

**APLIKASI TEKNOLOGI 4-AXIS CNC MILLING UNTUK PEMBUATAN
PRODUK CINCIN ARTISTIK**

TUGAS AKHIR

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



Ivan Sujatmiko

11 06 06424

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

2015

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul

**APLIKASI TEKNOLOGI 4-AXIS CNC MILLING UNTUK PEMBUATAN
PRODUK CINCIN ARTISTIK**

yang disusun oleh

Ivan Sujatmiko

11 06 06424

dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 21 Desember 2015

Dosen Pembimbing I,

Paulus Wisnu Anggoro, S.T. M.T.

Tim Penguji,

Penguji 1,

Paulus Wisnu Anggoro., S.T., M.T.

Penguji 2,

Penguji 3,

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

Baju Bawono S.T., M.T.

Yogyakarta, 16 September 2014

Universitas Atma Jaya Yogyakarta,

Fakultas Teknologi Industri,

Dekan,

Dr. A. Teguh Siswanto

PERNYATAAN ORIGINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ivan Sujatmiko

NPM : 11 06 06424

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya dengan judul “Aplikasi Teknologi 4-Axis CNC Milling untuk Pembuatan Produk Cincin Artistik” merupakan hasil penelitian saya pada Tahun Akademik 2015/2016 yang bersifat original dan tidak mengandung *plagiasi* dari karya manapun.

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

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

Yogyakarta, 12 Desember 2015

Yang menyatakan,

Ivan Sujatmiko

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan kasih karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Laporan tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Pelaksanaan Tugas Akhir dari awal hingga selesai tidak lepas dari bantuan dari beberapa pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang kepada:

1. Orang tua dan keluarga atas doa dan dukungan yang diberikan.
2. Bapak Dr. A. Teguh Siswanto sebagai Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta, V. Ariyono, S.T. M.T., sebagai Ketua Program Studi Teknik Industri UAJY, dan dosen-dosen TI.
3. Bapak Paulus Wisnu Anggoro, ST., MT. atas ketersediaannya menjadi pembimbing tugas akhir dan mendidik penulis dari awal mengenai CAD/CAM.
4. Bapak Tonny Yuniarto ST., M.Eng. selaku Kepala Laboratorium Proses Produksi yang mengizinkan penulis menggunakan fasilitas Laboratorium tanpa dibatasi waktu dan mendidik penulis dari awal mengenai CAD/CAM.
5. Balai Besar Kerajinan dan Batik (BBKB) Yogyakarta yang mempersilakan dan mempermudah penelitian Tugas Akhir.
6. Kepada tim kreatif pada penelitian ini Fabian Basra, Yohana Stephanie, dan Luna Lamandau yang telah membantu memberi masukan terhadap penelitian yang dilakukan.
7. Maria Febriyanti karena telah dengan setia menemani penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dan memberikan banyak doa, cinta, dan dukungan.
8. Keluarga besar asisten dosen Laboratorium Proses Produksi Mas Budi Poerwanto, Aristya Widiyanto, Andre Cahya, Yefry Valdano, Cendy Hastu, Polycarpus Putro, Yovita Elma, Maria Rosalia, Mesty Fascharinta, Yanda Sinatra, Henrikus Deddy, Dika Satriya, Arnindia Narita, Mbak Sriyulianti, Troys Kristian, Abed Adiantony, Fifin Afriady, Visy Nugroho, dan lainnya yang

tidak dapat disebutkan satu persatu. Mereka selalu memberikan semangat kepada penulis.

9. PT. Doulton Indonesia yang telah memberikan kesempatan magang kerja penulis sehingga penulis lebih terampil menggunakan perangkat lunak PowerShape dan Power Mill.

10. Dan masih banyak pihak yang tidak dapat disebutkan semuanya.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki penulis, maka kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan dari semua pihak.

Akhir kata, penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Yogyakarta, 12 Desember 2015

Ivan Sujatmiko

DAFTAR ISI

BAB	JUDUL	HAL
	Halaman Judul	i
	Halaman Pengesahan	ii
	Pernyataan Originalitas	iii
	Kata Pengantar	iv
	Daftar Isi	vi
	Daftar Tabel	ix
	Daftar Gambar	xi
	Daftar Lampiran	xiv
	Intisari	xv
1	PENDAHULUAN	
	1.1. Latar Belakang	1
	1.2. Perumusan Masalah	4
	1.3. Tujuan Penelitian	5
	1.4. Batasan Masalah	5
2	TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	
	2.1. Tinjauan Pustaka	6
	2.2. Penelitian Sekarang	9
	2.3. Dasar Teori	10
3	METODOLOGI PENELITIAN	

3.1.	Identifikasi Masalah	30
3.2.	Studi Pustaka	30
3.3.	Studi Lapangan	30
3.4.	Pengumpulan Data Awal dan Penentuan Model 3D CAD	31
3.5.	Proses Editing CAD File	31
3.6.	Pembuatan Prototipe dengan Metode <i>Subtractive Prototyping</i>	31
3.7.	Proses <i>Investment Casting</i>	32
3.8.	Analisis Perbandingan dan Pembahasan	33
3.9.	Kesimpulan	33
4	PROFIL DATA	
4.1.	Laboratorium Proses Produksi	34
4.2.	Laboratorium Perhiasan Balai Besar Kerajinan dan Batik (BBKB) Yogyakarta	40
4.3.	Material yang Digunakan Sebagai Prototipe/ Master Produk	46
4.4.	Pemilihan Desain Produk Cincin dengan Metode <i>Brainstorming</i>	48
4.5.	<i>Software yang Digunakan Dalam Penelitian</i>	58
4.6.	<i>Milling's Toolpath Strategy yang Digunakan</i>	59
4.7.	<i>Prototype Cincin</i>	63
4.8.	Hasil Verifikasi Cincin	63
4.9.	Waktu Permesinan	64
4.10.	Ukuran Model Cincin Artistik	83
4.11.	Total Biaya Produksi	85
5	ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	
5.1.	Analisis Pemilihan Tim Kreatif	90

5.2.	Proses <i>Brainstorming</i>	91
5.3.	Analisis Pemilihan Desain Produk Cincin Artistik	93
5.4.	Proses <i>Subtractive Prototyping</i> Menggunakan <i>Mesin Rolland MDX-40</i>	97
5.5.	Perbandingan dan Analisis Hasil <i>Subtractive Prototyping</i> dan <i>Additive Prototyping</i>	108
5.6.	Proses <i>Investment Casting</i> Produk Cincin	112
5.7.	Analisis Hasil Proses Produksi Cincin Artistik	119
5.8.	Analisis Total Biaya Produksi	129
6	ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	
6.1.	Kesimpulan	131
6.2.	Saran	132
	Daftar Pustaka	133
	Lampiran	136

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1.	Spesifikasi Mesin <i>CNC Milling Rolland MDX-40</i>	36
Tabel 4.2.	Spesifikasi Mesin <i>Rotary Axis Unit ZCL-40A</i>	38
Tabel 4.3.	<i>Cutter</i> yang Digunakan pada Penelitian	40
Tabel 4.4.	Spesifikasi Mesin <i>Vacuum</i>	41
Tabel 4.5.	Spesifikasi Mesin <i>Investement Mixing Machine</i>	42
Tabel 4.6.	Spesifikasi Mesin <i>Mouffle Burnout-Furnaces</i>	43
Tabel 4.7.	Spesifikasi Mesin <i>Electric Oven</i>	43
Tabel 4.8.	Spesifikasi Mesin <i>Investement Breaking Cabinet</i>	44
Tabel 4.9.	Spesifikasi Mesin <i>Table Top Cleaning Bath</i>	45
Tabel 4.10.	Jenis-Jenis Karakter Produk <i>Wax Ferris</i>	47
Tabel 4.11.	Usulan-Usulan Mengenai Produk Cincin Artistik	50
Tabel 4.12.	Pemilihan Kepentingan Atribut Desain untuk Produk Cincin Artistik	52
Tabel 4.13.	Matriks <i>Zero-One</i> untuk lima Jenis Atribut Desain	53
Tabel 4.14.	Alternatif Desain Produk Cincin Artistik	54
Tabel 4.15.	Evaluasi Alternatif Desain Cincin Artistik	57
Tabel 4.16.	Tahapan Proses Pembuatan Master Produk dengan <i>Subtractive Prototyping</i>	61
Tabel 4.17.	Tabel Verifikasi Dimensi Cincin	64
Tabel 4.18.	Tahapan Proses pada <i>Trial</i> Pertama	66
Tabel 4.19.	<i>Total Machining Time</i> untuk <i>Trial</i> Pertama	70
Tabel 4.20.	Tahapan Proses pada <i>Trial</i> Kedua	71
Tabel 4.21.	<i>Total Machining Time</i> pada <i>Trial</i> Kedua	75

Tabel 4.22.	Tahapan Proses pada <i>Trial</i> Ketiga	76
Tabel 4.23.	<i>Total Machining Time</i> pada <i>Trial</i> Ketiga	80
Tabel 4.24.	<i>Total Machining Time</i> enam Produk Cincin Artistik	80
Tabel 4.25.	Besar Penggunaan Material <i>3D Printing Objet 30 Pro</i>	81
Tabel 4.26.	Waktu Permesinan <i>3D Printing Objet 30 Pro</i>	81
Tabel 4.27.	Perbandingan Dimensi Produk Cincin Artistik	83
Tabel 4.28.	Besar <i>Shrinkage</i> Produk <i>Vero White</i>	85
Tabel 4.29.	Waktu Permesinan Enam Model Cincin Artistik	86
Tabel 4.30.	Perhitungan Biaya Master Produk <i>Vero White</i>	88
Tabel 5.1.	Pembobotan Kepentingan Atribut Desain	95
Tabel 5.2.	Nilai Skor dari Alternatif Desain Cincin Artistik	96
Tabel 5.3.	Perbandingan Hasil Master Cincin dengan dua Metode RP yang Berbeda	110
Tabel 5.4.	Penilaian Kualitas Produk Akhir Perak Cincin Artistik	123

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Gambar Persumbuan 3-Axis dengan Kaidah Tangan Kanan	11
Gambar 2.2.	Gambar Persumbuan 4-Axis	12
Gambar 2.3.	Gambar Persumbuan 5 Axis dan 5-Axis CNC Milling Machine	12
Gambar 2.4.	Proses Integrasi <i>Toolpath Generation</i> pada Proses CAD-CAM	13
Gambar 2.5.	Teknologi RP, 3D Printing dan 4-axis CNC Milling	15
Gambar 2.6.	Alur proses <i>Investment Casting</i>	16
Gambar 2.7.	Tabel matriks <i>Zero-One</i>	19
Gambar 2.8.	Contoh aplikasi matriks <i>Zero-One</i>	20
Gambar 2.9.	Contoh material <i>Paraffin Waxes</i>	21
Gambar 2.10.	Tampilan Utama <i>ArtCAM 2013</i>	22
Gambar 2.11.	Desain material awal	23
Gambar 2.12.	Keterangan material awal	23
Gambar 2.13.	<i>Project Tools</i> pada <i>ArtCAM 2013</i>	24
Gambar 3.1.	<i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian	29
Gambar 3.2.	Proses Pembuatan <i>Master Rubber</i> dan Model Wax	32
Gambar 4.1.	Denah Laboratorium Proses Produksi	35
Gambar 4.2.	<i>CNC Router Milling Roland Modella MDX-40</i>	36
Gambar 4.3.	<i>Rotary Axis Unit ZCL-40A</i>	38
Gambar 4.4.	Bagian pada <i>Cutter Milling</i>	39
Gambar 4.5.	Mesin <i>Vacuum</i>	41
Gambar 4.6.	Mesin <i>Investment Mixing Machine</i>	42

Gambar 4.7. Mesin <i>Mouffle Burnout Surface</i>	43
Gambar 4.8. Mesin <i>Electric Oven</i>	44
Gambar 4.9. Mesin <i>Investment Breaking Cabinet</i>	45
Gambar 4.10. <i>Table Top Cleaning Bath</i>	46
Gambar 4.11. Material Cincin Nikah, Cincin Wanita, dan Cincin Pria	46
Gambar 4.12. Dimensi Material <i>Wax Ferris</i> cincin nikah ukuran ring 15	47
Gambar 4.13. Dimensi Material <i>Wax Ferris</i> cincin wanita ukuran ring 15	48
Gambar 4.14. Dimensi Material <i>Wax Ferris</i> cincin pria ukurang ring 15	48
Gambar 4.15 <i>ArtCAM 2013 display</i>	58
Gambar 4.16. <i>PowerShape 2014 display</i>	59
Gambar 4.17. Hasil cincin artistik berbahan <i>Wax</i>	63
Gambar 4.18. Desain <i>Trial</i> Permesinan yang Pertama	65
Gambar 4.19. Desain <i>Trial</i> Permesinan yang Kedua	70
Gambar 4.20. Desain <i>Trial</i> Permesinan yang Ketiga	75
Gambar 4.21. Display kalkulasi proses permesinan menggunakan teknologi <i>3D Printing Objet 30 Pro</i>	79
Gambar 4.22. Master produk cincin artistik berbahan <i>Vero White</i>	82
Gambar 5.1. Bagian-bagian <i>Rotary Table ZCL-40</i>	98
Gambar 5.2. Desain Posisi <i>Setup</i> Permesinan	99
Gambar 5.3. Dimensi <i>Jig</i> dan Posisi <i>Setup</i> Benda Kerja dengan <i>Jig</i>	99
Gambar 5.4. Fitur <i>3D Machining Wizard</i> pada <i>ArtCAM 2013</i>	100
Gambar 5.5. Tampilan <i>setting 3D Machining Wizard</i>	100
Gambar 5.6. <i>Setting</i> kondisi <i>Multi-Sided Machining</i>	101
Gambar 5.7. Parameter tahap <i>roughing</i> dengan tool <i>End mill 6mm</i> dan <i>End mill 3mm</i>	102
Gambar 5.8. Hasil <i>Calculate</i> untuk <i>Roughing Toolpath Strategy</i>	103
Gambar 5.9. Proses Permesinan pada Tahap <i>Roughing</i>	103
Gambar 5.10. Parameter tahap <i>semi finishing</i> dengan tool	

<i>Ball nose 2 mm</i>	104
Gambar 5.11. Hasil <i>Calculate</i> untuk <i>Semi finishing Toolpath Strategy</i>	105
Gambar 5.12. Proses Permesinan Tahap <i>Semi finishing</i>	105
Gambar 5.13. Parameter tahap <i>finishing</i> dengan tool <i>Ball nose 0,5 mm</i>	106
Gambar 5.14. Hasil <i>Calculate</i> untuk Program <i>Finishing</i>	107
Gambar 5.15. Proses Permesinan Tahap <i>Finishing</i>	107
Gambar 5.16. Hasil Master Produk Cincin Artistik Berbahan Wax	107
Gambar 5.17. Master Produk Cincin Artistik Wax dan <i>Vero White</i>	109
Gambar 5.18. Master Produk Hasil Teknologi <i>3D Printing Objet 30 Pro</i>	113
Gambar 5.19. Pohon Wax/ Lilin	115
Gambar 5.20. Proses Pembersihan Pohon Lilin	115
Gambar 5.21. Pohon Lilin yang Sudah Masuk pada <i>Flask</i>	116
Gambar 5.22. <i>Flask</i> Diisi dengan Campuran Gips	116
Gambar 5.23. Proses Pengeringan dengan Mesin Burn Out Furnace	117
Gambar 5.24. Proses Penuangan Logam Cair Pada <i>Mold</i> Gips	117
Gambar 5.25. Proses Pendinginan dengan Cara Dichelupkan Didalam Air	118
Gambar 5.26. Proses Pemutihan Logam Perak dengan Cairan <i>Gipastrip</i>	118
Gambar 5.27. Hasil Produk Perak Cincin Artistik dengan Master Wax	119
Gambar 5.28. Perbandingan Kualitas Cincin Artistik, Master <i>Vero White</i> dan Master Wax	120
Gambar 5.29. Cacat Gempil pada Produk	121
Gambar 5.30. Cacat Relief Produk Tertutup Logam	121