



Analisis Kehilangan Gaya Prategang Girder Pada Jembatan Proyek Pembangunan Jalan Tol Tebing Tinggi – Inderapura

Analysis Of Loss Of Girder Prestress Forces On Bridge Toll Road Construction Projects High Cliffs – Inderapura

Nur Purnama Sari, Irwan, & Hermansyah

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, Indonesia

Abstrak

Saat ini sedang dilakukan pembangunan jalan tol di beberapa wilayah Indonesia. Salah satunya pembangunan Jalan Tol Tebing Tinggi - Inderapura. Dalam proyek ini terdapat beberapa pembangunan jembatan sebagai penghubung antar jalan ataupun sebagai jembatan penyeberangan. Jembatan ini menggunakan balok prategang yang didalamnya terdapat kawat baja. Kawat baja diberikan tegangan dengan cara di tarik menggunakan dongkrak hidrolik. Saat diberikan tegangan, balok mengalami kehilangan gaya prategang. Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui besar persentase kehilangan gaya prategang yang terjadi pada balok jembatan. Kehilangan gaya prategang tidak boleh melebihi maksimal dari yang telah ditentukan. Terdapat beberapa kehilangan gaya prategang yang diperhitungkan. Kehilangan prategang jangka pendek yaitu perpendekan elastis beton, gesekan disepanjang tendon dan slip ankur. Selanjutnya Kehilangan gaya prategang jangka panjang yaitu rangkai pada baja, susut pada beton dan relaksasi baja. Setelah semua kehilangan gaya prategang diperhitungkan maka didapatlah total kehilangan gaya prategang sebesar 21,62%. Untuk mengetahui batas maksimal persentase dari kehilangan gaya prategang menggunakan perhitungan dari buku Desain Struktur Beton Prategang oleh T. Y. Lin & H. Burns dengan rumus yaitu P_e/A_c dan didapat nilainya 8,98 MPa. Dimana 8,98 MPa sebesar 25%, sehingga 21,62% lebih kecil dari 25%, jadi masih aman. Sebagai tambahan diperkenalkan metode pelaksanaan dalam pemasangan girder pada jembatan.

Kata Kunci: Beton prategang, kehilangan prategang, girder.

Abstract

Currently, the construction of toll roads in several regions of Indonesia is being carried out. One of them is the construction of the Tebing Tinggi-Inderapura Toll Road. In this project there are several bridge constructions as a link between roads or as a pedestrian bridge. This bridge uses prestressed beams in which there are steel wires. The steel wire is tensioned by pulling it using a hydraulic jack. When stress is applied, the beam loses its prestressing force. The purpose of this study was to determine the percentage loss of prestressing forces that occurred in the bridge beam. Loss of prestressing force must not exceed the maximum that has been determined. There is some loss of prestressing force which is taken into account. Short-term prestress losses include elastic shortening of the concrete, friction along the tendons and anchor slippage. Furthermore, the loss of long-term prestressing forces is creep in steel, shrinkage in concrete and relaxation of steel. After all the loss of prestressing force is calculated, the total loss of prestressing force is 21.62%. To find out the maximum percentage of loss of prestressing force using calculations from the book Design of Prestressed Concrete Structures by T. Y. Lin & H. Burns with the formula P_e/A_c and the value is 8.98 MPa. Where 8.98 MPa is 25%, so 21.62% is smaller than 25%, so it is still safe. In addition, an implementation method for installing girders on bridges is introduced.

Keywords: prestressed concrete, loss of prestress, girder.

How to Cite: Nur Purnama Sari, Irwan, & Hermansyah. (2022). Analisis Kehilangan Gaya Prategang Girder Pada Jembatan Proyek Pembangunan Jalan Tol Tebing Tinggi – Inderapura. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Arsitektur, 1(2) 2022: 112-117,

*E-mail: nurps1423@gmail.com

ISSN 2830-3911 (Online)

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Jalan tol trans sumatera merupakan jalan tol yang direncanakan menghubungkan kota – kota di Sumatera dari Aceh hingga Lampung. Pembangunan jalan tol yang ada di Sumatera Utara sudah ada beberapa yang telah beroperasi dan ada yang masih dalam tahap pembangunan. Adapun Proyek Pembangunan Jalan Tol Tebing Tinggi – Inderapura sepanjang 20,4 km dibagi menjadi 4 zona pengerjaan.

Pada proyek ini jembatannya menggunakan beton prategang pada struktur girder nya. Beton merupakan material yang kuat dalam kondisi tekan, tetapi lemah dalam kondisi tarik. Sehingga digunakan jalinan kawat baja (strand) sebagai material yang kuat dalam kondisi tarik. Jalinan kawat baja ini diberikan gaya prategang dengan cara ditarik (stressing) menggunakan dongkrak hidrolik. Proses pemberian tegangan pada beton prategang yang dapat dilakukan sebelum beton dicetak (pratarik) atau setelah beton dicetak (pascatarik). Pemberian tegangan pada beton prategang mengakibatkan kehilangan gaya prategang. Kehilangan gaya prategang disebabkan beberapa faktor, sehingga harus dipehertungkan besar kehilangan gaya prategang pada jembatan beton prategang.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui besar persentase kehilangan gaya prategang (loss of prestress) yang terjadi pada girder jembatan jalan tol Tebing Tinggi – Inderapura.

METODE PENELITIAN

Balok gelagar atau girder adalah bagian struktur atas jembatan yang berfungsi menyalurkan beban – beban yang dipikul ke bagian struktur bawah yaitu abutment. Pada penelitian ini, jenis girder adalah PC I Girder.

Menurut T.Y. Lin, kehilangan gaya prategang disebabkan beberapa factor yaitu :

1. Kehilangan secara langsung :
 - Perpendekan elastis beton (ES)
 - Gesekan disepanjang tendon (W)
 - Slip pada ankur
2. Kehilangan pengaruh waktu :
 - Rangkak pada baja (CR)
 - Susut pada beton (SH)
 - Relaksasi Baja (RE)

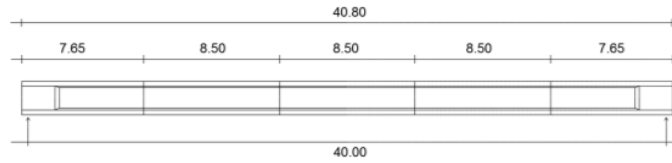
Dalam penelitian ini, pengambilan data dilakukan di Pembangunan Jalan Tol Tebing Tinggi-Inderapura oleh PT. Hutama Karya.

Adapun langkah – langkah dalam penelitian yang akan dilakukan yaitu :

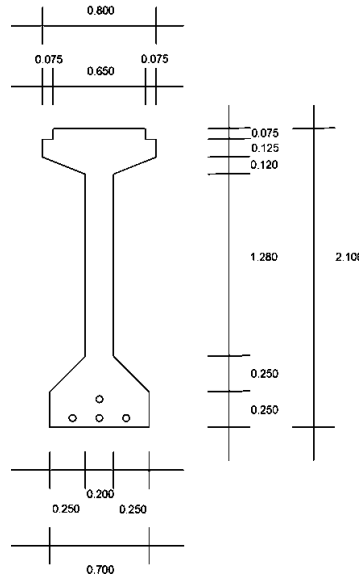
1. Survey lokasi penelitian.
2. Pengumpulan data – datadilapangan.
3. Pengajuan pengambilan data darikantor.
4. Pengelolaan data – data yangdidapat.
5. Menghitung beberapa kehilangangaya prategang secara langsung(*immediate losses*).
6. Menghitung beberapa kehilangangaya prategang tergantung waktu (*time dependent losses*).
7. Menghitung total kehilangangaya prategang (*loss of prestress*). Menyimpulkan total persentasekehilangan gaya prategang (*loss of prestress*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Perencanaan



Gambar 1. Girder ukuran 40 m



Gambar 2. Potongan Girder ukuran 40 m Jenis balok : Balok-I Komposit / Non Komposit : Komposit Panjang balok (Lb) : 40,80 m

Bentang balok (L) : 40,00 m
 Bentang bersih (Ln) : 40,00 m
 Kelengkungan (r) : 00,00 m
 Jarak balok (s) : 02,05 m

Data Bahan

Beton
 Mutu beton : 600 kg/cm²
 Fc : 498 kg/cm² Modulus elastis : 3,91 x 10⁵ kg/cm²
 Tegangan ijin

Kedaaan awal (kondisi transfer)
 Mutu beton saat penarikan (fc'i) = 398,4 kg/cm²
 Tegangan tekan = 239,0 kg/cm²
 Tegangan Tarik = -15,6 kg/cm²

Keadaan akhir (kondisi servis) $f_c' = 498,0 \text{ kg/cm}^2$

Tegangan tekan = $224,1 \text{ kg/cm}^2$ Tegangan Tarik = $-34,9 \text{ kg/cm}^2$ Baja :

- Uncoated stress-relieved seven wirestrand
- Grade-270 – ASTM A416
- Nominal diameter = $14,70 \text{ mm}^2$
- Luas Penampang = $98,71 \text{ mm}^2$
- Modulus elastis = $1,97 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$
- Breaking load = $18,733 \text{ ton}$
- Low-Relaxation

Pembebanan

- Berat sendiri balok = $374,750 \text{ ton.m}$
- Berat sendiri pelat = $1,281 \text{ ton/m}$
- Beban mati tambahan :
 - Pelat deck Tebal, $t = 0,070 \text{ m}$
 $q_{pd} = 0,254 \text{ ton/m}$ $M_{pd} = 50,75 \text{ ton.m}$
 - Diafragma $P_d = 4,579 \text{ ton}$
 $M_d = 45,788 \text{ ton.m}$
 - Aspal
Tebal aspal = $0,075 \text{ m}$
 $B.J. = 2,30 \text{ ton/m}^3$ $q_{ba} = 0,354 \text{ ton/m}$ $M_{ba} = 70,725 \text{ ton.m}$
 - Beban Hidup
- Beban garis
 $P_g = 49,000 \text{ kN/m}$ atau $P_g = 5,000 \text{ kN/m}$
 $= 10,250 \text{ ton per balok}$
- Beban kejut
Pengaruh kejut hanya diperhitungkan terhadap beban garis "Pg"
 $DLA = 0,40$
 $K = 1,40$
- Beban terbagi rata $p_r = 7,9 \text{ kPa}$
 $p_r = 0,804 \text{ ton/m}^2$
 $p_r = 2,210 \text{ ton/m/jalur}$ atau
 $p_r = 1,647 \text{ ton/m per balok}$
- Faktor reduksi beban, $D_a = 1,00$
Untuk perhitungan momen dipakai : $p = 1,647 \text{ ton/m per balok}$
 $P = 14,350 \text{ ton per balok}$ $M_{bh} = 472,964 \text{ ton.m}$
- Untuk perhitungan lintang dipakai : $p = 1,647 \text{ ton/m per balok}$
 $P = 14,350 \text{ ton per balok}$

Gaya Prategang

Jarak cgs ke serat bawah beton terluar = 12.000 cm

Eksentrisitas = 88.802 cm Ditinjau pada dua kondisi :

1. Keadaan awal di tengah bentang Serat atas :
 $S_a = P_i/A_c - P_i.e/W_a + M_{bs}/W_a = -15,6$
 $P_{i1} = 1123,199 \text{ ton}$
Serat bawah :
 $S_b = P_i/A_c + P_i.e/W_b - M_{bs}/W_a = 239,0$
 $P_{i2} = 942,197 \text{ ton}$
Dari P_{i1} dan P_{i2} diperoleh, $P_i = 942,197 \text{ ton}$
2. Keadaan akhir di tengah bentang Serat atas :
 $S_a = P_e/A_c - (P_e.e - M_{bp})/W_a + M_{bh}/W_a = 224,1$
 $P_{e1} = 150,685 \text{ ton}$

Serat bawah :

$$S_b = P_i/A_c + (P_e \times e - M_{bp})/W_b - M_{bh}/W_{ac} = -34,9$$

$$P_{e2} \leq 686,590 \text{ ton}$$

Dari P_{e1} dan P_{e2} diperoleh, $P_e = 686,590 \text{ ton}$

Asumsikan kehilangan gaya prategang

Besar gaya pada ankur, $P_o = 97\% \times P_j$

$$= 981,235 \text{ ton}$$

Perpendekan elastis beton

$$ES = n \times T_{st} / 2 = 1315,8 \text{ kg/cm}^2$$

Susut

$$SH = E_p \times E_b \times k_e \times k_h \times k_p$$

$$= 494,7 \text{ kg/cm}^2$$

Rangkak beton

$$CR = k_c \times k_d \times k_e \times k_h \times E_p \times T_{ci} / E_c$$

$$= 786,3 \text{ kg/cm}^2$$

Relaksasi baja prategang

$$RE = F_r \times R \times T_{pi} \times [1 - 2 \times (\sigma_{sh} + \sigma_c) / T_{pi}]$$

$$= 441,9 \text{ kg/cm}^2$$

Total Kehilangan Gaya Prategang

Perhitungan total kehilangan gaya prategang:

$$TL = SH + CR + ES + RE$$

$$= 494,7 + 786,3 + 1315,8 + 441,9$$

$$= 3038,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 29,78 \text{ kN/cm}^2$$

jangka panjang = 25%

$$\text{Jumlah strand yang disediakan} = 72 \% TL = \frac{TL}{0,74 \times f_{pu} \times 100\% \text{ strand.}}$$

Tipe tendon yang dipakai adalah 3 MA5920 + 1 MA 5912

Kehilangan Gaya Prategang

- slip ankur

Kehilangan gaya akibat gesekan ankur diperhitungkan 3% dari gaya prestress akibat jacking. = 21,62 %

Hasil kehilangan gaya prategang sebesar 21,62 %.

Jumlah Maksimum Kehilangan Gaya Prategang

Menurut buku Lin T.Y., nilai persentase kehilangan prategang berbeda-beda. Kehilangan gaya prategang yang diizinkan yaitu 25% untuk pratarik dan 20% untuk pasca-tarik. Tetapi bila gaya prategang rata-rata pada komponen struktur (P_e/A_c) tinggi sekitar 7 MPa, maka kehilangan gaya prategang bertambah menjadi 30% untuk pratarik dan 25% untuk pasca-tarik. Jika nilai rata-rata prategang rendah sekitar 1,7 MPa, maka kehilangan prategangnya harus dikurangi sampai 18% untuk pratarik dan 15% untuk pasca-tarik.

$$\text{Maka : } = P_e/A_c$$

$$= 6733147,82 / 749500$$

$$= 8,98 \text{ MPa}$$

Didapat gaya prategang 8,98 MPa, sehingga batas nilai kehilangan gaya prategang sebesar 25%. Dalam perhitungan kehilangan gaya prategang didapat sebesar 21,62% < 25% (OK).

SIMPULAN

Terdapat beberapa kesimpulan pada penelitian ini yaitu:

1. Batas maksimum kehilangan prategang, maka dihitung P_e/A_c dan didapat nilainya 8,98 MPa. Dimana maksimal kehilangan gaya prategangnya 25%.
2. Total kehilangan gaya prategang sebesar 21,62 %.
3. Dari perhitungan diatas $21,62\% < 25\%$ maka kehilangan prategang lebih kecil dari pada 25% yaitu masih aman.

DAFTAR PUSTAKA

- Armin, Manalip H. & Banu D. H. 2018. Perencanaan Balok Girder Profil I pada Jembatan Prestressed dengan Variasi Bentang. *Jurnal Sipil Statik* 6(2):67-74.
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. Standar Pembebanan Jembatan. SNI 1725 – 2016. Jakarta.
- Batubara S. dan Simatupang L. 2018. Perencanaan Jembatan Beton Prategang dengan Bentang 24 Meter Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI). *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil* 1 (2).
- Bestyanda R. I., Prasetyo W. A., Indrastono D. A., Muhrozi. 2017. Perencanaan Fly Over Simpang Pelabuhan Panjang Bandar Lampung Dengan PC-U Girder. *Jurnal Karya Teknik Sipil* 6 (4):109-118.
- Budiadi, Andri. 2008. *Desain Praktis Beton Prategang*. Andi. Yogyakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2015. *Petunjuk Pelaksanaan Pemasangan Gelagar Jembatan Beton Pratekan Pracetak Tipe I (Interim)*. Jakarta.
- Febrian D. B. 2014. Studi Alternatif Perencanaan Jembatan dengan Konstruksi Plate Girder pada Jembatan Pagerluyung Tol Mojokerto. *Jurnal Rekayasa Sipil* 2 (2).
- Lin, T.Y., dan Ned H.Burns. 1988. *Desain Struktur Beton Prategang*. Edisi ke 3. Jilid 1. Diterjemahkan oleh : Daniel Indrawan M.C.E. Erlangga, Jakarta.
- Nawy, Edward G. 2001. *Beton Prategang Suatu Pendekatan Mendasar*. Edisi ke 3. Jilid 1. Diterjemahkan oleh : Bambang Suryoatmojo. Erlangga, Jakarta.
- Muhammad R., Irwan & Panjaitan S. 2017. Analisa Struktur Box Girder Jalan Layang Kereta Api. *JCEBT* 1 (2).
- Selvia R. R., Suyadi & Hasti R. H. 2017. Analisis Perbandingan Kehilangan Prategang akibat Metode Stressing Satu Arah dan Dua Arah pada Jembatan Beton Prategang. *JRSDD* 5(3):1-12.