

## **Perencanaan Ulang Gedung D ITNY Menggunakan Balok Prategang**

*Yoda Desy Pratiwi*<sup>\*1</sup>, *Lilis Zulaicha*<sup>2</sup>, *Ismanto Hadisaputro*<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, Jl. Babarsari No 1. Depok, Sleman, Yogyakarta, Telp: (0274) 485390, 486986 Fax: (0274) 487249

e-mail: : \*[yodadesypratiwi@gmail.com](mailto:yodadesypratiwi@gmail.com), [lilis.zulaicha@itny.ac.id](mailto:lilis.zulaicha@itny.ac.id), [ismanto@itny.ac.id](mailto:ismanto@itny.ac.id)

### **Abstrak**

*Gedung D ITNY di sisi Selatan pada Laboratorium Teknologi Mekanik terdiri dari 3 lantai dan memiliki bentang balok 15,40 m konvensional, beban dari bangunan ini terdiri dari beban hidup, beban mati (berat sendiri bangunan) dan beban gempa. Penelitian ini dilakukan untuk merencanakan perubahan struktur balok dari konvensional menjadi struktur balok prategang.*

*Perencanaan ini berpedoman pada Badan Standarisasi Nasional (SNI 1726-2012) tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, Badan Standarisasi Nasional (SNI 2847-2013) tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, Badan Standarisasi Nasional (SNI 7833-2012) tentang Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Peton Prategang untuk Bangunan Gedung, Badan Standarisasi Nasional (SNI 1727-2013) tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Analisis pembebanan yang terjadi pada struktur Gedung menggunakan software SAP2000.*

*Dari hasil perencanaan, maka dapat disimpulkan dimensi balok prategang yang digunakan yaitu 350 x 750 mm, mutu beton yang digunakan sebesar 40 Mpa, jumlah tendon yang digunakan sebanyak 1 tendon dengan jumlah 24 strand dalam satu tendon dan terdapat kehilangan gaya prategang sebesar 30,22%.*

**Kata kunci:** *Struktur, SAP2000, Balok Prategang, Gaya Prategang, Tendon*

### **Abstract**

*Building D ITNY on the south side of the Mechanical Technology Laboratory consists of 3 floors and has a conventional beam span of 15.40 m, the load of this building consists of live loads, dead loads (self-weight of the building) and earthquake loads. This research was conducted to plan changes in the beam structure from conventional to prestressed beam structures.*

*This planning is guided by Badan Standarisasi Nasional (SNI 1726-2012) concerning Procedures for Planning Earthquake Resistance for Building and Non-Building Structures, Badan Standarisasi Nasional (SNI 2847-2013) concerning Requirements for Structural Concrete for Buildings, Badan Standarisasi Nasional (SNI 7833-2012) concerning Procedures for Designing Precast Concrete and Prestressed Concrete for Buildings, Badan Standarisasi Nasional (SNI 1727-2013) concerning Minimum Loads for Design of Buildings and Other Structures. Analysis of the loading that occurs in the structure of the building using SAP2000 software.*

*From the planning results, it can be concluded that the dimensions of the prestressed beam used are 350 x 750 mm, the quality of the concrete used is 40 MPa, the number of tendons used is 1 tendon with a total of 24 strands in one tendon and there is a loss of prestressing force of 30.22%.*

**Keywords :** *Structure, SAP2000, Prestressed Beam, Prestressing Force, Tendon*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembangunan gedung-gedung bertingkat saat ini lebih banyak digunakan ruang-ruang yang luas dan terbuka serta bebas dari kolom. Oleh karena itu, penggunaan struktur balok harus direncanakan dengan bentang yang panjang dan efisien, maka salah satu cara yang digunakan adalah dengan balok prategang.

Menurut Badan Standarisasi Nasional (SNI 2847:2013) Beton prategang adalah beton struktural yaitu tegangan dalam diberikan untuk mereduksi tegangan tarik potensial dalam beton yang dihasilkan dari beban. Sehingga pemberian prategang pada suatu balok bentang panjang sangatlah memungkinkan untuk dijadikan sebagai solusi alternatif yang lebih ekonomis. Beton berkekuatan tinggi diperlukan dalam beton prategang karena material tersebut memberikan ketahanan yang tinggi terhadap tarikan, geser, perekatan, dan dukungan. Di dalam daerah angkur, di mana tegangan-tegangan dukungnya menjadi lebih tinggi, beton berkekuatan tinggi selalu lebih disukai untuk menghemat biaya. Penghematan pada beton prategang dapat dicapai dengan sempurna pada struktur dengan bentang yang panjang. Beton prategang pracetak lebih ekonomis untuk lantai, atap, dan jembatan dengan panjang bentang sampai dengan 30 m dan untuk pekerjaan yang dicor di tempat, dan dapat diterapkan untuk bentang sampai dengan 100 m. Dalam rentang bentang yang panjang, beton prategang umumnya lebih ekonomis bila dibandingkan dengan konstruksi beton bertulang dan baja.

Gedung D ITNY di sisi Selatan pada Laboratorium Teknologi Mekanik terdiri dari 3 lantai dan memiliki bentang balok 15 m konvensional akan di desain ulang sebagai balok prategang, sehingga dimensi balok yang akan direncanakan akan lebih ramping, ekonomis, serta efisien.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan diatas, maka dapat dirumuskan bagaimana cara mendesain struktur gedung D ITNY dengan menggunakan balok prategang agar didapat keuntungan serta menghasilkan struktur yang tahan terhadap gempa.

### 1.3 Batasan Masalah

Dalam penyusunan jurnal ini, batasan masalah dari perencanaan balok prategang ini adalah sebagai berikut :

- a. Perencanaan ulang hanya pada balok yang diberi prategang serta kolom yang menopangnya.
- b. Analisa struktur menggunakan program SAP2000.
- c. Menggunakan Mutu Beton 40 Mpa dan 7 Untaian Kawat (*Strand*) Grade 270.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Metode Pelaksanaan Penelitian

Momen retak adalah besarnya momen yang ada pada saat terjadinya keretakan pertama kali pada penampang. Pada saat pemberian tekanan, fiber terluar dari penampang biasanya mengalami tekanan. Dengan bertambahnya beban, fiber ini sedikit demi sedikit mengalami tegangan tarik. Karena beton tidak mempunyai kekuatan tarik maka keretakan akan terjadi pada daerah tersebut. Keretakan tersebut terjadi jika tegangan tarik mendekati harga modulus keruntuhan beton. Menurut kode Indonesia SNI 2002 dan kode Amerika Serikat ACI 318-1983, modulus keruntuhan beton ditentukan sebesar  $f_r = 0,70\sqrt{f'_c}$ . Sedangkan lebar retak sangat tergantung pada derajat lekatan antara beton dan baja.

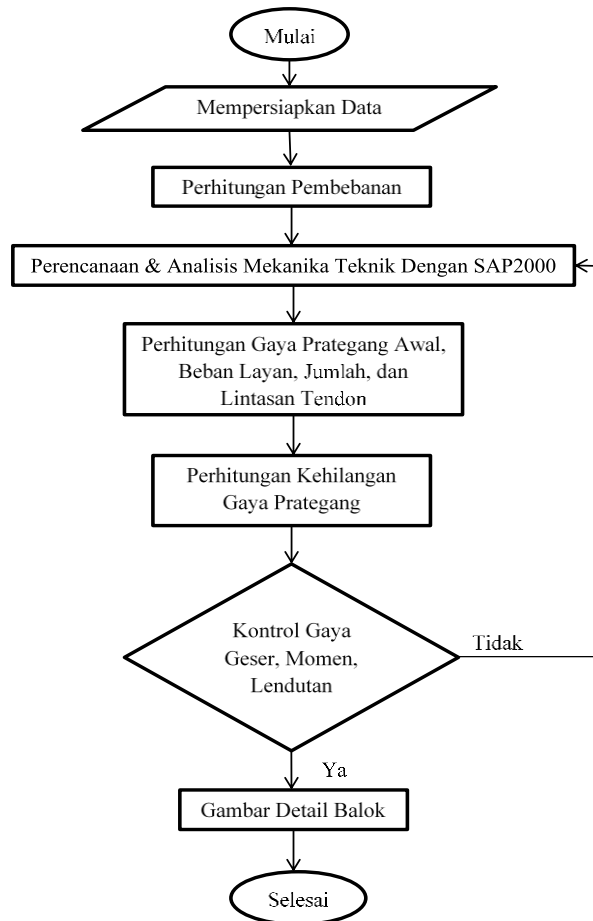
### 2.2 Kehilangan Tegangan

Kehilangan tegangan adalah berkurangnya gaya yang bekerja pada tendon dalam tahap-tahap pembebanan. Di dalam suatu sistem struktur beton prategang selalu terdapat kehilangan gaya prategang, baik akibat sistem penegangan maupun akibat pengaruh waktu. Kehilangan tegangan

langsung disebabkan oleh perpendekan elastis dari beton, gesekan sepanjang kelengkungan tendon pada struktur pascatarik, selip pada angkur, dan lainnya. Kehilangan tegangan akibat pengaruh waktu disebabkan oleh perpendekan dari beton pada level baja akibat rangkai dan penyusutan beton serta relaksasi dari baja.

Kehilangan seketika secara umum disebabkan oleh kondisi beton dari keadaan basah menjadi kering, gesekan antara selongsong dengan tendon pada struktur pascatarik dan selip pada sistem pengangkuran tendon di daerah *end blocks* (Budiadi, A, 2008)

2.3 Diagram Alir



Gambar 1. Diagram alir penelitian Perencanaan Balok Prategang (Sumber: Data Penelitian, 2021)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Deskripsi Umum

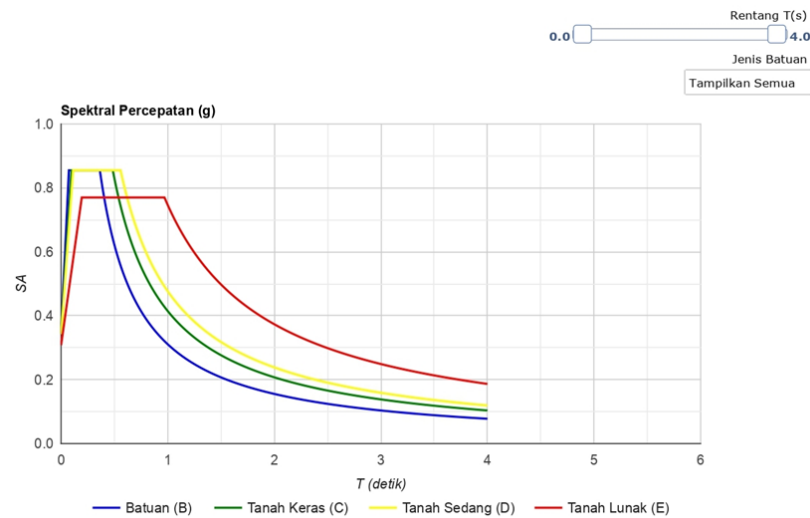
- a. Mutu Beton = 40 Mpa
- b. Menggunakan 7 untai kawat (270)
  - 1. Diameter nominal = 12,7 mm
  - 2. Luas nominal 1 kawat = 98,7 mm
  - 3. Kuat tarik (fpu) = 1860 Mpa
  - 4. Beban putus 1 kawat = 183,7 Kn
  - 5. Modulus elastisitas (Eps) = 200000 Mpa
  - 6. Faktor Reduksi = 0,90
  - 7. fpy = 1675 Mpa (yp = 0,28)

### 3.2 Beban Gempa

Dari hasil yang didapat menurut [puskim.pu.go.id/aplikasi](http://puskim.pu.go.id/aplikasi) yakni :

Lokasi : ITNY Jl. Babarsari, Tambak Bayan, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta, Indonesia  
(Lintang : -7.773296466626904 ; Bujur : 110.41628999713751)

Jenis Tanah : Sedang D (Badan Standarisasi Nasional SNI 1726-2012)



**Gambar 2.** Grafik Respon Spektrum menurut [puskim.pu.go.id/aplikasi](http://puskim.pu.go.id/aplikasi)  
(Sumber: Data Penelitian, 2021)

- Menentukan  $S_s$  dan  $S_1$  berdasarkan lokasi bangunan:  
Bangunan terletak di = Yogyakarta  
 $S_s = 1,283 \text{ g}$   
 $S_1 = 0,467 \text{ g}$
- Menentukan klas situs (*class site*) dan tentukan  $F_a$  dan  $F_v$ :  
Situs kelas = D  
 $F_a = 1,000$   
 $F_v = 1,533$
- Menghitung  $S_{MS}$  dan  $S_{M1}$  :  
 $S_{MS} = F_a \times S_s$   
 $= 1,283 \text{ g}$   
 $S_{M1} = F_v \times S_1$   
 $= 0,715 \text{ g}$
- Menghitung  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$  :  
 $S_{DS} = 2/3 \times S_{MS}$   
 $= 0,855 \text{ g}$   
 $S_{D1} = 2/3 \times S_{M1}$   
 $= 0,477$
- Menentukan Kategori Resiko (Risk Category) :  
Kategori Resiko : IV
- Menentukan Kategori Desain Seismik (SDC = Seismic Design Category):  
Berdasarkan  $S_{DS}$ : KDS = D  
Berdasarkan  $S_{D1}$ : KDS = D  
KDS terpakai = D
- Menentukan sistem struktur dan parameter struktur berdasarkan KDS:  
Sistem Struktur : SPMK  
 $R = 8$   
 $C_d = 5,5$   
 $\Omega_0 = 3$

8. Menentukan Faktor Keutamaan (Importance factor):  
 $I_E = 1,5$
9. Menentukan Periode Fundamental  
 $H (m) = 17,10$   
 Berdasarkan formula pendekatan  $T_a = 0,59$  detik  
 Berdasarkan hitungan komputer  $T_{comp}$  :  
 $C_u = 1,4$   
 $C_u T_a = 0,59$  detik  
 $T$  terpakai = 0,83 detik
10. Menentukan Faktor Respon Gempa  
 $T = 0,83$  detik  
 $C_s$  terpakai = 0,108
11. Menghitung Berat Efektif Bangunan  
 $W = 8406,002$  kN
12. Menghitung Gaya Geser Gempa  
 $V = C_s W$   
 $V = 907,848$  kN
13. Distribusi Beban Lateral pada Setiap Lantai  
 $F_x = C_{vx} V$   
 $T$  (detik) = 0,83  
 $K = 1,165$

**Tabel 1.** Distribusi Gaya Lateral

Lantai	Wi (kN)	hi (m)	Wi x hi <sup>k</sup>	Cvx	Fi (kN)
4	3482,1	17,1	95122,161	0,547	496,593
3	3571,83	12,6	68363,213	0,393	356,784
2	1352,072	7,6	10275,747	0,059	53,563
Total	<b>8406,002</b>		173761,121		907,848

(Sumber: Hasil Penelitian, 2021)

### 3.3 Analisis Penampang Balok Prategang

#### 1. Dimensi Awal

Akan diambil asumsi dimensi balok prategang yaitu 350 x 750 mm.

Mencari lebar efektif (bE)

$$a. \quad bE = bw + (8 \times hf) \\ = 350 + (8 \times 125) = 1350 \text{ mm}$$

$$b. \quad bE = bw + 2 \times (h - hf) \\ = 350 + 2 \times (750 - 125) = 1600 \text{ mm}$$

Maka digunakan bE = 1350 mm

#### 1. Menghitung Luas Penampang

$$A_I = 350 \times 750 = 262500 \text{ mm}^2$$

$$A_{II} = (1350 - 350) \times 125 = 125000 \text{ mm}^2$$

$$A_{total} = 387500 \text{ mm}^2$$

#### 2. Perhitungan Titik Berat

a. Titik berat terhadap sumbu y tepi atas

$$y_I = \frac{750}{2} = 375 \text{ mm}$$

$$y_{II} = \frac{125}{2} = 62,5 \text{ mm}$$

$$y_t = \frac{(A_I \times y_I) + (A_{II} \times y_{II}) \times 2}{A}$$

$$= \frac{(262500 \times 375) + ((125000 \times 62,5) \times 2)}{387500}$$

$$= 294,355 \text{ mm}$$

- b. Titik berat terhadap sumbu y tepi bawah  
 $y_b = 750 - 294,355 = 455,645 \text{ mm}$

### 3. Inersia Penampang

$$I_I = \frac{1}{12} \times 350 \times 750^3 = 1,23 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$I_{II} = \frac{1}{12} \times \frac{(1350-350)}{2} \times 125^3 = 0,813 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

Sehingga dapat dihitung inersia penampang :

$$I = I_I + 2I_{II} + A_I (y_I - y_t)^2 + 2A_{II} (y_{II} - y_t)^2$$

$$= 1,23 \times 10^{10} + (2 \times 0,813 \times 10^8) + (262500 (375 - 294,355)^2) +$$

$$= (2 \times 125000 (62,5 - 294,355)^2)$$

$$= 2,761 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

Modulus elastisitas penampang dan nilai Kern

$$Z_t = \frac{I}{y_t} = \frac{2,761 \times 10^{10}}{294,355} = 93798304,77 \text{ mm}^3$$

$$Z_b = \frac{I}{y_b} = \frac{2,761 \times 10^{10}}{455,645} = 60595419,68 \text{ mm}^3$$

#### 3.4 Kontrol Gaya Prategang Awal

Diambil gaya  $F_o = 3000 \text{ kN}$  (diambil asumsi nilai dari gaya prategang saat transfer dan saat beban layan minimum sampai maximum).

$$F_e = R \times F_o = 0,8 \times 3000 = 2400 \text{ kN}$$

#### 1. Kondisi gaya prategang pada saat transfer

##### a. Daerah tumpuan

Serat atas

$$\sigma_{tk} \leq -\frac{F_o}{A_{total}} + \frac{F_o x e}{Z_t} - \frac{M_o}{Z_t}$$

$$-24,64 \leq -\frac{3000000}{387500} + \frac{3000000 \times 100}{93798304,77} - \frac{-3253204029}{93798304,77}$$

$$-24,64 \leq -7,472 \text{ (OK)}$$

Serat bawah

$$\sigma_{tr} \geq -\frac{F_o}{A_{total}} - \frac{F_o x e}{Z_b} + \frac{M_o}{Z_b}$$

$$3,92 \geq -\frac{3000000}{387500} - \frac{3000000 \times 100}{60595419,68} + \frac{-3253204029}{60595419,68}$$

$$3,92 \geq -8,159 \text{ (OK)}$$

##### b. Daerah lapangan

Serat atas

$$\sigma_{tr} \geq -\frac{F_o}{A_{total}} + \frac{F_o x e}{Z_t} - \frac{M_o}{Z_t}$$

$$1,48 \geq -\frac{3000000}{387500} + \frac{3000000 \times 355,645}{93798304,77} - \frac{4712464037}{93798304,77}$$

$$1,48 \geq -1,391 \text{ (OK)}$$

Serat bawah

$$\sigma_{tk} \leq -\frac{F_o}{A_{total}} - \frac{F_o x e}{Z_b} + \frac{M_o}{Z_b}$$

$$-21,12 \leq -\frac{3000000}{387500} - \frac{3000000 \times 355,645}{60595419,68} + \frac{4712464037}{60595419,68}$$

$$-21,12 \leq -17,572 \text{ (OK)}$$

#### 2. Kondisi prategang pada saat beban layan

##### a. Daerah tumpuan

Serat atas

$$\sigma_{tr} \geq -\frac{F_o}{A_{total}} + \frac{F_o x e}{Z_t} - \frac{M_t}{Z_t}$$

$$3,92 \geq -\frac{3000000}{387500} + \frac{3000000 x -100}{93798304,77} - \frac{-2945541359}{93798304,77}$$

$$3,92 \geq -7,799 \text{ (OK)}$$

Serat bawah

$$\sigma_{tk} \leq -\frac{F_o}{A_{total}} - \frac{F_o x e}{Z_b} + \frac{M_t}{Z_b}$$

$$-24 \leq -\frac{3000000}{387500} - \frac{3000000 x -100}{60595419,68} + \frac{-2945541359}{60595419,68}$$

$$-24 \leq -7,652 \text{ (OK)}$$

b. Daerah lapangan

Serat atas

$$\sigma_{tr} \geq -\frac{F_o}{A_{total}} + \frac{F_o x e}{Z_t} - \frac{M_t}{Z_t}$$

$$3,92 \geq -\frac{3000000}{387500} + \frac{3000000 x 355,645}{93798304,77} - \frac{4311648938}{93798304,77}$$

$$3,92 \geq 0,964 \text{ (OK)}$$

Serat bawah

$$\sigma_{tk} \leq -\frac{F_o}{A_{total}} - \frac{F_o x e}{Z_b} + \frac{M_t}{Z_b}$$

$$-24 \leq -\frac{3000000}{387500} - \frac{3000000 x 355,645}{60595419,68} + \frac{4311648938}{60595419,68}$$

$$-24 \leq -18,234 \text{ (OK)}$$

### 3.5 Penentuan Tendon Yang Akan Digunakan

Spesifikasi strand adalah sebagai berikut :

- Tipe strand : ASTM A 416 – 06 Grade 270
- Diameter : 12,7 mm
- Luas penampang  $A_p$  : 98,7 mm<sup>2</sup>
- Min. breaking load : 183,7 kN
- Kuat tarik,  $f_{pu}$  :  $\frac{183700}{98,7} = 1861,195 \text{ Mpa} = 1860 \text{ Mpa}$
- Kuat leleh,  $f_{py}$  :  $0,9 \times f_{pu} = 0,9 \times 1860 \text{ Mpa} = 1675 \text{ Mpa}$

Tegangan tarik baja tidak boleh melebihi:

Saat penarikan (jacking) :

$$0,94 f_{py} = 0,94 \times 1675$$

$$= 1574,5 \text{ Mpa}$$

$$0,80 f_{pu} = 0,80 \times 1860$$

$$= 1488 \text{ Mpa}$$

Sesaat setelah transfer gaya :

$$0,70 f_{pu} = 0,70 \times 1860$$

$$= 1302 \text{ Mpa}$$

Diambil nilai tegangan baja terkecil, yaitu  $f_{st} = 1302 \text{ Mpa}$ .

Luas tendon yang dibutuhkan :

$$A_{ps} = \frac{F_o}{f_{st}}$$

$$= \frac{3000000}{1302} = 2304,147 \text{ mm}^2$$

Jumlah strand yang dibutuhkan :

$$n = \frac{A_{ps}}{A_p}$$

$$= \frac{2304,147}{98,7} = 23,34 = 24 \text{ buah}$$

Dari data kabel strand yang diperoleh maka direncanakan balok prategang menggunakan 1 buah tendon. Adapun spesifikasi tendon adalah sebagai berikut :

Tipe tendon : 5-27

Jumlah strand : 24 buah  
 Luas area ( $A_p$ ) : 2369 mm<sup>2</sup>  
 Breaking load : 4409 Kn

### 3.6 Kehilangan Gaya Prategang

**Tabel 2.** Kehilangan Gaya Prategang

Macam Kehilangan Prategang	Kehilangan Gaya Prategang	Presentase
<b>Tegangan Efektif</b> Sesudah penarikan 0,7 fpu	1302 Mpa	100%
<b>Kehilangan Langsung</b> Perpendekan Elastis Beton	0 Mpa	0%
Gesekan	89,65 Mpa	6,88%
Pengangkuran	88,33 Mpa	6,78%
<b>Kehilangan Tak Langsung</b> Rangkak Beton	85,721 Mpa	6,58%
Susut Beton	21,520 Mpa	1,65%
Relaksasi Baja	108,503 Mpa	8,33%
<b>Total Kehilangan Prategang</b>	393,724 Mpa	30,22%
<b>Tegangan Efektif</b>	908,276 Mpa	69,78%

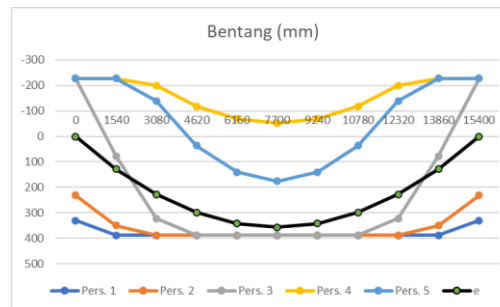
(Sumber: Hasil Penelitian, 2021)

### 3.7 Daerah Lintasan Tendon

**Tabel 3.** Lokasi Tendon Terpasang

x (mm)	0	1540	3080	4620	6160	7700	9240	10780	12320	13860	15400
e pasang	0	128,032	227,613	298,742	341,419	355,645	341,419	298,742	227,613	128,032	0

Dari hasil diatas, selanjutnya nilai tersebut diplot pada grafik sebelumnya, sebagaimana dapat dilihat sebagai berikut :



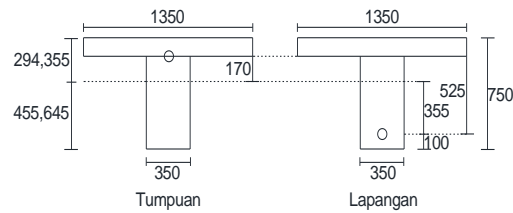
**Gambar 3.** Daerah Feasible Tendon  
 (Sumber: Hasil Penelitian, 2021)

Terlihat tendon yang terpasang dimana daerah lintasan tendon berada diantara persamaan 3 dan persamaan 5.

Tendon pada tumpuan diambil 170 mm keatas dari cgc.

Tendon pada daerah lapangan diambil 355 kebawah dari cgc.





**Gambar 4.** Letak Tendon Daerah Tumpuan dan Lapangan  
(Sumber: Hasil Penelitian, 2021)

## 4. Kesimpulan

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan ulang menggunakan balok prategang Gedung D Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, maka diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Mutu beton : 40 Mpa
2. Dimensi balok : 350 x 750 mm
3. Jumlah tendon : 1 buah dengan jumlah 24 buah dalam satu tendon
4. Kehilangan gaya prategang sebesar : 30,22%
5. Jumlah tulangan pada tumpuan : Tekan : 3 D22  
Tarik : 6 D22
6. Jumlah tulangan pada lapangan : Tekan : 3 D22  
Tarik : 5 D22
7. Tulangan geser pada tumpuan : P12-100 mm  
Tulangan geser pada lapangan : P12-300 mm
8. Analisis mekanika menggunakan program SAP2000 hanya untuk mengetahui hasil momen balok sebelum diberi gaya prategang.

## 5. SARAN

Berdasarkan hasil perencanaan ulang Gedung D ITNY dengan menggunakan balok prategang maka beberapa saran yang perlu dikembangkan :

1. Dimensi balok prategang perlu dipertimbangkan sesuai dengan Batasan tegangan ijin.
2. Perencanaan lintasan tendon perlu diperhatikan agar berada didaerah aman.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena rahmat dan kehendak-Nya peneliti dapat menyelesaikan Penelitian ini. Peneliti sadari penelitian ini tidak akan selesai tanpa doa, dukungan dan dorongan dari berbagai pihak. Adapun dalam kesempatan ini peneliti ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada Ibu Lilis Zulaicha ST, MT Selaku Dosen Pembimbing I, Bapak Ir. Ismanto Hadisaputro Selaku Dosen Pembimbing II, terima kasih untuk semangat dan semua bantuan yang telah diberikan.

---

**DAFTAR PUSTAKA**

- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur bangunan Gedung Dan Non Gedung, SNI 1726-2012*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perancangan Beton Pracetak Dan Beton Prategang Untuk Bangunan Gedung, SNI 7833-2012*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain, SNI 1727-2013*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, SNI 2847-2013*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Budiadi, A. (2008). *Desain Praktis Beton Prategang*. Andi, Yogyakarta.