

# PROSENTASE DEVIASI BIAYA PADA PERENCANAAN KONSTRUKSI BALOK BETON KONVENSIONAL TERHADAP BALOK BETON PRATEGANG PADA PROYEK TUNJUNGAN PLAZA 5 SURABAYA

**Shufiyah Rakhmawati, Koespiadi**

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Narotama, Surabaya

Email: [shufiyah16@gmail.com](mailto:shufiyah16@gmail.com)

## ABSTRAK

*Proyek Tunjungan Plaza adalah proyek yang memiliki 50 lantai yang beberapa struktur baloknya menggunakan struktur balok prategang. Dihitung ulang dengan menggunakan struktur balok konvensional pada balok prategang lantai 1 – 5. Terdapat 43 balok yang digunakan dalam perhitungan ini adalah gambar rencana dan harga satuan material dan upah kerja Surabaya tahun 2014. Desain beton bertulang menggunakan  $f_c$  ' 30 Mpa dan  $f_y$  400 MPa untuk tulangan baja. Perhitungan struktur mengacu pada SNI 2847-2012. Perhitungan gaya-gaya dalam dihitung dengan program analisa struktur. Hasil analisis adalah dimensi dan jumlah tulangan lentur dan geser lebih besar dan banyak dibandingkan dengan menggunakan struktur balok prategang. Biaya yang dibutuhkan jika menggunakan balok konvensional adalah Rp 4.968.950.000,00 dan balok prategang adalah Rp 2.212.800.000,00 prosentase deviasi antara balok prategang dan konvensional adalah 54,93 %*

**Kata kunci :** deviasi, konvensional, prategang, prosentase

## PENDAHULUAN

Proyek Tunjungan Plaza 5 adalah salah satu pekerjaan vertikal yang berfungsi sebagai mall, dilakukan oleh PT. Pakuwon Jati, yang direncanakan beroperasi pada Agustus 2015. Bangunan tersebut memerlukan bentang panjang karena sehingga metode yang tepat untuk merencanakan balok pada bangunan konstruksi tersebut adalah metode perhitungan balok prategang. Menurut SNI 03-2847-2002, “Beton prategang adalah Beton bertulang yang telah diberikan tegangan tekan dalam untuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam beton akibat beban.”. Untuk memberikan gaya konsentris pada beton prategang bisa dilakukan dengan dua cara yaitu pre-tensioned prestressed concrete (pratarik) dan Post-tensioned Prestressed Concrete (pasca tarik). Pada proyek ini menggunakan cara kerja Post-tensioned Prestressed Concrete (pasca tarik) dimana pada proyek ini usia beton 21 hari kekuatan beton diperkirakan 80%, barulah diberikan gaya konsentris dengan menarik kabel. Metode konstruksi beton prategang bisa dipastikan lebih efisien baik segi biaya, mutu maupun waktu. Oleh karena itu penulis akan menghitung prosentase deviasi biaya penggunaan beton prategang jika dibandingkan dengan beton konvensional pada proyek Tunjungan Plaza 5 Surabaya.

## METODE PENELITIAN

Beton adalah campuran dari kombinasi beberapa material, yaitu agregat kasar, agregat halus, semen, air, dan bahan aditif jika diperlukan. Seperti yang kita ketahui beton merupakan bahan yang kuat menahan tekan tetapi lemah dalam menahan tarik. Untuk mengatasi kelemahan beton tersebut maka ditambahkan besi tulangan yang diharapkan mampu menahan tarik. Perpaduan antara beton dan tulangan inilah yang disebut dengan beton bertulang. Sependapat dengan SK SNI 2847-2013 beton bertulang (*Reinforced concrete*) adalah beton struktural yang ditulangi dengan tidak kurang dari jumlah baja prategang atau tulangan non-prategang minimum. “Balok adalah elemen struktur yang menyalurkan beban-beban dari pelat lantai ke kolom penyangga vertical.” (Dr. Edward G. Nawy P.E 1998 hal.61). Beton prategang adalah

Beton bertulang yang telah diberikan tegangan tekan dalam untuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam beton akibat beban. Menurut SNI 7833-2012. *Post-tensioned Prestressed Concrete* (pasca tarik), adalah konstruksi dimana setelah betonnya cukup keras, barulah diberikan gaya konsentris dengan menarik kabel tendon. Rencana Anggaran Biaya (RAB) suatu bangunan adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda antara daerah satu dengan daerah yang lain. Hal ini disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja di masing-masing daerah. ( H. Bachtiar Ibrahim, 1993;3). Urutan Penelitian:

- 1) Pengumpulan data
- 2) Perhitungan Balok Konvensional
  - (1) Perhitungan pembebanan
  - (2) Analisa gaya dalam
  - (3) Perhitungan penulangan struktur
- 3) Perhitungan RAB Balok Konvensional
- 4) Perhitungan RAB Balok Prategang
- 5) Perbandingan Biaya Balok Konvensional dan Prategang

## HASIL PENELITIAN

Penulangan Balok G48 Lantai 1

Data-data Perencanaan :

Data penulangan :

Dimensi : 80/1200  
Bentang (L) : 1527 cm  
Tebal decking (d') : 4 cm  
Diameter tulangan (D): 25 mm  
Diameter sengkang ( $\emptyset$ ): 16 mm  
Mutu tulangan ( $f_y$ ) : 400 MPa  
Mutu sengkang ( $f_y$ ) : 320 MPa  
Mutu beton ( $f_c'$ ) : 30 Mpa

(1) Perhitungan Penulangan Lentur Daerah Tumpuan

Momen lentur ultimate ( $M_u$ ) negatif tumpuan kiri

$$M_u = 136689,7 \text{ Kgm}$$

$$= 1366897000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1366897000 \text{ Nmm}}{0,75}$$

$$= 1822529333 \text{ Nmm}$$

$$X_{\text{balance}} = \frac{600}{(600+f_y)} \times d = \frac{600}{(600+400)} \times 1146,5 \text{ mm}$$
$$= 687,9 \text{ mm}$$

$$X_{\text{max}} = 0,6 \times X_{\text{balance}}$$
$$= 0,6 \times 687,9 \text{ mm}$$
$$= 412,74 \text{ mm}$$

$$X_{\text{min}} = d' = 64,5 \text{ mm}$$

$$X_{\text{rencana}} = 270 \text{ mm}$$

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times b \times X_{\text{rencana}}$$
$$= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 600 \text{ mm} \times 270 \text{ mm}$$
$$= 5508000 \text{ N}$$

$$A_{sc} = \frac{C_c}{f_y} = \frac{5508000 \text{ mm}^2}{400 \text{ Mpa}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 13370 \text{ mm}^2 \\
 M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left( d - \frac{x_{rencana}}{2} \right) \\
 &= 13370 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \left( 1146,5 \text{ mm} - \frac{270 \text{ mm}}{2} \right) \\
 &= 5571342000 \text{ Nmm} \\
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 &= 1822529333 \text{ Nmm} - 5571342000 \text{ Nmm} \\
 &= -3748812667 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Karena  $M_{ns} < 0$  maka digunakan tulangan tunggal

$$\frac{1}{4} \phi M_n \text{ terbesar} = \frac{1}{4} \times 1822529333 \text{ Nmm} = 455632333,3 \text{ Nmm}$$

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal:

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{400}{0,85 \times 30} \\
 &= 16,67 \\
 \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \\
 \rho_{balance} &= 0,85 \times \beta_1 \times \left( \frac{f_c'}{f_y} \right) \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= 0,0325 \\
 \rho_{max} &= 0,75 \times \rho_{balance} \\
 &= 0,0244 \\
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= 1,733 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{16,67} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,67 \cdot 1,733}{400}} \right) \\
 &= 0,0045 \\
 \rho_{min} &\leq \rho_{perlu} \leq \rho_{max} \\
 0,0035 &\leq 0,00454 \leq 0,0244
 \end{aligned}$$

Maka, digunakan  $\rho_{perlu} = 0,0045$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pakai

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho_{perlu} \times b \times d \\
 &= 4129,014 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai

$$n = \frac{4129,014 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times (25)^2}$$

$$n = 8,488 \text{ buah} \sim \text{dipakai } \mathbf{9 \text{ Buah}}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik

$$A_s \text{ pasang} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur} = 4415,625 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 0,5 \times A_s$$

$$= 2064,506$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai  
As perlu

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{As tulangan pakai}}$$

$$n = 4,207 \text{ buah} \sim \text{dipakai 5 Buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 2453,13 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Cek momen nominal aktual

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b} = \frac{4415,625 \times 400}{0,85 \times 30 \times 800} = 86,58$$

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 13770 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \left(1146,5 \text{ mm} - \frac{86,58}{2}\right) \\ &= 6076478250 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n = 1822529333 \text{ Nmm} < M_{nc} = 6076478250 \text{ Nmm} \rightarrow \text{oke}$$

Perhitungan Penulangan Geser:

$$V_{u1} = \frac{M_n^- + M_n^+}{L_n} + \frac{W_u \cdot L_n}{2}$$

$$L_n = 15270 - 800 - 275 = 14195 \text{ mm}$$

1) Momen pasang tumpuan negatif

Dipasang tulangan tarik 4D25,  $A_s = 1964,28 \text{ mm}^2$

Tinggi balok gaya tekan beton:

$$a = \frac{A_s 1,25 f_y}{0,85 f'_c b} = \frac{3925 \times 1,25 \times 400}{0,85 \times 30 \times 800} = 108,226 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr}^- &= A_{sc} \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 4415,625 \text{ mm}^2 \times 1,25 \times 400 \text{ Mpa} \times \left(1146,5 \text{ mm} - \frac{108,226}{2}\right) \\ &= 2411785560 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

2) Momen pasang tumpuan positif

Dipasang tulangan tarik 2D25,  $A_s = 982,14 \text{ mm}^2$

Tinggi balok gaya tekan beton:

$$a = \frac{A_s 1,25 f_y}{0,85 f'_c b} = \frac{2453,13 \times 1,25 \times 400}{0,85 \times 30 \times 800} = 60,125 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr}^+ &= A_{sc} \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 2453,13 \text{ mm}^2 \times 1,25 \times 400 \text{ Mpa} \times \left(1146,5 \text{ mm} - \frac{60,125}{2}\right) \\ &= 136379995 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Gaya geser total pada muka tumpuan (muka kolom s/d 2h) :

$$W_u \cdot L/2 = 3480939,275 \text{ N/m}$$

$$W_u = 45591,87 \text{ kg}$$

$$V_e = \frac{M_{pr}^- + M_{pr}^+}{L} + W_u \cdot L/2$$

$$= \frac{2411785560 + 136379995}{15270} + 3480939,27 = 3728560 \text{ N}$$

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$= 0,17 \times 1 \times \sqrt{30} \times 800 \times 1146,5$$

$$= 854030,921 = 854,030 \text{ KN}$$

Kuat Geser Tulangan Geser:

$$V_{S_{\min}} = 0,33\sqrt{f'c'} \times b_w \times d$$

$$= 0,33\sqrt{30} \times 800 \times 1146,5$$

$$= 1657824,728 = 165,78 \text{ KN}$$

$$V_{S_{\max}} = 0,42 \lambda \sqrt{f'c'} \times b_w \times d$$

$$= 0,42 \times 1 \times \sqrt{30} \times 800 \times 1146,5$$

$$= 2109958,74 \text{ N} = 2190,958 \text{ KN}$$

$$2V_{S_{\max}} = 2 \times 0,42 \lambda \sqrt{f'c'} \times b_w \times d$$

$$= 2 \times 0,42 \times 1 \times \sqrt{30} \times 800 \times 1164,5 = 4219,917 \text{ KN}$$

$$\emptyset V_c = 0,85 \times 854,0392 \text{ KN} = 725,926 \text{ KN}$$

$$0,5 \emptyset V_c = 0,5 \times 0,85 \times 854,0392 \text{ KN} = 362,96 \text{ KN}$$

Cek persyaratan:

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \times \emptyset \times V_c \rightarrow \text{Tidak Perlu Tulangan Geser}$$

$$3728,559 \text{ KN} \leq 362,96 \text{ KN} \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

Kondisi 2

$$0,5 \times \emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset \times V_c \rightarrow \text{Tulangan Geser Minimum}$$

$$362,96 \text{ KN} \leq 3728,559 \text{ KN} \leq 725,92 \text{ KN} \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

Kondisi 3

$$\emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{S_{\min}}) \rightarrow \text{Tulangan Geser Minimum}$$

$$725,92 \text{ KN} \leq 3728,559 \text{ KN} \leq 2135,077 \text{ KN} \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

Kondisi 4

$$\emptyset (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{S_{\max}}) \rightarrow \text{Tulangan Geser}$$

$$2135,077 \text{ KN} \leq 3728,559 \text{ KN} \leq 2519,39 \text{ KN} \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

Kondisi 5

$$\emptyset (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2V_{S_{\max}}) \rightarrow \text{Tulangan Geser}$$

$$2519,39 \text{ KN} \leq 3728,559 \text{ KN} \leq 4312,86 \text{ KN} \text{ (Memenuhi)}$$

Digunakan persyaratan pada kondisi Kelima

Senggang pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan.

$$V_{S_{\text{perlu}}} = \frac{V_u - \emptyset V_c}{\emptyset}$$

$$= \frac{3728,560 - (725,926)}{0,75}$$

$$= 4003,511 \text{ KN}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 4 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$A_v \text{ perlu} = (0,25 \times \pi \times d^2) \times n \text{ kaki}$$

$$= (0,25 \times \pi \times 10^2) \times 4$$

$$= 803,84 \text{ mm}^2$$

Jarak Tulangan Geser Perlu ( $S_{\text{perlu}}$ )

$$S_{\text{perlu}} = \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_{S_{\text{perlu}}}}$$

$$= \frac{803,84 \times 320 \times 1146,5}{4003,511}$$

$$= 83,66 \text{ mm}$$

Maka dipasang jarak 80 mm antar tulangan geser

Rekapitulasi biaya balok prategang:

| 4 G48                    |        |        |                |             |               |  |
|--------------------------|--------|--------|----------------|-------------|---------------|--|
| Bekisting                | 14.640 | 30.20  | m <sup>2</sup> | Rp 398,000  | Rp 12,019,441 |  |
| Pembesian Ulir           | 14.640 | 594.84 | kg             | Rp 25,580   | Rp 15,215,894 |  |
| Pembesian Polos          | 14.640 | 195.83 | kg             | Rp 25,580   | Rp 5,009,335  |  |
| Beton                    | 14.640 | 4.68   | m <sup>3</sup> | Rp1,390,594 | Rp 6,514,655  |  |
| Prategang                | 14.640 | 190.32 | m'             | Rp 32,331   | Rp 6,153,236  |  |
| <b>Total Biaya Balok</b> |        |        |                |             | Rp 44,912,561 |  |

Rekapitulasi biaya balok konvensional:

| 4 G48                    |         |                |             |               |  |
|--------------------------|---------|----------------|-------------|---------------|--|
| Bekisting                | 47.79   | m <sup>2</sup> | Rp 398,000  | Rp 19,021,057 |  |
| Pembesian Ulir           | 696.20  | kg             | Rp 25,580   | Rp 17,808,782 |  |
| Pembesian Polos          | 1501.18 | kg             | Rp 25,580   | Rp 38,400,268 |  |
| Beton                    | 14.05   | m <sup>3</sup> | Rp1,390,594 | Rp 19,543,964 |  |
| Prategang                | -       | m'             | -           | -             |  |
| <b>Total Biaya Balok</b> |         |                |             | Rp 94,774,071 |  |

Perhitungan deviasi biaya konstruksi balok konvensional dan balok prategang:

| Lantai | Balok Konvensional | Balok Prategang  | Deviasi          |            |
|--------|--------------------|------------------|------------------|------------|
|        | Biaya              | Biaya            | Biaya            | Prosentase |
| 1      | Rp 355,950,000     | Rp 733,370,000   | Rp 377,420,000   | 51.46%     |
| 2      | Rp 463,450,000     | Rp 1,137,890,000 | Rp 674,440,000   | 59.27%     |
| 3      | Rp 515,910,000     | Rp 1,169,300,000 | Rp 653,390,000   | 55.88%     |
| 4      | Rp 463,450,000     | Rp 1,091,820,000 | Rp 628,370,000   | 57.55%     |
| 5      | Rp 414,040,000     | Rp 836,570,000   | Rp 422,530,000   | 50.51%     |
|        | Rp 2,212,800,000   | Rp 4,968,950,000 | Rp 2,756,150,000 | 54.93%     |

## KESIMPULAN

Dimensi yang dihasilkan balok prategang pada proyek TP5 dengan cara perhitungan konvensional jauh lebih besar jika dibandingkan dengan balok prategang, sehingga biaya yang ditimbulkan juga lebih besar prosentase deviasi biaya perbandingannya adalah 54,93 %

## DAFTAR PUSTAKA

- Nawy, E.G, Tavio, Kusuma, B, *Beton Bertulang Sebuah Pendekatan Mendasar*, Jilid 1 dan 2
- Bowles E. Joseph. 1999. *Analisa dan Desain Pondasi* Jilid 2. Jakarta: Erlangga
- Bachtiar, H. Ibrahim. 1993. *Rencana Anggaran Biaya*, Erlangga, Jakarta
- Kusuma, Gideon, Vis, W. C. 1993. *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta
- Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk gedung (PPIUG 1983)
- Rasidi, Nawir, Sugiarti, 2008, *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)*, Politeknik Universitas Brawijaya, Malang.
- Wang, C.K, Salmon, C.G. 1990, *Desain Beton Bertulang*, Edisi ke 4 Jilid 1.

Jakarta: Erlangga