

**ANALISIS DESAIN EKSPERIMEN TAGUCHI-RSM PADA
KOMPONEN ACETABULAR CUP YANG OPTIMAL
MENGUNAKAN MESIN CNC**

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana Teknik Industri**



YOSEFIN ANTOINETA WIDYA NINGGAR

15 06 08337

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2019

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul
**ANALISIS DESAIN EKSPERIMEN TAGUCHI-RSM PADA KOMPONEN
ACETABULAR CUP YANG OPTIMAL MENGGUNAKAN MESIN CNC**

yang disusun oleh
Yosefin Antoineta Widya Ninggar
15 06 08337

dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 9 Juli 2019

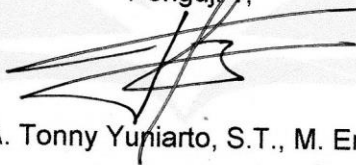
Dosen Pembimbing I



A. Tonny Yuniarto, S.T., M. Eng.

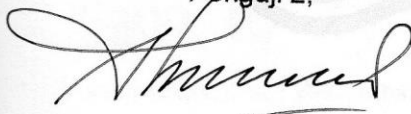
Tim Penguji,

Penguji 1,



A. Tonny Yuniarto, S.T., M. Eng.

Penguji 2,



Dr. T. P. Wisnu Anggoro, S.T., M.T.

Penguji 3,



Dr. A. Teguh Siswanto, M. Sc.

Yogyakarta, 9 Juli 2019

Universitas Atma Jaya Yogyakarta,

Fakultas Teknologi Industri,

Dekan,



FAKULTAS
TEKNOLOGI INDUSTRI

Dr. A. Teguh Siswanto, M. Sc.

PERNYATAAN ORIGINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yosefin Antoineta Widya Ninggar

NPM : 15 06 08337

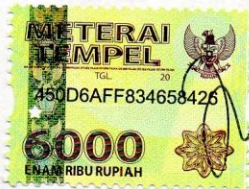
Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya dengan judul “Analisis Desain Eksperimen Taguchi—RSM pada Komponen *Acetabular Cup* yang Optimal Menggunakan Mesin CNC” merupakan hasil penelitian saya semester genap Tahun Akademik 2018/2019 yang bersifat original dan tidak mengandung *plagiasi* dari karya manapun.

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku termasuk dicabut gelar Sarjana yang telah diberikan Universitas Atma Jaya Yogyakarta kepada saya.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar – benarnya.

Yogyakarta, 9 Juli 2019

Yang menyatakan,



Yosefin Antoineta Widya Ninggar

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat kasih karunia-Nya, penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat pada waktunya. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai derajat Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Penyusunan, pelaksanaan dan selesainya Tugas Akhir ini tidaklah lepas dari bantuan oleh beberapa pihak, baik itu secara langsung maupun tidak langsung. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Orangtua dan keluarga penulis yang selalu memberikan kritikan, arahan, saran, bimbingan dan dorongan untuk selalu tekun dan bersemangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Drs. A. Teguh Siswanto, M.Sc. sebagai Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
3. Ibu Ririn Diar Astanti, D. Eng. selaku Kepala Program Studi Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
4. Bapak Tonny Yuniarto S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing utama yang telah membimbing, memberikan kritik dan saran yang membangun dalam pengerjaan hingga penyelesaian Tugas Akhir.
5. Bapak Paulus Wisnu Anggoro, S.T., M.T. atas kesediaannya untuk menjadi pembimbing informal yang selama ini selalu memberikan arahan, pandangan, informasi, dan saran yang membangun dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
6. Abed Adhy Anthony, Jati Wibowo, dan Pascalia Maharani atas kesediaannya membantu dalam diskusi dan *brainstorming* selama pengerjaan tugas akhir ini.
7. Veronica, Feri, dan Nicolas yang selalu menemani, membantu dan mensupport selama mengerjakan tugas akhir bersama
8. Anggiat Darma Paskal dan Marco Gregorius Suitela yang selalu mensupport dan memberi saran dalam menjalani masa perkuliahan hingga selesainya pembuatan tugas akhir.

9. Banyak pihak yang berhubungan dan tidak dapat disebutkan semuanya.

Akhir kata penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi orang lain dan diharapkan untuk memberikan saran agar laporan ini dapat menjadi lebih baik untuk kedepannya.

Yogyakarta, 9 Juli 2019

Yosefin Antoineta Widya Ninggar



DAFTAR ISI

BAB	JUDUL	HAL
	HALAMAN JUDUL	i
	HALAMAN PENGESAHAN	ii
	PERNYATAAN ORIGINALITAS	iii
	KATA PENGANTAR	iv
	DAFTAR ISI	vi
	DAFTAR TABEL	viii
	DAFTAR GAMBAR	x
	DAFTAR LAMPIRAN	xii
	INTISARI	xiii
1	PENDAHULUAN	1
	1.1. Latar Belakang	1
	1.2. Rumusan Masalah	3
	1.3. Tujuan Penelitian	3
	1.4. Batasan Masalah	3
2	TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
	2.1. Tinjauan Pustaka	5
	2.2. Dasar Teori	8
3	METODOLOGI	22
	3.1. Tahap Pendahuluan	22
	3.2. Tahap Eksperimen	22
	3.3. Tahap Pengambilan Data	23
		vi

3.4.	Tahap Optimasi	23
3.5.	Tahap Kesimpulan	24
4	PROFIL DATA DAN PENGOLAHAN DATA	26
4.1.	CV Alpha Teknindo	26
4.2.	Data Penelitian	32
5	ANALISIS DAN PENGOLAHAN DATA	45
5.1.	5M2E1I	45
5.2.	Analisis PowerMILL CNC	51
5.3.	Analisis Hasil Pengolahan Statistik terhadap Respon	52
5.4.	Analisis <i>Time Machining</i>	55
5.5.	Analisis <i>Respon Surface Method (RSM)</i>	57
6.	KESIMPULAN	62
6.1.	Kesimpulan	62
6.2.	Saran	62
	DAFTAR PUSTAKA	63
	LAMPIRAN	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Spesifikasi Mesin CNC Hartford LG-800	19
Tabel 4.1.	Spesifikasi <i>Cutting tools EndMill</i>	29
Tabel 4.2.	Spesifikasi <i>Cutting tools Ballnose</i>	29
Tabel 4.3.	Spesifikasi Material <i>Ultra-high Molecular weight Polyethylene (UHMWPE)</i>	32
Tabel 4.4.	Parameter pemotongan pada optimasi manufaktur produk <i>acetabular cup</i>	33
Tabel 4.5.	<i>Blank Lay Out OA L_a 2x3⁴</i> optimasi manufaktur produk <i>acetabular cup</i>	33
Tabel 4.6.	<i>Blank Lay Out OA L_a 2x3⁴</i> optimasi manufaktur produk <i>acetabular cup</i> menggunakan kode	34
Tabel 4.7.	<i>Output OA L_a 2x3⁴</i> optimasi manufaktur produk <i>acetabular cup</i>	36
Tabel 4.8.	Anova <i>OA L_a 2x3⁴</i> optimasi manufaktur produk <i>acetabular cup</i> untuk <i>R_a Inner</i>	37
Tabel 4.9.	Anova <i>OA L_a 2x3⁴</i> optimasi manufaktur produk <i>acetabular cup</i> untuk <i>R_a Outer</i>	37
Tabel 4.10.	Anova <i>OA L_a 2x3⁴</i> optimasi manufaktur produk <i>acetabular cup</i> untuk <i>TM Inner</i>	38
Tabel 4.11.	Anova <i>OA L_a 2x3⁴</i> optimasi manufaktur produk <i>acetabular cup</i> untuk <i>TM Outer</i>	38
Tabel 4.12.	Respon <i>R_a Inner</i> for SN ratios and Means	40
Tabel 4.13.	Respon <i>R_a Outer</i> for SN ratios and Means	40
Tabel 4.14.	Respon Time Machining Inner for SN ratios and Means	40
Tabel 4.15.	Respon Time Machining Outer for SN ratios and Means	41
Tabel 4.16.	ANOVA untuk <i>respon surface</i> desain kuadratik pada <i>R_a inner</i>	42
Tabel 4.17.	Analisis ANOVA untuk Variabel Optimum dari Respon <i>R_a</i> untuk model regresi ordo 2	42

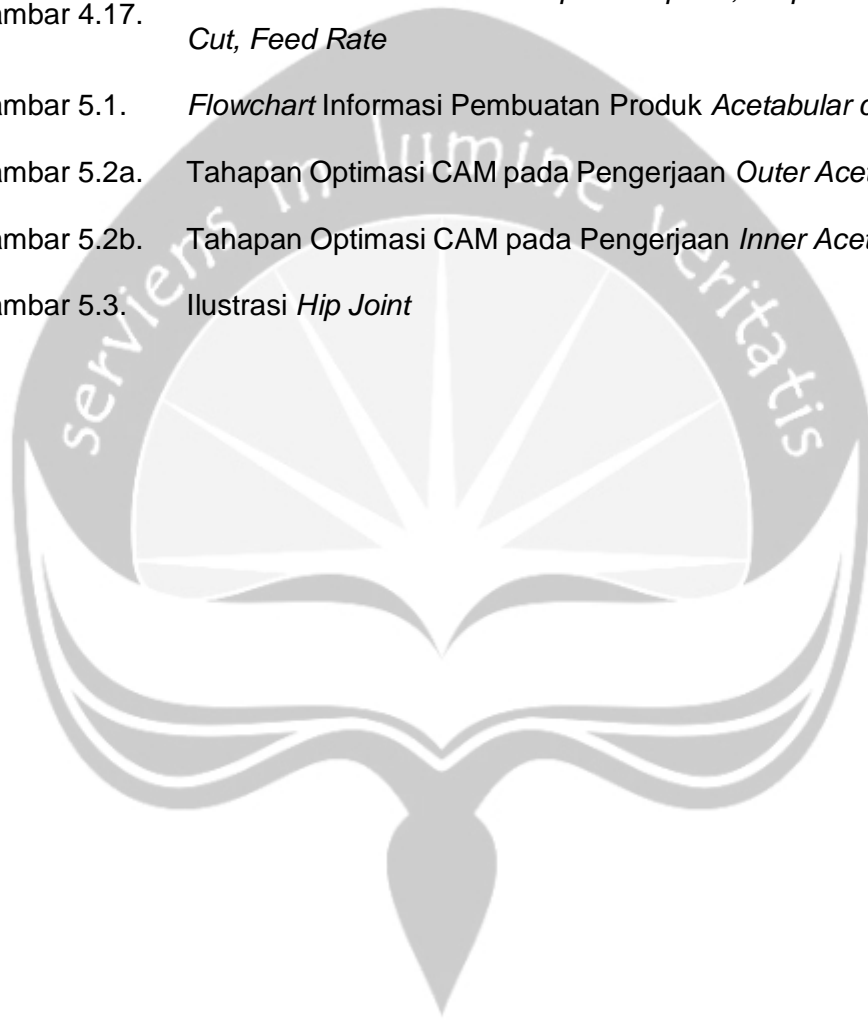
Tabel 4.18.	ANOVA untuk <i>repon surface</i> desain kuadratik pada TM <i>inner</i>	43
Tabel 4.19.	Analisis ANOVA untuk Variabel Optimum dari Respon TM untuk model regresi ordo 2	44
Tabel 5.1.	Perbandingan Nilai Prediksi Perhitungan dengan Hasil Eksperimen Menggunakan Metode Taguchi	55
Tabel 5.2.	Hasil Nilai Ra Optimal	59
Tabel 5.3.	Hasil <i>Time Machining</i> Optimal	60
Tabel 5.4.	Perbandingan Pendekatan Metode Taguchi dan Kombinasi Metode Taguchi RSM	61



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Contoh pendekatan model kedua RSM	12
Gambar 2.2.	Tampilan software Minitab 18	14
Gambar 2.3.	Tampilan software Microsoft Excel 2016	15
Gambar 2.4.	Layar utama <i>PowerMill</i> 2016	16
Gambar 2.5.	<i>Toolpath Model Area Clearance</i>	17
Gambar 2.6.	<i>Toolpath 3D Offset Finishing</i>	17
Gambar 2.7.	<i>Toolpath Steep and Shallow Finishing</i>	18
Gambar 2.8.	Mesin CNC Hartford LG-800	19
Gambar 3.1.	Diagram Metodologi	25
Gambar 4.1.	Mesin CNC Hartford LG-800	27
Gambar 4.2.	<i>Jig</i>	28
Gambar 4.3.	<i>Fixture</i>	28
Gambar 4.4.	<i>Cutting tools EndMill</i>	28
Gambar 4.5.	<i>Cutting Tools Ballnose</i>	29
Gambar 4.6.	Spesifikasi Spesial <i>Insert Undercut Cutter</i>	30
Gambar 4.7.	MarSurf PS1	30
Gambar 4.8.	Stopwatch	31
Gambar 4.9.	Material <i>Ultra-high Molecular weight Polythylene (UHMWPE)</i>	31
Gambar 4.10.	Desain <i>Acetabular Cup Inner</i>	34
Gambar 4.11.	Desain <i>Acetabular Cup Outer</i>	35
Gambar 4.12.	<i>Kurva Main Effect Plot</i> untuk S/N ratio dan <i>Means Ra acetabular cup inner</i>	38
Gambar 4.13.	<i>Kurva Main Effect Plot</i> untuk S/N ratio dan <i>Means Ra acetabular cup Outer</i>	39

Gambar 4.14.	Kurva <i>Main Effect Plot</i> untuk <i>S/N ratio</i> dan <i>Means TM acetabular cup Inner</i>	39
Gambar 4.15.	Kurva <i>Main Effect Plot</i> untuk <i>S/N ratio</i> dan <i>Means TM acetabular cup Outer</i>	39
Gambar 4.16.	Kurva 3D Plot <i>Ra Inner vs Spindle Speed, Step Over, Depth of Cut, Feed Rate</i>	41
Gambar 4.17.	Kurva 3D Plot <i>TM Inner vs Spindle Speed, Step Over, Depth of Cut, Feed Rate</i>	43
Gambar 5.1.	<i>Flowchart</i> Informasi Pembuatan Produk <i>Acetabular cup</i>	49
Gambar 5.2a.	Tahapan Optimasi CAM pada Pengerjaan <i>Outer Acetabular cup</i>	51
Gambar 5.2b.	Tahapan Optimasi CAM pada Pengerjaan <i>Inner Acetabular cup</i>	52
Gambar 5.3.	Ilustrasi <i>Hip Joint</i>	58



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	<i>Drafting Acetabular Cup 2D</i>	66
Lampiran 2	<i>Desain Acetabular Cup 3D</i>	66
Lampiran 3	<i>Program Report Hasil Permesinan 1 Inner</i>	67
Lampiran 4	<i>Program Report Hasil Permesinan 1 Outer</i>	68
Lampiran 5	<i>Program Report Hasil Permesinan 2 Inner</i>	69
Lampiran 6	<i>Program Report Hasil Permesinan 2 Outer</i>	70
Lampiran 7	<i>Program Report Hasil Permesinan 3 Inner</i>	71
Lampiran 8	<i>Program Report Hasil Permesinan 3 Outer</i>	72
Lampiran 9	<i>Program Report Hasil Permesinan 4 Inner</i>	73
Lampiran 10	<i>Program Report Hasil Permesinan 4 Outer</i>	74
Lampiran 11	<i>Program Report Hasil Permesinan 5 Inner</i>	75
Lampiran 12	<i>Program Report Hasil Permesinan 5 Outer</i>	76
Lampiran 13	<i>Program Report Hasil Permesinan 6 Inner</i>	77
Lampiran 14	<i>Program Report Hasil Permesinan 6 Outer</i>	78
Lampiran 15	<i>Program Report Hasil Permesinan 7 Inner</i>	79
Lampiran 16	<i>Program Report Hasil Permesinan 7 Outer</i>	80
Lampiran 17	<i>Program Report Hasil Permesinan 8 Inner</i>	81
Lampiran 18	<i>Program Report Hasil Permesinan 8 Outer</i>	82
Lampiran 19	<i>Program Report Hasil Permesinan 9 Inner</i>	83
Lampiran 20	<i>Program Report Hasil Permesinan 9 Outer</i>	84

ANALISIS DESAIN EKSPERIMEN TAGUCHI-RSM PADA KOMPONEN ACETABULAR CUP YANG OPTIMAL MENGGUNAKAN MESIN CNC

Disusun oleh:

Yosefin Antoineta Widya Ninggar

NPM 15 06 08337

INTISARI

Operasi *milling Computer Numerical Control* (CNC) dianggap operasi yang memiliki kontribusi yang cukup besar di industri manufaktur karena operasi *milling* merupakan salah satu cara yang paling sering digunakan di dunia untuk proses pengelupasan benda kerja agar mendapat bentuk produk sesuai dengan desain yang diinginkan. Dalam proses manufaktur menggunakan operasi *milling*, kualitas produk tersebut ditentukan berdasarkan nilai *surface roughness* / kekasaran permukaan (R_a). Nilai kekasaran permukaan dipengaruhi oleh faktor parameter permesinan. Agar produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik dengan nilai *surface roughness* mencapai standar yang ditetapkan, perlu ditentukan kondisi parameter permesinan yang optimal sehingga nilai *surface roughness* yang dihasilkan dapat sekecil mungkin.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah menemukan respon optimal terhadap parameter permesinan yang digunakan dalam pengolahan *acetabular cup* berbahan UHMWPE di mesin *milling* CNC. Respon optimal dalam penelitian ini adalah nilai R_a mencapai standar ASTM dan waktu permesinan yang cukup singkat. Tujuan ini diharapkan dapat dijadikan sebagai dasar acuan dalam membangun dan menjalankan manufaktur part *acetabular cup*, karena manufaktur part *acetabular cup* di Indonesia masih sangat jarang.

Pada penelitian ini digunakan kombinasi metode Taguchi dan *Response Surface Methodology* (RSM) untuk menentukan parameter permesinan apa saja yang menghasilkan nilai respon optimal. Percobaan yang dilakukan berdasarkan desain eksperimen dari *orthogonal array* Taguchi, pemodelan dilakukan dengan model regresi ordo dua dan optimasi model menerapkan analisis RSM.

Hasil dari penelitian ini adalah didapatnya kondisi parameter permesinan optimal pada proses manufaktur produk *acetabular cup* bagian *inner* yaitu: kondisi *spindle speed* 8000 rpm; *step over* 0,01 mm; *depth of cut* 0,55 mm; dan *feed rate* 1350 mm/min. Parameter permesinan ini akan menghasilkan nilai R_a optimum = 0,77 μm dan waktu proses permesinan (T_m) = 186.047,9695 sec. Penelitian ini lebih menekankan ke nilai *surface roughness* untuk mencapai standar ASTM ($\leq 2.00 \mu\text{m}$) sehingga parameter permesinan yang dipilih adalah penggunaan parameter permesinan dengan kondisi respon nilai R_a *inner acetabular cup* optimal.

KATA KUNCI : *acetabular cup*, parameter permesinan, metode Taguchi, *Response Surface Methodology* (RSM), respon optimal

Pembimbing I : A. Tonny Yuniarto, S.T., M. Eng.



Tanggal Pendadaran : 9 Juli 2019