

# STUDI PARAMETRIK PENGARUH KUAT TEKAN BETON DAN GAYA PRATEGANG AWAL TERHADAP DIMENSI PENAMPANG T BALOK BETON PRATEGANG (STUDI KASUS HOTEL ALILA, SURAKARTA)

Aufan Armando Syaifullah<sup>1)</sup>, S.A Kristiawan<sup>2)</sup>, Edy Purwanto<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program S1 Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

<sup>2)</sup> <sup>3)</sup>Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jalan Ir.Sutami No.36A Surakarta 57126.Telp.0271647069. Email : [armandoaufan@gmail.com](mailto:armandoaufan@gmail.com)

## Abstract

*In designing the structure with long span, it takes concentric or eccentric force given to the longitudinal direction of the structural element, the force is called prestressing force. However, prestressed beams has a high price compared with the conventional beam. This study aims to assess further on how the effect of optimization applied in the planning of prestressed beam sectional area. Calculations were performed using constraint functions are referring to ISO 7833 - 2012. Obtained a smaller value of sectional area 2,7503 m<sup>2</sup> from 3 m<sup>2</sup> and also obtained an optimization pattern that connects between the parameter  $f_c$ , parameter sectional area (A), and the prestressing force parameter (P). The larger the value  $f_c$  and P, the smaller the value of sectional area (A), but at a certain value, the value of A becomes convergent or horizontally.*

*Keywords: prestressed concrete, Optimization, Sectional area,  $f_c$ , prestressed force.*

## Abstrak

Pada perencanaan struktur dengan bentang yang panjang, dibutuhkan gaya konsentris atau eksentris yang diberikan ke arah longitudinal elemen struktural, gaya tersebut disebut gaya prategang. Akan tetapi balok prategang memiliki harga yang tinggi dibanding dengan balok konvensional. Penelitian ini bertujuan untuk mencari penampang yang lebih optimum dan mengkaji lebih jauh tentang bagaimana pengaruh optimasi yang di aplikasikan dalam perencanaan luas penampang balok prategang pada elemen balok prategang gedung Hotel Alila Solo dengan bentang 42 m. Perhitungan yang dilakukan menggunakan fungsi konstrain yang mengacu pada SNI 7833 – 2012. Diperoleh nilai luas penampang yang lebih kecil yaitu 2,7503 m<sup>2</sup> dari semula 3 m<sup>2</sup>, dan juga terdapat suatu pola optimasi yang menghubungkan antara parameter  $f_c$ , parameter luas penampang (A), dan parameter gaya prategang (P). Semakin besar nilai  $f_c$  dan P, maka semakin kecil nilai luas penampang (A), akan tetapi pada nilai tertentu, nilai A menjadi konvergen atau mendatar.

Kata Kunci : Beton prategang, Optimasi, luas penampang,  $f_c$ , gaya prategang.

## PENDAHULUAN

Penggunaan beton prategang sudah menjadi hal yang biasa di berbagai proyek pada saat ini. Karena sesuai kebutuhan, beton prategang dapat memikul beban yang lebih besar dengan bentang yang lebih panjang. Dalam hal ini dimensi penampang akan sangat berpengaruh terhadap kebutuhan material yang semakin meningkat, optimasi sebuah penampang akan sangat membantu menghemat kebutuhan material yang terbatas.

Permasalahan utama yang timbul dalam perencanaan bangunan dengan bentang yang panjang adalah resiko keretakan pada struktur balok yang terjadi akibat rendahnya kemampuan beton dalam menerima gaya tarik. Kuat tarik yang di miliki beton relatif kecil, berkisar antara 8 hingga 14 persen dari kuat tekannya. Karena rendahnya kapasitas tarik tersebut, maka resiko retak lentur dapat terjadi pada taraf pembebanan yang masih rendah. Untuk mengantisipasi hal tersebut diberikan penambahan tulangan guna

mengantisipasi gaya tarik yang terjadi pada balok. Pemberian tulangan pada balok ini dikenal dengan istilah beton bertulang. Namun terkait fungsi bangunan yang menuntut penggunaan bentang yang panjang, penggunaan beton bertulang tidaklah cukup dan justru menjadi sangat beresiko. Hal ini dikarenakan balok dengan bentang sangat berlebihan, menghasilkan struktur dengan beban mati yang lebih berat, dan akibatnya retak dan defleksi jangka panjang juga semakin besar. Maka diperlukan suatu cara yang mampu mereduksi dimensi penampang, namun tetap mampu menampung beban sesuai rencana, sehingga resiko keretakan dapat di reduksi. Untuk mengurangi atau mencegah berkembangnya retak tersebut, gaya konsentris atau eksentris diberikan ke arah longitudinal elemen struktural, gaya ini disebut gaya prategang.

Teknik Optimasi adalah suatu usaha untuk mendapatkan hasil terbaik dari suatu keadaan. Dalam desain, konstruksi dan perancangan sistem struktur, teknisi harus memiliki teknik dan strategi pelaksanaan dalam tahapan langkahnya. Tujuan akhir dari usaha tersebut adalah untuk meminimalkan usaha yang dibutuhkan atau memaksimalkan keuntungan. (Ratno Indriyatno, 2000)

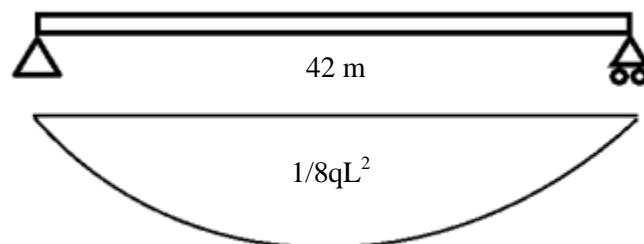
Desain struktur yang optimal selalu menjadi tujuan para insinyur, dengan atau tanpa pendekatan secara matematis digunakan dalam mencapai prosedur optimasi. Dalam kondisi saat ini, kebanyakan desain gedung dioptimasi dengan prosedur *trial and error* yang digabung dengan pengalaman perancang. Proses ini memakan waktu, tetapi dapat disederhanakan dengan menggunakan program computer. Secara umum, masalah optimasi desain bertujuan untuk meminimalkan sebuah fungsi (harga) yang menggunakan beberapa variable yang memiliki batasan – batasan tertentu. (P.B.R. Dissanayake,2005)

Optimasi beton prategang, terdapat parameter parameter tertentu yang berhubungan dengan optimasi beton prategang itu sendiri, seperti  $f_c'$  dan  $P_i$ . Parameter tersebut mempengaruhi hasil akhir dari optimasi tersebut. Nilai  $f_c$  tertentu, hasil optimasi akan berbeda dengan nilai  $f_c$  yang lain. Begitu juga dengan parameter  $P$ . Terdapat suatu pola yang menghubungkan antara parameter parameter tersebut dengan hasil proses optimasi. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengkaji lebih jauh tentang bagaimana pengaruh parameter  $f_c$  dan  $P$  terhadap optimasi yang di aplikasikan dalam perencanaan balok prategang.

## METODE

### Elemen Struktur yang Dikaji

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode perencanaan dan perhitungan. Data awal diperoleh dari shop drawing proyek hotel alila surakara, seperti parameter  $f_c$  dan  $P$  (gaya prategang) awal, kemudian variasi parameter  $f_c$  dan  $P$  digunakan nilai asumsi. Dan elemen struktur yang dikaji adalah elemen balok prategang dengan bentang 42 m. (Pratama S.A . 2014)



Gambar 1. Sketsa Momen Balok Prategang Penampang T

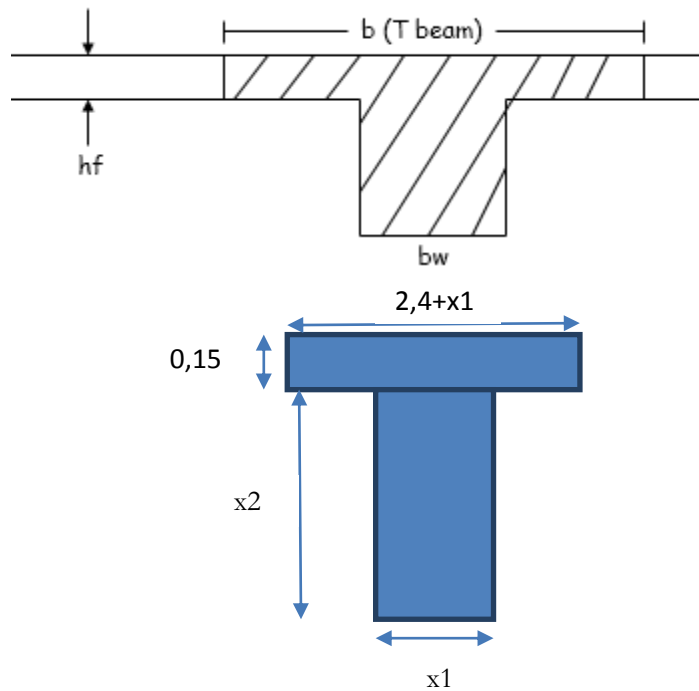
## Formulasi Optimasi

T beam

$$b = b_w + 16hf$$

$$= x_1 + 16 \cdot 0,15$$

$$= 2,4 + x_1$$



Gambar 2. Sketsa Balok prategang penampang T

Mencari nilai  $x_1$  dan  $x_2$  dimana meminimalkan Fungsi

$$\begin{aligned} F(x) &= A \\ &= 0,15 \cdot (2,4 + x_1) + x_1 \cdot x_2 \\ &= 0,36 + (0,15 + x_2) x_1 \end{aligned}$$

Dengan fungsi batasan yang diperoleh berdasarkan batasan SNI 7833 2012 dan SNI 2847 2002:

awal

$$f^t = -\frac{P_i}{Z(x)} \left(1 - \frac{e \cdot Q(x) \cdot Z(x)}{W(x)}\right) - \frac{M_D Q(x)}{W(x)} \leq f_{t\text{ijin}} = 0.25 \sqrt{f_c'}$$

$$f_b = -\frac{P_i}{Z(x)} \left(1 + \frac{e(t_1 + t_2 - Q(x))Z(x)}{W(x)}\right) + \frac{M_D Q(x)}{W(x)} \leq f_{c\text{ijin}} = -0.6 f_c'$$

$$f^t = -\frac{P_i}{Z(x)} \left(1 - \frac{e \cdot Q(x) \cdot Z(x)}{W(x)}\right) \leq f_{t\text{ijin}} = -0.6 f_c'$$

$$f_b = -\frac{P_i}{Z(x)} \left(1 + \frac{e(t_1 + t_2 - Q(x))Z(x)}{W(x)}\right) \leq f_{c\text{ijin}} = -0.6 f_c'$$

akhir

$$f^t = -\frac{P_e}{Z(x)} \left(1 - \frac{e \cdot Q(x) \cdot Z(x)}{W(x)}\right) - \frac{M_D Q(x)}{W(x)} \leq f_{t\text{ijin}} = -0.45 f_c'$$

$$f_b = -\frac{P_i}{Z(x)} \left(1 + \frac{e(t_1+t_2-Q(x))Z(x)}{W(x)}\right) + \frac{M_D Q(x)}{W(x)} \leq f_{cijin} = 0.5\sqrt{fc'}$$

$$f^t = -\frac{P_i}{Z(x)} \left(1 - \frac{e.Q(x).Z(x)}{W(x)}\right) \leq f_{tijin} = 0.5\sqrt{fc'}$$

$$f_b = -\frac{P_i}{Z(x)} \left(1 + \frac{e(t_1+t_2-Q(x))Z(x)}{W(x)}\right) \leq f_{cijin} = 0.5\sqrt{fc'}$$

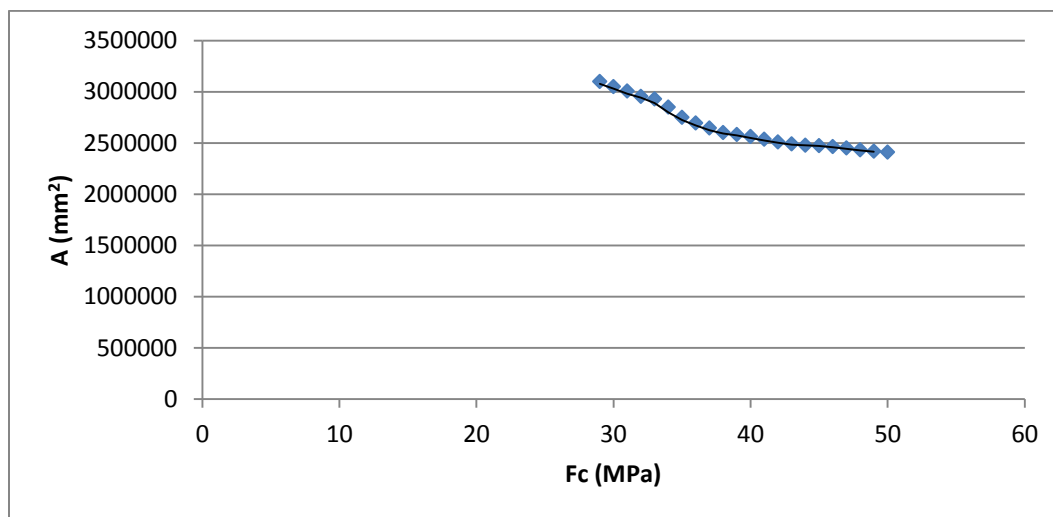
Dimana  $Z(x)$  = Luas Penampang (A)  
 $Q(x)$  = nilai y  
 $W(x)$  = Momen Inersia (I)  
 $f^t$  = Tegangan beton Prategang serat atas  
 $f_b$  = Tegangan beton Prategang serat bawah

### Solusi Persamaan untuk Mendapat Optimasi

Setelah semua fungsi ditentukan, perhitungan optimasi kemudian dilakukan dengan menggunakan program MATLAB 2012b (Geletu Abele. 2007 dan The MathWorks, Inc. 2014).

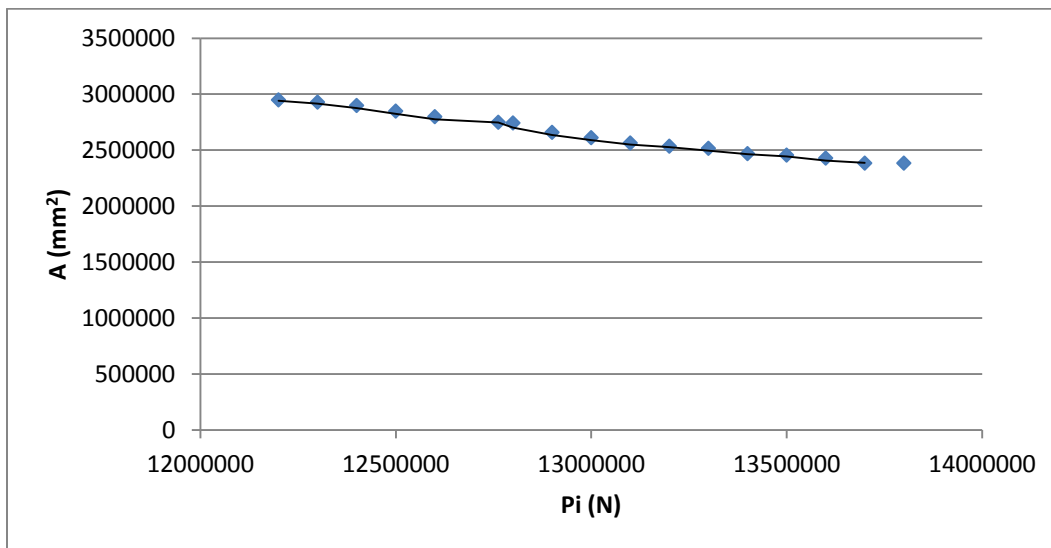
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah semua fungsi diolah dengan program MATLAB 2012b, dengan nilai  $fc$  dan  $P_i$  yang sama dengan di lapangan yaitu  $fc$  35 MPa dan  $P_i$  12.762.386 N diperoleh nilai A yaitu 2.750.360 mm<sup>2</sup> dari nilai A awal sebesar 3.000.000 mm<sup>2</sup>. kemudian dengan mengvariasikan parameter  $fc$  dan P diperoleh pula nilai nilai tertentu yang dapat di plot sehingga menjadi grafik grafik sebagai berikut.



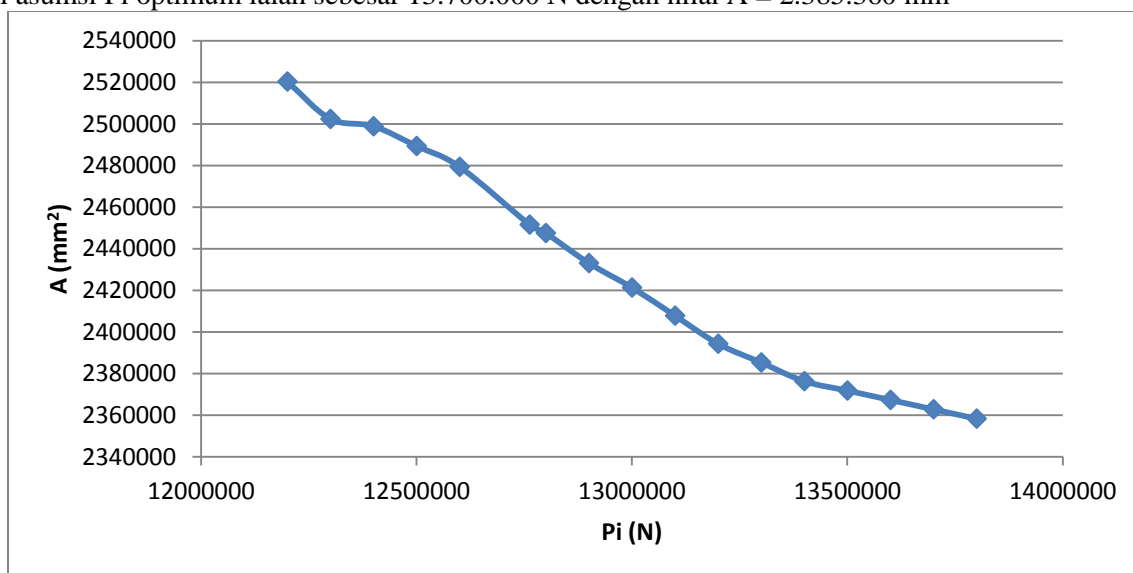
Gambar 3. Grafik Perbandingan Optimasi antara Parameter  $fc$  dan Luas Penampang (A) dengan nilai  $P_i = 12.762.386$  N

Grafik diatas adalah grafik yang menunjukkan data perbandingan antara Luas penampang (A) hasil optimasi dengan nilai  $fc$  asumsi. Berdasarkan hasil grafik tersebut, diperoleh sebuah pola yang menunjukan bahwa nilai A (Luas penampang) berbanding terbalik dengan nilai  $fc$ . Apabila P (Gaya prategang) meningkat, maka nilai A (Luas Penampang) akan menurun. Pada nilai  $fc$  tertentu, nilai A (luas penampang) menjadi konvergen atau mendatar. Kemudian berdasarkan grafik tersebut, ketika nilai A mulai menjadi konvergen, diambil nilai asumsi  $fc$  optimum ialah sebesar 47 MPa dengan nilai A = 2.451.610 mm<sup>2</sup>



Gambar 4. Grafik Perbandingan Optimasi antara Parameter Gaya prategang (P) dan Luas Penampang (A) dengan  $f_c = 35$  MPa

Grafik diatas adalah grafik yang menunjukkan data perbandingan antara Luas penampang (A) hasil optimasi dengan nilai gaya prategang (P) asumsi sedangkan nilai  $f_c$  yang digunakan ialah nilai  $f_c$  lapangan yaitu 35 MPa. Berdasarkan hasil grafik tersebut, diperoleh sebuah pola yang menunjukkan bahwa nilai A (Luas penampang) berbanding terbalik dengan nilai P (Gaya prategang). Apabila P (Gaya prategang) meningkat, maka nilai A (Luas Penampang) akan menurun. Berbeda dengan grafik pertama, grafik perbandingan antara gaya prategang (P) dan luas penampang (A) memiliki garis yang lebih mendatar atau konvergen. Berdasarkan grafik tersebut, ketika nilai A mulai menjadi konvergen, diambil nilai asumsi  $P_i$  optimum ialah sebesar 13.700.000 N dengan nilai  $A = 2.385.360 \text{ mm}^2$



Gambar 5. Grafik Perbandingan Optimasi antara Parameter Gaya prategang (P) dan Luas Penampang (A) dengan  $f_c = 47$  Mpa

Grafik diatas adalah grafik yang menunjukkan data perbandingan antara Luas penampang (A) hasil optimasi dengan nilai gaya prategang (P) asumsi menggunakan nilai  $f_c$  optimum yaitu 47 MPa. Berdasarkan hasil grafik tersebut, diperoleh sebuah pola yang menunjukkan bahwa nilai A (Luas penampang) berbanding terbalik dengan nilai P (Gaya prategang). Apabila P (Gaya prategang) meningkat, maka nilai A (Luas Penampang) akan menurun. Berbeda dengan grafik pertama, grafik

perbandingan antara gaya prategang (P) dan luas penampang (A) memiliki garis yang lebih mendatar atau konvergen. Berdasar kan grafik tersebut, dengan menggunakan nilai  $f_c$  optimum 47 MPa dan nilai  $P_i$  optimum 13.700.000 N diperoleh nilai A sebesar 2.362.860 mm<sup>2</sup>.

- a. Perhitungan optimasi yang dilakukan dengan studi parameter  $f_c$  menunjukkan bahwa terjadi pola perubahan antara nilai  $f_c$  dengan nilai A. berdasarkan data yang diperoleh, semakin besar nilai  $f_c$ , maka semakin kecil nilai A, perbandingan terbalik perubahan ini ditunjukkan pada grafik 4.1
- b. Demikian juga pada perhitungan optimasi pada studi parameter P, menunjukkan bahwa terjadi pola antara nilai P dengan nilai A. berdasarkan data yang diperoleh, semakin besar nilai P, maka semakin kecil nilai A, hanya perubahan yang terjadi tidak signifikan. Perbandingan terbalik perubahan ini ditunjukkan pada grafik 4.2.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Berdasarkan proses optimasi yang dilakukan, dari dimensi awal yaitu 3 m<sup>2</sup>, diperoleh nilai dimensi baru yang lebih optimal dengan nilai  $f_c$  dan P yang sama yaitu dengan luas 2,835 m<sup>2</sup>.
- b. Diperoleh keuntungan sebesar 8,33% dari dimensi awal penampang.

## REFERENSI

- Geletu Abele. 2007. Solving Optimization Problem Using the Matlab Optimization Toolbox – a Tutorial. TU-Ilmenau, Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften.
- Indriyatno Ratno. 2000. Optimasi Slab Berongga Brton Prategang. Surakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
- Kanna J.S dan P.B.R. Dissanayake. 2005. Optimum Design of Pre-stressed Concrete Beam. Annual of Transactions of IESL, Institute of Engineering Sri Lanka.
- Pratama S.A . 2014. Efek Susut dan Rangkak Terhadap Redistribusi Tegangan dan Lendutan pada Elemen Balok Prategang(Studi Kasus Hotel Alila, Surakarta). Surakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
- Standar Nasional Indonesia. SNI 7833 2012. 2012. Tata Cara Perancangan Struktur Beton Pracetak dan Prategang Untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. SNI 2847 2002. 2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version). Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- The MathWorks, Inc. 2014. Optimization Toolbox™ User's Guide. Massachusetts: The MathWorks, Inc..