

PERENCANAAN ULANG GEDUNG REKTORAT INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA MENGUNAKAN SISTEM BALOK *PRESTRESS*

Dwijayanto B Lambang^{*1}, Marwanto², Ismanto Hadisaputro³

^{1,2,3}Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, Jl. Babarsari No 1. Depok, Sleman, Yogyakarta, Telp: (0274) 485390, 486986 Fax: (0274) 487249

e-mail : ^{*}dwilambang1998@gmail.com, ²marwanto@itny.ac.id, ³ismanto@itny.ac.id

Abstrak

Pada struktur dengan bentang panjang, struktur beton bertulang biasa tidak cukup untuk menahan tegangan lentur sehingga terjadi retak-retak didaerah yang mempunyai tegangan lentur, geser atau puntir yang tinggi. Timbulnya retak pada penampang beton bertulang disebabkan pada saat terjadi tegangan elastis pada penampang, tegangan tarik sangat kecil sehingga tulangan beton bertulang tidak efektif menahan beban sehingga dikembangkannya suatu material baru seperti balok prestress. Balok prestress merupakan penerapan gaya pratekan pada balok sedemikian rupa sebelum dikerjakan beban laur, guna meniadakan tegangan tarik serat beton yang terjadi saat beban luar bekerja.

Dalam penelitian ini, variabel yang dikembangkan adalah tegangan tarik dan tekan, jumlah strand, lokasi tendon, gaya prategang awal, kehilangan gaya prestress serta penulangan non-prategang.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan balok prestress yang digunakan aman terhadap momen retak, gaya geser dan lendutan untuk digunakan dalam perencanaan.

Kata kunci: struktur, balok prestress, tegangan.

Abstract

In long-span structures, ordinary reinforced concrete structures are not sufficient to withstand the bending stress so that cracks occur in areas that have high bending, shear or torsional stresses. The emergence of cracks in the reinforced concrete section is caused when the elastic stress occurs in the section, the tensile stress is very small so that the reinforced concrete is not effective in holding the load so that a new material is developed such as a prestress beam. A prestress beam is the application of a prestressed force to the beam in such a way before it is carried out by laur loads, in order to eliminate the tensile stress of the concrete fibers that occurs when the external load works.

In this study, the variables developed were tensile and compressive stresses, number of strands, tendon location, initial pre-stress forces, loss of prestress forces and non-prestressed reinforcement.

Based on these results, it can be concluded that the prestress beam used is safe against cracking moments, shear forces and deflection for use in planning.

Keywords : structure, prestress beam, stress.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada Beton *prestress* yang saat ini sering kita gunakan merupakan hasil penelitian yang dilakukan oleh para insinyur dan ilmuwan dalam bidang teknik sipil selama kurun waktu tertentu. Di samping itu, beton *prestress* mempunyai kelebihan dibandingkan dengan beton bertulang biasa, salah satunya dapat menghemat dimensi struktur yang direncanakan sehingga pemanfaatan ruangan lebih optimal dan dengan kekuatan yang sama atau lebih tinggi dari beton bertulang biasa.

Beton *prestress* merupakan kombinasi beton mutu tinggi dan baja mutu tinggi yang kemudian diangkurkan pada beton. Dipilihnya beton mutu tinggi dalam perencanaan agar tidak hancur ketika menerima gaya *prestress* dan dipilihnya baja mutu tinggi agar baja mampu menerima gaya tarik akibat gaya *prestress* dan gaya luar yang disebabkan oleh beban hidup. Dengan dilakukan penarikan pada baja diharapkan baja dapat digunakan dengan efektif. Apabila baja tidak dilakukan penarikan atau hanya dipasang seperti penulangan biasa akan mengakibatkan retak pada daerah tarik. Hal ini tentunya tidak diinginkan. Karena keuntungan dari beton *prestress* diatas, maka balok beton bertulang biasa Gedung Rektorat ITNY pada lantai 3 dan 4 akan diganti menjadi balok beton *prestress*. Penggantian dari balok beton bertulang biasa ke balok beton *prestress* disebabkan fungsi ruangan tersebut sebagai ruangan dosen, ruangan pertemuan dan ruangan serbaguna sehingga alangkah baiknya bila tidak ada kolom di tengah-tengah ruangan tersebut. Dan akibat dari pengurangan dari kolom adalah bertambahnya dimensi pada balok beton bertulang biasa, karena besarnya beban akan secara langsung diterima oleh balok tanpa ada bantuan kolom, yang awal mulanya dipakai untuk menerima beban pada titik tersebut. Karena bertambahnya dimensi dari struktur balok tersebut, maka *space* tinggi ruangan akan berkurang. Maka dari itu dicoba menggunakan balok *prestress* yang bisa didisain dengan penampang yang lebih ramping dari balok beton biasa.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang terjadi pada ruas Jalan Laksda Adisutjipto km 6,3-6,8 Berdasarkan latar belakang yang diuraikan diatas, maka dapat diambil suatu rumusan masalah yang akan digunakan sebagai acuan. Adapun rumusan masalah tersebut yaitu bagaimana cara mendesain struktur Gedung bertingkat tinggi yang kuat dan aman, dengan menggunakan balok *prestress* yang mampu bertahan terhadap guncangan gempa.

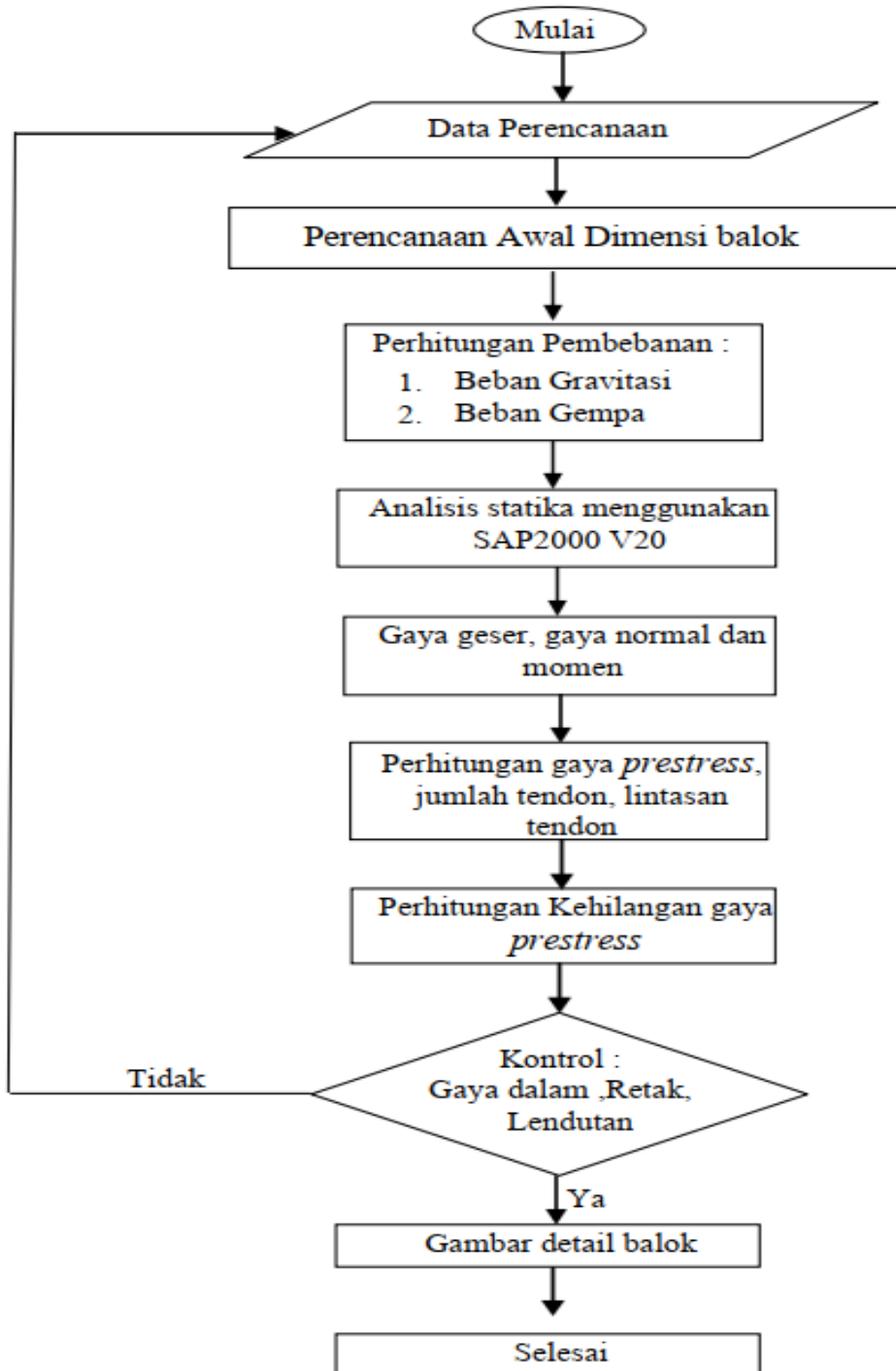
2. METODE PENELITIAN

2.1 Metode Perencanaan

- a) Tahap 1 Tahap persiapan yaitu tahapan dalam mempersiapkan data-data yang akan dipergunakan dalam perencanaan.
- b) Tahap 2
Tahap selanjutnya adalah perencanaan dimensi balok.
- c) Tahap 3
Perencanaan pembebanan dengan kombinasi beban hidup dan beban mati dan beban mati tambahan.
- d) Tahap 4
Analisis Struktur dengan menggunakan bantuan program SAP 2000 versi 20 untuk mendapatkan besarnya nilai momen, gaya geser, gaya dalam pada struktur.
- e) Tahap 5
Perhitungan gaya *prestress* awal dan setelah beban layan bekerja serta menentukan jumlah dan lintasan tendon yang dibutuhkan.
- f) Tahap 6
Tahap selanjutnya yaitu menghitung besar kehilangan gaya akibat pemberian gaya *prestress* pada balok.

- g) Tahap 7
Kontrol terhadap gaya yang geser, momen dan Lendutan yang diperoleh dari perhitungan.
- h) Tahap 8
Tahap pengambilan kesimpulan berdasarkan hasil analisis yang telah diperoleh sehingga dibuat suatu kesimpulan yang sesuai dengan hasil perencanaan.

2.2 Bagan Alir Perencanaan

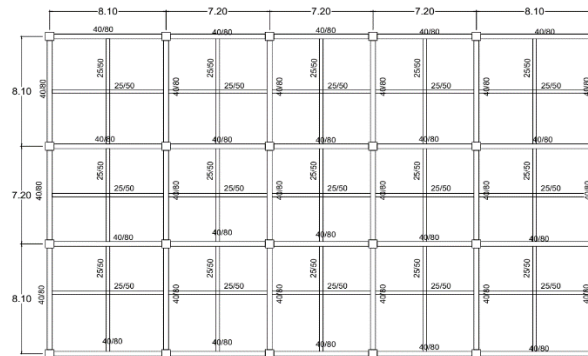


Gambar 2. Diagram Alir Perencanaan

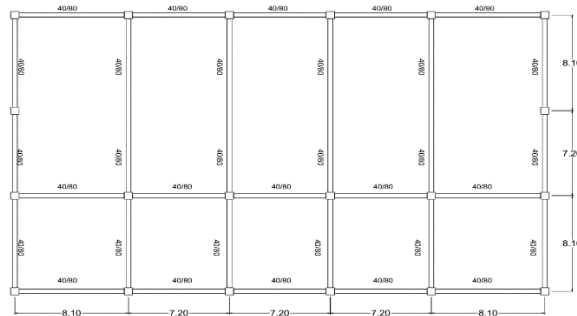
2.3 Data Perencanaan

Mutu bahan untuk perencanaan ulang

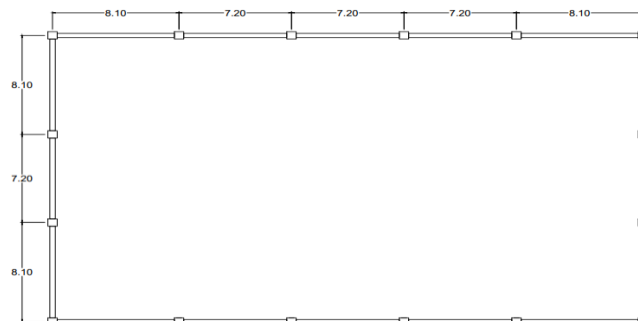
1. Mutu beton = 40 Mpa
2. Menggunakan 7 *wire strand* (*grade 270*) pada sistem *prestress* dengan data-data sebagai berikut ;
 - a. Diameter nominal = 12,7 mm
 - b. Luas nominal satu *strand* = 98,7 mm²
 - c. Tensile strength(f_{pu}) = 1860 MPa
 - d. Beban putus satu *strand* = 183,7 kN
 - e. Modulus elastisitas (E_{ps}) = $1,95 \times 10^5$ MPa
 - f. Yield strength = 0,90
 - g. $f_{py} = 1674$ MPa (untuk jenis low relaxation $\rho_p = 0,28$)
 - h.



Gambar 2. Denah Lantai 1 dan 2



Gambar 3. Denah lantai 3 dan 4



Gambar 4. Denah lantai 5

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pembebanan

1. Beban Tetap

Tabel 1. Pembebanan beban tetap

| | |
|-------------------------------|------------------------|
| Beban Mati | |
| Beban Atap | 1294,65 kN |
| Pelat lantai 1-5 (Q_{DL}) | 1,74 kN/m ² |
| Beban Tambahan (S_{DL}) | 9 kN/m |
| Beban Hidup | |
| Atap | 11,5 kN |
| Lantai | 2,4 kN/m ² |

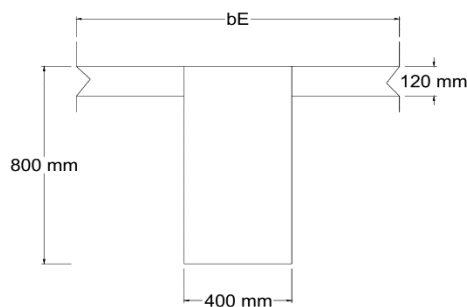
2. Beban Gempa

- a. Fungsi Gedung = Gedung Perkantoran
- b. Kategori Resiko = II
- c. Faktor Keutamaan = 1,0
- d. Koefisien situs F_a = 1,0
- e. Koefisien situs F_v = 1,534
- f. S_{MS} = 1,2820 g
- g. S_{MI} = 0,7148 g
- h. S_{DS} = 0,8547 g
- i. S_{DI} = 0,4765 g
- j. Kategori Desain = D
- k. Sistem Rangka = SRPMK

Tabel 2. Rekapitulasi distribusi gaya lateral portal

| Lantai | h_i (m) | W_i (kn) | $W_i \cdot h^k$ | C_{vx} | $F_i = C_{vx} \cdot V$ (kn) | Fix/4 | Fix/6 | Fix 30% | Fixy 30% |
|--------|-----------|------------|-----------------|----------|-----------------------------|---------|---------|---------|----------|
| BS | 6 | 1220.104 | 11727.404 | 0.009 | 27.869 | 6.967 | 4.645 | 2.090 | 1.393 |
| 1 | 11 | 6388.940 | 132040.686 | 0.097 | 313.784 | 78.446 | 52.297 | 23.534 | 15.689 |
| 2 | 16 | 6219.481 | 206327.770 | 0.152 | 490.321 | 122.580 | 81.720 | 36.774 | 24.516 |
| 3 | 21 | 5487.313 | 256639.029 | 0.189 | 609.881 | 152.470 | 101.647 | 45.741 | 30.494 |
| 4 | 26 | 5487.313 | 336101.981 | 0.248 | 798.719 | 199.680 | 133.120 | 59.904 | 39.936 |
| 5 | 31 | 5317.854 | 406748.752 | 0.300 | 966.605 | 241.651 | 161.101 | 72.495 | 48.330 |
| ATAP | 36 | 86.424 | 7984.439 | 0.006 | 18.974 | 4.744 | 3.162 | 1.423 | 0.949 |
| Total | | 30207.429 | 1357570.06 | | 3226.153 | | | | |

3. Perencanaan Balok Prestress



Gambar 5. Penampang balok

Tabel 3. Data Balok *Prestress*

| Data Balok Prestress | |
|----------------------|---|
| Dimensi Balok | 400x800 mm ² |
| Luas Penampang | 435200 mm ² |
| Yt | 325,882mm |
| Yb | 474,118 mm |
| e | 374,118 mm |
| Lebar efektif Balok | 2320 mm |
| Inersia Penampang | 3,539 x10 ¹⁰ mm ⁴ |
| Zt = I/yt | 108603835,1mm ³ |
| Zb = I/yb | 746481572,1mm ³ |
| $\alpha_t = Zt/Ac$ | 249,549 mm |
| $\alpha_b = Zb/Ac$ | 171,526 mm |

Tabel 4. Tegangan ijin

| | |
|----------------------|------------|
| Fti | 1,414 Mpa |
| Fci | - 19,2 Mpa |
| Fts | 3,162 Mpa |
| Ft (Berat sendiri) | -18 Mpa |
| Ft tot (Beban total) | - 24 Mpa |

Momen maksimum berat sendiri dan beban mati balok $M_o = 1062422166$ nmm

Momen maksimum akibat beban total (1,2D+1,6L) $M_T = 1763364824$ nmm

Pengecekan penampang

$$Z_{b \min} = \frac{M_{tot} - M_o}{F_{ts} - F_{ci}} = \frac{1763364824 - (0,8 \times 1062422166)}{3,162 - (0,8 \times -19,2)} = 49315791,39 \text{ mm}^3$$

$$Z_{t \min} = \frac{M_{tot} - M_o}{F_{ti} - F_{ts \text{ total}}} = \frac{1763364824 - (0,8 \times 1062422166)}{1,414 - (0,8 \times -24)} = 44311006,66 \text{ mm}^3$$

$$Z_b = 746481572,1 \text{ mm}^3 > Z_{b \min} = 49315791,39 \text{ mm}^3$$

$$Z_t = 108603835,1 \text{ mm}^3 > Z_{t \min} = 44311006,66 \text{ mm}^3$$

Maka, penampang memenuhi syarat

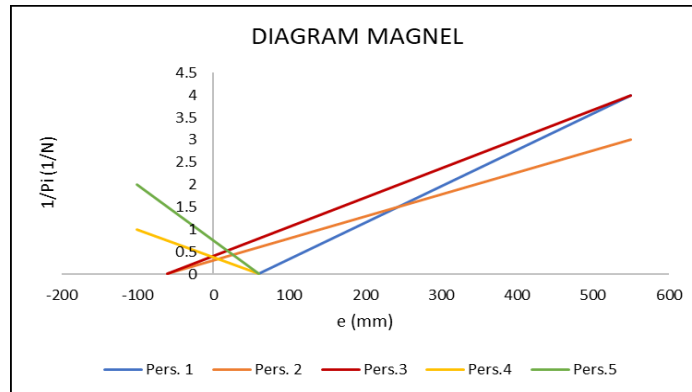
4. Penentuan Gaya prategang awal

Gaya prategang awal (Pi) akan di desain menggunakan diagram magnel dengan persamaan :

Tabel 5. Persamaan magnel

| | |
|-----------------|---|
| Persamaan (1) | $\frac{1}{P_i} \geq 9,412 \times 10^{-10} e - 3,772 \times 10^{-12}$ |
| Persamaan (2) | $\frac{1}{P_i} \geq 9,412 \times 10^{-10} e + 5,487 \times 10^{-12}$ |
| Persamaan (3) | $\frac{1}{P_i} \leq 4,537 \times 10^{-10} e + 2,645 \times 10^{-12}$ |
| Persamaan (4) | $\frac{1}{P_i} \leq -7,530 \times 10^{-10} e + 3,016 \times 10^{-12}$ |
| Persamaan (5) | $\frac{1}{P_i} \leq -4,537 \times 10^{-10} e + 1,818 \times 10^{-12}$ |

Kemudian persamaan (1) hingga persamaan (5) diatas di plot kedalam diagram magnel sebagai berikut :



Gambar 6. Diagram Magnel

Sehingga Pi ditentukan oleh persamaan 3 Dengan $e = 374,118 \text{ mm}$, maka Pi :

$$\frac{1}{P_i} \leq 4,537 \times 10^{-10} (374,118) + 2,645 \times 10^{-12}$$

$$\frac{1}{P_i} = 1,6973 \times 10^{-7} \frac{1}{N}$$

$$P_i = 5891621,5 \text{ N} = 5891,622 \text{ kN}$$

$$P_e = R. P_i = 0,8 \times 5891621,5 = 4713297,2 \text{ N} = 4713,297 \text{ kN}$$

5. Jumlah tendon

Digunakan tendon VSL tipe ASTM A416-85, tendon unit 5-31 dengan nilai $P_n = 5969 \text{ kN}$ Sehingga, jumlah tendon yang dibutuhkan :

$$n_{\text{tendon}} = \frac{6284,396}{5969} = 1,05 \sim 1 \text{ tendon}$$

Dipakai strand diameter 12,7 mm dengan beban putus satu *strand* = 183,7 kN dan 80% kuat Tarik maka *Ultimate tensile strength* = 146,96 kN

$$\text{Jumlah strand satu tendon} = \frac{4713,297}{146,96} = 32,1 \approx 33 \text{ buah}$$

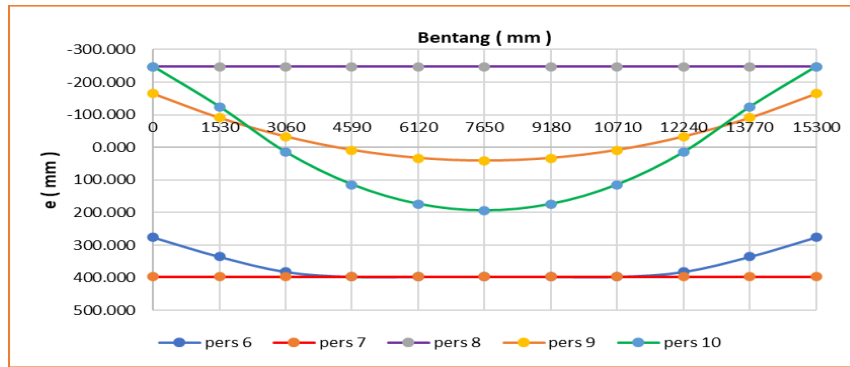
Luas *strand* (A_{ps}) = 33 x 148,4 = 4849,68 mm²
 Sehingga digunakan 33 buah strand dalam 1 tendon

6. Lintasan tendon

Tabel 6. Daerah feasible pemasangan tendon setelah dibatasi penampang

| x(mm) | 0 | 1530 | 3060 | 4590 | 6120 | 7650 | 9180 | 10710 | 12240 | 13770 | 15300 |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| pers.6 | 275.618 | 335.093 | 381.352 | 396.118 | 396.118 | 396.118 | 396.118 | 396.118 | 381.352 | 335.093 | 275.618 |
| pers.7 | 396.118 | 396.118 | 396.118 | 396.118 | 396.118 | 396.118 | 396.118 | 396.118 | 396.118 | 396.118 | 396.118 |
| pers.8 | -247.882 | -247.882 | -247.882 | -247.882 | -247.882 | -247.882 | -247.882 | -247.882 | -247.882 | -247.882 | -247.882 |
| pers.9 | -165.207 | -90.863 | -33.040 | 8.262 | 33.043 | 41.304 | 33.043 | 8.262 | -33.040 | -90.863 | -165.207 |
| pers.10 | -247.882 | -124.441 | 14.796 | 114.251 | 173.923 | 193.814 | 173.923 | 114.251 | 14.796 | -124.441 | -247.882 |

Kemudian diplot dengan hasil sebagai berikut :



Gambar 7. Daerah feasible pemasangan tendon setelah dibatasi penampang

Untuk menentukan tendon berada di dalam daerah feasible, maka akan di hitung posisi tendon yang terpasang berdasarkan persamaan berikut :

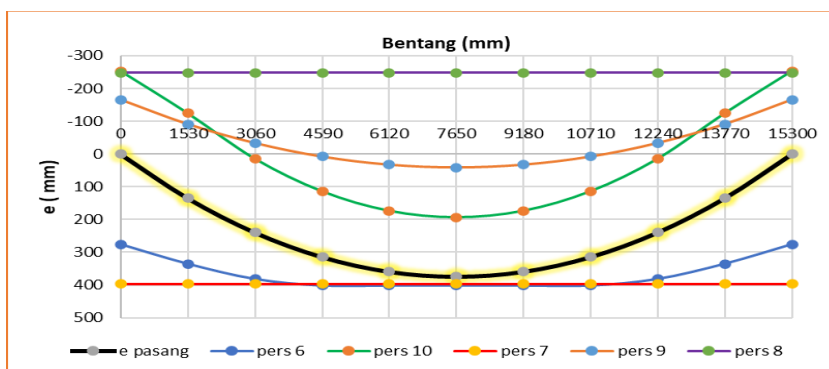
$$\begin{aligned}
 e &= (4e_{maks}) \left[\left(\frac{x}{L}\right) - \left(\frac{x}{L}\right)^2 \right] \\
 &= (4 \times 374,118) \left[\left(\frac{x}{15300}\right) - \left(\frac{x}{15300}\right)^2 \right] \\
 &= 1496,472 \left[\left(\frac{x}{15300}\right) - \left(\frac{x}{15300}\right)^2 \right]
 \end{aligned}$$

Perhitungan dilakukan dari x = 0 sampai x = 15300 ,hasil perhitungan dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 7. Daerah feasible pemasangan tendon

| x(mm) | 0 | 1530 | 3060 | 4590 | 6120 | 7650 | 9180 | 10710 | 12240 | 13770 | 15300 |
|---------------|---|-----------|-----------|----------|----------|---------|----------|-----------|----------|-----------|-------|
| e pasang (mm) | 0 | 134.68248 | 239.43552 | 314.2591 | 359.1533 | 374.118 | 359.1533 | 314.25912 | 239.4355 | 134.68248 | 0 |

Kemudian nilai tersebut diplot pada grafik Gambar sehingga membentuk lintasan tendon sebagai berikut :

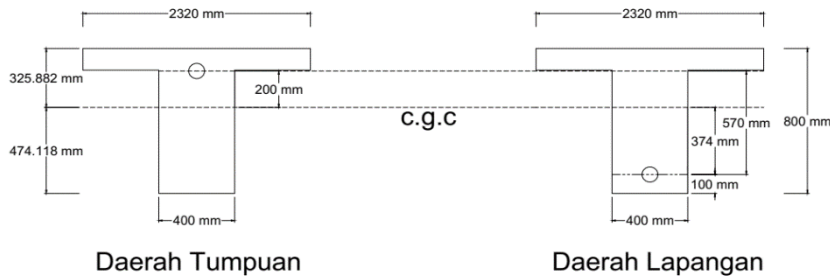


Gambar 8. Daerah feasible pemasangan tendon

Terlihat bahwa tendon yang terpasang dimana daerah feasible untuk lintasan tendon berada pada persamaan 6 dan persamaan 10.

Tendon pada tumpuan diambil 200 mm ke atas dari cgc

Tendon pada daerah lapangan diambil 374 mm ke bawah dari cgc



Gambar 9. letak tendon daerah tumpuan dan daerah lapangan

Kontrol tegangan sebelum kehilangan :

a) saat transfer

$$-\frac{P_i}{A_c} + \frac{P_i.e.y_t}{I} + \frac{M_{min}.y_t}{I} \leq F_{ti}$$

$$-\frac{5891621,5}{435200} + \frac{5891621,5 \times 374,118 \times 325,882}{3,5392035 \times 10^{10}} - \frac{1062422166 \times 325,882}{3,5392035 \times 10^{10}} \leq 1,414$$

$$-4,606 \leq 1,414$$

$$-\frac{P_i}{A_c} + \frac{P_i.e}{Z_b} + \frac{M_{min}}{Z_b} \geq F_{ci}$$

$$-\frac{5891621,5}{435200} - \frac{5891621,5 \times 374,118}{746481572,1} + \frac{1062422166}{746481572,1} \geq -19,2$$

$$-11,769 \geq -19,2 \text{ OK}$$

b) Saat service

$$-\frac{R.P_i}{A_c} - \frac{R.P.e.y_b}{I} + \frac{M_T}{Z_b} \leq F_{ts}$$

$$-\frac{4713297,2}{435200} - \frac{4713297,2 \times 374,118 \times 474,118}{3,5392035 \times 10^{10}} + \frac{1763364824}{746481572,1} \leq 3,162 \text{ Mpa}$$

$$-32,09 \leq 3,162 \text{ Mpa}$$

$$-\frac{R.P_i}{A_c} + \frac{R.P.e.y_t}{I} - \frac{M_o}{Z_t} \geq F_{c,DL}$$

$$-\frac{4713297,2}{435200} + \frac{4713297,2 \times 374,118 \times 325,882}{3,5392035 \times 10^{10}} - \frac{1062422166}{108603835,1} \geq -18 \text{ Mpa}$$

$$-4,375 \text{ Mpa} \geq -18 \text{ Mpa}$$

$$-\frac{R.P_i}{A_c} + \frac{R.P.e.y_t}{I} - \frac{M_T}{Z_t} \geq F_{c,DL}$$

$$-\frac{4713297,2}{435200} + \frac{4713297,2 \times 374,118 \times 325,882}{3,5392035 \times 10^{10}} - \frac{1763364824}{108603835,1} \geq -24 \text{ Mpa}$$

$$-10,829 \geq -24 \text{ Mpa}$$

7. Kehilangan gaya Prategang

Tabel 8. Kehilangan gaya Prategang

| | |
|---|-------------|
| Kehilangan Gaya Prategang Langsung | |
| 1. Perpendekan Elastis beton | 0 N |
| 2. Akibat Gesekan tendon | 1145132 N |
| 3. Akibat slip di pengangkuran | 242226 N |
| Kehilangan Gaya Prategang Tak Langsung | |
| 1. Akibat Relaksasi Baja | 0 N |
| 2. Akibat Susut | 63525,958 N |
| 3. Akibat Rangkak | 50138,708 N |

Sisa kehilangan = 3325944 - 113664,666 = 3212279,334 N = 3212,279 kN

% kehilangan = $\left(\frac{3212,279}{4713,297}\right) \times 100\% = 68,153$ atau 30,1 %

Maka Pefektif = R x Pi = 0,68 x 5891621,5 = 4006302,62 N

Kontrol tegangan setelah kehilangan prategang :

$$-\frac{R.Pi}{Ac} - \frac{R.P.e.yb}{I} + \frac{MT}{Zb} \leq Fts$$

$$-\frac{4006302,62}{435200} - \frac{4006302,62 \cdot x 374,118 \cdot x 474,118}{3,5392035 \times 10^{10}} + \frac{1763364824}{746481572,1} \leq 3,162 \text{ Mpa}$$

$$-26,924 \leq 3,162 \text{ Mpa}$$

$$-\frac{R.Pi}{Ac} + \frac{R.P.e.yt}{I} - \frac{Mo}{Zt} \geq Fc,DL$$

$$-\frac{4006302,62}{435200} + \frac{4006302,62 \cdot x 374,118 \cdot x 325,882}{3,5392035 \times 10^{10}} - \frac{1062422166}{108603835,1} \geq -18 \text{ Mpa}$$

$$-5,187 \text{ Mpa} \geq -18 \text{ Mpa}$$

$$-\frac{R.Pi}{Ac} + \frac{R.P.e.yt}{I} - \frac{MT}{Zt} \geq Fc,DL$$

$$-\frac{4006302,62}{435200} + \frac{4006302,62 \cdot x 374,118 \cdot x 325,882}{3,5392035 \times 10^{10}} - \frac{1763364824}{108603835,1} \geq -24 \text{ Mpa}$$

$$-11,641 \geq -24 \text{ Mpa}$$

8. Penulangan non-prategang

Data perencanaan :

| | |
|--|---------------------------------------|
| Mutu beton f_c' | = 40 MPa |
| Mutu baja f_y | = 400 |
| Dimensi balok | = 400 x 800 mm |
| bE | = 2320 mm |
| β | = 0,8 |
| Tulangan Sengkang diameter | = 10 mm |
| Tulangan lentur diameter | = 22 mm |
| Selimut beton | = 40 mm |
| d' = selimut beton + diameter Sengkang + 1/2 diameter tulangan | = 61 mm |
| $d = h - d' = 800 - 61$ | = 739 mm |
| Mu tumpuan | = 1579978122 nmm |
| Mu Lapangan | = 979578325 nmm |
| Luas <i>strand</i> (Aps) | = 25 x 143,3 = 3582,5 mm ² |
| Tensile strength(f_{pu}) | = 1860 MPa |
| $f_{ps} = 1302 \text{ Mpa}$ | |

Tabel 9. Rekapitulasi Momen pada tumpuan

| Momen di tumpuan | Mn | MU | Mn>Mu |
|--------------------------|----------------|----------------|-------|
| Tendon | 4194057777 Nmm | 1579978122 nmm | OK |
| Tulangan Lentur + Tendon | 3948930446 Nmm | 1579978122 nmm | OK |

Tabel 10. Rekapitulasi Momen pada lapangan

| Momen di Lapangan | Mn | Mu | Mn>Mu |
|--------------------------|----------------|---------------|-------|
| Tendon | 3461894279 Nmm | 979578325 nmm | OK |
| Tulangan Lentur + Tendon | 3796715494 Nmm | 979578325 nmm | OK |

Tabel 11. Tulangan lentur yang digunakan

| | |
|------------------|-------------------------|
| Daerah Tumpuan | As |
| As tekan (5 D22) | 1899,7 mm ² |
| As tarik (3 D22) | 1139,82 mm ² |
| Daerah Lapangan | |
| As tekan (3 D22) | 1139,82 mm ² |
| As tarik (3 D22) | 1139,82 mm ² |

Tabel 12. Tulangan sengkang yang digunakan

| | |
|-----------------|-------------|
| Daerah Tumpuan | Φ 10-100 mm |
| Daerah Lapangan | Φ 10-300 mm |

9. Momen retak

Tabel 13. Momen retak

| | | | |
|-----------------|---------------------|----------------|--------------------------------------|
| Momen Retak | 1,2 M _{cr} | M _n | M _n > 1,2 M _{cr} |
| Daerah Tumpuan | 3461894279 Nmm | 3948930446 Nmm | OK |
| Daerah Lapangan | 3796715494 Nmm | 3796715494 Nmm | OK |

10. Lendutan

Lendutan ijin : L/480 = 31,875 mm

Tabel 14. Momen retak

| | |
|---|----------------|
| Lendutan saat Transfer | |
| awal <i>jacking</i> (Δl_{PO}) | 77,88 mm (↑) |
| akibat eksentrisitas tepi balok (Δl_{me}) | 40,967 mm (↓) |
| akibat berat sendiri (Δl_{qo}) | 22,560 mm (↓) |
| Lendutan saat Service | |
| Pefektif (Δl_{PO}) | 55,268 Nmm (↑) |
| akibat eksentrisitas tepi balok (Δl_{me}) | 23,270 Nmm (↓) |
| akibat beban total (Δl_{qo}) | 37,123 (↓) mm |

$$\Delta_{total} = \Delta l_{PO} + \Delta l_{me} + \Delta l_{qo} = - 55,268 + 23,270 + 37,123 = 5,125 \text{ mm (↓)} < 31,875 \text{ OK}$$

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan ulang Gedung rektorat Institut Teknologi Nasional Yogyakarta pada balok lantai 3 dan 4 dengan menggunakan system balok *prestress*, maka diambil kesimpulan sebagai berikut yaitu :

- a) Mutu beton : 40 MPa
- b) Dimensi balok : 400 x 800 mm
- c) Jumlah tendon : 1 buah dengan jumlah 32 strand dalam satu tendon
- d) Kehilangan gaya prategang sebesar 30,1 %
- e) Jumlah tulangan pada tumpuan : daerah tekan = 5 D22

daerah tarik = 3 D22

Jumlah tulangan pada lapangan : daerah tekan = 3 D22

daerah tarik = 3 D22

Tulangan geser pada tumpuan : Φ 10-100 mm

Tulangan geser pada lapangan : Φ 10-300 mm

- f) Dalam analisis mekanika menggunakan program SAP2000 hanya untuk mengetahui hasil momen balok sebelum diberi gaya *prestress*.

5. SARAN

Berdasarkan Pada perencanaan ulang struktur atas gedung F ITNY berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 2847-2013 ini, saran yang dapat penulis berikan agar kedepannya bisa menjadi acuan dalam penulisan tugas akhir dan dalam hal ini yang berkaitan dengan perencanaan ulang gedung bertingkat adalah:

- a) Pada perencanaan struktur suatu bangunan, gunakan peraturan yang sesuai SNI
- b) Pada perencanaan balok dan kolom harus memperhatikan jumlah tulangan dan dimensi, karena apabila jumlah tulangan dan dimensinya tidak sesuai maka kekuatan balok dan kolom yang direncanakan akan berkurang. Oleh karena itu dalam perencanaan balok dan kolom harus teliti dalam perhitungan, agar jumlah tulangan dan dimensi balok kolom dan dimensi balok kolom sesuai dengan persyaratan yang digunakan.
- c) Pada perencanaan ulang struktur gedung diperlukan data-data yang lebih lengkap seperti sistem yang digunakan dalam perhitungan struktur dan data-data teknis lain pada proyek aslinya, agar bisa dijadikan sebagai bahan evaluasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah puji syukur kepada Allah SWT, karena kehendak dan ridhanya peneliti dapat menyelesaikan skripsi ini. Peneliti sadari skripsi ini tidak akan selesai tanpa doa, dukungan dan dorongan dari berbagai pihak. Adapun dalam kesempatan ini peneliti ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. H. Ircham, M.T., selaku Rektor Penguji Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
2. Ibu Sely Novita Sari, ST, MT selaku Kaprodi Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
3. Bapak Marwanto ST, MT Selaku Dosen Pembimbing I.
4. Bapak Ir *Ismanto Hadisaputro* Selaku Dosen Pembimbing II.
5. Kedua orang tua saya tercinta, Ibu dan Ayah, serta Keluarga yang selalu mendoakan saya.
6. Rekan-rekan seperjuangan angkatan yang tidak bias ditulis satu persatu, terima kasih untuk semangat dan semua bantuan yang telah diberikan.

Penyusun menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, dan masih banyak kekurangannya. Oleh karena itu dengan penuh kerendahan hati dan keikhlasan penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak.

Akhir kata penyusun sangat berharap semoga skripsi ini dapat diterima dan bermanfaat bagi semua pihak yang terkait.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim .2013. *Tata cara perencanaan pembebanan untuk Rumah dan Gedung. SNI 03-2478-2013.* Jakarta : Badan Standarisasi Nasional
- Anonim. 2012. *Tata cara perencanaan Ketahan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung , SNI 03-1727-2012.* Jakarta : Badan Standarisasi Nasional
- Budiadi, Andri. 2008. *Desain Praktis Beton Prategang.* Yogyakarta : Andi Offset