

Analisis Pengangkatan Precast I-Girder Dengan Posisi Titik Pengangkatan $1/4 L$

MUHAMMAD KHOLIS NURZEN¹, EUNEKE WIDYANINGSIH²

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung

Email: kholisnurzen08@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini meninjau perencanaan pemasangan balok gelagar beton pracetak pratekan (PCI girder) untuk meningkatkan keselamatan di proyek konstruksi. Mengingat lonjakan kecelakaan kerja di sektor konstruksi yang tercatat oleh BPJS, perencanaan teknis yang teliti menjadi semakin penting. Studi ini menggunakan data dari brosur WIKA PCI girder untuk menghitung gaya prategang, distribusi tegangan, dan stabilitas struktur selama pengangkatan dengan metode double crane. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan tumpuan sendi dan rol sebagai titik angkat. Hasil analisis menunjukkan bahwa tegangan pada semua jenis girder berada di bawah tegangan izin, sehingga proses pemasangan girder dengan variasi titik angkat pada $1/4$ panjang girder dinyatakan aman. Temuan ini menyoroti pentingnya perencanaan yang detail dalam mencegah kecelakaan kerja dan menjamin stabilitas struktur selama proses konstruksi.

Kata kunci: PCI Girder, Erection Girder, Girder, Prategang

1. PENDAHULUAN

Keselamatan dalam konstruksi sangat penting karena berdampak langsung pada pekerja. Data BPJS menunjukkan lonjakan kecelakaan kerja di sektor ini, dari 114.000 kasus pada 2019 menjadi 177.000 pada 2020, yang kemungkinan lebih tinggi karena tidak semua pekerja terdaftar. Kecelakaan seperti robohnya girder pada proyek Tol Cibitung-Cilincing sering disebabkan oleh kesalahan manusia, kegagalan peralatan, atau perencanaan yang kurang memadai, yang bisa berakibat fatal. Penelitian ini menyoroti pentingnya analisis perencanaan dalam pemasangan balok gelagar beton pracetak pratekan, terutama dalam menentukan titik angkat optimal untuk menghindari momen negatif yang merusak struktur. Perhitungan teknis mengenai batas tegangan dan dimensi crane harus dilakukan dengan teliti oleh Konsultan Perencana.

2. TINJAUAN PUSTAKA

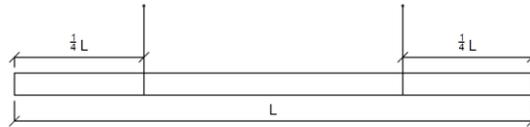
2.1 Pretension dan Post-tension

Menurut Nawy (2001) *Pretension* dan *post-tension* adalah dua metode yang digunakan dalam konstruksi beton bertulang untuk meningkatkan kekuatan dan kinerja struktural elemen beton. Kedua metode ini melibatkan penggunaan *tendon* (biasanya berupa kawat baja berkekuatan tinggi) yang ditempatkan dalam elemen beton untuk menghasilkan pra-tegang atau pascategang.

2.2 Metode Pengangkatan Precast I Girder

Pengangkatan girder jembatan dengan menggunakan *double crane* merupakan teknik yang sering digunakan dalam proyek konstruksi jembatan. Double crane adalah sistem derek yang terdiri dari dua derek yang terpasang secara sejajar dan beroperasi bersama-sama untuk mengangkat,

memindahkan, dan menempatkan balok atau girder jembatan dengan keamanan dan efisiensi tinggi, pengangkatan girder menggunakan *double crane*. Metode pengangkatan dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Metode Pengangkatan Precast I-Girder

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pengambilan Data

Penelitian ini pengambilan data diambil pada brosur WIKA PCI girder, untuk perhitungan kebutuhan tendon hanya yang ditandai dengan warna merah sedangkan untuk menganalisis pengangkatan pada sekuruh bentang yang ada pada brosur WIKA tersebut. Brosur tersebut dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Gambar 2. Brosur WIKA Pengambilan Data (Sumber: WIKA Beton Bridge Product, 2017)

3.2 Konsep Dasar Pada Beton Prategang

Menurut T.Y. Lin dan Burn (1982), Beton prategang adalah jenis beton yang diberi tegangan internal tertentu sehingga distribusinya dapat mengimbangi tegangan yang muncul akibat beban eksternal hingga batas tertentu. Biasanya, prategang dilakukan dengan cara menarik baja tulangan. Berdasarkan pandangan ini, beton diperlakukan sebagai material yang mengalami dua sistem pembebanan yaitu gaya internal dan gaya eksternal, di mana tegangan tarik akibat gaya eksternal dilawan oleh tegangan tekan dari gaya prategang. Menurut Dr. Ir. Nawir Rasidi, ST., MT., IPU., Rizaldi Ibrahim, S.Tr.T. (2023). Dari pernyataan tersebut dapat dihitung distribusi tegangan yang dihasilkan yaitu:

$$f = \frac{P}{A} \pm \frac{M \cdot y}{I} \pm \frac{P \cdot e \cdot y}{I}$$

Dimana:

P = gaya Prategang
A = Luas Penampang

e = Eksentrisitas tendon
Y = jarak dari sumbu yang melalui titik berat

I = momen inersia penampang

3.3 Pembebanan

Beban yang digunakan yaitu Beban sendiri (*Dead Load*) dihitung secara manual dan otomatis oleh *software* analisis struktur. Berat jenis dari material dan konstruksi adalah berat beton prategang sebesar 2500 kg/m^3

a. Gaya Prategang

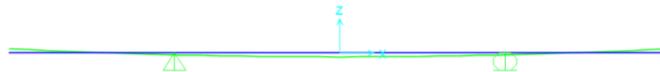
Gaya prategang adalah tegangan yang diberikan sengaja pada struktur sebelum menerima beban operasional. Ada dua jenis prategang yaitu kondisi awal (prategang pasif) yang diterapkan sebelum beban dan kondisi akhir (prategang aktif) yang diterapkan setelahnya

b. Eksentrisitas

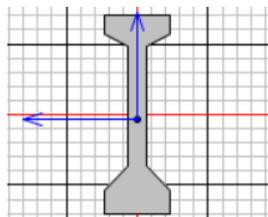
Eksentrisitas adalah jarak atau perpindahan suatu titik atau gaya dari sumbu, pusat, atau titik referensi tertentu dalam suatu struktur atau sistem. Eksentrisitas dapat memengaruhi distribusi tegangan, momen lentur, momen torsi, dan stabilitas struktural secara keseluruhan.

3.4 Pemodelan

Perhitungan penelitian ini dibantu dengan salah satu *software* analisis struktur untuk memodelkannya. Pemodelan yang akan di modelkan dengan tumpuan sendi dan rol sebagai titik pengangkatan pada *girder* yang dapat dilihat pada **Gambar 3.** dan tampak depan pada **Gambar 4.**



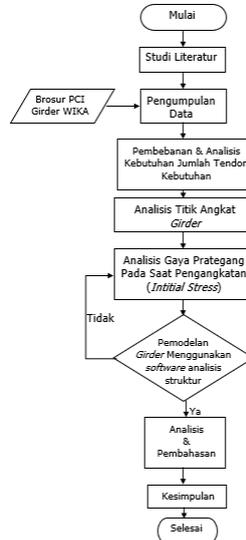
Gambar 3. Pemodelan Precast I-Girder



Gambar 4. Tampak Depan

4.KAJIAN KONFIGURASI DAN PEMODELAN

Berikut adalah diagram alir penelitian dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Diagram Alir

4.3 Hasil Perhitungan

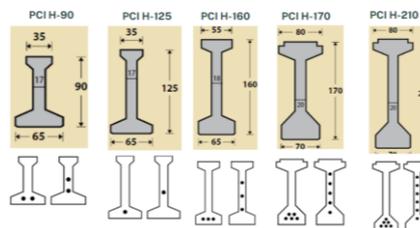
a. Gaya Prategang & Kebutuhan Tendon

Hasil Perhitungan didapatkan gaya Prategang dan jumlah tendon pada masing-masing jenis, hasil dari perhitungan tersebut dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Perhitungan

No	Jenis	Panjang Bentang (m)	Gaya Prategang (kN)	Jumlah Tendon	Jumlah Strands
1	PC I H-90	15	1746,89	1	15
2	PC I H-125	20	1451,44	1	12
3	PC I H-160	30	5591,62	3	47
4	PC I H-170	40	11113,32	4	88
5	PC I H-210	50	12793,83	6	103

Di bawah ini adalah posisi tendon sebelum dan sesudah. Bagian kiri menunjukkan posisi tendon di ujung girder, sementara bagian kanan menunjukkan posisi tendon di tengah girder, seperti terlihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Posisi Tendon

b. Gaya Yang Terjadi

Setelah pemodelan dilakukan pada seluruh bentang didapatkan gaya-gaya yang bekerja pada bentang, diantaranya adalah momen dan defleksi (lendutan) pada bentang, pada *resume output* momen dan defleksi (lendutan) yang terjadi pada balok dengan nilai positif (+) pada momen adalah nilai momen diatas sumbu x, begitu juga dengan defleksi. Berikut merupakan hasil resume dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Resume Gaya Pada Bentang

No	Jenis	Jumlah Tendon	Panjang Bentang (m)	Variasi Titik Angkat 1/4 L			
				Momen (kNm)		Defleksi (mm)	
				M+	M-	(+)	(-)
1	PCI H-90cm	2 Tendon	10	1016,92	-971,92	4,30	-0,19
2			11	967,99	-980,69	5,20	-0,25
3			12	1022,36	-987,68	6,09	-0,31
4			13	985,26	-986,45	6,01	-0,32
5			14	987,64	-994,14	8,06	-0,42
6			15	1011,68	-996,21	9,32	-0,46
7			16	1025,78	-999,08	10,78	-0,55
8	PCI H-125cm	1 Tendon	16	384,52	-363,25	1,70	-0,07
9			17	385,92	-364,85	1,91	-0,09
10			18	386,66	-366,29	2,14	-0,10
11			19	379,15	-366,90	2,35	-0,12
12			20	379,33	-367,95	2,60	-0,13
13			21	379,99	-368,87	2,87	-0,15
14			22	389,30	-369,88	2,86	-0,14
15	PCI H-160cm	3 Tendon	23	390,06	-371,08	2,85	-0,14
16			22	1576,32	-1572,21	10,59	-0,55
17			23	1581,91	-1579,95	5,50	-0,26
18			24	1580,47	-1581,52	5,96	-0,29
19			25	1563,77	-1581,73	6,40	-0,33
20			26	1562,21	-1583,03	6,90	-0,36
21			27	1560,60	-1584,49	7,41	-0,39
22	28	1572,30	-1584,47	8,01	-0,41		
23	29	1570,31	-1585,45	8,57	-0,45		
24	30	1570,37	-1588,04	8,18	-0,43		
25	31	1559,56	-1588,26	8,67	-0,47		
26	PCI H-170cm	5 Tendon	30	3113,42	-3192,49	11,25	-0,58
27			31	3092,01	-3192,23	11,92	-0,63
28			32	3088,37	-3193,96	12,66	-0,68
29			33	3084,67	-3195,09	13,42	-0,73
30			34	6096,06	-3194,69	14,29	-0,77
31			35	3094,26	-3198,12	13,52	-0,73
32			36	3092,01	-3201,21	13,03	-0,71
33	37	3077,51	-3200,90	13,68	-0,76		
34	38	3073,54	-3201,72	14,40	-0,80		
35	39	3269,54	-3202,68	15,13	-0,85		
36	40	3073,83	-3202,40	15,94	-0,89		
37	41	3069,57	-3203,09	16,70	-0,94		
38	PCI H-210cm	6 Tendon	35	3609,57	-3739,69	10,30	-0,53
39			36	3604,84	-3740,73	10,86	-0,56
40			37	3587,89	-3740,75	11,40	-0,60
41			38	3583,27	-3741,66	11,98	-0,64
42			39	3580,96	-3744,92	11,27	-0,61
43			40	3586,04	-3744,82	11,86	-0,64
44			41	3581,09	-3745,58	12,43	-0,67
45	42	3576,11	-3746,30	13,01	-0,71		
46	43	3564,14	-3746,21	13,57	-0,75		
47	44	3561,01	-3748,63	12,95	-0,72		
48	45	3556,13	-3749,24	13,51	-0,76		
49	46	3556,21	-3749,08	14,12	-0,79		
50	47	3551,10	-3749,64	14,71	-0,82		
51	48	3545,97	-3750,17	15,31	-0,86		
52	49	3537,32	-3750,02	15,88	-0,90		
53	50	3533,65	-3751,89	15,28	-0,87		

c. Tegangan

Pada setiap bentang memiliki tegangan, tegangan yang terjadi pada bentang dengan rumus

$$\sigma = \frac{M \cdot x Y}{I}$$

Nilai momen (M) diambil momen paling besar dari berbagai jenis, sedangkan nilai Y adalah jarak paling besar ke titik berat pada penampang, berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan nilai yang terjadi dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Tegangan pada Bentang

No	Jenis	Tegangan Bentang (Mpa)	Tegangan Ijin (Mpa)	Keterangan
1	PC I H-90	10,335	24	Ok
2	PC I H-125	3,025	36	Ok
3	PC I H-160	3,743	30	Ok
4	PC I H-170	4,555	36	Ok
5	PC I H-210	3,583	42	Ok

4. KESIMPULAN

Pada *girder* yang dimodelkan adalah PCI girder diambil dari brosur WIKA yang memiliki 53 varian dan 5 bentuk *girder* yang berbeda bentuk dan tinggi pada *girder*, analisis dan pembahasan terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan, antara lain:

1. Pada masing-masing kelompok bentuk dan nilai gaya prategang semakin meningkat seiring dengan bertambahnya panjang. Sebagai contoh pada bentang 10 m diperoleh tegangan awal (*initial stress*) 4342,24 kN, sementara pada bentang 50 m diperoleh tegangan awal (*initial stress*) 12793,83 kN.
2. Nilai momen pada bentang 10-23 m nilai momen paling besar berada pada momen positif yaitu berada pada tengah bentang, sedangkan pada bentang 24-50 m nilai momen paling besar berada pada momen nilai momen negatif yaitu berada pada tepi bentang. Sebagai contoh momen pada bentang 23m dengan jenis PCI H-160 cm nilai momen negatif (M-) adalah 1579,95 kNM, pada momen positif (M+) adalah 1581,91 kNM. Sedangkan pada bentang 24m dengan jenis PCI H-160 cm nilai momen negatif (M-) adalah 1581,52 kNM, pada momen positif (M+) adalah 1580,47 kNM.
3. Defleksi pada seluruh bentang terjadi nilai paling besar berada pada Tengah bentang yang mengalami lendutan keatas. seperti contoh pada bentang 50 m nilai defleksi pada Tengah bentang diperoleh 15,28 mm sedangkan nilai defleksi pada tepi bentang diperoleh 0,87mm.
4. Tegangan yang terjadi dalam proses pengangkatan pada seluruh tipe *girder* lebih kecil dari tegangan ijin, sehingga proses konstruksi *erection girder* dengan menggunakan variasi titik angkat pada 1/4 L dinyatakan aman. Seperti contoh pada PCI H-210 cm nilai tegangan bentang sebesar 3,583 Mpa sedangkan nilai tegangan ijin PCI H210 cm adalah 42 Mpa, artinya tegangan bentang < tegangan ijin, maka bentang tersebut dinyatakan aman

DAFTAR PUSTAKA

- Hamidi, A. (2021). Analisis Posisi Optimal Pengangkatan Balok U-shell Dengan Menggunakan Crane . *Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru*, 1-6.
- Ilham , M. N. (2008). Perhitungan Balok Prategang (PCI-Girder). *PT.Panji Bangun Perseda* (hal. 25-46). Barito Kuala : Anyflip.
- Dr. Ir. Nawir Rasidi, S., & RizaldiIbrahim, S. (2023). *PERENCANAAN JEMBATAN BETON PRATEGANG*. Indonesia: CV. DOTPLUS Publisher.
- Nawi, E. G., & Hardani, H. W. (2001). *Beton Prategang*. Indonesia: Erlangga.
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. Standar Pembebanan Jembatan. SNI 1725-2016. Jakarta