

**APLIKASI METODE TAGUCHI MULTI-OBJEKTIF DALAM
OPTIMASI PARAMETER PROSES TERMOKIMIA *HYBRID*
UNTUK KETAHANAN AUS *SURGICAL IMPLANT*
BAJA TAHAN KARAT AISI 316L**

TUGAS AKHIR



**Annissa Fanya
1142003002**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BAKRIE
JAKARTA
2018**

**APLIKASI METODE TAGUCHI MULTI-OBJEKTIF DALAM
OPTIMASI PARAMETER PROSES TERMOKIMIA *HYBRID*
UNTUK KETAHANAN AUS *SURGICAL IMPLANT*
BAJA TAHAN KARAT AISI 316L**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik



**Annissa Fanya
1142003002**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BAKRIE
JAKARTA
2018**

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 : Annissa Fanya

NIM : 1142003002

Tanda Tangan :



Tanggal : 21 Agustus 2018

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Annissa Fanya
NIM : 1142003002
Program Studi : Teknik Industri
Fakultas : Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Judul Skripsi : Aplikasi Metode Taguchi Multi-objektif dalam Optimasi Parameter Proses Termokimia *Hybrid* untuk Ketahanan Aus *Surgical Implant* Baja Tahan Karat AISI 316L

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 : Tri Susanto, S.E., M.T.

(*Haruman*)
(*Gunawarman*)
(*Tri Susanto*)

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 21 Agustus 2018

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur saya panjatkan pada kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Aplikasi Metode Taguchi Multi-objektif dalam Optimasi Parameter Proses Termokimia *Hybrid* untuk Ketahanan Aus *Surgical Implant* Baja Tahan Karat AISI 316L” tepat pada waktunya. Shalawat serta salam juga senantiasa saya ucapkan kepada Nabi Muhammad SAW yang menjadi teladan terbaik sepanjang masa.

Dalam penyusunan laporan kerja praktik 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. Bapak Effendi dan Ibu Asmiwati selaku kedua orang tua tercinta yang selalu memberikan doa, nasihat, serta motivasi yang luar biasa baik lahir maupun batin. Terima kasih juga saya ucapkan untuk kedua kakak saya, Effas Nursan dan Rangga Effendi atas doa dan dukungannya selama ini.
2. Ibu Prof. Ir. Sofia W. Alisjahbana, M.Sc., Ph.D., selaku rektor Universitas Bakrie.
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 atas arahan dan bimbingannya dalam penyelesaian tugas akhir.
4. Bapak Ir. Gunawarman Hartono, M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Bakrie.
5. Bapak Ir. Rizal Silalahi, M.B.A dan Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Anis, M.Met selaku tim peneliti atas bantuan dan saran yang telah diberikan.
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. Prades Alhamdi Taqvim yang selalu memberikan doa dan dukungan selama ini.
9. Amanda Harmani Putri, Alfiah Rahmayanti, Fathia Nazhofa, Irma Handayani, Nadhira Yasmin dan Ni Made Shellasih selaku teman-teman terdekat yang telah mendukung, menghibur dan memberikan motivasi kepada saya selama menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Teman-teman Teknik Industri angkatan 2014, Dynda Puspa Pramedia, Grace Angel, Helga Mayang, Heri Agustian, Ira Noviyanti, Ni Luh Hartati Wulandari, Rafi Pebrian, Soza Brilliant Untari, Ulvie Maharani dan Tri Adianto, yang selalu menyebarkan semangat, dukungan dan motivasi selama masa 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 2018

Annissa Fanya

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

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

Nama : Annissa Fanya
NIM : 1142003002
Program Studi : Teknik Industri
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer
Jenis Tugas Akhir : Kuantitatif Kualitatif

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

APLIKASI METODE TAGUCHI MULTI-OBJEKTIF DALAM OPTIMASI PARAMETER PROSES TERMOKIMIA *HYBRID* UNTUK KETAHANAN AUS *SURGICAL IMPLANT* BAJA TAHAN KARAT AISI 316L

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 : 21 Agustus 2018

Yang menyatakan



(Annissa Fanya)

APLIKASI METODE TAGUCHI MULTI-OBJEKTIF DALAM OPTIMASI PARAMETER PROSES TERMOKIMIA *HYBRID* UNTUK KETAHANAN AUS *SURGICAL IMPLANT* BAJA TAHAN KARAT AISI 316L

Annissa Fanya

ABSTRAK

Baja tahan karat AISI 316L merupakan salah satu material yang sering digunakan sebagai alat cangkok tubuh. Akan tetapi jenis baja tersebut memiliki kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Penelitian ini menerapkan perlakuan termokimia *hybrid* dengan memberi lapisan keras pada permukaan yang dapat meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus dari material. Untuk dapat menghasilkan kualitas baja yang optimal dan konsisten, perlu diketahui faktor yang mempengaruhi serta pengaturannya dimana dalam hal ini merupakan parameter proses termokimia *hybrid*. Penelitian ini menggunakan Metode Taguchi Multi-objektif untuk menentukan kombinasi parameter proses yang paling optimal dan analisis varians (ANOVA) untuk mengidentifikasi kontribusi tiap parameter terhadap nilai *Multiple S/N Ratio* yang merepresentasikan kualitas dari material. Hasil analisis dan pengolahan data menunjukkan kombinasi level yang optimal dicapai dengan mempertimbangkan efek dari interaksi yaitu komposisi gas yang terdiri dari 75% NH₃, 5% CH₄ dan 20% N₂, temperatur diatur pada suhu 425°C dan waktu perlakuan selama 12 jam. Interaksi antara faktor temperatur dan waktu perlakuan merupakan parameter yang paling berkontribusi terhadap kualitas dari baja tahan karat AISI 316L pada penelitian ini yaitu sebesar 43.71% diikuti oleh faktor waktu perlakuan sebesar 24.11% dan interaksi antara faktor komposisi gas dengan waktu perlakuan sebesar 17.79%.

Kata Kunci: Baja Tahan Karat, Perlakuan Termokimia *Hybrid*, Metode Taguchi Multi-objektif, *Multiple S/N Ratio*, Analisis Varians

**APPLICATION OF MULTI-OBJECTIVE TAGUCHI METHOD
IN THE OPTIMIZATION OF HYBRID THERMOCHEMICAL
PARAMETERS FOR WEAR RESISTANT OF SURGICAL
IMPLANT AISI 316L STAINLESS STEEL**

Annissa Fanya

ABSTRACT

AISI 316L stainless steel is one of materials that is often used as surgical implant. However, this type of steel has low hardness and wear resistance. This study applies hybrid thermochemical treatment by creating a hard layer on the surface to increase the hardness and wear resistance of the material. To obtain an optimum and consistent quality of steel, influencing factors and its setting need to be known where in this case are the parameters of hybrid thermochemical treatment. Multi-objective Taguchi Method is used to determine the optimum process parameter and also Analysis of Variance (ANOVA) to identify the contribution of each parameter towards Multiple S/N Ratio value which represents the quality of material. Based on the results, the optimum level combination achieved by considering the interaction effects, i.e. composition of gasses (75% NH₃, 5% CH₄ and 20% N₂), working temperature (425°C) and holding time (12 hours). The interaction between working temperature and holding time is the most significantly influential parameter in this research (43.71%) followed by holding time (24.11%) and interaction between composition of gasses and holding time (17.79%).

Keywords: *Stainless Steel, Hybrid Thermochemical Treatment, Multi-objective Taguchi Method, Multiple S/N Ratio, Analysis of Variance*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	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
BAB II LANDASAN TEORI.....	4
2.1 Baja Tahan Karat	4
2.1.1 Klasifikasi Baja Tahan Karat	4
2.1.1.1 Baja Tahan Karat Martensitik.....	4
2.1.1.2 Baja Tahan Karat Feritik.....	5
2.1.1.3 Baja Tahan Karat Austenitik.....	5
2.1.1.4 Baja Tahan Karat <i>Duplex</i>	5
2.1.1.5 Baja Tahan Karat Pengerasan Presipitat	5
2.1.2 Penerapan Baja Tahan Karat Biomaterial	6
2.1.3 Perlakuan Termokimia untuk Ketahanan Aus Baja Tahan Karat	8
2.2 Kualitas	9
2.2.1 Konsep Kualitas	9
2.2.2 Kualitas Menurut Taguchi	10
2.2.3 Rekayasa Kualitas	10
2.3 Desain Eksperimen	11
2.3.1 Pengertian Desain Eksperimen	11
2.3.2 Tahapan dalam Desain Produk atau Proses	11
2.3.3 Jenis Desain Eksperimen	12
2.4 Metode Taguchi	13
2.4.1 Keunggulan Metode Taguchi.....	14
2.4.2 Karakteristik Kualitas	15

2.4.3	Klasifikasi Parameter	15
2.4.4	Tahapan dalam Desain Eksperimen Taguchi.....	17
2.4.5	<i>Orthogonal Array</i>	19
2.5	Analisis Hasil Eksperimen	22
2.5.1	<i>Quality Loss Value</i> dan <i>S/N Ratio</i>	22
2.5.2	<i>Normalized Quality Loss Value</i>	23
2.5.3	<i>Total Normalized Quality Loss Value</i>	24
2.5.4	<i>Multiple S/N Ratio</i>	24
2.5.5	Analisis Varians (ANOVA).....	25
2.5.5.1	<i>Sum of Squares (SS)</i>	25
2.5.5.2	Derajat Kebebasan	26
2.5.5.3	<i>Mean Squares (MS)</i>	27
2.5.5.4	Uji-F	27
2.5.5.5	Persen Kontribusi	27
2.6	Aplikasi Metode Taguchi pada Proses Manufaktur.....	28
BAB III METODE PENELITIAN		31
3.1	Diagram Alir Penelitian	31
3.2	Penentuan Variabel Tak Bebas	33
3.3	Identifikasi Faktor-Faktor	34
3.4	Penentuan Level Faktor	34
3.5	Perhitungan Derajat Kebebasan	35
3.6	Penentuan Jenis <i>Orthogonal Array</i>	35
3.7	Penempatan Faktor dan Interaksi ke dalam <i>Orthogonal Array</i>	36
3.8	Prosedur Eksperimen	38
3.8.1	Material	38
3.8.2	Tungku Gas Perlakuan Panas.....	39
3.8.3	Tahapan Eksperimen.....	41
3.8.4	Karakterisasi Spesimen	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		44
4.1	Hasil Eksperimen	44
4.1.1	Kekerasan Permukaan	44
4.1.2	Kedalaman Lapisan Keras	45
4.1.3	Kekasaran Permukaan	46
4.2	Pengolahan Data	47
4.2.1	<i>Quality Loss Value</i>	47
4.2.2	<i>Normalized Quality Loss Value</i>	48
4.2.3	<i>Total Normalized Quality Loss Value</i>	49
4.2.4	<i>Multiple S/N Ratio (MSNR)</i>	49
4.3	Analisis Data.....	50
4.3.1	<i>Main Effect Analysis</i>	50
4.3.1.1	Tabel Respon <i>Multiple S/N Ratio</i>	51
4.3.1.2	<i>Main Effect Plot</i>	51

4.3.2	Analisis Interaksi Antar Faktor	53
4.3.2.1	Pemecahan Interaksi Faktor A dan B.....	55
4.3.2.2	Pemecahan Interaksi Faktor A dan C.....	56
4.3.2.3	Pemecahan Interaksi Faktor B dan C.....	57
4.3.3	Penentuan Kombinasi Level Optimal	59
4.3.4	Analisis Varians (ANOVA).....	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		63
5.1	Kesimpulan	63
5.2	Saran	63
DAFTAR PUSTAKA		64
LAMPIRAN.....		68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Penyebab Kegagalan Implan Menggunakan Baja Tahan Karat	7
Gambar 2.2	Penggunaan Baja Tahan Karat pada Tulang.....	8
Gambar 2.3	Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Karakteristik Kualitas.....	16
Gambar 2.4	Notasi <i>Orthogonal Array</i>	21
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	33
Gambar 3.2	Grafik Linier $L_8(2^7)$	36
Gambar 3.3	Grafik Linier Standar $L_8(2^7)$	37
Gambar 3.4	Sketsa Spesimen Baja Tahan Karat AISI 316L.....	38
Gambar 3.5	<i>Surgical Implant</i>	38
Gambar 3.6	Tungku Gas Konvensional	39
Gambar 3.7	Tabung Gas.....	39
Gambar 3.8	Diagram Proses Perlakuan Termokimia <i>Hybrid</i>	40
Gambar 3.9	Tahapan Eksperimen	41
Gambar 3.10	<i>Scanning Electron Microscope</i>	42
Gambar 3.11	<i>Microhardness Testing</i>	42
Gambar 3.12	<i>Optical Profilometer</i>	43
Gambar 4.1	<i>Main Effect Plot</i> MSNR untuk Faktor A	52
Gambar 4.2	<i>Main Effect Plot</i> MSNR untuk Faktor B	52
Gambar 4.3	<i>Main Effect Plot</i> MSNR untuk Faktor C	53
Gambar 4.4	Grafik Interaksi antara Faktor A dan B	56
Gambar 4.5	Grafik Interaksi antara Faktor A dan C	57
Gambar 4.6	Grafik Interaksi antara Faktor B dan C	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Contoh <i>Orthogonal Array</i> Standar	21
Tabel 2.2 <i>Orthogonal Array</i> untuk Jenis $L_4(2^3)$	22
Tabel 3.1 Nilai Target Tiap Variabel Tak Bebas	33
Tabel 3.2 Faktor dan Level Faktor	35
Tabel 3.3 Perhitungan Derajat Kebebasan Total	35
Tabel 3.4 <i>Orthogonal Array</i>	37
Tabel 3.5 Komposisi Kimia Baja Tahan Karat AISI 316L	38
Tabel 4.1 Data Hasil Eksperimen untuk Kekerasan Permukaan	45
Tabel 4.2 Data Hasil Eksperimen untuk Kedalaman Lapisan Keras	46
Tabel 4.3 Data Hasil Eksperimen untuk Kekasaran Permukaan	46
Tabel 4.4 <i>Quality Loss Value</i>	48
Tabel 4.5 <i>Normalized Quality Loss Value</i>	48
Tabel 4.6 <i>Total Normalized Quality Loss Value</i>	49
Tabel 4.7 <i>Multiple S/N Ratio</i>	50
Tabel 4.8 Tabel Respon <i>Multiple S/N Ratio</i>	51
Tabel 4.9 Tabel Respon <i>Multiple S/N Ratio</i> , Selisih dan <i>Ranking</i>	54
Tabel 4.10 Pemecahan Interaksi Faktor A dan B	55
Tabel 4.11 Pemecahan Interaksi Faktor A dan C	56
Tabel 4.12 Pemecahan Interaksi Faktor B dan C	58
Tabel 4.13 Kombinasi Level Optimal (Tanpa Efek Interaksi)	58
Tabel 4.14 Kombinasi Level Optimal (dengan Efek Interaksi)	58
Tabel 4.15 Data Hasil Eksperimen 2	60
Tabel 4.16 Tabel ANOVA	61

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Langkah-Langkah Penentuan Jenis *Orthogonal Array* dengan *Software* MINITAB

Lampiran 2 Hasil Karakterisasi Spesimen Menggunakan *Scanning Electron Microscope* untuk Mengukur Kedalaman Lapisan Keras

Lampiran 3 Hasil Karakterisasi Spesimen Menggunakan *Optical Profilometer* untuk Menguji Kekasaran Permukaan