

# MODIFIKASI STRUKTUR BALOK PADA PERENCANAAN PEMBANGUNAN RUMAH SAKIT MITRA KELUARGA SLAWI DENGAN BALOK PRATEGANG

Nisa Luthfiana<sup>1\*</sup>, Muhamad Nadhorudin Fatah<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Bima Sakapenta

<sup>1\*</sup>luthfiananisa30@gmail.com (penulis korespondensi)

**Abstrak:** Balok merupakan elemen struktur yang mempunyai karakteristik yang cukup kompleks dikarenakan mampu menerima banyak gaya. Oleh karena itu pada elemen struktur balok tersebut kerap kali terjadi kerusakan. Salah satu penyebab dikarenakan balok merupakan suatu material yang lemah terhadap tarik namun kuat terhadap tekan. Sehingga balok sebaiknya diberikan baja tulangan supaya memaksimalkan kinerja balok karena baja tulangan kuat terhadap tarik. Di dalam dunia konstruksi banyak digunakan pada bangunan gedung dengan berbagai jenjang ketinggian. Namun penggunaan balok beton bertulang pada bangunan berlantai banyak sangat rawan terhadap keruntuhan jika direncanakan dengan baik. Salah satu kegagalan dari konstruksi balok beton bertulang adalah terjadinya lendutan yang akan memunculkan defleksi dan perubahan bentuk atau deformasi hingga retak akibat beban yang diterima. Oleh karena itu, digunakan alternatif dalam perencanaan menggunakan balok beton prategang. Tujuan dari tulisan ini adalah untuk menganalisis efek dari modifikasi balok beton bertulang dengan menggunakan beton prategang untuk mengurangi atau mencegah berkembangnya retak tersebut. Metode yang digunakan yaitu dengan metode preeliminary design untuk balok beton bertulang. Hal ini menunjukkan penggunaan balok beton prategang terbukti dapat meningkatkan momen maksimum hingga 8,16%. Sehingga penggunaan balok beton prategang dapat digunakan sebagai alternatif material pengganti untuk balok beton bertulang pada bangunan berlantai banyak.

Kata kunci: balok beton bertulang, struktur, prategang, tegangan, gedung

*Abstract: Beams are structural elements that have quite complex characteristics because they are able to receive many forces. Therefore, damage often occurs in the beam structural elements. One of the causes is because beams are a material that is weak against tension but strong against compression. So that beams should be given reinforcing steel to maximize the performance of the beam because reinforcing steel is strong against tension. In the construction world, it is widely used in building structures with various height levels. However, the use of reinforced concrete beams in multi – story buildings is very prone to collapse if planned properly. One of the failures of reinforced concrete beam construction is the occurrence of deflection which will cause deflection and changes in shape or deformation to cracking due to the load received. Therefore, an alternative is used in planning using prestressed concrete beams. The purpose of the paper is to analyze the effects of modifying reinforced concrete beams using prestressed concrete to reduce or prevent the development of these cracks. The method used is the preeliminary design method for reinforced concrete beams. This shows that the use of prestressed concrete beams has been proven to increase the maximum moment up to 8,16%. So the use of prestressed concrete beams can be used as an alternative material for reinforced concrete beams in multi – story buildings.*

Keywords: reinforced concrete beam, structure, prestress, tension, hospital

## I. PENDAHULUAN

Beton bertulang merupakan salah satu material bangunan yang paling banyak digunakan di dalam dunia konstruksi. Beton bertulang juga merupakan suatu komponen struktur yang sangat penting didalam sebuah bangunan [1]. Salah satu penerapan beton bertulang untuk elemen struktur yaitu pada balok. Balok merupakan salah satu bagian penting dalam sebuah

struktur bangunan [2]. Balok juga merupakan bagian struktur yang berfungsi menahan beban struktur atas dan menyalurkannya ke kolom. Balok beton merupakan elemen struktur yang kuat terhadap tekan namun lemah terhadap tarik. Untuk memaksimalkan kinerja balok beton agar kuat menahan tarik yang cukup besar pada serat – serat balok bagian tepi bawah maka harus dikombinasikan dengan baja tulangan [3].

Perencanaan yang tidak direncanakan dengan baik akan berakibat pada suatu bangunan. Resiko yang didapat bisa berupa munculnya retak rambut di permukaan hingga keruntuhan[4]. Perkembangan dalam dunia konstruksi di Indonesia berjalan seiring adanya kemajuan teknologi. Oleh karena itu perencanaan yang dilakukan harus tepat dan teliti agar dapat memenuhi kriteria kekuatan (strenght), kenyamanan (serviceability), keselamatan (safety), dan umur rencana bangunan (durability) [5].

Perencanaan yang baik akan menghasilkan kualitas bangunan yang baik juga. Oleh karena itu perencanaan merupakan faktor yang sangat penting untuk diperhatikan[6], terutama pada bangunan komersil. Bangunan komersil merupakan bangunan yang digunakan untuk kegiatan usaha. Semua kegiatan didalam bangunan komersil mempunyai alur/aliran kerja di bidang masing – masing. Seiring dengan pesatnya perkembangan di bidang konstruksi, muncul inovasi teknologi dengan mengkombinasikan beton mutu tinggi dengan baja mutu tinggi dengan cara menarik baja dan menahannya pada beton yang disebut dengan beton prategang [7]. Adanya invasi tersebut, menyebabkan efek positif terhadap beton. Sehingga kapasitas tarik beton bertambah[8] dengan cara memberikan tekanan dan kemampuan menahan tekanan tidak berkurang. Penggunaan beton prategang pada balok terdiri dari material – material yang berkekuatan tinggi.

Walaupun perkembangan teknologi di dalam dunia konstruksi terus berjalan, masih ada beberapa bangunan yang masih sedikit menggunakan beton prategang[8]. Padahal jika dilihat dari material penyusun beton prategang bukanlah material yang baru lagi. Sebenarnya penggunaan balok beton prategang banyak digunakan pada bangunan jembatan dengan bentang panjang. Selain pada jembatan bentang panjang, penggunaan beton prategang pada gedung berlantai banyak masih jarang terlihat[9].

Perbedaan cara kerja beton bertulang dan beton prategang adalah dari material penyusunnya. Beton bertulang mengkombinasikan antara beton dan baja tulangan dengan membiarkan kedua material tersebut bekerja sendiri – sendiri[10]. Beton bekerja memikul tegangan tekan dan baja penulangan memikul tegangan Tarik. Dengan menempatkan penulangan secara tepat, maka beton bertulang akan dapat memikul baik tegangan tekan ataupun tegangan tarik. Sedangkan pada balok prategang mengkombinasikan antara beton mutu tinggi dengan baja mutu tinggi dengan cara aktif. Cara aktif yang dimaksud adalah dengan cara menarik baja dengan menahannya ke beton, sehingga beton dalam keadaan tertekan [11]. Kondisi ini menyebabkan ketika ada beban maka tegangan tarik yang terjadi dapat di eliminir oleh tegangan tekan yang telah diberikan pada penampang sebelum beban bekerja Metode penarikan baja tersebut dibagi menjadi dua yaitu pratarik (pre – tension) dan pasca tarik (post – tension) [12]. Metode pratarik melalui baja prategang yang diberi gaya prategang dahulu sebelum beton dicor, sedangkan metode pasca tarik (post – tension) melalui pemasangan saluran kabel terlebih dahulu kemudian dilanjutkan dengan pengecoran beton[11].

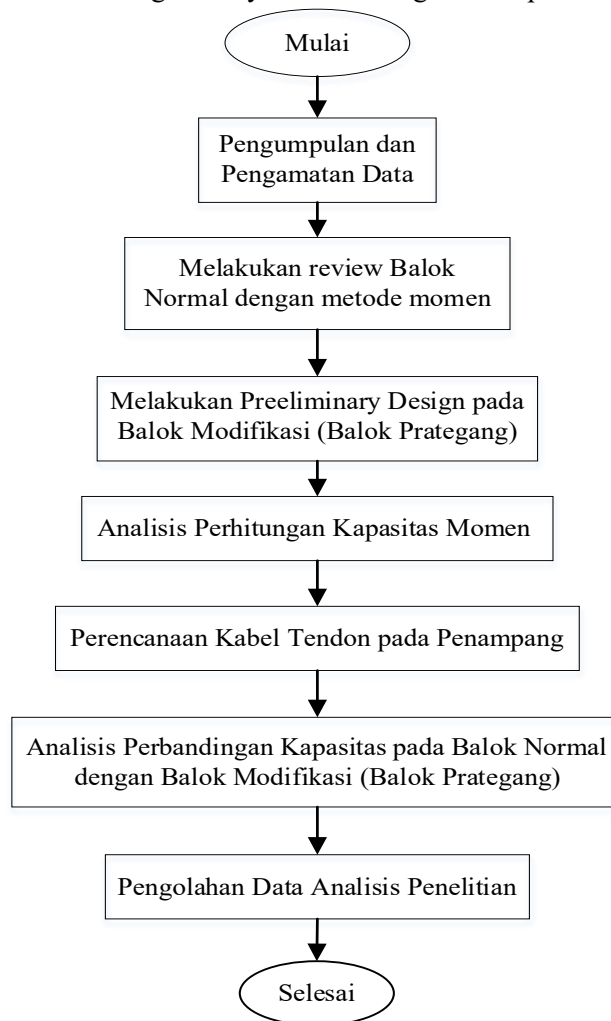
Rumah Sakit Mitra Keluarga Slawi merupakan rumah sakit yang terletak di Kecamatan Slawi Kabupaten Tegal. Rumah sakit ini memiliki 4 lantai. Dikarenakan rumah sakit ini terdiri dari banyak lantai, maka pada salah satu elemen balok beton bertulang saat perencanaan akan direview dengan dimodifikasi menggunakan balok beton prategang.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efek penggantian balok normal menjadi balok prategang pada salah satu elemen struktur balok. Fokus pada penelitian ini terletak pada mengamati perbandingan kekuatan lentur balok normal dengan balok prategang. Dimana elemen struktur balok beton bertulang memegang peran cukup penting yaitu sebagai pemikul beban terutama beban lentur.dilakukan.

## II. METODOLOGI

Benda uji pada penelitian ini menggunakan balok yang sudah direncanakan sebagai balok balok bertulang saat perencanaan Pembangunan Rumah Sakit Mitra Keluarga Slawi Kabupaten Tegal. Balok beton bertulang ini kemudian dinamakan sebagai balok normal atau balok kontrol dan juga sebagai pembanding untuk balok prategang. Modifikasi yang dilakukan menggunakan material balok beton prategang full prestressed. Penelitian diawali dengan metode pengumpulan data yang diperoleh melalui metode observasi langsung dengan data teknis dari hasil survey ke lokasi Rumah Sakit Mitra Keluarga Slawi. Sedangkan untuk pengambilan data diperoleh dari perusahaan konsultan struktur PT. Adinata Surya Pratama berupa gambar struktur dan spesifikasi teknisnya.

Metode tersebut dapat dilihat ringkasannya melalui diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir metode penelitian

Data yang didapat dari PT. Adinata Surya Pratama yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tinggi balok = 600 cm
2. Lebar balok = 250 cm
3. Bentang balok = 3 m
4. Mutu beton ( $f'c$ ) = 20,75 MPa
5. Mutu tulangan tarik ( $f_y$ ) = 400 MPa
6. Mutu tulangan tekan ( $f_y$ ) = 400 MPa
7. Mutu tulangan geser ( $f_y$ ) = 240 MPa

8. Tebal selimut beton (p) = 50 mm
9. Tebal plat = 120 mm
10. Jumlah tulangan tarik = 2D16
11. Jumlah tulangan tekan = 5D16
12. Jumlah tulangan geser = D10 – 200

Metode penelitian dilakukan melalui tahapan – tahapan berikut ini :

1. Review perhitungan balok beton bertulang dengan urutan sebagai berikut :
  - a. Cek batas regangan leleh tulangan tarik & tekan
  - b. Cek batas regangan leleh tulangan geser
  - c. Menghitung luas tulangan Tarik
  - d. Menghitung luas tulangan tekan
  - e. Menghitung tinggi efektif tekan
  - f. Menghitung tinggi efektif Tarik
  - g. Pembebanan (terpusat 1 titik)
  - h. Menghitung modulus elastisitas
  - i. Menghitung lendutan (terpusat 1 titik)
  - j. Menghitung tinggi garis netral (sumbu netral)
  - k. Kontrol regangan tulangan Tarik
  - l. Kontrol regangan tulangan tekan
  - m. Perhitungan kapasitas penampang (momen nominal)
2. Preliminary design balok prategang dengan langkah sebagai berikut :
  - a. Menghitung section properties (luas dimensi)
  - b. Menghitung letak titik berat
  - c. Menghitung nilai eksentrisitas
  - d. Menghitung momen tahanan
  - e. Menghitung pembebanan
  - f. Menghitung taksiran gaya prategang
  - g. Menghitung balance load
  - h. Kontrol tegangan yang terjadi
  - i. Menghitung kebutuhan jumlah tendon

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kajian analisis ini menggunakan balok prategang yang dibebani dengan satu titik pembebanan (one point loading) dari hasil modifikasi perencanaan salah satu balok beton bertulang pada pembangunan Rumah Sakit Mitra Keluarga Slawi Kabupaten Tegal.

Perhitungan Balok Normal :

1. Cek batas regangan leleh tulangan Tarik & Tekan

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,0020$$

2. Cek batas regangan leleh tulangan geser

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{240}{200000} = 0,0012$$

3. Menghitung luas tulangan Tarik

$$A_s' = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_s' = 2 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 16^2$$

$$= 402,286 \text{ mm}^2$$

4. Menghitung luas tulangan Tekan

$$A_s = 5 \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_s = 5 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 16^2$$

$$= 1005,714 \text{ mm}^2$$

5. Menghitung tinggi efektif tekan

$$d' = p + \emptyset \text{ geser} + \frac{1}{2} D$$

$$= 0,05 + 10 + \frac{1}{2} \times 16$$

$$= 18,05 \text{ mm}$$

6. Menghitung tinggi efektif tarik

$$d = h - p + \emptyset \text{ geser} + \frac{1}{2} D$$

$$= 6000 - 0,05 + 10 + \frac{1}{2} \times 16$$

$$= 5981,95 \text{ mm}$$

7. Pembebanan

a. Died Load

$$\text{Tebal plat lantai} = 0,12 \times 2,4 \text{ kN/m}^3 = 2,88 \text{ kN/m}^2$$

b. Live Load = 4,45 kN/m<sup>2</sup> (terpusat)

8. Menghitung modulus elastisitas

$$E = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$= \frac{1}{12} \times 2,5 \times 6^3 = 45 \text{ m}^3$$

9. Menghitung lendutan (terpusat 1 titik)

$$\delta = \frac{p \times L^3}{48 EI}$$

$$= \frac{3 \times 4,45^3}{48 \times 21,409 \times 10^6 \times 45}$$

$$= 2,887 \times 10^{-10} \text{ mm} = 0,00288$$

Syarat  $\delta < \delta_{maks}$

$$= 0,00288 < \frac{L}{360}$$

$$= 0,00288 < \frac{3}{360}$$

$$= 0,00288 < 0,00833 \text{ (OK)}$$

10. Menghitung tinggi garis netral (sumbu netral)

$$C_c + C_s = T_s$$

$$C_c = f'_s \times b \times c \times \beta$$

$$= 20,75 \times 250 \times c \times 0,75$$

$$= 3890,635 c$$

$$C_s = A'_s \times E_s \times 0,003 \times \left(\frac{c-d'}{c}\right)$$

$$= 1005,714 \times 200000 \times 0,003 \times \left(\frac{c-18,05}{c}\right)$$

$$= 603428,4 \times \left(\frac{c-18,05}{c}\right)$$

$$= \frac{603428,4 c - 10891882,62}{c}$$

$$T_s = A_s \times f_y$$

$$= 400,286 \times 400$$

$$\begin{aligned}
 &= 160914,4 \\
 C_c + C_s &= T_s \\
 3890,635 c + \frac{603428,4 c - 10891882,62}{c} &= 160914,4 \\
 3890,635 c + 603428,4 c - 10891882,62 - 160914,4 &= 0 \\
 3890,635 c + 603428,4 c - 11052797,02 &= 0 \\
 c &= 225,53 \\
 a &= \beta x c \\
 &= 0,75 x 225,53 = 169,146 \text{ mm} \\
 C_c &= 3890,635 c \\
 &= 3890,635 x 225,53 = 877452,6563 \\
 C_s &= \frac{603428,4 c - 10891882,62}{c} \\
 C_s &= \frac{(603428,4 x 225,53) - 10891882,62}{225,53} \\
 &= \frac{136091207,1 - 10891882,62}{225,53} \\
 &= 555133,794
 \end{aligned}$$

11. Kontrol regangan tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 \frac{\varepsilon_s}{d - c} &= \varepsilon_c x \left( \frac{d' \text{ tarik} - c}{c} \right) \\
 &= 0,003 x \left( \frac{5981,95 - 225,53}{225,53} \right) \\
 &= 0,076 > 0,002 \text{ (sudah leleh)}
 \end{aligned}$$

12. Kontrol regangan tulangan tekan

$$\begin{aligned}
 \frac{\varepsilon_s}{c - d'} &= \varepsilon_c x \left( \frac{c - d' \text{ tekan}}{c} \right) \\
 &= 0,003 x \left( \frac{225,53 - 18,05}{225,53} \right) \\
 &= 0,0002 < 0,002 \text{ (belum leleh)}
 \end{aligned}$$

13. Perhitungan kapasitas penampang (momen nominal)

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_c \left( c - \frac{a}{2} \right) + C_s (c - d') + T_s (d - c) \\
 &= 877452,6563 \left( 225,53 - \frac{169,146}{2} \right) + 555133,794 (225,53 - 18,05) + \\
 &\quad 160914,4 (5981,95 - 225,53) \\
 &= 123683094 + 115179159,6 + 926290870,4 \\
 &= 1165153124 \text{ Nmm} = 1165,153 \text{ kNm} \\
 M_n &= \frac{1}{4} x P x L \\
 1165,153 &= \frac{1}{4} x P x 3 \\
 P &= 1165,153 x \frac{4}{3} = 1553,537 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Preliminary Design Balok Prategang  
Fully Prestressed system post tensioned  
Tendon ASTM A416 Grade 270

1. Menghitung section properties (luas dimensi)

$$A = b \times h \\ = 600 \text{ cm} \times 250 \text{ cm} = 150000 \text{ cm}^2 = 1,5 \times 10^7 \text{ mm}^2$$

2. Menghitung letak titik berat

$$y_b = \frac{h}{2} = \frac{600}{2} = 300 \text{ cm} = 3000 \text{ mm}$$

3. Menghitung nilai eksentrisitas

$$e = y_b - \text{selimut beton} \\ = 300 - 5 = 250 \text{ cm} = 2500 \text{ mm} = 2,5 \text{ m}$$

4. Menghitung momen tahanan

$$W = \frac{1}{12} \times b \times h^2 \\ = \frac{1}{12} \times 250 \times 600^2 \\ = 7500000 \text{ cm}^2 = 750000000 \text{ mm}^2 = 7,5 \times 10^8 \text{ mm}^2$$

5. Menghitung pembebanan

- a. Menghitung berat sendiri beton

$$q_{DL} = A \times \text{bj. beton} \\ = 15 \times 24 = 360 \text{ kN/m} \\ q_{total} = q_{LL} + q_{DL} \\ = 2,87 + 360 = 362,87 \text{ kNm}$$

- b. Menghitung momen penampang

Dikarenakan bebannya terpusat pada tengah bentang maka digunakan rumus :

- Momen akibat beban mati

$$M_{DL} = \frac{1}{4} \times q_{DL} \times L^2 \\ = \frac{1}{4} \times 360 \times 3^2 = 810 \text{ kNm} = 81 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

- Momen akibat beban hidup

$$M_{LL} = \frac{1}{4} \times q_{LL} \times L^2 \\ = \frac{1}{4} \times 4,45 \times 3^2 = 10,0125 \text{ kNm} \\ = 10012500 \text{ Nmm} = 100,125 \times 10^5 \text{ Nmm}$$

- Momen total

$$M_T = M_{DL} + M_{LL} \\ = 81 \times 10^7 + 100,125 \times 10^5 \\ = 820012500 \text{ Nmm} = 8200,125 \times 10^5 \text{ Nmm}$$

6. Menghitung taksiran gaya prategang

- a. Menghitung tegangan akibat gaya tarik tendon (pada serat atas dan serat bawah)

$$\frac{P}{A} = \frac{P}{1,5 \times 10^7}$$

- b. Menghitung tegangan akibat eksentrisitas

$$\frac{P \times e}{W} = \frac{P \times 2500}{7,5 \times 10^8}$$

- c. Menghitung tegangan akibat beban terpusat

$$\frac{M_T}{W} = \frac{8200,125 \times 10^5}{7,5 \times 10^8}$$

d. Menghitung tegangan total pada serat bawah

Karena menggunakan gaya pratekan minimum (P), maka tegangan pada serat bawah yaitu sbb :

$$\begin{aligned}
 f_t &= - \left( \frac{P}{A} \right) - \left( \frac{P x e}{W} \right) + \left( \frac{M_T}{W} \right) \\
 &= - \left( \frac{P}{1,5 x 10^7} \right) - \left( \frac{P x 2500}{7,5 x 10^8} \right) + \left( \frac{8200,125 x 10^5}{7,5 x 10^8} \right) \\
 &= - (-1,683 x 10^{-7} P) - (-8,416 x 10^{-6} P) + (1,09335) \\
 &= 1,683 x 10^{-7} P + 8,416 x 10^{-6} P + (1,09335) \\
 &= 8,5843 x 10^{-6} P + (1,09335) \\
 8,5843 x 10^{-6} P &= (1,09335) \\
 P &= \frac{1,09335}{8,5843 x 10^{-6}} = 127366,2384 \text{ N} = 1273662,384 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

7. Menghitung balance load

a. Menghitung balance load

$$\begin{aligned}
 W_p &= \frac{8 x p x e}{L^2} \\
 &= \frac{8 x 1273662,384 x 2,5}{3^2} \\
 &= 2830360,853 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

b. Menghitung momen balance load

$$\begin{aligned}
 M_p &= \frac{1}{8} x W_p x L^2 \\
 &= \frac{1}{8} x 2830360,853 x 3^2 \\
 &= 3184155,96 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

8. Kontrol tegangan yang terjadi

a. Saat transfer

- Pada serat atas

$$\begin{aligned}
 f_c &= - \left( \frac{P}{A} \right) + \left( \frac{M_p}{W} \right) - \left( \frac{M_{DL}}{W} \right) \\
 &= - \left( \frac{1273662,384}{1,5 x 10^7} \right) + \left( \frac{3184155,96}{7,5 x 10^8} \right) - \left( \frac{81 x 10^7}{7,5 x 10^8} \right) \\
 &= 0,991 \text{ (tegangan masih dalam batas aman)}
 \end{aligned}$$

- Pada serat bawah

$$\begin{aligned}
 f_c &= - \left( \frac{P}{A} \right) - \left( \frac{M_p}{W} \right) + \left( \frac{M_{DL}}{W} \right) \\
 &= - \left( \frac{1273662,384}{1,5 x 10^7} \right) - \left( \frac{3184155,96}{7,5 x 10^8} \right) + \left( \frac{81 x 10^7}{7,5 x 10^8} \right) \\
 &= 1,161 \text{ (tegangan masih dalam batas aman)}
 \end{aligned}$$

b. Saat servis

- Pada serat atas

$$\begin{aligned}
 f_c &= - \left( \frac{P}{A} \right) + \left( \frac{M_p}{W} \right) - \left( \frac{M_T}{W} \right) \\
 &= - \left( \frac{1273662,384}{1,5 x 10^7} \right) + \left( \frac{3184155,96}{7,5 x 10^8} \right) - \left( \frac{8200,125 x 10^5}{7,5 x 10^8} \right) \\
 &= 1,004 \text{ (tegangan masih dalam batas aman)}
 \end{aligned}$$

- Pada serat bawah

$$\begin{aligned}
 f_c &= - \left( \frac{P}{A} \right) - \left( \frac{M_p}{W} \right) + \left( \frac{M_T}{W} \right) \\
 &= - \left( \frac{1273662,384}{1,5 x 10^7} \right) - \left( \frac{3184155,96}{7,5 x 10^8} \right) + \left( \frac{8200,125 x 10^5}{7,5 x 10^8} \right) \\
 &= 1,174 \text{ (tegangan masih dalam batas aman)}
 \end{aligned}$$

## 9. Menghitung kebutuhan jumlah tendon

Digunakan type strand dengan diameter 15,24 mm

Luas nominal penampang (A) = 140 mm<sup>2</sup>

UTS (Ultimate Tensile Strength) = 260,7 kN

Dipakai 80% UTS = 80% x 260,7 = 208,56 kN

Maka,

$$\sum Strand = \frac{P}{80\% UTS} = \frac{1273662,384}{208,56} = 6,106$$

Jadi jumlah strain yang dipakai sebanyak 6 buah dengan diameter 15,24 mm

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian dengan memodifikasi perencanaan balok beton bertulang dengan balok prategang dapat disimpulkan bahwa modifikasi balok beton bertulang dengan balok prategang menghasilkan kenaikan kapasitas lentur sebesar 1,220% yang disebabkan oleh beban maksimum pada balok prategang lebih besar dibanding balok beton bertulang yang sudah direncanakan pada Pembangunan Rumah Sakit Mitra Keluarga Slawi Kabupaten Tegal. Kemudian saat dilakukan review perhitungan berdasarkan SNI 7833:2012[13], ternyata tulangan tarik dalam kondisi leleh atau balok underreinforced, namun hal ini tidak mempengaruhi pada kenaikan kapasitas lentur balok prategang.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada rekan dosen dalam penelitian ini, yang telah berperan dalam membantu menyusun penulisan jurnal balok prategang di Universitas Bima Sakapenta. Sehingga ide – ide yang kami harapkan dapat dituangkan dalam bentuk tulisan dan dapat diinformasikan kepada peneliti – peneliti yang memodifikasi balok beton bertulang menjadi balok prategang.

#### REFERENSI

- [1] Badan Standardisasi Nasional, “Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung,” *Sni 2847-2019*, no. 8, p. 720, 2019.
- [2] A. Mark, K. Servie, O. Dapas, and S. E. Wallah, “Desain Struktur Balok Beton Prategang Untuk Bangunan Industri,” *J. Sipil Statik*, vol. 6, no. 11, pp. 959–972, 2018, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/download/20730/20408>
- [3] H. M. Anggraini, TAVIO, and I. G. P. Raka, “Studi Perbandingan Kekuatan Lentur Balok 2847 : 2013 , dan ACI 318M-14 pada Struktur Apartamen Enviro Bekasi,” *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 2, 2018.
- [4] M. P. Anita Santi, Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA, Prof. TAVIO, ST., “Modifikasi perancangan struktur gedung hotel ibis padang dengan menggunakan balok prategang dan sistem srpmk pada daerah gempa tinggi,” pp. 1–7, 2016.
- [5] M. D. SKD and E. Chairani, “Analisa Struktur Balok Beton Pada Pembangunan Rumah Tempat Usaha 6 Lantai Di Jalan Perniagaan N0.55 Medan,” *J. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 1, pp. 28–34, 2022, doi: 10.30743/jtsip.v1i1.5773.
- [6] A. F. Riza Wijanarko, Hariyadi, “Penerapan Sistem Prategang pada Perancangan Struktur Bentang Panjang Gedung Poltekkes Mataram,” vol. 8, no. 2, pp. 862–874, 2025, doi: 10.33087/talentsipil.v8i2.1010.
- [7] A. Ilmiah, “MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG KONDOMINIUM HOTEL,” 2018.
- [8] A. A. Syaifullah, S. A. Kristiawan, and E. Purwanto, “GAYA PRATEGANG AWAL TERHADAP DIMENSI PENAMPANG T BALOK BETON PRATEGANG ( STUDI KASUS HOTEL ALILA , SURAKARTA ),” pp. 1146–1151, 2016.
- [9] Hakas and K. A. Prayuda, Taufiq Ilham Maulana, Arief Hidayat, “Pengaruh Modifikasi Penampang pada I-Girder dan Box Girder,” *Media Komun. Tek. Sipil*, vol. 27, no. 1, pp. 97–106, 2021.
- [10] T. Zhafira, “Analisis Perencanaan Jembatan Beton Prategang di Kawasan Rumah Menteri IKN Penajam Kalimantan Timur,” vol. 9, no. 1, 2025.
- [11] I. G. G. Wiryadi, I. W. Giatmajaya, and I. P. A. Sadu Gunawan, “Analisis Dan Perencanaan Struktur Gedung Menggunakan Balok Dan Pelat Beton Prategang,” *J. Ilm. Kurva Tek.*, vol. 10, no. 1, pp. 8–15, 2021, doi: 10.36733/jikt.v10i1.2140.

- [12] D. Margan and P. Saelan, "Studi Mengenai Analisis Penampang Balok Prategang Parsial pada Beban Kerja. (Hal. 83-95)," *RekaRacana J. Tek. Sipil*, vol. 5, no. 2, p. 83, 2019, doi: 10.26760/rekaracana.v5i2.83.
- [13] Badan Standardisasi Nasional, "Tata cara perancangan beton pracetak dan beton prategang untuk bangunan gedung," 2012.