

**PERANCANGAN TUNGKU PERLAKUAN PANAS  
TERMOKIMIA UNTUK APLIKASI BAJA TAHAN KARAT  
DENGAN PENDEKATAN *REVERSE ENGINEERING***

**TUGAS AKHIR**



**Resia Alawiyah Sihab**

**1152003017**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS BAKRIE  
JAKARTA  
2019**

**PERANCANGAN TUNGKU PERLAKUAN PANAS  
TERMOKIMIA UNTUK APLIKASI BAJA TAHAN KARAT  
DENGAN PENDEKATAN *REVERSE ENGINEERING***

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**



**Resia Alawiyah Sihab**

**1152003017**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS BAKRIE  
JAKARTA  
2019**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Resia Alawiyah Sihab

NIM : 1152003017

Tanda Tangan :

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Resia Alawiyah Sihab', written over a horizontal line.

Tanggal : 19 Agustus 2019

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :  
Nama : Resia Alawiyah Sihab  
NIM : 1152003017  
Program Studi : Teknik Industri  
Fakultas : Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer  
Judul Skripsi : Perancangan Tungku Perlakuan Panas  
Termokimia untuk Aplikasi Baja Tahan  
Karat dengan Pendekatan *Reverse  
Engineering*

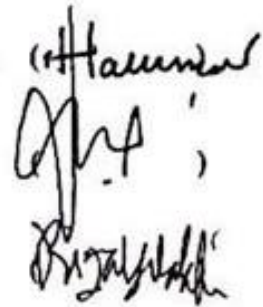
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie.

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Esa Haruman Wiraatmadja, M.Sc.Eng, Ph.D.

Penguji I : Ir. Gunawarman Hartono, M. Eng.

Penguji II : Ir. Rizal Silalahi, M.B.A.

Handwritten signatures of the examiners and supervisor. The top signature is for the supervisor, Ir. Esa Haruman Wiraatmadja. Below it are two signatures for the examiners, Ir. Gunawarman Hartono and Ir. Rizal Silalahi.

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 19 Agustus 2019

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur saya haturkan kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Perancangan Tungku Perlakuan Panas Termokimia untuk Aplikasi Baja Tahan Karat Dengan Pendekatan *Reverse Engineering*” tepat pada waktunya. Shalawat serta salam juga senantiasa saya ucapkan kepada Nabi Muhammad SAW yang menjadi teladan terbaik sepanjang masa.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, saya mendapat banyak bantuan, saran dan motivasi dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, secara khusus saya ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah mendukung, diantaranya:

1. Allah SWT, atas segala tuntunan, kesehatan, kemudahan, dan keselamatan yang diberikan pada saya selama pengerjaan tugas akhir, sehingga semua dapat diselesaikan dengan lancar.
2. Bapak Hasan Basri dan Ibu Sulasih selaku orang tua, Suhari Rachman Abdillah dan Mega Indra Kurnia selaku kakak, Alda Andira Safitri dan Derry Pramuja selaku adik saya yang telah memberikan semangat, nasihat, dan dukungan serta doa agar dimudahkan dan dilancarkan segala kegiatan saya selama penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Esa Haruman Wiraatmadja, M.Sc.Eng., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Bakrie sekaligus dosen pembimbing tugas akhir yang selalu sabar dalam memberi arahan, motivasi dan bimbingan kepada saya dalam penyelesaian tugas akhir.
4. Bapak Gunawarman Hartono, Ir., M.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Bakrie atas semangat dan motivasi yang telah diberikan untuk tidak pernah menyerah dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bapak Ir. Rizal Silalahi, M.B.A yang selalu mendukung dan memberikan semangat, kegembiraan, bantuan dan saran kepada saya selama penyelesaian tugas akhir.

6. Bapak dan Ibu dosen Program Studi Teknik Industri Universitas Bakrie yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat selama masa perkuliahan.
7. Seluruh staf administrasi, keuangan, akademik dan perpustakaan Universitas Bakrie atas bantuan selama proses perkuliahan dan penyelesaian tugas akhir.
8. Sahabat seperjuangan Ahmad Abnan Syakura yang selalu memberikan semangat dan do'a selama ini.
9. Taufik Halim, Muhammad Nuhan, Dina Audina, Adelia Fistari, Shela Fitriani, Septi Adelia, Galih Sawunggaling, Fachrurozi Gustiza dan Kamila A.M selaku teman-teman terdekat serta seluruh teman-teman Teknik Industri 2015 yang telah setia menemani, memberikan motivasi, semangat, saran dan masukan kepada saya selama perkuliahan hingga penyelesaian tugas akhir.

Saya menyadari bahwa tugas akhir ini belum sempurna, baik dari segi materi maupun penyajiannya. Oleh karena itu, saya sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun dalam penyempurnaan tugas akhir ini. Saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan dari pihak-pihak terkait dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan banyak manfaat ke depannya.

Jakarta, Agustus 2019

Resia Alawiyah Sihab

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Universitas Bakrie, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Resia Alawiyah Sihab  
NIM : 1152003017  
Program Studi : Teknik Industri  
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer  
Jenis Tugas Akhir : Kuantitatif Kualitatif

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Bakrie **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

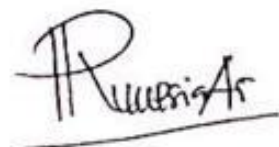
### PERANCANGAN TUNGKU PERLAKUAN PANAS TERMOKIMIA UNTUK APLIKASI BAJA TAHAN KARAT DENGAN PENDEKATAN *REVERSE ENGINEERING*

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Bakrie berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta untuk kepentingan akademis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta  
Pada tanggal : 19 Agustus 2019

Yang menyatakan



(Resia Alawiyah Sihab)

# PERANCANGAN TUNGKU PERLAKUAN PANAS TERMOKIMIA UNTUK APLIKASI BAJA TAHAN KARAT DENGAN PENDEKATAN *REVERSE ENGINEERING*

Resia Alawiyah Sihab

---

## ABSTRAK

Tungku perlakuan panas termokimia digunakan untuk meningkatkan sifat mekanis permukaan baja. Salah satu alternatif tungku tersebut adalah jenis atmosfer gas konvensional yang nilai ekonomisnya tinggi akibat biaya operasi yang rendah. Pada penelitian ini dilakukan studi terhadap konsep dan desain tungku gas perlakuan panas termokimia untuk bahan logam baja tahan karat jenis *tube furnace*. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pendekatan *reverse engineering* dimana produk JNL-1000 *tube furnace* diamati, dibongkar, dan dianalisa kemudian digunakan sebagai acuan untuk merancang sebuah produk baru yang memiliki keunggulan dibandingkan produk aslinya. Agar hasil desain tungku yang dibuat tepat sasaran kepada kebutuhan dan keinginan pelanggan, maka proses perancangan dianalisis menggunakan pendekatan *Quality Function Deployment* (QFD) serta kelayakan ekonomi dan keuangan. Hasil dari rancangan ini divisualisasikan dalam model 3D CAD. Hasil dari penelitian disimpulkan bahwa perbaikan rancangan *tube furnace* untuk perlakuan panas termokimia baja tahan karat ini yaitu adanya tambahan komponen *gas turbulancer distributor* pada bagian tabung tungku. Hasil rancangan telah memenuhi kelayakan ekonomi dan keuangan untuk diproduksi secara komersil.

**Kata Kunci:** Tungku Perlakuan Panas, Perlakuan Panas Termokimia, *Reverse Engineering*, *Quality Function Development* (QFD), Analisis Kelayakan Ekonomi dan Keuangan



# DESIGN OF THERMOCHEMICAL HEAT TREATMENT FURNACE FOR STAINLESS STEEL APPLICATION WITH REVERSE ENGINEERING APPROACH

Resia Alawiyah Sihab

---

## ABSTRACT

*Thermochemical heat treatment furnaces are used to enhance the mechanical properties of steel surfaces. One alternative to the furnace is the type of conventional gas atmosphere whose economic value is high due to low operating costs. In this study conducted studies on the concept and design of thermochemical heat treatment gas furnace for stainless steel tube type furnace. The approach used in this study is the reverse engineering approach whereby the JNL-1000 tube furnace product was observed, disassembled, and analyzed was then used as a reference for designing a new product that has advantages than the original product. In order to design the results of the furnace that is made right to the needs and wishes of the customer, the design process is analyzed using Quality Function Deployment (QFD) approach as well as economic and financial feasibility. The results of this design are visualized in 3D CAD models. The results of the study concluded that the improvement of tube furnace design for heat treatment thermochemical for stainless steel is the presence of additional turbulancer gas distributor component in the furnace tube and the result of the design has fulfilled economic and financial feasibility for commercial production.*

**Keywords:** *Heat Treatment Furnace, Thermochemical Heat Treatment, Reverse Engineering, Quality Function Development (QFD), Economic and Financial Feasibility Analysis*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	2
1.4. Manfaat Penelitian .....	2
1.5. Batasan Penelitian .....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....	4
2.1. Konsep Pengembangan Produk .....	4
2.1.1. Produk dan Siklus Pengembangannya.....	4
2.1.2. Karakteristik Jenis-Jenis Pengembangan Produk.....	6
2.2. Tungku Perlakuan Panas Bahan Logam.....	8
2.2.1. Jenis – Jenis Tungku Perlakuan Panas.....	9
2.2.1.1. Klasifikasi Berdasarkan Mode Operasi.....	9
2.2.1.2. Klasifikasi Berdasarkan Sumber dan Metode Pemanasan .....	10
2.2.1.3. Klasifikasi Berdasarkan Sistem Penanganan Material .....	11
2.2.2. Tungku Perlakuan Panas Termokimia.....	12
2.2.3. Kebutuhan Pengembangan Desain Tungku Konvensional .....	13
2.3. Perlakuan Panas Termokimia Bahan Baja.....	13
2.3.1. Perlakuan Panas Bahan Baja.....	13
2.3.2. Perlakuan Panas Termokimia.....	14

2.3.3.	Perlakuan Panas Termokimia Baja Tahan Karat.....	15
2.4.	<i>Reverse Engineering</i> atau Rekayasa Balik .....	15
2.4.1	Tahap 1: <i>Reverse Engineering</i> .....	17
2.4.2	Tahap 2: <i>Modelling &amp; Analysis</i> .....	20
2.4.3	Tahap 3: <i>Redesign</i> .....	20
2.5.	<i>Quality Function Deployment (QFD)</i> .....	21
2.5.1.	Pengertian <i>Quality Function Deployment (QFD)</i> .....	21
2.5.2.	Tahapan <i>Quality Function Deployment (QFD)</i> .....	22
2.5.3.	<i>House of Quality (HOQ)</i> .....	24
2.6.	Analisis Kelayakan Ekonomi dan Keuangan Produk.....	28
2.6.1.	Keputusan Jangka Pendek Produk Layak untuk Masuk Pasar.....	28
2.6.2.	Keputusan Jangka Panjang Produk Layak untuk Masuk Pasar.....	28
2.7.	Rangkuman Penelusuran Literatur .....	31
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....		34
3.1.	Diagram Alir Penelitian.....	34
3.2.	Desain Awal Tungku.....	35
3.3.	Kegiatan Reverse Engineering.....	36
3.3.1.	Urai model ( <i>model disassembly</i> ).....	36
3.3.2.	Perancangan ulang.....	37
3.4.	Modifikasi Desain Produk .....	37
3.5.	Analisis Kelayakan Ekonomi dan Keuangan Produk.....	37
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....		39
4.1.	Desain Awal Tungku.....	39
4.2.	Reverse Engineering .....	39
4.2.1.	Urai Model ( <i>Model Disassembly</i> ) .....	40
4.2.2.	Perancangan Ulang Produk.....	43
4.2.2.1.	Pengumpulan Data.....	43
4.2.2.2.	Uji Validitas dan Reliabilitas Data.....	44
4.2.2.3.	Perancangan Produk.....	45
4.2.3.	Modifikasi Desain Produk .....	52
4.3.	Analisis Kelayakan Ekonomi Produk.....	56
4.3.1.	Perhitungan Harga Pokok Produksi.....	56
4.3.2.	Keputusan Jangka Pendek Produk Layak untuk Masuk Pasar.....	58
4.3.3.	Keputusan Jangka Panjang Produk Layak untuk Masuk Pasar.....	59

4.4.	Analisis Kelayakan Keuangan Produk .....	60
4.4.1.	<i>Payback Period (PP)</i> .....	60
4.4.2.	<i>Net Present Value (NPV)</i> .....	60
4.4.3.	<i>Internal Rate of Return (IRR)</i> .....	61
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>62</b>
5.1.	Kesimpulan .....	62
5.2.	Saran.....	62
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	<b>63</b>
<b>LAMPIRAN</b>	.....	<b>67</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> <i>General Reverse Engineering and Redesign Methodology</i> .....	17
<b>Gambar 2.2</b> Model dari Empat Fase <i>Quality Function Deployment</i> .....	22
<b>Gambar 2.3</b> Kerangka <i>House of Quality</i> .....	24
<b>Gambar 2.4</b> Contoh Penerapan QFD.....	27
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Penelitian.....	34
<b>Gambar 3.2</b> Desain awal tungku perlakuan panas <i>tube furnace</i> .....	36
<b>Gambar 4.1</b> Tungku JNL-1000 <i>Tube Furnace</i> .....	39
<b>Gambar 4.2</b> Komponen Utama JNL-1000 <i>Tube Furnace</i> .....	40
<b>Gambar 4.3</b> Struktur Dasar Pengontrolan Dengan <i>Temperature Controller</i> .....	42
<b>Gambar 4.4</b> Struktur Produk <i>Tube Furnace</i> .....	43
<b>Gambar 4.5</b> <i>Relationship</i> .....	50
<b>Gambar 4.6</b> <i>Technical Correlation</i> .....	51
<b>Gambar 4.7</b> Komponen Tabung Tungku .....	53
<b>Gambar 4.8</b> Perubahan Desain Komponen Tabung Tungku .....	54
<b>Gambar 4.9</b> Rincian Desain Tabung Tungku .....	54
<b>Gambar 4.10</b> Harga Produk Pesaing .....	58

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4.1</b> Profil Responden .....	44
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Uji Validitas Atribut Kebutuhan Konsumen.....	44
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Uji Reliabilitas Atribut Kebutuhan Konsumen .....	45
<b>Tabel 4.4</b> Atribut Kebutuhan Konsumen.....	46
<b>Tabel 4.5</b> <i>Importance Weights</i> .....	47
<b>Tabel 4.6</b> <i>Benchmark Satisfaction Ratings</i> .....	48
<b>Tabel 4.7</b> <i>Technical Requirement</i> .....	49
<b>Tabel 4.8</b> <i>Technical Requirement Priorities</i> .....	51
<b>Tabel 4.9</b> Biaya Bahan Baku <i>Tube Furnace</i> .....	56
<b>Tabel 4.10</b> Biaya Tenaga Kerja Langsung .....	56
<b>Tabel 4.11</b> Perhitungan Biaya Overhead Manufaktur.....	57
<b>Tabel 4.12</b> Tabel Biaya Tetap dan Biaya Variabel .....	57
<b>Tabel 4.13</b> Perhitungan Harga Pokok Produksi <i>Tube Furnace</i> .....	57
<b>Tabel 4.14</b> Keputusan Kelayakan Ekonomi Jangka Pendek .....	59
<b>Tabel 4.15</b> Keputusan Kelayakan Ekonomi Jangka Panjang .....	59
<b>Tabel 4.16</b> <i>Payback Period (PP)</i> .....	60
<b>Tabel 4.17</b> <i>Net Present Value (NPV)</i> .....	60
<b>Tabel 4.18</b> <i>Internal Rate of Return (IRR)</i> .....	61

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b> <i>Benchmark Satisfaction Ratings</i> (Simbol).....	67
<b>Lampiran 2</b> <i>Income Statement</i> .....	68
<b>Lampiran 3</b> Uji Sensitivitas .....	72
<b>Lampiran 4</b> Perhitungan <i>Income Statement</i> .....	76
<b>Lampiran 5</b> Perhitungan <i>Net Present Value</i> (NPV) .....	76
<b>Lampiran 6</b> Perhitungan <i>Internal Rate of Return</i> (IRR) .....	77
<b>Lampiran 7</b> Perhitungan <i>Payback Period</i> (PP).....	78