

## PERENCANAAN ULANG STRUKTUR ATAS JEMBATAN PRATEGANG PULUHAN PADA RUAS JALAN TOL SOLO – KLATEN

**Dindi Putri Azzahra<sup>1,\*</sup>, Aulia Rahman<sup>2</sup>, Deni Putra Arystianto<sup>3</sup>**

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang<sup>1</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>2</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>3</sup>

Email: [dindiputriazzahra@gmail.com](mailto:dindiputriazzahra@gmail.com)<sup>1</sup>, [aulia.rahman@polinema.ac.id](mailto:aulia.rahman@polinema.ac.id)<sup>2</sup>, [deniputra@polinema.ac.id](mailto:deniputra@polinema.ac.id)<sup>3</sup>

### ABSTRAK

Jembatan merupakan konstruksi yang dibuat untuk melewati suatu rintangan seperti lembah dalam, aliran sungai, danau, saluran irigasi, sungai, rel kereta api, jalan raya melintang pada tingkat yang berbeda dan lain-lain. Jembatan Prategang Puluhan berada pada ruas Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo Ruas Solo – Klaten STA 13+867. Jembatan ini memiliki bentang 40 meter, akibatnya tidak terdapat akses jalan desa untuk penduduk desa dan untuk petani yang akan menuju sawah yang berada di samping jembatan dan jalan tol sehingga penulis merencanakan ulang dengan bentang 50 meter. Perencanaan ulang mengacu pada Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan Bina Marga Tahun 2021 dan SNI 1725:2016. Hasil pembebanan pada aplikasi *Staad Pro V8i* didapatkan hasil analisa pembebanan pada Jembatan Prategang Puluhan yaitu untuk beban sendiri (*selfweight*) 5376,672 kNm, beban mati tambahan 1085,758 kN, beban hidup 4600,92 kN. Berdasarkan perhitungan yang sudah dilakukan, didapatkan dimensi dari *girder* atau gelagar PCI yaitu tinggi 2,1 meter dan lebar 0,8 meter, jenis *strand* yang digunakan yaitu *seven wire strand, low relaxation*, jumlah tendon yang terpasang yaitu 4 dengan masing masing tendon terdapat 19 *strand*, Hasil lendutan izin yaitu 62,5 mm dan lendutan ultimit yaitu 57,708 mm. Pelat kendaraan dengan tebal 0,25 meter, menggunakan tulangan pada tumpuan dan lapangan yaitu D16-200. Pelat injak dengan tebal 0,25 meter, menggunakan tulangan arah melintang dan arah memanjang yaitu D16-150. Diafragma yang digunakan yaitu berdimensi 0,5 meter x 1,52 meter dengan tulangan utama 8D22 dan tulangan Sengkang D13-200. *Barrier* yang digunakan dengan tinggi 1,2 meter dan lebar 0,5 meter, menggunakan tulangan D16-100. Didapatkan hasil RAB (Rencana Anggaran Biaya) sebesar Rp. 4.326.000.530,00.

**Kata kunci :** Perencanaan Ulang, Struktur Atas, Jembatan, Prategang.

### ABSTRACT

*Bridges are constructions designed to avoid obstacles such as deep valleys, streams, lakes, irrigation channels, rivers, railroads, transverse highways at different levels, etc. Puluhan prestressed bridge is located on the Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo Toll Road section of Solo – Klaten STA 13+867. This bridge has only a span of 40 meters so there is no access to roads for villagers and farmers that need access to the rice fields. To solve this, it is planned to redesign the bridge with a longer span of 50 meters. Redesign refers to the 2021 Bina Marga Bridge Practical Planning Guide and SNI 1725:2016. The result of the loading in the Staad Pro V8i showed that self-weight is 5376.672 kNm, additional dead load is 1085.758 kN, and live load is 4600.92 kN. Based on the redesigning, the dimensions of the PCI are 2.1 meters high and 0.8 meters wide, the type of strand used is seven-wire strands, low relaxation, and the number of tendons is 4 with 19 strands each, the result of the deflection permit is 62.5 mm and the ultimate deflection is 57.708 mm. The deck slab is 0.25 meters thick, using reinforcement at the base and top, of D16-200 rebars. The transition slab is 0.25 meters thick, using cross-sectional and elongated reinforcement, of D16-150 rebars. The diaphragm used is 0.5 meters in width and 1.52 meters in height with 8D22 main reinforcement and D13-200 stirrup reinforcement. Barriers are used with a height of 1.2 meters and a width of 0.5 meters, using D16-100 reinforcement. The results of the Fee Budget Plan were obtained at Rp. 4.326.000.530,00.*

**Keywords:** Redesign, Upper Structure, Bridge, Prestressed.

### 1. PENDAHULUAN

Jembatan adalah suatu konstruksi yang menghubungkan dua ruas jalan yang tidak dihubungkan oleh suatu rintangan seperti lembah dalam, aliran sungai, danau, saluran irigasi,

sungai, rel kereta api, jalan raya melintang pada tingkat yang berbeda dan lain-lain (Putra, Oscar W.D., 2016).

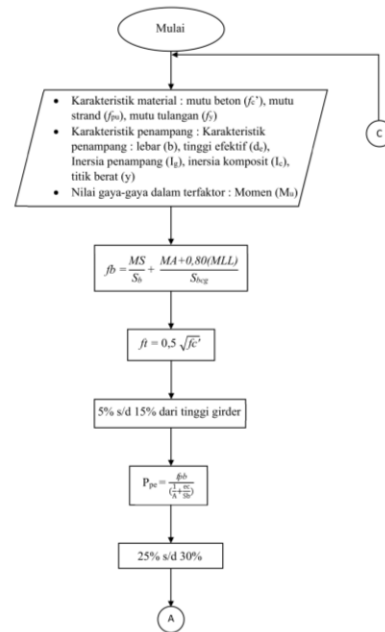
Jembatan Prategang Puluhan berada pada ruas Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo Ruas Solo – Klaten STA 13+867. Jembatan ini dibangun diatas Sungai Puluhan

pada tahun 2023 yang kemudian akan difungsikan melayani arus liburan natal dan tahun baru 2024. Jembatan Puluhan direncanakan menggunakan PCI *Girder*. Jembatan beton pratekan berskala dibangun untuk menyelidiki batas tersebut perilaku jembatan dengan fokus khusus pada distribusi beban setelah retak dan kontribusi kedalaman penuh diafragma terhadap kapasitas struktural (Murray et al., 2019). PCI *Girder* terbuat dari beton prategang, yang berarti bahwa beton di dalamnya diberikan tegangan sebelum digunakan. Tegangan ini diberikan melalui serangkaian kabel prategang yang ditanam di dalam beton. Proses prategang ini membantu meningkatkan kekuatan dan kekakuan girder, sehingga mampu menahan beban yang diterapkan pada jembatan.

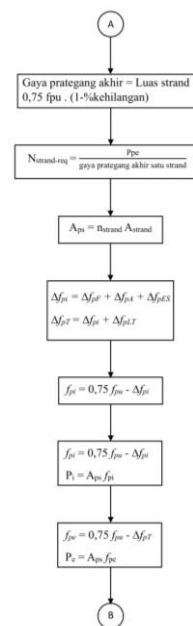
Jembatan Prategang Puluhan memiliki bentang 40 meter. Akibatnya, tidak terdapat akses jalan desa untuk penduduk desa dan untuk petani yang akan menuju sawah yang berada di samping jembatan dan jalan tol. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 jalan yang layak adalah berdimensi 3,5 meter karena direncanakan tidak untuk dilalui kendaraan roda tiga atau lebih. Kemudian ditambahkan lagi dengan jarak antara sisi pilar jembatan dan jalan desa selebar 1,5 meter, maka penambahan akses jalan sebesar 5 meter di sisi kanan dan kiri sungai. Oleh karena itu, dalam penyusunan laporan akhir ini penulis mengambil judul “Perencanaan Ulang Struktur Atas Jembatan Prategang Puluhan Pada Ruas Jalan Tol Solo – Klaten” dengan maksud untuk menambah bentang jembatan yang semula 40 meter menjadi 50 meter agar dapat menjadi alternatif desain rencana jembatan kedepannya.

**2. METODE**

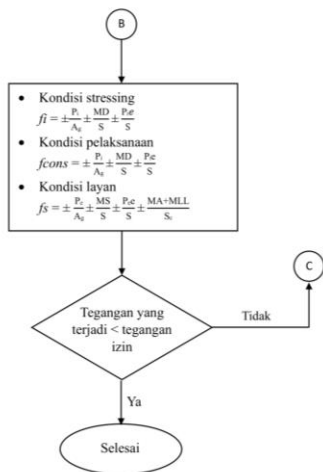
Metode perhitungan pembebanan mengacu pada SNI 1725:2016, sedangkan metode perhitungan struktur beton prategang mengacu pada Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan Bina Marga Tahun 2021.



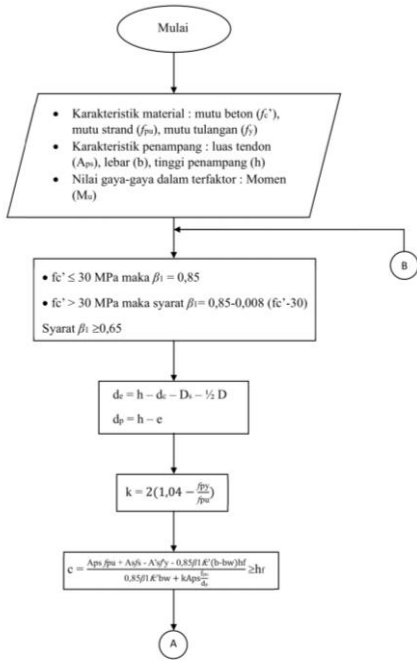
**Gambar 1.** Bagan Alir Perencanaan Lentur Gelagar Beton Prategang Kondisi Batas Layan



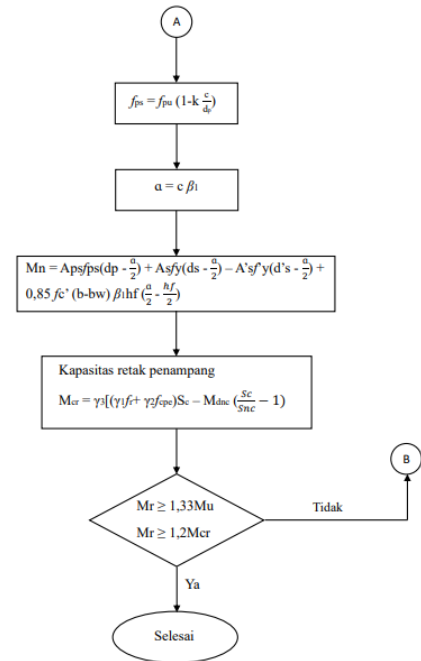
**Gambar 2.** Bagan Alir Perencanaan Lentur Gelagar Beton Prategang Kondisi Batas Layan (Lanjutan)



Gambar 3. Bagan Alir Perencanaan Lentur Gelagar Beton Prategang Kondisi Batas Layan (Lanjutan)



Gambar 4. Bagan Alir Perencanaan Lentur Gelagar Beton Prategang Kondisi Batas Ultimit



Gambar 5. Bagan Alir Perencanaan Lentur Gelagar Beton Prategang Kondisi Batas Ultimit (Lanjutan)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan struktur atas jembatan meliputi gelagar, plat lantai kendaraan, plat injak, diafragma, dan barrier.

#### Preliminary Design

- Bentang gelagar = 50 m
- Lebar jembatan = 12,7 m
- Jarak antar gelagar = 2,1 m
- Tinggi gelagar + plat = 0,045 x 50 m = 2,25 m
- Tebal plat = 100 + (40 x sg) = 100 + (40 x 2,1) = 184 < 250 = 250 mm
- Tinggi girder = 2,25 m - 0,25 m = 2 m < 2,1 m = 2,1 m

#### Hasil Pembebanan *Staad Pro V8i*

Tabel 1. Hasil Pembebanan *Staad Pro V8i*

Beban Mati Sendiri	5376.672	kNm
Beban Mati Tambahan	1085.758	kNm
Beban D BGT	838.675	kNm
Beban D BTR	2521.936	kNm
Beban T	1194.561	kNm
Beban Rem	45.751	kNm
Beban Temperatur	1182.153	kNm
Beban Temperatur Gradien	143.545	kNm

Beban Angin pada Struktur	208.318	kNm
Beban Angin pada Kendaraan	65.894	kNm

**Perencanaan Struktur Atas Jembatan**

**a. Gelagar**

$$P_{pe} = A_{strand} \cdot f_{pbt} \cdot (1 - \text{losses})$$

$$= 98,7.1395 \cdot (1 - 22\%)$$

$$= 107,40 \text{ kN}$$

$$n_{strand} = P_e / P_{pe}$$

$$= 5431,34 / 107,40$$

$$= 51$$

$$n_{pakai} = 76$$

$$A_{ps} = n \cdot A_{strand}$$

$$= 76 \cdot 98,7$$

$$= 7591,20 \text{ mm}^2$$

Posisi tendon tengah bentang :

$$c_1 = 225 \text{ mm}$$

$$c_2 = 100 \text{ mm}$$

$$c_3 = 100 \text{ mm}$$

$$c_4 = 100 \text{ mm}$$

$$e_{c1} = y_b - c_1$$

$$= 1011,95 - 225$$

$$= 786,950 \text{ mm}$$

$$e_{c2} = y_b - c_2$$

$$= 1011,95 - 100$$

$$= 911,950 \text{ mm}$$

$$e_{c3} = y_b - c_3$$

$$= 1011,95 - 100$$

$$= 911,950 \text{ mm}$$

$$e_{c4} = y_b - c_4$$

$$= 1011,95 - 100$$

$$= 911,950 \text{ mm}$$

$$A_{ps1} = A_{ps2} = A_{ps3} = A_{ps4} = 19 \cdot A_{strand}$$

$$= 19 \cdot 98,7$$

$$= 1875,30 \text{ mm}^2$$

$$A_{ps \text{ total}} = 4 \cdot 1875,3$$

$$= 7501,20 \text{ mm}^2$$

Eksentrisitas rata-rata tendon di tengah bentang:

$$e_{mid} = \frac{(A_{ps1} \cdot e_{c1}) + (A_{ps2} \cdot e_{c2}) + (A_{ps3} \cdot e_{c3}) + (A_{ps4} \cdot e_{c4})}{A_{ps \text{ total}}}$$

$$= 880,70 \text{ mm}$$

$$y_{mid} = \frac{(A_{ps1} \cdot c_1) + (A_{ps2} \cdot c_2) + (A_{ps3} \cdot c_3) + (A_{ps4} \cdot c_4)}{A_{ps \text{ total}}}$$

$$= 131,25 \text{ mm}$$

Posisi tendon tumpuan :

$$c_1 = 1200 \text{ mm}$$

$$c_2 = 900 \text{ mm}$$

$$c_3 = 600 \text{ mm}$$

$$c_4 = 300 \text{ mm}$$

$$e_{pe1} = y_b - c_1$$

$$= 1011,95 - 1200$$

$$= -188,050 \text{ mm}$$

$$e_{pe2} = y_b - c_2$$

$$= 1011,95 - 900$$

$$= 111,950 \text{ mm}$$

$$e_{pe3} = y_b - c_3$$

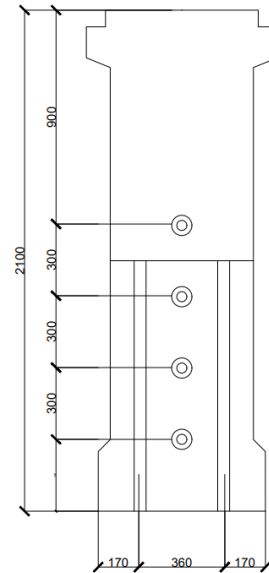
$$= 1011,95 - 600$$

$$= 411,950 \text{ mm}$$

$$e_{pe4} = y_b - c_4$$

$$= 1011,95 - 300$$

$$= 711,950 \text{ mm}$$



**Gambar 6. Posisi Tendon**

Jarak vertikal pusat penampang tendon di tumpuan ke pusat penampang tendon yang sama di tengah bentang gelagar :

$$e_{p1} = e_{c1} - c_1$$

$$= 1200 - 225$$

$$= 975 \text{ mm}$$

$$e_{p2} = e_{c2} - c_2$$

$$= 900 - 100$$

$$= 800 \text{ mm}$$

$$e_{p3} = e_{c3} - c_3$$

$$= 600 - 100$$

$$= 500 \text{ mm}$$

$$e_{p4} = e_{c4} - c_4$$

$$= 300 - 100$$

$$= 200 \text{ mm}$$

Eksentrisitas rata-rata tendon di tumpuan:

$$e_{end} = \frac{(A_{ps1} \cdot e_{pe1}) + (A_{ps2} \cdot e_{pe2}) + (A_{ps3} \cdot e_{pe3}) + (A_{ps4} \cdot e_{pe4})}{A_{ps \text{ total}}}$$

$$= 261,950 \text{ mm}$$

$$y_{end} = \frac{(A_{ps1} \cdot c_1) + (A_{ps2} \cdot c_2) + (A_{ps3} \cdot c_3) + (A_{ps4} \cdot c_4)}{A_{ps \text{ total}}}$$

$$= 750 \text{ mm}$$

**Perhitungan Kehilangan Prategang**

Kehilangan akibat gesekan :

Kehilangan prategang akibat gesekan ditentukan dengan persamaan berikut ini:

$$\Delta f_{pG} = f_{pj} \cdot 1 - e^{-(kx + \mu \alpha)}$$

$$e_p = y_{end} - y_{mid}$$

$$= 750 - 131,25$$

$$= 618,75 \text{ mm}$$

$$\alpha = 2e_p / L_p$$

$$= 2.618,75/25000$$

$$= 0,05$$

Jenis tendon : tendon diselubungi metal fleksibel dengan strand 7 kawat

$$k = 0,0020$$

$$\mu = 0,25$$

$$x = (hg/2) + (L/2)$$

$$= (2100/2) + (50000/2)$$

$$= 26050 \text{ mm}$$

$$= 26,05 \text{ m}$$

**Tabel 2.** Kehilangan Prategang Akibat Gesekan

Segmen	ep (mm)	Lp (mm)	$\alpha$ (rad)	$\Sigma\alpha$	$\Sigma Lp$	Titik	$\Delta fp$ F	fpj- $\Delta fp$ F (MPa)
A	618.7 5	0	0	0	0	A	0	1395
AB	618.7 5	25000	0.05	0.05	25000	B	53.56	1341.44
BC	618.7 5	25000	0.05	0.10	50000	C	105.35	1236.10

Dengan demikian kehilangan prategang di tengah bentang adalah:

$$\Delta fpF : = 53,56 \text{ MPa}$$

Kehilangan akibat anchorage set :

$$Es = 200000 \text{ MPa}$$

$$\Delta L = 9,525 \text{ (Asumsi panjang slip tendon yang terjadi (AASHTO LRFD C.5.9.3.2.1))}$$

$$LpF = Lb$$

$$= 50 \text{ m}$$

$$\Delta fpF = 105,35 \text{ MPa}$$

$$LpA = \sqrt{\frac{Es \cdot \Delta L \cdot LpF}{\Delta fpF}}$$

$$= 30069,40 \text{ mm}$$

$$\Delta f = \frac{2 \cdot \Delta fpF \cdot LpA}{LpF}$$

$$= 126,71 \text{ MPa}$$

**Tabel 3.** Kehilangan Prategang Akibat Anchorage Set

Lokasi		$\Delta fpA$
X/L	X (m)	MPa
0	0	126.71
0.1	5000	105.64
0.2	10000	84.57
0.3	15000	63.50
0.4	20000	42.43
0.5	25000	21.36
0.6	30000	0.29
0.7	35000	-20.78
0.8	40000	-41.85
0.9	45000	-62.91
1	50000	-83.98

$$\Delta fpA := 21,36 \text{ MPa}$$

Kehilangan akibat perpendekkan elastis :

Jumlah tendon  $Nps = 4$

Momen akibat berat sendiri gelagar

$$MS G = 2764,68 \text{ kN}$$

Tegangan pada tendon saat transfer

$$fpi 1 = fpbt - (\Delta fpF + \Delta fpA)$$

$$= 1395 - (105,35 + 21,36)$$

$$= 1268,29 \text{ MPa}$$

Gaya prategang awal  $Pi = fpi 1 \cdot Aps \text{ total}$

$$= 1268,29 \cdot 7501,2 \cdot 10^{-3}$$

$$= 9513,72 \text{ kN}$$

Tegangan di beton pada level baja

$$fcgp = \frac{Pi}{Ag} + \frac{Pi \cdot e \cdot mid^2}{Ig} + \frac{MS G \cdot e \cdot mid^2}{Ig}$$

$$= 30,48 \text{ MPa}$$

Kehilangan prategang  $= \frac{Nps - 1}{2 \cdot Nps} \cdot \frac{Eps}{Ecig} \cdot Fcgp$

$$= 75,74 \text{ MPa}$$

**Tabel 4.** Kehilangan Prategang

Kondisi	Kehilangan Prategang (MPa)	% Kehilangan Prategang	% UTS Prategang efektif
	Jangka pendek DpST	202.45	10.88%
Jangka panjang DpLT	141.57	7.61%	56.50%

**Kontrol Tegangan**

Tegangan izin beton kondisi transfer

Tarik  $\sigma_{ti} = 0,25 \cdot \sqrt{f'cig}$

$$= 1,58 \text{ MPa}$$

Tekan  $\sigma_{ci} = -0,6 \cdot f'cig$

$$= -24 \text{ MPa}$$

Tegangan izin beton kondisi layan

Tarik  $\sigma_{tserv} = 0,5 \cdot \sqrt{f'cg}$

$$= 3,54 \text{ MPa}$$

Tekan  $\sigma_{cserv} = -0,45 \cdot f'cg$

$$= -22,5 \text{ MPa}$$

Tegangan izin beton kondisi layan di pelat

Tarik  $\sigma_{tserv\_s} = 0,5 \cdot \sqrt{f'cd}$

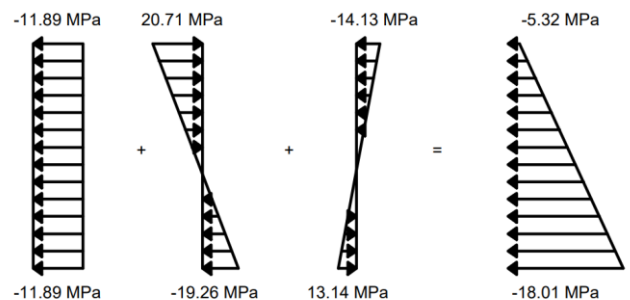
$$= 2,96 \text{ MPa}$$

Tekan  $\sigma_{cserv\_s} = -0,45 \cdot f'cd$

$$= -15,75 \text{ MPa}$$

**Tabel 5.** Tegangan Penampang pada Saat Transfer

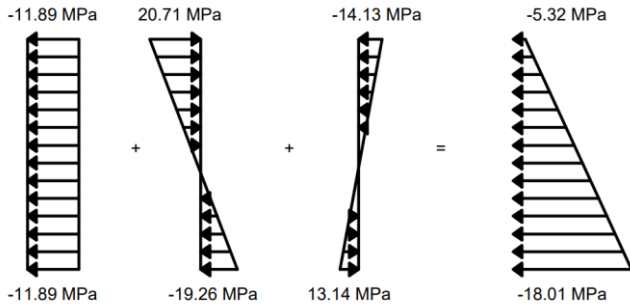
Kondisi	Lokasi	Ptransfer/Ag	Ptransfer/emid/S	MS/S	MA/S	MLL/S	Totall
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
Transfer	Sisi atas girder	-11.89	20.71	-14.13	-	-	-5.32
	Sisi bawah girder	-11.89	-19.26	13.14	-	-	18.01



**Gambar 7.** Diagram Tegangan pada Penampang Saat Transfer

**Tabel 6. Tegangan Penampang pada Saat Konstruksi**

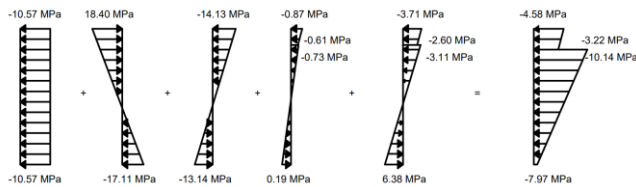
Kondisi	Lokasi	Ptransfer/Ag	Ptransfer emid/S	MS/S	MA/S	MLL/S	Total
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
Konstruksi	Sisi atas girder	-11.89	20.71	14.13	-	-	-5.32
	Sisi bawah girder	-11.89	-19.26	13.14	-	-	18.01



**Gambar 8. Diagram Tegangan pada Penampang Saat Konstruksi**

**Tabel 7. Tegangan Penampang pada Saat Layan**

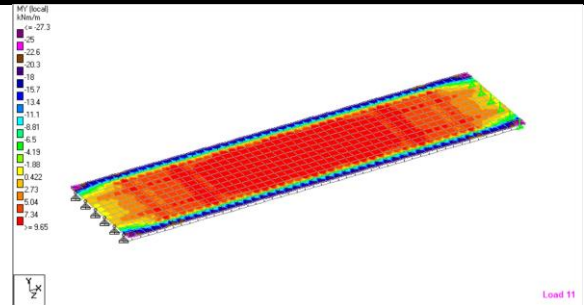
Kondisi	Lokasi	Peff/Ag	Peff emid/S	MS/S	MA/S	MLL/S	Total
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
Layan	Sisi atas girder	-10.57	18.40	14.13	-0.73	-3.11	-10.14
	Sisi bawah girder	-10.57	-17.11	13.14	0.19	6.38	-7.97
	Sisi atas pelat				-0.87	-3.71	-4.58
	Sisi bawah pelat				-0.61	-2.60	-3.22



**Gambar 9. Diagram Tegangan pada Penampang Saat Layan**

**b. Plat Lantai Kendaraan Tumpuan**

- Mutu rencana pelat kendaraan  $f'c = 30$  MPa
- Mutu rencana baja tulangan  $f_y = 420$  MPa
- Panjang jembatan  $L = 50000$  mm
- Jarak antar girder  $S_g = 2100$  mm
- Tinggi girder  $H_g = 2100$  mm
- Tebal pelat  $T_s = 250$  mm
- Selimut beton  $d' = 30$  mm
- Tebal efektif pelat  $d = T_s - d' = 220$  mm
- Lebar pelat  $b = 1000$  mm
- Momen ultimit pelat  $M_u = 27300000$  kNm (Berdasarkan analisis *Staad Pro*)



**Gambar 10. Kontur Momen pada Tumpuan Plat Kendaraan**

$\Phi = 0,8$

$\beta_1 = 0,85$

Faktor tahanan momen,  $R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{27300000}{0,8 \cdot 1000 \cdot 220^2} = 0,7050620$

Rasio tulangan :

$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$

$\rho_{maks} = 0,75 \cdot (0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f'c}{f_y} \cdot (\frac{600}{600+f_y})) = 0,75 \cdot (0,85 \cdot 0,85 \cdot \frac{30}{420} \cdot (\frac{600}{600+420})) = 0,0228$

$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{420}{0,85 \cdot 30} = 16,471$

$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} (1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}}) = \frac{1}{16,471} (1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,471 \cdot 0,7050620}{420}}) = 0,0017026$

Karena  $\rho_{min} > \rho \text{ perlu}$ , maka :

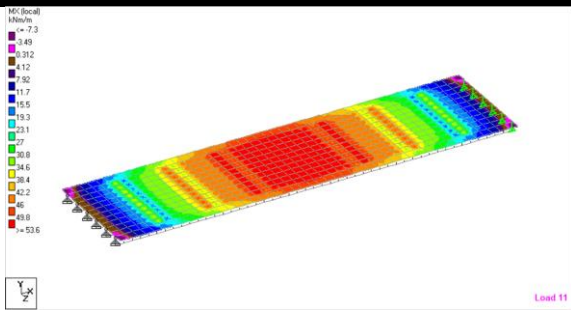
$\rho \text{ pakai} = 0,0033$

Luas tulangan,  $A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0033 \cdot 1000 \cdot 220 = 733,333 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan D16-200 ( $A_s = 1005 \text{ mm}^2$ )

**Lapangan**

- Mutu rencana pelat kendaraan  $f'c = 30$  MPa
- Mutu rencana baja tulangan  $f_y = 420$  MPa
- Panjang jembatan  $L = 50000$  mm
- Jarak antar girder  $S_g = 2100$  mm
- Tinggi girder  $H_g = 2100$  mm
- Tebal pelat  $T_s = 250$  mm
- Selimut beton  $d' = 30$  mm
- Tebal efektif pelat  $d = T_s - d' = 220$  mm
- Lebar pelat  $b = 1000$  mm
- Momen ultimit pelat  $M_u = 53600000$  kNm (Berdasarkan analisis *Staad Pro*)



**Gambar 11.** Kontur Momen pada Lapangan Plat Kendaraan

$$\Phi = 0,8$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor tahanan momen, } R_n &= \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{53600000}{0,8 \cdot 1000 \cdot 220^2} \\ &= 0,88595041 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Rasio tulangan :

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{420} \\ &= 0,0033 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot (0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f_c}{f_y} \cdot (\frac{600}{600+f_y})) \\ &= 0,75 \cdot (0,85 \cdot 0,85 \cdot \frac{30}{420} \cdot (\frac{600}{600+420})) \\ &= 0,0228 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \\ &= \frac{420}{0,85 \cdot 30} \\ &= 16,471 \end{aligned}$$

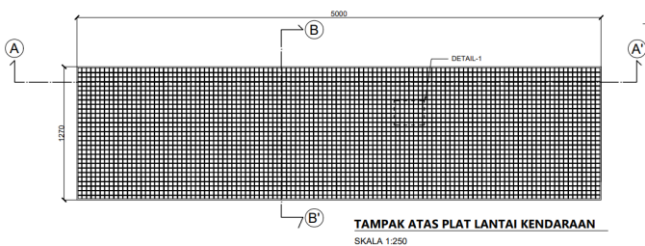
$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,471} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,471 \cdot 0,88595041}{420}} \right) \\ &= 0,0021474 \end{aligned}$$

Karena  $\rho_{\min} > \rho \text{ perlu}$ , maka :

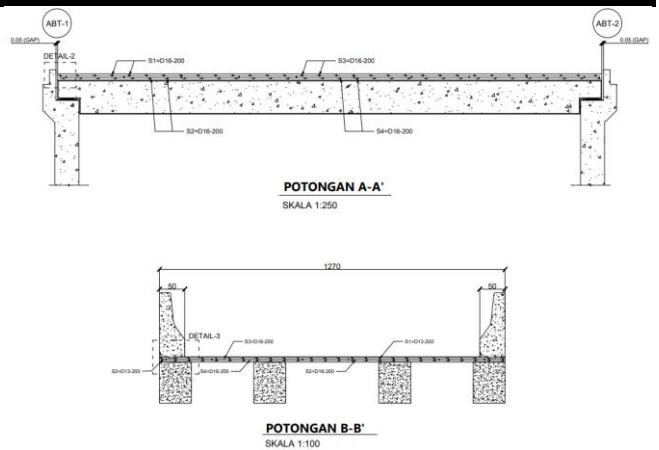
$$\rho \text{ pakai} = 0,0033$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan, } A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0033 \cdot 1000 \cdot 220 \\ &= 733,333 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16-200 ( $A_s = 1005 \text{ mm}^2$ )



**Gambar 12.** Tampak Atas Plat Lantai Kendaraan



**Gambar 13.** Potongan A-A dan Potongan B-B

**c. Rencana Anggaran Biaya (RAB)**

**Tabel 8.** Rencana Anggaran Biaya (RAB)

NO	ITEM PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	BAHAN	
				HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH (Rp)
<b>STRUKTUR BETON</b>					
1	Gelagar PCI bentang nominal 50m H=2,1m	6	Unit	479,253,992.00	2,875,523,952.00
2	Beton B-1-2 (Diafragma dari Gelagar beton pratekan U/I)	32.3	m3	1,555,400.00	50,239,420.00
3	Beton Kelas B-1-1a (Lantai Beton bertulang dari gelagar beton pratekan U/I)	146.25	m3	1,555,400.00	227,477,250.00
4	Beton Kelas C-1 (Abutment, Telapak Pier, Plat Injak, Box, Wingwall)	2.2168	m3	1,220,000.00	2,704,496.00
5	Batang Baja Tulangan Sirip BJT S 420A	74054.14	kg	15,800.00	1,170,055,412.00
6	Concrete Barrier	19.19	m3	1,418,200.00	27,211,712.50
<b>TOTAL RENCANA ANGGARAN BIAYA STRUKTUR</b>					<b>4,326,000,530.00</b>

**4. KESIMPULAN**

Dari hasil perhitungan yang sudah dilakukan dan data yang ada, dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Berdasarkan perhitungan dan analisa menggunakan aplikasi *Staad Pro V8i*, didapatkan hasil analisa pembebanan pada Jembatan Prategang Puluhan yaitu untuk beban sendiri (*selfweight*) 5376,672 kNm, beban mati tambahan 1085,758 kNm, dan beban hidup 4600,92 kNm.
- Berdasarkan perhitungan yang sudah dilakukan, didapatkan dimensi dari *girder* atau gelagar PCI yaitu

tinggi 2,1 meter dan lebar 0,8 meter, jenis *strand* yang digunakan yaitu *seven wire strand, low relaxation*, jumlah tendon yang terpasang yaitu 4 dengan masing masing tendon terdapat 19 *strand*, hasil lendutan izin yaitu 62,5 mm dan lendutan ultimit yaitu 57,708 mm. Plat kendaraan dengan tebal 0,25 meter, menggunakan tulangan pada tumpuan dan lapangan yaitu D16-200. Plat injak dengan tebal 0,25 meter, menggunakan

3. Berdasarkan hasil analisa perhitungan, maka dihasilkan *Detail Engineering Design* (DED) berupa denah, tampak, potongan, dan detail dari Jembatan Prategang Puluhan, *PCI Girder*, plat injak, plat kendaraan, diafragma, dan *barrier*.
4. Berdasarkan perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) yang sudah dilakukan, struktur atas Jembatan Prategang Puluhan membutuhkan biaya sebesar Rp. 4.326.000.530,00.

tulangan arah melintang dan arah memanjang yaitu D16-150. Diafragma yang digunakan yaitu berdimensi 0,5 meter x 1,52 meter dengan tulangan utama 8D22 dan tulangan sengkang D13-200. *Barrier* yang digunakan dengan tinggi 1,2 meter dan lebar 0,5 meter, menggunakan tulangan D16-100.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standarisasi Nasional. (2016). Pembebanan untuk Jembatan. SNI 1725:2016. Jakarta.
- [2] Direktorat Jendral Bina Marga. (2021). Panduan Bidang Jalan dan Jembatan No. 02/M/BM/2021 tentang Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan. *Pupr*.
- [3] Murray, C. D., Diaz Arancibia, M., Okumus, P., & Floyd, R. W. (2019). Destructive testing and computer modeling of a scale prestressed concrete I-girder bridge. *Engineering Structures*, 183(July 2018), 195–205. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.01.018>
- [4] Putra, Oscar W.D.. (2016). Studi Perbandingan Perencanaan Ulang Struktur Atas Jembatan Jurang Gempal Menggunakan Prestressed Concrete Box Girder dan Prestressed Concrete I Girder . Tugas Akhir . Universitas Islam Indonesia . Yogyakarta.