

DESAIN JEMBATAN MENGGUNAKAN BETON PRATEGANG BENTUK BOX GIRDER TIPE *SINGLE TWIN CELLULAR* BERDASARKAN PEMBEBANAN JEMBATAN SNI 1726 : 2016

Hasbul Wafi¹, Suharyatmo²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email : 13511188@students.uui.ac.id

²Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email : suharyatmo@uui.ac.id

Abstract: *A bridge is a construction that is useful for continuing the path through a lower obstacle. These obstacles are usually other roads (waterways or ordinary traffic). The choice of concrete as a bridge material is due to the properties of the concrete itself and its performance against the load it supports. Concrete compared to other building materials has several advantages, including the relatively low price, including durable materials, wear-resistant, fire-resistant, resistant to damage from environmental conditions, high compressive strength and easy to apply. In this final project, the design of the Grindulu Pacitan bridge will have a length of about 1000 m by using a 60 meter span box girder to save pillars with the regulation of loading SNI 1726: 2016. Because the bridge width is 13.5 meters, it needs additional middle wall on the box girder sehingga the type used is a form of twin cellular type single box girder. Bridge calculations are carried out by means of simple span analysis, and using the help of SAP2000 V.11 application to calculate bridge slabs. Regulations used in planning are Standard Regulations for Bridge Load (SNI 1725: 2016), Concrete Structure Planning for Bridges (RSNIT-12-2004), Earthquake Planning Standards for Bridges (SNI 2833-2008). Description of planning results using the AutoCAD program. The results of the bridge planning include a girder in the form of Box-Girder with a height of 3 m, a thickness of 0.4 m slab. number of stands 810 with 18 tendons. The lower structure includes the number of abutments 2 with a breast wall size of 1.3 x 14 m and a reinforcement ratio of 1%, the number of pillars of 12 pieces with a size of 3 x 2.25 m with a reinforcement ratio of 1.25%. and pile foundation on 10 pole abutments, while on 12 pillars.*

Keywords: *prestressed concrete, box-girder, pier, abutment*

1. PENDAHULUAN

Untuk mendukung pembangunan serta perekonomian daerah khususnya dan nasional umumnya maka diperlukan sarana dan prasarana transportasi yang baik untuk melancarkan arus lalu lintas dengan aman, nyaman dan efisien baik dari segi waktu maupun biaya. Sehingga diperlukan sarana untuk menunjang hal tersebut.

Jembatan adalah suatu konstruksi yang gunanya untuk meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah. Rintangan ini biasanya jalan lain (jalan air atau jalan lalu lintas biasa).

Mengingat pentingnya aset jembatan ini maka pembuatannya pun harus memenuhi aspek-aspek penting bagi struktur seperti kekuatan, kekokohan, tingkat keawetan yang tinggi, kestabilan dan syarat-syarat struktur yang lain. Pemilihan beton sebagai material jembatan dikarenakan pada sifat yang dimiliki oleh beton itu sendiri dan kinerjanya terhadap beban yang didukungnya.

Sehubungan itu, seiring berjalannya waktu terdapat banyak perubahan pada berbagai jenis pembebanan yang dialami struktur jembatan. Faktor beban dapat dipengaruhi oleh perubahan iklim,

perkembangan penelitian maupun dinamika penduduk pada kondisi terkini sehingga diperlukan standar yang diperbarui untuk mengakomodasi pertumbuhan dan perubahan tersebut. Di Indonesia, peraturan pembebanan jembatan terbaru yang digunakan adalah pembebanan jembatan SNI 1726 : 2016.

Dalam tugas akhir ini penulis akan mendesain jembatan Grindulu dengan menggunakan struktur box girder prestressed bentang 60 m . Pemilihan digunakannya profil box girder karena box girder mempunyai beberapa kelebihan antara lain: Memiliki ketahanan torsi yang lebih baik, Box girder dapat digunakan untuk jembatan dengan bentang dan panjang yang besar sehingga dapat menghemat pilar, bentuk box girder cukup memenuhi nilai estetika pada jembatan sehingga penggunaannya mampu menambah keindahan kota. Sehingga struktur box girder prestressed dapat menjadi alternatif desain pada jembatan Grindulu

2. TINJAUAN PUSTAKA

Terdapat 3 penelitian terdahulu yang digunakan sebagai tinjauan pustaka dalam penelitian ini. Rangkuman penelitian tersebut adalah sebagai berikut.

2.1 Desain Jembatan Beton Prategang Penampang I Girder

Penelitian pernah dilakukan Winda (2008). Dalam tugas akhir ini diambil judul “Desain Jembatan Kali Krasak dengan menggunakan Gelagar Beton Prategang”. Perbedaan yang mendasari penelitian ini adalah tipe profil yang digunakan jenis I girder. Panjang bentang jembatan yang direncanakan 30 m, dan Pembebanan menggunakan metode Bridge Management System (BMS-1992). Hasil desain diperoleh tebal slab 0,2 m, tinggi penampang 1,7 m, jumlah strands 52 dengan jumlah 4 tendon.

2.2 Perencanaan Jembatan Tipe Box Girder Penampang Persegi

Penelitian pernah dilakukan Murdiantoro (2011). Tugas akhir yang berjudul “Perencanaan Ulang Jembatan Kali Krasak Tipe Box Girder Prategang Penampang Persegi”. Perbedaan yang mendasari

penelitian ini adalah tipe profil yang digunakan jenis box girder penampang persegi, panjang bentang yang direncanakan 50 m dengan lebar jembatan 7 m, dan Pembebanan menggunakan metode Bridge Management System (BMS-1992). Hasil desain diperoleh tinggi penampang 2,5 meter dengan jumlah stands 650 dengan 22 tendon. Tebal slab 0,5 m.

2.3 Perencanaan Jembatan Beton Prategang Tipe U Girder

Penelitian pernah dilakukan Putra (2016). Tugas akhir yang berjudul “Perencanaan Ulang Jembatan Jurang Gempal Dengan Beton Prategang jenis Gelagar U”. Perbedaan yang mendasari penelitian ini adalah tipe profil yang digunakan jenis U girder, Perencanaan pembebanan ini menggunakan parameter yang mengacu pada Peraturan RSNI-02-2005, dan desain panjang bentang 40 meter. Hasil perencanaan jembatan meliputi gelagar yang berbentuk U-Girder dengan tinggi 1,85 m dengan lebar jalan 10,7 m, tebal slab jembatan sebesar 0,2 m, jumlah stands 185 dengan 8 tendon. Jumlah pondasi pada pilar dan abutmen sebanyak 10 pile dengan diameter 0,8 m.

3. LANDASAN TEORI

3.1 Beton Prategang

Menurut Nawy (2001), beton adalah material yang kuat dalam kondisi tekan, tetapi lemah terhadap tarik: kuat tariknya bervariasi dari 8% sampai 14% dari kuat tekannya. Karena rendahnya kapasitas tarik tersebut, maka letak lentur terjadi pada taraf pembebanan yang masih rendah. Untuk mengurangi atau mencegah berkembangnya retak tersebut, gaya prategang diberikan dalam arah longitudinal elemen struktural. Gaya ini mencegah berkembangnya retak dengan cara mengeliminasi atau sangat mengurangi tegangan tarik di daerah kritis pada kondisi beban kerja, sehingga dapat meningkatkan kapasitas lentur geser dan torsional penampang tersebut.

3.1.1 Prinsip-Prinsip Dasar Beton Prategang

Menurut Aboe (2006), ada tiga konsep yang dapat dipakai untuk menjelaskan dan

menganalisis sifat-sifat dasar dari beton prategang. Ketiga konsep tersebut adalah untuk mengubah beton menjadi bahan yang elastis, kombinasi baja mutu tinggi, dan untuk mencapai kesetimbangan beban.

3.2 Pembebanan

Peraturan pembebanan yang digunakan dalam desain Jembatan Grindulu adalah Peraturan Standar Pembebanan Untuk Jembatan SNI-1725-2016 dan Standar Perencanaan Gempa Untuk Jembatan SNI 2833-2008

3.3 Perencanaan Struktur Atas

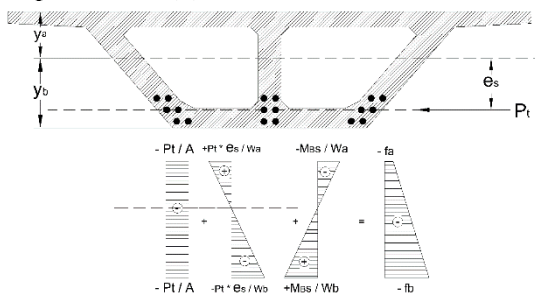
Perencanaan struktur atas menggunakan teori persamaan tegangan dan kehilangan gaya prategang seperti yang dijelaskan pada poin-poin berikut.

3.3.1 Tegangan Pada Box Girder

Tegangan yang terjadi pada balok prategang secara umum terdiri dari 2 kondisi yaitu kondisi awal dan kondisi akhir dengan penjelasan sebagai berikut.

1. Kondisi Awal (Saat Transfer)

Tegangan yang terjadi pada kondisi awal adalah kondisi pada saat penarikan tendon prategang dimana beban yang bekerja adalah baban sendiri balok seperti yang ditampilkan pada Gambar 1 dan persamaan (1).

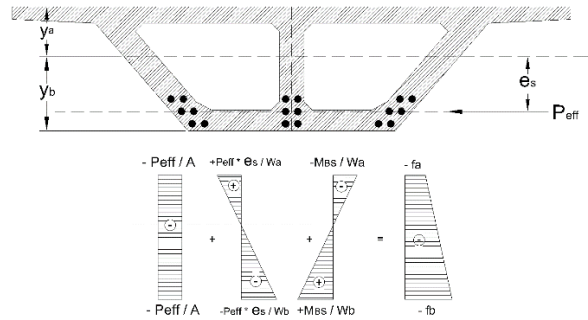


Gambar 1 Diagram tegangan beton pada kondisi awal

$$f = -\frac{P_t}{A} \pm \frac{P_t \times e_s}{S_a} \pm \frac{M_{balok}}{S_a} \quad (1)$$

2. Kondisi Akhir

Tegangan yang terjadi pada kondisi akhir adalah kondisi pada saat semua gaya sudah bekerja seperti yang terlihat pada yang ditampilkan pada Gambar 2 dan persamaan (2).



Gambar 2 Diagram tegangan beton pada kondisi akhir

$$f_t = -\frac{P_e}{A} \pm \frac{P_e \times e_s}{S_a} \pm \frac{M_T}{S_a} \quad (2)$$

3.3.2 Tegangan Ijin

1. Tegangan ijin beton saat transfer untuk struktur lentur tidak boleh melebihi nilai berikut:
 - a. Serat terluar mengalami tegangan tekan (f_{ci}) $\leq 0,60 \cdot f'c$
 - b. Serat terluar mengalami tegangan tarik (f_{ti}) $\leq 0,25 \cdot \sqrt{f'c}$
2. Tegangan ijin beton saat akhir untuk struktur lentur tidak boleh melampaui nilai berikut:
 - a. Serat terluar mengalami tegangan tekan (f_{cs}) $\leq 0,45 \cdot f'c$
 - b. Serat terluar mengalami tegangan tarik (f_{ts}) $\leq 0,50 \cdot \sqrt{f'c}$

3.3.3 Kehilangan Gaya Prategang

Kehilangan gaya prategang dibedakan menjadi 2, yaitu kehilangan gaya prategang jangka pendek dan kehilangan gaya prategang jangka panjang.

1. Kehilangan Gaya Prategang Jangka Pendek

Kehilangan gaya prategang jangka pendek terjadi pada saat proses transfer gaya prategang, dan terjadi pada waktu singkat. Terdapat 3 jenis kehilangan prategang jangka pendek yang dapat dilihat pada poin-poin berikut.

- a. Kehilangan akibat perpendekan elastis beton dihitung dengan persamaan (3).

$$\Delta f_{pES} = \frac{E_s}{E_c} \times f_{cgp} \quad (3)$$

- b. Kehilangan karena kedudukan angker dihitung dengan persamaan (4).

$$\Delta f_{pA} = \frac{\Delta A}{L} E_{ps} \quad (4)$$

- c. Kehilangan akibat friksi / gesekan dihitung dengan persamaan (5).

$$\Delta f_{pF} = \frac{P_0 - (P_0 \cdot e^{-(k \cdot Lx + \phi \cdot \alpha)})}{A_p} \quad (5)$$

2. Kehilangan Gaya Prategang Jangka Panjang

Terdapat 3 jenis kehilangan prategang jangka panjang yang dapat dilihat pada poin-poin berikut.

- a. Kehilangan akibat relaksasi tegangan baja dihitung dengan persamaan (6).

$$\Delta f_{pR} = f_{ps} \cdot \frac{\log t}{45} \cdot \left(\frac{f_{ps}}{f_{py}} - 0.55 \right) \quad (6)$$

- b. Kehilangan akibat rangkai dihitung dengan persamaan (7).

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

- c. Kehilangan yang disebabkan oleh susut dihitung dengan persamaan (8).

$$\Delta f_{pSH} = (\epsilon_{SH})_t \cdot E_s \quad (8)$$

3.3.4 Kekuatan Batas Lentur

Kekuatan batas lentur *PCI-Girder* adalah kapasitas maksimum *PCI-Girder* dalam menahan momen yang terjadi akibat beban. Tegangan tulangan prategang saat M_n dicapai dihitung dengan persamaan (9).

$$f_{ps} = f_{pu} \left[1 - \frac{\gamma_p \cdot \rho_p \cdot f_{pu}}{\beta_1 \cdot f_c'} \right] \quad (9)$$

$$f_{ps} < (f_{eff} + 400000) \text{ atau } (0,8 f_{py}) \quad (10)$$

Momen nominal dihitung dengan persamaan (10).

$$M_n = T_s \cdot (d - a/2) \quad (11)$$

3.3.5 Deflection dan chamber

Untuk lendutan ke atas akibat gaya prategang pada *simple beam* dihitung dengan rumus:

$$\delta_c = \frac{5}{48} \cdot \frac{P_e \cdot e_s \cdot L^4}{(E_c \cdot I_x)} \quad (12)$$

Untuk lendutan dengan beban merata dapat dihitung dengan rumus:

$$\delta_D = \frac{5}{384} \cdot \frac{w \cdot L^4}{(E_c \cdot I_x)} \quad (13)$$

3.4 Perencanaan Struktur Bawah

3.4.1 Perencanaan Pilar dan Pondasi

1. Keamanan terhadap guling

$$SF = \frac{\sum M_p}{\sum M} > 1,5 \quad (13)$$

2. Keamanan terhadap geser

$$SF = \frac{\sum H_p}{\sum T} > 1,5 \quad (14)$$

3.4.2 Perencanaan Tulangan $\Phi M_n - \Phi P_n$

1. Kondisi beban sentris
2. Kondisi balance
3. Kondisi patah desak
4. Kondisi tarik murni
5. Kondisi lentur murni

3.4.3 Perencanaan Pondasi

Pondasi yang digunakan tiang pancang berdasarkan mutu katalog Wika. Untuk menghitung daya dukung tanah digunakan metode meyerhoff

1. Tahanan ujung

$$Q_p = 40 \text{ N-SPT } A_p \quad (15)$$

2. Tahanan selimut

$$Q_s = 0,1 \cdot \text{N-SPT} \cdot L_i \cdot p \quad (16)$$

3. Tahanan ijin

$$Q_{all} = \frac{(Q_p + Q_s)}{SF=3} \quad (17)$$

4. METODE PENELITIAN

Tugas akhir ini menggunakan Jembatan Grindulu sebagai studi kasus. Jembatan tersebut terletak di Desa Sirnobojo, Kecamatan Pacitan, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur. Jembatan tersebut memiliki bentang total 1000 m.

Jembatan tersebut akan di desain menggunakan beton prategang bentuk box girder tipe twin cellular dengan bentang 60 meter. Sistem prategang menggunakan sistem pasca tarik dengan tendon terekat.

Mutu yang digunakan disesuaikan dengan data jembatan tersebut. Untuk beton prategang f_c 48,9 MPa, beton normal dengan mutu 29 MPa, sedangkan Baja prategang yang digunakan adalah ASTM A-16 *grade* 270 dengan tegangan leleh 1675 MPa, tegangan ultimit 1860 MPa, dan diameter *strand* 15,24 mm (tabel Vorspann System Losinger, 2018).

Peraturan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Peraturan Standar Pembebanan Untuk Jembatan SNI-1725-2016, Standar Perencanaan Gempa Untuk Jembatan SNI 2833-2008, dan Peraturan Struktur Beton Jembatan RSNIT-12-2004 (2004),

Hasil desain struktur atas meliputi desain railing, desain pelat lantai, dan box girder, sedangkan struktur bawah meliputi desain pilar, abutmen, dan pondasi

5.2 Perhitungan Box Girder

5.2.1 Dimensi Penampang Box Girder

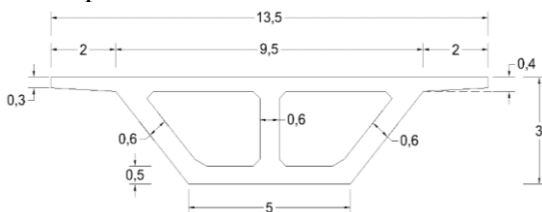
Tinggi gelagar box $> L/25 = 60/25 = 2,4$ m, dipakai $H = 3$ m. karena lebar jalan lebih dari 7,5 m, maka perlu ditambah dinding tengah pada penampang box girder.

Section Properties Box girder yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 *Section properties box girder*

Tinjauan			Sat
Luas penampang balok	A	12,283	m ²
Titik berat balok	Ya	1,2	m
	Yb	1,8	m
Momen inersia	Ix	13,826	m ⁴
Modulus penampang	Sa	11,54	m ³
	Sb	7,689	m ³

Penampang melintang *Box-Girder* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3 Penampang melintang

5.2.2 Pembebanan Balok Prategang

Pembebanan yang digunakan dalam perencanaan balok prategang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Pembebanan balok prategang

No.	Jenis Beban	Kode beban	M (kN/m)	V (kN)
1	Berat sendiri	MS	339,37	-
2	Mati tambahan	MA	23,47	-
3	Lajur "D"	TD	64,125	640
4	Pejalan kaki	TB	7,5	-
5	Gaya rem	EW	-	217,5
6	Angin kendaraan	EUn	3	-
7	Gempa	EQ	108,88	-

5.2.3 Momen dan Gaya Geser Balok Sederhana

Momen dan gaya geser maksimum yang terjadi pada balok sederhana dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Momen maksimum dan gaya geser

No.	Jenis Beban	Kode beban	Q (kN/m)	P (kN)
1	Berat sendiri	MS	152717,4	10181,1
2	Mati tambahan	MA	10606,39	707,09
3	Lajur "D"	TD	38457,19	2243,7
4	Pejalan kaki	TB	3375	225
5	Gaya rem	EW	625,125	21,73
6	Angin kendaraan	EUn	1351,543	90,102
7	Gempa	EQ	48997,15	3266,4

5.2.4 Perhitungan Gaya Prategang

Eksentrisitas tendon yang digunakan dalam desain struktur balok sederhana adalah sebagai berikut.

$$e_s = 1,331 \text{ m}$$

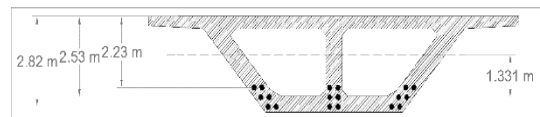
Gaya prategang awal dihitung dengan persamaan (1) dengan hasil perhitungan sebagai berikut.

$$P_t = 135000 \text{ kN}$$

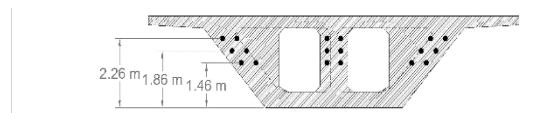
Gaya prategang tersebut menggunakan 18 buah tendon terdiri dari 45 *strand*, sehingga total *strand* yang dipakai adalah 810 buah. Luas penampang 1 *strand* adalah 0,00014 mm², sehingga luas baja prategang adalah sebagai berikut

$$A_{ps} = 810 \cdot 0,00014 = 0,1134 \text{ m}^2$$

Tendon ditempatkan pada *box girder* seperti pada Gambar 9 dan gambar 10.



Gambar 9 Penampang melintang *box-Girder* dengan detail tendon daerah lapangan



Gambar 10 Penampang melintang *box-Girder* dengan detail tendon daerah tumpuan

5.2.5 Kehilangan Gaya Prategang

Kehilangan gaya prategang pada struktur balok sederhana dihitung dengan persamaan (3) sampai (6) dengan hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Kehilangan gaya prategang pada struktur balok sederhana

No	Level Tegangan	Tegangan Baja	Persentase
		(MPa)	(%)
	Jacking force	1234,6	100%
1	Pergeseran angkur	6,433	0,428%
2	Gesekan kabel	183,699	12,24%
3	Perpendekan elastis beton	45,097	3,005%
	<i>f_{ps}</i> =	1010,4	84,324%
4	Rangkak beton	126,024	8,398%
5	Susut beton	4,921	0,328%
6	Relaksasi tendon	28,696	1,912%
	Tegangan Akhir (<i>f_{eff}</i>)	890,85	73,685%
	Kehilangan Tegangan Total	343,7	26,314%

Gaya prategang efektif adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 P_{eff} &= A_{ps} \cdot f_{eff} \\
 &= 890,85 \cdot 113400 \cdot 10^{-3} \\
 &= 116579 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

5.2.6 Tegangan Akibat Kombinasi Pembebanan

Kontrol tegangan dilakukan untuk memastikan beton tidak retak akibat tegangan desak atau tarik yang terjadi pada penampang balok. Tegangan beton dihitung dengan persamaan (2), dengan beban sesuai kombinasi pembebanan yang ada pada SNI-1725-2016.

5.2.7 Kekuatan Batas Lentur

Gaya tarik baja prategang saat M_n dicapai dihitung dengan persamaan (9) dan dengan syarat persamaan 10 diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut.

$$T_s = 152046,7 \text{ kN}$$

Momen nominal *Box-Girder* dihitung dengan persamaan (10), dengan hasil perhitungan sebagai berikut.

$$M_n = 368083,7 \text{ kNm}$$

$$\phi \cdot M_n = 0,8 \cdot 368083,7 = 294467 \text{ kNm}$$

5.2.8 Kontrol Momen Ultimit

Momen ultimit akibat kombinasi pembebanan berdasarkan SNI-1725-2016 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Momen ultimit akibat kombinasi beban

Kombinasi Beban	Balok Sederhana		
	M_u	ϕM_n	Keterangan
Kuat I	289989	294467	AMAN
Kuat II	272996	294467	AMAN
Kuat III	213518	294467	AMAN
Kuat IV	213518	294467	AMAN
Kuat V	214869	294467	AMAN
Ekstrem I	283386	294467	AMAN

5.2.9 Deflection dan Chamber

Berdasarkan persamaan 12 dan persamaan diperoleh hasil sebagai berikut

Tabel 6 Lendutan Pada *Box Girder*

Beban	Lendutan (m)
MS (mati)	0.11487
MA (mati tambahan)	0.00798
PR (prategang)	-0.11722
SH (susut/rangkak)	-0.05321
TD (lajur)	0.02973
TB (rem)	0.00039
TP (pejalan kaki)	0.00254
EWL (angin kendaraan)	0.00102
Eun (temperatur seragam)	0.00017
TG (temperatur gradien)	0.00918
EQ (gempa)	0.03685
Total	0.03230

Total lendutan yang terjadi adalah

$$\delta_T = 0,03 \text{ m (kebawah)}$$

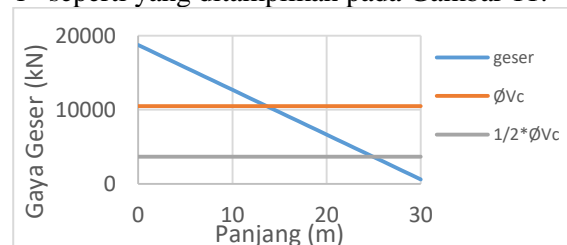
Lendutan maksimum yang diijinkan,

$$\delta = L/240 = 60/240$$

$$= 0,25 \text{ m} > \delta_T = 0,03 \text{ m (aman)}$$

5.2.10 Tulangan Geser

Kombinasi pembebanan yang menghasilkan gaya geser terbesar adalah kombinasi “Kuat 1” seperti yang ditampilkan pada Gambar 11.



Gambar 11 Diagram gaya geser kombinasi “Kuat 1” pada balok sederhana

Tulangan geser yang digunakan dalam desain balok sederhana dapat dilihat pada Tabel 7.

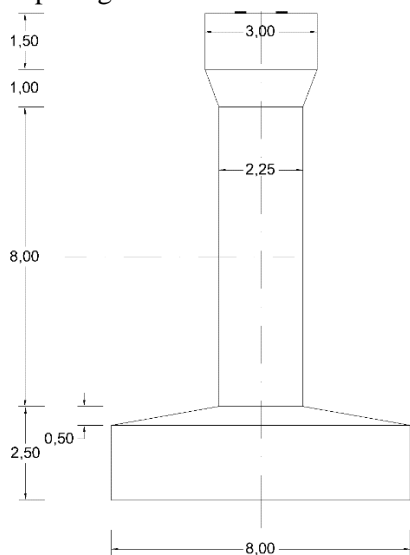
Tabel 7 Tulangan geser desain balok sederhana

No.	Bentang (m)	Tulangan Geser
1	0 - 6	3-D25-150
2	6 - 9	3-D25-200
3	9 - 30	3-D25-600

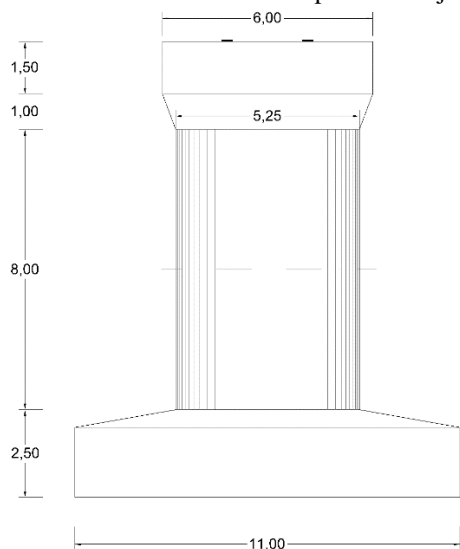
5.3 Perhitungan Pilar

5.3.1 Data Teknis

Berikut ini adalah dimensi pilar yang dapat dilihat pada gambar 12 dan 13



Gambar 12 Pilar Jembatan tampak memanjang



Gambar 13 Pilar Jembatan tampak melintang

5.3.2 Pembebanan Pilar

Pembebanan yang digunakan dalam perencanaan pilar dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Rekapitulasi Pembebanan Pada Pilar

n o	beban	P (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)
1	mati	30244	-	-	-	-
2	mati tambahan	1467,9	-	-	-	-
3	lajur	4487,5	-	-	-	-
4	rem	-	217.37	-	3247,5	-
5	pejalan kaki	450	-	-	-	-
6	angin pada struktur	-	104.73	1101.2	811,7	15718,5
7	angin kendaraan	90.10	-	-	-	-
8	Gesekan perletakan	-	250.23	-	3253,0	-
9	Arus Air, tumbukan kayu	-	129.93	509.3	682,1	3685,6
10	Gempa	-	5391.1	5391.1	65556,5	65556,5

5.3.3 Kombinasi Pembebanan

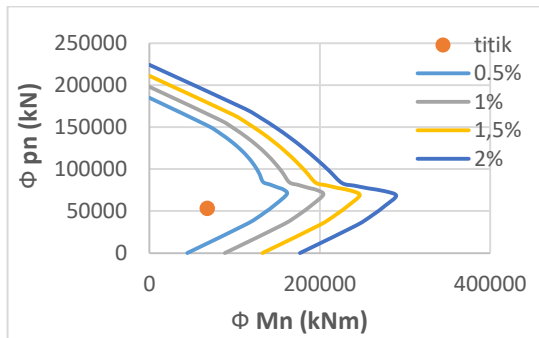
Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2016 diperoleh kombinasi terbesar yaitu kombinasi kuat 1

5.3.4 Stabilitas Pilar

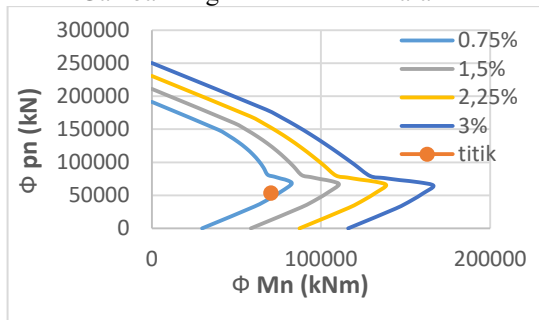
Dari hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan 13 dan 14 diperoleh SF terhadap momen guling sebesar 3,25 dan SF terhadap geser sebesar 8,15 sehingga pilar aman terhadap stabilitas guling dan geser

5.3.5 Perhitungan Kolom Pilar

Pada dasarnya analisa yang dibutuhkan dalam mendisain kolom Pilar ini adalah besarnya gaya dan momen ultimate yang didapat dengan mengalikan beban yang berkerja dengan faktor beban yang sesuai dengan SNI 1726 : 2016 kemudian akan diformulasikan ke dalam grafik $\Phi M_n - \Phi P_n$. Berikut ini adalah grafik $\Phi M_n - \Phi P_n$ yang dapat dilihat pada gambar 14 dan gambar 15



Gambar 14 grafik ΦM_n - ΦP_n arah Y



Gambar 15 grafik ΦM_n - ΦP_n arah X

Untuk arah Y digunakan rasio tulangan sebesar 0,5%, sedangkan arah X rasio tulangan sebesar 0,75%, sehingga total rasio tulangan sebesar 1,25%

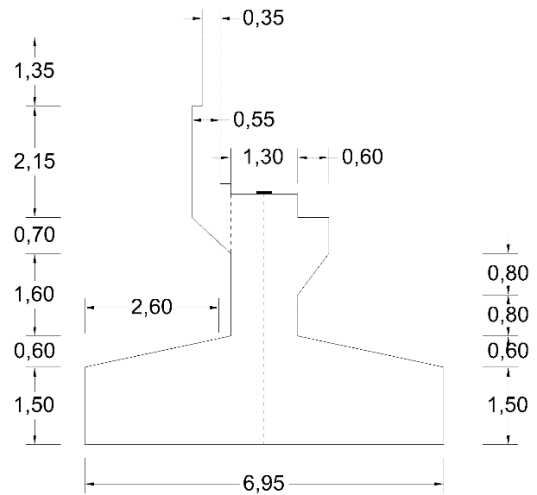
5.3.6 Perhitungan Pondasi Pilar

Dari analisis daya dukung tanah, jumlah pondasi pada pilar diperoleh 12 tiang dengan diameter 1m dan kedalaman 53 m

5.4 Perhitungan Abutmen

5.4.1 Data teknis Abutmen

Berikut ini adalah dimensi pilar yang dapat dilihat pada gambar 16



Gambar 16 Dimensi Abutmen

5.4.2 Pembebanan Abutmen

Pembebanan yang digunakan dalam perencanaan pilar dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11 Rekapitulasi Pembebanan Pada Abutmen

n o	beban	P (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)
1	mati	20432	-	-	9706.1	-
2	mati tambahan	733.95	-	-	-	-
3	tekanan aktif	-	2987.	-	8609.8	-
4	lajur	2243.7	-	-	-	-
5	rem	-	217.3	-	1293.31	-
6	pejalan kaki	225	-	-	-	-
7	angin pada struktur	-	-	541.	-	2113.0
8	angin kendaraan	45.051	-	-	-	-
9	Gesekan perletakan	-	211.66	-	507.99	-
10	Temperatur	-	24.7	-	59.4	-
11	gempa	-	3598.3	3598.3	20183.9	20183.9

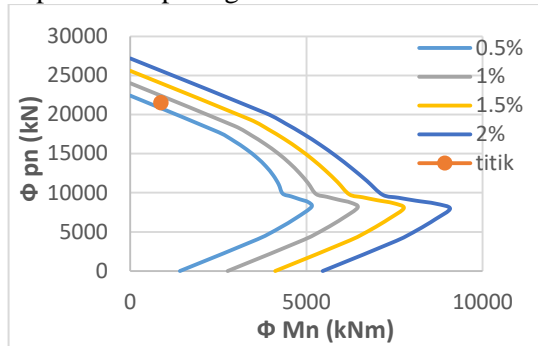
5.4.3 Stabilitas Abutmen

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan 13 dan 14 diperoleh SF terhadap momen guling sebesar 5,12 dan SF terhadap

geser sebesar 11 sehingga abutmen aman terhadap stabilitas guling dan geser

5.4.4 Perhitungan *Braest Wall*

Berikut ini adalah grafik $\Phi M_n - \Phi P_n$ yang dapat dilihat pada gambar 17



Gambar 17 grafik $\Phi M_n - \Phi P_n$ arah X
Diperoleh rasio tulangan sebesar 1%

5.4.5 Perhitungan Pondasi

Dari analisis daya dukung tanah, jumlah pondasi pada pilar diperoleh 10 tiang dengan diameter 1 m dan kedalaman 49 m

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari perhitungan dan pembahasan yang telah ditunjukkan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Struktur atas telah didesain dengan hasil sebagai berikut:
 - a. Tebal slab jembatan 0,4 m,
 - b. box girder memiliki tinggi penampang sebesar 3 m, dan
 - c. jumlah stands 810 dengan 18 tendon.
2. Struktur bawah telah didesain dengan hasil sebagai berikut:
 - a. Pada pilar hasil desain diperoleh pilar dibutuhkan pilar dengan dimensi 2,25 x 3 meter bentuk setengah lingkaran, dengan rasio tulangan 1,25%,
 - b. dimensi abutmen 1,3 x 14 meter bentuk persegi dengan rasio tulangan pada breast wall sebesar 1%, dan
 - c. Hasil desain pilar membutuhkan 12 pile dan abutmen membutuhkan 10 pile

6.2 Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan diatas, maka dapat disimpulkan beberapa saran antara lain sebagai berikut ini.

1. Perlu pembandingan profil gelagar (*section propertis*) agar dapat diketahui dimensi penampang dan bentang jembatan yang efektif digunakan.
2. Analisis perhitungan box girder menggunakan *continous beam* agar dapat dibandingkan dengan analisis *simple beam*

DAFTAR PUSTAKA

- Aboe, Abdul Kadir (2006), *Beton Prategang*, Yogyakarta: Andi Offset.
- Directorate General Of Highways Ministry Of Public Work Republic Of Indonesia, 1992, *Bridge Managemnet System (BMS 1992)*, *Bridge Design Manual Vol 1*.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2005, *Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNIT-02-2005*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2004, *Peraturan Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan RSNIT-12-2004*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2016, *Standar Pembebanan untuk Jembatan SNI 1725:2016*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2008, *Standar Perencanaan Gempa untuk Jembatan SNI 2833:2008*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Nawy, Edward G., 2001, *Beton Prategang Suatu Pendekatan Mendasar jilid 1 dan 2* terjemahan oleh Bambang Suryoatmono. Erlangga.
- Winda, Nurmelisa., 2008, *Desain Jembatan Kali Krasak dengan menggunakan Gelagar Beton Prategang, Tugas Akhir*, (Tidak Diterbitkan), Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Murdiantoro, Indra., 2011, *Perencanaan Ulang Jembatan Kali Krasak Tipe Box Girder Prategang Penampang*

- Persegi, Tugas Akhir, (Tidak Diterbitkan), Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.*
- Putra, Bastya., 2016, *Perencanaan Ulang Jembatan Jurang Gempal Dengan Box Girder Prestressed Penampang Trapesium, Tugas Akhir, (Tidak Diterbitkan), Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.*
- VSL (Vorspann System Losinger). 2018. VSL Post Tensioning Solutions. http://www.vsl.com/download.php?brochure_cat=post-tensioning-strand-systems&getfile=vsl-post-tensioning-solutions.pdf. Diakses pada 13 Maret 2018 (brosur).