

## PERENCANAAN BALOK PRATEGANG TOWER SYARIAH UNIVERSITAS AIRLANGGA SURABAYA

Pamungkas Imanda<sup>1</sup>, Sudarmanto<sup>2</sup>, Djoko Trijanto<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: [imandaprisma@gmail.com](mailto:imandaprisma@gmail.com)<sup>1</sup>, [sudarmanto@polinema.com](mailto:sudarmanto@polinema.com)<sup>2</sup>, [djokotrijanto@polinema.ac.id](mailto:djokotrijanto@polinema.ac.id)<sup>3</sup>

### ABSTRAK

Konstruksi balok dikembangkan dengan cara memasukkan kabel / tendon pada balok sehingga dapat menahan tegangan dengan lebih baik dan memperpanjang bentang balok dengan kekuatan yang baik yang disebut balok prategang. Balok prategang dengan metode tarikan pasak digunakan pada konstruksi Menara Syariah Universitas Airlangga. Penelitian ini dilakukan untuk mengganti desain balok prategang dengan mencari pembebanan struktur, menentukan posisi tendon, dan mengetahui tegangan pada balok beton. Menara Syariah Universitas Airlangga berlokasi Jl. Dharmawangsa Dalam Selatan No.30, Airlangga, Gubeng memiliki luas 64 m x 39 m, dan 13 lantai yang masing-masing lantai tingginya 4 m. Data yang dibutuhkan adalah gambar kerja, cara pelaksanaan, pembebanan data dan harga kegiatan Pokok Kota Surabaya 2017. Aturan yang digunakan adalah PPIUG 1987, SNI-1726-2002, SNI 2847: 2013 Perhitungan struktur dilakukan dengan menggunakan STAAD PRO v8i dan MS. Excel. Pergantian tersebut menghasilkan momen ultimit balok pra-tegangan 801.485kN.m pada ujung balok, momen strip; 274.772kNm, dan momen geser 339.555kN dan menggunakan 3 tendon masing-masing memiliki 5 untai  $\phi$  9.3mm; dan posisi tendon 1 dan 2 di tengah balok 0,35 m dari balok bawah; tendon 3 0,10m dari balok bawah; posisi tendon 1 dan 2 pada ujung balok 0,70 m dari balok bawah; tendon 3 posisi 0,45m dari balok bawah; 4 kombinasi tegangan beton yang berbeda: (1) -3,693.919kPa tegangan tekan; dan tegangan tarik -1,826.383kPa; dan (2)-4,479.115kPa tegangan tekan dan -3,147.400kPa tegangan tarik (3) -4,721.563kPa tegangan tekan dan -2,904.952kPa tegangan tarik (4) -5,558.427kPa tegangan tekan dan -2,068.088kPa tegangan tarik. Keempat kombinasi tegangan beton tersebut tidak melebihi standar yang dipersyaratkan, artinya balok tersebut aman.

**Kata kunci:** alternative; balok pra-tegangan; penarikan pasca-tegangan; tendon

### ABSTRACT

*The construction of the beam has developed by inserting a cable / tendon in the beam so that it can withstand the stress better and extend the beam span with good strength called pre-stressed beam. Pre-stressed beam with post-tension withdrawal method is used on construction of the Syariah Tower Airlangga University. This study was conducted to alternate the design of pre-stressed beam by finding the loading of the structure, determining the position of the tendon, and finding out the stress of the concrete beam. Syariah Tower Airlangga University located Jl. Dharmawangsa Dalam Selatan No.30, Airlangga, Gubeng has 64 m x 39 m, and 13 floors each floor has 4 m high. The data needed are working drawings, implementation method, Loading data and price of main activities of Surabaya city 2017. The rules used are PPIUG 1987, SNI-1726-2002, SNI 2847 : 2013 Structure calculation was done using the STAAD PRO v8i and MS. Excel. The alternation resulted in 801.485kN.m pre-stressed beam ultimate moment on the ends of the beam, strip moment; 274.772kNm, and 339,555kN shear moment is and using 3 tendon each having 5 strands of  $\phi$  9.3mm; and the position of tendon 1 and 2 on the center of the beam 0.35m from bottom beam; tendon 3 0.10m from bottom beam; positions of tendon 1 and 2 on the ends of the beam 0.70m from the bottom beam; tendon 3 position 0.45m from the bottom beam; 4 different combinations of the concrete stress: (1) - 3,693.919kPa compressive stress; and -1,826.383kPa tensile stress; and (2)-4,479.115kPa compressive stress and - 3,147.400kPa tensile stress (3) -4,721.563kPa compressive stress and -2,904.952kPa tensile stress (4) -5,558.427kPa compressive stress and -2,068.088kPa tensile stress. The four concrete stress combinations are not over than the required standard, meaning the beam is safe.*

**Keywords:** alternative; pre-stressed beam; post-tension withdrawa; tendon

## 1. PENDAHULUAN

### Latar belakang

Konstruksi bangunan di era modern kini di bangun ke arah vertical karena semakin terbatasnya lahan untuk bangunan dan semakin padatnya bangunan baru . maka dari itu bangunan gedung bertingkat tinggi harus mempunyai struktur yang sangat kuat . struktur konstruksi meliputi balok ,kolom , dan pondasi. Struktur yang kuat bukan berarti di bangun dengan dimensi yang besar atau melebihi lebihkan tetapi juga harus efisien di karenakan nantinya berpengaruh kepada biaya bangunan.

Balok prategang mempunyai dua metode yang berbeda beda yaitu metode *pre-tension* adalah metode dengan prinsip penarikan kabel tendon dengan alat bantu sebelum balok prategang mengeras dan metode *post-tension* adalah penarikan kabel tendon pada balok prategang dengan alat bantu setelah balok mengeras atau balok sudah mencapai kekuatan lebih dari 80%. Pembangunan pada gedung syariah tower universitas airlangga menggunakan balok prategang dengan metode penarikan *post-tension* Maka penulis akan mengambil judul “Perencanaan balok prategang syariah tower universitas airlangga “

### Rumusan masalah

Rumusan masalah yang terjadi pada proyek Pembangunan Syariah Tower adalah sebagai berikut:

1. Berapa pembebanan pada pembangunan Syariah Tower Universitas Airlangga Surabaya Balok Prategang Metode Post-tension?
2. Bagaimana mentukan letak tendon pada Syariah Tower Universitas Airlangga Surabaya Metode Balok Prategang Metode Post-tension ?
3. Berapa tegangan kombinasi yang terjadi pada pembangunan Syariah Tower Universitas Airlangga Surabaya dengan Metode Balok Prategang Metode Post-tension ?

### Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merencanakan Pembebanan pada pembangunan Syariah Tower Universitas Airlangga Surabaya dengan Balok Prategang Metode Post-tension.
2. Menentukan letak tendon pada Syariah Tower Universitas Airlangga Surabaya Metode Balok Prategang Metode Post-tension .

3. Menghitung besaran tegangan yang terjadi pada balok prategang pembangunan Syariah Tower Universitas Airlangga Surabaya .

### Batasan masalah

Mengingat luasnya permasalahan dalam perencanaan ini maka penyusun membatasi permasalahan yang akan dibahas meliputi :

1. Pekerjaan struktur yang akan ditinjau pada pembangunan Tower Syariah Universitas Airlangga Surabaya meliputi sebagian pekerjaan balok prategang
2. Beban gempa di modelkan dengan beban equivalen
3. Perhitungan desain struktur balok untuk metode post-tension
4. Tidak menghitung Struktur Bawah.
5. Selama pelaksanaan studi alat bantu menggunakan aplikasi Autocad 2013, Microsoft Project Profesional 2007, StaadPro 2007 dan Microsoft Excel 2007.

### Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui metode pelaksanaan yang lebih efisien dari segi biaya dan waktu.
2. Bagi mahasiswa agar lebih memahami pengetahuan serta pengalaman tentang perencanaan metode sistem post-tension .
3. Bagi pihak kontraktor pelaksana dapat menjadikan hasil studi ini sebagai acuan dalam mengambil keputusan pada pelaksanaan pekerjaan konstruksi gedung terutama pada gedung .

## 2. METODE

Prategang pada dasarnya merupakan suatu beban yang menimbulkan tegangan dalam awal sebelum pembebanan luar dengan besar dan distribusi tertentu bekerja sehingga tegangan yang dihasilkan dari beban luar dilawan sampai tingkat yang diinginkan. Gaya pratekan dihasilkan dengan menarik kabel tendon yang ditempatkan pada beton dengan alat penarik. Setelah penarikan tendon mencapai gaya/tekanan yang direncanakan, tendon ditahan dengan angkur, agar gaya tarik yang tadi dikerjakan tidak hilang. Penarikan kabel tendon dapat dilakukan baik sebelum beton dicor (pretension) atau setelah beton mengeras (post-tension). (Edward G. Nawy, 2001)

### Pembebanan

Pembebanan standar ini memuat ketentuan beban minimum untuk merancang bangunan gedung dan struktur lain. Beban dan kombinasi pembebanan yang sesuai, telah dikembangkan dan harus digunakan bersama, baik untuk perancangan dengan metode kekuatan ataupun perancangan dengan metode tegangan izin. Untuk kuat rancang dan batas tegangan izin, spesifikasi perancangan bahan bangunan konvensional yang digunakan pada bangunan gedung dan modifikasinya yang dimuat dalam standar ini harus diikuti.

### Perhitungan balok prategang

#### 1. Perhitungan Tahap transfer

Tahap transfer adalah tahap beton sudah mulai setting dan beban yang bekerja hanya beban mati sendiri pada tahap ini beban hidup belum bekerja sehingga momen yang bekerja minimum sedangkan gaya yang bekerja maksimum karena belum adanya kehilangan gaya prategang

Penentuan posisi tendon Menurut Ir sutoyo perhitungan penentuan posisi tendon balok prategang dengan penentuan posisi letak batas maksimal tendon (kern) agar tidak terjadi tarik pada balok prategang.

#### A. Posisi tendon tengah bentang

Dengan perhitungan rumus momen statis tendon terhadap alas

$$Z_o = y_b - e_s$$

Momen statis tendon terhadap alas

$$n_s * Z_o = n_1 * a + n_2 * (a + y_d)$$

$$y_d = n_s * \frac{Z_o - a}{n_2}$$

#### B. Posisi tendon tumpuan

Setelah posisi tendon di tengah bentang sudah diketahui maka kita menentukan posisi tendon di tumpuan dengan persamaan rumus sebagai berikut

Persamaan rumus :

$$\sum n_i * y_d = n_s * y_e$$

$$\frac{y_e}{y_d'} = \frac{\left[ \sum n_i * y_d' \right]}{n_s}$$

$$y_e = y_b - a'$$

$$y_d' = y_e / \left[ \sum n_i / y_d' \right]$$

$$Z_o = a' + y_e = y_b$$

### Perhitungan Tegangan Balok

Kombinasi tegangan balok prategang adalah sebagai berikut

Kombinasi 1 = Berat sendiri + Susut regang + Berat mati tambahan

Kombinasi 2 = Berat sendiri + Susut regang + Prategang + Berat mati tambahan

Kombinasi 3 = Berat sendiri + Susut regang + Prategang + Berat mati tambahan + beban hidup

Kombinasi 4 = Berat sendiri + Susut regang + Prategang + Berat mati tambahan + beban hidup + Beban Gempa

### Data Lokasi Proyek

Data lokasi proyek pembangunan gedung tower syariah universitas airlangga surabaya sebagai berikut :

Lokasi proyek : Jl. Dharmawangsa Dalam Selatan No.30, Airlangga, Gubeng, Kota SBY, Jawa Timur 60286

Jumlah lantai : 13 lantai

Tinggi tiap lantai : 4m

Data Perencanaan Struktur

#### A. Dimensi Balok

- 1). Mutu Beton : K-400
- 2). Kuat Tekan Beton (f'c) : 35 MPa
- 3). Lebar Balok (bw) : 500 mm
- 4). Panjang Balok (d) : 800 mm
- 5). Tebal Pelat Lantai (hf) : 200 mm
- 6). Tebal Selimut Beton (d') : 25 mm

#### B. Mutu Baja

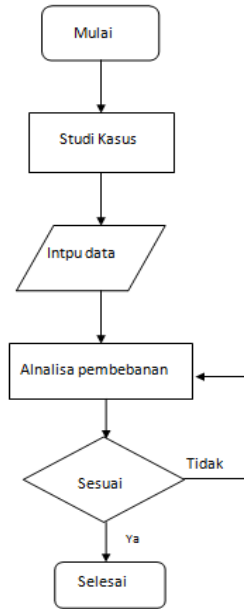
1. Modulus Elastisitas Beton (E) : 200.000 Mpa
  2. Mutu Tulangan Ulir : 40 Mpa
  3. Tegangan Leleh Baja Ulir : 400 Mpa
  4. Tegangan Leleh Baja Polos : 200 Mpa
  5. Diameter Tulangan Utama : Ø 22
  6. Diameter Tulangan Geser : Ø 12 d
- $$: h - p - \frac{1}{2} Dt - Ds$$
- $$: 800 - 25 - \frac{1}{2} 22 - 12$$
- $$: 752$$

#### C. Mutu Kabel Strand Prategang

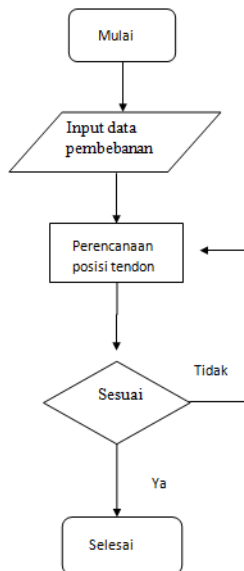
- 1). Tegangan Leleh Strand (Fpy) : 1580 Mpa
- 2). Kuat Tarik Strand (Fpu) : 1860 Mpa
- 3). Diameter Nominal Strands : 9,3 mm<sup>2</sup>
- 4). Luas Tampang Nominal Satu Strands (Ast) : 54,7 mm<sup>2</sup>
- 5). Beban putus satu strands (Pbs) : 102 kN
- 6). Jumlah kawat prategang : 5 buah

7). Luas tampang strands : 714 mm<sup>2</sup>

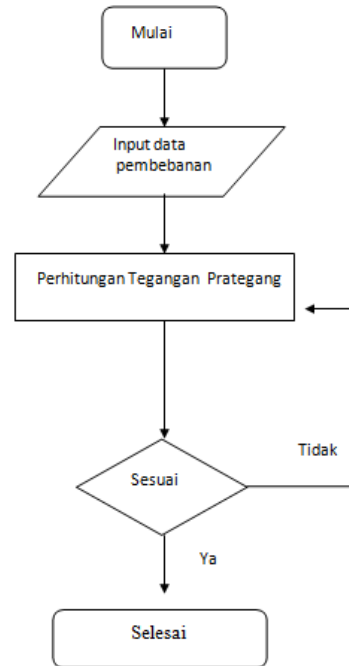
8). Beban putus suatu tendon (Pb1) : 714 kN



Gambar 1. Flow chart Perhitungan pembebanan



Gambar. 2 Flow Chart Perencanaan Posisi tendon



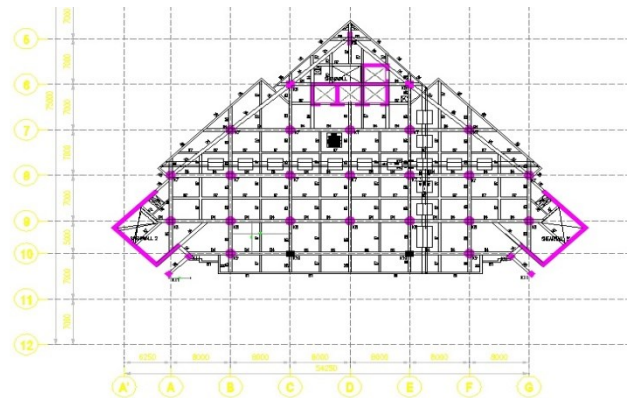
Gambar 3. Flow chart Perhitungan tegangan

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam metode pembahan dibawah adalah perhitungan pembebanan pada balok prategang posisi tendon pada balok dan teganganb yang terjadi pada balok prategang berikut adalah gambar denah Universitas Airlangga Surabaya .

#### Pembebanan balok prategang

Perhitungan Pembebanan balok prategang Universitas airlangga Surabaya sebagai Berikut hasil perhitungan bidang dari *stadpro* pada balok Maka di ambil nilai maksimum pada beam no 5 kombinasi 2



Gambar. 2 Pembebanan Balok Prategang

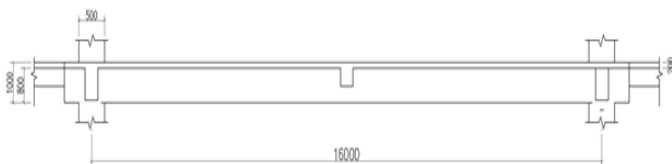
**Tabel 1.** Kombinasi pembebanan balok

Balok	Beban	Jarak (m)	Gaya geser (kN)	Momen ultimate (kN/m)
5	KOMBINASI BEBAN 1	0	34539.167	784.209
		4	18328.751	56.332
		8	2118.335	-241.691
		12	14862.983	126.405
		16	25821.251	718.332
		KOMBINASI BEBAN 2	0	34624.935
4	18220.326		29.904	
8	1815.717		-274.772	
12	15249.668		89.967	
16	27152.436		745.019	
KOMBINASI BEBAN 3	0		32742.461	752.995
	4	17279.088	36.797	
	8	1815.716	-249.419	
	12	-14308.43	96.859	
	16	25269.961	696.529	
	KOMBINASI BEBAN 4	0	22203.749	504.134
4		11782.768	36.213	
8		1361.787	-155.373	
12		-9554.776	81.26	
16		16599.376	461.785	

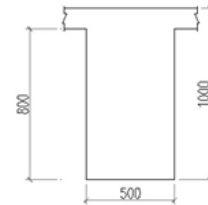
Sumber: hasil Perhitungan

**Perhitungan Posisi Tendon**

Berikut adalah potongan memanjang dan melintang balok prategang Universitas Airlangga Surabaya.



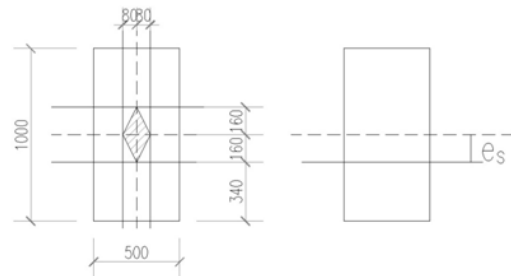
**Gambar 3.** Potongan Memanjang Balok prategang



**Gambar 4.** Potongan Melintang Balok Prategang

**Posisi Tendon Balok Prategang**

Dengan perhitungan pembebanan pada balok prategang tendon yang di gunakan sebanyak 3 buah dan memakai 5 strand pada tiap tendon .sebelum menentukan posisi tendon kita harus menentukan posisi kren pada balok prategang ,berituh perhitungan posisi kern pada balok prategang .



**Gambar 5.** Kern Balok Prategang

Sumber: hasil Perencanaan

Perhitungan Posisi tendon pada tengah bentang

**Tabel 2.** Posisi tendon tumpuan

No	Posisi tendon tumpuan X=0,0 (m)	Zi (m)
1	Z1' = a' + yd'	0,70
2	Z2' = a' + yd'	0,70
3	Z3' = a'	0,45

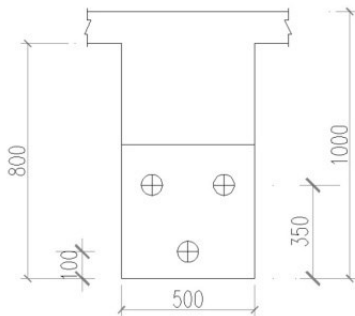
Sumber: hasil Perhitungan

**Tabel 3.** Posisi tendon tengah bentang

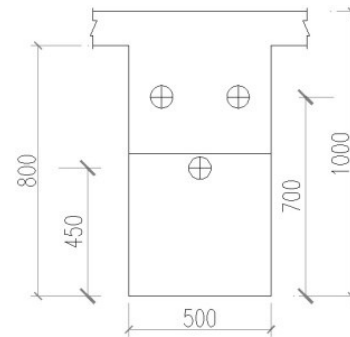
No	Posisi tendon tengah bentang X=8 m	Zi (m)	fi = Zi'- Zi (m)
1	Z1 = a' + yd'	0,350	0,350
2	Z2 = a' + yd'	0,350	0,350

No	Posisi tendon tengah bentang X=8 m	Zi (m)	fi = Zi'/Zi (m)
3	Z3 = a'	0,1	0,350

Sumber: hasil Perhitungan



Gambar 6. Posisi tendon pada tengah bentang  
Sumber: Hasil Perencanaan



Gambar 7. Posisi tendon pada ujung bentang  
Sumber: Hasil Perencanaan

**Perhitungan tegangan balok prategang**

Perhitungan Kombinasi Tegangan Balok Prategang tegangan balok prategang adalah sebagai berikut :

- Kombinasi 1 = Berat sendiri + Susut regang + Berat mati tambahan
- Kombinasi 2 = Berat sendiri + Susut regang + Prategang + Berat mati tambahan
- Kombinasi 3 = Berat sendiri + Susut regang + Prategang + Berat mati tambahan + beban hidup
- Kombinasi 4 = Berat sendiri + Susut regang + Prategang + Berat mati tambahan + beban hidup + Beban Gempa

**Tabel 4. Kombinasi Tegangan 1**

Teg	Berat Sendiri	Berat Mati Tambahan	Susut Regang	Prategang	Gempa	Tegangan Kombinasi	Ket
f'ac	-660	-660	-2776.85	-	-	-3388.448	Ok
F'ac	660	660	-2865.08	-	-	-830.136	Ok

Sumber: hasil Perhitungan

**Tabel 5. Kombinasi Tegangan 2**

Teg	Berat Sendiri	Berat Mati Tambahan	Susut Regang	Prategang	Gempa	Tegangan Kombinasi	Ket
f'ac	-660	-660	-2776.85	-785.196	-	-4036.235	Ok
F'ac	660	660	-2865.08	-1321.017	-	-1919.975	Ok

Sumber: hasil Perhitungan

**Tabel 6. Kombinasi Tegangan 3**

Teg	Berat Sendiri	Berat Mati Tambahan	Susut Regang	Prategang	Hidup	Tegangan Kombinasi	Ket
f'ac	-660	-600	-2776.85	-785.196	-242.448	-4278.683	Ok
F'ac	660	600	-2865.08	-1321.017	242.448	-1677.527	Ok

Sumber: hasil Perhitungan

Tabel 7. Kombinasi Tegangan 4

Teg	Berat Sendiri	Berat Mati Tambahan	Susut Regang	Prategang	Gempa	Hidup	Tegangan Kombinasi	Ket
f'ac	-660	-600	-2776.85	-785.196	-836.864	-242.448	-5115.547	Ok
F'ac	660	600	-2865.08	-1321.017	836.864	242.448	-840.663	Ok

Sumber: hasil Perhitungan

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### Kesimpulan

Penyusunan skripsi dengan judul perencanaan balok prategang Tower Syariah Universitas Airlangga Surabaya dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perencanaan pembebanan yang di gunakan pada perencana balok prategang Tower Syariah Universitas Airlangga Surabaya beban gravitasi dan beban gempa dengan perhitungan menggunakan aplikasi STAAD.pro v8i sehingga menghasilkan Momen ultimate di tumpuan sebesar 823.033 kN.m, momen ultimate di lapangan = -288.51 kN.m dan momen geser sebesar 35397,74 kN.
2. Perencanaan posisi tendon pada balok prategang Tower Syariah Universitas Airlangga Surabaya adalah balok prategang membutuhkan 3 tendon masing masing tendon membutuhkan 5 strand dan posisi tendon 1,2 di tengah bentang berada pada 0,35 m dari bawah balok untuk tendon 3 berada pada 0,15 m dari bawah balok . Posisi di tumpuan balok tendon 1,2 berada 0,70 m dari bawah balok dan untuk tendon 3 berada pada 0,45 m dari bawah balok.
3. Perencanaan tegangan yang terjadi pada balok prategang Tower Syariah Universitas Airlangga Surabaya adalah tegangan yang terjadi akibat beban sendiri, akibat beban mati tambahan, akibat susut dan rangkakan dan akibat beban gempa. Dari tegangan tersebut di hasilkan 4 kombinasi tegangan,
  - a) Kombinasi 1 Menghasilkan  
tegangan tekan = -3693.919 kPa  
tegangan Tarik = -1826.383 kPa
  - b) Kombinasi 2 menghasilkan  
tegangan tekan = -4479.115 kPa  
Tegangan Tarik = -3147.400 kPa
  - c) Kombinasi 3 menghasilkan  
tegangan tekan = -4721.563 kPa  
Tegangan Tarik = -2904.952 kPa
  - d) Kombinasi 4 menghasilkan  
tegangan tekan = -5558.427 kPa  
Tegangan Tarik = -2068.088 kPa

Untuk kontrol tegangan tekan  $Fc' = -0.45 * fc' = -14940$  kPa dan untuk tegangan tarik  $Fc = 0.5 * \sqrt{Fc'} = 91.104$  kPa. dengan kontrol tegang di atas kombinasi tegangan tidak melebihi kontrol tegang sehingga kombinasi tegang di atas aman.

##### Saran

Dalam penyusunan perencanaan balok prategang meliputi beberapa item rencana pekerjaan sehingga dapat mencapai target yang diinginkan seperti pembebanan pada balok , posisi tendon dan strand pada balok prategang serta tegangan yang terjadi pada balok prategang . Untuk membantu dalam penulisan skripsi yang sebidang , maka perlu di perhatikan hal – hal seperti berikut :

1. Dalam perencanaan beban terlebih dahulu meninjau beban gravitasi yang di terima oleh balok prategang seperti beban balok anak beban plat.Untuk beban gempa yang harus di perhatikan lokasi proyek dan beban bangunan proyek .
2. Penentuan posisi tendon dan strand pada balok prategang yang harus di perhatikan adalah posisi kern pada balok prategang , posisi balok anak yang menunpu pada balok prategang ,dan posisi tulangan yang ada pada balok prategang . Sehingga di hasilkan posisi tendon yang efektif .
3. Penentuan Tegangan kombinasi yang terjadi pada balok prategang harus di kontrol untuk tegangan ijin tekan tidak boleh melebihi  $Fc' = -0.45 * 33200 = -14940$  kPa dan untuk tegangan ijin tarik tidak boleh melebihi  $Fc = 0.5 * \sqrt{33200} = 91.104$  kPa

##### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ilham, Noer .2008. Perhitungan Balok Prategang (PCI-GIRDER) Jembatan Srandakan Kulon Progo D.I.Yogyakarta.
- [2] Nawy, Edward G.2001. Beton prategang edisi ketiga jilid 1

- [3] Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung, 1987
- [4] Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, SNI 2847:2013
- [5] Soetoyo, Konstruksi Beton Pratekan  
<http://ridadesyani.blogspot.co.id/2014/03/pembuatan-balok-beton-prategang.html>
- [6] <http://iptek.its.ac.id/index.php/jats/article/view/2756>
- [7] <https://www.academia.edu/6891722/>  
PENGAPLIKASIAN BETON PRATEGANG
- [8] <http://ejournal.untag-smd.ac.id/index.php/TEK/article/view/2251>
- [9] <http://physic-and-civilengineering.blogspot.co.id/2012/06/beton-prategang-n-krishna-raju-penerbit.html>
- [10] <http://www.ilmulabtekniksipil.id/2016/04/beton-prategang.html>