

**OPTIMASI PENAMPANG PERSEGI PANJANG PADA ELEMEN  
BALOK PRATEGANG (STUDI KASUS PADA HOTEL ALILA  
SURAKARTA)**

*“Optimization of Rectangular Section on Prestressed Beam Element  
(Case Study at Alila Hotel Surakarta)”*

**SKRIPSI**

**Disusun Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Sebelas Maret  
Surakarta**



**Disusun oleh :**

**DWIEKY ANUGERAH**

**I 0110035**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA**

**2017**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**OPTIMASI PENAMPANG PERSEGI PANJANG PADA ELEMEN  
BALOK PRATEGANG (STUDI KASUS PADA HOTEL ALILA  
SURAKARTA)**

*“Optimization of Rectangular Section on Prestressed Beam Element  
(Case Study at Alila Hotel Surakarta)”*

**SKRIPSI**

Disusun Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Sebelas Maret  
Surakarta



Disusun oleh :

**DWIEKY ANUGERAH**  
**I 0110035**

Telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan Tim Penguji Pendarasan Program  
Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta

Persetujuan Dosen Pembimbing :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

**Prof. S.A. Kristiawan ST, MSc, PhD**  
**NIP. 19690501 199512 1 001**

**Edy Purwanto, ST, MT**  
**NIP. 1968 0912 1997 02 1 001**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**OPTIMASI PENAMPANG PERSEGI PANJANG PADA ELEMEN  
BALOK PRATEGANG (STUDI KASUS PADA HOTEL ALILA  
SURAKARTA)**

*“Optimization of Rectangular Section on Prestressed Beam Element  
(Case Study at Alila Hotel Surakarta)”*

**SKRIPSI**

Disusun oleh :

**DWIEKY ANUGERAH**  
**I 0110035**

Telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Pendadaran Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta pada :

Hari : Senin

Tanggal : 24 Juli 2017

**Prof. S.A. Kristiawan ST, MSc, PhD**  
**NIP. 19690501 199512 1 001**

.....

**Edy Purwanto, ST, MT**  
**NIP. 1968 0912 1997 02 1 001**

.....

**Ir. Mukahar, MSCE**  
**NIP. 19541004 198503 1 001**

.....

**Dr. Senot Sangadji, ST, MT**  
**NIP. 19720807 200003 1 002**

.....

Mengesahkan,  
Kepala Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik UNS

**Wibowo, ST, DEA**  
**NIP. 19681007 199502 1 001**

## **MOTTO**

1. "Karena Allah SWT tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kemampuannya" (QS. Al-Baqoroh : 286)
2. "You must believe you are the best and then make sure that you are" William Shankly OBE

## **PERSEMBAHAN**

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, atas semua rahmat dan hidayah-Nya yang telah diberikan kepada saya. Skripsi ini saya persembahkan sebagai ucapan terima kasih kepada :

1. Nabi Muhammad SAW dan Nabi Ibrahim AS karena telah memberikan syafa'at/pertolongannya berupa iman dan Islam.
2. Mama, Papa, dan Mas Gil tersayang. Terima kasih atas semua cinta, kasih sayang, bimbingan, dan doa yang tak henti-hentinya diberikan. Maaf atas keterlambatannya.
3. Bapak Prof. S. A. Kristiawan ST, MSc, PhD dan Bapak Edy Purwanto ST, MT selaku pembimbing skripsi dan Bapak Ir. Sudharto, MSi selaku pembimbing akademik, serta Bapak/Ibu Dosen sekalian. Terimakasih atas segala ilmu yang telah diajarkan kepada saya.
4. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil angkatan 2010 dan semua pihak yang telah berpartisipasi dalam penyusunan skripsi ini.

## ABSTRAK

**Dwieky Anugerah, 2017.** Optimasi Penampang Persegi Panjang Pada Elemen Balok Prategang (Studi Kasus Pada Hotel Alila Surakarta). Skripsi. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Gaya konsentris atau eksentris yang diberikan ke arah longitudinal elemen struktural sebuah beton disebut gaya prategang. Gaya prategang berfungsi untuk mengurangi atau mencegah berkembangnya retak akibat rendahnya kemampuan beton dalam menerima gaya tarik. Hotel Alila Surakarta memiliki elemen balok prategang yang berpenampang persegi panjang dengan dimensi balok 1m x 3m x 42m. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengoptimasikan luas penampang balok tersebut agar lebih efisien. Dari proses optimasi tersebut akan diperoleh hubungan antara parameter A (Luas Penampang),  $f_c$  (Mutu Beton), dan P (Gaya Prategang).

Dalam penelitian ini, optimasi yang dilakukan menggunakan fungsi persamaan linear. Fungsi tujuannya adalah  $f(x) = x_1 \cdot x_2$  dengan nilai  $x_1$  adalah lebar dan nilai  $x_2$  adalah tinggi penampang persegi panjang balok prategang. Fungsi konstrain yang digunakan diambil dari rumus tegangan pada beton prategang pada serat tertentu. Parameter  $f_c$  (Mutu Beton) dan P (Gaya Prategang) diberikan dengan nilai yang bervariasi. Optimasi dilakukan dengan menggunakan program MATLAB dan Microsoft Excel.

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh dimensi penampang baru dengan nilai  $x_1 = 1$ m dan  $x_2 = 2,6$ m. Hasil penelitian menunjukkan hubungan antara nilai A (luas penampang) dengan  $f_c$  (Mutu Beton) dan nilai A (Luas Penampang) dengan nilai P (Gaya Prategang). Berdasarkan pola optimasi tersebut, apabila nilai  $f_c$  semakin besar, maka nilai A akan semakin kecil. Begitu juga pola optimasi antara nilai A dan P, apabila nilai P semakin besar, maka nilai A akan mengecil.

Kata kunci : Balok Prategang, Gaya Prategang, Luas Penampang, Mutu Beton, Optimasi.

## ABSTRACT

**Dwiiky Anugerah, 2017.** Optimization of Rectangular Section on Prestressed Beam Element (Case Study at Alila Hotel Surakarta). Mini Thesis. Civil Engineering Studies Program, Faculty of Engineering, Sebelas Maret University, Surakarta.

Concentric or eccentric force which given to longitudinal direction of concrete's structural element is called prestressed force. Prestressed force has a function to reduce or prevent the development of crack due to the low ability of concrete in receiving tensile strength. Alila Hotel Surakarta has rectangular section of prestressed beam element with beam's dimension is 1m x 3m x 42m. The purpose of this research is to optimize the area of the beam to be more efficient. From the optimization process will be obtained the relation between parameter A (Sectional Area),  $f_c$  (Concrete Quality), and P (Prestressed Force).

In this research, optimization is done using the function of linear equations. The objective function is  $f(x) = x_1 \cdot x_2$  with the value of  $x_1$  is the width and the value of  $x_2$  is the height of the rectangular section of prestressed beam. The constraint functions which used in this research are taken from prestressed concrete's formula on certain fibers. Parameter  $f_c$  (Concrete Quality) and P (Prestressed Force) are given with various value. Optimization is done using MATLAB and Microsoft Excel.

Based on the calculation results, we get the new sectional dimension with the value of  $x_1 = 1\text{m}$  and  $x_2 = 2,6\text{m}$ . The results show the relation between A (Sectional Area) with  $f_c$  (Concrete Quality) and A (Sectional Area) with P (Prestressed Force). Based on the optimization pattern, if the value of  $f_c$  is bigger, then the value of A will be smaller. So is the optimization pattern between the value of A and P, if the value of P is bigger, then the value of A will decrease.

Keywords : Concrete Quality, Prestressed Beam, Prestressed Force, Sectional Area.

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur Penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena dengan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, Penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Optimasi Penampang Persegi Panjang Pada Elemen Balok Prategang (Studi Kasus Pada Hotel Alila Surakarta).

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta. Dengan adanya penulisan skripsi ini, diharapkan dapat memberikan manfaat khususnya bagi Penulis sendiri dan bagi orang lain pada umumnya.

Pada penyusunan skripsi ini, Penulis telah banyak mendapatkan bantuan baik fasilitas, bimbingan, maupun kerjasama dari berbagai pihak. Oleh karena itu penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Segenap Pimpinan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Prof. S.A. Kristiawan, ST, MSc, PhD selaku Dosen Pembimbing I.
3. Edy Purwanto, ST, MT selaku Dosen Pembimbing II.
4. Ir. Sudharto, MSi selaku Pembimbing Akademik.
5. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil angkatan 2010 dan semua pihak yang telah berpartisipasi dalam penyusunan skripsi ini.

Akhir kata, Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Surakarta, Juli 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	iv
ABSTRAK .....	v
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL .....	xiv

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

2.1. Tinjauan Pustaka .....	5
2.2. Landasan Teori.....	6
2.2.1. Beton Prategang .....	6
2.2.2. Perbandingan Beton Prategang dengan Beton Bertulang .....	7
2.2.3. Keuntungan Beton Prategang.....	8
2.2.4. Konsep Pemberian Gaya Prategang .....	8
2.2.5. Riwayat Pemberian Beton Prategang .....	9
2.2.6. Metode Pemberian Gaya Prategang .....	11
2.2.7. Tahap Pembebanan Beton Prategang .....	13
2.2.8. Konsep Tegangan pada Prategang .....	14



2.2.9. Modulus Penampang Minimum .....	17
2.2.10. Teori Optimasi.....	20
2.2.10.1. Kelebihan dan Kekurangan Persamaan Linear .....	22
2.2.10.2. Syarat dalam Penggunaan Persamaan Linear .....	22
2.2.10.3. Asumsi asumsi Dasar Persamaan Linear.....	24
2.2.10.4. Pembuatan Model.....	25

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

3.1. Data Struktur Gedung .....	26
3.2. Tahapan Analisis.....	27
3.2.1. Studi Literatur .....	28
3.2.2. Pengumpulan Data .....	28
3.2.3. Perhitungan Tegangan Serat Beton.....	28
3.2.4. Perhitungan Optimasi Beton Prategang .....	28
3.2.5. Formulasi Perencanaan Optimasi Balok Prategang .....	29
3.2.6. Pemrograman Linear Menggunakan MATLAB .....	31
3.2.7. Penggambaran Kurva.....	34
3.3. Diagram Alir .....	35

### **BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

4.1. Pengumpulan Data Struktur .....	36
4.1.1. <i>Shop Drawing</i> .....	36
4.1.2. Data Material .....	39
4.1.3. Data Perencanaan dan Perhitungan.....	40
4.1.4. Proses Optimasi .....	46
4.2. Analisis Data .....	47
4.3. Pembahasan .....	52

## **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1. Kesimpulan.....	53
5.2. Saran .....	53
DAFTAR PUSTAKA .....	xvii
LAMPIRAN.....	xviii

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Deskripsi Gedung.....	26
Tabel 3.2. Input Arguments .....	31
Tabel 3.3. Output Arguments.....	32
Tabel 3.4. Parameter yang Digunakan dalam linprog.m.....	33
Tabel 4.1. Data Mutu Material Balok Prategang .....	39

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Metode Pemberian Pratarik ( <i>Pre-tension</i> ).....	12
Gambar 2.2. Metode Pemberian Pascatarik ( <i>Post-Tension</i> ) .....	13
Gambar 2.3. Elemen Balok Tanpa Gaya Prategang yang Diberi Beban Sebesar $q_1$ .....	14
Gambar 2.4. Diagram Tegangan Beton Tanpa Gaya Prategang .....	15
Gambar 2.5. Elemen Balok dengan Gaya Prategang yang Diberi Beban Sebesar $q_2$ ( $q_2 > q_1$ ) .....	16
Gambar 2.6. Diagram Tegangan Beton dengan Gaya Prategang $P_0$ .....	16
Gambar 2.7. Diagram Tegangan Beton dengan Gaya Prategang $P$ dan Eksentrisitas $e$ .....	17
Gambar 2.8. Diagram Tegangan Beton dengan Gaya Prategang $P$ dan Eksentrisitas $e$ pada saat awal .....	18
Gambar 2.9. Diagram Tegangan Beton dengan Gaya Prategang $P$ dan Eksentrisitas $e$ pada saat akhir.....	19
Gambar 3.1. Tampak Alila Hotel.....	27
Gambar 3.2. Sketsa Balok Prategang Penampang Persegi Panjang.....	29
Gambar 3.3. Sketsa Momen Balok Prategang Penampang Persegi Panjang....	30
Gambar 3.4. Diagram Alir Optimasi Dimensi Penampang Balok Prategang .....	35
Gambar 4.1. Denah Perletakan Balok Prategang di Lantai 5.....	36
Gambar 4.2. Potongan Memanjang Balok Prategang dan Ordinat Tendon.....	37
Gambar 4.3. Potongan Melintang Balok di Tengah Bentang .....	38
Gambar 4.4. Sketsa Penampang Perencanaan Balok .....	40
Gambar 4.5. Distribusi Tegangan pada Layer Beton.....	42
Gambar 4.6. Distribusi Tegangan pada Layer Beton.....	43
Gambar 4.7. Distribusi Tegangan pada Layer Beton.....	44
Gambar 4.8. Distribusi Tegangan pada Layer Beton.....	45
Gambar 4.9. Tampilan Script Optimasi pada Matlab. ....	46
Gambar 4.10. Tampilan Script Input Fungsi yang digunakan untuk Optimasi pada Matlab.....	47
Gambar 4.11. Grafik Perbandingan Optimasi antara Parameter Gaya Prategang	

Awal ( $P_i$ ) dan Luas Penampang ( $A$ ) dengan $f_c = 35$ Mpa .....	48
Gambar 4.12. Grafik Perbandingan Optimasi antara Parameter Gaya Prategang Awal ( $P_i$ ) dan Luasan Prategang ( $A_{ps}$ ) dengan $f_c = 35$ MPa dan $f_{pi} = 1302$ MPa .....	49
Gambar 4.13. Grafik Perbandingan Optimasi antara Parameter $f_c$ dan Luas Penampang ( $A$ ) dengan $P_i = 12762386$ N .....	50
Gambar 4.14. Grafik Perbandingan Optimasi antara Parameter Gaya prategang ( $P_i$ ) dan Luas Penampang ( $A$ ) dengan $f_c = 47$ .....	51

## DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

$f^t$	= Tegangan diserat atas beton
$f_b$	= Tegangan diserat bawah beton
$M_T$	= Momen maksimum pada elemen balok
$y^t$	= Jarak antara titik berat ke serat atas beton
$I_c$	= Momen Inersia beton
$f_{po}$	= Tegangan awal prategang
$\varepsilon_{sh(t)}$	= nilai susut kering umur t
t	= umur pengujian
$\varepsilon_{sh(u)}$	= besar <i>ultimate shrinkage</i>
$\gamma_\lambda$	= Kelembapan udara relatif
$\gamma_h$	= Perbandingan volume dan luas permukaan
s	= Nilai slump
$\psi$	= perbandingan antara agregat halus dengan total agregat
c	= kandungan semen
$\alpha$	= kandungan udara dalam persen
$\varepsilon_{cs}$	= nilai susut kering umur t
$\varepsilon_{cs0}$	= koefisien susut kering ( <i>ultimate shrinkage</i> )
$\beta_s$	= koefisien pertambahan susut kering terhadap waktu
$\varepsilon_{(f_{cm})}$	= kuat tekan rata-rata beton pada umur 28 hari (Mpa)
$\varepsilon_{f_{cm0}}$	= 10 Mpa
$\beta_{sc}$	= nilai koefisien yang bergantung pada tipe semen,
$\beta_{RH}$	= koefisien kelembapan udara relatif
A <sub>c</sub>	= luas benda uji (mm <sup>2</sup> )
u	= keliling benda uji (mm)
$\phi_{cr(t,t_0)}$	= nilai koefisien rangkak saat umur t dengan pembebanan saat umur t <sub>0</sub>
$\phi_{\infty(t_0)}$	= nilai koefisien <i>ultimate creep</i>
N <sub>c0</sub>	= Gaya normal pada beton saat t <sub>0</sub>
N <sub>s1</sub> , N <sub>s2</sub>	= Gaya normal pada baja A <sub>s1</sub> dan A <sub>s2</sub> pada saat t <sub>0</sub>
N <sub>c(t)</sub>	= Gaya normal pada beton saat t

- $N_{s1(t)}$  = Gaya normal pada baja  $A_{s1}$  pada saat  $t$   
 $N_{s2(t)}$  = Gaya normal pada baja  $A_{s2}$  pada saat  $t$   
 $M_{c0}$  = Momen yang terletak pada titik berat beton saat  $t_0$   
 $M_{s1}$  = Momen yang terletak pada baja  $A_{s1}$  pada saat  $t_0$   
 $M_{s2}$  = Momen yang terletak pada baja  $A_{s2}$  pada saat  $t_0$   
 $y_1, y_2$  = jarak gaya pada layer 1 dan 2 ke titik berat beton  
 $\Delta\varepsilon_{s1(t)}$  = Perubahan regangan pada baja di layer 1  
 $\Delta\varepsilon_{s2(t)}$  = Perubahan regangan pada baja di layer 2  
 $A_{s1}$  = Luasan baja pada layer 1  
 $A_{s2}$  = Luasan baja pada layer 2  
 $r$  = Jari-jari girasi beton  
 $\sigma_r(t)$  = tegangan akibat relaksasi baja  
 $\sigma_{s0}$  = tegangan prategang mula-mula  
 $\sigma_{sy} = 0,85 f_{ps}$   
 $f_{ps}$  = tegangan maksimum prategang  
 $(t-t_0)$  = perubahan waktu sejak prategang bekerja  
 $\Delta\psi$  = besarnya perubahan kurva balok akibat perubahan tegangan yang terjadi di balok  
 $\Delta\sigma_{1(t)}$  = perubahan tegangan yang terjadi pada layer baja 1  
 $\Delta\sigma_{2(t)}$  = perubahan tegangan yang terjadi pada layer baja 2  
 $E_s$  = elastisitas baja prategang  
 $y_1$  = jarak antara layer 1 ke titik berat beton  
 $y_2$  = jarak antara layer 2 ke titik berat beton  
 $\Delta a(t)$  = defleksi dititik yang ditinjau  
 $M_{(x)}$  = momen dititik yang ditinjau  
 $l$  = panjang bentang  
 $dx$  = jarak dimana titik ditinjau  
 $[\Delta\psi(t)]_{max}$  = kurva dititik dimana terjadi momen maksimum  
 $Ka$  = koefisien defleksi tergantung pada tipe pembebanan dan perletakan.

m = Meter  
mm = Milimeter  
kg = Kilogram  
ml = Mililiter  
MPa = Mega Pascal



## DAFTAR PUSTAKA

- Geletu Abele. 2007. *Solving Optimization Problem Using the Matlab Optimization Toolbox – a Tutorial*. TU-Ilmenau, Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften.
- 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.
- Suryoatono,B. 2001. *Beton Prategang*. Jakarta: Erlangga
- The MathWorks, Inc. 2014. *Optimization Toolbox™ User's Guide*. Massachusetts: The MathWorks, Inc.