

ARTIKEL ILMIAH

PERENCANAAN ULANG JEMBATAN KESEJAHTERAAN DENGAN MENGGUNAKAN PRECAST CONCRETE U GIRDER (PC U GIRDER)

***Redesign of Kesejahteraan Bridge Using Precast Concrete U Girder
(PC U Girder)***

Artikel Ilmiah
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Mencapai Derajat Sarjana S-1 Jurusan Teknik Sipil



Oleh :

**LUTFI AMALIA PUTRI
F1A 014 087**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MATARAM
2018**

ARTIKEL ILMIAH

**PERENCANAAN ULANG JEMBATAN KESEJAHTERAAN
DENGAN MENGGUNAKAN PRECAST CONCRETE U GIRDER
(PC U GIRDER)**

***Redesign of Kesejahteraan Bridge Using Precast Concrete U Girder
(PC U Girder)***

Oleh:

**LUTFI AMALIA PUTRI
F1A 014 087**

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



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

Tanggal : 14 November 2018

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Mataram



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

ARTIKEL ILMIAH

PERENCANAAN ULANG JEMBATAN KESEJAHTERAAN DENGAN MENGGUNAKAN PRECAST CONCRETE U GIRDER (PC U GIRDER)

*Redesign of Kesejahteraan Bridge Using Precast Concrete U Girder
(PC U Girder)*

Oleh:

LUTFI AMALIA PUTRI
F1A 014 087

Telah dipertahankan di depan Dewan Pengaji
Pada tanggal 12 November 2018
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Pengaji:

1. Pengaji I



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

Tanggal : 14 November 2018

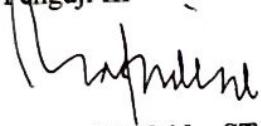
2. Pengaji II



Pathurahman, ST., MT.
NIP : 19661231 199403 1 018

Tanggal : 14 November 2018

3. Pengaji III



Aryani Rofaida, ST., MT.
NIP : 19660729 199403 2 001

Tanggal : 14 November 2018

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Mataram



PERENCANAAN ULANG JEMBATAN KESEJAHTERAAN DENGAN MENGGUNAKAN PRECAST CONCRETE U GIRDER (PC U GIRDER)

Lutfi Amalia Putri¹, Suryawan Murtiadi², Hariyadi²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

Email: lutfiamaliap96@gmail.com

ABSTRAK

Jembatan Kesejahteraan merupakan jembatan penghubung dari arah Mataram menuju arah Lembar yang berada di Desa Taman Ayu, Labuapi, Lombok Barat. Jembatan ini memiliki bentang yang terbagi menjadi dua yaitu 45 m dan 25 m serta memiliki satu buah pilar, jembatan ini menggunakan konstruksi *precast concrete I girder*. Dalam tugas akhir ini dilakukan perencanaan jembatan Kesejahteraan dengan bentang sederhana yang terbagi menjadi dua yaitu 42 m dan 28 m dan memiliki satu pilar. Tipe konstruksi yang digunakan adalah *precast concrete U girder* dan sistem prategang yang digunakan adalah sistem *posttension*. Tujuan penggunaan konstruksi ini agar mampu menahan lendutan, geser dan torsi secara lebih efektif.

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 design* penampang dan perhitungan pembebanan. Girder yang didesain yaitu standar *Precast Concrete U Girder (PC-U Girder)* berdasarkan *bridge product* dari PT. Wika Beton. Pada tahap awal perencanaan dilakukan analisa beban yang terjadi, antara lain analisa berat sendiri, analisa beban mati sendiri, analisa beban mati tambahan, analisa beban lalu lintas, gaya rem, beban gempa, beban angin, pengaruh temperatur, pengaruh susut dan rangkak, dan analisa kehilangan prategang yang terjadi. Selanjutnya dilakukan kontrol tegangan, lendutan, dan momen, kemudian perhitungan penulangan U girder dan blok ujung. Setelah perhitungan struktur atas diakukan, tahap selanjutnya perhitungan bangunan bawah yang terdiri dari abutment, pilar dan pondasi.

Hasil analisis untuk bentang jembatan 42 m didapatkan tinggi PC-U girder yang digunakan adalah 1,85 m dengan memiliki 4 tendon berpasangan yang terdiri dari 15 strands pada setiap tendon. Diameter strands 15,7 mm dan diameter duct 85 mm. Sedangkan, hasil analisis untuk bentang jembatan 28 m didapatkan tinggi PC-U girder yang digunakan adalah 1,65 m dengan memiliki 3 tendon berpasangan yang terdiri dari 13 strands pada setiap tendon. Diameter strands 15,7 mm dan diameter duct 80 mm. Dimensi bangunan bawah digunakan abutment dengan tinggi 7,3 m dengan lebar *pile cap* 4 m dan pilar dengan tinggi 10 m dengan lebar *pile cap* 6 m. Untuk pondasi abutment digunakan tiang pancang baja dengan diameter tiang 0,5 m sebanyak 12 buah dan pondasi pilar digunakan tiang pancang baja dengan diameter tiang 0,5 m sebanyak 15 buah.

Kata Kunci: *Precast concrete u girder*, Beton prategang, *Posttension prestress*, Jembatan Kesejahteraan.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kondisi geografis Indonesia yang memiliki berbagai macam jenis kontur mulai dari pegunungan hingga dataran rendah diperlukan sarana penghubung antar daerah satu ke daerah lain agar akses suatu perjalanan berjalan lancar, maka untuk memperlancar perjalanan diperlukan bangunan jembatan.

Di Indonesia ada banyak tipe jembatan, seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan yang pada mulanya jembatan dibuat menggunakan kayu kemudian membuat jembatan dengan beton dan berkembang menjadi beton prategang. Jembatan beton prategang (*prestressed concrete*) merupakan salah satu jenis jembatan dengan bahan material konstruksi beton yang berisi kabel baja mutu tinggi dengan tujuan untuk memberikan tegangan awal berupa tegangan tarik terhadap beton.

Belakangan ini banyak terjadi insiden atau kecelakaan- kecelakaan yang terjadi pada sebuah proyek konstruksi jembatan yang menggunakan *precast concrete I* (PC-I) girder, dimana salah satu contohnya adalah konstruksi beton proyek LRT Kayu Putih, Pulo Gadung, Jakarta Timur yang runtuh pada Senin Januari 2018 dini hari. Direktur Jenderal Bina Konstruksi Kementerian PUPR, Syarif Burhanuddin mengatakan ada beberapa identifikasi sementara penyebab kecelakaan saat proyek dilaksanakan atau konstruksi pada pemasangan PC-I girder yang terjadi di proyek LRT tersebut. Pertama, kondisi tidak stabil. Kedua, gantungan crane mengalami pelonggaran sehingga gelagar berotasi. Ketiga, vertikalitas gantungan sulit dikontrol. Keempat, bracing baja tulangan tidak mampu menahan gaya guling. Kelima, jack hidraulic yang tidak bekerja dengan baik. Penyebab terakhir, proses stressing dan sambungan beton basah (<http://m.liputan6.com>).

Bentuk PC-I girder memiliki bentuk yang langsing akan sangat berbahaya jika bentangnya besar. Biasanya PC-I girder ideal digunakan untuk bentang hingga 20

m. PC-I girder dengan bentang lebih dari itu sangat beresiko untuk mudah terguling dan patah.

Jembatan Kesejahteraan terletak di Desa Taman Ayu, Labuapi, Lombok Barat. Jembatan Kesejahteraan menggunakan konstruksi *precast concrete I* (PC-I) girder dengan bentang 70 m yang dilengkapi dengan pilar sehingga bentang jembatan terbagi menjadi 2 yaitu bentang 45 m dan 25 m.

Bentang jembatan Kesejahteraan memiliki bentang cukup panjang sehingga diperlukan gelagar utama yang mampu menahan lendutan. Saat jembatan ini dibebani dengan beban lalu lintas yang semakin meningkat akan mengakibatkan terjadinya lendutan yang cukup besar pada jembatan. Jembatan U girder ditinjau dari lendutan, tegangan dan momen mempunyai tingkat keefektifan yang lebih tinggi dibandingkan dengan I girder (Lubis dan Karolina, 2017). Selain itu PC-U girder juga lebih stabil terhadap angin serta kekakuan cenderung merata. Pada proses setting pra stressing PC-U girder lebih aman dari PC-I girder karena luasan sentuhannya lebih besar, maka kecil kemungkinan PC-U girder untuk terguling (Masnul, 2009).

PC-U girder dengan bentuk badan yang lebih lebar dari PC-I girder namun pada bagian tengah bentang penampangnya cukup langsing, cukup memenuhi nilai estetika jembatan. Jembatan Kesejahteraan memerlukan konstruksi yang mampu memenuhi beban rencana jembatan, efektif dalam pekerjaan dengan resiko pelaksanaan minimum dan tetap memenuhi nilai-nilai estetika bangunan struktural.

Dari uraian di atas maka dilakukan "Perencanaan Ulang Jembatan Kesejahteraan dengan Menggunakan *Precast Concrete U Girder* (PC-U Girder)".

B. Rumusan Masalah

- a. Bagaimana merencanakan dimensi *PC-U girder* yang digunakan
- b. Bagaimana analisis pembebanan terhadap struktur jembatan *PC-U girder*

- c. Bagaimana merencanakan struktur jembatan beton prategang menggunakan *PC-U Girder*
- d. Bagaimana merencanakan profil dan jumlah tendon yang digunakan
- e. Berapa kehilangan prategang yang terjadi

C. Batasan Masalah

- a. Jembatan dibagi menjadi 2 bentang sederhana dimana panjang masing-masing bentang adalah 42 m dan 28 m dengan total panjang jembatan 70 m dan memiliki 1 pilar
- b. Tidak merencanakan perkerasan dan *design* jalan pendekat jembatan (oprit)
- c. Sistem penegangan dengan cara *post-tension*
- d. Tidak menghitung data hidrologi.
- e. Tidak meninjau kestabilan profil sungai dan scouring
- f. Tidak melakukan perencanaan terhadap analisa biaya dan waktu pelaksanaan

D. Tujuan Perencanaan

- a. Untuk merencanakan dimensi *PC-U girder* yang digunakan
- b. Untuk menganalisis pembebanan terhadap struktur jembatan *PC-U girder*
- c. Untuk melakukan perencanaan struktur jembatan beton prategang menggunakan *PC-U Girder*
- d. Untuk merencanakan profil dan jumlah tendon yang digunakan
- e. Untuk mengetahui kehilangan gaya prategang

E. Manfaat Perencanaan

- a. Sebagai tambahan pengetahuan tentang dasar-dasar perhitungan dan perencanaan konstruksi jembatan beton prategang khususnya terkait perancangan jembatan menggunakan *PC-U girder*.
- b. Diharapkan tulisan ini dapat menjadi bahan pertimbangan ataupun informasi dalam menentukan desain alternatif jembatan pada perencanaan selanjutnya.

II. DASAR TEORI

A. Tinjauan Pustaka

Beton prategang pada dasarnya adalah beton dimana tegangan-tegangan internal dengan besar serta distribusi yang sesuai diberikan sedemikian rupa sehingga tegangan-tegangan yang diakibatkan oleh beban-beban luar dilawan sampai suatu tingkat yang diinginkan (Raju, 1993).

Lubis dan Karolina (2017), telah melakukan analisa terhadap perbandingan kelayakan pada gelagor jembatan dengan menggunakan precast U dan I. Hasil dari analisa tersebut menunjukkan jembatan U girder memiliki tingkat keefektifan yang lebih tinggi dibandingkan jembatan I girder pada lendutan, reaksi perletakan, gaya dalam, tegangan dan kehilangan gaya prategang.

Menurut Masnul (2009), lebar PCU yang telah direncanakan tidak langsung menyebabkan jumlah PC-U yang digunakan lebih sedikit jumlahnya daripada PC-I girder (hemat hingga 50% unit PC-I girder). Karena bentuk dan ukuranya yang lebih besar maka berat sendiri per unitnya juga lebih besar dari PC-I girder. Pada proses setting pra stressing, PC-U girder lebih aman dari PC-I girder karena luasan sentuhannya lebih besar, maka kecil kemungkinan PC-U girder untuk terguling. Dan bentuk PC-U yang mirip dengan box girder cukup memenuhi nilai estetika jembatan jika dibandingkan dengan PC-I yang kaku dan terlalu tegas.

B. Landasan Teori

Analisis Penampang

Dari bentuk penampang U yang didesain, analisis yang dilakukan berupa perhitungan luas, jarak titik berat penampang terhadap serat atas dan serat bawah, inersia penampang, serta statis momen penampang terhadap serat atas dan serat bawah.

- Letak titik berat

$$y_b = \frac{\sum A_x y}{\sum A}$$

$$y_a = h - y_b$$

Keterangan :

y_b : Jarak titik berat penampang terhadap serat bawah

y_a : Jarak titik berat penampang terhadap

serat atas

h : Tinggi total balok prategang

A : Luas penampang

y : Titik berat penampang

- Momen inersia terhadap sumbu x

$$I_x = I + A(y - y_b)$$

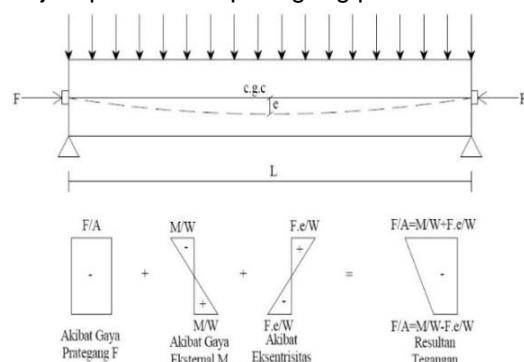
Dimana :

$$I = \frac{1}{12} b h^3 \text{ (untuk penampang persegi)}$$

$$I = \frac{1}{36} b h^3 \text{ (untuk penampang segitiga)}$$

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

Tegangan Izin

Tegangan izin beton pada saat transfer gaya prategang :

- Tegangan tekan : $f_{ci} = 0,6 f'_{ci}$

- Tegangan tarik : $f_{ti} = 0,25 \sqrt{f'_{ci}}$

Tegangan izin beton pada saat layan :

- Tegangan tekan : $f_c = 0,45 f'_c$

- Tegangan tarik : $f_t = 0,5 \sqrt{f'_c}$

Kehilangan Prategang

Perkiraan gaya prategang total :

$$\Delta f_{pT} = \Delta f_{pA} + \Delta f_{pF} + \Delta f_{pES} + \Delta f_{pR} +$$

$$\Delta f_{pCR} + \Delta f_{pSH}$$

Keterangan :

Δf_{pT} : Kehilangan prategang total

Δf_{pA} : Kehilangan prategang akibat slip angkur

Δf_{pF} : Kehilangan prategang akibat friksi/ gesekan

Δf_{pES} : Kehilangan prategang akibat perpendekan elastis beton

Δf_{pR} : Kehilangan prategang akibat relaksasi tendon

Δf_{pCR} : Kehilangan prategang akibat rangkak pada beton

Δf_{pSH} : Kehilangan prategang akibat susut pada beton

III. METODE PERENCANAAN

A. Lokasi Jembatan

Lokasi Jembatan Kesejahteraan berada di Desa Taman Ayu, Kecamatan Labuapi, Kabupaten Lombok Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat.



Gambar 2. Lokasi Jembatan Kesejahteraan

B. Pengumpulan Data

Adapun data-data yang digunakan dalam perencanaan adalah sebagai berikut :

1. Data dimensi jembatan
2. Jenis material jembatan
3. Data tanah
4. Peraturan-peraturan terkait perencanaan

C. Analisis Data

Analisis data dilakukan setelah data-data yang dibutuhkan terkumpul. Apabila hasil dari pengolahan dan analisa data sudah didapat, maka tahap perencanaan desain jembatan bisa

dilaksanakan dengan tujuan mengetahui konstruksi jembatan secara keseluruhan yang tepat sesuai dengan analisa data yang telah diperoleh. Tahap ini meliputi perancangan dan gambar detail konstruksi jembatan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perencanaan Jembatan Bentang 42 m

Adapun data-data perencanaan yang digunakan sebagai berikut :

1. Jenis jembatan : Precast Concrete U Girder
2. Kelas jembatan : Jembatan Kelas A
3. Panjang total jembatan : 70 m
4. Panjang span : 42 m
5. Lebar jembatan : 9,5 m
6. Lebar jalur : 2 x 3,5 m
7. Lebar trotoar : 0,8 m
8. Lebar kerb : 0,2 m

a) Perhitungan bangunan sekunder

Pipa sandaran menggunakan pipa galvanis dengan diameter 76,3 mm dan tebal 4 mm dengan berat 7,13 kg/m.

Tiang sandaran menggunakan tulangan lentur 2Ø12 dan sengkang Ø6-100.

Kerb menggunakan tulangan lentur Ø12-100 dan sengkang 2Ø8.

Lantai trotoar menggunakan tulangan lentur D16-250 dan tulangan bagi Ø12-250.

b) Pelat lantai kendaraan

Tebal pelat lantai sebesar 200 mm. Menggunakan mutu beton (f'_c) = 29,05 MPa dan mutu baja (f_y) = 400 MPa didapatkan tulangan arah melintang D16-150 dan arah memanjang D16-250.

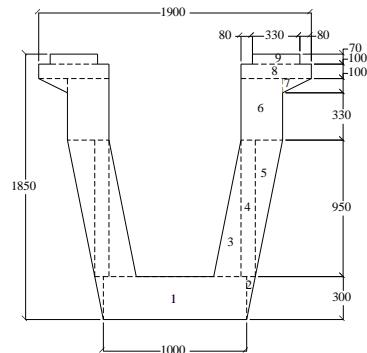
c) Deck slab precast dan balok diafragma

Deck slab precast menggunakan tulangan lentur Ø10-140 dan tulangan bagi Ø8-140.

Diafragma menggunakan tulangan lentur 2D19 dan tulangan bagi 2Ø8 serta sengkang Ø6-150.

d) Pendimensian dan analisis U girder

Dimensi U girder



Gambar 3. Bentuk dan dimensi PC U H-185

- Mencari momen inersia :

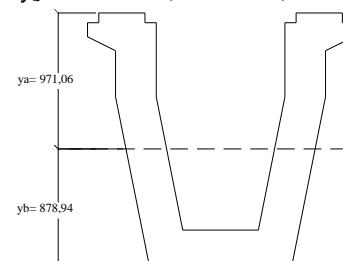
Tabel 1. Momen inersia penampang bentang 42 m

No.	Dimensi b cm	Dimensi h cm	Jumlah	A cm ²	y cm	A*y cm ³	I _x cm ⁴	A*(y-b) ² (cm ⁴)	I _x cm ⁴
1	100	30	1	3000	15.000	45000.000	225000.000	15940397.336	16165397.336
2	6	30	2	180	20.000	3600.000	9000.000	829715.498	838715.498
3	19	95	2	1805	61.667	111308.333	905066.944	1241565.682	2146572.626
4	10	95	2	1900	77.500	147250.000	1428958.333	205248.131	1634206.465
5	19	95	2	1805	93.333	168466.667	905066.944	53412.712	958419.657
6	29	43	2	2494	146.500	365371.000	384283.833	8566189.384	8950473.217
7	20	10	2	200	164.667	32933.333	1111111	1178823.100	1179934.211
8	49	10	2	980	173.000	169540.000	8166.667	7098250.083	7106416.750
9	33	7	2	462	181.500	83853.000	1886.500	4048123.662	4050010.162
Total (Σ)				12826		1127322.333		43030145.922	

Penentuan titik berat balok prategang :

$$y_n = y_b = \frac{\sum A.y}{\sum A} = \frac{1127322,333}{12826} = 87,894 \text{ cm}$$

$$y_a = h - y_b = 185 - 87,894 = 97,106 \text{ cm}$$



Gambar 4. Garis netral penampang gelagak prategang bentang 42 m

- Mencari momen inersia penampang komposit :

Lebar pelat efektif = 240 cm

Tabel 2. Momen inersia penampang komposit bentang 42 m

No.	A (cm ²)	y (cm)	A.y (cm ³)	I (cm ⁴)	A*(y-b) ²	I _x (cm ⁴)
1	12826	87,894	1127322,333	43030145,922	4658549,547	47688695,469
2	2776,193	195	541357,363	92539,767	21522479,313	21615019,080
Total (Σ)	15602,193		1668679,969			69303714,549

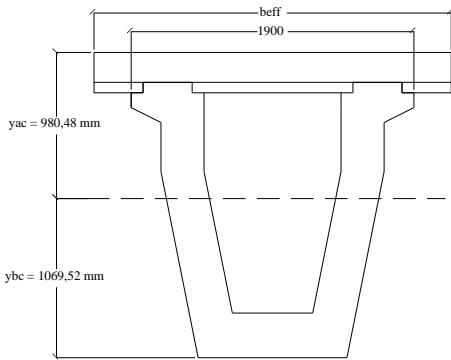
Penentuan titik berat penampang komposit

$$hc = h + hp = 185 + 20 = 205 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} S_c &= \sum A.y = (A \times y_b) + (A_{\text{pelat}} \times y_{\text{pelat}}) \\ &= (12826 \times 87,894) + (2776,193 \times 195) \\ &= 1668679,969 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$y_{nc} = y_{bc} = \frac{Sc}{Ac} = \frac{1668679,969}{15602,193} = 106,952 \text{ cm}$$

$$y_{ac} = hc - y_{bc} = 205 - 106,952 = 98,048 \text{ cm}$$



Gambar 5. Garis netral penampang gelagar komposit bentang 42 m

e) Pembebanan U girder

- Berat sendiri (Mbs) : $q = 3206,5 \text{ kg/m}$
 $P = 2826,24 \text{ kg}$
- Beban mati sendiri (MS): $q = 4893,22 \text{ kg/m}$
 $P = 2826,24 \text{ kg}$
- Beban mati tambahan (MA): $455,765 \text{ kg/m}$
- Beban lajur "D" (TD) : $q = 2160 \text{ kg/m}$
 $P = 19208 \text{ kg}$
- Gaya rem (TB) : 5625 kg
- Beban angin (EW) : $150,171 \text{ kg/m}$
- Beban gempa (EQ) : $1643,891 \text{ kgm}$

Rekapitulasi dari momen dan gaya geser maksimum akibat beban dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi momen dan gaya geser maksimum akibat beban ($L=42 \text{ m}$)

No	Jenis beban	Kode Beban	Momen (kg.m)	Gaya Geser (kg)
1	Berat sendiri	Bs	724838,562	68749,620
2	Beban mati sendiri	MS	1078955,01	102757,62
3	Beban mati tambahan	MA	100496,231	9571,070
4	Lajur "D"	TD	677964	54964
5	Gaya Rem	TB	7960,735	379,083
6	Angin	EWI	33112,800	3153,600
7	Gempa	EQ	362477,859	34521,701

f) Gaya prestress, eksentrisitas dan jumlah tendon

Gaya prestress saat transfer (P_t) didapat sebesar $22611,473 \text{ kN}$. Dipakai 8 tendon (120 strands) dengan diameter strands $15,7 \text{ mm}$ spesifikasi BBR VT CONA CMI SP 1506.

- Posisi tendon

Posisi tendon di daerah tumpuan ($x=0 \text{ m}$)

Ditetapkan posisi penempatan kabel $y_d' = 0,36 \text{ m}$

Jarak masing-masing tendon terhadap alas

$$Z_1' = Z_5' = 1,52 \text{ m}$$

$$Z_2' = Z_6' = 1,16 \text{ m}$$

$$Z_3' = Z_7' = 0,80 \text{ m}$$

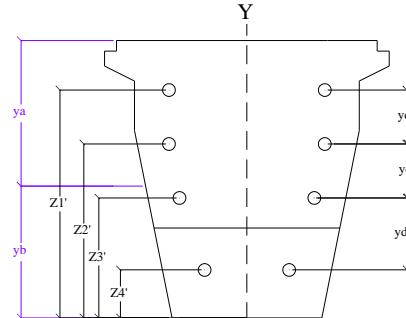
Posisi tendon di daerah tumpuan ($x=1 \text{ m}$)

Ditetapkan posisi penempatan kabel

$$y_d' = 0,48 \text{ m}$$

Jarak masing-masing tendon terhadap alas

$$Z_4' = Z_8' = 0,32 \text{ m}$$



Gambar 6. Posisi tendon di tumpuan ($L=42 \text{ m}$)

Posisi tendon di tengah bentang ($x=21 \text{ m}$)

Ditetapkan posisi penempatan kabel

$$1. \quad y_d = 0,1 \text{ m}$$

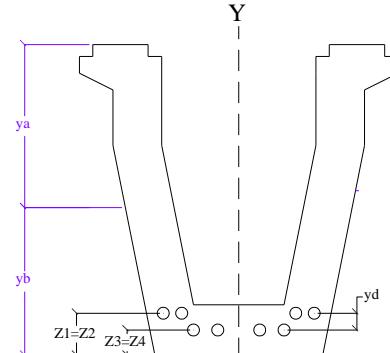
2. Jarak masing-masing tendon terhadap alas

$$Z_1 = Z_5 = 0,25 \text{ m}$$

$$Z_2 = Z_6 = 0,25 \text{ m}$$

$$Z_3 = Z_7 = 0,15 \text{ m}$$

$$Z_4 = Z_8 = 0,15 \text{ m}$$



Gambar 7. Posisi tendon di tengah bentang ($L=42 \text{ m}$)

- Eksentrisitas masing-masing tendon

Tabel 4. Eksentrisitas masing-masing tendon bentang 42 m

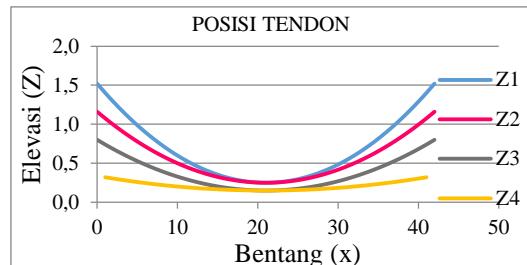
Baris tendon	Posisi tendon di tumpuan (m)	Posisi tendon di tengah bentang (m)	$F_i \text{ (m)}$ $(Z'_i - Z_i)$
1	$Z'_1=Z'_5$	1,520	$Z_1=Z_5$
2	$Z'_2=Z'_6$	1,160	$Z_2=Z_6$
3	$Z'_3=Z'_7$	0,800	$Z_3=Z_7$
4	$Z'_4=Z'_8$	0,320	$Z_4=Z_8$

Posisi masing-masing tendon dapat dilihat pada tabel 5. dengan persamaan :

$$Z_i = Z_i' - \frac{4 \cdot f \cdot x_i \cdot (L - x_i)}{L^2}$$

Tabel 5. Posisi tendon bentang 42 m

X	Z _o = (y _b - y _o)	Posisi masing-masing kabel			
		Z1	Z2	Z3	Z4
0	0,879	1,520	1,160	0,800	
1	0,820	1,402	1,075	0,740	0,320
2	0,765	1,290	0,995	0,682	0,303
3	0,712	1,183	0,919	0,628	0,288
4	0,662	1,082	0,846	0,576	0,273
5	0,615	0,987	0,778	0,527	0,259
6	0,571	0,898	0,714	0,482	0,246
7	0,530	0,814	0,654	0,439	0,233
8	0,491	0,737	0,599	0,399	0,222
9	0,455	0,665	0,547	0,362	0,211
10	0,423	0,598	0,500	0,328	0,201
11	0,393	0,538	0,456	0,297	0,193
12	0,366	0,483	0,417	0,269	0,184
13	0,341	0,434	0,382	0,244	0,177
14	0,320	0,391	0,351	0,222	0,171
15	0,301	0,354	0,324	0,203	0,165
16	0,286	0,322	0,302	0,187	0,161
17	0,273	0,296	0,283	0,174	0,157
18	0,263	0,276	0,269	0,163	0,154
19	0,256	0,262	0,258	0,156	0,152
20	0,251	0,253	0,252	0,151	0,150
21	0,250	0,250	0,25	0,15	0,150
22	0,251	0,253	0,252	0,151	0,150
23	0,256	0,262	0,258	0,156	0,152
24	0,263	0,276	0,269	0,163	0,154
25	0,273	0,296	0,283	0,174	0,157
26	0,286	0,322	0,302	0,187	0,161
27	0,301	0,354	0,324	0,203	0,165
28	0,320	0,391	0,351	0,222	0,171
29	0,341	0,434	0,382	0,244	0,177
30	0,366	0,483	0,417	0,269	0,184
31	0,393	0,538	0,456	0,297	0,193
32	0,423	0,598	0,500	0,328	0,201
33	0,455	0,665	0,547	0,362	0,211
34	0,491	0,737	0,599	0,399	0,222
35	0,530	0,814	0,654	0,439	0,233
36	0,571	0,898	0,714	0,482	0,246
37	0,615	0,987	0,778	0,527	0,259
38	0,662	1,082	0,846	0,576	0,273
39	0,712	1,183	0,919	0,628	0,288
40	0,765	1,290	0,995	0,682	0,303
41	0,820	1,402	1,075	0,740	0,320
42	0,879	1,520	1,160	0,800	



Gambar 8. Posisi tendon bentang 42 m

g) Kehilangan prategang

Kehilangan prategang total dihitung dengan persamaan berikut :

$$\Delta f_{pT} = \Delta f_{pA} + \Delta f_{pF} + \Delta f_{pES} + \Delta f_{pR} + \Delta f_{pCR} + \Delta f_{pSH}$$

Jadi persentase (%) total kehilangan prategang adalah :

$$\Delta f_{pT} = 1,904 + 10,837 + 1,709 + 8,637 + 4,676 + 1,803 = 29,566\% < 30\% \dots \text{OK}$$

Dalam bentuk gaya total kehilangan prategang adalah :

$$\Delta f_{pT} = 506,557 + 2882,711 + 454,541 + 2297,523 + 1243,958 + 479,7 = 7864,988 \text{ kN}$$

Sehingga, Gaya prategang efektif :

$$\text{Peff} = P_j - \Delta f_{pT} = 26601,733 - 7864,988 = 18736,744 \text{ kN}$$

h) Tegangan pada penampang balok

Tegangan keadaan awal (saat transfer)

Mutu beton prategang,

$$f_c = 66,4 \text{ MPa}$$

Kuat tekan beton (saat transfer),

$$f_{ci} = 0,8 f_c = 0,8 \times 66,4 = 53,12 \text{ MPa}$$

Tegangan ijin tarik beton (serat atas),

$$0,25 \times \sqrt{f_{ci}} = 0,25 \times \sqrt{53,12} = 1,822 \text{ MPa}$$

Tegangan ijin tekan beton (serat bawah),

$$0,6 \times f_{ci} = 0,6 \times 53,12 = 31,872 \text{ MPa}$$

Gaya prategang awal, $P_t = 22611,473 \text{ kN}$

Tahanan momen sisi atas, $W_a = 0,443 \text{ m}^3$

Tahanan momen sisi bawah, $W_b = 0,490 \text{ m}^3$

Momen akibat berat sendiri,

$$M_{bs} = 724838,562 \text{ kg.m} = 7248,386 \text{ kN.m}$$

Luas penampang u girder, $A = 1,283 \text{ m}^2$

Eksentrisitas tendon, $es = 0,629 \text{ m}$

$$f_a = - \left(\frac{P_t}{A} \right) + \left(\frac{P_t \cdot x_{es}}{W_a} \right) - \left(\frac{M_{bs}}{W_a} \right)$$

$$= -1893,905 \text{ kPa}$$

$$= -1,894 \text{ MPa} \leq 1,822 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
fb &= - \left(\frac{P_t}{A} \right) - \left(\frac{P_{txes}}{W_b} \right) + \left(\frac{M_{bs}}{W_b} \right) \\
&= -31872 \text{ kPa} \\
&= -31,872 \text{ MPa} \leq 31,872 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

Tegangan keadaan setelah plat dan balok menjadi komposit (saat service)

Mutu beton prategang, $f'_c = 66,4 \text{ MPa}$
Tegangan ijin tekan beton (serat atas),
 $0,45 \times f'_c = 0,45 \times 66,4 = 29,880 \text{ MPa}$
Tegangan ijin tarik beton (serat bawah),
 $0,5 \times \sqrt{f'_c} = 0,5 \times \sqrt{66,4} = 4,074 \text{ MPa}$
Gaya prategang efektif, $P_{eff}=18736,744 \text{ kN}$
Tahanan momen:
sisi atas plat, $W_{ac} = 0,707 \text{ m}^3$
sisi atas balok, $W'_{ac} = 0,888 \text{ m}^3$
sisi bawah balok, $W_{bc} = 0,648 \text{ m}^3$
Momen total,
 $M_T = 2245659,174 \text{ kg.m} = 22456,591 \text{ kN.m}$
Luas balok komposit, $Ac = 1,560 \text{ m}^2$
Eksentrisitas tendon,
 $es_c = es + (y_{bc} - y_b)$
 $= 0,629 + (1,07 - 0,879) = 0,82 \text{ m}$
 $fac = - \left(\frac{P_{eff}}{Ac} \right) + \left(\frac{P_{eff}x_{esc}}{W_{ac}} \right) - \left(\frac{M_T}{W_{ac}} \right)$
 $= -22056,02 \text{ kPa}$
 $= -22,056 \text{ MPa} \leq 29,880 \text{ MPa}$
 $f'ac = - \left(\frac{P_{eff}}{Ac} \right) + \left(\frac{P_{eff}x_{esc}}{W'_{ac}} \right) - \left(\frac{M_T}{W'_{ac}} \right)$
 $= -20006,63 \text{ kPa}$
 $= -20,007 \text{ MPa} \leq 29,880 \text{ MPa}$
 $fbc = - \left(\frac{P_{eff}}{Ac} \right) + \left(\frac{P_{eff}x_{esc}}{W_{bc}} \right) + \left(\frac{M_T}{W_{bc}} \right)$
 $= -1049,754 \text{ kPa}$
 $= -1,050 \text{ MPa} \leq 4,074 \text{ MPa}$

i) Tinjauan momen ultimit

Kapasitas momen ultimit, $Mr = 30869,402 \text{ kN.m}$

Tabel 6. Rekapitulasi kombinasi momen balok ultimit bentang 42 m

Kombinasi	Momen (kN.m)	Mr (kN.m)	Kontrol
1	14770,097	≤ 30869,402	OK
2	12026,398	≤ 30869,402	OK
3	2423,452	≤ 30869,402	OK
4	2423,452	≤ 30869,402	OK
5	2754,580	≤ 30869,402	OK
6	6446,664	≤ 30869,402	OK
7	4193,735	≤ 30869,402	OK
8	9686,551	≤ 30869,402	OK
9	11413,197	≤ 30869,402	OK
10	7983,574	≤ 30869,402	OK
11	2496,176	≤ 30869,402	OK

j) Pembesian U girder

Penulangan penampang bagian atas digunakan 8D13, penampang bagian badan digunakan 11D13, penampang bagian bawah digunakan 12D13.

B. Perencanaan Jembatan Bentang 28 m

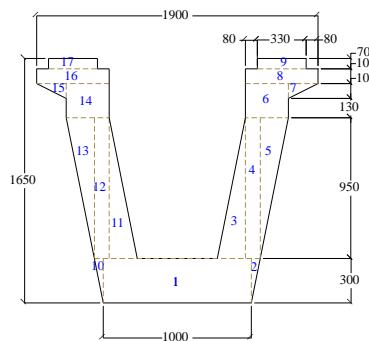
Data perencanaan sebagai berikut :

- Jenis jembatan : Jembatan Precast Concrete U Girder
- Kelas jembatan : Jembatan Kelas A
- Panjang total jembatan : 70 m
Panjang span : 28 m
- Lebar jembatan : 9,5 m
Lebar jalur : 2 x 3,5 m
Lebar trotoar : 0,8 m
Lebar kerb : 0,2 m

Untuk perencanaan dan perhitungan tiang sandaran, trotoar, kerb, pelat lantai jembatan, deck slab precast dan diafragma sama dengan perencanaan pada bentang 42 m.

a) Pendimensian dan analisis U girder

Dimensi U girder



Gambar 9. Bentuk dan dimensi PC U H-165

- Mencari momen inersia :

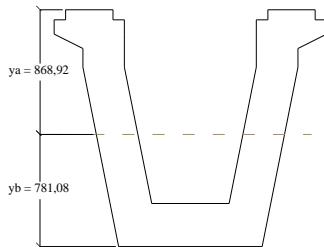
Tabel 7. Momen inersia penampang bentang 28 m

No.	Dimensi		Jumlah	A	y	A*y	I _{x0}	A(y-b) ²	I _x
	b	h		cm ²	cm	cm ³	cm ⁴	cm ⁶	cm ⁸
1	100	30	1	3000	15,000	45000,000	225000,000	1194769,568	12172679,568
2	6	30	2	180	20,000	3600,000	9000,000	607767,227	616767,227
3	19	95	2	1805	61,667	111308,333	905006,944	487894,858	1392901,802
4	10	95	2	1900	77,500	147250,000	1428958,333	701,267	1429659,601
5	19	95	2	1805	93,333	168466,667	905006,944	418444,499	1323451,439
6	29	23	2	1334	136,500	182091,000	58807,167	4548514,458	4607321,625
7	20	10	2	200	144,667	28933,400	1111,111	886032,712	887143,823
8	49	10	2	980	153,000	149940,000	8166,667	5496704,987	5504871,654
9	33	7	2	462	161,500	74613,000	1886,500	3212888,769	3214775,269
Total (Σ)			11666		911202,4			31149572,008	

Penentuan titik berat balok prategang :

$$y_n = y_b = \frac{\sum A_y}{\sum A} = \frac{911202,4}{11666} = 78,108 \text{ cm}$$

$$y_a = h - y_b = 185 - 78,108 = 86,892 \text{ cm}$$



Gambar 10. Garis netral penampang gelagar prategang bentang 28 m

- Mencari momen inersia penampang komposit :

Lebar pelat efektif = 240 cm

Tabel 8. Momen inersia penampang komposit bentang 28 m

No	A (cm ²)	y (cm)	A.y (cm ³)	I (cm ⁴)	A (y-y _b) ²	I _x (cm ⁴)
1	11666	78,108	911202,4	31149572,008	.508860,404	36238432,412
2	3205,672	175	560992,522	106855,719	18519253,904	18626109,622
Total (Σ)	14871,672		1472194,922			54864542,034

Penentuan titik berat penampang komposit
 $hc = h + hp = 165 + 20 = 185 \text{ cm}$

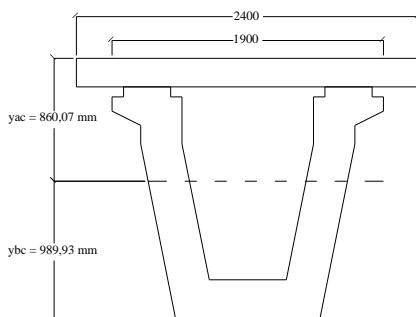
$$S_c = \sum A \cdot y = (A \times y_b) + (A_{\text{pelat}} \times y_{\text{pelat}})$$

$$= (11666 \times 78,108) + (3205,672 \times 175)$$

$$= 1472194,922 \text{ cm}^3$$

$$y_{nc} = y_{bc} = \frac{Sc}{Ac} = \frac{1668679,969}{15602,193} = 98,993 \text{ cm}$$

$$y_{ac} = hc - y_{bc} = 185 - 98,993 = 86,007 \text{ cm}$$



Gambar 11. Garis netral penampang gelagar komposit bentang 28 m

b) Pembebaan U girder

- Berat sendiri (Mbs) : $q = 2916,5 \text{ kg/m}$
 $P = 2119,68 \text{ kg}$
- Beban mati sendiri (MS): $q = 4603,22 \text{ kg/m}$
 $P = 2119,68 \text{ kg}$
- Beban mati tambahan (MA): $455,765 \text{ kg/m}$
- Beban lajur "D" (TD) : $q = 2520 \text{ kg/m}$
 $P = 19208 \text{ kg}$
- Gaya rem (TB) : 5625 kg
- Beban angin (EW) : $150,171 \text{ kg/m}$
- Beban gempa (EQ) : $1558,426 \text{ kgm}$

Rekapitulasi dari momen dan gaya

geser maksimum akibat beban dapat dilihat pada tabel .

Tabel 9. Rekapitulasi momen dan gaya geser maksimum akibat beban ($L=28\text{m}$)

No	Jenis beban	Kode Beban	Momen (kg.m)	Gaya Geser (kg)
1	Berat sendiri	Bs	295090,600	41890,840
2	Beban mati sendiri	MS	460389,160	65504,920
3	Beban mati tambahan	MA	44664,992	6380,713
4	Lajur "D"	TD	381416	44884,000
5	Gaya Rem	TB	7622,065	544,433
6	Angin	EWI	14716,800	2102,400
7	Gempa	EQ	152725,724	21817,961

c) Gaya prestress, eksentrisitas dan jumlah tendon

Gaya prestress saat transfer (P_t) didapat sebesar 14301,215 kN. Dipakai 6 tendon (78 strands) dengan diameter strands 15,7 mm spesifikasi BBR VT CONA CMI SP 1306.

- Posisi tendon

Posisi tendon di daerah tumpuan ($x = 0 \text{ m}$)

Ditetapkan posisi penempatan kabel

$$y_d' = 0,4 \text{ m}$$

Jarak masing- masing tendon terhadap alas

$$Z_1' = Z_4' = 1,181 \text{ m}$$

$$Z_2' = Z_5' = 0,781 \text{ m}$$

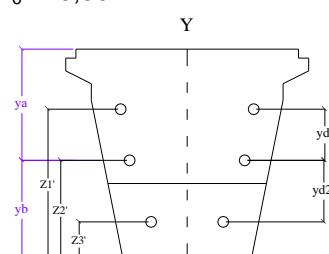
Posisi tendon di daerah tumpuan ($x = 1 \text{ m}$)

Ditetapkan posisi penempatan kabel

$$y_d2' = 0,481 \text{ m}$$

Jarak masing- masing tendon terhadap alas

$$Z_3' = Z_6' = 0,30 \text{ m}$$



Gambar 12. Posisi tendon di tumpuan ($L=28\text{m}$)

Posisi tendon di tengah bentang ($x = 14 \text{ m}$)

Ditetapkan posisi penempatan kabel

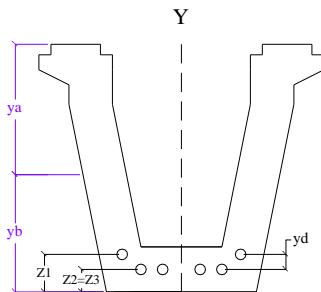
1. $y_d = 0,1 \text{ m}$

2. Jarak masing- masing tendon terhadap alas

$$Z_1 = Z_4 = 0,25 \text{ m}$$

$$Z_2 = Z_5 = 0,15 \text{ m}$$

$$Z_3 = Z_6 = 0,15 \text{ m}$$



Gambar 13. Posisi tendon di tengah bentang ($L=28\text{m}$)

- Eksentrisitas masing-masing tendon

Tabel 10. Eksentrisitas masing-masing tendon bentang 28 m

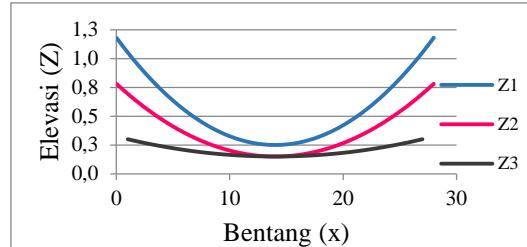
Baris tendon	Posisi tendon di tumpuan (m)	Posisi tendon di tengah bentang (m)	$F_i (\text{m})$ ($Z'_i - Z_i$)
1	$Z_1'=Z_4'$	1,181	Z_1-Z_4 , 0,250 0,931
2	$Z_2'=Z_5'$	0,781	Z_2-Z_5 , 0,150 0,631
3	$Z_3'=Z_6'$	0,300	Z_3-Z_6 , 0,150 0,150

Posisi masing-masing tendon dapat dilihat pada tabel 11. dengan persamaan :

$$Z_i = Z'_i - \frac{4.f_i x_i (L-x_i)}{L^2}$$

Tabel 11. Posisi tendon bentang 28 m

X	$Z_o =$ ($y_b - y_o$)	Posisi Masing-masing Kabel		
		Z1	Z2	Z3
0	0,781	1,181	0,781	
1	0,708	1,053	0,694	0,300
2	0,640	0,934	0,614	0,278
3	0,578	0,825	0,540	0,257
4	0,521	0,725	0,472	0,239
5	0,469	0,635	0,411	0,222
6	0,423	0,554	0,356	0,207
7	0,383	0,483	0,308	0,193
8	0,348	0,421	0,266	0,182
9	0,318	0,369	0,230	0,172
10	0,293	0,326	0,202	0,164
11	0,274	0,293	0,179	0,158
12	0,261	0,269	0,163	0,154
13	0,253	0,255	0,153	0,151
14	0,250	0,250	0,150	0,150
15	0,253	0,255	0,153	0,151
16	0,261	0,269	0,163	0,154
17	0,274	0,293	0,179	0,158
18	0,293	0,326	0,202	0,164
19	0,318	0,369	0,230	0,172
20	0,348	0,421	0,266	0,182
21	0,383	0,483	0,308	0,193
22	0,423	0,554	0,356	0,207
23	0,469	0,635	0,411	0,222
24	0,521	0,725	0,472	0,239
25	0,578	0,825	0,540	0,257
26	0,640	0,934	0,614	0,278
27	0,708	1,053	0,694	0,300
28	0,781	1,181	0,781	



Gambar 14. Posisi tendon bentang 28 m

d) Kehilangan prategang

Kehilangan prategang total dihitung dengan persamaan berikut :

$$\Delta f_{pT} = \Delta f_{pA} + \Delta f_{pF} + \Delta f_{pES} + \Delta f_{pR} + \Delta f_{pCR} + \Delta f_{pSH}$$

Jadi persentase (%) total kehilangan prategang adalah :

$$\Delta f_{pT} = 2,870 + 10,080 + 1,877 + 7,290 + 5,519 + 1,853 = 29,489\% < 30\% \dots \text{OK}$$

Dalam bentuk gaya total kehilangan prategang adalah :

$$\Delta f_{pT} = 482,918 + 1695,873 + 315,772 + 1226,609 + 928,536 + 311,805 = 4961,513 \text{ kN}$$

Sehingga, Gaya prategang efektif :

$$\text{Peff} = \text{Pj} - \Delta f_{pT} = 16824,959 - 4961,513 = 11863,446 \text{ kN}$$

e) Tegangan pada penampang balok

Tegangan keadaan awal (saat transfer)

Mutu beton prategang, $f_c = 49,8 \text{ MPa}$

Kuat tekan beton (saat transfer),

$$f_{ci} = 0,8 f_c = 0,8 \times 49,8 = 39,84 \text{ MPa}$$

Tegangan ijin tarik beton (serat atas),

$$0,25 \times \sqrt{f_{ci}} = 0,25 \times \sqrt{39,84} = 1,578 \text{ MPa}$$

Tegangan ijin tekan beton (serat bawah),

$$0,6 \times f_{ci} = 0,6 \times 39,84 = 23,904 \text{ MPa}$$

Gaya prategang awal, $P_t = 14301,215 \text{ kN}$

Tahanan momen sisi atas, $W_a = 0,358 \text{ m}^3$

Tahanan momen sisi bawah, $W_b = 0,399 \text{ m}^3$

Momen akibat berat sendiri,

$$M_{bs} = 295090,6 \text{ kg.m} = 2950,906 \text{ kN.m}$$

Luas penampang u girder, $A = 1,167 \text{ m}^2$

Eksentrisitas tendon, $es = 0,531 \text{ m}$

$$fa = - \left(\frac{P_t}{A} \right) + \left(\frac{P_t x_{es}}{W_a} \right) - \left(\frac{M_{bs}}{W_a} \right)$$

$$= 695,986 \text{ kPa}$$

$$= 0,696 \text{ MPa} \leq 1,578 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
 f_b &= -\left(\frac{P_t}{A}\right) - \left(\frac{P_{txes}}{W_b}\right) + \left(\frac{M_{bs}}{W_b}\right) \\
 &= -23904 \text{ kPa} \\
 &= -23,904 \text{ MPa} \leq 23,904 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Tegangan keadaan setelah plat dan balok menjadi komposit (saat service)

Mutu beton prategang, $f'_c = 49,8 \text{ MPa}$
 Tegangan ijin tekan beton (serat atas),
 $0,45 \times f'_c = 0,45 \times 49,8 = 22,410 \text{ MPa}$
 Tegangan ijin tarik beton (serat bawah),
 $0,5 \times \sqrt{f'_c} = 0,5 \times \sqrt{49,8} = 3,528 \text{ MPa}$
 Gaya prategang efektif, $P_{eff} = 11863,446 \text{ kN}$

Tahanan momen:

$$\begin{aligned}
 \text{sisi atas plat, } W_{ac} &= 0,638 \text{ m}^3 \\
 \text{sisi atas balok, } W'_{ac} &= 0,831 \text{ m}^3 \\
 \text{sisi bawah balok, } W_{bc} &= 0,554 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Momen total,

$$M_T = 1046817,941 \text{ kg.m} = 10468,179 \text{ kN.m}$$

Luas balok komposit, $A_c = 1,487 \text{ m}^2$

Eksentrisitas tendon,

$$e_s = e_s + (y_{bc} - y_b) = 0,531 + (0,99 - 0,86) = 0,74 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 f_{ac} &= -\left(\frac{P_{eff}}{A_c}\right) + \left(\frac{P_{eff}x_{esc}}{W_{ac}}\right) - \left(\frac{M_T}{W_{ac}}\right) \\
 &= -10626,54 \text{ kPa} \\
 &= -10,626 \text{ MPa} \leq 22,410 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f'_{ac} &= -\left(\frac{P_{eff}}{A_c}\right) + \left(\frac{P_{eff}x_{esc}}{W'_{ac}}\right) - \left(\frac{M_T}{W'_{ac}}\right) \\
 &= -10010,46 \text{ kPa} \\
 &= -10,010 \text{ MPa} \leq 22,410 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{bc} &= -\left(\frac{P_{eff}}{A_c}\right) + \left(\frac{P_{eff}x_{esc}}{W_{bc}}\right) + \left(\frac{M_T}{W_{bc}}\right) \\
 &= -4927,851 \text{ kPa} \\
 &= -4,928 \text{ MPa} \leq 3,528 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

f) Tinjauan momen ultimit

Kapasitas momen ultimit, $M_r = 17567,785 \text{ kN.m}$

Tabel 11. Rekapitulasi kombinasi momen balok ultimit

Kombinasi	Momen (kN.m)		Mr (kN.m)	Kontrol
1	6110,926	\leq	17567,785	OK
2	4554,773	\leq	17567,785	OK
3	-891,759	\leq	17567,785	OK
4	-891,759	\leq	17567,785	OK
5	-744,591	\leq	17567,785	OK
6	598,572	\leq	17567,785	OK
7	-150,609	\leq	17567,785	OK
8	3728,395	\leq	17567,785	OK
9	4748,342	\leq	17567,785	OK
10	2803,151	\leq	17567,785	OK
11	-309,153	\leq	17567,785	OK

g) Pembesian U girder

Penulangan penampang bagian atas digunakan 6D13, penampang bagian badan digunakan 11D13, penampang bagian bawah digunakan 12D13.

C. Bangunan Bawah

a) Abutment

Abutment menggunakan mutu beton (f'_c) 20,83 Mpa dan mutu baja 320 Mpa, dengan tinggi abutment (H)=7,30 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- 200

Breast Wall

- Tulangan lentur D25 – 250
- Tulangan geser arah x dan y D12-300

Back wall bawah

- Tulangan lentur D19-300
- Tulangan bagi D12-250

Back wall atas

- Tulangan lentur D16-300
- Tulangan bagi D12-300

Corbel

- Tulangan lentur D16-100
- Tulangan bagi D12-150
- Tulangan geser arah x dan y D12-100

b) Pilar

Pilar menggunakan mutu beton (f'_c) 20,83 MPa dan mutu baja 320 MPa dengan tinggi pilar (H)= 10,00 m dan lebar (B)= 6,00 m. Untuk diameter dan jarak tulangan bagian pilar adalah sebagai berikut :

Pile cap

- Tulangan lentur D25-100

Pier wall

- Tulangan lentur D25-150
- Tulangan geser arah x dan y D13-300

c) Pondasi

- Pondai abutment

Digunakan pondasi pipa baja diameter 0,50 m dengan jumlah tiang 12 buah.

- Pondasi pilar

Digunakan pondasi pipa baja diameter 0,50 m dengan jumlah tiang 15 buah

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Dimensi PC U girder yang digunakan adalah PC U girder berdasarkan Bridge Product by WIKA BETON yaitu PC U H-185 dengan mutu beton K-800 untuk bentang 42 m dan PC U H-165 dengan mutu beton K-600 untuk bentang 28 m.
2. Beban yang diterima oleh u girder bentang 42 m adalah 208341,48 kg beban mati sendiri (MS); 455,765 kg/m beban mati tambahan (MA); 109928 kg beban lajur "D" (TD); 5625 kg beban akibat gaya rem (TB); 150,171 kg/m beban angin (EW) dan 1643,891 kg/m beban gempa (EQ). Untuk bentang 28 m beban yang diterima oleh u girder adalah 131009,84 kg beban mati sendiri (MS); 455,765 kg/m beban mati tambahan (MA); 89768 kg beban lajur "D" (TD); 5625 kg beban akibat gaya rem (TB); 150,171 kg/m beban angin (EW) dan 1558,426 kg/m beban gempa (EQ).
3. Tendon yang digunakan untuk bentang 42 m adalah tendon internal sebanyak 8 tendon yaitu 4 tendon di sebelah kiri dan 4 tendon di sebelah kanan penampang u girder. Tiap tendon terdiri dari 15 strands dengan diameter 15,7 mm. Jenis angkur yang digunakan adalah spesifikasi BBR VT CONA CMI SP 1506. Untuk bentang 28 m tendon yang digunakan sebanyak 6 tendon yaitu 3 tendon di sebelah kiri dan 3 tendon di sebelah kanan penampang u girder. Tiap tendon terdiri dari 13 strands dengan diameter 15,7 mm. Jenis angkur yang digunakan adalah spesifikasi BBR VT CONA CMI SP 1306.
4. Untuk bentang 42 m total kehilangan prategang yang terjadi akibat gesekan angkur, gesekan kabel, perpendekan elastis beton, rangkak, susut dan relaksasi tendon adalah 7864,988 kN dengan presentase 29,566%. Untuk bentang 28 m total kehilangan prategang yang terjadi akibat gesekan angkur, gesekan kabel, perpendekan elastis beton, rangkak, susut dan

relaksasi tendon adalah 4961,513 kN dengan presentase 29,489%.

5. Abutment (pangkal jembatan) dengan tinggi 7,3 m dan pilar dengan tinggi 10 m. Pondasi abutment menggunakan pondasi dalam (tiang pancang baja) dengan diameter tiang 0,5 m sebanyak 12 buah dan pondasi pilar menggunakan tiang pancang baja dengan diameter tiang 0,5 m sebanyak 15 buah.

B. Saran

Berdasarkan pengerajan tugas akhir ini, saran yang dapat penulis berikan antara lain:

1. Sebelum melakukan analisis perhitungan struktur jembatan sebaiknya seorang perencana memperhatikan pemilihan dimensi girder yang akan digunakan dengan cermat sehingga kemudian dapat dipilih dimensi yang paling efektif untuk digunakan.
2. Perlu dilakukan perencanaan dengan bentuk U girder yang berbeda sebagai banding.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2014. *Pedoman Penulisan Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Mataram. Mataram.
- BBR. 2010. BBR VT CONA CMI SP, European Technical Approval. Switzerland.
- Bina Marga. Perencanaan Teknik Jembatan.
- Budiadi, A. 2008. *Desain Praktis Beton Prategang*. Yogyakarta: ANDI.
- Gideon, A. 2018. *Bertambah Lagi, Ini Deretan Kecelakaan Infrastruktur dalam 6 Bulan*. <http://m.liputan6.com> (diakses tanggal).
- Hardiyatmo, H. C. 2015. *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Lubis, F. P., dan Karolina, R. 2017. *Analisa Perbandingan Kelayakan pada Gelagor Jembatan dengan Menggunakan Precast U dan I*. Universitas Sumatera Utara.
- Manu, A. I. 1995. *Dasar-dasar*

- Perencanaan Jembatan Beton Bertulang.* Jakarta: PT Medisa.
- Masnul, C. R. 2009. *Analisa Prestress (Post-Tension) pada Precast Concrete U Girder (Studi Kasus pada Jembatan Flyover Amplas).* Universitas Sumatera Utara.
- Nawy, E. G. 2001. *Beton Prategang Suatu Pendekatan Mendasar.* Jilid 1 Edisi III. Jakarta: Erlangga.
- Raju, N. K. 1993. *Beton Prategang.* Edisi II. Jakarta: Erlangga.
- RSNI 2833. 2016. *Perancangan Jembatan terhadap Beban Gempa.* Badan Standarisasi Nasional Indonesia.
- RSNI-T-12. 2004. *Perancangan Struktur Beton untuk Jembatan.* Badan Standarisasi Nasional Indonesia.
- SNI 1725. 2016. *Pembebaan Untuk Jembatan.* Badan Standarisasi Nasional Indonesia.
- SNI 2883. 2008 *Standar Ketahanan Gempa untuk Jembatan.* Badan Standarisasi Nasional Indonesia.
- Struyk, H. J. 1995. *Jembatan.* Jakarta: PT Pradya Pramita.
- Sunggono, K.H. 1984. *Buku Teknik Sipil.* Bandung: NOVA.
- Supriyadi, B., dan Muntohar, A. S. 2007. *Jembatan.* Yogyakarta: Beta Offset.