



**PERHITUNGAN BOX GIRDER BETON PRESTRESS UNTUK
PERENCANAAN FLY OVER DENGAN METODE
ANALISIS NUMERIS**

***CALCULATION OF PRESTRESS CONCRETE BOX GIRDER FOR FLY
OVER PLANNING USING THE METHOD
NUMERICAL ANALYSIS***

Whida Elastu Permana

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau Kepulauan

Jln. Pahlawan No. 99 Batu Aji Kota Batam, Indonesia

E-mail: whida@yahoo.com

Abstrak

Penelitian fly over dengan menggunakan profil box girder beton prestress dengan bentang 49.80m, dengan lebar jalur lalu lintas 7m. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pembebanan pada penampang box girder, menghitung gaya prategang, eksentrisitas, dan jumlah tendon, menghitung letak posisi tendon, dan juga menghitung kehilangan tegangan yang terjadi pada saat penarikan kabel. Metode penelitian ini menggunakan metode analisis numeris, yaitu metode menghitung langsung/secara manual. Dan analisis perhitungan pada penelitian ini menggunakan Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan 1992, ACI 318, NAASRA Bridge Design Specification yang telah dijelaskan dalam buku referensi perhitungan beton prategang. Hasil analisis perhitungan ini diperoleh berat sendiri box girder sebesar 159.635 kN/m, dan gaya prategang awal sebesar 62265.48 kN. Jumlah tendon yang diperlukan sebanyak 21 tendon dengan $Z_1 = 0.450m$, $Z_2 = 0.300m$, $Z_3 = 0.150m$ posisi tendon di tengah bentang dan kehilangan gaya prategang total sebesar 24.91%.

Kata kunci: Jembatan; Fly Over; Box Girder; Prestress

Abstract

The fly over study used a prestressed concrete box girder profile with a span of 49.80m, with a traffic lane width of 7m. The aim of the research was to determine the loading on the box girder cross-section, calculate the prestressing force, eccentricity, and the number of tendons, calculate the position of the tendons, and also calculate the stress loss that occurs when pulling the cable. This research method uses a numerical analysis method, namely the method of calculating directly/manually. And the calculation analysis in this study used the 1992 Bridge Engineering Planning Regulations, ACI 318, NAASRA Bridge Design Specification which has been described in the reference book for calculating prestressed concrete. The results of this calculation analysis show that the box girder's own weight is 159.635 kN/m, and the initial prestressing force is 62265.48 kN. The number of tendons required is 21 tendons with $Z_1 = 0.450m$, $Z_2 = 0.300m$, $Z_3 = 0.150m$ the tendon positions are in the middle of the span and the total prestress loss is 24.91%.

Keywords: Bridge; Fly over; box girders; Prestress

PENDAHULUAN

Jembatan adalah bangunan fisik yang berfungsi untuk meneruskan jalan yang terputus oleh adanya rintangan-rintangan yang lebih rendah. Rintangan ini biasanya lembah yang dalam, alur sungai, saluran irigasi dan pembuangan.

Pada zaman dahulu, jembatan mula-mula dibuat untuk menyebrangi sungai kecil dengan menggunakan balok-balok kayu atau batang-batang pohon yang cukup besar dan kuat, perkembangan selanjutnya digunakan slab-slab batu alam sebagai jembatan. Setelah itu perkembangan jembatan semakin maju, antara lain dikarenakan penemuan-penemuan material yang baru antara lain kayu atau batu digabung dengan besi. Dan mulailah berkembangnya konstruksi jembatan dengan material beton. Jembatan beton hanya digunakan untuk bentuk pelengkung, karena tidak kuat menahan tegangan tarik. Dengan penemuan baja pada tahun 1825, masa pembangunan jembatan modern dimulai. Pembangunan jembatan yang meliputi jembatan rel kereta api dan jembatan jalan raya, dengan bentang yang panjang, mulai dibangun dengan material baja. Setelah berkembangnya material beton dan baja, sekarang orang mulai mengenal jembatan beton prategang yang menggabungkan antara beton dan baja untuk jembatan bentang panjang.

Jika dibandingkan dengan kayu, beton bertulang atau baja, penggunaan beton prategang pada struktur atas jembatan tergolong relatif baru. Hal ini tidak terlepas dari kemajuan teknologi bahan. Perkembangan teknologi prategang dimulai sejak Eugene Freyssinet memperkenalkan penggunaan kawat baja berkekuatan tinggi disamping beton mutu tinggi, sebagai beton prategang yang kemudian dipatenkan pada tahun 1928. Sejak itu penggunaan sistem beton prategang untuk stuktur jembatan khususnya bentang menengah dan panjang melaju dengan pesat dan bersaing dengan struktur baja, bahkan dengan dikembangkannya sistem kantilever dan cable stayed, struktur beton prategang menjadi trend jembatan berbentang panjang mengalahkan struktur baja yang telah berkembang terlebih dahulu. Saat ini lebih dari 50% jembatan dibuat dengan beton prategang, baik berupa balok pracetak dengan perletakan sederhana, struktur menerus dengan gelagar profil dan box maupun cable stayed. Trend penggunaan teknologi prategang lebih banyak didominasi oleh jembatan jalan layang sedangkan jembatan yang melintasi sungai lebih banyak digunakan struktur rangka baja atau beton bertulang konvensional.

Beton prategang itu sendiri memiliki definisi yaitu jenis beton dimana tulangan bajanya ditarik/ditegangkan terhadap betonnya. (Collin & Mitchell, 1991

didalam bambang supriyadi, 2007), Penarikan ini menghasilkan kesetimbangan pada tegangan dalam (tarik pada baja dan tekan pada beton) yang akan meningkatkan kemampuan beton menahan beban luar. Karena beton cukup kuat dan daktail terhadap tekanan dan sebaliknya lemah serta rapuh terhadap tarikan maka kemampuan menahan beban luar dapat ditingkatkan dengan pemberian pratekanan.

Berdasarkan strukturnya, beton dengan mutu tinggi yang digunakan untuk profil box girder sebagai bahan materialnya, yang dibangun di atas jalan raya atau biasa disebut fly over. Jembatan box girder (gelagar kotak) memiliki definisi yakni sebuah jembatan dimana struktur atas jembatan terdiri dari balok-balok penopang utama yang berbentuk kotak berongga.

Analisis perhitungan jembatan yang akan direncanakan mempunyai panjang bentang box girder 49.80m, dengan lebar jalur lalu lintas 7m. Permasalahan yang akan ditinjau antara lain:

1. Bagaimana menganalisis pembebanan pada jembatan box girder?
2. Bagaimana menghitung gaya prategang, eksentrisitas, dan jumlah tendon dengan baik?
3. Bagaimana menetapkan posisi tendon yang baik dan benar?
4. Bagaimana menghitung kehilangan tegangan (loss of prestress) pada saat penarikan kabel?

Permasalahan dalam perencanaan jembatan beton prategang begitu kompleks, sehingga batasan masalah dalam penelitian ini, adalah sebagai berikut:

1. Jembatan yang akan dianalisis perhitungannya adalah jembatan beton prategang dengan bentang 49.80 m.
2. Perencanaan jembatan hanya meliputi struktur atas saja.
3. Tidak merencanakan perkerasan dan perletakan bearing pad.
4. Tidak memperhitungkan analisa biaya kontruksi dan waktu pelaksanaan.
5. Mutu baja pratekan digunakan kabel jenis uncoated 7 wire super strands ASTM A-416 grade 270.
6. Menggunakan mutu beton K500 atau $f'c = 41,5$ Mpa.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjawab permasalahan yang ada dalam merencanakan sebuah jembatan, antara lain:

1. Dapat menghitung dan menganalisa pembebanan pada struktur jembatan.
2. Dapat mengetahui kekuatan gaya prategang, eksentrisitas, dan berapa jumlah tendon pada penampang box girder.
3. Dapat menetapkan posisi tendon pada penampang box girder.
4. Dapat menganalisa kehilangan gaya prategang yang terjadi pada kawat baja pratekan box girder.

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat menganalisa perhitungan jembatan dengan baik dan benar menggunakan profil box girder yang sesuai dengan perencanaan struktur yang aman.
2. Dapat memahami konsep perhitungan struktur jembatan dengan penggunaan profil box girder.
3. Sebagai alternatif lain dalam teknik perhitungan konstruksi jembatan dengan bentang yang cukup panjang.

METODE PENELITIAN

Metode analisis data meliputi diagram penelitian, diagram perhitungan manual sesuai dengan standar peraturan pembebanan PPTJ (Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan) 1992, ACI 318 serta NAASRA Bridge Design Specification sebagai standar peraturan pada perhitungan kehilangan tegangan yang telah ditulis dalam buku referensi.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari analisis perhitungan box girder beton prestress ini sebagai berikut:

Berat Sendiri

Berat sendiri adalah berat beban dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural dan elemen non struktural yang dianggap tetap. Yang termasuk berat sendiri pada perencanaan jembatan ini adalah berat box girder prestress, diafragma, trotoar dan dinding pagar tepi, pemisah jalur (median).

Total berat sendiri:

$$Q_{MS} = 159.635 + 3.840 + 4.125 + 3.600 = 171.200 \text{ kN/m}$$

Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural dan mungkin besarnya berubah selama umur jembatan. Yang termasuk beban mati tambahan adalah lapisan aspal (overlay), air hujan, tiang listrik (light).

Total Berat Sendiri

$$Q_{MA} = 15.400 + 3.430 + 0.100 = 18.930 \text{ kN/m}$$



Beban Lajur

$$L \leq 30 \text{ m} \rightarrow q = 8.0 \text{ kPa}$$

$$L \geq 30 \text{ m} \rightarrow q = 8.0 \left(0.5 + \frac{15}{L}\right) \text{ kPa}$$

Beban Merata pada box girder:

$$Q_{TD} = 6.40 * (7.00 + 5.5) / 2 = 40.00 \text{ kN/m}$$

Beban Pejalan Kaki

$$\text{Untuk } A \leq 10 \text{ m}^2: q = 5 \text{ kPa}$$

$$\text{Untuk } 10 \text{ m}^2 < A \leq 100 \text{ m}^2: q = 5 - 0.033 * (A - 10) \text{ kPa}$$

$$\text{Untuk } A > 100 \text{ m}^2: q = 2 \text{ kPa}$$

Pembebanan jembatan untuk trotoar:

$$Q_{TP} = 4.09 * 0.75 = 3.06 \text{ kN/m}$$

Gaya Rem

$$\text{Gaya rem, } T_{TB} = 250 \text{ kN untuk } L_t \leq 80 \text{ m}$$

$$\text{Gaya rem, } T_{TB} = 250 + 2.5 * (L_t - 80) \text{ kN untuk } 80 < L_t < 180 \text{ m}$$

$$\text{Gaya rem, } T_{TB} = 500 \text{ kN untuk } L_t \geq 180 \text{ m}$$

Beban akibat gaya rem:

$$M = 250 * 2.874 = 718.481 \text{ kNm}$$

Beban Angin

$$T_{EW} = 0.0012 * C_w * (V_w)^2 \text{ kN/m}$$

Transfer beban angin ke lantai jembatan:

$$Q_{EW} = (1/2 * 2.00 / 1.75 * 1.764) * 2 = 2.016 \text{ kN/m}$$

Beban Gempa

$$\text{Gaya gempa vertical rencana } T_{EQ} = 0.10 * W_t$$

Beban gempa vertical:

$$Q_{EQ} = 946.84 / 49.80 = 19.012 \text{ kN/m}$$

Persamaan momen

$$1. M_x = 1/2 * 159.635 * (49.80 * 1.2 - 1.2^2) = 4654.9 \text{ kNm}$$

$$2. M_x = 1/2 * 171.200 * (49.80 * 1.2 - 1.2^2) = 4992.1 \text{ kNm}$$

$$3. M_x = 1/2 * 18.930 * (49.80 * 1.2 - 1.2^2) = 551.9 \text{ kNm}$$

$$4. M_x = 1/2 * 40.0 * (49.80 * 1.2 - 1.2^2) + 1/2 * 385.0 * 1.2 \\ = 1397.4 \text{ kNm}$$

5. $M_x = 1/2 * 2.141 * (49.80 * 1.2 - 1.2^2) = 62.4 \text{ kNm}$
6. $M_x = 1.2 / 49.8 * 718.481 = 17.3 \text{ kNm}$
7. $M_x = 1/2 * 2.016 * (49.80 * 1.2 - 1.2^2) = 58.7 \text{ kNm}$
8. $M_x = 1/2 * 19.012 * (49.80 * 1.2 - 1.2^2) = 554.3 \text{ kNm}$

Tabel 1. Resume Momen

Jarak X (m)	Momen pada box girder prestress akibat beban							KOMB. I	KOMB. II	KOMB. III	KOMB. IV
	Berat sen Mati tamb		Lajur	Pedestrian	Rem	Angin	Gempa	MS+MA+	MS+MA+	MS+MA+	MS+MA+
	MS (kNm)	MA (kNm)	TD (kNm)	TP (kNm)	TB (kNm)	EW (kNm)	EQ (kNm)	TD+TB (kNm)	TD+EW (kNm)	TD+TB+EW (kNm)	EQ (kNm)
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.2	4992.1	551.9	1397.4	62.4	17.3	58.7	554.3	6958.7	7000.1	7017.4	6098.3
2.4	9737.8	1076.7	2737.2	121.7	34.6	114.6	1081.4	13586.3	13666.3	13700.9	11895.9

Persamaan gaya geser

1. $V_x = 159.635 * (49.80 / 2 - 1.2) = 3783.3 \text{ kNm}$
2. $V_x = 171.200 * (49.80 / 2 - 1.2) = 4057.4 \text{ kNm}$
3. $V_x = 18.930 * (49.80 / 2 - 1.2) = 448.6 \text{ kNm}$
4. $V_x = 40.0 * (49.80 / 2 - 1.2) + 1/2 * 385.0 = 1140.5 \text{ kNm}$
5. $V_x = 2.141 * (49.80 / 2 - 1.2) = 50.7 \text{ kNm}$
6. $V_x = 718.481 / 49.80 = 14.4 \text{ kNm}$
7. $V_x = 2.016 * (49.80 / 2 - 1.2) = 47.7 \text{ kNm}$
8. $V_x = 19.012 * (49.80 / 2 - 1.2) = 450.5 \text{ kNm}$

Tabel 2. Resume Gaya Geser

Jarak X (m)	Gaya geser pada box girder prestress akibat beban							KOMB. I	KOMB. II	KOMB. III	KOMB. IV
	Berat sen Mati tamb		Lajur	Pedestrian	Rem	Angin	Gempa	MS+MA+	MS+MA+	MS+MA+	MS+MA+
	MS (kNm)	MA (kNm)	TD (kNm)	TP (kNm)	TB (kNm)	EW (kNm)	EQ (kNm)	TD+TB (kNm)	TD+EW (kNm)	TD+TB+EW (kNm)	EQ (kNm)
0.0	4262.8	471.3	1188.5	53.3	14.4	50.1	473.3	5937	5972.7	5987.1	5207.4
1.2	4057.4	448.6	1140.5	50.7	14.4	47.7	450.5	5660.9	5694.2	5708.6	4956.5
2.4	3852.0	425.9	1092.5	48.1	14.4	45.3	427.7	5384.8	5415.7	5430.1	4705.6

Gaya prestress, eksentrisitas, dan jumlah tendon

Keadaan awal Pt:

$$= (0.55 * 33200 + 49487.707 / 3.22956) / (1.226 / 3.22956 + 1 / 6.26020) = 62265.48 \text{ kN}$$

Keadaan Akhir Peff :

$$= [0.50 \cdot \sqrt{41500 + (49487.64 + 17193.45) / 3.22956}] / (1.226 / 3.22956 + 1 / 6.26020) = 38469.78 \text{ kN}$$

Gaya eksentrisitas $e_s = 1.526 - 0.30 = 1.226 \text{ m}$

Tendon diperlukan $n_t = 7 \cdot 3 = 21$ tendon

Posisi tendon di tengah bentang

Jarak masing-masing baris as tendon terhadap alas:

$$z_1 = 0.15 + 2 \cdot 0.15 = 0.450 \text{ m}$$

$$z_2 = 0.15 + 0.15 = 0.300 \text{ m}$$

$$z_3 = 0.150 \text{ m}$$

Posisi tendon di tumpuan

Jarak masing-masing baris as tendon terhadap alas:

$$z_1' = 1.13 + 2 \cdot 0.40 = 1.926 \text{ m}$$

$$z_2' = 1.13 + 0.14 = 1.526 \text{ m}$$

$$z_3' = 1.126 \text{ m}$$

Eksentrisitas masing-masing tendon

Eksentrisitas pada baris tendon:

$$\text{Baris pertama } f_1 = 1.926 - 0.450 = 1.476 \text{ m}$$

$$\text{Baris kedua } f_2 = 1.526 - 0.300 = 1.226 \text{ m}$$

$$\text{Baris ketiga } f_3 = 1.126 - 0.150 = 0.976 \text{ m}$$

Lintasan inti tendon

$$Y = 4 \cdot f \cdot X / L^2 \cdot (L - X) \text{ dengan } f = e_s$$

$$4 \cdot 1.226 \cdot 0.90 / 49.80^2 \cdot (49.80 - 0.90) = 0.087 \text{ m}$$

Tabel 3. Lintasan Inti Tendon

X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
-0.25	-0.024	17.90	1.129	36.9	0.941
0.00	0.00	18.90	1.154	37.90	0.891
0.90	0.087	19.90	1.176	38.90	0.838

Sudut Angkur

Sudut angkur pada masing-masing baris tendon:

$$\text{Baris pertama } \alpha_1 = \text{DEGREES} (0.11799) = 6.760^\circ$$

Baris kedua $\alpha_2 = \text{DEGREES}(0.09815) = 5.623^\circ$

Baris ketiga $\alpha_3 = \text{DEGREES}(0.07839) = 4.482^\circ$

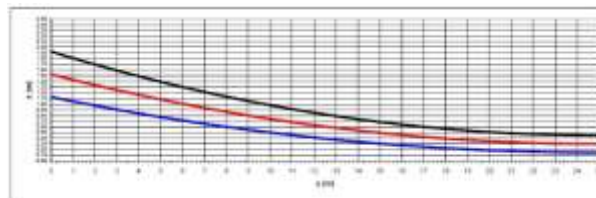
Tata letak dan trace kabel

$$z_i = z_i' - 4 * f_i * X / L^2 * (L-X)$$

$$= 1.926 - 4 * 1.476 * 0.90 / 49.80^2 * (49.80 - 0.90) = 1.821 \text{ m}$$

Tabel 4. Tata Letak dan Trace Kabel

Jarak X (m)	Trace z_0 (m)	Posisi baris tendon		
		z_1 (m)	z_2 (m)	z_3 (m)
0.00	1.526	1.926	1.526	1.126
0.90	1.438	1.821	1.438	1.056
1.90	1.346	1.709	1.346	0.982



Gambar 2. Trace Kabel

Kehilangan tegangan akibat gesekan ankur

Gaya prestress akibat jacking force $P_j = 49276.85 \text{ kN}$

Kehilangan gaya akibat gesekan ankur diperhitungkan sebesar 3% dari gaya prestress akibat jacking:

$$P_o = 97 \% * 49276.85 = 47798.54 \text{ kN}$$

Kehilangan tegangan akibat gesekan kabel

Untuk $L_x = 24.90 \text{ m}$

$$P_x = 47798.54 * 2.7183^{-0.2 * (0.072 + 0.012 * 24.90)} = 44382.02 \text{ kN}$$

Untuk $L_x = 49.80 \text{ m}$

$$P_x = 47798.54 * 2.7183^{-0.2 * (0.072 + 0.012 * 49.80)} = 41807.43 \text{ kN}$$

Diambil $P_x = 44382.02 \text{ kN}$

Kehilangan tegangan akibat pemendekan elastis

Kehilangan tegangan pada baja oleh regangan elastik tanpa pengaruh berat sendiri:

$$\Delta \sigma_{pe} = 1/2 * 5.411 * 20773.57 = 56202.89 \text{ kPa}$$

$$\Delta P_e = 56202.89 * 0.04145 = 2360.52 \text{ kN}$$

Kehilangan tegangan akibat pengangkuran

Kemiringan diagram gaya:

$$m = \tan \omega = (P_o - P_x) / L_x = (47798.54 - 44382.02) / 24.90 = 137.20 \text{ kN/m}$$

Jarak pengaruh kritis slip ankur dari ujung:

$$L_{\max} = \sqrt{(\Delta L * E_s * A_t / m)} = \sqrt{(0.002 * 1.930E+08 * 0.042 / 137.20)} = 10.870 \text{ m}$$

Loss of prestress akibat ankur

$$\Delta P = 2 * 10.812 * 137.20 = 2982.72 \text{ kN}$$

Kehilangan tegangan akibat pengaruh susut

$$\sigma_{sh} = 0.00039856 * 1.930E+08 = 76992.08 \text{ kPa}$$

Kehilangan tegangan akibat pengaruh rayapan

$$\sigma_{cr} = 0.00008 * 1.930E+08 = 15440 \text{ kPa}$$

Tegangan yang terjadi pada keadaan awal

Tegangan di serat atas

$$f_a = -62265.48 / 6.26020 + 62265.48 * 1.226077 / 5.06053 - 49487.707 / 5.06053 = -4640.52 \text{ kPa}$$

Tegangan di serat bawah

$$f_b = -62265.48 / 6.26020 - 62265.48 * 1.226077 / 3.22956 + 49487.707 / 3.22956 = -18259.99 \text{ kPa}$$

Tegangan yang terjadi pada keadaan akhir

Tegangan di serat atas

$$f_a = -37001.5 / 6.26020 + 37001.5 * 1.226077 / 5.06053 - 49487.707 / 5.06053 = -6724.93 \text{ kPa}$$

Tegangan di serat bawah

$$f_b = -37001.5 / 6.26020 - 37001.5 * 1.226077 / 3.22956 + 49487.707 / 3.22956 = -4634.56 \text{ kPa}$$

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan analisis perhitungan yang telah dilakukan pada penampang box girder segmental sepanjang 49.80m, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Menganalisis pembebanan pada box girder dilakukan dengan menghitung dimensi, section properties, yang akan menghasilkan besar gaya pada berat sendiri box girder prestress sebesar 159.635 kN/m.
2. Hasil perhitungan gaya prategang, eksentrisitas dan jumlah tendon ini didapat dari memperhitungkan momen berat sendiri yang dilakukan dengan menghitung gaya prategang awal, sehingga didapat gaya prategang awal sebesar 62265.58 kN. Dan gaya eksentrisitas didapat dari memperhitungkan jarak antara letak titik berat box girder dan jarak pusat tendon terhadap sisi bawah box girder, didapat hasil sebesar 1.226m. Dan ditetapkan jumlah tendon sebanyak 21 tendon.
3. Menetapkan posisi tendon dengan baik, dilakukan dengan menghitung posisi as tendon terhadap jarak dari as ke as tendon, dan didapatkan hasil jarak nya $Z_1 = 0.450\text{m}$, $Z_2 = 0.300\text{m}$, $Z_3 = 0.150\text{m}$ pada posisi tendon di tengah bentang. Dan $Z_1 = 1.926\text{m}$, $Z_2 = 1.526\text{m}$, $Z_3 = 1.126\text{m}$ pada posisi tendon di tumpuan.
4. Menghitung kehilangan tegangan harus dimulai dengan menghitung gaya prategang awal terlebih dahulu, selanjutnya menghitung kehilangan tegangan yang lainnya, dan diperoleh kehilangan tegangan total sebesar 24.91%.

Saran

Saran yang dapat berikan sebagai berikut:

1. Perlu adanya ketelitian dalam menganalisa perhitungan penampang box girder ini, agar hasil yang didapatkan tepat dan akurat.
2. Untuk perencanaan pada masing-masing bagian, perlunya pemahaman yang mendasar tentang apa yang akan dibuat dan dikerjakan selanjutnya.

REFERENSI

ACI 318 Building Code Requirements for Reinforced Concrete, American Concrete Institute.

Budiadi, A. 2008. *Desain Praktis Beton Prategang*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta.

Ilham, M.N. 2010. Perencanaan Kentungan Flyover Yogyakarta. September 3, 2010. <http://noerilham01.blogspot.com/2010/09/kentungan-fly-over.html>



NAASRA bridge design specification, National Association of Australian State Road Authorities, 1976

Nawy, E.G. 2009. *Prestressed Concrete: A Fundamental Approach Fifth Edition Update ACI, AASHTO, IBC 2009 Codes Version, 2010*. United States of America: Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey 07458.

Nasution, T. 2012. *Modul Kuliah Struktur Baja 2: Pengenalan Jembatan Baja. April 21, 2012*. Departemen Teknik Sipil, FTSP. ITM. <http://thamrinnst.wordpress.com/2012/04/21/290/>.

Siswanto, Fredy. 2013. *Perencanaan Jembatan Beton Prategang Dengan Bentang 35 Meter (Jembatan Kelas I)*. Pontianak: Universitas Tanjungpura.

Zilm, F. 2009. *Design Of A Curved Pedestrian Bridge*. October 13, 2009. University of Hamburg/Harburg, Diplom-Ingenieur in Civil and Environmental Engineering. <http://ebookteknik001.blogspot.com/>