

PERENCANAAN *BOX GIRDER* PADA *FLYOVER* SIMPANG SURABAYA KOTA BANDA ACEH

Muhammad Sabil Awang Fikri¹, Syukri², Musbar³

- ¹⁾ Mahasiswa, Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Jl. Banda Aceh-Medan Km.280 Buketrata, email: sabilmhd2@gmail.com
- ²⁾ Dosen, Program Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Jl. Banda Aceh-Medan Km.280 Buketrata, email: syukri@pnl.ac.id
- ³⁾ Dosen, Program Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Jl. Banda Aceh-Medan Km.280 Buketrata, email: musbaribrahim@pnl.ac.id

ABSTRAK

Flyover Simpang Surabaya terletak pada perpotongan antara jalan T. Hasan Dek dan Jalan Tgk. Imum Lueng Bata, Banda Aceh. *Flyover* ini direncanakan memiliki lebar 14 meter untuk jalan raya (empat lajur dua arah) dengan panjang total adalah 446 meter, menggunakan *box girder* dengan panjang satu bentangnya adalah 44.6 meter dan lebar total adalah 16.5 meter. Untuk peraturan pembebanan mengacu kepada SNI 1725 : 2016 dan direncanakan menggunakan sistem prategang *post tension* pada *girder*. Ruang lingkup pada perencanaan ini meliputi pendimensian yang berdasarkan hasil dari persamaan *preliminary design*, jumlah tendon, kehilangan gaya prategang, kontrol lendutan dan penggambaran. Mutu dari beton gelagar $f_c' = 41.5$ MPa, kuat leleh baja tulangan $f_y = 390$ MPa dan kuat leleh baja sengkang $f_y = 320$ MPa dengan menggunakan *seven wire strands* diameter 15.24 mm dengan kuat tarik *strand* $f_{pu} = 1860$ MPa. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh jumlah tendon yaitu sebanyak 36 tendon dan 720 *strand*, dengan tinggi *girder* yaitu 2.5 meter dan kehilangan gaya prategang sebesar 346.88 MPa atau 18.65%. Nilai lendutan maksimum adalah 0.02868 meter dan dinyatakan aman terhadap nilai lendutan batas yaitu sebesar $L/800$.

Kata kunci: *girder*, prategang, *strand*, tendon

I. PENDAHULUAN

Mengingat kemacetan adalah permasalahan yang dapat mempengaruhi kegiatan perekonomian, maka diperlukan solusi yang tepat guna. Atas dasar ini, telah dibangun *fly over* di Simpang Surabaya yang merupakan persilangan dua koridor jalan utama yaitu koridor I (Jl. T. Hasan Dek – Jl. Mr. Muhammad Hasan) dengan koridor II (Jl. Tgk. Imum Lueng Bata – Jl. Tgk. Chik Ditiro). Dari hal ini, akan dibahas tentang salah satu komponen pembentuk *fly over* yaitu *Box Girder*. Panjang total *fly over* adalah sepanjang 446 meter yang terbagi oleh 10 bentang, dengan lebar keseluruhan 16,5 meter. Panjang bentang yang ditinjau adalah 44,6 m. *Box girder* direncanakan dari beton mutu tinggi K – 500 yang dicetak ditempat (*in situ*) dengan pemberian prategang sistem pasca tarik (*prestress post tensioning*). Kabel prategang yang digunakan adalah *seven wire strands* diameter 0,6 in $\approx 15,24$ mm dengan tegangan tarik f_{pu} sebesar 1860 MPa. Tipe *box girder* sangat cocok untuk jembatan dengan bentang panjang dengan konsep awal pada perencanaan yang menentukan dimensi awal *box girder* yang mampu menahan beban yang bekerja. Konsep prategang adalah pemberian gaya tarik awal pada tendon sebagai tulangan tarik dengan jumlah tertentu yang mampu menahan beban yang bekerja dengan memberikan momen perlawanan dari eksentrisitas yang ada. Pada perencanaan *box girder* memperhitungkan persentasi kehilangan gaya prategang dan perhitungan lendutan sebagai kontrol yaitu sebesar $L/800$ menurut RSNI T – 12 – 2004.

A. *Box Girder*

Jembatan layang gelagar kotak tersusun dari gelagar longitudinal dengan slab di atas dan di bawah yang berbentuk rongga (*hollow*) (Prasetya, 2010). Tipe *box girder* digunakan untuk jembatan bentang panjang. Desain *box girder* lebih menguntungkan untuk bentang menerus dengan panjang bentang lebih dari 100 m.

B. *Beton Prategang*

Beton prategang merupakan beton hasil pabrikan (*precast*) yang didesain sedemikian rupa yang fungsinya sebagai komponen struktural yang langsung menerima beban-beban lalu lintas setelah slab yang kemudian menyalurkan beban ke kolom dan diteruskan ke pondasi. Untuk asumsi awal menurut Podolny dan Jean (1982), desain dimensi dapat juga dilakukan dengan persamaan rumus pendekatan sebagai berikut:

$$h = \frac{1}{15} \times L \text{ sampai dengan } h = \frac{1}{30} \times L \dots\dots\dots (1)$$

C. *Baja Prategang*

Baja prategang yang digunakan pada beton prategang adalah tendon. Menurut T.Y Lin (1996), jenis tendon yang digunakan dalam perencanaan balok prategang ada 3 (tiga) macam, yaitu:

1. Kawat tunggal (*wire*). Kawat tunggal ini biasanya dipergunakan dalam beton prategang dengan sistem pratarik (*pretension method*).
2. Untaian kawat (*strand*). Untaian kawat ini biasanya dipergunakan dalam beton prategang dengan sistem pasca tarik (*posttension method*).
3. Kawat batangan (*bar*). Kawat batangan ini biasanya digunakan untuk beton prategang dengan sistem pratarik (*pretension method*).

Selain baja prategang diatas, beton prategang masih memerlukan penulangan biasa yang tidak diberi gaya prategang, seperti tulangan memanjang, sengkang, tulangan untuk pengangkur dan lain-lain.

Tabel 1. Jenis baja prategang

Jenis Material	Nominal Diameter	Luas	Gaya Putus Minimum	Tegangan tarik minimum, f_{pu}
	mm	mm ²	kN	MPa
Kawat tunggal (<i>wire</i>)	3	7.1	13.5	1900
	4	12.6	22.1	1750
	5	19.6	31.4	1600
	7	19.6	57.8	1500
	8	38.5	70.4	1400
7-wire strand <i>Super grade</i>	9.3	54.7	102	1840
	12.7	100	184	1860
	15.2	143	250	1750
Kawat batangan (<i>bar</i>)	23	415	450	1080
	26	530	570	1080
	29	660	710	1080
	32	804	870	1080
	38	1140	1230	1080

Sumber : Ir soetoyo. Kontruksi beton pratekan

D. *Analisa Kehilangan Gaya Prategang Sistem Pasca Tarik*

Menurut Nawy (2001), Kehilangan gaya prategang adalah suatu kenyataan yang jelas bahwa gaya prategang awal yang di berikan ke elemen beton mengalami proses reduksi yang progresif selama waktu kurang lebih lima tahun.

1. Kehilangan gaya prategang akibat akibat perpendekan elastis (ES)
2. Kehilangan gaya prategang akibat relaksasi baja (Δf_{pr})
3. Kehilangan gaya prategang akibat rangkai (CR)
4. Kehilangan gaya prategang akibat susut (SH)
5. Kehilangan karena dudukan angker (Δf_{pA})
6. Kehilangan yang diakibatkan friksi (Δf_{pF})

II. METODOLOGI

Adapun metode perencanaan gelagar prategang pada *fly over* Simpang Surabaya dijelaskan sebagai berikut :

A. Dimensi Gelagar

Penentuan dimensi gelagar akan direncanakan dapat menahan beban-beban yang bekerja padanya. Asumsi awal, dimensi gelagar digunakan rumus pendekatan pada persamaan 1.

B. Mutu Bahan

Untuk penentuan mutu beton dengan $f_c' = 41,5$ MPa, mutu baja prategang $f_{py} = 1674$ MPa dan $f_{pu} = 1860$ MPa. Untuk mutu baja tulangan longitudinal $f_y = 390$ MPa dan mutu baja tulangan sengkang $f_y = 320$ MPa.

C. Pembebanan

1. Beban Tetap

a. Berat sendiri

Besarnya berat sendiri adalah hasil kali antara nilai berat isi dengan volume bahan bangunan yang digunakan pada struktur.

b. Beban mati tambahan

Beban mati tambahan terdiri dari berat lapisan aspal dan berat air hujan di atas lantai kendaraan. Besarnya beban didapatkan setelah dikalikan.

2. Beban Angin

Menurut SNI (1725 : 2016), jembatan harus diselidiki secara khusus akibat pengaruh beban angin, termasuk respon dinamis jembatan. Perhitungan beban angin sesuai dengan SNI (1725 : 2016), gaya nominal ultimit dan daya layan jembatan akibat angin tergantung pada kecepatan angin rencana seperti persamaan berikut:

$$V_{DZ} = 2,5 V_0 \left(\frac{V_{10}}{V_b} \right) \ln \left(\frac{Z}{Z_0} \right) \dots \dots \dots (2)$$

3. Beban Gempa

Perhitungan beban gempa dilakukan dengan mengikuti aturan-aturan sesuai lokasi perencanaan dan jenis tanah pada lokasi perencanaan tersebut. Hal ini dikarenakan frekwensi gempa dan waktu getarnya berbeda-beda tergantung lokasi dan jenis tanahnya. Merujuk kepada SNI (2833 : 2008), beban rencana gempa minimum diperoleh dengan persamaan:

$$EQ = \frac{C_{sm}}{R_d} \times Wt \dots \dots \dots (3)$$

D. Kombinasi Pembebanan

Pengkombinasian gaya dan momen akibat pembebanan yang bekerja pada gelagar jembatan dilakukan untuk mengetahui besaran momen maksimum yang harus dipikul oleh gelagar. Sebelum dikombinasikan, masing-masing momen dikalikan terlebih dahulu dengan koefisien faktor beban merujuk kepada pada SNI (1725 : 2016).

E. Kontrol Lendutan

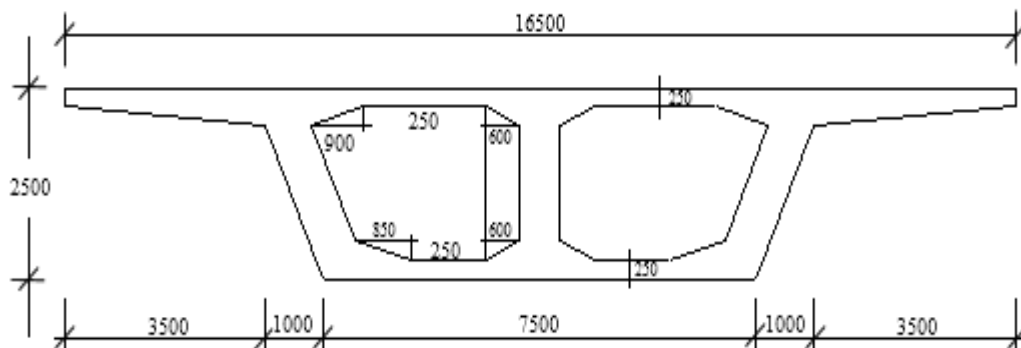
Menurut Raju (1988), pada saat transfer prategang, balok akan cembung ke atas akibat pengaruh gaya prategang, dan pada tahap ini berat sendiri balok menimbulkan lendutan ke bawah. Lendutan ke bawah tersebut bertambah lagi akibat beban – beban yang terpasang di atas balok seperti beban aspal. Menurut RSNI – T – 12 – 2004, lendutan oleh beban rencana untuk daya layan pada Peraturan Pembebanan Jembatan Jalan Raya adalah $\Delta < L / 800$, dimana L adalah panjang bentang (m).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Penampang Box Girder

Penampang direncanakan dengan ukuran yang aman dengan memeriksa kelendutan yang terjadi. Penampang *box girder* memiliki lebar flens yaitu 3,5 meter dan lebar web yaitu 7,5 meter. Lebar keseluruhan *box girder* yaitu 16,5 meter.



Gambar 1. Penampang *box girder*

Tabel 2. Perhitungan statis momen

No	Dimensi		jumlah	luas A (m ²)	jarak terhadap alas Y (m)	statis momen A x Y (m ³)
	Lebar (m)	Tinggi (m)				
1	16.5	0.25	1	4.125	2.625	10.828125
2	0.7	2	1	1.4	1.25	1.75
3	0.7	2	2	1.4	1.25	3.5
4	7	0.25	1	1.75	0.125	0.219
5	3.3	0.25	2	0.825	2.083	1.718
6	0.92	0.25	2	0.23	2.083	0.479
7	0.6	0.25	2	0.15	2.083	0.312
8	0.6	0.25	2	0.15	0.33	0.050
9	0.85	0.25	2	0.213	0.33	0.070
10	0.2	0.25	2	0.05	0.16	0.008
				11,693		18,935

Tabel 3. Perhitungan momen inersia

No	Io (m ⁴)	A x y ² (m ⁴)
1	0.02148	28.424
2	0.46667	2.188
3	0.46667	2.188
4	0.00911	0.027
5	0.00143	3.580
6	0.00040	0.998
7	0.00026	0.651
8	0.00026	0.016
9	0.00037	0.023
10	0.00009	0.001
	0.96674	38.10

2. Beban dan Kombinasi Momen

Pembebanan yang diperhitungkan untuk perencanaan *box girder* ini berdasarkan SNI (1725 : 2016).

Tabel 4. Perhitungan pembebanan

No	Jenis Beban	kode beban	Q (kN/m)	P (kN)	M (kNm)	Keterangan
1	Berat Sendiri Box Girder	Bs	292,325	-	-	beban merata
2	Beban Mati	MS	303,665	-	-	beban merata
3	Beban mati tambahan	MA	37.66	1.49	-	beban merata dan terpusat
4	Beban Lajur	TD	65.23	600.6	-	beban merata dan terpusat
5	Beban gaya rem	TB	-	-	797.5	beban momen
6	Beban Angin	EW	7.64	-	-	beban merata
7	Beban Gempa	EQ	106,29	-	-	beban merata

3. Perhitungan Jumlah Tendon

Perencanaan jumlah tendon, digunakan kabel yang terdiri dari beberapa kawat baja untaian dengan data sebagai berikut :

Tabel 5. Data *strand*

Jenis <i>strands</i>	7 Wire Super Strands ASTM A-416 Grade 270	
Diameter nominal <i>strand</i>	0,01524	m
Luas tampang nominal satu <i>Strand</i> Ast =	0,00014	m ²
Beban putus minimal satu <i>strand</i> , Pbs =	195	kN (75% UTS)

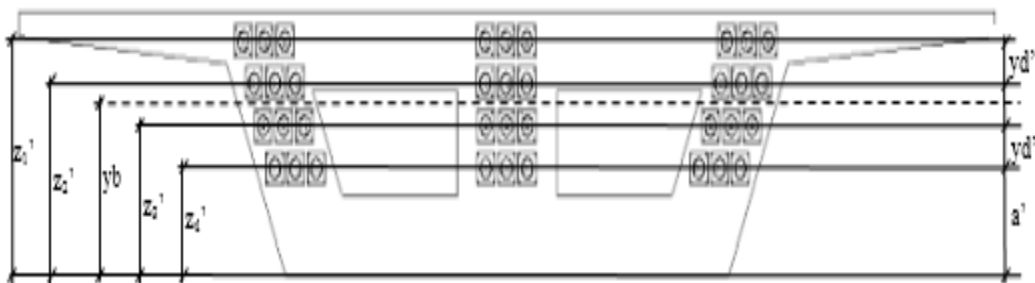
Jumlah *strand* minimal yang diperlukan,

$$\begin{aligned} n_s &= P_t / (0,8 \times 0,85 \times P_{bs}) \\ &= 94763,94 / (0,8 \times 0,85 \times 195) \\ &= 714,6602 \approx 720 \text{ strands} \end{aligned}$$

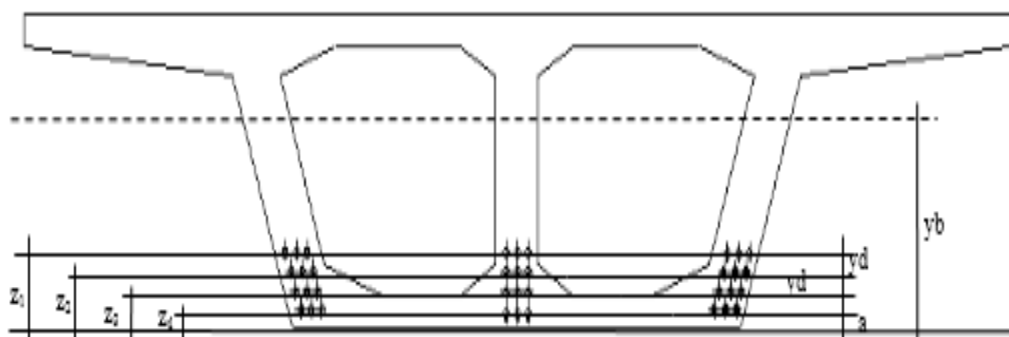
Tabel 6. Jumlah tendon dan *strand*

$n_{s1} =$	9	Tendon	20 <i>strand</i> / tendon =	180	<i>Strands</i> dengan selubung tendon
$n_{s1} =$	9	Tendon	20 <i>strand</i> / tendon =	180	<i>Strands</i> dengan selubung tendon
$n_{s1} =$	9	Tendon	20 <i>strand</i> / tendon =	180	<i>Strands</i> dengan selubung tendon
$n_{s1} =$	9	Tendon	20 <i>strand</i> / tendon =	180	<i>Strands</i> dengan selubung tendon
$n_t =$	36	Tendon		720	<i>Strands</i>

4. Tata Letak Tendon



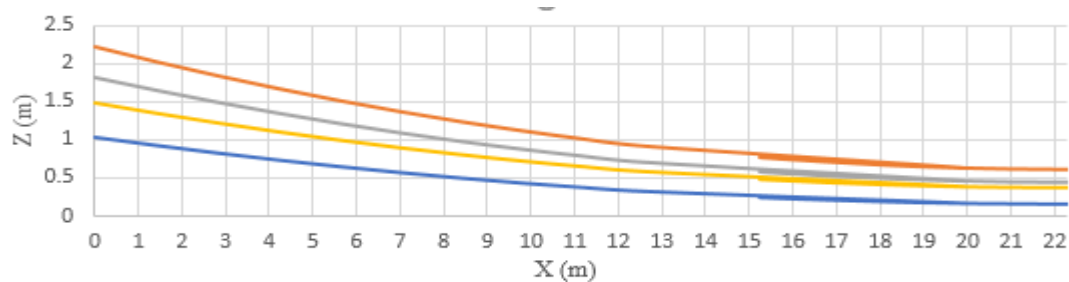
Gambar 2. Posisi tendon di tumpuan



Gambar 3. Posisi tendon di tengah bentang

Tabel 7. Lintasan tendon

X	Y	X	Y	X	Y
-0.25	-0.0281	16.75	1.1679	32.05	1.0070
0	0.0000	18.15	1.2019	33.45	0.9338
1.4	0.1514	19.55	1.2261	34.85	0.8507
2.8	0.2930	20.9	1.2401	36.25	0.7578
4.2	0.4248	22.3	1.2450	37.65	0.6551
5.6	0.5468	23.7	1.2401	39.05	0.5426
7	0.6589	25.05	1.2261	40.45	0.4203
8.4	0.7613	26.45	1.2019	41.85	0.2881
9.8	0.8538	27.58	1.1752	43.25	0.1462
11.15	0.9338	29.25	1.1241	44.6	0.0000
15.35	1.1241	30.65	1.0704	44.85	-0.0281



Gambar 4. Grafik lintasan inti tendon

5. Kehilangan Gaya Prategang

Tabel 8. Kehilangan gaya prategang

Kehilangan Gaya Prategang	Hasil Perhitungan	Satuan
Perpendekan elstis	174.3	MPa
Relaksasi tendon	60.54	MPa
Susut	35.82	MPa
Rangkak	48.95	MPa
Friksi	0.187	MPa
Dudukan angkur	27.478	MPa
Total	346.887	MPa

Persentase kehilangan,

$$(\Delta f_{PT} / f_{pu}) \times 100 \% < 30 \%$$

$$(346.88 / 1860) \times 100 \% < 30 \%$$

$$18,65 \% < 30 \% \text{ (OK)}$$

6. Lendutan Box Girder

Tabel 9. Lendutan akibat masing – masing beban

No	Lendutan	Hasil perhitungan (m)
1	Akibat beban sendiri	0,0617
2	Akibat beban mati tambahan	0,00765
3	Akibat <i>prestress</i>	-0,0787
4	Akibat susut dan rangkak	-0,0027
5	Akibat beban lajur	0,017628
6	Akibat beban rem	0,001552
7	Akibat beban angin	0,000402
8	Akibat beban gempa	0,021582

7. Tinjauan Momen Ultimit Box Girder

Tabel 10. Momen ultimit *box girder*

Aksi / Beban	Faktor Beban Ultimit		Momen		Momen Ultimit	
			M	(kNm)	Mu	(kNm)
A. Aksi Tetap						
Berat Sendiri	K_{MS}	1.3	M_{MS}	75504.8	$K_{MS} \times M_{MS}$	98156.2
Beban Mati Tambahan	K_{MA}	2.0	M_{MA}	9363.97	$K_{MA} \times M_{MA}$	18727.9
Susut dan Rangkak	K_{SH}	1.0	M_{SH}	-2448.9	$K_{SH} \times M_{SH}$	-2448.9
<i>Prestress</i>	K_{PR}	1.0	M_{PR}	-95966	$K_{PR} \times M_{PR}$	-95966
B. Aksi Transien						
Beban Lajur	K_{TD}	2.0	M_{TD}	22915.8	$K_{TD} \times M_{TD}$	45831.6
Gaya Rem	K_{TB}	2.0	M_{TB}	398.75	$K_{TB} \times M_{TB}$	797.5
C. Aksi Lingkungan						
Beban Angin	K_{EW}	1.2	M_{EW}	1899.64	$K_{EW} \times M_{EW}$	2279.57
Beban Gempa	K_{EQ}	1.0	M_{EQ}	26428.5	$K_{EQ} \times M_{EQ}$	26428.5

8. Pembesian box girder

a. Tulangan momen

Dari hasil perhitungan penulangan, diperoleh tulangan memanjang berdiameter D 16 – 170 mm untuk plat atas, D 16 – 180 mm untuk plat bawah, D 16 – 80 mm untuk plat tepi dan tengah.

b. Tulangan geser

Dalam perhitungan yang telah dihasilkan, diameter tulangan geser yang digunakan adalah D 16 mm.

Tabel 11. Jarak sengkang

Jarak (x)	Jarak sengkang			Jarak (x)	Jarak sengkang	Jarak (x)	Jarak sengkang
	Tinjauan geser 1		Tinjauan geser 1		Tinjauan geser 1		
0	156.619	156.619	100	12.55	1506.31	2236.74	200
1.4	197.407	213.275	150	19.95	24046.7	38711.1	200
2.8	248.558	286.426	150	15.35	3109.75	4794.98	200
4.2	313.356	381.303	200	16.75	4899.18	7670.8	200
5.6	396.498	505.402	200	18.15	8599.37	13644.8	200
7	504.889	669.765	200	19.55	18272.6	29328.6	200
8.4	649.003	891.173	200	20.9	56076	90864.1	200
9.8	845.341	1196.12	200	22.3	991784	1620493	200
11.15	1109.44	1610	200	12.55	1506.31	2236.74	200

c. Perhitungan *Shear connector*

Tegangan geser horizontal pada penampang yang ditinjau berdasarkan SNI 03–2874–2002 dihitung dengan persamaan:

$$f = \frac{V_u}{\phi \times b \times d} \dots \dots \dots (4)$$

Gaya lintang maksimum, $V_u = 10718,07 \text{ kN}$
 Lebar web, $b = 700 \text{ mm}$
 Tinggi efektif, $d = 2500 \text{ mm} - 357 \text{ mm} = 2143 \text{ mm}$
 $A_v = (\pi r^2) \times n$
 $= (3,14 \times 8^2) \times 6$
 $= 1205,76 \text{ mm}^2$

Tegangan geser horizontal, $f = \frac{V_u}{\phi \times b \times d}$
 $= \frac{10718,07 \times 1000}{0,75 \times 700 \times 2143}$
 $= 9,527 \text{ N/mm}^2$

Digunakan tulangan D 16 mm

Jarak *shear connector*, $s = \frac{f_y \times A_v}{b \times f}$
 $= \frac{390 \times 1205,76}{700 \times 9,527}$
 $= 70,51 \text{ mm} \approx 70 \text{ mm}$

Digunakan tulangan 6 D 16 – 70 mm.

B. Pembahasan

Box girder pada *flyover* Simpang Surabaya Kota Banda Aceh dengan panjang total 446 m dan lebar 16,5 m, dengan mutu beton yang digunakan adalah K – 500. Tipe *strand* yang digunakan 7 *wire strands ASTM 270* dengan modulus elastisitas *strands* $E_s = 193000 \text{ MPa}$. Diameter *strands* 12,7 mm dengan tegangan leleh (f_{pu}) = 1860 MPa yang menggunakan sistem pasca tarik. Berdasarkan dari hasil perhitungan diperoleh gaya prategang awal (P_t) sebesar

94763,94 kN dan diperoleh jumlah *strand* yang diperlukan adalah sebanyak 720 *strands*. Untuk tulangan momen, tulangan geser dan *shear connector* digunakan tulangan dengan diameter D 16 dengan mutu baja (f_y) = 390 MPa.

Hasil perhitungan *box girder* pada *flyover* Simpang Surabaya Kota Banda Aceh yang diperoleh sudah memenuhi standar keamanan perencanaan suatu struktur beton prategang sistem pasca tarik. Adapun nilai yang dinyatakan tersebut adalah antara lain tata letak tendon pada zona yang aman, kehilangan akibat gaya prategang, kontrol tegangan serta kontrol lendutan yang terjadi.

Adapun hasil keamanan struktur dapat dilihat sebagai berikut :

1. Dalam perencanaan *box girder* diperoleh kehilangan prategang berdasarkan sistem pasca tarik dengan total kehilangan yaitu sebesar 346,887 MPa atau 18,65 % dibawah batas aman yaitu 30 %.
2. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai lendutan terbesar arah lendutan kebawah pada kombinasi ekstrem I sebesar 0,02868 m lebih kecil dari lendutan ijin yaitu 0,05575 m.
3. Untuk kapasitas momen ultimit (M_u) = 174243,176 kNm lebih besar dari momen maksimum yang diperlukan yaitu 91526,9 kNm pada kombinasi ekstrem I sehingga kontrol momen ultimit dinyatakan aman.

IV. KESIMPULAN

Tinggi penampang yang efisien adalah 2,5 m dengan luas penampang *box girder* sebesar 11,693 m². Jumlah tendon yang diperlukan adalah 36 tendon dengan jumlah *strands* sebanyak 720 buah untuk masing – masing tendon terdiri dari 20 *strands*. Tendon yang digunakan adalah jenis *seven wire strands ASTM 270* dengan diameter *strands* yaitu 3/5 inci. Kehilangan gaya prategang total sebesar 346.887 MPa atau sebesar 18.65%. *Box girder* tersebut aman dari dari tegangan yang diakibatkan oleh berat sendiri, beban mati tambahan, susut dan rangkai, gaya prategang, beban lajur, beban rem, beban angin dan beban gempa karena beban yang terjadi tidak melampaui nilai $0,4 f_c' = 16600$ kPa untuk tegangan ijin tarik dan tidak melampaui nilai $0,6 \sqrt{f_c'} = 3865$ kPa untuk tegangan ijin tekan. Tulangan momen badan atas yang direncanakan adalah D 16 – 200 mm, untuk tulangan momen badan bawah adalah D 16 – 180 mm. Tulangan geser yang direncanakan adalah D 16 mm dan *shear connector* adalah D 16 – 70 m. Lendutan yang diijinkan pada *box girder* adalah sebesar 0,05575 m, dan lendutan terbesar yang terjadi adalah lendutan pada kombinasi ekstrem I sebesar 0,02868 m lebih kecil dari lendutan ijin.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional, 2002. *Perencanaan Struktur Beton*. SNI 03 – 2874 – 2002. Departemen PU Dirjen Bina Marga.
- Badan Standardisasi Nasional, 2004. *Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan*. RSNI T-12-2004. Departemen PU Dirjen Bina Marga.
- Badan Standardisasi Nasional, 2016. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan*. SNI 2833-2008. Departemen PU Dirjen Bina Marga.
- Badan Standardisasi Nasional, 2016. *Standar Pembebanan untuk Jembatan*. SNI 1725-2016. Departemen PU Dirjen Bina Marga.
- Lin, T.Y dan Burns, N.H. 1996. *Desain Struktur Beton Prategang Jilid 1*. Terjemahan Daniel Indrawan. Jakarta: Erlangga.
- Nawy, Edward G. 2001. *Beton Prategang Suatu Pendekatan Mendasar Jilid 1*. Terjemahan Bambang Suryoatmono.. Jakarta: Erlangga.
- Podolny, W. dan Jean, M.M. 1982. *Construction and Design of Prestressed Concrete Segmental Bridges*. France: A Wiley-Interscience Publication.

- Prasetya, W.A., dkk. 2010. “Perhitungan Jembatan Layang (*Flyover*) dengan Tipe *Box Girder* Beton Prategang (*Prestressed Concrete*) untuk Pertemuan Jalan Mayor Aliyang dan Jalan Soekarno – Hatta Kabupaten Kubu Raya”. *Tugas Akhir Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Tanjungpura*..
- Raju, N.K. 1988. *Beton Prategang*. Terjemahan Suryadi. Jakarta: Erlangga.
- Soetoyo, 2000. *Konstruksi Beton Pratekan*. Jakarta: Erlangga.