

TESIS

**OPTIMASI UKURAN PENAMPANG BETON  
PRATEGANG PADA BALOK SEDERHANA DAN  
MENERUS DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA  
GENETIKA**



ALFIAN WIRANATA ZEBUA  
No. Mhs : 135101980/PS/MTS

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
2014



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA


PROGRAM PASCASARJANA

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

---

PENGESAHAN TESIS

Nama : ALFIAN WIRANATA ZEBUA  
Nomor Mahasiswa : 135101980/PS/MTS  
Konsentrasi : Struktur  
Judul tesis : Optimasi Ukuran Penampang Beton Prategang pada Balok Sederhana dan Balok Menerus dengan Menggunakan Algoritma Genetika

<b>Nama Pembimbing</b>	<b>Tanggal</b>	<b>Tanda Tangan</b>
Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng., Ph.D	29/10/2014 .....	 .....



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

PROGRAM PASCASARJANA

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

PENGESAHAN TESIS

Nama : ALFIAN WIRANATA ZEBUA  
Nomor Mahasiswa : 135101980/PS/MTS  
Konsentrasi : Struktur  
Judul tesis : Optimasi Ukuran Penampang Beton Prategang pada Balok Sederhana dan Balok Menerus dengan Menggunakan Algoritma Genetika

Nama Penguji	Tanggal	Tanda Tangan
Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng., Ph.D	29/10/2014	
Ir. John Trihatmoko, M.Sc.	29/10/14	
Dr. Ir. Ade Lisantono, M.Eng.	29/10/2014	

Ketua Program Studi  
  
Dr. Ir. Imam Basuki, M.T.

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alfian Wiranata Zebua

Nomor Mahasiswa : 135101980

Program Studi : Magister Teknik Sipil


Konsentrasi : Struktur

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis dengan judul:

OPTIMASI UKURAN PENAMPANG BETON PRATEGANG PADA BALOK SEDERHANA DAN BALOK MENERUS DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA

Merupakan hasil karya sendiri dan bukan merupakan pekerjaan orang lain ataupun salinan atau hasil jiplakan dari tesis atau karya tulis orang lain. Apabila di kemudian hari ternyata terdapat ketidaksesuaian dengan pernyataan di atas, penulis bersedia menerima segala sanksi yang akan dikenakan

Yogyakarta, 28 Oktober 2014

 Alfian Wiranata Zebua

## INTISARI

Beton prategang berbeda dengan beton bertulang biasa karena mempunyai keunikan dalam penentuan tegangan ijin karena harus memenuhi dua tahapan pembebanan. Penentuan gaya prategang menggunakan metode koefisien momen  $\beta$  yang didasarkan pada tegangan ijin. Pada metode ini, akan diperoleh batas atas dan batas bawah nilai gaya prategang. Algoritma genetika merupakan metode pencarian sesuai dengan proses genetika organisme berdasarkan teori Darwin. Dalam penelitian ini, digunakan algoritma genetika *real* untuk menentukan variabel yang optimum beton prategang pada balok sederhana dan menerus dengan penampang persegi dan T berdasarkan rentang nilai gaya prategang. Variabel yang dioptimasi adalah ukuran penampang (persegi dan T) dengan meminimumkan total harga struktur.

Hasil optimasi yang diperoleh adalah ukuran penampang dan total harga dipengaruhi oleh nilai gaya prategang yang digunakan untuk menentukan fungsi *fitness*. Total harga maksimum diperoleh jika nilai gaya prategang yang digunakan adalah batas atas nilai gaya prategang  $F_{imax}$ . Sebaliknya, harga minimum diperoleh saat nilai gaya prategang yang digunakan dalam penentuan nilai *fitness* adalah batas bawah nilai gaya prategang  $F_{imin}$ . Semakin besar rentang antara batas atas dan batas bawah nilai gaya prategang maka makin besar selisih harga yang diperoleh. Sedangkan apabila menggunakan nilai  $F_i$  rerata, maka harga yang diperoleh berada di antara rentang harga yang diperoleh dari  $F_{imax}$  dan  $F_{imin}$ .

**Kata-kata kunci:** optimasi ukuran penampang, beton prategang, metode koefisien momen, balok sederhana, balok menerus, harga minimum, algoritma genetika

## ***ABSTRACT***

Prestressed concrete has differences with ordinary reinforced concrete because to determine its allowable stresses have to satisfied two loading stages. Prestressing force determine by using Moment Coefficient  $\beta$  method. In this method, achieved upper and lower bound of prestressing force. Genetic algorithms is a searching procedure and optimization based on natural selection (Charles Darwin theory). In this study, real coded genetic algorithms has been used for searching optimal variables of prestressed concrete on simple and continuous beam with rectangular and T section. Optimized variables are cross-section size of rectangular and T section with the lowest cost.

The result shows that cross-section size and cost affected by prestressing force value which has been used to determine fitness function. Maximum cost obtained if upper bound of prestressing force  $F_{imax}$  used. In the other hand, minimum cost obtained when lower bound of prestressing force value  $F_{imin}$  used to determine fitness function. Greater range of upper and lower bound of prestressing force, the differences of the cost will be greater. When mean value of prestressing force  $F_i$  used, the cost will be in range between cost of upper and lower bound of prestressing force.

**Keywords:** cross-section optimization, prestressed concrete, moment coefficient method, simple beam, continuous beam, cost optimum, genetic algorithms

## KATA HANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa dengan selesainya penulisan tesis ini.

Ide penulisan tesis ini berasal dari ketertarikan penulis untuk menentukan anggaran pembangunan beton prategang yang paling efisien. Banyak tulisan mengenai cara untuk memperoleh anggaran biaya yang efisien dalam dunia teknik sipil, salah satunya adalah menggunakan metode optimasi untuk menentukan struktur yang aman serta anggaran pembangunan yang efisien. Oleh karena itu, penulis tertarik menggunakan salah satu alat optimasi yaitu *real codec genetic algrothm* untuk menentukan variabel yang akan dioptimasi dari beton prategang pada tumpuan sederhana dan balok menerus.

Banyak kendala yang dihadapi penulis dalam proses penyusunan tesis ini, namun berkat bantuan dari berbagai pihak makan tesis ini dapat diselesaikan. Dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng., Ph.D., selaku dosen pembimbing atas bantuan dan bimbingannya mulai dari awal hingga akhir proses penyusunan tesis ini dalam pengenalan materi dan metode optimasi yang digunakan. Terima kasih sebesar-besarnya. Kehormatan besar menjadi mahasiswa bimbingan beliau.
2. Bapak Dr. Ir. Imam Basuki, M.T., sebagai Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta, terima kasih atas segala bantuannya.
3. Bapak Ir. John Trihatmoko, M.Sc. dan Bapak Dr. Ir. Ade Lisantono, M.Eng. selaku dosen-dosen penguji, terima kasih atas segala masukan dan usulannya.
4. Orang tua tercinta, penulis menghaturkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya atas dukungan dan motivasi yang diberikan serta senantiasa berdoa buat kesuksesan kami.

5. Terima kasih juga kepada teman-teman program pasca sarjana Magister Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta, khususnya konsentrasi, manajemen konstruksi dan transportasi.
6. Serta yang terakhir ucapan terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang tidak tercantum tetapi banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini.

Penulis menyadari bahwa kemampuan, pengetahuan dan pengalaman penulis sangat terbatas sehingga penulisan ini tidak sempurna seperti yang diharapkan. Oleh karena itu, saran dan kritik konstruktif sangat diharapkan demi penyempurnaan tesis ini.

Akhir kata, penulis mengharapkan agar hasil tesis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 28 Oktober 2014

Penulis

Alfian Wiranata Zebua

NPM: 135101980



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	ii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b>	iv
<b>INTISARI</b>	v
<b>ABSTRACT</b>	vi
<b>KATA HANTAR</b>	vii
<b>DAFTAR ISI</b>	ix
<b>DAFTAR TABEL</b>	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah	3
D. Keaslian Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	4
F. Tujuan Penelitian	4
G. Sistematika Penulisan	5
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
A. Beton Prategang	6
B. Material Beton Prategang	7
1. Beton	7
2. Baja	8
C. Tahap Pembebanan	9
D. Kehilangan Prategang	10
E. Kemampuan Layan	14
F. Metode Koefisien Momen	15
1. Gaya prategang berdasarkan kondisi awal	19
a. Berdasarkan tegangan ijin pada serat atas	19
b. Berdasarkan tegangan ijin pada serat bawah	20
2. Gaya prategang berdasarkan kondisi akhir (setelah	

kehilangan tegangan	21
a. Berdasarkan tegangan ijin pada serat atas	21
b. Berdasarkan tegangan ijin pada serat bawah	22
G. Metode Matriks Kekakuan	24
H. Balok Sederhana	25
I. Balok Menerus	26
J. Algoritma Genetika	27
1. Pembentukan populasi awal	33
2. Evaluasi fungsi fitness	33
3. Seleksi	34
4. Pindah silang ( <i>Crossover</i> )	35
5. Mutasi	36
6. Parameter Genetik	37
K. Algoritma Genetika Real (RCGA/ <i>Real Codec Genetic Algorithm</i> )	38
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
A. Variabel Desain	41
B. Batasan-Batasan	41
C. Fungsi Objektif	42
D. Prosedur Optimasi	43
E. Balok Sederhana	45
F. Balok Menerus	46
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Balok Sederhana Penampang Persegi	47
B. Balok Menerus Penampang Persegi	53
C. Balok Sederhana Penampang T	57
D. Balok Menerus Penampang T	62
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Kesimpulan	70
B. Saran	70
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	

## DAFTAR TABEL

No. Tabel	Judul Tabel	Halaman
2.1	Koefisien Wobble K dan Koefisien Friksi $\mu$ (SNI 7813:2012)	12
4.1	Perbandingan dengan Hasil Penelitian Terdahulu	52
4.2	Hasil Optimasi Balok Sederhana Penampang Persegi	67
4.3	Hasil Optimasi Balok Menerus Penampang Persegi	67
4.4	Hasil Optimasi Balok Sederhana Penampang T	68
4.5	Hasil Optimasi Balok Menerus Penampang T	68

## DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Judul Gambar	Halaman
2.1	Variabel dalam Analisis Struktur Metode Kekakuan	25
2.2	Ilustrasi Alele, Gen, Kromosom dan Individu	30
2.3	Siklus Algoritma Genetika	31
2.4	Proses Pindah Silang ( <i>Crossover</i> )	36
2.5	Proses Mutasi	37
2.6	Individu dengan Empat Variabel Desain pada RCGA	39
2.7	' <i>Balanced Crossover</i> ' untuk RCGA	40
2.8	Mutasi Sederhana	40
3.1	Diagram Alir Optimasi dengan Algoritma Genetika	44
3.2	Balok Sederhana	45
3.3	Balok Menerus	46
4.1	Peningkatan Nilai <i>Fitness</i> Balok Sederhana dengan $F_i$ rerata	48
4.2	Peningkatan Nilai <i>Fitness</i> Balok Sederhana dengan $F_i = F_{imax}$	49
4.3	Peningkatan Nilai <i>Fitness</i> Balok Sederhana dengan $F_i = F_{imin}$	50
4.4	Peningkatan Nilai <i>Fitness</i> Balok Menerus dengan $F_i$ rerata	54

4.5	Peningkatan Nilai <i>Fitness</i> Balok Menerus dengan $F_i = F_{imax}$	55
4.6	Peningkatan Nilai <i>Fitness</i> Balok Menerus dengan $F_i = F_{imin}$	56
4.7	Balok Penampang T	57
4.8	Peningkatan Nilai <i>Fitness</i> Balok Sederhana Penampang T dengan $F_i$ rerata	58
4.9	Peningkatan Nilai <i>Fitness</i> Balok Sederhana Penampang T dengan $F_i = F_{imax}$	59
4.10	Peningkatan Nilai <i>Fitness</i> Balok Sederhana dengan Penampang T dengan $F_i = F_{imin}$	61
4.11	Peningkatan Nilai <i>Fitness</i> Balok Menerus dengan Penampang T dengan $F_i$ rerata	63
4.12	Peningkatan Nilai <i>Fitness</i> Balok Menerus dengan Penampang T dengan $F_i = F_{imax}$	64
4.13	Peningkatan Nilai <i>Fitness</i> Balok Menerus dengan Penampang T dengan $F_i = F_{imin}$	66