

Artikel Ilmiah
REDESAIN JEMBATAN DODOKAN TIPE PRATEGANG
MENGGUNAKAN SISTEM STATIS TAK TENTU

Redesign of Dodokan Bridge Using Prestress Continuous Beams

Tugas Akhir
Untuk memenuhi sebagian persyaratan Mencapai
derajat Sarjana S-1 Jurusan TekNik Sipil



Oleh :
AHMAD SYARANI
F1A 013 011

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MATARAM
2018

ARTIKEL ILMIAH

**REDESAIN JEMBATAN DODOKAN TIPE PRATEGANG
MENGUNAKAN SISTEM STATIS TAK TENTU**

Redesign of Dodokan Bridge Using Prestress Continuous Beams

Oleh:

**AHMAD SYARANI
F1A 013 011**

Telah diperiksa dan disetujui oleh Tim Pembimbing:

1. Pembimbing Utama



Ir. Suryawan Murtiadi, M.Eng., Ph.D.
NIP. 19580718 199303 1 001

Tanggal: 14 November 2018

2. Pembimbing Pendamping



Pathurahman, ST., MT.
NIP. 19661231 199401 1 018

Tanggal: November 2018

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Jauhar Fajrin, ST., MSc(Eng.), Ph.D.
NIP. 19740607 199802 1 001

TUGAS AKHIR

REDESAIN JEMBATAN DODOKAN TIPE PRATEGANG MENGGUNAKAN SISTEM STATIS TAK TENTU

Redesign of Dodokan Bridge Using Prestress Continuous Beams

Oleh:

AHMAD SYARANI
F1A 013 013

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Pada tanggal 10 November 2018
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji:

1. Penguji I



I Nyoman Merdana, ST., MT.
NIP. 19680913 199703 1 001

Tanggal: 19 November 2018

2. Penguji II



Hariyadi, ST., MSc(Eng)., Ph.D.
NIP. 19731027 199802 1 001

Tanggal: 4 November 2018

3. Penguji III



Dr. Siti Nur Rahmah A, ST., MT.
NIP. 19720201 199803 2 001

Tanggal: November 2018

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Almaruddin, ST., MSc(Eng)., Ph.D.
NIP. 19681231 199412 1 001

Artikel Ilmiah

REDESAIN JEMBATAN DODOKAN TIPE PRATEGANG MENGUNAKAN SISTEM STATIS TAK TENTU

Ahmad Syarani¹, Suyawan Murtiadi², Pathurahman²
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram

ABSTRAK

Jembatan Dodokan merupakan jembatan yang menghubungkan ruas jalan Gerung-Lembar yang memiliki bentang 25 meter dan 45 meter dengan satu pilar. Jembatan ini menggunakan beton prategang sebagai konstruksi utamanya dengan system balok sederhana. Sistem ini mengakibatkan momen yang terjadi pada tengah bentang besar, sehingga ukuran penampang yang diperlukan juga lebih besar. Dalam tugas akhir ini dilakukan perencanaan ulang jembatan Dodokan menggunakan beton prategang segmental I girder dengan system statis tak tentu. Tujuan penggunaan system ini adalah untuk mereduksi momen yang terjadi sehingga memungkinkan ukuran penampang menjadi lebih kecil.

Perencanaan jembatan ini dimulai dengan pengumpulan data-data yang diperlukan seperti panjang dan lebar jembatan, lebar jalan dan trotoar, data tanah dan lain-lain. Dari data-data perencanaan kemudian dilakukan preliminary desain penampang dan perhitungan pembebanan dengan bantuan program SAP 2000. Selanjutnya dilakukan kontrol tegangan, lendutan, momen, dan geser, kemudian perhitungan penulangan girder dan blok ujung. Setelah perhitungan struktur atas dilakukan, tahap selanjutnya perhitungan bangunan bawah yang terdiri dari abutment, pilar, dan pondasi.

Hasil analisis didapatkan girder yang digunakan memiliki tinggi 1,90 meter dengan 3 buah tendon. Pada setiap tendon terdiri dari 21 strand dengan diameter strand 15,7 mm spesifikasi BBR VT CONA CMI SP. Gaya prategang awal yang didapat sebesar 10750,00 kN, dengan gaya prategang efektif sebesar 8448,207 kN dengan total kehilangan prategang sebesar 33,200%. Dimensi bangunan bawah digunakan abutment dengan tinggi 5,2 meter dengan lebar pile cap 4 meter dan pilar dengan tinggi 7,4 meter dengan lebar pile cap 5 meter. Adapun pondasi menggunakan pondasi dalam (tiang pancang) beton pejal dengan diameter 0,6 m dan kedalaman 17 m.

Kata kunci: *Segmental I girder*, Beton prategang, Statis tak tentu, Jembatan

¹Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Mataram

²Dosen Teknik Sipil Universitas Mataram

Pendahuluan

A. Latar belakang

Di Indonesia saat ini konstruksi jembatan yang sedang banyak digunakan adalah jembatan dengan konstruksi menggunakan beton prategang. Beton prategang merupakan kombinasi dari beton dan kabel baja dimana beton diberikan tegangan melalui kabel baja (tendon) yang di tarik. Penggunaan beton prategang muncul akibat tidak efektifnya beton konvensional atau beton bertulang jika digunakan pada bentang yang relatif panjang. Dimana pada beton bertulang penampang yang mengalami retak pada bagian tarik tidak bekerja efektif dan merupakan beban mati yang tidak bermanfaat.

Jembatan Dodokan merupakan salah satu jembatan yang ada di Lombok yang menggunakan girder beton prategang sebagai bahan konstruksinya. Jembatan dodokan merupakan jembatan yang menghubungkan ruas jalan Gerung-Lembar yang merupakan ruas jalan nasional. jembatan ini memiliki panjang 70 meter yang dibagi menjadi dua bentang yakni masing-masing memiliki panjang 45 meter dan 25 meter. Adapun girder yang digunakan pada jembatan ini adalah girder berbentuk I tipe post tensioning dengan sistem balok sederhana (statis tertentu).

Sebagaimana diketahui penggunaan beton prategang memungkinkan ukuran penampang menjadi lebih kecil, namun kapasitas memikul beban yang lebih besar dibandingkan beton bertulang. Namun penggunaan sistem struktur statis tertentu mengakibatkan

terjadinya momen yang besar di tengah bentang sehingga ukuran penampang yang diperlukan juga akan lebih besar. Perubahan sistem struktur dari statis tertentu menjadi statis tak tentu adalah salah satu solusi yang dapat digunakan untuk mereduksi momen yang terjadi. Dengan menggunakan balok menerus lendutan yang ditimbulkan akan semakin kecil sehingga otomatis dapat mereduksi ukuran dari penampang menjadi lebih kecil. Selain itu penggunaan balok menerus juga dapat meningkatkan kekakuan dari struktur yang akan dibangun. Segmental I girder dengan sistem struktur statis tak tentu akan digunakan dalam redesain Jembatan Dodokan.

B. Rumusan masalah

- 1) Bagaimana merencanakan dimensi I girder untuk sistem statis tak tentu.
- 2) Bagaimana menganalisis struktur jembatan statis tak tentu menggunakan I girder
- 3) Bagaimana menentukan jumlah tendon yang diperlukan.
- 4) Berapa kehilangan prategang yang terjadi pada system statis tak tentu
- 5) Bagaimana merencanakan struktur bawah jembatan
- 6) Bagaimana perbandingan elemen struktur desain eksisting dengan desain perencanaan ulang.

C. Tujuan perencanaan

- 1) Mengetahui cara perencanaan jembatan prategang I girder dengan system statis tak tentu.
- 2) Mengetahui dimensi bangunan bawah jembatan

- 3) Membandingkan elemen struktur desain eksisting dengan desain perencanaan ulang

Tinjauan Pustaka

A. Tinjauan pustaka

Beton prategang bukan merupakan konsep baru, pada tahun 1872, pada saat P.H Jackson, seorang insinyur dari California, mendapatkan paten untuk sistem struktural yang menggunakan *tie rod* untuk membuat pelengkung dari balok-balok. Pada tahun 1888, C.W Doehring dari Jerman memperoleh paten untuk memberikan prategang pada slab dengan kawat-kawat metal (Nawy,2001).

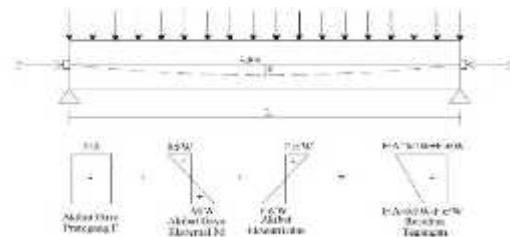
Untuk kondisi bentang dan beban yang sama, komponen struktur prategang mempunyai tinggi yang lebih kecil dibandingkan beton bertulang. Pada umumnya komponen struktur beton prategang berkisar antara 65 sampai 80 persen dari tinggi komponen struktur beton bertulang. Dengan demikian, komponen struktur prategang membutuhkan lebih sedikit beton, dan sekitar 20 sampai 35 persen banyaknya tulangan. (Nawy,2001). Reduksi momen dan tegangan di tengah bentang dengan cara desain sistem yang menerus akan menghasilkan komponen struktur dengan tinggi lebih kecil sekaligus mempunyai kekakuan lebih besar dan defleksi lebih kecil dibandingkan dengan komponen struktur yang ditumpu sederhana dengan bentang dan beban yang sama. Dengan demikian, struktur yang lebih ringan dengan pondasi yang lebih ringan pula akan menghasilkan harga bahan

dan biaya pelaksanaan yang lebih rendah. Selain itu, kestabilan struktural dan ketahanan terhadap beban lateral dan longitudinal biasanya akan meningkat. (Nawy,2001).

B. Landasan Teori

Analisis prategang

Sebuah balok yang mengalami suatu gaya prategang eksentris sebesar P yang ditempatkan dengan eksentrisitas (e). Eksentrisitas akan menambah kemampuan untuk menerima atau memikul tegangan tarik yang lebih besar lagi pada serat bawah. Prategang juga menyebabkan perimbangan gaya-gaya dalam komponen beton prategang. Konsep ini terutama terjadi pada beton prategang post-tension.



Gambar 1 Distribusi Tegangan Tendon Eksentris

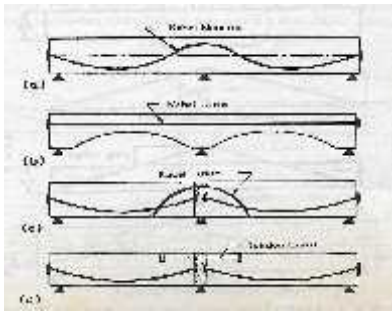
Kerugian kontinuitas pada beton Prategang

Ada beberapa kerugian dalam menggunakan elemen prategang kontinu (Nawy, 2001).

1. Kehilangan gesekan lebih besar karena tendonnya lebih panjang dan lebih banyak mempunyai kelengkungan
2. Adanya momen dan geser di tumpuan, yang berarti mengurangi kekuatan momen di penampang di daerah tumpuan

- Efek tegangan sekunder yang besar akibat susut, rangkai, variasi temperature dan penurunan tumpuan.

Metode-Metode Untuk Mencapai Kontinuitas



Gambar 2 Tata-letak tendon untuk balok menerus

Kontinuitas pada konstruksi beton prategang dicapai dengan memakai kabel-kabel melengkung atau lurus yang menerus sepanjang beberapa bentangan seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.18 (a) dan (b). Juga dimungkinkan Untuk menimbulkan kontinuitas antara dua balok pracetak dengan memakai “kabel tutup” (*cap cable*) seperti ditunjukkan dalam dalam Gambar 2.19 (c). Altrnatif lain, Tendon-tendon lurus yang pendek dapat dipakai diatas tumpuan untuk menimbulkan Kontinuitas antara balok prategang pracetak seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.18 (d) (Raju, 1986).

Metodologi perencanaan

Tahap awal yang dilakukan yaitu pengumpulan data-data yang diperlukan dalam perencanaan. Apabila data-data yang diperlukan sudah didapat maka tahap perencanaan desain jembatan bisa dilaksanakan, dengan tujuan mnegetahui konstruksi jembatan

secara keseluruhan yang tepat sesuai analisa dari data yang telah diperoleh. Tahap ini meliputi:

Perancangan dan gambar detail konstruksi

- Struktur atas jembatan

- Gelagar memanjang
- Gelagar melintang
- Plat lantai
- Sandaran dan trotoar

- Struktur bawah jembatan

- Pangkal jembatan
- Pilar jembatan
- Pondasi

Hasil dan pembahasan

Data perencanaan

- Bentang jembatan:70 meter
- Lebar jembatan :9.7 meter
- Lebar lajur : 2 x 3,5 meter
- Jenis Struktur atas jembatan:I girder
- Kelas Jembatan :Kelas A
- Lebar trotoar :1,00 meter
- Tebal trotoar :0.25 meter

A. Perhitungan bangunan sekunder

Pipa sandaran menggunakan pipa dengan diameter 76,3 mm dan tebal 2,8 mm dengan berat 5,08 kg/m

Tiang sandaran menggunakan baja profil H dengan ukuran B=50 mm, H= 100 mm, tebal flens = 5 mm, dan tebal web = 7 mm. Adapun plat landas menggunakan plat dengan ukuran 15 x 15 x 2,5 cm

Dinding sandaran menggunakan tulangan pokok Ø13-100 dan tulangan bagi Ø8-100.

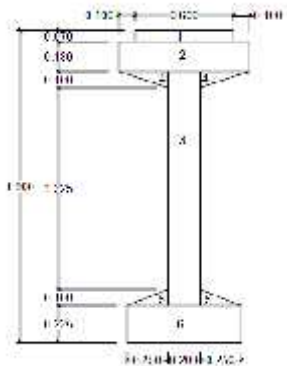
Lantai trotoar menggunakan tulangan utama D16-150 dan tulangan bagi Ø10-150.

Diafragma menggunakan tulangan 4Ø13 dan sengkang menggunakan Ø8-200.

Plat lantai kendaraan menggunakan beton mutu 30 Mpa dan tulangan dengan mutu $f_y = 400$ Mpa. Didapat kan tebal plat lantai kendaraan sebesar 200 mm dengan tulangan arah melintang D16-100 dan arah memanjang D16-250.

B. Perencanaan girder

Dimensi box girder



Gambar 3 Dimensi I girder

Mencari momen inersia

Tabel 1 Momen Inersia untuk mencari titik berat penampang

NO	DIMENSI		Luas Tampang A (m ²)	Jarak thd alas y (m)	Statis Momen A * y (m ³)	Inersia Momen A * y ² (m ⁴)	Inersia Momen I _o (m ⁴)
	Lebar b (m)	Tinggi h (m)					
1	0.6	0.07	0.042	1.865	0.078	0.146	1.7E-05
2	0.8	0.18	0.144	1.740	0.251	0.436	3.9E-04
3	0.2	1.425	0.285	0.938	0.267	0.250	4.8E-02
4	0.3	0.1	0.030	1.617	0.049	0.078	2.5E-05
5	0.25	0.1	0.025	0.258	0.006	0.002	2.1E-05
6	0.7	0.225	0.158	0.113	0.018	0.002	6.6E-04
			0.684		0.669	0.915	0.049

Letak titik berat :

$$y_b = \frac{\sum A x y}{\sum A} = 0,978$$

$$y_a = H - y_b = 0,922$$

Momen inersia terhadap alas balok :

$$I_b = A x y^2 + I_o = 0,964 \text{ m}^4$$

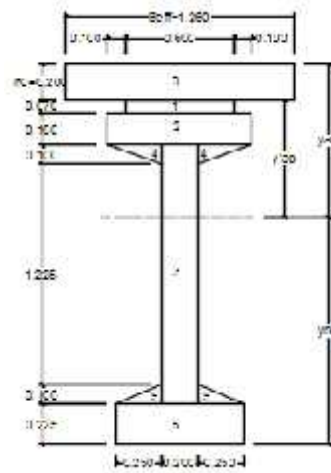
$$I_x = I_b - A x y_b^2 = 0,310 \text{ m}^4$$

$$W_a = I_x / y_a = 0,336 \text{ m}^3$$

$$W_b = I_x / y_b = 0,316 \text{ m}^3$$

Mencari momen inersia penampang komposit

Lebar palat efektif = 1,26 m



Gambar 4 Penampang komposit

Tabel 2 Momen Inersia untuk mencari titik berat penampang komposit

NO	DIMENSI		Luas Tampang A (m ²)	Jarak thd alas y (m)	Statis Momen A * y (m ³)	Inersia Momen A * y ² (m ⁴)	Inersia Momen I _o (m ⁴)
	Lebar b (m)	Tinggi h (m)					
0	1.257	0.200	0.251	2.000	0.503	1.005	8.4E-04
1	0.600	0.070	0.042	1.865	0.078	0.146	1.7E-05
2	0.800	0.180	0.144	1.740	0.251	0.436	3.9E-04
3	0.200	1.425	0.285	0.938	0.267	0.250	4.8E-02
4	0.300	0.100	0.030	1.617	0.049	0.078	2.5E-05
5	0.250	0.100	0.025	0.258	0.006	0.002	2.1E-05
6	0.700	0.225	0.158	0.113	0.018	0.002	6.6E-04
			0.935		1.171	1.920	0.050

Letak titik berat :

$$y_b = \frac{\sum A x y}{\sum A} = 1,253$$

$$y_a = H - y_b = 0,847$$

Momen inersia terhadap alas balok :

$$I_{bc} = \sum A x y + \sum I_o = 1,970 \text{ m}^4$$

$$I_{xc} = I_b - A x y_b^2 = 0,502 \text{ m}^4$$

$$W_{ac} = I_{xc} / y_a = 0,593 \text{ m}^3$$

$$W'_{ac} = I_{xc} / (y_a - h_o) = 0,776 \text{ m}^3$$

$$W_{bc} = I_{xc} / y_D = 0,401 \text{ m}^3$$

C. Pembebanan girder

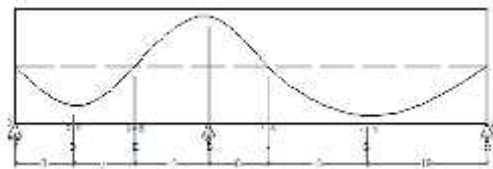
Pembebanan yang terjadi pada girder ditunjukkan dalam tabel

Tabel 3 Resume beban pada girder

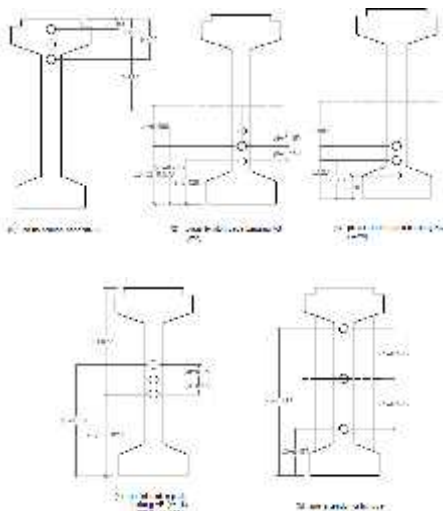
No	Jenis Beban	Kode beban	Q (kN/m)	P (kN)	M (kNm)
1	Berat balok prategang	balok	17.492	-	-
2	Berat plat + deck		11.03	-	-
3	Berat diafragma		-	10.3	-
4	Mati ambuh	MA	4.977	-	-
5	Lajur 'D'	TD	L = 25 m	44	-
			L = 45 m	13.875	44
6	Gaya rem	TB	-	-	137.345
7	Angin	EW	1.502	-	-
8	Gempa	EQ	1.115	-	-

Gaya prestress, Eksentrisitas dan jumlah tendon

Gaya prestress saat transfer (P_t) didapat sebesar 10750,00 kN, menggunakan 3 buah tendon. Pada setiap tendon terdiri dari 21 strand dengan diameter strand 15,7 mm spesifikasi BBR VT CONA CMI SP.



Gambar 5 Rencana layout kabel



Gambar 5 posisi tendon

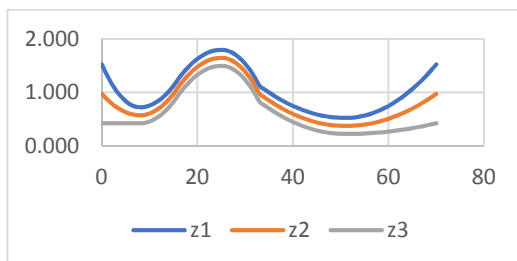
Posisi masing-masing tendon dapat dilihat pada tabel 4.6 dengan persamaan dibawah ini:

$$Z_i = Z_i' - 4 f_i \times \frac{x}{L^2} \times (L - X)$$

Tabel 4 trase masing-masing kabel

Jarak	Trace	Posisi masing-masing cable		
		Z1	Z2	Z3
X	Z0			
0	0.978	1.528	0.978	0.42842
1	0.885	1.341	0.885	0.42832
2	0.803	1.178	0.803	0.42823
3	0.735	1.041	0.734	0.42816
4	0.678	0.928	0.678	0.42810
5	0.635	0.841	0.634	0.42806
6	0.603	0.778	0.603	0.42803
7	0.585	0.741	0.584	0.42801
8	0.578	0.728	0.578	0.428
9	0.587	0.736	0.587	0.436
10	0.611	0.761	0.611	0.461
11	0.652	0.802	0.652	0.502
12	0.709	0.859	0.709	0.559
13	0.782	0.932	0.782	0.632
14	0.872	1.022	0.872	0.722
15	0.978	1.128	0.978	0.828
16	1.106	1.256	1.106	0.956
17	1.220	1.370	1.220	1.070
18	1.321	1.471	1.321	1.171
19	1.408	1.558	1.408	1.258
20	1.482	1.632	1.482	1.332
21	1.543	1.693	1.543	1.393
22	1.590	1.740	1.590	1.440
23	1.623	1.773	1.623	1.473
24	1.643	1.793	1.643	1.493
25	1.650	1.800	1.650	1.500
26	1.640	1.790	1.640	1.490
27	1.608	1.758	1.608	1.458
28	1.556	1.706	1.556	1.406
29	1.482	1.632	1.482	1.332
30	1.388	1.538	1.388	1.238
31	1.272	1.422	1.272	1.122
32	1.136	1.286	1.136	0.986
33	0.978	1.128	0.978	0.828
34	0.914	1.128	0.914	0.764
35	0.852	1.064	0.852	0.702
36	0.795	1.002	0.795	0.645

Jarak	Trace	Posisi masing-masing cable		
37	0.741	0.945	0.741	0.591
38	0.691	0.891	0.691	0.541
39	0.645	0.841	0.645	0.495
40	0.602	0.795	0.602	0.452
41	0.564	0.752	0.564	0.413
42	0.528	0.713	0.528	0.378
43	0.497	0.678	0.497	0.347
44	0.469	0.647	0.469	0.319
45	0.445	0.619	0.445	0.295
46	0.425	0.595	0.425	0.274
47	0.408	0.574	0.408	0.258
48	0.395	0.558	0.395	0.245
49	0.386	0.545	0.386	0.235
50	0.380	0.535	0.380	0.230
51	0.378	0.528	0.378	0.228
52	0.380	0.531	0.380	0.229
53	0.385	0.539	0.385	0.230
54	0.393	0.553	0.393	0.233
55	0.405	0.572	0.405	0.237
56	0.420	0.597	0.420	0.242
57	0.438	0.628	0.438	0.248
58	0.460	0.664	0.460	0.255
59	0.485	0.705	0.485	0.264
60	0.513	0.752	0.513	0.273
61	0.545	0.805	0.545	0.284
62	0.580	0.863	0.580	0.295
63	0.618	0.927	0.618	0.308
64	0.659	0.996	0.659	0.322
65	0.704	1.071	0.704	0.337
66	0.752	1.152	0.752	0.353
67	0.804	1.237	0.804	0.370
68	0.859	1.329	0.859	0.388
69	0.917	1.426	0.917	0.408
70	0.978	1.528	0.978	0.428



Gambar 6 Trase kabel

D. Kehilangan Prategang

kehilangan prategang total dihitung dengan persamaan berikut

$$\Delta P = \Delta P + \Delta P + \Delta P + \Delta P + \Delta P + \Delta P + \Delta P$$

Jadi persentase (%) total kehilangan prategang adalah:

$$\Delta P = \Delta P + \Delta P + \Delta P + \Delta P + \Delta P + \Delta P + \Delta P$$

$$\Delta f_P = 1,311 + 20,021 + 2,397 + 6,854 + 1,943 + 0,647 = 33,200 \%$$

Dalam bentuk gaya total kehilangan prategang adalah

$$\Delta P = \Delta P + \Delta P + \Delta P + \Delta P + \Delta P + \Delta P + \Delta P$$

$$\Delta f_P = 165,743 + 2532,119 + 303,164 + 866,860 + 245,70 + 85,264$$

$$\Delta f_P = 4198,851 \text{ kN}$$

$$\text{Jadi } P_e = P_j - \Delta f_P$$

$$P_e = 12647,059 - 4198,851 = 8448,207 \text{ kN}$$

E. Tegangan pada penampang balok

Tegangan Keadaan Awal (Saat Transfer)

Mutu beton balok pre-stress (f'_c) = 65 MPa

Kuat tekan beton pada keadaan awal (saat tranfer), $f'_c = 0,8 f'_c = 52 \text{ MPa}$

Tegangan ijin tekan beton, $-0,6 \times f'_c = -0,6 \times 52 = -31,200 \text{ MPa}$

Tegangan ijin tarik beton, $0,25 \times \sqrt{f'_c} = 0,25 \times \sqrt{52000} = 1,803 \text{ MPa}$

Gaya prategang awal

$$(P_t) = 10750,00 \text{ kN}$$

Tahanan momen sisi atas

$$(W_a) = 0,336 \text{ m}^3$$

Tahanan momen sisi bawah

$$(W_b) = 0,316 \text{ m}^3$$

Luas penampang girder(A)=0,684 m²

Momen akibat berat sendiri girder
 Titik D, $(M_{bs}) = 124,28 \text{ kNm}$
 Titik G, $(M_{bs}) = 2961,95 \text{ kNm}$
 Titik B (pilar), $(M_{bs}) = 3389,658 \text{ kNm}$

Eksentrisitas tendon,
 Titik D $(e_s) = 0,40 \text{ m}$
 Titik G $(e_s) = 0,60 \text{ m}$
 Titik B (pilar) $(e_s) = 0,672 \text{ m}$
 Titik D

$$f_c = -\frac{P_t}{A} + \frac{P_t \times e}{W_a} - \frac{M_b}{W_a}$$

$$f_c = -3,30 \text{ M} < 31,2 \text{ M}$$

$$f_c = -\frac{P_t}{A} - \frac{P_t \times e}{W_b} + \frac{M_b}{W_b}$$

$$f_c = -28,922 \text{ M} < 31,2 \text{ M}$$

Titik G

$$f_c = -\frac{P_t}{A} + \frac{P_t \times e}{W_a} - \frac{M_b}{W_a}$$

$$= -5,346 \text{ M} < 31,2 \text{ M}$$

$$f_c = -\frac{P_t}{A} - \frac{P_t \times e}{W_b} + \frac{M_b}{W_b}$$

$$f_c = -28,922 \text{ M} < 31,2 \text{ M}$$

Titik B (pilar)

$$f_c = -\frac{P_t}{A} - \frac{P_t \times e}{W_a} + \frac{M_b}{W_a}$$

$$f_c = -27,126 \text{ M} < 31,2 \text{ M}$$

$$f_c = -\frac{P_t}{A} + \frac{P_t \times e}{W_b} - \frac{M_b}{W_b}$$

$$f_c = -3,626 \text{ M} < 31,2 \text{ M}$$

F. Tegangan setelah Plat dan Balok Menjadi Komposit

Gaya prategang efektif $(P_{eff}) = 8448,21 \text{ kN}$
 $W_{ac} = 0,593 \text{ m}^3$
 $W'_{ac} = 0,776 \text{ m}^3$
 $W_{bc} = 0,401 \text{ m}^3$
 $A_c = 0,935 \text{ m}^2$

Momen akibat berat sendiri dan plat
 Titik D, $(M_{bs+plat}) = 203,595 \text{ kNm}$
 Titik G, $(M_{bs+plat}) = 4852,101 \text{ kNm}$
 Titik B, $(M_{bs+plat}) = 5552,743 \text{ kNm}$

Eksentrisitas tendon,
 Titik D $(e'_s) = e_s + (y_{bc} - y_b) = 0,675 \text{ m}$
 Titik G $(e'_s) = e_s + (y_{bc} - y_b) = 0,875 \text{ m}$
 Titik B, $(e'_s) = y_{ac} - h_0 - Z_0 = 0,397 \text{ m}$

Titik D

$$f_c = -\frac{P_e}{A_c} + \frac{P_e \times e'_s}{\frac{W_a}{M_b + p}}$$

$$f_c = -3,283 \text{ M} < 29,250 \text{ M}$$

$$f'_c = -\frac{P_e}{A_c} + \frac{P_e \times e'_s}{\frac{W'_a}{M_b + p}}$$

$$f'_c = -4,641 \text{ M} < 29,25 \text{ M}$$

$$f_c = -\frac{P_e}{A_c} - \frac{P_e \times e'_s}{\frac{W_b}{M_b + p} + \frac{W_b}{W_b}}$$

$$f_c = -17,55 \text{ M} < 29,25 \text{ M}$$

Titik G

$$f_c = -\frac{P_e}{A_c} + \frac{P_e \times e'_s}{\frac{W_a}{M_b + p}}$$

$$f_c = -4,758 \text{ M} < 29,25 \text{ M}$$

$$f'_c = -\frac{P_e}{A_c} + \frac{P_e \times e'_s}{\frac{W'_a}{M_b + p} - \frac{M_b + p}{W'_a}}$$

$$f'_c = -5,768 \text{ M} < 29,25 \text{ M}$$

$$f_c = -\frac{P_e}{A_c} - \frac{P_e \times e'_s}{\frac{W_b}{M_b + p} + \frac{W_b}{W_b}}$$

$$f_c = -15,367 \text{ M} < 29250 \text{ k}$$

Titik B (pilar)

$$f_c = -\frac{P_e}{A_c} - \frac{P_e \times e'_a}{W_a} + \frac{M_b}{W_a} + p$$

$$= -5,328 M$$

$$< 29,25 M$$

$$f'_c = -\frac{P_e}{A_c} - \frac{P_e \times e'_a}{W'_a} + \frac{M_b}{W'_a} + p$$

$$= -6,203 M$$

$$< 29,25 M$$

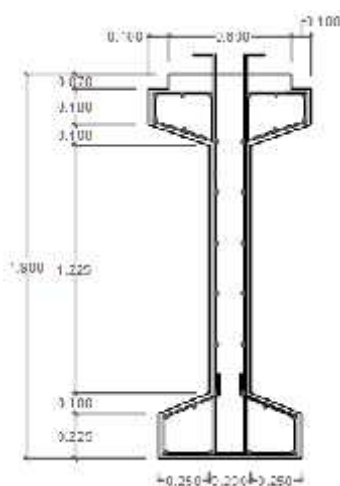
$$f_c = -\frac{P_e}{A_c} + \frac{P_e \times e'_a}{W_b} - \frac{M_b}{W_b} + p$$

$$= -3,549 M$$

$$< 29,25 M$$

G. Pemesian Girder

Penulangan tampang bagian bawah digunakan tulangan 8D13, Penulangan tampang bagian atas digunakan tulangan 10D13, Penulangan tampang bagian badan digunakan tulangan 12D13.



Gambar 7 penulangan girder

H. Perbandingan hasil perencanaan ulang dengan kondisi Eksisting

Tabel 4 Perbandingan hasil perencanaan ulang dengan kondisi Eksisting

	Hasil Perencanaan		Hasil Eksisting	
	25 dan 45	25	45	45
Panjang Bentang (m)	25 dan 45	25	45	45
Mutu beton	65 Mpa	K-500	K-800	K-800
Tinggi penampang (m)	1,9 m	1,6 m	2,1 m	2,1 m
Jumlah girder	5	5	5	5
Luas penampang girder (m ²)	0,684	0,477	0,750	0,750
Volume total girder (m ³)	239,400	59,672	168,638	168,638
Jumlah tendon	3	3	5	5
Jumlah strand	63	29	70	70

I. Bangunan Bawah Abutment

Abutment menggunakan mutu beton (f'_c) 20 Mpa dan mutu baja 390 Mpa, dengan tinggi abutment (H)=5,20 m, dan lebar (B) = 4,00 m. Untuk diameter dan jarak tulangan bagian-bagian abutment adalah sebagai berikut:

Pile cap

- Tulangan lentur D25 – 150
- Tulangan bagi D19 – 150

Breast wall

- Tulangan lentur D25 – 1300
- Tulangan bagi D22 – 120
- Tulangan geser arah x dan y D13 – 400

Back wall bawah

- Tulangan lentur D19 – 300
- Tulangan bagi D13 – 300

Back wall atas

- Tulangan lentur D16 – 300
- Tulangan bagi D13 – 300

Corbel

- Tulangan lentur D16 – 300
- Tulangan bagi D13 – 600

pilar

pilar menggunakan mutu beton (f'_c) 20 Mpa dan mutu baja 390 Mpa, dengan tinggi abutment (H)=7,40 m, dan lebar (B) = 5,00 m. Untuk

diameter dan jarak tulangan bagian-bagian pilar adalah sebagai berikut:

Pile cap

- Tulangan lentur D25 – 100

Pier wall

- Tulangan lentur D25 – 50
- Tulangan geser arah x dan y D13 – 250

Pondasi

- Digunakan pondasi tiang pancang beton pejal dengan diameter 0.6 m, Jumlah tiang 10 buah pada abutment bentang 45 m dengan kedalaman 17 m, dan 10 buah pada pilar dengan kedalaman 17 m.

Kesimpulan Dan Saran

A. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Girder yang digunakan pada kedua bentang sama yaitu I girder dengan tinggi 1,9 m, dengan mutu beton (f'_c) 65 Mpa.
2. Strand yang digunakan berjumlah 63 buah dengan tendon sebanyak 3 buah, masing-masing tendon terdiri dari 21 strands dengan diameter 15,7 mm. Jenis angkur yang digunakan adalah spesifikasi BBR VT CONA CME SP.
3. Total kehilangan prategang yang terjadi akibat gesekan angkur, gesekan kabel, perpendekan elastis beton, rangkai, susut, relaksasi tendon adalah 3826,810 kN dengan persentase 33,200%. Adapun kehilangan prategang terbesar terjadi akibat gesekan kabel dengan persentase kehilangan sebesar 20,021%.

4. Abutment (pangkal jembatan) dengan tinggi 5,2 m, dan pilar dengan tinggi 7,4 m. Adapun pondasi menggunakan pondasi dalam (tiang pancang) beton pejal dengan diameter 0,6 m dan kedalaman 17 m.
5. Hasil perencanaan mempunyai perbedaan dengan eksisting dimana bentang 25 m dengan tinggi girder 1,6 m dan strand sebanyak 29 buah. Sedangkan bentang 45 m dengan tinggi girder 2,1 m dan strand sebanyak 70 buah.

B. Saran

Berdasarkan pengerjaan tugas akhir ini terdapat beberapa saran antara lain:

1. Untuk perencanaan jembatan dengan statis tak tentu sebaiknya menggunakan bentang yang sama.
2. Selanjutnya perlu dilakukan perhitungan anggaran biaya untuk mengetahui tingkat keekonomisan hasil perancangan
3. Perlu dilakukan perancangan dengan bentuk girder yang berbeda seperti box girder, U girder dan lain-lain.

Daftar Pustaka

- Anonim. 2014. *Pedoman Penulisan Tugas Akhir*. Jurusan Teknik sipil. Universitas Mataram. Mataram.
- Badan Standarisasi Nasional. RSNI T-02. 2005. *Pembebanan untuk Jembatan*
- Badan Standarisasi Nasional. RSNI T-21. 2004. *Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan*.

- Badan Standarisasi Nasional. SNI 1725. 2016. *Pembebanan untuk Jembatan*
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 2883. 2008. *Standar Ketahanan Gempa untuk Jembatan*
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 7833-2012, *Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang Untuk Bangunan Gedung*,
- BBR. 2010. *BBR VT CONA CMI* , European Organisatin for Techical Approvals. Switzerland.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, *Manual Perencanaan Struktur Beton Pratekan Untuk Jembatan*.
- Hardiyatmo, H. C., 2010, *Analisis dan perancangan pondasi bagian II*, Beta Offset. Yogyakarta
- Ilham, M. N., 2008, *Perhitungan Balok Prategang Jembatan Srandakan Kulon Progo D.I Yogyakarta*.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, *Pedoman Perancangan Bantalan Elastomer Untuk Perletakan Jembatan*
- Manu, A. I., 1995, *Dasar-dasar Perencanaan Jembatan Beton Bertulang*, PT Medisa: Jakarta.
- Mardiana,S., 2014, *Perencanaan Bangunan Atas Kali Jangkok dengan Menggunakan Precast Segmental Box Girder*. Universitas Mataram.
- Nawi, E. G., 2001, *Beton Prategang jilid I*, Erlangga: Jakarta.
- Puspitasari, 2011, *Perencanaan Jembatan Palu IV Dengan Konstruksi Box Girder Segmental Metode Pratekan Statis Tak Tentu*, Institut Teknologi Sepuluh November.
- Raju, N. K., 1993, *Beton Prategang*, Erlangga: Jakarta.
- Struyk, H. J., 1995, *Jembatan*, PT Pradya Pramita: Jakarta.
- Sulastri, 2018, *Perencanaan Ulang Jembatan Meninting Menggunakan Precast Segmental Box Girder*. Universitas Mataram.
- Supriyadi, B., dan Muntohar, A. S., 2007, *Jembatan*, Beta Offset: Yogyakarta.