

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR PRATEGANG JEMBATAN BENDUNGAN TIU SUNTUK

Alifia Syadira Tasyah¹, Zainuddin Husainy², Hermansyah³, Adi Mawardin⁴

^{1,2,3,4}Fakultas Teknologi Lingkungan dan Mineral Universitas Teknologi Sumbawa

*Corresponding Author email: alifia0000@gmail.com

Abstrak	
Diterima Bulan Januari 2023	Keberadaan jembatan sangat penting dalam mendukung mobilisasi dan pergerakan orang dari satu tempat ke tempat lain sehingga jembatan memerlukan perencanaan yang tepat agar pergerakan manusia dapat dilakukan dengan amandan nyaman. Jembatan Bendungan Tiu Suntuk memiliki bentang 25,00 m dan lebar 7,00 m. Jembatan prategang ini merupakan akses utama ke kawasan Bendungan Tiu Suntuk, maka jembatan ini harus memiliki kekuatan yang besar untuk menahan beban karena intensitas mobilisasi kendaraan yang tinggi melewati jembatan. Perencanaan ulang struktur prategang Jembatan Bendungan Tiu Suntuk menggunakan SNI 1725:2016 untuk pembebanan pada jembatan dan RSNI T-12-2004 perencanaan struktur beton untuk jembatan. Perencanaan ulang struktur prategang Jembatan Bendungan Tiu Suntuk dapat menerima beban berupa beban sendiri sebesar 22,1416 kN/m, beban mati tambahan sebesar 4,8420 kN/m, beban lajur "D" 16,20 kN/m, beban truk 112,5 kN, gaya rem 162,5 kN, beban pejalan kaki 4,5050 kN/m, beban angin 2,4 kN/m dan beban gempa 3,2997 kN/m, sedangkan momen maksimum akibat menerima pembebanan sebesar 4420.5756 kNm dan gaya geser maksimum akibat pembebanan sebesar 628,3648 kNm. Total kehilangan prategang akibat beberapa faktor sebesar 19,4816% dan lendutan maksimal balok komposit sebesar 0,0327m. Nilai lendutan disimpulkan berada dalam kondisi aman karena tidak melebihi batas nilai lendutan yang diijinkan L/300, yaitu 0,0833 m.
Diterbitkan Bulan Februari 2023	
Keyword : Structure, prestressed,bridge, Tiu Suntuk Dam	

PENDAHULUAN

Jembatan merupakan salah satu infrastruktur penting dalam menunjang kehidupan manusia. Infrastruktur ini dirancang untuk menghubungkan dua ruas jalan yang dipisahkan oleh rintangan melintang seperti lembah, sungai, danau, rel kereta api, dan sebagainya (Zaini, 2018). Keberadaan jembatan sangat penting dalam mendukung mobilisasi dan pergerakan manusia dari suatu tempat ke tempat lainnya sehingga perlu adanya perencanaan jembatan yang tepat agar pergerakan manusia dapat lakukan secara aman dan nyaman. Hal ini terkait dengan persyaratan kekuatan pembebanan kekuatan pembebanan pada jembatan.

Jembatan prategang ini merupakan akses utama menuju ke area Bendungan Tiu Suntuk sehingga jembatan ini harus memiliki kekuatan menahan beban yang besar karena intensitas mobilisasi kendaraan yang cukup tinggi melintasi jembatan. Perencanaan ulang struktur prategang Jembatan Bendungan Tiu Suntuk dengan menambah jumlah gelagar dan memperbesar dimensi jembatan untuk menunjang mobilisasi kendaraan yang melewati jembatan tersebut yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan jembatan dalam menahan beban kerja dan meminimalisir kerusakan yang terjadi pada jembatan.

LANDASAN TEORI

Jembatan

Jembatan adalah struktur bangunan yang digunakan untuk menyeberangi sungai, danau, laut, lembah, ngarai, jalan, dan rel kereta api (Manalip & Handono, 2018). Tujuan jembatan adalah untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan-rintangan tersebut. Jembatan menghubungkan dua ruas jalan yang dalam melintasinya terdapat rintangan, sehingga dapat dikatakan sebagai bagian dari jalan, baik itu jalan raya maupun rel kereta api. Jembatan biasanya dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu:

1. Struktur atas (*upper-structure*)
2. Struktur bawah (*sub-structure*)

Beton Prategang

Beton prategang didefinisikan sebagai beton yang telah menerima tegangan internal dalam jumlah dan distribusi tertentu sehingga dapat secara efektif mengimbangi jumlah tegangan yang direncanakan yang ditimbulkan oleh beban eksternal.. Proses prategang memberikan tegangan tekan dalam beton. Pemberian gaya prategang yang dilakukan sebelum pengecoran disebut sistem pratarik (*pre-tension*), sedangkan pemberian gaya prategang yang dilakukan sesudah pengecoran

disebut sistem pascatarik (*post-tension*) (Batubara & Simatupang, 2018).

Pembebanan Jembatan

Pembebanan pada jembatan didasarkan pada SNI 1725: 2016

1. Beban Permanen

a. Berat sendiri

Beban mati jembatan merupakan kumpulan berat setiap komponen struktural dan non-struktural.

b. Beban mati tambahan

Berat dari semua material yang membentuk beban pada jembatan, yang merupakan elemen non-struktural dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan.

2. Beban Lalu Lintas

a. Beban lajur "D"

Beban lajur "D" terdiri atas beban terbagi rata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT). Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas q

$$\text{Jika } L \leq 30 \text{ m : } q = 9.0 \text{ kPa} \quad (1)$$

$$\text{Jika } L > 30 \text{ m : } q = 9.0 \left(0.5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa} \quad (2)$$

b. Beban truk "T"

Beban truk dapat digunakan untuk perhitungan struktur lantai. Hanya satu truk "T" diterapkan per lajur lalu lintas rencana

c. Gaya Rem

Berdasarkan SNI 1725: 2016, Gaya rem harus diambil yang terbesar dari :

- 25% dari berat gandar truk desain
- 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata BTR

3. Beban akibat Aksi Lingkungan

a. Beban angin

Berdasarkan SNI 1725: 2016, tekanan angin yang ditentukan pada pasal ini diasumsikan disebabkan oleh angin rencana dengan kecepatan dasar (V_B) sebesar 90 hingga 126 km/jam.

$$V_{DZ} = 2.5 V_0 \left(\frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left(\frac{Z}{Z_0} \right) \quad (3)$$

b. Beban gempa

Beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien respons elastik (C_{sm}) dengan berat struktur ekuivalen yang kemudian dimodifikasi dengan faktor modifikasi respons (R_d).

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R_d} \times W_t \quad (4)$$

Kehilangan Gaya Prategang

Gaya prategang pada beton mengalami proses reduksi yang progresif (pengurangan secara berangsur-angsur) sejak gaya prategang awal diberikan dimana kurang lebih 5 tahun (Nusantoro et al., 2022).

1. Kehilangan gaya prategang akibat dudukan anker

$$\Delta f_{pA} = \frac{\Delta A}{L} \times E_{ps} \quad (5)$$

2. Kehilangan gaya prategang akibat perpindahan elastis beton

$$\Delta f_{pES} = E_s \times \epsilon_{ES} = \frac{E_s \times P_i}{A_c \times E_c} = \frac{n \times P_i}{A_c} \quad (6)$$

3. Kehilangan gaya prategang akibat rangkai

$$\Delta f_{pCR} = K_{CR} \times n \times (f_{cs} - f_{csd}) \quad (7)$$

4. Kehilangan gaya prategang akibat susut

$$\Delta f_{pSH} = \epsilon_s \times E_{ps} \quad (8)$$

5. Kehilangan gaya prategang akibat relaksasi baja

$$\Delta f_{pR} = [K_{RE} - J (f_{pES} + f_{pCR} + f_{pSH})] \times C \quad (9)$$

6. Kehilangan Gaya Prategang akibat Friksi / Gesekan

$$\Delta f_{pF} = f_1 (\mu \alpha + KL) \quad (10)$$

Kapasitas Momen Nominal

Kekuatan batas nominal penampang beton prategang terhadap lentur (M_n) dihitung berdasarkan cara kekuatan batas, dengan asumsi-asumsi yang sama dengan perhitungan beton bertulang, dengan mengganti besaran tegangan leleh (f_y) menjadi tegangan analitis batas baja prategang (f_{ps}) (Nasional, 2005).

Kapasitas Gaya Geser Nominal

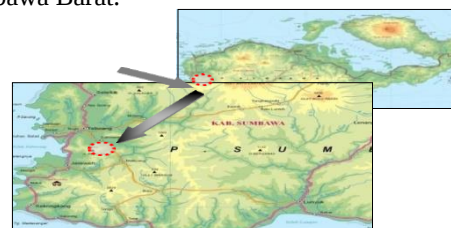
Berdasarkan RSNI T-12-2004, kekuatan geser batas nominal V_n , tidak boleh diambil lebih besar dari jumlah kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton dan tulangan geser dalam penampang komponen struktur yang ditinjau.

$$V_n = V_c + V_s \quad (11)$$

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi pada Proyek Pembangunan Bendungan Tiu Suntuk, Desa Muhajiddin, Kecamatan Brang Ene, Kabupaten Sumbawa Barat.



Gambar 1. Lokasi Proyek Pembangunan Bendungan Tiu Suntuk

Tahapan Penelitian**1. Persiapan**

Pada tahapan persiapan yang dilakukan adalah mengumpulkan data-data dan membuat gambar perencanaan struktur atas pada Jembatan Bendungan Tiu Suntuk. Data-data tersebut sebagai berikut :

- Observasi lapangan untuk pengamatan kendaraan yang melalui jembatan
- Gambar Jembatan Bendungan Tiu Suntuk
- Data kabel *strand* yang digunakan
- Gambar perencanaan ulang struktur atas Jembatan Bendungan Tiu Suntuk

2. Analisa Penampang Gelagar

Tahapan analisa penampang gelagar terdiri dari menghitung *section properties* pada gelagar dan gelagar komposit, analisa luas penampang gelagar, statis momen, momen inersia serta tahanan momen di sisi atas dan bawah.

3. Perhitungan Pembebanan Jembatan

Pada tahapan ini akan menghitung beban-beban yang akan diterima oleh jembatan berdasarkan SNI 1725-2016 yang terdiri dari :

- Beban Sendiri (MS) Jembatan
- Beban Mati Tambahan (MA)
- Beban Lajur "D" (TD)
- Gaya Rem (TB)
- Pengaruh Temperatur (ET)
- Beban Angin (EW)
- Beban Gempa (EQ)

4. Perhitungan Gaya Prategang

Pada tahapan ini yang dilakukan terdiri dari perhitungan tegangan bagian atas dan bawah gelagar, gaya awal dan akhir prategang.

5. Perhitungan Kehilangan Gaya Prategang

Perhitungan gaya prategang bertujuan untuk mengetahui kehilangan gaya prategang setelah dilakukan penarikan pada gelagar. Kehilangan gaya prategang terdiri dari kehilangan gaya prategang akibat slip pada angkur, perpendekan elastis beton, rangkai pada beton, susut pada beton, relaksasi baja prategang dan gesekan pada tendon.

6. Kontrol Tegangan

Kontrol tegangan akibat dari hasil pembebanan yang terjadi pada struktur atas jembatan, kapasitas momen dan geser serta lendutan yang terjadi pada gelagar dan ketahanan jembatan menahan tegangan yang diberikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bentang jembatan, L = 25.00 m

Tebal slab lantai jembatan,

$t_s = 0.20$ m

Tebal lapisan aspal +

overlay, $t_a = 0.10$ m

Tebal genangan air hujan,

$t_h = 0.05$ m

Jarak antar gelagar, s = 1.80 m

Jumlah gelagar, $n_g = 5$ buah

Jarak antar diafragma = 8.40 m

Jumlah diafragma, $n_d = 4$ buah

Lebar jalur lalu-lintas,

$b_1 = 7.00$ m

Lebar trotoar, $b_2 = 1.00$ m

Sandaran dan drainase,

$b_3 = 0.50$ m

Lebar total jembatan, b = 10.00 m

Kelas Jalan = Jalan Khusus / Lokal

Kelas Jembatan = Jembatan Penting

Mutu Beton

Kuat tekan beton, $f_c' = 0.83 \times \frac{K}{10}$
= 41.50 MPa

Modulus elastik, $E_c = 4700 \cdot \sqrt{f_c'}$
= 30277.63 MPa

Angka poisson, u = 0.15

Modulus geser, G = $\frac{E_c}{2 \times (1 + u)}$
= 13164.2 MPa

Koef. muai panjang, $\alpha = 10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

Baja Prategang

Tabel 1. Data Strands Cable

DATA STRANDS CABLE

Jenis strands : Uncoated 7 wires ASTM-416 grade 270		
Tegangan leleh strand f_{py}	1580	MPa
Kuat tarik strand f_{pu}	1860	MPa
Diameter nominal strands	12.7	mm
Luas tampang nominal satu strands A_{st}	98.7	mm ²
Beban putus minimal satu strands P_{bs}	187.32	kN (100% UTS)
Jumlah kawat untai (strands cable)	11	Kawat untai / tendon
Diameter selubung	84	mm

Specific Gravity			
Beton	=	24.0	kN/m ³
Beton bertulang	=	25.0	kN/m ³
Beton prategang	=	25.5	kN/m ³
Aspal	=	22.0	kN/m ³
Air	=	9.8	kN/m ³
Pasir	=	17.2	kN/m ³

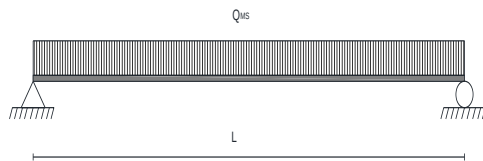
$$\frac{(m)}{(m)} \quad (m^3) \quad (m^4) \quad (m^4)$$

Tahanan momen sisi bawah

$$W_{bc} = \frac{I_{xc}}{y_{bc}} = 0.2930 \text{ m}^3$$

4.1 Pembebanan

1. Beban sendiri



Gambar 2. Pembebanan Beban Sendiri

a. Diafragma

Berat 1 buah diafragma

$$W = A_d \times \text{tebal} \times W_c$$

$$= 2.0452 \times 0.2 \times 25.5 = 10.4305 \text{ kN}$$

Jumlah diafragma (n) = 4 buah

$$Q_d = \frac{n_d \times W}{L} = \frac{4 \times 10.4305}{25} = 1.6689 \text{ kN/m}$$

b. Balok prategang

Bentang jembatan (L) = 25 m

Luas penampang balok prategang

$$A = 0.4774 \text{ m}^2$$

Berat balok prategang

$$W_{\text{balok}} = L \times A \times W_c = 304.3425 \text{ kN}$$

Berat merata balok prategang

$$Q_{\text{balok}} = \frac{W_{\text{balok}}}{L} = \frac{304.3425}{25} = 12.1737 \text{ kN/m}^3$$

2. Beban Mati Tambahan

a. Lapisan Aspal + Overlay

$$\text{Beban } (Q_{MA}) = A \times W_{\text{aspal}} = 3.96 \text{ kN/m}$$

$$\text{Gaya geser } (V_{MA}) = \frac{1}{2} \times Q_{MA} \times L = 49.50 \text{ kN}$$

$$\text{Momen } (M_{MA}) = \frac{1}{8} \times Q_{MA} \times L^2 = 309.3750 \text{ kNm}$$

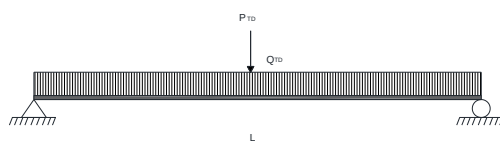
b. Air Hujan

$$\text{Beban } (Q_{MA}) = A \times W_{\text{air}} = 0.8820 \text{ kN/m}$$

$$\text{Gaya geser } (V_{MA}) = \frac{1}{2} \times Q_{MA} \times L = 11.0250 \text{ kN}$$

$$\text{Momen } (M_{MA}) = \frac{1}{8} \times Q_{MA} \times L^2 = 68.9063 \text{ kNm}$$

3. Beban lajur "D"



Gambar 3. Pembebanan Lajur "D"

Beban merata pada balok

$$Q_{TD} = q \times s = 9.0 \times 1.80 = 16.20 \text{ kN/m}$$

Beban garis terpusat (p) = 49.0 kN/m

Faktor beban dinamis (DLA) = 0.4

Beban terpusat pada balok

$$P_{TD} = s \times p \times (1 + \text{DLA})$$

$$= 1.80 \times 49.0 \times (1 + 0.4)$$

$$= 123.48 \text{ kN}$$

4. Beban truk "T"

Beban hidup pada lantai jembatan berupa beban roda ganda pada truck (beban T) yang besarnya, T = 112.5 kN

Faktor beban dinamis untuk pembebanan truck diambil 30 %, maka DLA = 0.3

$$P_{TT} = 148.4875 \text{ kN}$$

5. Gaya Rem

Panjang total jembatan (L) = 25 m

Jarak antar girder (s) = 1.80 m

25% dari berat gandar truk desain

Berat total gandar truk = 500 kN

DLA = 0.3

$$T_{B1} = 25\% \times T_{\text{total}} \times (1 + \text{DLA})$$

$$= 25\% \times 500 \times (1 + 0.3)$$

$$= 162.50 \text{ kN}$$

Maka, diambil $T_B = 162.50 \text{ kN}$

6. Beban pedestrian

Beban merata pada pedestrian

$$Q_{TP} = b_2 \times q = 1.00 \times 4.5050$$

$$= 4.5050 \text{ kN/m}$$

7. Beban angin

Beban garis akibat angin

$$T_{EW} = 0.0012 \times C_w \times V_w^2$$

$$= 0.0012 \times 1.25 \times 30^2 = 1.35 \text{ kN/m}$$

Bidang vertikal yang ditiup angin merupakan bidang samping kendaraan dengan tinggi 2 m di atas lantai jembatan

h = 2 m

Jarak antara roda kendaraan (x_r) = 1.75 m

Beban akibat transfer beban angin ke lantai jembatan

$$Q_{EW1} = \frac{1}{2} \times \frac{h}{x_r} \times T_{EW}$$

$$= 0.7714 \text{ kN/m}$$

8. Beban gempa

Struktur jembatan dengan daerah sendi plastis beton prategang penuh (Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 2016)

$$S = 1.3 \text{ F}$$

Dengan nilai $F = 1.25 - 0.025 \times n$, dimana harus diambil $F \geq 1$

$$S = 1.5925$$

$$K_h = C \times S = 0.15 \times 1.5925 = 0.2389$$

$$K_v = 50\% \times K_h = 0.1195 > 0.1$$

Maka, diambil untuk $K_v = 0.1195$

$$T_{EQ} = K_v \times W_t = 0.1195 \times 690.3025 \\ = 82.4912 \text{ kN}$$

$$Q_{EQ} = \frac{T_{EQ}}{L} = \frac{82.4912}{25} = 3.2997 \text{ kN/m}$$

Gaya Prategang

1. Kondisi awal (saat transfer)

Ditetapkan jarak titik berat tendon terhadap alas balok = pusat titik berat 3 tendon (Z_0)

$$z_0 = 0.15 \text{ m}$$

$$e_s = y_b - z_0 = 0.7107 - 0.15 = 0.5607 \text{ m}$$

Momen akibat berat sendiri balok

$$= 951.0703 \text{ kNm}$$

Tegangan di serat atas,

$$0 = \frac{-P_t}{A} + \frac{P_t \times e_s}{W_a} - \frac{M_{balok}}{W_a}$$

Tegangan di serat bawah,

$$0.6 \times f_{ci}' = \frac{-P_t}{A} + \frac{P_t \times e_s}{W_b} - \frac{M_{balok}}{W_b}$$

$$P_t = \frac{M_{balok}}{\left(e_s - \frac{W_a}{A}\right)} = 4366.8845 \text{ kN}$$

$$P_t = \frac{0.60 \times f_{ci}' \times W_b + M_{balok}}{\frac{W_b}{A} + e_s} = 5084.9642 \text{ kN}$$

Diambil nilai P_t terkecil, maka besarnya gaya prategang awal = 4366.8845 kN

2. Kondisi Akhir (Setelah Transfer)

$$P_{b1} = 2060.52 \text{ kN}$$

$$P_{bs} = 187.32 \text{ kN}$$

$$\text{Gaya Prategang saat jacking : } P_j = \frac{P_{t1}}{0.85}$$

$$P_j = 0.80 \times P_{b1} \times n_t$$

Jumlah tendon yang diperlukan :

$$n_t = \frac{P_t}{0.85 \times 0.80 \times P_{b1}} = 3.1166 \text{ tendon}$$

Maka, diambil jumlah tendon sebanyak 3 tendon.

jumlah *strands* yang diperlukan :

$$n_s = \frac{P_t}{0.85 \times 0.80 \times P_{bs}} = 33.2830 \text{ tendon}$$

Maka, diambil jumlah *strands* sebanyak 33 *strands*



Gambar 4. Posisi Tendon

Persentase tegangan leleh yang timbul pada baja (% *jacking force*) :

$$P_0 = \frac{P_t}{0.85 \times n_s \times P_{bs}} \\ = \frac{4366.8845}{0.85 \times 33 \times 187.32} \times 100\% = 83.1103\%$$

Gaya prategang yang terjadi akibat *jacking*

$$P_j = P_0 \times n_s \times P_{bs} \\ = 83.11\% \times 33 \times 187.32 = 5137.5131 \text{ kN}$$

Diperkirakan kehilangan tegangan (*loss of prestress*) = 30%

Gaya prategang akhir setelah perkiraan kehilangan tegangan (*loss of prestress*)

$$P_{eff} = (100\% - 30\%) \times P_j \\ = 70\% \times 5137.5131 = 3596.2592 \text{ kN}$$

Tabel 4. Kehilangan Gaya Prategang

Kehilangan Tegangan (Loss of Prestressed)	Kehilangan Tegangan MPa	Persentase LOP %
Slip pada Angkur (Anchorage Friction)	48.25	2.5941%
Perpendekan Elastis (Elastic shortening)	28.2464	1.5186%
Rangak Beton (Creep)	122.9796	6.6118%
Susut Beton (Shrinkage)	35.7679	1.9230%
Relaksasi Baja (Relaxation of Strand)	4.9925	0.2684%
Gesekan Tendon (Jack Friction)	122.1226	6.5657%

Kapasitas Momen Ultimit

Kedalaman tekan ($a = 0.1133 \text{ m}$), yang berarti kedalaman tekan berada pada plat lantai.

$$A_i = B_{eff} \times a = 1.2780 \times 0.1133 \\ = 0.1448 \text{ m}^2$$

$$C_c = 0.85 \times A_i \times f_c' \\ = 0.85 \times 0.1448 \times 41500$$

$$= 4049.5700 \text{ kN}$$

Lengan terhadap pusat baja prategang

$$y = d - \frac{a}{2} = 1.65 - \frac{0.1133}{2} = 1.5934$$

Momen nominal

$$M_n = A_i \times 0.85 \times f_c' \times y_i$$

$$= 0.1148 \times 0.85 \times 41500 \times 1.5934$$

$$= 6452.5848 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen ultimit } (\phi M_n) &= 0.80 \times M_n \\ &= 5162.0678 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Tabel 5. Momen Ultimit pada Balok Prategang

Aksi/Beban	Faktor Beban Ultimit			Daya	Kondisi
				Layan	Ultimit
				Momen (kN m)	Momen M _u (kNm)
A. Aksi Tetap					
Beban Sendiri	K _{MS}	1.30	M	1729	
			M _{MS}	.812	2248.75
Beban Mati Tambahan	K _{MA}	2.00	M		
			M _{MA}	378.	756.562
			A	2813	5
B. Aksi Transien					
Beban Truk "T"	K _{TT}	2.00	M	1124	
			M _{TT}	.818	2249.63
Beban Lajur "D"	K _{TD}	2.00	M	2037	
			M _{TD}	.375	4074.75
Gaya Rem	K _{TB}	2.00	M		
			M _{TB}	0	00
			M	214.	429.682
			TB	8413	5
C. Aksi Lingkungan					
Pengaruh Temperatur	K _{ET}	1.20	M		
			M _{ET}	2.88	3.4560
Beban Angin	K _{EW}	1.20	M	60.2	
			M _{EW}	656	72.3188
Beban Gempa	K _{EQ}	1.00	M	251.	251.914
			M _{EQ}	9141	1

Kapasitas Gaya Geser Ultimit

kekuatan geser batas nominal

$$V_n = V_c + V_s$$

$$= 362.3967 + 1554.8783$$

$$= 1917.2750 \text{ kN}$$

Reduksi kekuatan

$$\phi V_n = 0.75 \times V_n$$

$$= 1437.9563 \text{ kN}$$

Tabel 6. Gaya Geser Ultimit pada Balok Prategang

			Daya Layan		Kondisi
Aksi/Beban	Faktor		Gaya		Ultimit
	Ultimit		Geser		Momen
			V	(kN)	Ultimit
V _u (kN)					
A. Aksi Tetap					
Beban Sendiri	K _{MS}	1.30	V _{MS}	276.7700	359.8010
Beban Mati Tambahan	K _{MA}	2.00	V _{MA}	60.5250	121.0500
B. Aksi Transien					
Beban Truk "T"	K _{TT}	2.00	V _{TT}	148.4875	296.9750
Beban Lajur "D"	K _{TD}	2.00	V _{TD}	264.2400	528.4800
Gaya Rem	K _{TB}	2.00	V _{TB}	17.1873	34.3746
C. Aksi Lingkungan					
Pengaruh Temperatur	K _{ET}	1.20	V _{ET}	0.1088	0.1306
Beban Angin	K _{EW}	1.20	V _{EW}	9.6425	11.5710
Beban Gempa	K _{EQ}	1.00	V _{EQ}	40.3063	40.3063

Lendutan

Tabel 7. Resume Lendutan akibat Pembebanan

Lendutan pada Balok Komposit	Kombinasi				
	Ko mbi nasi I (m)	Ko mbi nasi II (m)	Kom binas i III (m)	Kom binas i IV (m)	Kom bina si V (m)
Berat Sendiri (MS)	0.00 56	0.00 56	0.00 56	0.00 56	0.00 56
Mati Tambahan (MA)	0.01 05	0.01 05	0.01 05	0.01 05	0.01 05
Susut- Rangkak (SR)	0.02 15	0.02 15	0.02 15	0.02 15	0.02 15
	-	-	-	-	-
Prategang (PR)	0.02 61	0.02 61	0.02 61	0.02 61	0.02 61
Lajur "D" (TD)	0.01 11	0.01 11	0.01 11	0.01 11	
	0.00	0.00	0.00	0.00	
Rem (TB)	08	08	08	08	
Temperatur (ET)		0.00 89		0.00 89	

Angin (EW)			0.00 04	0.00 04	
Gempa (EQ)					0.00 15
Lendutan (δ)	0.02 34	0.03 23	0.02 38	0.03 27	0.01 30
	< L/3	< L/30	< L/30	< L/30	< L/30
Keterangan	00	0	0	0	0

Lendutan maksimum pada balok komposit akibat kombinasi pembebanan terjadi pada kombinasi IV, yakni sebesar 0.0327 m. nilai lendutan ini disimpulkan pada kondisi aman karena dibawah nilai lendutan izin (L/300).

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan dalam penelitian ini didapatkan kesimpulan, yaitu sebagai berikut :

1. Jembatan Bendungan Tiu Suntuk memiliki lebar bentang 25.00 m dan lebar lalu lintas 7.00 m dengan pembebanan beban sendiri sebesar 22.1416 kN/m, beban mati tambahan sebesar 4.8420 kN/m, beban lajur "D" sebesar 16.20 kN/m, beban truk sebesar 112.5 kN, gaya rem sebesar 162.5 kN, beban pedestrian sebesar 4.5050 kN/m, beban angin sebesar 2.4 kN/m dan beban gempa sebesar 3.2997 kN/m. Sedangkan, momen maksimum akibat menerima pembebanan sebesar 4420.5756 kNm dan gaya geser maksimum akibat pembebanan yakni sebesar 628.3648 kNm.
2. Gaya prategang pada Jembatan Bendungan Tiu Suntuk untuk gaya prategang awal sebesar 4366.8845 kN, gaya prategang yang terjadi akibat *jacking* sebesar 5137.5131 kN dan gaya prategang akhir setelah perkiraan kehilangan tegangan 3596.2592 kN. Sedangkan, total kehilangan prategang akibat beberapa faktor sebesar 19.4816% dan dinyatakan aman karena tidak lebih dari batas maksimum yaitu 20%.
3. Lendutan maksimum pada balok komposit yakni sebesar 0.0327 m. Nilai lendutan ini disimpulkan pada kondisi aman karena tidak lebih dari nilai lendutan izin L/300, yaitu 0.0833 m.

REFERENSI

- Badan Standardisasi Nasional. (2016). SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–67.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. (2016).

Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa SNI 2833. 1–70.

- Batubara, S., & Simatupang, L. (2018). Perencanaan Jembatan Beton Prategang Dengan Bentang 24 Meter Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI). *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)*, 1(2), 45–61. <https://doi.org/10.54367/jrkms.v1i2.280>
- Manalip, H., & Handono, B. D. (2018). Perencanaan Balok Girder Profil I pada Jembatan Prestressed dengan Variasi Bentang. *Jurnal Sipil Statik*, 6(2), 67–74.
- Nasional, B. S. (2005). *Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan*. 1–140.
- Nusantoro, A., Widyananto, E., Alami, N., Dian, P., & Prabuningrat, I. (2022). Perencanaan Ulang Struktur Atas Jembatan di Desa Hargorojo dengan Menggunakan PCI Girder. *Jurnal Surya Beton*, 6(1), 1–8. <http://jurnal.umpwr.ac.id/index.php/suryabeton>
- Zaini, M., & Pd, S. (2018). ANALISIS OPTIMALISASI TINGGI FOKUS (f) PELENGKUNG PADA PERENCANAAN JEMBATAN LENGKUNG TIPE LANTAI ATAS (ARCH BRIDGE DECK TYPE). 1–5.