

## ANALISIS BANGUNAN ATAS DARI RANGKA BAJA MENJADI BETON PRATEGANG PADA JEMBATAN AWANG DI KABUPATEN LOMBOK TENGAH

H. SURYA HADI

Fakultas Teknik Univ. Universitas Islam Al-Azhar

*e-mail : hdsurya11@gmail.com*

### ABSTRAK

Kebutuhan akan sarana jembatan dan jalan raya adalah merupakan kebutuhan yang sangat dibutuhkan untuk kebutuhan transportasi. Untuk mempercepat tercapainya sarana prasarana tersebut di perlukan dana baik dari APBN, APBD maupun bantuan luar negeri secara efektif dan efisien dalam pembangunan jembatan tersebut. Pada tulisan ini akan dilakukan perubahan konstruksi bangunan atas Awang II menggunakan Konstruksi Rangka Baja Austria menjadi Konstruksi Beton Prategang.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa dan merencanakan kekuatan dari kedua jenis struktur tersebut yaitu konstruksi rangka baja dan konstruksi beton prategang yang masih dalam batas aman serta layak untuk dijadikan alternatif sebagai pengganti jembatan awang. Perencanaan dari konstruksi bangunan atas baik konstruksi baja maupun beton prategang adalah dipokuskan melihat kekuatan balok husunya tegangan yang terjadi.

Berdasarkan hasil perencanaan bangunan atas jembatan Awang II yaitu perhitungan perencanaan konstruksi rangka baja dan konstruksi beton prategang disimpulkan bahwa perubahan konstruksi bangunan atas dengan menggunakan beton prategang dimensi tinggi 185 adalah aman. Semua tegangan yang terjadi baik pada serat atas maupu pada serat bawah lebih kecil dari tegangan ijinnya yaitu sebesar 171 kg/cm.

---

*Kata kunci : Jembatan, Baja, Prategang, tegangan*

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Pada pelaksanaan konstruksi suatu jembatan, diperlukan data perencanaan baik dari data primer maupun sekunder tentang pembangunan jembatan. Karena data tersebut merupakan bahan pemikiran dan pertimbangan sebelum mengambil keputusan akhir dan prinsip dasar dalam pembangunan jembatan adalah jembatan untuk jalan raya.

Jembatan adalah suatu konstruksi yang dibangun dengan tujuan untuk melakukan transportasi (traffic) lewat atas suatu penghalang, umumnya adalah sungai, danau, selat, rawa-rawa, Lembah, jalan, saluran irigasi dan lain-lain. Sesuai definisinya bangunan jembatan ini mempunyai peranan penting bagi pembangunan suatu jalan yang menghubungkan daerah yang satu dengan daerah yang lain.

Untuk membangun suatu jembatan yang tepat guna dan ekonomis, diperlukan suatu rangkaian kegiatan proses dan tahapan yang berkesinambungan. Proses dan tahapan tersebut meliputi studi kelayakan. Perencanaan atau desing dan pelaksanaan konstruksi sehingga dapat terwujud suatu bangunan jembatan sesuai dengan sasaaran yang diinginkan.

Jembatan sebagai salah satu sasaran transportasi darat yang menghubungkan dua ruas jalan yang terpupus sangatlah penting direncanakan dan diperluas ruang lingkupnya sehingga dapat memberikan daya tahan yang optimalnya khususnya bagi harus mobilitas dan transportasi darat. Kebutuhan akan sarana jembatan jalan raya adalah merupakan kebutuhan yang segera dilaksanakan. Untuk mempercepat tercapainya sarana tersebut maka diperlukan dana dari APBN, APBD maupun bantuan luar negeri secara efektif dan efisien dalam pembangunan tersebut. Pada penelitian ini adalah akan dilakukan perubahan Konstruksi bangunan atas jembatan Awang II menggunakan konstruksi Rangka Baja Austria bentang 2 x 25 meter menjadi konstruksi Beton Prategang Bentang Jembatan 50,00 Meter Pada Awang II Di Kabupaten Lombok Tengah”

## Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis dan merencanakan kekuatan dan kesetabilan dari kedua jenis struktur tersebut yaitu konstruksi rangka baja dan konstruksi beton prategang yang masih dalam batas aman serta layak untuk dijadikan alternatif sebagai pengganti perencanaan awal konstruksi rangka baja

## LANDASAN TEORI

### 1. Perencanaan Rangka Baja

Dasar – dasar perencana yang dipakai adalah dasar perencanaan tegangan kerja (Working Stress Design). Pusat perhatian adalah pada kondisi beban yang bekerja dengan menganggap struktur bersifat elastis, sehingga seluruh tegangan yang terjadi tidak melampaui tegangan yang diijinkan.

Kriteria aman dalam perencanaan elastis dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\sigma = P / A \leq \sigma_{ijin}$$

dimana:  $\sigma$  = Tegangan kerja (kg/cm<sup>2</sup>),  $\sigma_{ijin}$  = Tegangan ijin (kg/cm<sup>2</sup>), P = Beban layan (kg)  
A = Luas penampang balok (cm<sup>2</sup>)

#### a. Metode Konstruksi Rangka Batang

Konstruksi rangka batang sebetulnya masih semacam konstruksi batang, dengan masing – masing hanya menerima gaya tekan atau tarik. Konstruksi rangka batang terdiri dari batang – batang yang lurus dan yang disambung pada titik simpul.

### 2. Perencanaan Beton Prategang

#### a. Penampang Beton Prategangn (Pretressed Concrete)

Pada suatu penampang konstruksi yang telah diketahui dimensinya, besarnya gaya prategang, serta letak tendon dan besarnya momen lentur yang bekerja maka untuk mengontrol tegangan yang terjadi baik pada serat tepi atas maupun pada serat tepi bawah, maka harus ditinjau untuk beberapa hal dengan metode konvensional antara lain : 1). Pada keadaan awal, 2).Tegangan akibat gaya prategang, 3).Tegangan akibat berat sendiri, 4).Pada keadaan prategang, 5). Tegangan akibat gaya prategang, 6).Tegangan akibat berat sendiri, 7).Setelah beton luar bekerja, 8).Tegangan akibat beban luar, 9).Tegangan akhir

Untuk perhitungan beban – beban tersebut diatas dapat digunakan rumus umum sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{P \cdot e \cdot y}{I} \pm \frac{M \cdot y}{I}$$

Dimana : P = Gaya prategang awal / akhir (kg), A = Luas penampang beton (cm<sup>2</sup>), e= Eksentritas gaya prategang (cm), y= Jarak serat tepi terluar (cm), I = Momen inersia penampang beton (cm<sup>4</sup>)

rumus yang dipakai pada perhitungan lay out kabel/tendon adalah

$$e_b \leq f_{ts} ( Z_b/P_e ) + ( Z_t/A ) - ( M_{bs} / P_t )$$

$$e_a \leq f_{el} ( Z_b/P_e ) + ( Z_t/A ) - ( M_t / P_s )$$

**3. Analisis Konstruksi**

*a. Akibat beban mati Rangka Baja (Dead Load)*

Tabel 1. Gaya Batang Akibat Beban Mati Batang Tepi Atas

No.	Batang tepi Atas	Gaya yang bekerja	Gaya Terbesar
1	a1	155.070,000	433.020,000
2	a2	277.140,000	
3	a3	363.690,000	
4	a4	415.680,000	
5	a5	433.020,000	
6	a6	415.680,000	
7	a7	363.690,000	
8	a8	277.140,000	
9	a9	155.070,000	

Tabel 2. Gaya Batang Akibat Beban Mati Batang Tepi Bawah

No.	Batang tepi Bawah	Gaya yang bekerja	Gaya Terbesar
1	b1	86.610,000	433.020,000
2	b2	225.180,000	
3	b3	327.210,000	
4	b4	398.370,000	
5	b5	433.020,000	
6	b6	398.370,000	
7	b7	398.370,000	
8	b8	327.210,000	
9	b9	225.180,000	
10	b10	86.610,000	

Tabel 3. Gaya Batang Akibat Beban Mati Batang Tepi Diagonal

No.	Batang tepi Diagonal	Gaya yang bekerja	Gaya Terbesar
1	d1 = d20	173.220,000	173.220,000
2	d2 = d19	136.980,000	
3	d3 = d18	138.570,000	
4	d4 = d17	103.920,000	
5	d5 = d16	103.920,000	
6	d6 = d15	69.270,000	
7	d7 = d14	69.270,000	
8	d8 = d13	34.650,000	
9	d9 = d12	34.650,000	
10	d10 = d11	34.650,000	

*b. Menentukan profil batang*

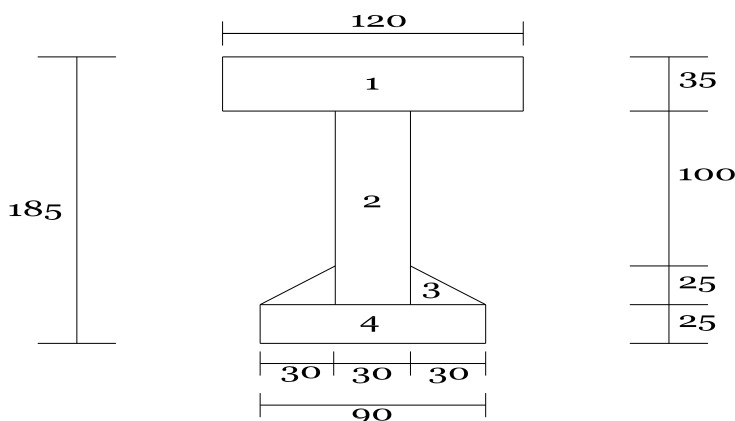
Untuk keseragaman batang – batang rangka dipakai gaya – gaya batang yang terbesar yang mewakili dari semua batang – batang tersebut.

- Untuk batang tepi bawah P = 433.020,00 kg
- Untuk batang tepi atas P = 433.020,00 kg
- Untuk batang diagonal P = 173.220,00 kg

*c. Konstruksi beton Prategang*

Pada konstruksi beton prategang ini penulis mencoba mengambil tinggi balok 185 cm dan dimensi lantai tebal balok 30 cm

*d. Menghitung Section properties Penampang Balok Prategang*



Tabel 4 . perhitungan momen statis

Sigmen	Luas ( Cm <sup>2</sup> )	Jarak ( Cm )	Momen Statis ( Cm <sup>3</sup> )
1.	4200	167,5	703.500
2.	3750	87,5	328.125
3.	750	33,33	24.125
4.	2250	12,5	28.125
TOTAL	10950		1.083.875

Jarak garis netral dari serat bawah ( Yb ) pada balok komposit :

$$Yb = \frac{\sum A \cdot y}{\sum A} = \frac{(1.083.875)}{(10950)} = 98.984 \text{ dibulatkan} = 99$$

Dimana diperoleh :

$$Ya = 185 - 99 = 86$$

Tabel 5 Perhitungan momen inersia

Sigmen	Perhitungan	Hasil ( Cm <sup>4</sup> )
1.	$1/12 \times 120 \times 35^2 + 120 \cdot 35 ( 86,015 - 1/2 \times 35 )^2$	20.101.691,12
2.	$1/2 \times 30 \times 125^3 + 30 \times 125 ( 98,984 - 25 - 1/3 \times 25 )^2$	5.383.938,5
3.	$2 ( 1/36 \times 30 \times 25^3 + 1/2 \cdot 30 \cdot 25 ( 98,984 - 25 - 1/3 \times 25 )^2$	1.633.018,85
4.	$1/2 \times 90 \times 25^3 + 90 \cdot 25 ( 98,984 - 1/2 \times 25 )^2$	16.975.613,1
	jumlah	44.094.261,00

$$I^2 = \frac{I}{F} = \frac{44094261,00}{10950} = 4026,87 \text{ Cm}^2$$

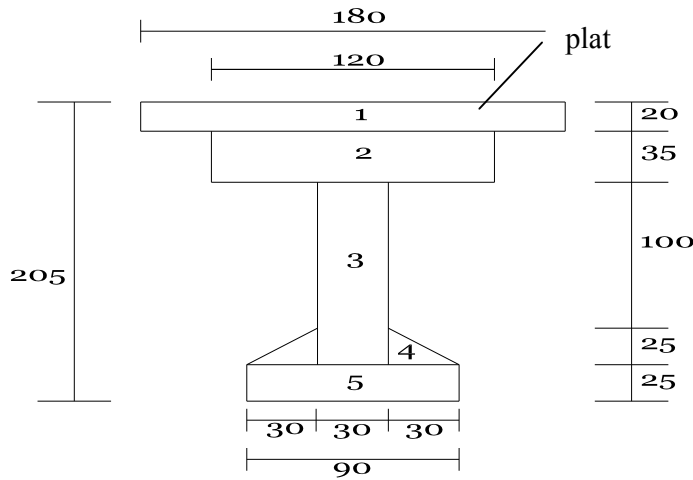
Karn bagian bawah :

$$K_a = \frac{I^2}{Y_b} = \frac{4026,87}{99} = 41 \text{ Cm}$$

Karn bagian bawah :

$$K_b = \frac{I^2}{Y_a} = \frac{4026,87}{86} = 47 \text{ Cm}$$

d.1. Menghitung Section properties Balok Komposit



Balok Pracetak K-450 ;  $E = 16.000 \sqrt{\sigma_{bk}'} = 340000$

Balok Komposit K-225 ;  $E = 16.000 \sqrt{\sigma_{bk}'} = 240000$

$$n = 240000/340000 = 0,7$$

Lebar pengganti plat beton komposit =  $0,7 \times 180 = 126 \text{ cm}$

$F_6 = 126 \times 20 = 2520 \text{ cm}^2$        $y_6 = 195 \text{ cm}$  terhadap alas bawah

$$\Sigma F = 10950 + 2520 = 13470 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma \text{ Statis Momen} = 1.083.875 + ( 2520 \times 195 ) = 1575275 \text{ cm}^3$$

$$Y_b' = \frac{\Sigma F y}{\Sigma F} = \frac{1575275}{13470} = 116,9 \text{ dibulatkan} = 117 \text{ cm}$$

$$Y_a' = 205 - 117 = 88 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 I_{total} &= I_{prategang} + F_{prategang} \times (y_{b'} - y_b)^2 + I_6 + F_6 \times z^2 \\
 &= 44.094.261 + 10950 \times (117 - 99)^2 + 1/12 \times 195 \times 20^3 + 2520 \times 78^2 \\
 &= 63.103.741 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$I^2 = \frac{I}{F} = \frac{63103741}{13470} = 4685 \text{ cm}^2$$

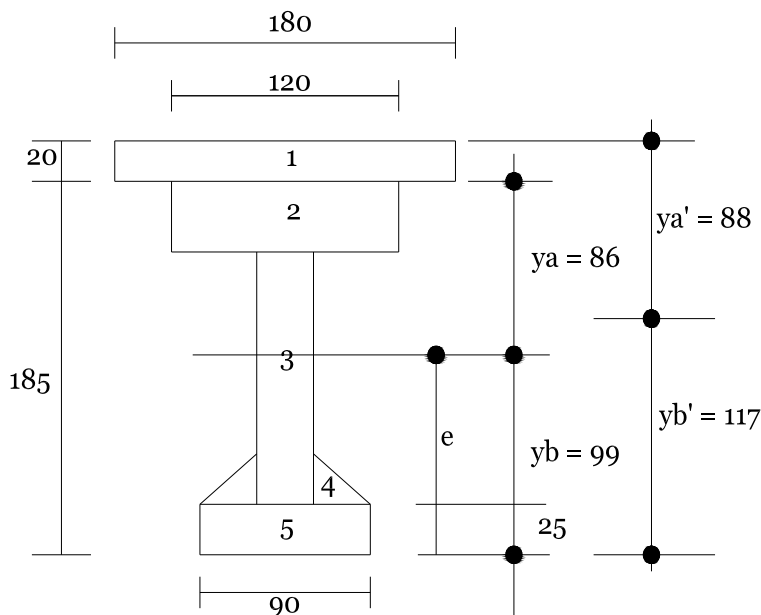
$$K_{a'} = \frac{I^2}{y_{b'}} = \frac{4685}{117} = 40,04 \text{ cm}$$

$$K_{b'} = \frac{I^2}{y_{a'}} = \frac{4685}{88} = 53,24 \text{ cm}$$

d.2. Menghitung Tegangan Awal (Po)

Data - data yang diperoleh :

- A = 10950 cm<sup>2</sup>
- Ya = 86 cm
- Yb = 99 cm
- Ya' = 88 cm
- Yb' = 117 cm
- Mbs = 821,25 tm = 82125000 kg.cm
- I inersia = 44.094.261 cm<sup>4</sup>
- I total = 63.103.741 cm<sup>4</sup>
- Mmax beban sendiri = 821,25 tm
- Mmax beban mati = 541,875 tm
- Mmax beban hidup = 31,250 tm
- Mmax beban angin = 21,875 tm
- Mmax beban rem = 1,5625 tm
- Mmax beban melintang = 22,500 tm



d.3. Mencari nilai Eksentrisitas dan gaya awal prategang (Po)

Pemeriksaan terhadap eksentrisitas dan gaya prategang :

$$\begin{aligned}
 F_{tw} &= 1/2 \cdot \sqrt{f_c} = 1/2 \cdot \sqrt{42} = 3,24 \\
 F_{tt} &= 1/4 \cdot \sqrt{f_c} = 1/4 \cdot \sqrt{42} = 1,62 \\
 Z_b &= I/Y_b = 44.094.261 / 99 = 445.397 \text{ cm}^3 \\
 Z_t &= I/Y_a = 44.094.261 / 86 = 512.724 \text{ cm}^3 \\
 Z_b^1 &= I_{total} / Y_b^1 = 63.103.741 / 117 = 539.348 \text{ cm}^3 \\
 Z_t^1 &= I_{total} / Y_a^1 = 63.103.741 / 88 = 717.088 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Prategang minimum ( f inf ) yang diperlukan :

$$\begin{aligned}
 F_{inf} &= ( f_{tw}/n ) + ( M_{bs}/n \times Z_b ) + ( M^{total}/n \times Z_b^1 ) \text{ dimana } n = 0,70 \\
 &= ( 3,24/0,70 ) + ( 821,25 / 0,70 \times 445.397 ) + ( 1440/0,70 \times 539.348 ) \\
 &= 4,63 + 522546123 + 1109515886 \\
 &= 1632062013 \text{ t/cm}^3 \\
 &= 16,32 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Prategang pada tepi atas ( f sup )

$$f_{sup} = f_{tt} - ( M_{min}/Z_t ) = 1,62 - 0 = 1,62 \text{ N/mm}^2$$

Eksentrisitas letak tendon dari garis netral ( e )

$$\begin{aligned}
 e &= \frac{Z_t \times Z_b (f_{inf} - f_{sup})}{4 \times (f_{inf} \times Z_b + f_{sup} \times Z_t)} \\
 &= \frac{5,12 \times 4,45 (16,32 - 1,62)}{4 \times (16,32 \times 4,45 + 1,62 \times 5,12)} \\
 &= 71 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gaya prategang yang bersesuaian dengan eksentrisitas ( P<sub>0</sub> ) (pada kondisi awal)

$$\begin{aligned}
 P_0 &= \frac{A \times f_{inf} \times Z_b}{Z_b + A \times e} \\
 &= \frac{10.950 \times 10^3 \times 16,32 \times 4,45 \times 10^6}{4,45 \times 10^6 + 10.950 \times 10^3 \times 74} \\
 &= 97,599 \text{ Ton} \\
 \text{Atau :} \\
 P_0 &= \frac{A \times f_{inf} \times Z_b}{Z_b + Z_t} \\
 &= \frac{10.950 \times 10^3 \times 16,32 \times 4,45 \times 10^6}{4,45 \times 10^6 + 5,12 \times 10^6} \\
 &= 348 \text{ ton dibulatkan } 350 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Dalam perencanaan dipakai P<sub>0</sub> yang lebih besar P<sub>0</sub> = 350 ton

#### 4. Kontrol Tegangan Yang Terjadi

Tegangan pada keadaan awal (Plat lantai belum dicor)

qd1 = Luas penampang balok komposit x masa jenis beton

$$qd1 = \Sigma A_b \cdot \rho = 10950 \times 2400 = 2,628 \text{ t/m}$$

Momen maksimum (M mak)

$$= 1 / 8 \cdot qL^2$$

$$= 1 / 8 \cdot 2,628 \times 502$$

$$= 821,25 \text{ tm} = 82.125.000 \text{ kgcm}$$

- $\sigma_{\text{awal}} = 0,38 \times K-450 = 171 \text{ kg/cm}^2$

- Serat bagian atas

$$\sigma_a = - (P/F) + (P \cdot e \cdot y_a) / I - (M_{bs} \cdot y_a) / I$$

$$\sigma_a = -(350000/10950) + (350000 \times 71 \times 86)/44.094.261 - (82125000 \times 86) / 44.094.261$$

$$= - 143,67 \text{ kg/cm}^2 < 171 \text{ kg/cm}^2 \text{ .Ok}$$

- Serat bagian bawah

$$\sigma_b = - (P/F) - (P \cdot e \cdot y_b) / I + (M_{bs} \cdot y_b) / I$$

$$\sigma_b = -(350000 / 10950) - (350000 \times 71 \times 99) / 44.094.261 + (82125000 \times 99) / 44.094.261 = -$$

$$96,63 \text{ kg/cm}^2 < 171 \text{ kg/cm}^2 \text{ ..Ok}$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Konstruksi Rangka Baja (awal)

Gelagar Induk ( Rangka Baja )

Setelah di lakukan analisis statika dengan memakai metode cremona didapat :

- Batang tepi gaya bawah maksimum = 433.020 kg (tarik)
- Batang tepi atas gaya maksimum = 433.020 kg (tekan)
- Batang diagonal gaya maksimum = 173.220 kg (taril/tekan)

### 2. Konstruksi Beton Prategang (alternatif)

#### a. Perencanaan Awal

Gaya prategang = 821,25 tm  
 Momen akibat berat sendiri = 82.125.000 kg.cm

#### b. Tegangan pada keadaan awal (Plat lantai belum dicor)

$$\sigma_a = - 143,67 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b = - 96,63 \text{ kg/cm}^2$$

#### c. Setelah kehilangan tegangan 20%

$$\sigma_a = - 146,972 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b = - 114,181 \text{ kg/cm}^2$$

#### d. Setelah plat beton bertulang selesai dicor

$$\sigma_a = - 14,883 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b = - 37,875 \text{ kg/cm}^2$$

#### e. Setelah dimuati beban hidup

$$\sigma_a = - 33,67 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b = - 57,94 \text{ kg/cm}^2$$

Semua gaya yang terjadi diatas masih dalam keadaan amam yaitu tegangan yang terjadi lebih kecil dari tegangan ijin yaitu 171 kg/cm<sup>2</sup>.



## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan hasil perencanaan bangunan atas jembatan Awang II yaitu perhitungan perencanaan konstruksi rangka baja dan konstruksi beton prategang disimpulkan bahwa perubahan konstruksi bangunan atas dengan menggunakan beton prategang dimensi tinggi 185 adalah aman. Semua tegangan yang terjadi baik pada serat atas maupu pada serat bawah lebih kecil dari tegangan ijinnya yaitu sebesar  $171 \text{ kg/cm}^2$

### Saran-Saran

Penggunaan bangunan atas dari beton prategang pada jembatan hususnya pada jembatan awang dapat menjadi alternatif dengan beberapa alasan : poroduksi baloknya di indonesia dan juga disamping bahan bakunyan mudah didapat

Di samping itu efisiensi waktu pelaksanaan pekerjaan karena jembatan yang menggunakan konstruksi rangka baja harus di pesan dulu dari pabrik dan memakan waktu yang lama, sedangkan beton prategang mudah dan bisa di buat dilokasi..

## DAFTAR PUSTAKA

Heniz Frick,. 1998. *Mekanika Teknik* I Edisi V, Penerbit Kanisius.

N. Krisna Raju, 1989. *Beton Prategang* Edisi ke II, Penerbit Airlangga.

T. Y. Lin Ned h,1993. *Design Struktur Beton Prategang*. Jilid I Edisi Ke III Penerbit Airlangga,

Anonim, 2981. *Pedman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya*. Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan Badan Penerbit PU Jakarta

V. Sungono Kh, 1984. *Buku Teknik Sipil*, Penerbit Nova Bandung

Winarni Hadipratmo, tt. *Struktur Beton Prategang Teori dan Prinsip Design*.