



Seminar Nasional Keinsinyuran (SNIP)

Alamat Prosiding: snip.eng.unila.ac.id



Analisis Struktur Box Girder dan Pier Fly Over Jalan Z.A. Pagar Alam – Jalan Tengku Umar

YM Agustiawan^{a,*}

^aProgram Magister Teknik Pasca Sarjana UBL, Jl. Zainal Abidin Pagar Alam No. 89, Bandar Lampung 35142

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Riwayat artikel:

Diterima 30 Agustus 2021

Direvisi 18 November 2021

Diterbitkan 24 Desember 2021

Kata kunci:

Box Girder

Fly over

Jalan Z.A. Pagar Alam dan Jalan Tengku Umar Bandar Lampung merupakan salah satu ruas jalan yang memiliki persimpangan tiga dengan Jalan Sultan Agung yang memiliki arus lalu lintas yang padat. Pada ruas jalan ini terdapat Mall Bumi Kedaton yang tingkat aktivitas kegiatannya sangat berpengaruh pada kelancaran transportasi persimpangan jalan tersebut. Dalam jam sibuk atau *rush hour* volume antrian kendaraan dari Jalan Tengku Umar menuju ke Jalan Sultan Agung sangat padat, bertemu dengan arus kendaraan dari Jalan Z.A. Pagar Alam menuju ke Jalan Tengku Umar atau disebut dengan titik konflik sehingga menyebabkan kemacetan. Kondisi ini mendorong pemerintah Kota Bandar Lampung hendak mengurangi kemacetan pada ruas jalan tersebut, yaitu dengan membangun *over pass* atau *fly over* pada jalan Z.A. Pagar Alam dan Jalan Tengku Umar menggunakan teknologi beton prategang. Studi ini menyajikan perencanaan *fly over* menggunakan profil *box girder* dengan bentang sepanjang 45 m.

1. Pendahuluan

Banyak hal yang harus dipertimbangkan dalam merencanakan sebuah konstruksi. Segala sesuatunya harus dipertimbangkan dari segi ekonomis, efisien, dan daya tahan dari suatu material yang digunakan dalam sebuah konstruksi. Perkembangan teknologi di dunia konstruksi membawa dampak positif, seperti misalnya perkembangan dalam pemilihan material dan profil dari suatu gelagar jembatan.

Jembatan merupakan suatu struktur konstruksi yang memungkinkan rute transportasi melalui sungai, danau, kali, jalan raya, jalan kereta api dan lain-lain (Pokay, 2020). Jembatan adalah suatu struktur konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan-rintangan seperti lembah, alur sungai, atau bahkan menghubungkan antar pulau (Sarwidi, 2016).

Dengan seiring perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, jembatan mulai berkembang dari yang dahulu hanya dibuat dengan kayu sekarang berubah menggunakan material beton ataupun baja. Kemudian seiring berkembangnya teknologi tentang beton, mulailah orang membuat jembatan dengan teknologi beton prategang (Manurung, 2015).

Beton dewasa ini sudah banyak digunakan di dunia konstruksi. Selain perawatan yang mudah, beton juga dapat menahan beban yang cukup besar bila dibanding dengan material lainnya. Beton prategang (pratekan), adalah beton yang terlebih dahulu diberi penekanan atau *stressing* sebelum diberikan beban luar (Rizki, 2017). Teknologi beton pratekan ini ternyata cukup efektif untuk memikul beban yang lebih besar dibandingkan struktur beton konvensional.

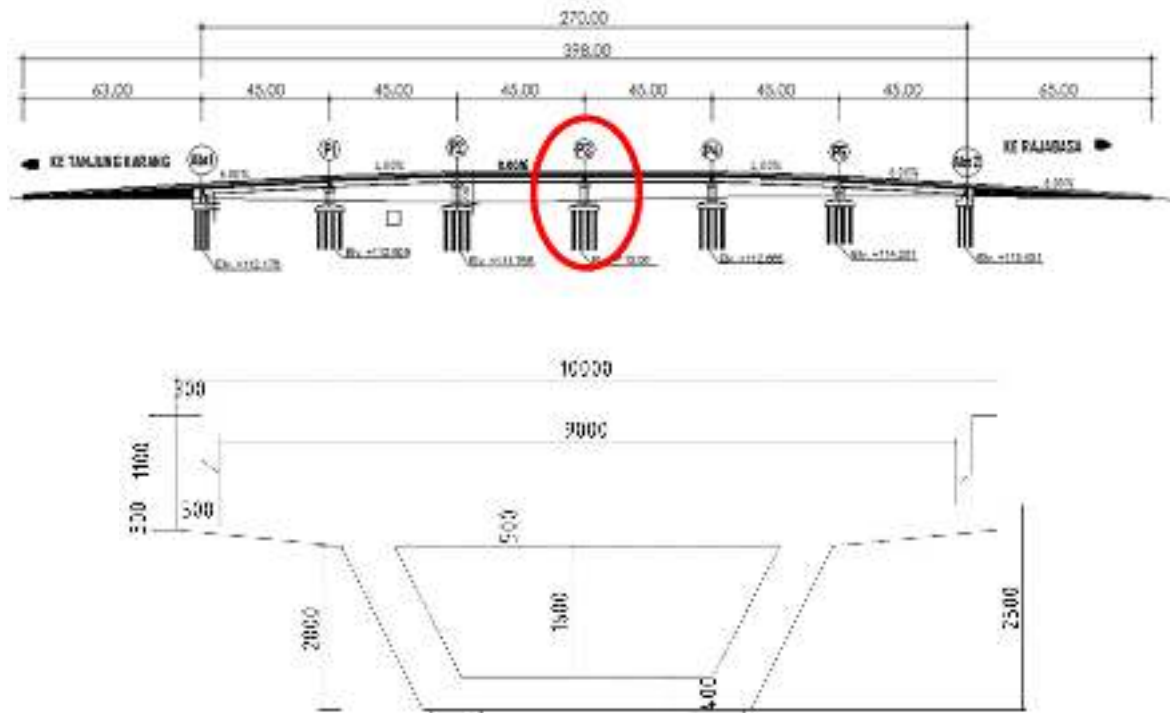
Artikel ini menyajikan perencanaan jembatan dengan menggunakan struktur *box girder prestressed segmental*. Pemilihan digunakannya profil *box girder* ini karena profil ini mempunyai beberapa kelebihan antara lain: *box girder* lebih ekonomis untuk bentang yang panjang dan besar, bagian interiornya dapat digunakan untuk penggunaan lain seperti jalur pipa gas atau pipa air. Selain itu, *box girder* memiliki nilai estetika yang dapat menambah keindahan struktur itu sendiri.

Profil *box girder* juga terdapat beberapa jenisnya. Bentuk *box girder* yang akan dibahas di dalam studi ini adalah profil *box girder* dengan tipe *single trapezoidal box girder*.

Struktur *fly over* Jalan Z.A. Pagar Alam dan Jalan Tengku Umar mempunyai panjang total 270 m dengan 5 (lima) buah

*Penulis korespondensi.

E-mail: yoga_yma@yahoo.co.id



Gambar 1. Profil memanjang jembatan dan penampang profil single trapeziodal box girder

pier di tengah bentang dengan panjang masing-masing 45m. Lebar profil box adalah 10 m dan tinggi 2,5 m. Profil memanjang struktur jembatan dapat digambarkan secara sederhana seperti diperlihatkan dalam Gambar 1.

Permasalahan yang akan ditinjau antara lain :

1. Menganalisis pembebanan terhadap struktur jembatan,
2. Merencanakan pendimensian profil box girder prestress,
3. Bagaimana menganalisis kehilangan gaya prategang yang terjadi pada balok box girder prestress,
4. Mengontrol desain box girder prestress terhadap momen lentur, gaya geser atau lintang, dan kontrol tegangan profil box girder,
5. Menghitung Pier Head P3 jembatan,
6. Menghitung Pier Kolom P3 jembatan,
7. Menghitung Pile Cape P3 pondasi,
8. Menghitung pondasi Bore Pile2.

2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan di ruas Jalan Z.A. Pagar Alam dan Jalan Tengku Umar. Tahapan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Persiapan (pengumpulan referensi dan identifikasi masalah),
2. Pengumpulan data,
3. Analisis data (Rohmalia, 2021),
4. Perhitungan dan desain struktur *fly over*,
5. Evaluasi, dan
6. Pembuatan Laporan.

2.1 Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam studi ini berupa data (Despa, 2021) data pendukung analisis perencanaan di lapangan (Martinus, 2020) . Selanjutnya, hasil desain dibandingkan dengan kondisi di lapangan. Data-data yang diperlukan meliputi:

- a. Data Bor Log

- b. Data pembebanan jembatan
- c. Data geometrik jalan dari Jalan Z.A. Pagar Alam dan Jalan Tengku Umar.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kriteria desain jembatan

Konstruksi jembatan yang direncanakan adalah konstruksi jembatan dengan menggunakan profil *Single Trapezoidal Box Girder Prestressed* dengan panjang total 270 m, terdiri dari dua bentang dengan panjang masing-masing 45 m dengan menggunakan struktur beton pratekan tipe *box girder* tidak menerus (*discontinuous*), lebar total 10 m, lebar pekerasan jalan 9 m, jumlah lajur 2 buah dan lebar lajur 4,5 m.

3.2 Data material

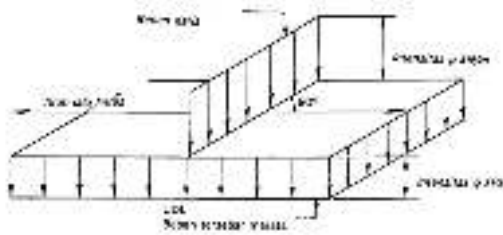
Berikut adalah mutu beton dan baja yang akan digunakan dalam perencanaan jembatan ini:

1. Beton
 - Kuat tekan beton prategang ($f'c$) = 49,8 MPa
 - Kuat tekan beton untuk struktur sekunder ($f'c$) = 30 MPa
2. Baja
 - Mutu baja prategang digunakan kabel jenis *strand seven wires stress relieved* (7 untaian) VSL, $A_{strand} = 140 \text{ mm}^2$
 - Mutu baja yang digunakan untuk pelat lantai adalah baja mutu (f_y) = 400 MPa
 - Mutu baja yang digunakan untuk penulangan struktur sekunder adalah baja mutu (f_y) = 240 MPa

3.3 Pembebanan jembatan

- a. Beban lajur "D"

Beban lajur “D” terdiri dari beban tersebar merata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT) seperti disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Gambar Beban Lajur “D”

(Sumber: Standar Pembebanan Untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

b. Beban Terbagi Rata (BTR)

Mempunyai intensitas q kPa, dimana besarnya q tergantung pada panjang total yang dibebani L seperti berikut:

$$L \leq 30 \text{ m: } q = 9,0 \text{ kPa}$$

$$L \geq 30 \text{ m: } q = 9,0 \text{ kPa}$$

Dengan pengertian q adalah intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan, sedangkan L adalah panjang total jembatan yang dibebani (meter).

c. Beban Garis (BGT)

Dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap lalu lintas jembatan. Besar intensitas p = 49 kN/m. Untuk mendapatkan momen lentur negatif maksimum jembatan menerus, BGT kedua indentik harus ditempatkan pada posisi dalam dengan arah melintang jembatan pada bentang lainnya.

Beban “D” harus disusun pada arah melintang sedemikian rupa sehingga menimbulkan momen maksimum. Penyusunan komponen BTR dan BGT dari beban “D” pada arah melintang harus sama.

d. Kombinasi pembebanan

Kombinasi pembebanan dalam analisis ini diperlihatkan dalam Tabel 1, 2 dan 3.

3.2 Analisis struktur profil jembatan

Jembatan yang akan direncanakan memiliki bentang 270 m, terdapat 5 bentang, masing-masing dengan panjang 45m. Diasumsikan jembatan menggunakan perletakan sendi rol di tiap-tiap joint. Untuk perhitungan momen lentur, gaya lintang dan reaksi perletakan dapat dihitung dengan analisis struktur sederhana menggunakan software SAP 2000.

Profil box yang direncanakan menggunakan jenis *Single Trapeziodal Box Girder*. Output yang didapat dari perencanaan profil ini antara lain; dimensi profil, jumlah tendon yang digunakan, trase tendon sepanjang bentang, tegangan yang terjadi pada profil, pembesian profil, dan perencanaan tulangan geser dari profil.

Tabel 1. Faktor Pembebanan

Pasal No	Aksi		Lamanya waktu (3)	Faktor Beban pada Keadaan Batas		
	Nama	Simbol (1)		Daya Layan $K_{S,xx}$	Ultimit $K_{U,xx}$	
					Normal	Terkurangi
5.2	Berat Sendiri	P_{MS}	Tetap	1,0	*(3)	*(3)
5.3	Beban Mati Tambahan	P_{MA}	Tetap	1,0/1,3 (3)	2,0/1,4 (3)	0,7/0,8 (3)
5.4	Penyusutan dan Rangkak	P_{SR}	Tetap	1,0	1,0	N/A
5.5	Prategang	P_{PR}	Tetap	1,0	1,0	N/A
5.6	Tekanan Tanah	P_{TA}	Tetap	1,0	*(3)	*(3)
5.7	Beban Pelaksanaan Tetap	P_{PL}	Tetap	1,0	1,25	N/A
6.3	Beban Lajur “D”	T_{TD}	Trans	1,0	1,8	N/A
6.4	Beban Truk “T”	T_{TT}	Trans	1,0	1,8	N/A
6.7	Gaya Rem	T_{TB}	Trans	1,0	1,8	N/A
6.8	Gaya Sentrifugal	T_{TR}	Trans	1,0	1,8	N/A
6.9	Beban Trotoar	T_{TP}	Trans	1,0	1,8	N/A
6.10	Beban-Beban Tumbukan	T_{TC}	Trans	*(3)	*(3)	N/A
7.2	Penurunan	P_{ES}	Tetap	1,0	N/A	N/A

7.3	Temperatur	T_{ET}	Trans	1,0	1,2	0,8
7.4	Aliran/Benda Hanyutan	T_{EF}	Trans	1,0	*(3)	N/A
7.5	Hidro/Daya Apung	T_{EU}	Trans	1,0	1,0	1,0
7.6	Angin	T_{EW}	Trans	1,0	1,2	N/A
7.7	Gempa	T_{EQ}	Trans	N/A	1,0	N/A
8.1	Gesekan	T_{BF}	Trans	1,0	1,3	0,8
8.2	Getaran	T_{VI}	Trans	1,0	N/A	N/A
8.3	Pelaksanaan	T_{CL}	Trans	*(3)	*(3)	*(3)

CATATAN (1) Simbol yang terlihat hanya untuk beban nominal, simbol untuk beban rencana menggunakan tanda bintang, untuk P_{MS} = berat sendiri nominal, P^*_{MS} = Berat sendiri rencana
 CATATAN (2) Trans = transien
 CATATAN (3) Untuk penjelasan lihat pasal yang sesuai
 CATATAN (4) “N/A” menandakan tidak dapat dipakai Dalam hal dimana pengaruh beban transien adalah meningkatkan keamanan, faktor beban yang cocok adalah nol

Tabel 2. Faktor Pembebanan untuk beban sendiri

Jangka Waktu	Faktor Beban			
	$K_{S,;MS}$	$K_{U,;MS}$		
		Biasa	Terkurangi	
Tetap	Baja, aluminium	1,0	1,1	0,9
	Beton pracetak	1,0	1,2	0,85
	Beton dicor di tempat	1,0	1,3	0,75
	Kayu	1,0	1,4	0,7

Tabel 3. Faktor Pembebanan untuk beban mati tambahan

Jangka Waktu	Faktor Beban			
	$K_{S,;MA}$	$K_{U,;MA}$		
		Biasa	Terkurangi	
Tetap	Keadaan umum	1,0 (1)	2,0	0,7
	Keadaan khusus	1,0	1,4	0,8

CATATAN (1) Faktor beban daya layan 1,3 digunakan untuk berat utilitas

Jumlah strand yang dibutuhkan,

$$ns = \frac{F_o}{Pbs \cdot 0.85}$$

$$= \frac{79,505.99}{221.595}$$

$$= 358.8 \text{ strand}$$

Digunakan jumlah strand sebagai berikut,
 $nt1 = 6$ tendon masing-masing 31 strand/tendon

nt2 = 6 tendon masing-masing 31 strand/tendon
 Jumlah strand per tendon ns1=186 strand
 Jumlah tendon nt = nt1 + nt2=12 tendon
 Jumlah strand ns=ns1+ns2=372 strand

Beban satu strand

$$P_{bs1} = \frac{f_o}{n_s} = \frac{79506}{372} = 213.73 \text{ kN}$$

Persentase tegangan yang timbul pada baja (% jacking force)

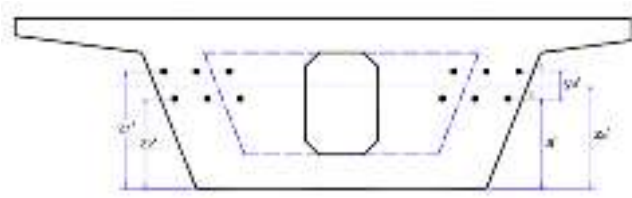
$$P_o = \frac{f_o}{n_t \times P_b} = \frac{79506}{12 \times 96980} = 82\% < 85\% \text{ Oke}$$

Gaya prestress yang terjadi akibat jacking,

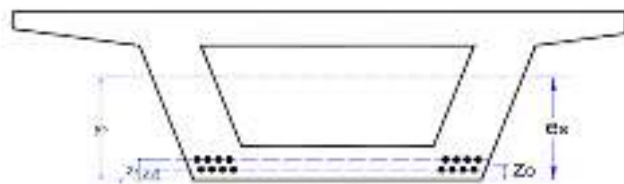
$$P_j = p_o \times n_s \times P_{bs1}$$

$$P_j = 82\% \times 372 \times 213.73 = 65,180.21 \text{ kN}$$

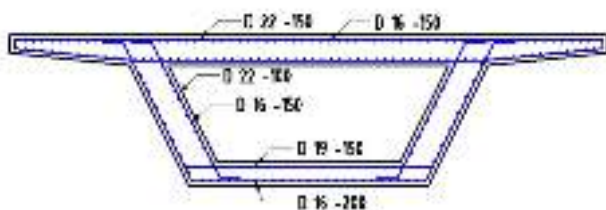
Posisi tendong di tumpuan dan di tengah bentang disajikan dalam Gambar 3 dan 4, secara berurutan. Sedangkan untuk detail penulangan girder disajikan dalam Gambar 5.



Gambar 3. Posisi Tendon di tumpuan



Gambar 4. Posisi Tendon tengah bentang



Gambar 5. Penulangan box girder

3.3 Analisis struktur bangunan bawah

Perhitungan balok pier

Momen ultimate rencana, $M_u = 3187.24 \text{ kNm}$
 Mutu beton : $K - 300 \quad 'c = 24.90 \text{ Mpa}$
 Mutu baja : $U - 39 \quad 'y = 390.00 \text{ Mpa}$
 Tinggi balok pier, $h = 1786.00 \text{ mm}$
 Jarak tulangan terhadap sisi luar beton, $d' = 250.00 \text{ mm}$
 Modulus elastis baja, $E_s = 200000.00$
 Faktor bentuk distribusi tegangan beton, $\beta_1 = 0.85$
 $\rho_b = \beta_1 * 0.85 * f_c' / f_y * 600 / (600 + f_y) = 0.027957$
 $R_{max} = 0.75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0.75 * \rho_b * f_y / (0.85 * f_c')] = 6.60$
 Faktor reduksi kekuatan lentur, $\Phi = 0.80$
 Momen rencana ultimit, $M_u = 3984.05 \text{ kNm}$
 Tebal efektif slab beton, $d = h - d' = 1536.00 \text{ mm}$
 Lebar balok pier $b = 3400.00 \text{ mm}$
 Momen nominal rencana, $M_n = M_u / \Phi = 3984.05 \text{ kNm}$
 Faktor tahanan momen $R_n = M_n * 10^6 / (b * d^2) = 0.50$
 $R_n < R_{max} \text{ (OK)}$

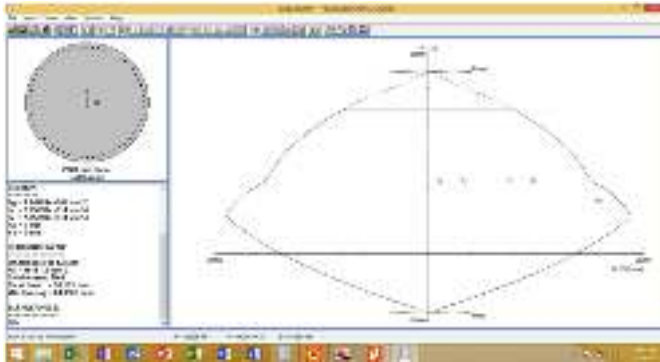
Rasio tulangan yang diperlukan,
 $\rho = 0.85 * f_c' / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0.85 * f_c')}] = 0.001289$
 Rasio tulangan minimum, $\rho_{min} = 1.4 / f_y = 0.003590$
 Rasio tulangan yang digunakan, $\rho = 0.003590$
 Luas tulangan yang diperlukan, $A_s = \rho * b * d = 18747.08 \text{ mm}^2$
 Luas tulangan minimum
 $A_{smin} = M_u / [\phi * f_y * (d - c/2)] = 6650.73 \text{ mm}^2$
 Luas tulangan yang digunakan, $A_s = 18747.08 \text{ mm}^2$
 Diameter tulangan yang digunakan, $D = 25 \text{ mm}$
 Jumlah tulangan yang diperlukan, $n = A_s / (\pi / 4 * D^2) = 38.2 \text{ bh}$
 Digunakan tulangan, **40 - D 25**
 $A_s = \pi / 4 * D^2 * n = 19635 \text{ mm}^2$

Untuk menjamin daktilitas struktur,
 maka rasio tulangan tekan diambil, $\rho' = 0.5 * \rho = 0.001795$
 Luas tulangan tekan yang diperlukan, $A_s' = \rho' * b * d = 9373.5 \text{ mm}^2$
 Diameter tulangan yang digunakan, $D = 25 \text{ mm}$
 Jumlah tulangan yang diperlukan, $n = A_s' / (\pi / 4 * D^2) = 19.1 \text{ bh}$
 Digunakan tulangan, **20 D 25**
 $A_s = \pi / 4 * D^2 * n = 9864 \text{ mm}^2$
 Gaya geser ultimit, $V_u = 10624.1 \text{ kN}$
 Faktor reduksi kekuatan geser, $\Phi = 0.8$
 $V_c = 1/6 * (\sqrt{f_c}) * b * d * 10^{-3} = 4678.12 \text{ kN}$
 Gaya geser yang ditahan oleh beton, $\Phi V_c = 3742.49 \text{ kN}$
 $\Phi V_c = 3742.49 \text{ kN}$
 $V_u > \Phi V_c$

Perlu Tulangan Geser
 $\Phi V_s = V_u - \Phi V_c = 6881.6440 \text{ kN}$
 Gaya geser yang ditahan oleh tulangan geser, $V_s = 8602.0550 \text{ kN}$
 Diameter tul. Yang digunakan **D 16** $n = 11$
 Luas tulangan geser, $A_v = n * \pi / 4 * D^2 = 2211.6812 \text{ mm}^2$
 Jarak tulangan geser yang diperlukan :
 $S = A_v * f_y * d / (V_s * 10^3) = 154.0 \text{ mm}$
 Digunakan tulangan sengkang, **11 D 16 -150**

Perhitungan kolom pier

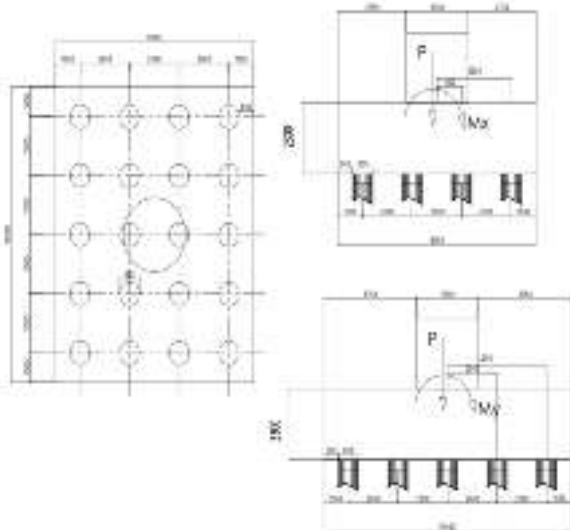
Perhitungan kekuatan kolom pier dilakukan dengan membuat Diagram Interaksi kolom seperti terlihat pada Gambar 6.



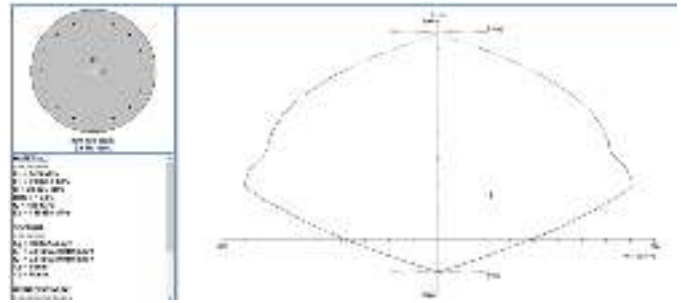
Gambar 6. Diagram interaksi kolom pier

Perhitungan Pile Cape dan bor pile

BAHAN / MATERIAL FONDASI			DATA TANAH BR III		
Mutu beton, K -	300		Berat volume tanah,		
Kuat tekan beton, f_c' =	24.9	MPa	ws =	17.18	kN/m ³
Mutu baja tulangan, U -	39		Sudut gesek dalam,		
Tegangan leleh baja, f_y =	390	MPa	ϕ =	33	°
Modulus elastis beton, E_c =	23453	MPa	Koheksi tanah,		
Berat beton bertulang, w_c =	25	kN/m ³	C =	0.900	kPa
DIMENSI PILE CAP					
Lebar arah x, B_x =	8	m	Tebal, h_p =	2.3	m
Lebar arah y, B_y =	10	m	Tebal, h_t =		m
Diameter column, h_x	2.5	m	Panjang, L_x =	3.00	m
DIMENSI TIANG BOR (BORE PILE)					
Diameter, D =	0.80	m	Panjang, L =	13	m
Jarak pusat tiang bor terluar terhadap sisi luar Pile-cap	a_y =	1	m		
Jarak pusat tiang bor terluar terhadap sisi luar Pile-cap	a_x =	1	m		



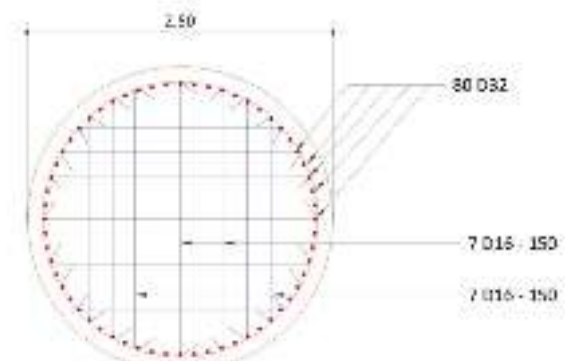
Gambar 7. Denah Pile Cap dan Bore Pile



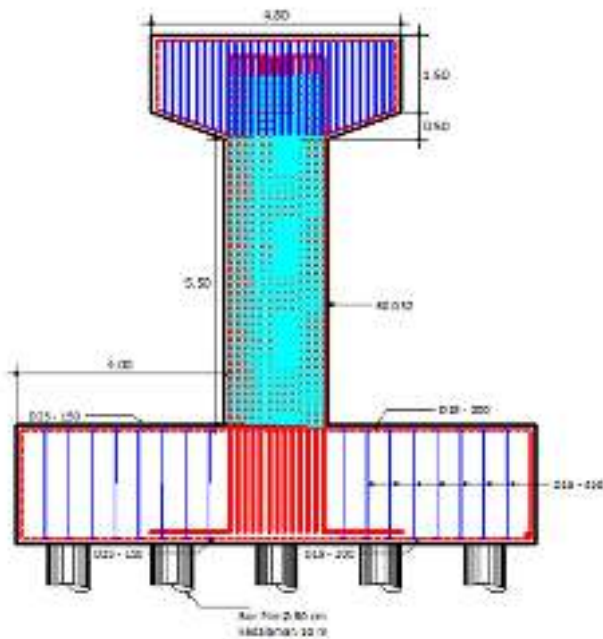
Gambar 8. Diagram Interaksi Pondasi Bore Pile

Perhitungan Pile Cap

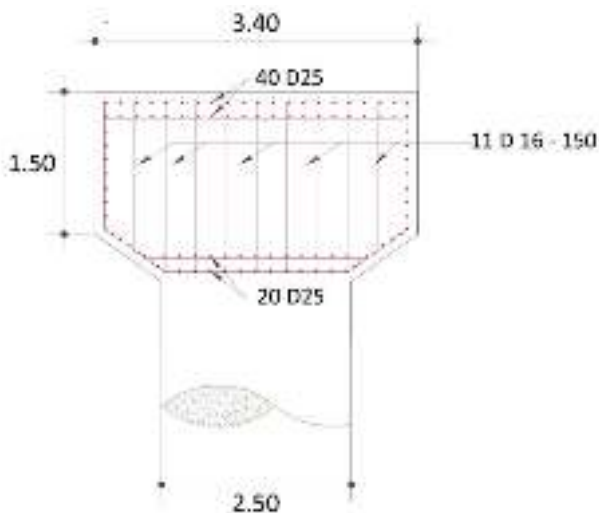
Momen ultimate rencana, $M_u = 1347.62$ kNm
 Mutu beton : K - 300 $f_c = 24.90$ Mpa
 Mutu baja : U - 39 $f_y = 390.00$ Mpa
 Tinggi balok pier, $h = 2300.00$ mm
 Jarak tulangan terhadap sisi luar beton, $d' = 100.00$ mm
 Modulus elastis baja, $E_s = 200000.00$
 Faktor bentuk distribusi tegangan beton, $\beta_1 = 0.85$
 $\rho_b = \beta_1 * 0.85 * f_c' / f_y * 600 / (600 + f_y) = 0.027957$
 $R_{max} = 0.75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0.75 * \rho_b * f_y / (0.85 * f_c')] = 6.60$
 Faktor reduksi kekuatan lentur, $\phi = 0.80$
 Momen rencana ultimate, $M_u = 1684.53$ kNm
 Tebal efektif slab beton, $d = h - d' = 2200.00$ mm
 Lebar balok pier $b = 1000.00$ mm
 Momen nominal rencana, $M_n = M_u / \phi = 1684.53$ kNm
 Faktor tahanan momen, $R_n = M_n * 10^6 / (b * d^2) = 0.35$
 $R_n < R_{max}$ (OK)
 $\rho = 0.85 * f_c' / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0.85 * f_c')}] = 0.000900$
 Rasio tulangan minimum, $\rho_{min} = 50\% / f_y = 0.001282$
 Rasio tulangan yang digunakan, $\rho = 0.001282$
 Luas tulangan yang diperlukan, $A_s = \rho * b * d = 2820.51$ mm²
 Luas tulangan yang digunakan, $A_s = 2820.51$ mm²
 Diameter tulangan yang digunakan 1 D 25 mm
 Jarak tulangan yang diperlukan $s = n * (\pi / 4 * D^2) * b / A_s = 174.0$ mm
 Digunakan tulangan, **D 25 - 150**
 $A_s = \pi / 4 * D^2 * b / s = 2821$ mm²



Gambar 9. Detail Penulangan Kolom Pier



Gambar 10. Detail Penulangan Pilar Pier



Gambar 11. Detail Penulangan Pier Head

4. Kesimpulan dan saran

Berdasarkan hasil analisis perencanaan jembatan dengan menggunakan profil box girder prestress di atas maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada perencanaan ini, dapat digunakan box girder dengan dimensi konstan yaitu dengan dimensi H (tinggi) = 2,5 m dengan menggunakan kawat untai (*strand cables*) dengan jumlah 372 strands untuk tiap tendon adalah 31 kawat 12 tendon. Pada perencanaan ini terjadi kehilangan tegangan sebesar 22,3 %.
2. Dari hasil kontrol ijin tegangan terhadap tegangan ijin profil didapatkan hasil untuk kombinasi 3 tegangan serat atas sebesar $f_a = -6610,99$ kPa dan serat bawah $f_b = -6831,28$ kPa, kondisi ini menunjukkan bahwa tegan serat bawah profil memiliki nilai cukup besar dimana idealnya tegangan serat bawah direncanakan memiliki nilai sebesar > 0 kPa. Oleh sebab itu jumlah strands bisa dikurangi dari total 372 buah, untuk mengurangi besarnya tegangan negatif di serat bawah.

Daftar Pustaka

- Despa, D., Nama, G. F., Septiana, T., & Saputra, M. B. (2021). Audit Energi Listrik Berbasis Hasil Pengukuran Dan Monitoring Besaran Listrik Pada Gedung A Fakultas Teknik Unila. *Electrician*, 15(1), 33-38.
- Martinus and Suudi, Ahmad and Putra, Rahmat Dendi and Muhammad, Meizano Ardhi (2020) Pengembangan Wahana Ukur Kecepatan Arus Aliran Sungai. *Barometer*, 5 (1). Pp. 220-223. Issn 1979-889x
- Rohmalia, N., Nama, G. F., & Purwasih, N. (2021). Dashboard Monitoring Atmospheric Corrosion Sensor in Material Metal Using Laravel Framework. *Journal of Engineering and Scientific Research*, 3(1), 1-6.
- GJJ Pokay, Dundu “ Metode Pelaksanaan Konstruksi Pekerjaan Bagian Bawah Jembatan Lalow Kabupaten Bolaang Mongondow Provinsi Sulawesi Utara”. 2020.
- Sarwidi “Studi Perbandingan Penggunaan Gelagar Beton Prategang Tipe I dan U Pada Jembatan Bentang Menengah”. 2026.
- Manurung, Jatmiko “ Analisis Perencanaan Jembatan Prategang Dengan Konstruksi Precast Box-Grider Typcal Segmental” 2015.
- Rizki, Nurm “Analisa Perhitungan Struktur Jembatan Handil USU RT 19 Kecamatan Samboja Dengan Konstruksi Box Grider”. 2017.