

Perencanaan Gelagar Beton Prategang Pada Jembatan Rayeuk Kareung Kecamatan Blang Mangat Kota Lhokseumawe

Rizka Widayanti¹, Herri Mahyar², Syukri³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

¹rizka.widayanti05@gmail.com

²herrimahyar@pnl.ac.id

³syukri@pnl.ac.id

Abstrak— Jembatan Rayeuk Kareung terletak di Kecamatan Blang Mangat, Lhokseumawe, Aceh. Jembatan ini direncanakan dengan panjang 22,60 m dan lebar 8 m gelagar beton prategang. Ruang lingkup perencanaan gelagar meliputi ukuran dari penampang, jumlah strand dan tendon, kontrol tegangan, kehilangan gaya prategang, kapasitas momen ultimit dan lendutan. Jembatan dikategorikan sebagai kelas A dengan lebar lalu lintas 7 m dan lebar trotoar 2 x 0,5 m. Beban dianalisa dengan standar SNI 1725:2016 dan perencanaan selanjutnya beton menggunakan sistem post tension. Hasil perencanaan diperoleh tinggi gelagar adalah 1,25 m dengan 3 tendon yang terdiri dari 37 strand. Tendon pertama dan kedua terdiri dari 9 strand dan tendon ketiga terdiri dari 19 strand. Kehilangan gaya prategang yang timbul pada gelagar sebesar 24,92% dan lendutan terbesar yang timbul akibat pembebanan sebesar 0,010 m.

Kata kunci— gelagar, prategang, strands, tendon.

Abstract— The bridge of Rayeuk Kareung is in Blang Mangat District, Lhokseumawe, Aceh. The bridge was designed by the length of 22.60 m and the width of 8 m which used the prestress concrete in the girder. The scope of the girder design includes the size of the cross section, number of strands and tendons, tension control, loss of prestress force, ultimate moment capacity and deflection. The bridge was categorized as the class of A with the traffic width of 7 m and sidewalk width of 2 x 0.5 m. The load was analyzed by the standard of SNI 1725:2016 and next concrete designed by the use of a post tension system. The result designed that the girder height was 1.25 m with 3 tendons consisting of 37 strands. The first and second tendons consist of 9 strands and the third tendon consists of 19 strands. The percentage of prestress's losses was 24.92% and the maximum deflection of load was 0.010 m.

Keywords— girder, prestress, strands, tendon.

I. PENDAHULUAN

Pembangunan Jembatan Rayeuk Kareung Kecamatan Blang Mangat, Kota Lhokseumawe berfungsi untuk menghubungkan ruas jalan Desa Punteut dan Desa Mane Kareung yang terhalang oleh sungai dengan lebar 15,9 meter, tinggi muka air normal 3,56 meter dari lantai jembatan serta tinggi muka air banjir 1,51 meter dari lantai jembatan. Panjang jembatan dalam perencanaan ini adalah 22,6 meter, lebar keseluruhan jembatan 8 meter dengan lebar lantai kendaraan 7 meter dan lebar trotoar 2 x 0,5 meter. Jembatan ini merupakan jembatan kelas A menurut Spesifikasi Bina Marga tentang muatan jembatan dan jalan raya. "Beton prategang adalah mengkombinasikan beton berkekuatan tinggi dan baja mutu tinggi dengan cara "aktif". Hal ini dicapai dengan cara menarik baja tersebut dan menahannya ke beton, jadi membuat beton dalam keadaan tertekan. Kombinasi aktif ini menghasilkan perilaku yang baik dari kedua bahan tersebut" (Lin dan Burn, 1997).

Perencanaan gelagar beton prategang (Soetoyo, 2004) yaitu:

1. Metode Perencanaan Beton Prategang

a. Pratarik (*pre-tension method*)

Pada sistem ini, tendon ditarik sebelum beton dicor. Setelah beton cukup keras, tendon dipotong dan gaya prategang akan tersalur melalui lekatan.

b. Pascatarik (*post-tension method*)

Pada sistem ini tendon ditarik setelah beton dicor. Sebelum dilakukan pengecoran, terlebih dahulu dipasang selongsong untuk alur tendon. Setelah beton mengeras, tendon dimasukkan ke dalam beton melalui selubung tendon, untuk dilakukan proses prategang.

2. 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 lalu lintas yang bekerja pada jembatan. Beban hidup untuk perencanaan jembatan terdiri atas beban lajur "D" dan beban truk "T".

- Beban lajur "D"

Menurut SNI 1725:2016, beban lajur "D" bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur "D" yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri.

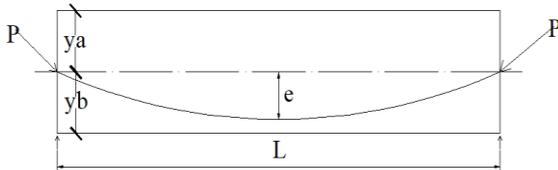
- Pembebanan truk "T"

Pembebanan truk "T" terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat gandar dari masing-masing as disebarakan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 gandar tersebut bisa berubah-ubah antara 4,0 m sampai 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.

- Beban sekunder adalah muatan sederhana pada jembatan yang digunakan untuk perhitungan tegangan jembatan.

3. Jumlah dan Posisi Tendon

Jumlah tendon yang digunakan dalam suatu gelagar prategang diperhitungkan berdasarkan besaran tegangan yang terjadi pada penampang gelagar. Untuk perencanaan tata letak tendon yang ditinjau terdiri dari posisi tendon di tumpuan dan posisi tendon di tengah bentang.



Gambar 1. Lintasan tendon

4. Kehilangan Gaya Prategang

Menurut Nawy (2001:73), “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”. Kehilangan total prategang dapat dihitung sebagai berikut:

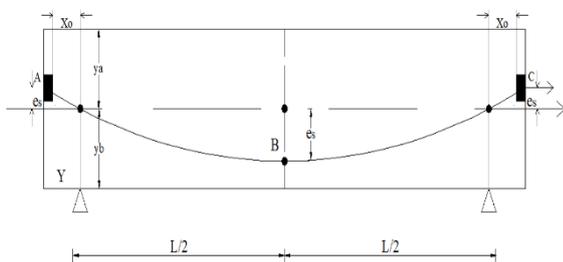
$$\Delta f_{pT} = \Delta f_{pES} + \Delta f_{pPR} + \Delta f_{pPCR} + \Delta f_{pSH} + \Delta f_{pF} + \Delta f_{pA} \quad (1)$$

Keterangan:

- Δf_{pT} =Kehilangan gaya prategang total (MPa)
- Δf_{pES} =Kehilangan prategang akibat perpendekan beton (MPa)
- Δf_{pPCR} =Kehilangan rangkang beton (MPa)
- Δf_{pSH} =Kehilangan gaya prategang akibat susut beton (MPa)
- Δf_{pR} =Kehilangan gaya prategang akibat relaksasi baja (MPa)
- Δf_{pF} =Kehilangan gaya prategang akibat friksi (gesekan) (MPa)
- Δf_{pA} =Kehilangan gaya prategang akibat dudukan anker (MPa)

5. Kontrol Lentutan

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



Gambar 2. Kontrol lentutan

Lentutan maksimum yang diizinkan:

$$\delta = L / 360 \quad (2)$$

Lentutan ke bawah akibat berat sendiri dapat dihitung dengan persamaan:

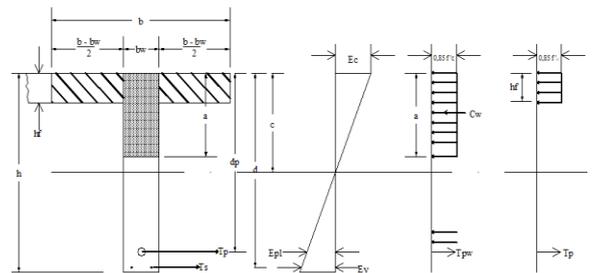
$$\Delta_b = \frac{5(g+q)L^4}{384 EI} \quad (3)$$

Keterangan :

- Δ = Lentutan maksimum
- Δ_b = Lentutan akibat beban sendiri dan beban kerja
- Δ_p = Lentutan akibat prategang
- P = Gaya prategang (kg)
- g = Berat sendiri balok (kg)
- q = Beban terbagi rata (kg/cm)

6. Kontrol Kapasitas Penampang

Nawy (2001:194), mengatakan bahwa “Kekuatan cadangan pada balok prategang sampai terjadinya kegagalan harus dievaluasi, desain total harus meliputi kuat lentur penampang prategang, bukan hanya pengecekan pada level beban kerja”. Momen nominal harus lebih besar daripada momen ultimit rencana ($\phi M_n \geq M_u$).



Gambar 3: Regangan, tegangan dan gaya-gaya diseluruh tinggi penampang bersayap

Untuk menghitung momen nominal terhadap penampang tersebut maka digunakan persamaan:

$$M_n = A_{ps} f_{ps} \left(dp - \frac{a}{2} \right) + A_s f_y \left(d - dp \right) 0,85 f_c' \left(b - bw \right) hf \left(dp - \frac{hf}{2} \right) \quad (4)$$

II. METODOLOGI PENELITIAN

Urutan serta tahapan perencanaan gelagar beton prategang pada Jembatan Rayeuk Kareung diperlukan data pendukung seperti buku-buku referensi yang berhubungan dengan perencanaan. Dalam hal ini dimulai dari:

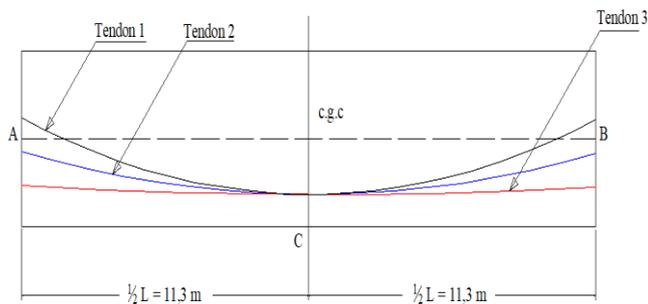
1. Pengumpulan data tanah dan shop drawing
2. Pendimensionan awal penampang
3. Analisa pembebanan, yaitu:
 - a. Beban lalu lintas
 - b. Beban rem
 - c. Beban angin
 - d. Beban gempa
5. Desain penampang
 - a. Jumlah tendon
 - b. Posisi tendon
 - c. Kontrol tegangan
 - d. Kehilangan gaya prategang
 - e. Kapasitas momen ultimit Kontrol lentutan

Pada perencanaan ini jumlah gelagar memanjang yang direncanakan 4 buah, dengan jarak antar gelagar 1,85 meter, dengan tipe I girder yang dicetak di pabrik dengan pemberian gaya prategang menggunakan sistem pascatarik (*post tension*). Mutu beton prategang ($f_{c'}$) yang direncanakan adalah 40 MPa, kabel prategang yang digunakan adalah *seven wire strands* diameter 12,7 mm dengan tegangan tarik minimum (f_{pu}) = 1860 MPa dan tulangan yang direncanakan dari baja ulir dengan mutu baja (f_y) = 320 MPa.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

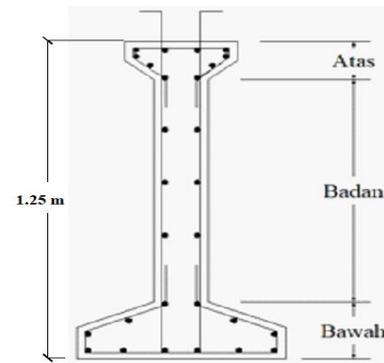
Hasil perhitungan sifat penampang untuk gelagar prategang diperoleh letak titik berat penampang serat atas nilai $y_a = 0,73$ m, letak titik berat penampang serat bawah diperoleh nilai $y_b = 0,52$ m. Momen inersia penampang adalah $0,0550$ m⁴, nilai momen tahanan serat atas, Z_a adalah $0,075$ m³ dan serat bawah, Z_b $0,106$ m³. Sehingga hasil perhitungan sifat penampang untuk gelagar prategang komposit, diperoleh nilai letak titik berat penampang serat atas diperoleh nilai $y_{ac} = 0,521$ m, letak titik berat penampang serat bawah diperoleh nilai $y_{bc} = 0,999$ m. Besarnya momen inersia penampang komposit adalah $0,1897$ m⁴, sedangkan momen tahanan serat atas, $Z_{ac} = 0,364$ m³, momen tahanan atas gelagar, $Z'_{ac} = 0,756$ m³ dan momen tahanan serat bawah, $Z_{bc} = 0,190$ m³.

Kombinasi momen yang besar pada gelagar prategang diperoleh nilai momen maksimum yaitu untuk kombinasi Kuat I dengan nilai momen maksimum adalah 4855,55 kNm. Jumlah tendon yang didapat sebanyak 3 buah tendon, dengan jumlah *strands* adalah 37 *strands*. Tendon 1 dan 2 masing-masing memiliki 9 *strands* dan tendon 3 memiliki 19 *strands*.



Gambar 4. Lintasan Masing-masing Tendon

Berdasarkan kombinasi ternyata tegangan yang terjadi dalam batas aman. Tegangan yang timbul untuk semua kombinasi lebih kecil dari tegangan izin. Dari hasil perhitungan perhitungan penulangan diperoleh tulangan pokok 28 batang dengan diameter tulangan D 13 mm. Untuk mengantisipasi terjadi retak geser pada gelagar prategang maka perlu dipakai tulangan geser. Dimana dalam perencanaan ini digunakan tulangan geser D 10 mm, dan dipakai *shear connector* D 13 mm.



Gambar 5. Penulangan non prategang

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 ke bawah kombinasi *fatigue* yaitu 0,010 m lebih kecil dari lendutan ijin maksimum 0,063 m. Kehilangan gaya prategang total adalah 463,58 MPa (24,92%) lebih kecil dari kehilangan awal yang diperkirakan 30%. Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas penampang momen ultimit dengan metode diperoleh hasil momen tahanan (M_n) = 17319,6 kNm > M_{max} Komb Kuat I = 4855,55 kNm.

Hasil perhitungan gelagar memanjang jembatan Rayeuk Kareung yang didapatkan sudah memenuhi standar-standar keamanan perencanaan suatu struktur beton pratekan.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan gelagar beton prategang pada jembatan Rayeuk Kareung, dapat disimpulkan, antara lain:

1. Tinggi penampang gelagar beton prategang adalah 1,25 meter, dengan dimensi penampang lebar sayap bawah dan atas masing-masing 0,65 m dan 0,35 m, dan lebar badan 0,17 m.
2. Jumlah tendon sebanyak 3 tendon dengan jumlah *strand* 37 buah. Tendon 1 dan 2 masing-masing memiliki 9 *strands*, dan tendon 3 memiliki 19 *strands*.
3. Lendutan maksimum yang timbul sebesar 0,010 m, lebih kecil dari lendutan yang diijinkan sebesar 0,063 m.

REFERENSI.

- [1] Badan Standardisasi Nasional. 2004. *Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan*. RSNI T-12-2004. Departemen PU Dirjen Bina Marga.
- [2] Badan Standardisasi Nasional. 2016. *Standar Pembebanan untuk Jembatan*. SNI-1725-2016. Departemen PU Dirjen Bina Marga.
- [3] Badan Standardisasi Nasional. 2016. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan*. SNI 2833-2008. Departemen PU Dirjen Bina Marga.
- [4] Hadipratomo, Winarni. 1985. *Struktur Beton Prategang*, Bandung. Nova.
- [5] Lin, T.Y dan Burns, N.H. 1996. *Desain Struktur Beton Prategang Jilid 1*. Terjemahan Daniel Indrawan. Jakarta: Erlangga.
- [6] Nawy, Edward G. 2001. *Beton Prategang Suatu Pendekatan Dasar*. Terjemahan Bambang Suryoatmono. Jakarta: Erlangga.
- [7] Raju, N.K. 1988. *Beton Prategang*. Terjemahan Suryadi. Jakarta: Erlangga.
- [8] Soetoyo. 2000. *Konstruksi Beton Pratekan*. Jakarta: Erlangga.