

TESIS

**OPTIMASI UKURAN PENAMPANG, TOPOLOGI,
DAN BENTUK STRUKTUR PADA STRUKTUR
RANGKA KUDA-KUDA ATAP BAJA DENGAN
MENGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA**



RICHARD FRANS
No. Mhs: 135101978/PS/MTS

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



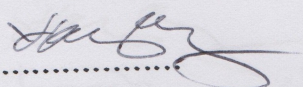
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

PENGESAHAN TESIS

Nama : RICHARD FRANS
Nomor Mahasiswa : 135101978/PS/MTS
Konsentrasi : Struktur
Judul Tesis : Optimasi Ukuran Penampang, Topologi, dan Bentuk Struktur Pada Struktur Rangka Kuda-Kuda Atap Baja dengan Menggunakan Algoritma Genetika

Nama Pembimbing
Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng, Ph.D

Tanggal
18/3/2014
.....

Tanda tangan

.....

Dr. H. Ade Lisantono, M.Eng

19/03/2014

Dr. Ir. Iman Basri, M.T.

17/3/14

Kena Program Studi

(Dr. Ir. Iman Basri, M.T.)



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

PENGESAHAN TESIS

Nama : RICHARD FRANS
Nomor Mahasiswa : 135101978/PS/MTS
Konsentrasi : Struktur
Judul Tesis : Optimasi Ukuran Penampang, Topologi, dan Bentuk Struktur Pada Struktur Rangka Kuda-Kuda Atap Baja dengan Menggunakan Algoritma Genetika

Nama Penguji	Tanggal	Tanda tangan
Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng, Ph.D	10/8/14	
Dr. Ir. Ade Lisantono, M.Eng	19/08/2014	
J. Januar Sudjati, S.T., M.T.	15/8-14	

Ketua Program Studi

(Dr. Ir. Imam Basuki, M.T.)

(Richard Frans)

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : RICHARD FRANS
Nomor Mahasiswa : 135101978
Program Studi : Magister Teknik Sipil
Konsentrasi : Struktur

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis dengan judul:

OPTIMASI UKURAN PENAMPANG, TOPOLOGI, DAN BENTUK
STRUKTUR PADA STRUKTUR RANGKA KUDA-KUDA ATAP BAJA
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 dikemudian hari ternyata terdapat ketidaksesuaian dengan pernyataan diatas, penulis bersedia menerima segala sanksi yang akan dikenakan.

Yogyakarta, 17 Juni 2014

(Richard Frans)

INTISARI

Banyak cara dalam mengoptimalkan suatu struktur, salah satu diantaranya adalah dengan menggunakan algoritma genetika sebagai “peralatan” optimasi. Algoritma genetika adalah prosedur pencarian dan optimasi berdasarkan teori seleksi alami Charles Darwin. Algoritma genetika banyak digunakan pada masalah praktis yang berfokus pada pencarian parameter-parameter optimal. Dalam penelitian ini, algoritma genetika digunakan untuk mencari variabel yang optimal pada struktur kuda-kuda rangka atap baja. Variabel yang akan dioptimasi adalah ukuran penampang, bentuk struktur, dan topologi struktur. Sebagai validasi program yang telah dibuat akan disajikan beberapa *benchmark problem* sebagai perbandingan dengan hasil-hasil yang pernah didapatkan oleh peneliti terdahulu.

Hasil optimasi pada *benchmark problem* menunjukkan bahwa algoritma genetika merupakan suatu ‘alat’ optimasi yang sangat baik, dapat dilihat bahwa berat struktur yang didapatkan adalah 2122,62 kg yang mana merupakan hasil terbaik jika dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu. Berat struktur dari model pertama, model kedua, dan model ketiga dari struktur kuda-kuda rangka atap baja masing-masing adalah 325,9103 kg, 206,2781 kg, dan 1956,037 kg.

Faktor yang paling menentukan dalam mengoptimasi struktur rangka kuda-kuda atap baja pada ketiga kasus ini adalah angka kelangsingan, hal ini dapat dilihat bahwa nilai perpindahan terjadi dan tegangan yang terjadi masih lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai perpindahan ijin dan tegangan ijin. Pada ketiga kasus ini, pada penelitian ini beban-beban pada masing-masing kasus dibedakan menjadi dua, yaitu nilai beban (P) sebesar 200 kg tiap titik simpul dan nilai beban (P) yang disesuaikan dengan kondisi konfigurasi dari struktur. Hasil dari kedua kasus ini untuk masing-masing struktur kurang lebih sama, hal ini dikarenakan nilai tegangan dan perpindahan yang hampir sama antara kedua kasus ini, sehingga berat yang dihasilkan sama.

Parameter-parameter optimasi serta banyaknya titik simpul menjadi faktor penentu dalam lamanya waktu yang digunakan untuk mendapatkan variabel-variabel yang optimum (ukuran penampang, bentuk struktur, dan topologi struktur).

Kata-kata kunci : algoritma genetika, optimasi ukuran penampang, optimasi bentuk struktur, optimasi topologi, optimasi struktur kuda-kuda rangka atap baja.

ABSTRACT

There are so many ways for structural optimization, one of them is genetic algorithm as 'tools' of optimization. Genetic algorithm is a searching procedure and optimization based on natural selection (theory of Charles Darwin). Genetic algorithm used for practical problem which focused to search optimal parameter. In this paper, genetic algorithm had been used for searching optimal variables on roof truss. Size, shape, and topology are three variables which would be optimized. Benchmark problem is used for validating program optimization which had been made and the result would be compared with the previous result from other researcher.

The result of benchmark problem showed that genetic algorithm is a good 'tools' for structural optimization, we can see that weight of structure is 2122,62 kg which become the best result compared by previous result from other researcher. Weight of structure for first model, second model, and third model of roof truss respectively are 325,9103 kg, 206,2781, and 1956,037 kg.

Slenderness factor is a very influence factor for this three roof trusses optimization, it can be seen that actual displacement and actual stress are less compared with displacement limit and stress limit. In this cases (three cases), there are two loading condition, the first loading condition is subjected 200 kg each nodes, the second loading condition is based on structural configuration. The result of this two loading condition is almost similar, because actual stress and actual displacement for two loading condition is almost similar, thus weight of structures are same.

Parameters of optimization and number of nodes become the determining factor for running time to reach the optimum variables such as size of properties, shape, and structural topology.

Keywords : **genetic algorithm, sizing optimization, shaping optimization, topology optimization, roof truss optimization.**

KATA HANTAR

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

Ide utama dari penulisan ini muncul disebabkan karena dalam dunia ketekniksipilan sedang berkembang metode-metode untuk membuat suatu struktur yang optimal dimana struktur tersebut tidak hanya aman dalam hal syarat-syarat perencanaan, tetapi juga efisien dari segi biaya (*cost*). Banyak penelitian-penelitian tentang pengoptimalan suatu struktur baik struktur *frame* maupun struktur *truss*, namun penelitian tentang penggunaan suatu “*tools*” optimasi yang menggunakan beberapa variabel untuk dioptimasi secara simultan masih sedikit. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk membahas kegunaan suatu “*tools*” optimasi dalam kasus ini adalah algoritma genetika *hybrid (hybrid genetic algorithm)* dalam mengoptimasi beberapa variabel desain secara simultan untuk suatu struktur rangka kuda-kuda atap baja.

Banyak kendala yang dihadapi oleh penulis dalam rangka penulisan tesis ini namun berkat bantuan dari berbagai pihak maka tesis ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Dalam kesempatan ini penulis dengan tulus menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng, Ph.D., selaku dosen pembimbing atas bantuan dan bimbingannya mulai dari pengembangan minat terhadap permasalahan, pelaksanaan hingga penulisan tesis ini khususnya dalam memperkenalkan program MATLAB dan optimasi dalam dunia teknik sipil

yang sangat berguna. Terima kasih sebesar-besarnya. Sebuah kehormatan besar bisa 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 bantuan dan bimbingannya.
3. Bapak Ir. John Trihatmoko, M.Sc, Bapak Januar Sudjati, S.T., M.T., dan Ibu Sumiyati Gunawan, S.T., M.T., selaku dosen-dosen penguji, terima kasih atas segala masukan dan usulannya.
4. Secara khusus untuk orang tua tercinta, penulis menghanturkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya karena telah mengasuh, mendidik dan memberikan bimbingan sejak kecil serta senantiasa mendoakan agar kami berhasil dan demikian pula dengan saudara-saudara tercinta.
5. Terima kasih pula kepada kekasih hatiku, Elisabeth Cindy, yang terus memberikan dorongan motivasi kepada penulis sehingga penulis tidak pernah menyerah dan selalu semangat untuk menyusun tesis ini hingga selesai.
6. Terima kasih juga kepada Ce Venny, Ko Tian-tian, Ce Yuli, Ce Yanti, Hokiro, Prisil, Edward, dan Yurico serta teman-teman di Hokiro Computama yang telah berkontribusi baik secara langsung dan tidak langsung dalam penyelesaian tesis ini.
7. Terima kasih juga kepada teman-teman program pascasarjana Magister Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta, khususnya konsentrasi struktur, manajemen konstruksi, dan transportasi.

8. Serta yang terakhir ucapan terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang tidak tercantum tetapi telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini.

Penulis menyadari bahwa kemampuan, pengetahuan dan pengalaman penulis sangat terbatas sehingga penulisan ini tidak sempurna sebagaimana yang diharapkan. Untuk itu saran dan kritik sangat diharapkan demi penyempurnaan tesis ini. Akhir kata penulis mengharapkan semoga hasil tesis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 17 Juni 2014

Penulis

(Richard Frans)
NPM: 135101978/MTS

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
INTISARI	v
ABSTRACT	vi
KATA HANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah	6
1.4 Keaslian Penelitian	7
1.5 Manfaat Penelitian	7
1.6 Tujuan Penelitian	7
1.7 Sistematika Penulisan	8
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	
2.1 Konsep Umum Optimasi	9
2.2 Algoritma Genetika (<i>Genetic Algorithm</i>)	11
2.3 Metode Matriks Kekakuan Pada Struktur Rangka Batang Bidang (<i>Plane Truss</i>)	15
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	

3.1	Materi Penelitian	17
3.2	Alat Penelitian	19
3.3	Langkah-langkah Penelitian	20
3.4	Prosedur Optimasi	21
3.4.1	Optimasi Ukuran Penampang (<i>Sizing Optimization</i>)	21
3.4.2	Optimasi Topologi (<i>Topology Optimization</i>)	22
3.4.3	Optimasi Bentuk Struktur (<i>Shaping Optimization</i>)	23
BAB IV. PEMBAHASAN		
4.1	<i>Benchmark Problem</i>	25
4.2	Data-Data Material Serta Nilai-Nilai Batas yang Diijinkan dalam Mengoptimasi Struktur Kuda-Kuda Atap Baja Untuk Semua Model	31
4.3	Struktur Rangka Kuda-Kuda Atap Baja Model 1 dengan Panjang Bentang 10 m dengan Jumlah <i>Node</i> =8	32
4.4	Struktur Rangka Kuda-Kuda Atap Baja Model 1 dengan Panjang Bentang 10 m dengan Jumlah <i>Node</i> =8 dengan Beban Terpusat yang Disesuaikan dengan Kondisi Struktur	36
4.5	Struktur Rangka Kuda-Kuda Atap Baja Model 2 dengan Panjang Bentang 6 m dengan Jumlah <i>Node</i> =8	38
4.6	Struktur Rangka Kuda-Kuda Atap Baja Model 2 dengan Panjang Bentang 6 m dengan Jumlah <i>Node</i> =8 dengan Beban Terpusat yang Disesuaikan dengan Kondisi Struktur	42
4.7	Struktur Rangka Kuda-Kuda Atap Baja dengan Panjang Bentang 25 m dan Jumlah <i>Node</i> =10	43
BAB V. SIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Simpulan	47
5.2	Saran	48
DAFTAR PUSTAKA		49

DAFTAR TABEL

No Gambar	Nama Gambar	Halaman
4.1	Ukuran Penampang, Tegangan, <i>Displacement</i> , Berat Batang Hasil Optimasi Percobaan Pertama dengan menggunakan <i>Hybrid Genetic Algorithm</i>	28
4.2	Ukuran Penampang, Tegangan, Berat Batang Hasil Optimasi Percobaan Kedua dengan menggunakan <i>Hybrid Genetic Algorithm</i>	30
4.3	Ukuran Penampang, Tegangan, Berat Batang Hasil Optimasi Struktur Rangka Model 1 dengan menggunakan <i>Hybrid Genetic Algorithm</i>	34
4.4	Ukuran Penampang, Tegangan, Berat Batang Hasil Optimasi Struktur Rangka Model 2 dengan menggunakan <i>Hybrid Genetic Algorithm</i>	41
4.5	Ukuran Penampang, Tegangan, Berat Batang Hasil Optimasi dengan menggunakan <i>Hybrid Genetic Algorithm</i>	46

DAFTAR GAMBAR

No Gambar	Nama Gambar	Halaman
2.1	Kemungkinan Batang yang Terjadi untuk 4 titik <i>joint</i>	12
2.2	Rangka Batang untuk <i>Binary String</i> 0 1 1 0 0 1	12
2.3	Metode <i>Crossover one cut point</i>	13
2.4	Mutasi untuk Algoritma Genetika <i>Biner</i>	14
2.5	Hubungan antara Variabel dalam Analisis Struktur	16
3.1	<i>Benchmark Problem</i>	17
3.2	Struktur Rangka Kuda-Kuda Atap Baja Model 1 (Panjang Bentang = 10 m serta jumlah nodes=8)	18
3.3	Struktur Rangka Kuda-Kuda Atap Baja Model 2 (Panjang Bentang = 6m serta jumlah nodes=8)	18
3.4	Struktur Rangka Kuda-Kuda Atap Baja Model 3 (Panjang Bentang = 25m serta jumlah nodes=10)	18
3.5	<i>Flowchart</i> Aplikasi Algoritma Genetika <i>Hybrid (Hybrid Genetic Algorithm)</i>	20
4.1	<i>Benchmark Problem (Ten-Bar Truss)</i>	25
4.2	Hasil Optimasi untuk <i>ten-bar truss</i> dengan menggunakan <i>hybrid genetic algorithm</i>	27
4.3	Kurva Peningkatan Nilai <i>Fitness</i> Percobaan Pertama	27
4.4	Hasil Optimasi dengan Jumlah Populasi=25 dan Maksimum Generasi=8000	29
4.5	Kurva Peningkatan Nilai <i>Fitness</i> Percobaan Kedua	30
4.6	Struktur Rangka Kuda-Kuda Atap Baja Model 1 (Panjang Bentang = 10 m serta jumlah nodes=8)	32
4.7	Hasil Optimasi Struktur Rangka Kuda-Kuda Atap Baja Model 1 (Panjang Bentang = 10 m serta jumlah nodes=8)	33
4.8	Kurva Peningkatan Nilai <i>Fitness</i>	33

	Struktur Rangka Kuda-Kuda Atap Baja Model 1	
4.9	Kurva Peningkatan Nilai <i>Fitness</i> Struktur Rangka Kuda-Kuda Atap Baja Model 1 Percobaan Kedua	35
4.10	Kurva Peningkatan Nilai <i>Fitness</i> Struktur Rangka Kuda-Kuda Atap Baja Model 1 dengan Nilai Beban Titik pada Nodes disesuaikan	37
4.11	Struktur Rangka Kuda-Kuda Atap Baja Model 2 (Panjang Bentang = 6 m serta jumlah nodes=8)	38
4.12	Hasil Optimasi Struktur Rangka Kuda-Kuda Atap Baja Model 2 (Panjang Bentang = 6 m serta jumlah nodes=8)	39
4.13	Kurva Peningkatan Nilai <i>Fitness</i> Struktur Rangka Kuda-Kuda Atap Baja Model 2	39
4.14	Kurva Peningkatan Nilai <i>Fitness</i> Struktur Rangka Kuda-Kuda Atap Baja Model 2 Percobaan Kedua	40
4.15	Kurva Peningkatan Nilai <i>Fitness</i> Struktur Rangka Kuda-Kuda Atap Baja Model 2 dengan Nilai Beban Titik pada Nodes disesuaikan	42
4.16	Struktur Rangka Kuda-Kuda Atap Baja dengan Panjang Bentang 25 m dengan Jumlah Node=10	43
4.17	Hasil Optimasi Struktur Rangka Kuda-Kuda Atap Baja dengan Panjang Bentang 25 m dengan Jumlah Node=10 menggunakan <i>Hybrid Genetic Algorithm</i>	44