

PENENTUAN TATA LETAK TENDON *BOX GIRDER PRESTRESSED* SEGMENTAL DALAM DAERAH AMAN PADA JEMBATAN DIAN PULAU – TETOAT DI PROVINSI MALUKU

KURNIASIH RAHMADHANI LASINTA¹, A. Agus Santosa², Bambang Wedyantadji³

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, ITN Malang,

Email : kurniasihlasinta26@gmail.com

² Dosen Jurusan Teknik Sipil, ITN Malang,

Email : agusandrianus@gmail.com,

³ Dosen Jurusan Teknik Sipil, ITN Malang,

Email : bambangwedyantadji@gmail.com

ABSTRAK

Jembatan Dian Pulau-Tetoat sepanjang 120 m merupakan suatu penghubung antar daerah Dian Pulau dan Tetoat yang terpisah oleh laut, dibangunnya jembatan ini maka akses masyarakat yang berada di Pulau Dian dapat dipermudah untuk menuju ke pulau Tetoat ataupun sebaliknya, dapat juga mempersingkat jarak tempuh sekitar 74 km serta dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi masyarakat di kedua daerah ini.

Tujuan dari penelitian adalah melakukan analisis daerah aman struktur balok girder dari beton prategang untuk mengetahui batas-batas perletakan tendon. Dengan menggunakan metode grafis dapat ditentukan garis batas daerah aman untuk meletakkan titik berat tendon sehingga tidak menimbulkan tarik dan beban tambahan yang ditimbulkan oleh berat tendon itu sendiri. Namun untuk penampang – penampang yang beragam sulit untuk meletakkan tendonya sehingga di perbolehkan sedikit tegangan tarik yang ditahan dengan penambahan tulangan baja lunak atau ulir karena adanya beban – beban luar yang bekerja. Perencanaan beton prategang berdasarkan SNI 7833-2012.

Hasil analisis tata letak tendon didapat setiap 5 meter $a_1 = 0 - 72,47$ cm, $a_2 = 0 - 90,59$ cm, $a_3 = 0 - 103,6$ cm, $a_4 = 1,44 - 194,56$ cm, sehingga batas bawah (jarak tendon terhadap sisi bawah untuk segmen ditumpuan sekitar 67,60 – 236,50 cm dan jarak tendon terhadap sisi bawah untuk segmen ditengah bentang sekitar 0 – 45 cm, letak titik berat beton pada segmen ditumpuan 157,3 cm dan 37,5 cm pada segmen ditengah bentang

Kata kunci : Balok Girder, Tendon, Daerah aman, titik berat

ABSTRACT

Dian Pulau-Tetoat bridges has length 120 meters is structure that used for join between Dian and Tetoat island that seperated by barriers. The advantages to build this bridge are for helping acess peoples are in Dian island to go to Tetoat island, can shorted distance of journey about 74 kilometers and also to development economi of peoples ithere are in both island

The purpose of research is to analyze and design of box girder prestressed . loading that work is self weight loads (MS), additional dead loads (MA), vechicle load (TD), pendestrians load (TP), brake loads(TB), and also wind loads (EW). The internal forces were obtained by finite element method manually. Based on SNI 1725-2016 for loads, SNI7833-2012 for prestressed concrete, SNI 2847-2013 for non prestressed concrete.

The result of tendon located in kern analysis has been done on this research get meter $a_1 = 0 - 72,47$ cm, $a_2 = 0 - 90,59$ cm, $a_3 = 0 - 103,6$ cm, $a_4 = 1,44 - 194,56$ cm so bottom limited about 67,60 – 236,50 centimeters for segmental of box girder on pier and bottom limited about 0 – 45,00 centimeters for segmental of box girder on a half of length , the located of central gravity of concrete are 157,3 centimeters on pier and 37,50 centimaters on a half of length.

Keywords : Box girder, Tendon, kern , central gravity of strands

PENDAHULUAN

Jembatan Dian Pulau – Tetoat ini dibangun agar dapat menghubungkan pulau Dian dan Tetoat yang yang terpisah oleh laut.

Jembatan ini dibangun dengan menggunakan material beton prategang tipe box girder. Hal tersebut sangat efektif karena mengurangi dimensi penampang lebih kecil dari beton bertulang, memaksimalkan tegangan tekan beton sehingga tidak terjadi tegangan tarik pada beton, serta dengan

menambahkan gaya tekan dibolehkan karena tendon tidak ada pada daerah tarik tetapi diletakan di daerah aman. Banyak penggunaan konsep prategang yang sukses diaplikasikan dalam dunia kontruksi. Dalam penulisan ini dilakukan studi modifikasi pada jembatan Dian Pulau-Tetoat dengan menggunakan struktur segmental, dimana total panjang jembatan tersebut adalah 120 meter terdiri dari 3 bentang masing-masing 40 m yang akan menghubungkan antara Pulau Dian dan Pulau

Tetoat untuk menuju ke pusat kota Tual, yang berada di Kepulauan Kei Kecil. Jembatan tersebut harus dibangun untuk mempersingkat jarak tempuh dari Pulau Dian dan Tetoat ke pusat kota dibandingkan menggunakan rute lain yang harus menempuh sekitar 74 km dan juga dapat membantu akses masyarakat antar pulau Dian dan Tetoat, sehingga meningkatkan pertumbuhan ekonomi masyarakat di kedua daerah tersebut.

Berdasarkan uraian diatas maka penulis akan menghitung dimensi profil box girder yang digunakan sehingga mampu menahan beban-beban yang bekerja, kemudian menghitung jumlah tendon serta tata letak tendon pada inti kern dan mendapatkan batas - batas tegangan tarik yang boleh terjadi .

TINJAUAN PUSTAKA

1. Penentuan Momen Inersia

Perhitungan momen inersia balok girder digunakan rumus :

$$Ix = \frac{1}{12} bh^3 AY^2 \quad (\text{untuk bentuk persegi})$$

$$Ix = \frac{1}{36} bh^3 AY^2 \quad (\text{untuk bentuk segitiga})$$

Keterangan :

- Ix = Momen inersia sumbu x
- b = lebar bagian balok yang ditinjau
- h = tinggi bagian balok yang ditinjau
- A = luas bagian balok yang ditinjau
- Y = jarak titik berat balok terhadap sumbu x

Sehingga didapatkan inersia penampang beton prategang yaitu :

$$Ip = Ix + AY^2$$

$$i^2 = \frac{\sum Ip}{\sum Ap}$$

Ip = Momen inersia penampang beton

i² = jari-jari inersia penampang

Ap = luasan penampang beton

2. Penentuan inti suatu penampang

Inti atau kern adalah bagian dari penampang yang tidak akan timbul tegangan tarik bila pada bagian tersebut berkeja suatu gaya.

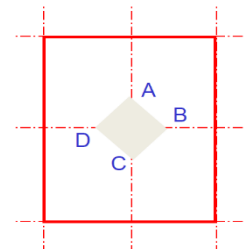
$$ka = \frac{i^2}{yb}$$

$$kb = \frac{i^2}{ya}$$

Keterangan :

ka = Kern bagian atas

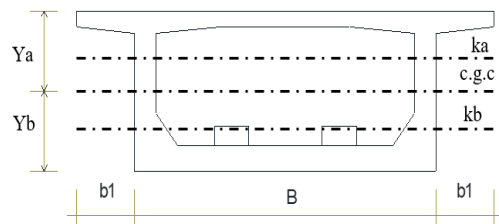
kb = Kern bagian bawah



Gambar 1. Inti kern persegi

Sumber : Buku Teknik sipil

3. Letak titik berat beton (C.G.C)



Gambar 2. Letak cgc Balok Tengah

Sumber : Autocad

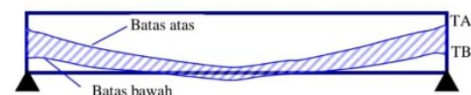
$$Yb = \frac{\sum Ap \cdot y}{Ap}$$

$$Ya = h_{total} - Yb$$

4. Penentuan Letak & Batas Aman Tendon

Posisi yang lebar daerah batas seringkali menjadi petunjuk desain yang memadai dan ekonomi. Namun ada beberapa alasan batas daerah aman yang salah sewaktu perhitungan yaitu :

- Jika sebagian batas atas jatuh diluar atau terlalu dekat serat bawah atau terlalu dekat serat bawah maka gaya prategang maupun tinggi balok harus diperbesar.



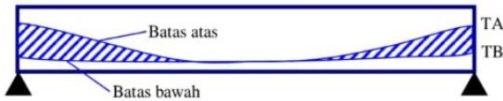
Gambar 3. Batas atas terlalu dekat dasar
 Sumber : Nawir Rasid

- Jika jatuhnya terlalu jauh dari serat bawah maka gaya prategang maupun tinggi balok harus dikurangi.



Gambar 4. Batas atas terlalu jauh dasar
 Sumber : Nawir Rasid

- Jika batas bawah memotong batas atas, hal itu berarti tidak ada daerah aman yang tersedia untuk cgs maka gaya prategang maupun tinggi balok harus ditambah.



Gambar 5. Batas atas dan bawah berpotongan

Sumber : Nawir Rasid

- a. Keadaan awal (a1) yang dihitung dari batas bawah kb

$$a1 = \frac{M_0}{F_0}$$

- b. Keadaan setelah kehilangan gaya tegangan (a2) yang dihitung dari batas bawah kb

$$a2 = \frac{M_0}{F}$$

- c. Keadaan setelah beban luar bekerja tanpa angin (a3) yang dihitung dari batas bawah ka

$$a3 = \frac{MD}{F_0}$$

- d. Keadaan setelah beban luar bekerja dengan angin (a4) yang dihitung dari batas bawah ka

$$a4 = \frac{MT}{F}$$

Keterangan :

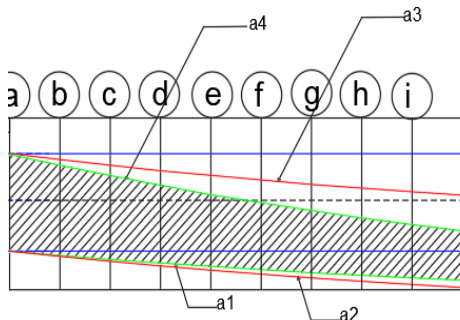
M_0 = Momen akibat berat sendiri beton (kNm)

MD = Momen akibat beban mati beton (kNm)

MT = Momen akibat beban total beton (kNm)

F_0 = Gaya awal akibat pemberian prategang (kN)

F = gaya setelah kehilangan prategang (kN)



Gambar 6. Sketsa Batas a1, a2, a3, a4

Sumber : Nawir Rasid

5. Rumus Pendekatan Gaya Prategang

Gaya prategang dipengaruhi oleh momen total yang terjadi. Gaya prategang yang disalurkan harus memenuhi kontrol batas pada saat kritis. Persamaan berikut menjelaskan hubungan antara momen total dengan gaya prategang (T.Y Ling-Burns).

- Bila perbandingan $M_G/M_T > 20\% - 30\%$, M_T yang akan terjadi relatif besar maka rumusnya sebagai berikut :

$$F = T = \frac{M_G}{0,5 h}$$

- Bila perbandingan $M_G/M_T < 20\% - 30\%$, M_T yang akan terjadi relatif kecil maka rumusnya sebagai berikut :

$$F = T = \frac{M_T}{0,65 h}$$

6. Perhitungan Jumlah Tendon

Untuk menghitung jumlah digunakan persamaan rumus sebagai berikut :

$$F_0 = \frac{F}{(100-KP)\%} \quad (KP = 20\% \text{ untuk pasca tarik})$$

$$n = \frac{F_0}{\text{kuat 1 tendon}}$$

Keterangan :

kuat 1 tendon = Jumlah untaian dikali gaya prategang efektif

F_0 = Gaya awal akibat pemberian prategang (kg)

n = Jumlah tendon

Kontrol :

- F_0 ada = $n \times \text{kuat 1 tendon} > F_0$
- F_0 ada - $F_0 < n \times \% \text{ Beban putus untaian/strands.}$

7. Posisi Tendon

Bentuk lintasan tendon adalah parabola dan untuk mengetahui posisi tendon digunakan persamaan garis lengkung, perhitungan ditinjau setengah bentang dengan jarak interval setiap 2 m :

$$Y_i = \frac{4.f.X_i.(L-X_i)}{L^2}$$

Keterangan :

Y_i = Ordinat tendon yang ditinjau

X_i = Absis tendon yang ditinjau

L = Panjang bentang

f = Tinggi Puncuk parabola maksimum

8. Penentuan Jarak Eksentrisitas

Nilai cgs diukur dari sisi bawah balok, dengan betuk dari letak tendon parabolis :

$$e = Y_b - Y_{tendon}$$

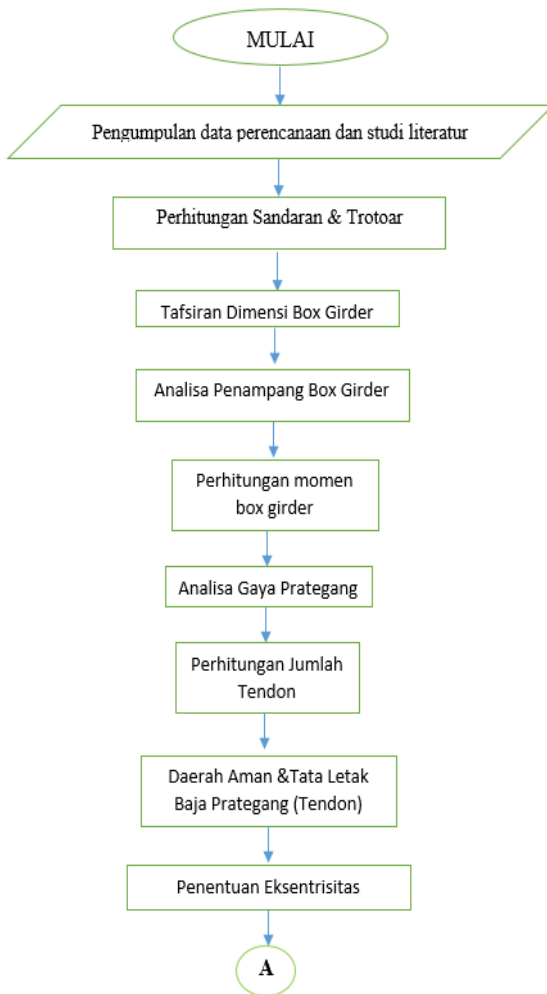
Keterangan :

- e = Jarak eksentrisitas
- y_b = jarak titik berat penampang terhadap titik berat utama
- y_{tendon} = jarak titik berat penampang terhadap titik berat utama

Tabel . 2 Data Baja Prategang (Tendon)

Type GC 6-31	
Tegangan leleh (f _y)	1676 MPa
Modulus elastisitas (E _s)	195000 MPa
Nominal Diameter strand (d)	15,2 mm
Beban Putus 100% (F _o 1 tendon)	260,7 kN
Relasasi baja	Max 2.5 %
Dia. angker	127 mm

METODE PENELITIAN



Gambar 7. Diagram Alir

Tabel . 1 Data Beton

Mutu beton K-600	
Kuat tekan beton (f' _c)	49,8 MPa
Modulus elastisitas beton (E _c)	39074,50 MPa
Angka poisson (ν)	0,2
Modulus Geser (G)	16281,04 MPa

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perkiraan dimensi

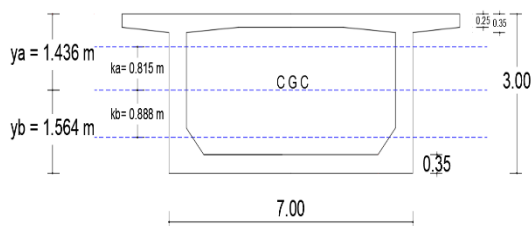
Berdasarkan dari ketentuan yang diberikan oleh *Podolny & Muller (1982)* tentang pedoman pemilihan tampang penampang melintang gelagar, maka penampang yang direncanakan untuk jembatan Dian pulau - Tetoat adalah sebagai berikut:

- Lebar jembatan
 Lebar Pelat atas = 9,7 m < 12 m, maka digunakan sel tunggal
 Lebar pelat bawah = 4 – 7,5 m.
 Dipilih = 7 m.
 Panjang bagian kantilever = 1/4 . L. Gelagar
 = 1/4 . 9,7 = 2,425 m
 Dipilih = 1,35 m
- Tebal Pelat badan (web)
 Tendon diangkur pada web = min. 350 m
 Dipilih = 1,00 m (balok ujung)
 Dipilih = 0,50 m (balok tengah)
- Tebal pelat atas
 Untuk bentang antar web (4 - 7,5 m) minimum 250 mm digunakan.
 Dipilih = 0,25 m (Pelat atas bagian tepi)
 Dipilih = 0,35 m (Pelat atas bagian tengah)
- Tebal pelat bawah
 Jika selongsong (duct) diletakan pada pelat bawah tebal antara 200 - 250 mm
 Dipilih = 0,35 m
- Rasio tinggi terhadap bentang
 1/15 < h/L < 1/30 dengan nilai optimum sebesar 1/18 – 1/20

Dihitung = 1/15 . L
 = 1/15 . 40 = 2,67 m
 Dipilih = 3 m

Tabel. 3 Sections Properties Seg. Tengah

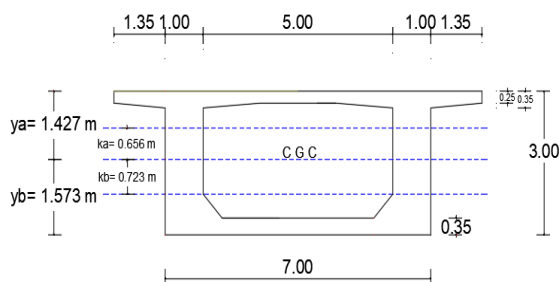
Luas segmen	Jarak titik berat seg. Thd dasar box	Statis momen	Jarak titik berat seg. Thd cge	$A \cdot y_2^2$	I_o	Momen Inersia
A	y	$A \cdot y$	y_2			$I = I_o + A \cdot y_2^2$
m^2	m	m^3	m^2	m^4	m^4	m^4
5	6	$7 = 5 \cdot 6$	8	9	10	11
2,425	2,875	6,972	1,311	4,165	0,013	4,1781
0,135	2,717	0,367	1,152	0,179	0,00004	0,1793
0,15	2,717	0,408	1,152	0,199	0,00004	0,1992
2,4	1,6000	3,8400	0,0356	0,003	0,576	0,5790
0,25	0,567	0,142	-0,998	0,249	0,005	0,2541
2,45	0,2	0,490	-1,364	4,561	0,008	4,5691
7,810		12,218	Σ	9,357	0,602	9,9588



Gambar 8. Potongan Balok Tengah
 Sumber : Autocad

Tabel. 4 Sections Properties Seg. Ujung

Luas Tampak	Jarak titik berat seg. Thd dasar box	Statis momen	Jarak titik berat seg. Thd cge	$A \cdot y_2^2$	I_o	Momen Inersia
A	y	$A \cdot y$	y_2			$I = I_o + A \cdot y_2^2$
m^2	m	m^3	m^2	m^4	m^4	m^4
5	6	$7 = 5 \cdot 6$	8	9	10	11
2,425	2,875	6,972	1,311	4,165	0,013	4,178
0,135	2,717	0,367	1,152	0,179	0,00004	0,179
0,150	2,717	0,408	1,152	0,199	0,00004	0,199
4,800	1,600	7,680	0,036	0,006	1,152	1,158
0,250	0,567	0,142	-0,998	0,249	0,002	0,251
2,450	0,200	0,490	-1,364	4,561	0,008	4,569
10,210		16,058	Σ	9,360	1,175	10,534



Gambar 9. Potongan Balok Ujung
 Sumber : Autocad

1. Gaya Prategang

Dari perhtungan

statika nilai momen maksium :

Momen akibat beban mati (MDL = MG) = 60134,32 kNm

Momen kombinasi total (MT) = 112969,357

kNm

Tinggi box girder (h) = 3 m

$$\frac{MG}{MT} \cdot 100\% = \frac{60134,32}{112969,357} \cdot 100\% = 53,231\% > 20\% - 30\%$$

$$F = T = \frac{MT}{0,65h} = \frac{112969,357}{1,950} = 57933,004 \text{ kN}$$

$$F_o = \frac{F}{80\%} = \frac{57933,004}{0,8} = 72416,255 \text{ kN}$$

$$n = \frac{F_o}{F_o \text{ 1 tendon}} = \frac{72416,255}{6048,24} = 11,973 = 12 \text{ bh}$$

Karena tendon 12 bh maka :

$$F_o = n \times F_o \text{ 1 tendon} = 12 \times 6048,24 = 72578,880 \text{ kN}$$

2. Perhitungan Daerah Aman

- Keadaan Awal (a₁)

Untuk titik b , x = 1 m

$$a_1 = \frac{M_o}{F_o} = \frac{5327,940}{72578,880} = 0,073 \text{ m} \rightarrow 7,34 \text{ cm}$$

Tabel. 5 Kondisi Awal (a₁)

Titik	Mo	Fo ada	a ₁	
	kNm	kN	m	cm
a	0	72578,880	0	0
b	5327,940	72578,880	0,073	7,34
f	23341,545	72578,880	0,322	32,16
k	39594,420	72578,880	0,546	54,55
p	49346,145	72578,880	0,680	67,99
u	52596,720	72578,880	0,725	72,47

- Kondisi setelah kehilangan gaya (a₂)

$$F = 80\% \times 72578,880 = 58063,104 \text{ kN}$$

Untuk titik b , x = 1 m

$$a_1 = \frac{M_o}{F} = \frac{5327,940}{58063,104} = 0,092 \text{ m} \rightarrow 9,20 \text{ cm}$$

Tabel. 6 Kondisi setelah kehilangan gaya (a2)

Titik	M _o	F	a ₂	
	kNm	kN	m	cm
a	0	58063,104	0	0
b	5327,940	58063,104	0,092	9,18
f	23341,545	58063,104	0,402	40,20
k	39594,420	58063,104	0,682	68,19
p	49346,145	58063,104	0,850	84,99
u	52596,720	58063,104	0,906	90,59

- Kondisi setelah ada beban mati tambahan (a3)

$$F = 80\% \times 72578,880$$

$$= 58063,104 \text{ kN}$$

Untuk titik b, x = 1 m

$$a1 = \frac{MG}{F}$$

$$= \frac{6062,307}{58063,104}$$

$$= 0,104 \text{ m} \rightarrow 10,44 \text{ cm}$$

Tabel.7 Kondisi setelah ada beban mati tambahan (a3)

Titik	M _G	F	a ₃	
	kNm	kN	m	cm
a	0	58063,104	0	0
b	6062,307	58063,104	0,104	10,4
f	26636,795	58063,104	0,459	45,9
k	45243,420	58063,104	0,779	77,9
p	56407,395	58063,104	0,971	97,1
u	60134,320	58063,104	1,036	103,6

- Kondisi setelah ada beban mati tambahan (a3)

$$F = 80\% \times 72578,880$$

$$= 58063,104 \text{ kN}$$

Untuk titik b, x = 1 m

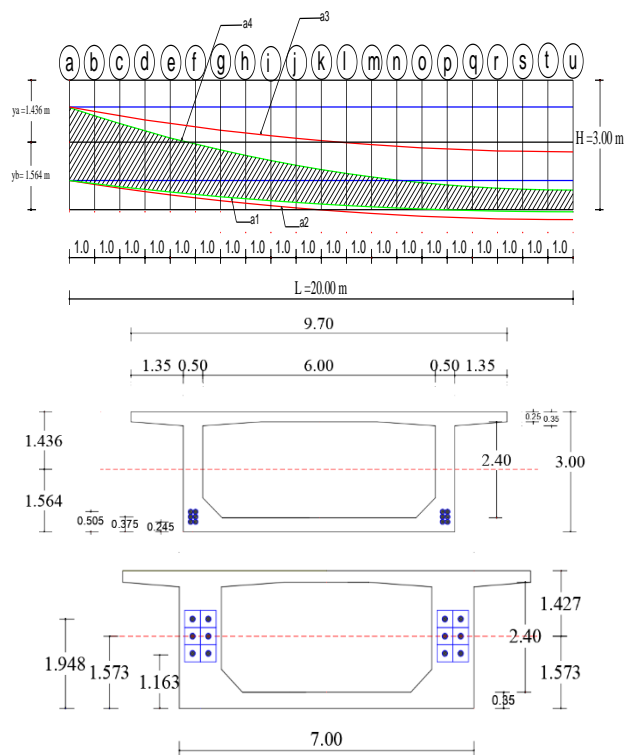
$$a1 = \frac{MT}{F}$$

$$= \frac{11966,323}{58063,104}$$

$$= 0,206 \text{ m} \rightarrow 20,61 \text{ cm}$$

Tabel. 8 Kondisi Akhir (a4)

Titik	M _T	F	a ₄	
	kNm	kN	m	cm
a	833,906	58063,104	0,014	1,44
b	11966,323	58063,104	0,206	20,61
f	50221,196	58063,104	0,865	86,49
k	85078,174	58063,104	1,465	146,53
p	105992,362	58063,104	1,825	182,55
u	112969,357	58063,104	1,946	194,56



Gambar 10. Letak tendon di balok ujung & tengah

Sumber : Autocad

3. Koordinat tendon

- Untuk tendon baris ke-1

Jarak dari serat bawah penampang ke as tendon
 (y_o) = 194,80 cm (ujung)
 = 50,50 cm (tengah)

Untuk titik b, dengan

$$\Delta_b = 194,80 - 50,50 = 144,30 \text{ cm dan } x = 100 \text{ cm}$$

$$y_b = y_o - \frac{4 \Delta X (L - X)}{L^2}$$

$$= 194,8 - \frac{4 \cdot 144,3 \cdot 100 (4000 - 100)}{4000^2}$$

$$= 180,73 \text{ cm}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel. 9 Koordinat tendon baris ke 1

Titik	L	x	Δ	y _o	y	Y
	cm	cm	Cm	cm	cm	cm
a	4000	0	144,3	194,8	0	194,8
b	4000	100	144,3	194,8	14,07	180,73
f	4000	500	144,3	194,8	63,13	131,67
k	4000	1000	144,3	194,8	108,23	86,58
p	4000	1500	144,3	194,8	135,28	59,52
u	4000	2000	144,3	194,8	144,3	50,50

b. Untuk tendon baris ke-2

Jarak dari serat bawah penampang ke as tendon
 (y_0) = 157,30 cm (ujung)
 = 37,50 cm (tengah)

Untuk titik b, dengan

$\Delta_b = 157,3 - 37,5 = 119,80$ cm dan $x = 100$ cm

$$y_b = y_0 - \frac{4 \Delta X (L - X)}{L^2}$$

$$= 157,3 - \frac{4 \cdot 119,8 \cdot 100 (4000 - 100)}{4000^2}$$

$$= 145,62 \text{ cm}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel. 10 Koordinat tendon baris ke 2

Titik	L	x	Δ	y_0	y	Y
	cm	cm	cm	cm	cm	cm
a	4000	0	119,8	157,3	0	157,30
b	4000	100	119,8	157,3	11,68	145,62
f	4000	500	119,8	157,3	52,41	104,89
k	4000	1000	119,8	157,3	89,85	67,45
p	4000	1500	119,8	157,3	112,31	44,99
u	4000	2000	119,8	157,3	119,80	37,50

c. Untuk tendon baris ke-3

Jarak dari serat bawah penampang ke as tendon
 (y_0) = 11,30 cm (ujung)
 = 24,50 cm (tengah)

Untuk titik b, dengan

$\Delta_b = 116,30 - 24,50 = 91,80$ cm dan $x = 100$ cm

$$y_b = y_0 - \frac{4 \Delta X (L - X)}{L^2}$$

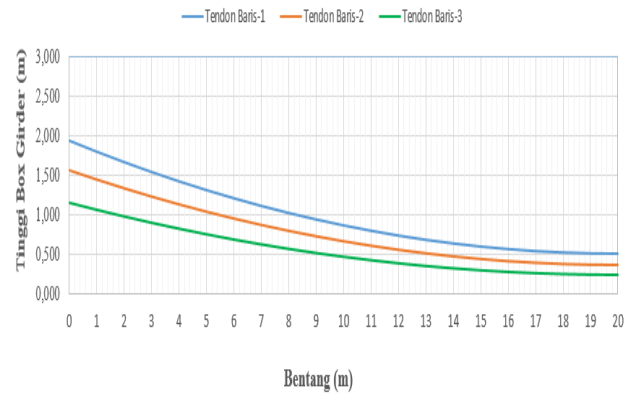
$$= 116,3 - \frac{4 \cdot 91,80 \cdot 100 (4000 - 100)}{4000^2}$$

$$= 107,35 \text{ cm}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut :

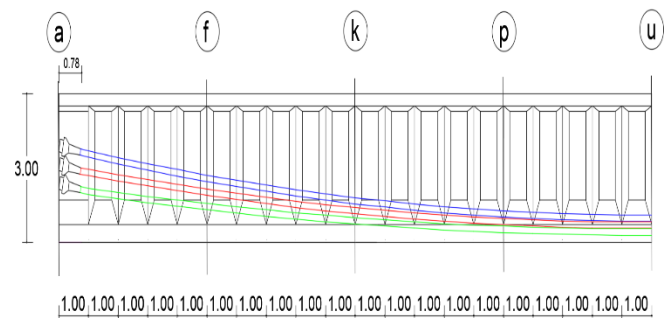
Tabel. 11 Koordinat tendon baris ke 3

Titik	L	x	Δ	y_0	y	Y
	cm	cm	cm	cm	cm	cm
a	4000	0	91,80	116,3	0	194,8
b	4000	100	91,80	116,3	8,95	180,73
f	4000	500	91,80	116,3	63,13	131,67
k	4000	1000	91,80	116,3	108,23	86,58
p	4000	1500	91,80	116,3	135,28	59,52
u	4000	2000	91,80	116,3	144,3	50,50



Gambar 11. Grafik Letak Titik Berat tendon (C.G.S)

Sumber : Autocad



Gambar 12. Tata Letak tendon

Sumber : Autocad

KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dalam penentuan tata letak tendon dalam daerah aman adalah :

- untuk segmen box girder bagian tumpuan, batas bawah tarik boleh terjadi yaitu $a_2 = 0 - 90,59$ cm Terhadap penampang bagian bawah dan batas bawah tarik bernilai nol yaitu $a_1 = 0 - 72,47$ cm sedangkan untuk segmen box girder bagian tengah bentang, batas atas tarik boleh terjadi yaitu $a_3 = 0 - 103,6$ cm terhadap penampang bagian bawah dan batas atas tarik bernilai nol yaitu $a_4 = 1,44 - 194,56$ cm
- Koordinat tendon di bagian tumpuan berjarak $67,60 - 236,50$ cm dan di bagian tengah bentang berjarak $0 - 45$ cm terhadap sisi bawah penampang
- Dan titik berat tendon didapat bagian tumpuan berjarak 157,3 cm dan dibagian tengah bentang 37,5 cm.

Apabila sewaktu menghitung batas-batas limit tendon terjadi kesalahan berupa daerah aman keluar dari penampang rencana maka alternatif yang sebaiknya dilakukan yaitu :

- Menaikkan tinggi penampang rencana
- Memperbesar gaya prategang
- Jika memungkinkan pemberian gaya prategang sebagian.

DAFTAR PUSTAKA

Ilham Noer. M, 2008, Perhitungan Balok Prategang (PCI-Girder). Jembatan Srandakan Kulon Progo D.I. Yogyakarta: MNI-EC

Karramal . F. M, 2016, Perencanaan Box Girder Prategang Struktur Atas Fly Over Simpang Air Hitam Samarinda. Skripsi. dipublikasikan, Malang : Institut Teknologi Malang.

Kh Sunggono, 1984, Buku Teknik Sipil, Bandung : Nova

Nawy, E. G., 2001, *Beton Prategang Suatu Pendekatan Mendasar Jilid I Edisi III*. Terjemahan Jakarta: Erlangga.

PT. Indonesia VSL . VSL GC Anchorage Technology.
<http://www.vslin.com>: Jakarta

Putra Riasa, 2009, Tugas beton prategang, Malang : Institut Teknologi Malang.

Rasid Nawir, 2018, Dasar-Dasar Struktur Beton Prategang. Malang : Polinema Press.

T.Y. Ling – Burns, H., 1991, *Desain Struktur Beton Prategang Jilid I Edisi III*. Terjemahan Jakarta: Erlangga.