

PERENCANAAN GELAGAR BETON PRATEGANG PADA JEMBATAN KEUDE RANTO PEUREULAK KABUPATEN ACEH TIMUR

Wahyuni, Herri Mahyar

Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Buketrata

email: wahyuni@yahoo.com

Abstrak — Jembatan Keude Ranto Peureulak sebuah jembatan yang menghubungkan Keude Ranto Panjang dengan desa Keude Geurobak dan desa-desa lainnya di Kecamatan Ranto Peureulak Kabupaten Aceh Timur. Jembatan Keude Ranto Peureulak direncanakan dengan panjang bentang 20,8 meter dan lebar 7 meter. Gelagar arah memanjang yang direncanakan untuk jembatan tersebut adalah gelagar tipe beton prategang pasca tarik. Perencanaan gelagar meliputi pendimensian gelagar, perhitungan tegangan yang timbul, kehilangan prategang, kapasitas penampang, kontrol lendutan, dan penggambaran. Mutu beton yang digunakan $f_c = 40$ Mpa, tendon yang digunakan adalah seven wire strand diameter $\frac{1}{2}$ inch dengan selongsong tendon diameter 51 mm. Tegangan tendon $f_{pu} = 1860$ Mpa, mutu tulangan baja ulir $f_y = 320$ Mpa, mutu tulangan baja polos $f_y = 240$ Mpa, dan tinggi penampang yang efisien adalah 0,9 meter. Dari hasil perhitungan diperoleh momen yang terjadi pada gelagar sebesar 2563,439 kNm pada perhitungan kombinasi ketiga. Jumlah tendon yang didapat dari perhitungan adalah 3 buah dengan 7 buah strand pada masing-masing tendon. Kehilangan gaya prategang total sebesar 380,694 Mpa. Tulangan pokok digunakan D13 mm, tulangan geser digunakan $\varnothing 10$ -100 mm pada daerah tumpuan dan $\varnothing 10$ -600 mm pada daerah lapangan. Kapasitas momen ultimit balok prategang sebesar 5575,60 kNm dari perhitungan kombinasi ketiga. Lendutan terbsesar 0,0247 meter akibat beban kombinasi dua. Semua hasil dari perhitungan yang didapatkan aman untuk digunakan.

Kata kunci : Gelagar, prategang, tendon, tulangan, lendutan

Abstract — Keude Ranto Peureulak Bridge a bridge connecting Keude Ranto Panjang with Keude Geurobak village and other villages in Ranto Peureulak Sub-district, East Aceh District. Keude Ranto Peureulak Bridge is planned with a span length of 20.8 meters and width of 7 meters. The longitudinal axis planned for the bridge is the postttractive pretreat type concrete girder. The girder plan includes gelagar dimensioning, stress calculation, prestress loss, cross-sectional capacity, deflection control, and drawing. The quality of concrete used is $f_c = 40$ Mpa, the tendon used is seven wire strand diameter $\frac{1}{2}$ inch with 51 mm diameter tendon sheath. Tendon f_{pu} voltage = 1860 Mpa, f_y threaded steel reinforcement = 320 Mpa, plain steel reinforcement $f_y = 240$ Mpa, and efficient cross-sectional height is 0.9 meters. From the calculation results obtained the moment that occurred on the girder of 2563,439 kNm on the calculation of the third combination. The number of tendons obtained from the calculation is 3 pieces with 7 pieces of strand on each tendon. Losing the total prestress force is 380,694 Mpa. The principal reference is used D13 mm, the shear reinforcement is used $\varnothing 10$ -100 mm at the support area and $\varnothing 10$ -600 mm in the field area. The ultimate moment capacity of the prestress beam is 5575.60 kNm from the calculation of the third combination. The largest deflection of 0.0247 meters due to a combination of two loads. All the results of the calculations obtained are safe to use.

Keywords: girder, prestress, tendon, reinforcement, deflection

I. PENDAHULUAN

Jembatan Keude Ranto Peureulak Kabupaten Aceh Tamiang adalah sebuah jembatan yang menghubungkan desa-desa lainnya di Kecamatan Ranto Panjang dengan Desa Keude Geurobak dan desa-desa lainnya di Kecamatan Ranto Peureulak tersebut. Selain untuk akses jalur transportasi, jembatan ini juga

digunakan untuk mendistribusikan hasil perkebunan dari desa Tanjong Tani dengan mudah dan cepat. lebar sungai Keude Ranto Peureulak Kabupaten Aceh Timur adalah 17,8 meter, dengan tinggi muka air normal 0,5 meter dan tinggi muka air banjir mencapai 2 meter dari dasar sungai. Panjang jembatan yang direncanakan adalah 20,8 meter dan lebar total

jembatan 7 meter yang terbagi atas jalur laulintas 6 meter, dan trotoar 2x0,5 meter. Penulis merencanakan jembatan keude Ranto Pereulak dengan tipe gelagar beton prategang sebanyak 4 buah dengan jarak antar gelagar adalah 1,75 meter. Gelagar prategang yang direncanakan menggunakan sistem pascatarik (posttension). Gelagar tipe beton prategang dipilih karena memiliki keunggulan bila dibandingkan dengan beton konvensional biasa. Beton prategang memiliki kekuatan dalam menahan berbagai gaya serta beban dari konstruksi di atasnya, dimensi penampang lebih kecil dan bisa menghemat waktu pelaksanaan di lapangan. Mutu beton yang direncanakan adalah 40 Mpa, kabel prategang yang digunakan adalah seven wire strands bediameter 12,7 mm dengan tegangan tarik $f_{pu} = 1860$ Mpa, dan tulangan yang direncanakan adalah baja ulir dengan mutu sebagai berikut : Berapa ukuran gelagar prategang sitem pascatarik (posttension) agar mampu menahan beban yang bekerja pada jembatan, berapa besar tegangan yang timbul serta kehilangan yang terjadi, dan apakah gelagar rencana aman terhadap lendutan yang terjadi

II. TINJAUAN PUSTAKA

Perencanaan gelagar beton prategang meliputi :

1. Sifat penampang balok prategang
 - a. Penentuan lebar efektif plat lantai
Menurut nawy (2001:161)
 - b. Letak titik berat penampang dan momen tahanan
Letak titik berat penampang terhadap balok prategang dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Letak titik berat bawah : } y_b = \frac{\sum Axy}{\sum A}$$

$$\text{Letak titik berat atas : } y_a = h - y_b$$

Keterangan :

y_b = letak titik berat bawah balok

$\sum A$ = jumlah luas penampang

y_a = titik berat bagian atas balok

h = tingi penampang

y = garis netral penampang

2. Posisi tendon

Untuk menentukan posisi tendon di tumpuan digunakan persamaan berikut :

$$\text{Untuk tendon 1 } z_3' = a' + 2y_d'$$

$$\text{Untuk tendon 2 } z_2' = a' + y_d'$$

$$\text{Untuk tendon 3 } z_1' = a'$$

Keterangan :

z_3' = posisi tendon ketiga

z_2' = posisi tendon kedua

z_1' = posisi tendon pertama

y_d' = jarak antara as ke as tendon

a' = jarak antara alas balok ke as tendon baris pertama

untuk menentukan posisi tendon di tengah bentang digunakan persamaan berikut :

$$z_1 = a + y_d$$

$$z_2 = a$$

$$z_3 = a$$

Keterangan :

z_3 = posisi tendon ketiga

z_2 = posisi tendon kedua

z_1 = posisi tendon pertama

y_d = jarak antar baris ke tendon

a = jarak antara alas balok ke as tendon baris pertama

3. Analisa Kehilangan gaya Prategang

Menurut Nawy (2001:73), “kehilangan gaya prategang adalah suatu kenyataan yang jelas bahwa gaya prategang awal yang diberikan ke elemen beton mengalami proses reduksi yang progresif selama waktu kurang lebih lima tahun”.

- a. Kehilangan gaya prategang akibat perpendekan elastis (ES)
- b. Kehilangan gaya prategang akibat relaksasi baja (Δf_{pr})
- c. Kehilangan gaya prategang akibat rangkakan (CR)
- d. Kehilangan gaya prategang akibat susut (SH)
- e. Kehilangan yang diakibatkan friksi (Δf_{pf})
- f. Kehilangan karena dudukan angkur (Δf_{pA})

Kehilangan total prategang dapat dihitung sebagai berikut :

$$\Delta f_{pt} = \Delta f_{pes} + \Delta f_{PR} + \Delta f_{per} + \Delta f_{pSH} + \Delta f_{pf} + \Delta f_{pA}$$

Keterangan :

Δf_{pt} = kehilangan gaya prategang total (Mpa)

Δf_{pes} = kehilangan gaya prategang akibat perpendekan beton (Mpa)

Δf_{PR} = kehilangan gaya prategang akibat relaksasi baja (Mpa)

Δf_{pSH} = kehilangan gaya prategang akibat susut beton (Mpa)

Δf_{per} = kehilangan rangkai beton (Mpa)

Δf_{pf} = kehilangan gaya prategang akibat friksi (gesekan) (Mpa)

Δf_{pA} = kehilangan gaya prategang akibat kedudukan angkur (Mpa)

4. Tegangan yang terjadi pada penampang balok

Menurut Nawy (2001:109) “tegangan yang terjadi pada saat transfer atau keadaan awal dihitung tiap seratnya, yaitu tegangan pada serat atas dan serat bawah”

- Keadaan awal (saat transfer)
- Keadaan efektif kehilangan prategang
- Keadaan sebelum plat lantai dicor
- Keadaan setelah plat dan balok menjadi komposit

5. Kontrol lendutan

Menurut Raju (1988:94), “pada waktu transfer prategang, balok akan mencembung keatas akibat pengaruh prategang dan pada tahap ini, berat sendiri balok menimbulkan lendutan ke bawah. Lendutan ke bawah tersebut bertambah lagi akibat pengaruh beban-beban yang terpasang di atas balok”.

Pembebanan pada jembatan

- Beban mati, adalah beban tetap yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk segala unsur tambahan yang dianggap merupakan suatu kesatuan tetap dengannya
- Beban hidup, adalah semua beban yang berasal dari berat lalu lintas yang bekerja

pada jembatann. Beban hidup untuk perencanaan jembatan terdiri atas beban lajur “D” dan beban truk “T”

a. Beban lajur “D”

Menurut RSNI T-02-2005 beban lajur “D” bekerja pada seluruh lebar ekivalen dengan suatu iringan kendaraan yang sebenarnya. Lajur lalu lintas rencana yang harus mempunyai lebar 2,75 m. Jumlah total beban lajur “D” yang bekerja tergantung pada lebar lajur kendaraan itu sendiri

b. Pembebanan Truk “T”

Berdasarkan RSNI T-020200 pembebanan truk “T” terdiri dari kendaraan semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat as. Berat dari masing-masing as disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 as tersebut bisa diubah-ubah antara 4,0 m sampai dengan 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan

- Beban sekunder, adalah muatan sederhana pada jembatan yang dipergunakan untuk perhitungan tegangan jembatan. Umumnya beban ini mengakibatkan tegangan yang relatif lebih kecil dari tegangan primer.

III. METODOLOGI PERENCANAAN

Tahapan perencanaan gelagar beton prategang pada Jembatan Keude Ranto Peureulak, Kabupaten Aceh Timur dengan mengaplikasikan metode pengujian.

IV. HASIL PEMBAHASAN

Berdasarkan perhitungan, maka hasil perencanaan dapat dijelaskan menjadi beberapa tahapan, mulai dari tahap pendimensian penampang, pembebanan, desain tendon, tegangan yang terjadi, serta penulangan dan lendutan pada gelagar akibat gaya prategang dan beban kerja. Berikut adalah hasil perhitungan sifat penampang untuk gelagar prategang

diperoleh letak titik berat penampang serat atas nilai $y_a = 0,492$ m, letak titik berat penampang serat bawah diperoleh nilai $y_b = 0,408$ m. Besarnya momen inersia penampang adalah $0,0176$ m⁴, nilai momen tahanan serat atas (Z_a) dan serat bawah (Z_b) adalah $0,0358$ m³ dan $0,0431$ m³. Untuk penampang komposit diperoleh nilai letak titik berat penampang atas diperoleh nilai $y_{ac} = 0,348$ m, letak titik berat penampang serat bawah diperoleh nilai $y_b = 0,752$ m.

Besarnya momen inersia penampang serat komposit (I_{xc}) adalah $0,0592$ m⁴. Dengan momen tahanan serat atas (Z_{ac}) = $0,17$ m³, momen tahanan atas gelagar (Z'_{ac}) = $0,4$ m³ dan momen tahanan serat bawah (Z'_{bc}) = $0,079$ m³. Pembebanan yang diperhitungkan untuk perencanaan jembatan ini berdasarkan RSNI T-02-2005.

Berdasarkan hasil kombinasi momen yang besar pada gelagar prategang diperoleh nilai momen maksimum yaitu untuk kombinasi III dengan nilai momen maksimum adalah $408,959$ kNm. Tendon yang digunakan jenis VSL Multistrands System dengan diameter strands $\frac{1}{2}$ inchi dan jumlah strands sebanyak 7 buah. Jumlah tendon yang didapatkan sebanyak 3 buah tendon. Perhitungan lintasan tendon ditinjau setengah bentang dengan interval permeter.

Berikut hasil perhitungan lintasan tendon yang penuli dapatkan dengan jarak interval per meter. Kehilangan gaya prategang yang diperhitungkan dalam perencanaan ini adalah akibat dudukan angkur, akibat friksi, perpendekan elastis, akibat relaksasi baja, akibat rangkai beton dan akibat susut beton. Total kehilangan gaya prategang pada gelagar tersebut adalah $380,394$ Mpa.

Berdasarkan kombinasi I, II dan III ternyata tegangan yang terjadi dalam batas aman. Tegangan yang timbul untuk semua kombinasi lebih kecil dari tegangan izin. Dari hasil perhitungan penulangan diperoleh tulangan pokok sebanyak 10 batang dengan diameter tulangan D 13 mm. Untuk mengantisipasi terjadi retak geser pada gelagar prategang prategang maka perlu dipakai tulangan geser. Dalam perencanaan ini digunakan tulangan geser D 10. Jarak tulangan geser yang diperlukan, dan dipakai shear connector diameter 10 mm. Lendutan pada gelagar komposit yang diperhitungkan dalam perencanaan ini adalah

berat sendiri, beban mati tambahan, prategang, susut dan rangkai, beban lajur 'D', beban rem, beban angin dan beban gempa. Berdasarkan perhitungan diperoleh lendutan terbesar arah kebawah kombinasi II yaitu $0,0247$ m lebih kecil dari lendutan ijin maksimum $0,0578$ m.

Gelagar memanjang beton prategang pada jembatan Keude Ranto Pereulak, Kabupaten Aceh Timur, dengan panjang bentang $20,8$ m dan lebar jembatan 7 meter, direncanakan dengan mutu beton $f'_{c} = 40$ Mpa dan menggunakan tendon VSI Multistrand System sebagai pemberi gaya prategang. Diameter strands yang digunakan adalah $\frac{1}{2}$ inch ($12,7$ mm) dengan tegangan leleh sebesar $f_{pu} = 1860$ Mpa serta modulus elastis strands $E_s = 193000$ Mpa. Jumlah tendon yang didapatkan adalah 3 buah dengan strands sebanyak 21 buah.

Hasil perhitungan gelagar memanjang jembatan Keude Ranto Pereulak yang didapatkan sudah memenuhi standar-standar keamanan perencanaan suatu struktur beton pratekan. Adapun nilai yang dinyatakan tersebut antara lain, letak tendon pada zona aman, kehilangan prategang, kontrol tegangan, keamanan lendutan yang terjadi, serta ketahanan struktur terhadap pembebanan.

- a. Posisi aman tendon ditengah bentang
 - ❖ Posisi tendon-1 terletak di $0,2$ m < daerah aman atas = $0,632$ m
 - ❖ Posisi tendon-2 terletak di $0,10$ m < daerah aman bawah = $0,129$
- b. Kehilangan gaya prategang total
 - ❖ Kehilangan total = $380,394$ Mpa = $29,21$ % < 40 % (prategang efektif)
- c. Kontrol lendutan terhadap kombinasi pembebanan
 - ❖ Lendutan kombinasi-1 = $0,0236$ m < $L/360 = 0,0578$
 - ❖ Lendutan kombinasi-2 = $0,0247$ m < $L/360 = 0,0578$
 - ❖ Lendutan kombinasi-3 = $0,0061$ m < $L/360 = 0,0578$
 - ❖ Lendutan kombinasi-4 = $0,0165$ m < $L/360 = 0,0578$

d. Ketahanan struktur terhadap pembebanan

- ❖ Momen tahanan
(Mn) $> M_{\max}$ komb II
 $M_n = 5575,60 \text{ kNm} >$
 $M_{\max} = 3652,658 \text{ kNm}$
- ❖ Momen ultimit Komb-1 $<$
 $M_u = 4460,48 \text{ kN}$
- ❖ Momen ultimit Komb-2 $<$
 $M_u = 4460,48 \text{ kNm}$
- ❖ Momen ultimit Komb-3 $<$
 $M_u = 4460,48 \text{ kNm}$
- ❖ Momen Ultimit Komb-4 $<$
 $M_u = 4460,48 \text{ kNm}$

V. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan dapat diperoleh beberapa simpulan antara lain :

1. Tinggi penampang yang efisien adalah 0,90 m, dengan lebar sayap atas 0,3 meter, lebar badan 0,15 meter dan lebar sayap bawah 0,4 meter. Penampang tersebut mampu menahan beban yang bekerja pada jembatan.
2. Gelagar prategang tersebut aman dari pengaruh prategang, beban mati dan beban hidup karena tegangan yang terjadi tidak melebihi tegangan ijin tekan beton $f_c = -0,45 \times f_c' = -18000 \text{ kPa}$ dan tegangan ijin tarik beton $f_t = 6\sqrt{f_c'} = 37940 \text{ kPa}$. Kehilangan gaya prategang total didapatkan sebesar 380,394 Mpa.
3. Lendutan terbesar terjadi akibat beban pada kombinasi II adalah 0,0247 meter lebih kecil dari lendutan maksimum yang diijinkan, gelagar rencana aman terhadap lendutan.

Setelah melakukan perhitungan perencanaan gelagar memanjang beton prategang pada jembatan Keude Ranto Peureulak Kabupaten Aceh Timur, penulis ingin menyampaikan saran kepada pembaca antara lain :

- a. Pemilihan tipe gelagar prategang yang akan diterapkan terhadap suatu jembatan haruslah ditinjau berdasarkan panjang jembatan, bila panjang jembatan ≥ 15 meter maka tipe gelagar prategang yang dapat digunakan

adalah gelagar prategang sistem pascatarik, sedangkan jika panjang jembatan ≤ 15 meter maka digunakan gelagar prategang pratarik, dengan ditinjau terlebih dahulu kemudahan mobilisasinya

- b. Perencanaan pada jembatan bentang panjang dapat digunakan jenis angkur yang lebih besar, dengan jumlah strand yang lebih banyak maka jumlah tendon akan lebih sedikit namun jumlah strand tetap sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2004. *Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan*. RSNI T-12-2004. Jakarta : Departemen PU Dirjen Bina Marga.
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. *Standars Pembebanan untuk Jembatan*. RSNI T-02-2005. Jakarta : Departemen PU Dirjen Bina Marga.
- Ahmadi, 2013. *Tugas Akhir Perencanaan Gelagar Beton Prategang Pada Jembatan Sukon Dayah Kabupaten Aceh Utara*. Lhokseumawe : Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Lin, T. Y dan Burns, N.H. 1996 . *Desain Struktur Beton Prategang*. Terjemahan Daniel Indrawan. Jakarta : Erlangga.
- Nawy, E.G. 2001. *Beton Prategang Suatu Pendekatan Dasar*. Terjemahan Bambang Suryatmono. Jakarta : Erlangga.
- Raju, N.K. 1988. *Beton Prategang*. Terjemahan Supriyadi. Jakarta : Erlangga.
- Supriyadi, dkk. 2000. *Jembatan*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Hadipratomo, W. 1994. *Struktur Beton Prategang Teori dan Prinsip Desain*. Bandung : Nova.
- Soetoyo. 2000. *Konstruksi Beton Pratekan*. Jakarta : Erlangga.