga Persamaan 2.9** berikut [10]:

- 1) Keadaan Awal (Saat Transfer)

Tegangan di serat atas

$$f_{ca} = -\frac{Pt}{A} + \frac{Pt \times e_s}{W_a} - \frac{M_{balok}}{W_a} \quad \dots(2.1)$$

Tegangan di serat bawah

$$f_{cb} = -\frac{Pt}{A} - \frac{Pt \times e_s}{W_b} + \frac{M_{balok}}{W_b} \quad \dots(2.2)$$

- 2) Keadaan Setelah kehilangan tegangan (*Loss of Prestress*)

Tegangan di serat atas

$$f_a = -\frac{P_{eff}}{A} + \frac{P_{eff} \times e_s}{W_a} - \frac{M_{balok}}{W_a} \quad \dots(2.3)$$

Tegangan di serat bawah

$$f_b = -\frac{P_{eff}}{A} - \frac{P_{eff} \times e_s}{W_b} + \frac{M_{balok}}{W_b} \quad \dots(2.4)$$

- 3) Keadaan Setelah Pelat Lantai Selesai Dicor (Beton Muda)

Tegangan di serat atas

$$f_a = -\frac{P_{eff}}{A} + \frac{P_{eff} \times e_s}{W_a} - \frac{M_{balok+plat}}{W_a} \quad \dots(2.5)$$

Tegangan di serat bawah

$$f_b = -\frac{P_{eff}}{A} - \frac{P_{eff} \times e_s}{W_b} + \frac{M_{balok+plat}}{W_b} \quad \dots(2.6)$$

- 4) Keadaan Setelah Pelat dan Balok Menjadi Komposit

Tegangan di serat atas pelat

$$f_{ac} = -\frac{P_{eff}}{A_c} + \frac{P_{eff} \times e'_s}{W_{ac}} - \frac{M_{balok+plat}}{W_{ac}} \quad \dots(2.7)$$

Tegangan di serat atas balok

$$f'_{ac} = -\frac{P_{eff}}{A_c} + \frac{P_{eff} \times e's}{W'_{ac}} - \frac{M_{balok+plat}}{W'_{ac}} \quad \dots(2.8)$$

Tegangan di serat bawah balok

$$f_{bc} = -\frac{P_{eff}}{A_c} - \frac{P_{eff} \times e's}{W_{bc}} + \frac{M_{balok+plat}}{W_{bc}} \quad \dots(2.9)$$

2.4 Nilai Lendutan

Pemeriksaan nilai lendutan dilakukan pada kondisi transfer dan kondisi layan, bertujuan untuk memastikan bahwa jembatan memenuhi syarat kekakuan. Gaya-gaya yang bekerja pada jembatan akan mengakibatkan terjadinya lendutan pada *girder*. *Girder* mengalami defleksi atau lendutan ke bawah akibat berat sendiri dan beban-beban luar, sedangkan gaya akibat prategang menyebabkan defleksi ke atas. Nilai lendutan aktual pada jembatan tidak boleh melebihi lendutan izin yakni sebesar 1/800 dari panjang bentang [1].

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan studi literatur dengan mencari berbagai referensi guna mendukung dan menguatkan data yang didapat oleh penulis. Pada tahap selanjutnya, pendefinisian data dimensi penampang, mutu material, dan beban yang akan diperhitungkan. Dari data-data tersebut, maka dapat dilakukan perhitungan analisis struktur jembatan PC-I *girder*. Selain menghitung analisis struktur, kontrol rasio tegangan serta lendutan harus diperhatikan. Dari hasil kontrol tersebut, maka dapat ditarik kesimpulan pada hasil analisis dari penampang PC-I *girder* tersebut, dilihat dari asepek kekuatan (tegangan-tegangan) dan kekakuan (lendutan).

Penelitian ini mengambil studi kasus pada jembatan PC-I Girder dengan bentang 35,8 m yang berlokasi di Ruas Jalan Cileungsi-Cibeet, Jonggol, Kabupaten Bogor. Adapun data-data teknik yang digunakan adalah sebagai berikut:

Panjang bentang jembatan	: 35, 8 m
Lebar jembatan	: 10 m
Lebar bersih jembatan	: 7 m (2/2 UD)
Tebal lapisan aspal	: 4 cm
Tebal pelat lantai	: 22 cm
Dimensi girder	: PC-I Girder standar, tinggi 1,7 m dan lebar 0,7 m
Dimensi difragma dalam	: Tiggi 1,45 m dan lebar 0,2 m
Mutu beton	: Girder, difragma dan pelat lantai K-500
Mutu Tulangan	: BJTD-40

Material Baja Pretegang

- Tipe *strand*: : *Uncoated 7 wire super strands* ASTM A-416 Grade 270
- Diameter nominal *strand* : 12,7 mm
- Tegangan putus baja pretegang : $f_{pu} = 1.860$ MPa,
- Tegangan leleh baja pretegang : $f_{py} = 1.580$ MPa,
- Modulus elastisitas *strand* : $E_{ps} = 193.000$ MPa.

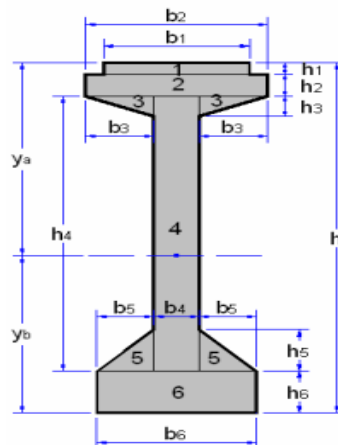
4. PEMBAHASAN

4.1 Section Properties

Penentuan dimensi penampang diperlukan untuk diketahui ketahanan penampang tersebut terhadap beban yang diterimanya. Perhitungan ini diperlukan untuk kebutuhan data perhitungan selanjutnya. Berikut *section properties* dari balok prategang PC-Girder ditunjukkan pada **Tabel 1** dan **Gambar 2**.

Tabel 1. Section Properties PC-I Girder

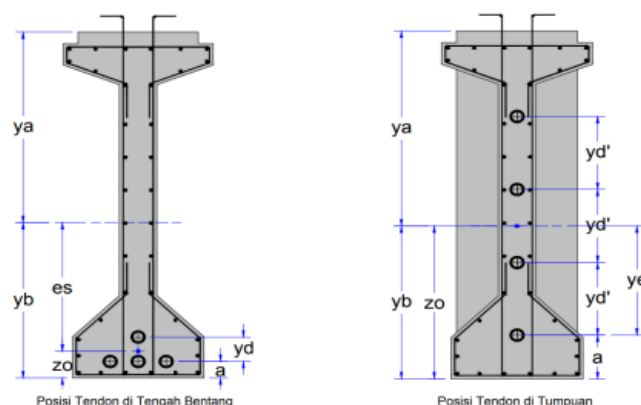
No.	Dimensi		Luas A	Jarak thd. alas y	Statis Momen $A \times y$	Inersia Momen $A \times y^2$	Inersia Momen I_0
	lebar (b)	Tinggi (h)					
	[m]	[m]	[m ²]	[m]	[m ³]	[m ⁴]	[m ⁴]
1	0,64	0,07	0,045	1,67	0,075	0,124	0,00002
2	0,80	0,13	0,104	1,57	0,163	0,255	0,00015
3	0,30	0,12	0,036	1,46	0,053	0,077	0,00003
4	0,20	1,25	0,250	0,88	0,219	0,191	0,03255
5	0,25	0,25	0,063	0,33	0,021	0,007	0,00022
6	0,70	0,25	0,175	0,13	0,022	0,003	0,00091
Total:			0,672		0,551	0,657	0,03387



Gambar 2. Pembagian luasan area penampang balok PC-I girder

4.2 Posisi dan Jumlah Tendon

Pada penampang PC-I girder, posisi tendon berbeda antara di tengah bentang dan di tumpuan. Berikut hasil penentuan posisi tendon PC-I girder berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Jumlah dan Posisi Tendon pada tengah bentang dan tumpuan

Berdasarkan hasil perencanaan, didapatkan kebutuhan jumlah tendon sebanyak 4 buah yang dipasang menjadi 4 baris sesuai gambar di atas. Adapun rinciannya terdiri dari:

Jumlah tendon baris ke-1 = 1 tendon, dengan 12 stands

Jumlah tendon baris ke-2 = 1 tendon, dengan 19 stands

Jumlah tendon baris ke-3 = 1 tendon, dengan 19 stands

Jumlah tendon baris ke-4 = 1 tendon, dengan 19 stands

4.3 Hasil Rekapitulasi Gaya

Hasil analisis berupa perhitungan gaya geser dan momen layan akibat kombinasi beban layan berdasarkan penginputan beban-beban menunjukkan bahwa beban TD memiliki kontrol lebih besar dibandingkan beban TT maka dalam pemilihan beban lalu lintas dipilih beban TD. Berikut hasil gaya geser dan momen akibat kombinasi beban pada penampang PC-I *girder* seperti dapat dilihat pada **Tabel 2** dan **Tabel 3**.

Tabel 2. Hasil rekapitulasi gaya momen PC-I *girder*

Jarak	Momen pada balok prategang akibat					
	Berat Balok	Berat Sendiri	Mati Tambah	lajur "D"	Rem	Angin
		MS	MA	TD	TB	EW
[m]	[kN.m]	[kN.m]	[kN.m]	[kN.m]	[kN.m]	[kN.m]
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,00	298,30	610,55	44,10	293,64	3,64	17,54
2,00	579,46	1.186,01	85,67	573,68	7,27	34,07
3,00	843,47	1.726,38	124,70	840,11	10,91	49,59
4,00	1.090,34	2.231,67	161,19	1.092,95	14,55	64,11
5,00	1.320,06	2.701,86	195,16	1.332,19	18,18	77,62
6,00	1.532,64	3.136,97	226,58	1.557,82	21,82	90,12
7,00	1.728,08	3.536,98	255,48	1.769,85	25,46	101,61
8,00	1.906,37	3.901,91	281,84	1.968,28	29,09	112,09
9,00	2.067,52	4.231,75	305,66	2.153,11	32,73	121,56
10,00	2.211,53	4.526,49	326,95	2.324,34	36,37	130,03
11,00	2.338,39	4.786,15	345,71	2.481,97	40,00	137,49
12,00	2.448,11	5.010,72	361,93	2.626,00	43,64	143,94
13,00	2.540,69	5.200,21	375,61	2.756,43	47,28	149,39
14,00	2.616,12	5.354,60	386,76	2.873,25	50,91	153,82
15,00	2.674,41	5.473,90	395,38	2.976,47	54,55	157,25
16,00	2.715,55	5.558,11	401,46	3.066,10	58,19	159,67
17,00	2.739,56	5.607,24	405,01	3.142,12	61,82	161,08
17,90	2.746,50	5.621,45	406,04	3.198,91	65,10	161,49

4.3 Hasil Analisis Tegangan

Tegangan yang telah diperhitungkan, dilihat pada kombinasi pembebanannya. Tegangan yang terjadi akibat kombinasi pembebanan dibandingkan dengan tegangan izin baik tekan maupun tarik. Dalam analisis tegangan izin pada PC-I *girder* mengacu pada RSNI T-12-2004 [3] dibagi menjadi dua keadaan ditunjukkan sebagai berikut:

Tegangan izin beton *girder* pada kondisi transfer

$$\text{Tarik, } \sigma_{ti} = 0,5 \times \sqrt{f_{ci}} = 2,88 \text{ MPa}$$

$$\text{Tekan, } \sigma_{ci} = -0,6 \times f_{ci} = -19,92 \text{ MPa}$$

Tegangan izin beton *girder* pada kondisi layan

$$\text{Tarik, } \sigma_{t\text{serv}} = 0,5 \times \sqrt{f'_c} = 3,22 \text{ MPa}$$

$$\text{Tekan, } \sigma_{c\text{serv}} = -0,45 \times f'_c = -18,67 \text{ MPa}$$

Tabel 3. Hasil Rekapitulasi Gaya Geser PC-I Girder

Jarak	Geser pada balok prategang akibat					
	Berat Balok	Berat Sendiri	Mati Tamba	Lajur "D"	Rem	Angin
		MS	MA	TD	TB	EW
[m]	[kN.m]	[kN.m]	[kN.m]	[kN.m]	[kN.m]	[kN.m]
0,00	306,87	628,09	45,37	300,44	3,64	18,04
1,00	289,73	593,01	42,83	286,84	3,64	17,04
2,00	272,58	557,92	40,30	273,24	3,64	16,03
3,00	255,44	522,83	37,76	259,64	3,64	15,02
4,00	238,30	487,74	35,23	246,04	3,64	14,01
5,00	221,15	452,65	32,70	232,43	3,64	13,00
6,00	204,01	417,56	30,16	218,83	3,64	12,00
7,00	186,87	382,47	27,63	205,23	3,64	10,99
8,00	169,72	347,38	25,09	191,63	3,64	9,98
9,00	152,58	312,29	22,56	178,03	3,64	8,97
10,00	135,43	277,20	20,02	164,43	3,64	7,96
11,00	118,29	242,11	17,49	150,83	3,64	6,96
12,00	101,15	207,03	14,95	137,23	3,64	5,95
13,00	84,00	171,94	12,42	123,63	3,64	4,94
14,00	66,86	136,85	9,88	110,02	3,64	3,93
15,00	49,72	101,76	7,35	96,42	3,64	2,92
16,00	32,57	66,67	4,82	82,82	3,64	1,92
17,00	15,43	31,58	2,28	69,22	3,64	0,91
17,90	0,00	0,00	0,00	56,98	3,64	0,00

Berikut hasil analisis terhadap nilai tegangan baik pada keadaan awal maupun transfer dibandingkan dengan tegangan izin sehingga menghasilkan nilai rasio tegangan terhadap tegangan izin seperti pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Tegangan pada Kondisi Awal dan Setelah *Loss of Prestress*

Kondisi	Lokasi Tegangan	Tegangan pada Girder [kPa]		Rasio Tegangan terhadap Tegangan Izin
		PC-I	Izin	PC-I
		Keadaan Awal	Serat atas girder	1.668
	Serat bawah girder	-19.920	-19.920	1,000
Keadaan Setelah <i>Loss of Prestress</i>	Serat atas girder	2.915	3.220	0,905
	Serat bawah girder	-15.593	-18.670	0,835

Berikut kontrol tegangan pada penampang PC-I girder terhadap kombinasi pembebanan yang telah diperhitungkan, seperti ditunjukkan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Hasil Analisis Tegangan

Komb.	Teg	Berat Sendiri	Mati Tamb.	Susut-Rangkak	Pra tegang	Lajur "D"	Rem	Temp.	Angin	Teg.	Ket.
		MS	MA	SR	PR	TD	TB	ET	EW	KOMB	
1	fac	-10.768	-778	-820	5.327,73	-6.128	-127			-13.294	< Teg. Izin (Aman)
	f'ac	-7.872	-569	-167	2.071,89	-4.480	-93			-11.109	< Teg. Izin (Aman)
	fbc	14.505	1.048	-165	-23.086,87	8.254	171			727	< Teg. Izin (Aman)
2	fac	-10.768	-778	-820	5.327,73	-6.128	-127	-794,24		-14.088	< Teg. Izin (Aman)
	f'ac	-7.872	-569	-167	2.071,89	-4.480	-93	-1206,25		-12.315	< Teg. Izin (Aman)
	fbc	14.505	1.048	-165	-23.086,87	8.254	171	-520,23		207	< Teg. Izin (Aman)
3	fac	-10.768	-778	-820	5.327,73	-6.128	-127		-309	-13.603	< Teg. Izin (Aman)
	f'ac	-7.872	-569	-167	2.071,89	-4.480	-93		-226	-11.335	< Teg. Izin (Aman)
	fbc	14.505	1.048	-165	-23.086,87	8.254	171		417	1.144	< Teg. Izin (Aman)

Tabel 6. Hasil Analisis Tegangan lanjutan

Komb.	Teg	Berat Sendiri	Mati Tamb.	Susut-Rangkak	Pra tegang	Lajur "D"	Rem	Temp.	Angin	Teg.	Ket.
		MS	MA	SR	PR	TD	TB	ET	EW	KOMB	
4	fac	-10.768	-778	-820	5.327,73	-6.128	-127	-794,24	-309	-14.397	< Teg. Izin (Aman)
	f'ac	-7.872	-569	-167	2.071,89	-4.480	-93	-1.206,25	-226	-12.542	< Teg. Izin (Aman)
	fbc	14.505	1.048	-165	-23.086,87	8.254	171	-520,23	417	623	< Teg. Izin (Aman)
5	fac	-10.768	-778	-820	5.327,73					-7.039	< Teg. Izin (Aman)
	f'ac	-7.872	-569	-167	2.071,89					-6.536	< Teg. Izin (Aman)
	fbc	14.505	1.048	-165	-23.086,87					-7.699	< Teg. Izin (Aman)

Keterangan:

fac = Tegangan beton di serat atas pelat

f'ac = Tegangan beton di serat atas balok

fbc = Tegangan beton di serat bawah balok

4.4 Hasil Analisis Lendutan

Pengecekan terhadap nilai lendutan girder yang dibandingkan terhadap lendutan yang diizinkan, yakni $\delta = \frac{L}{800} = 0,04475$ m dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Hasil Kontrol Lendutan

Komb.	Berat sendiri	Mati tamb.	Susut-Rangkak	Pra tegang	Lajur "D"	Rem	Temp.	Angin	Lend.	Ket.
	MS	MA	SR	PR	TD	TB	ET	EW	KOMB	
1	0,0493	0,0036	-0,00637	-0,0397	0,0106	0,00072			0,0182	< 0,04475 (OK)
2	0,0493	0,0036	-0,00637	-0,0397	0,0106	0,00072	0,00079		0,0189	< 0,04475 (OK)
3	0,0493	0,0036	-0,00637	-0,0397	0,0106	0,00072		0,00142	0,0196	< 0,04475 (OK)
4	0,0493	0,0036	-0,00637	-0,0397	0,0106	0,00072	0,00079	0,00142	0,0204	< 0,04475 (OK)
5	0,0493	0,0036	-0,00637	-0,0397					0,0068	< 0,04475 (OK)

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dengan desain jembatan bentang 35,8 m menggunakan profil PC-I girder, rasio tegangan terhadap tegangan izin pada penampang PC-I girder tidak ada yang melampaui dari batas tegangan izin, tetapi pada serat bawah PC-I girder mempunyai rasio tegangan sebesar 1,000.
2. Pengecekan juga dilakukan dalam meninjau rasio lendutan terhadap lendutan izin. Penampang PC-I girder sudah memenuhi lendutan izin dengan nilai lendutan di bawah L/800.

5.2 Saran

Saran dalam penelitian selanjutnya perlu adanya perubahan dalam setiap komponen jembatan. Dalam penggunaan material dasar jembatan, material baja dapat menjadi bahan pertimbangan dalam penentuan material profil jembatan. Apabila meninjau dari profil gelagar, box girder dapat dijadikan acuan dasar dalam komparasi dengan profil PC-I girder.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] American Association of State Highway and Transportation Officials. (2020). LRFD Bridge Design Specifications 9th Edition. Amerika: AASHTO.
- [2] Adhimix Precast. 2024. Katalog Precast Concrete. Jakarta: Adhimix Precast
- [3] Badan Standardisasi Nasional. (2004). RSNI T-12-2004 (Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [4] Badan Standardisasi Nasional. (2016). SNI 1725:2016 (Pembebanan untuk Jembatan). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [5] Batubara, Samsuardi., & Simatupang, Larno. (2018). Perencanaan Jembatan Beton Prategang dengan Bentang 24 Meter Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI). *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil*, 1 (2):45-61.
- [6] Mahulae, Beny C. (2011). Redesain Balok Girder Pada Bentang Tengah Flyover Balaraja Dengan Menggunakan PCI Girder. Serang: Untirta
- [7] Nawy, Edward G. (2009). *Prestressed Concrete: A Fundamental Approach* (5th ed.). New Jersey: Pearson Education.
- [8] Pertiwi, Mutiara. (2021). *Desain PCI-Girder Untuk Bentang 42 m Berdasarkan Pembebanan SNI 1725:2016 (Studi Kasus : Jalan Soebrantas, Desa Sei. Injab)*. Bengkalis: eprosidingsnit-polbeng.org
- [9] Prasetyo, H. (2018). *Optimalisasi Disain Jembatan Buntung Di Sleman Yogyakarta Menggunakan PCI Girder Dengan Variasi Mutu Beton Dan Tinggi Girder*. Yogyakarta: Dspace.Uii.ac.id
- [10] Precast/Prestressed Concrete Institute. (2014). *PCI Bridge Design Manual* (3th ed.). Chicago: Precast/Prestressed Concrete Institute.
- [11] Struyk, Veen, V. D., & Soemargono. (1995). *Jembatan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.