

**OPTIMASI *TOOLPATH STRATEGY* DENGAN TEKNOLOGI
COMPUTER AIDED MANUFACTURING PADA MESIN CNC
UNTUK PRODUK CETAKAN KERAMIK DINDING
DI PT. NUANZA PORCELAIN INDONESIA**

TUGAS AKHIR

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



ANNE SULEMAN

12 06 06988

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

2017

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul

“OPTIMASI *TOOLPATH STRATEGY* DENGAN TEKNOLOGI *COMPUTER AIDED MANUFACTURING* PADA MESIN CNC UNTUK PRODUK CETAKAN KERAMIK DINDING DI PT. NUANZA PORCELAIN INDONESIA”

Yang disusun oleh:

Anne Suleman

12 06 06988

Dinyatakan untuk memenuhi syarat pada tanggal 26 Juli 2017

Dosen Pembimbing 1

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

Tim Penguji,
Penguji 1

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

Penguji 2,

Penguji 3,

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

Baju Bawono, S.T.,M.T.

Yogyakarta, 26 Juli 2017
Universitas Atma Jaya Yogyakarta,
Fakultas Teknologi Industri,
Dekan,

Dr. A. Teguh Siswanto, M.Sc.

PERNYATAAN ORIGINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Anne Suleman

NPM : 12 06 06988

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya dengan judul “Optimasi *Toolpath Strategy* dengan Teknologi *Computer Aided Manufacturing* Pada Mesin CNC untuk Produk Cetakan Keramik Dinding di PT. Nuanza Porcelain Indonesia” merupakan hasil penelitian saya pada Tahun Akademik 2016/2017 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 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, 26 Juli 2017

Yang menyatakan,

Anne Suleman

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur saya haturkan kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga saya mampu menyelesaikan penulisan tugas akhir ini dengan baik.

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Teknik Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Penulis menyadari tanpa bantuan dari pihak lain, Tugas Akhir ini tidak dapat terselesaikan. Oleh sebab itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam tugas akhir ini:

1. Tuhan Yesus Kristus dan segala keajaibannya, tanpa kebesarannya saya tidak mampu berbuat apa-apa. Kekuatan, Kesabaran dan Hikmat semua itu dari pada Tuhan Yesus yang selalu ada saat penulis mengerjakan skripsi dari awal hingga akhir.
2. Bapak S.T. Linggi Allo dan Ibu Martina S. selaku orang tua yang selalu mendoakan, terima kasih atas doa, kasih sayang, kesabaran, pengertian dan dukungan yang diberikan kepada penulis dalam pergumulan menyelesaikan tanggung jawab tugas akhir ini.
3. Mini sister Ria dan Resty yang selalu mendoakan, memberikan nasehat dan semangat kepada penulis untuk selalu berusaha dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak A. Tonny Yuniarto, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing I dan juga sebagai kepala Laboratorium Proses Produksi, yang telah memberikan banyak bantuan dalam hal fasilitas penelitian kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
5. Bapak P. Wisnu Anggoro, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II, yang telah memberikan kepercayaan, perhatian, bimbingan dan masukan yang sangat berarti kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
6. Bapak K. Budi Purwanto, selaku laboran di Laboratorium Proses Produksi, yang selalu memberikan nasehat dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

7. Keluarga besar Pengok Squad yang selalu mengundang tawa dan memberikan dukungannya berupa wifi gratis : theo, dicky ngantuk, anugrha rado', oddang, jaylani, windy nindy, vega kribs, kepo', kak aga, tatsuya, alex, henox tarto, om icat, jaya, kak upink, mas boce', kak mbang, dan yang lainnya.
8. Tim hore : yovita, maria, dan mesty yang merupakan tim *ceramic wall* sekaligus patner jogja-boyolali demi menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Asisten Praktikum Proses Manufaktur yang tergabung dalam keluarga besar Luwak PP jilid 2 sampai jilid 6 yang telah memberikan banyak pelajaran bagi penulis dan telah membantu penulis dalam proses running sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan : johan, odilita, abelita, jarot, mas lio, joko, kakung, adul, ganis, kicky, daryl, kak slamet, kak musang, kak nyoman, mas yanda, kak lumajang, kak dedy, troys bosquet, kak dika, fifin, dan yang lainnya.
10. Keluarga besar peminatan CAD/CAM yang berjuang bersama mengerjakan order dan tugas bersama sehingga telah memberikan banyak pelajaran bagi penulis.
11. Seluruh dosen dan para staff Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

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

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

Yogyakarta, 26 Juli 2017

Anne Suleman

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| PERNYATAAN ORIGINALITAS | iii |
| KATA PENGANTAR | iv |
| DAFTAR ISI | vi |
| DAFTAR TABEL | viii |
| DAFTAR GAMBAR | ix |
| INTISARI | xii |
| BAB 1 | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah | 4 |
| 1.3. Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.4. Batasan Masalah | 4 |
| BAB 2 | 6 |
| 2.1. Penelitian terdahulu | 6 |
| 2.1.1. Penelitian Sekarang | 10 |
| 2.2. Dasar Teori | 15 |
| 2.2.1. Ceramic | 15 |
| 2.2.2. Computer Aided Manufacturing (CAM) | 16 |
| 2.2.3. Computer Numerical Control (CNC) | 18 |
| 2.2.4. PowerMill 2016 | 18 |
| 2.2.5. Milling | 19 |
| 2.2.6. Cutter | 19 |
| 2.2.7. Toolpath Strategy | 22 |
| 2.2.8. Numerical Control | 25 |
| 2.2.9. Proses CAD | 26 |
| 2.2.10. Proses CAM | 31 |
| 2.2.11. Metode Taguchi | 46 |
| 2.2.12. Orthogonal Array | 47 |
| 2.2.13. Brainstorming | 48 |
| BAB 3 | 50 |
| 3.1. Data | 50 |
| 3.2. Cara Pengambilan Data | 50 |
| 3.3. Alat dan Bahan Selama Proses Penelitian | 51 |

| | |
|---|----|
| 3.4. Langkah – Langkah Penelitian | 51 |
| 3.5. Diagram Alir Metode Penelitian | 54 |
| BAB 4 | 56 |
| 4.1. PT Nuanza Porcelain Indonesia | 56 |
| 4.2. Profil Laboratorium | 57 |
| 4.3. Profil Mesin CNC YCM EV1020A | 58 |
| 4.4. Data Material | 61 |
| 4.5. Data Cutter | 63 |
| 4.6. Data Tim Kreatif | 65 |
| 4.7. Data Gambar | 65 |
| 4.8. Penentuan Layout Desain Eksperimen Bersama Dengan Tim Kreatif | 66 |
| BAB 5 | 84 |
| 5.1. Analisis Desain Core & Cavity Mozaic Syrian and Egyptian Tiles dan Hasil Brainstorming | 84 |
| 5.2. Analisis Statistik Optimasi Manufaktur | 87 |
| 5.3. Analisis CAM PowerMill | 89 |
| 5.4. Pembahasan | 94 |
| BAB 6 | 98 |
| 6.1. Kesimpulan | 98 |
| 6.2. Saran | 98 |
| DAFTAR PUSTAKA | x |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2. 1. Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang | 11 |
| Tabel 2. 2. Standar Orthogonal Array | 48 |
| Tabel 4. 1. Spesifikasi Mesin CNC YCM EV1020A | 60 |
| Tabel 4. 2. Karakteristik Gypsum | 63 |
| Tabel 4. 3. Faktor Parameter Kondisi Pemotongan | 66 |
| Tabel 4. 4. Blank Orthogonal Array $L_{27}3^5$ | 67 |
| Tabel 4. 5. Full Orthogonal Array $L_{27}3^5$ Hasil eksperimen Cavity Mozaic Garpu | 68 |
| Tabel 4. 6. Full Orthogonal Array $L_{27}3^5$ Hasil eksperimen Core Mozaic Garpu | 69 |
| Tabel 4. 7. Full Orthogonal Array $L_{27}3^5$ Hasil eksperimen Cavity Mozaic Mekar | 70 |
| Tabel 4. 8. Full Orthogonal Array $L_{27}3^5$ Hasil eksperimen Core Mozaic Mekar | 72 |
| Tabel 4. 9. Full Orthogonal Array $L_{27}3^5$ Hasil eksperimen Cavity Mozaic Pusat | 73 |
| Tabel 4. 10. Full Orthogonal Array $L_{27}3^5$ Hasil eksperimen Core Mozaic Pusat | 74 |
| Tabel 4. 11. <i>Signal to Noise Ratios Smaller is Better Cavity Mozaic Garpu</i> | 76 |
| Tabel 4. 12. <i>Signal to Noise Ratios Smaller is Better Core Mozaic Garpu</i> | 77 |
| Tabel 4. 13. <i>Signal to Noise Ratios Smaller is Better Cavity Mozaic Mekar</i> | 79 |
| Tabel 4. 14. <i>Signal to Noise Ratios Smaller is Better Core Mozaic Mekar</i> | 80 |
| Tabel 4. 15. <i>Signal to Noise Ratios Smaller is better Cavity Mozaic Pusat</i> | 81 |
| Tabel 4. 16. <i>Signal to Noise Ratios Smaller is better Core Mozaic Pusat</i> | 83 |
| Tabel 5. 1. Ringkasan Hasil Brainstorming | 85 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 1. 1. Produk Industri Keramik | 1 |
| Gambar 2. 1. Plain Mill Cutter | 20 |
| Gambar 2. 2. Shell End Mill Cutter | 20 |
| Gambar 2. 3. Face Mill Cutter | 21 |
| Gambar 2. 4. End Mill Cutter | 21 |
| Gambar 2. 5. Ballnose Cutter | 22 |
| Gambar 2. 6. Strategy 2.5D Area Clearance | 23 |
| Gambar 2. 7. Strategy 3D Area Clearance | 23 |
| Gambar 2. 8. Strategy Finishing | 24 |
| Gambar 2. 9. Proses impor model ke PowerShape | 27 |
| Gambar 2. 10. Proses Pembuatan Curve | 27 |
| Gambar 2. 11. Form Dinamic Sectioning | 28 |
| Gambar 2. 12. Proses penentuan ukuran material | 28 |
| Gambar 2. 13. Form Offset | 29 |
| Gambar 2. 14. Proses pembuatan Block material | 29 |
| Gambar 2. 15. Proses Solid Block | 30 |
| Gambar 2. 16. Remove the selected solid, surface or symbol from the active solid | 30 |
| Gambar 2. 17. Cavity Cetakan Keramik Dinding | 31 |
| Gambar 2. 18. Core Cetakan Keramik Dinding | 31 |
| Gambar 2. 19. Proses import model pada PowerMILL | 32 |
| Gambar 2. 20. Menu Toolbar Tools | 33 |
| Gambar 2. 21. (a.) Form Tip Endmill Cutter Diameter 4, (b.) Form Shank Endmill Cutter Diameter 4, (c.) Form Holder Endmill Cutter Diameter 4 | 34 |
| Gambar 2. 22. (a.) Form Tip Ballnose Cutter Diameter 4, (b.) Form Shank Ballnose Cutter Diameter 4, (c.) Form Holder Ballnose Cutter Diameter 4 | 34 |
| Gambar 2. 23. (a.) Form Tip Ballnose Cutter Diameter 2, (b.) Form shank Ballnose Cutter Diameter 2, (c.) Form Holder Ballnose Cutter Diameter 2 | 35 |
| Gambar 2. 24. (a.) Form Tip Ballnose Cutter Diameter 1, (b.) Form shank Ballnose Cutter Diameter 1, (c.) Form Holder Ballnose Cutter Diameter 1 | 35 |

| | |
|--|----|
| Gambar 2. 25. Pembuatan Block | 36 |
| Gambar 2. 26. Pemilihan Toolpath Strategy Proses Roughing | 37 |
| Gambar 2. 27. Pemilihan Tool yang Digunakan | 38 |
| Gambar 2. 28. Setting parameter Model Area Clearance | 39 |
| Gambar 2. 29. Pengaturan menu Rapid Move Heights | 40 |
| Gambar 2. 30. Pengaturan menu Lead and Links | 41 |
| Gambar 2. 31. Pengaturan menu Start Point | 42 |
| Gambar 2. 32. Pengaturan menu End Point | 42 |
| Gambar 2. 33. Pengaturan menu Feeds and Speeds | 43 |
| Gambar 2. 34. Statistik Proses Roughing | 44 |
| Gambar 2. 35. Proses Pembuatan NC-Code | 44 |
| Gambar 2. 36. Proses Pembuatan NC-Code | 45 |
| Gambar 2. 37. Proses Pembuatan NC-Code | 46 |
| Gambar 2. 38. NC-Code | 46 |
| Gambar 3. 1. Diagram Alir Metodologi penelitian | 54 |
| Gambar 4. 1. Layout Laboratorium Proses Produksi FTI UAJY | 58 |
| Gambar 4. 2. Mesin CNC YCM EV1020A | 59 |
| Gambar 4. 3. Detail Mesin YCM EV1020A | 60 |
| Gambar 4. 4. Material Gypsum | 62 |
| Gambar 4. 5. Cutting Tools :(a.) Endmill diameter 4, (b.) Ballnose diameter 4, (c.) Ballnose diameter 2, (d.) Ballnose diameter 1 | 64 |
| Gambar 4. 6. Desain Syrian and Egyptian Tiles: (a.) 3D Mozaic Garpu, (b.) Core & Cavity Mozaic Garpu, (c.) 3D Mozaic Mekar, (d.) Core & Cavity Mozaic Mekar, (e.) 3D Mozaic Pusat, (f.) Core & Cavity Mozaic Pusat | 66 |
| Gambar 4. 7. (a.) Main Plot for Means and (b.)SN Ratios Cavity Mozaic Garpu | 76 |
| Gambar 4. 8. Kurva Normal untuk P-Plot Cavity Mozaic Garpu | 77 |
| Gambar 4. 9. (a.) Main Plot for Means and (b.) SN Ratios Core Mozaic Garpu | 77 |
| Gambar 4. 10. Kurva Normal untuk P-Plot Core Mozaic Garpu | 78 |
| Gambar 4. 11. (a.) Main Plot for Means and (b.) SN Ratios Cavity Mozaic Mekar | 78 |
| Gambar 4. 12. Kurva Normal untuk P-Plot Mozaic Cavity Mekar | 79 |
| Gambar 4. 13. (a.) Main Plot for Means and (b.) SN Ratios Core Mozaic Mekar | 80 |
| Gambar 4. 14. Kurva Normal untuk P-Plot Mozaic Core Mekar | 81 |
| Gambar 4. 15. (a.) Main Plot for Means and (b.) SN Ratios Cavity Mozaic Pusat | 81 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4. 16. Kurva Normal untuk P-Plot Mozaic Cavity Pusat | 82 |
| Gambar 4. 17. (a.) SN Ratios and (b.) Main Plot for Means Core Mozaic Pusat | 82 |
| Gambar 4. 18. Kurva Normal untuk P-Plot Mozaic Core Pusat | 83 |
| Gambar 5. 1. Hasil Machining tableware Motif Batik Kaung | 84 |
| Gambar 5. 2. Tahapan Simulasi Proses Manufacturing Cavity Mozaic Garpu | 90 |
| Gambar 5. 3. Tahapan Simulasi Proses Manufacturing Core Mozaic Garpu | 90 |
| Gambar 5. 4. Tahapan Simulasi Proses Manufacturing Cavity Mozaic Mekar | 91 |
| Gambar 5. 5. Tahapan Simulasi Proses Manufacturing Core Mozaic Mekar | 91 |
| Gambar 5. 6. Tahapan Simulasi Proses Manufacturing Cavity Mozaic Pusat | 92 |
| Gambar 5. 7. Gambar 5.7. Tahapan Simulasi Proses Manufacturing Core Mozaic Pusat | 93 |
| Gambar 5. 8. Hasil Simulasi Core & Cavity Mozaic Garpu | 93 |
| Gambar 5. 9. Hasil Simulasi Core & Cavity Mozaic Mekar | 94 |
| Gambar 5. 10. Hasil Simulasi Core & Cavity Mozaic Pusat | 94 |

INTISARI

Desain dan teknik pembuatan seperangkat *ceramic tableware* tetap tidak berubah selama beberapa dekade dan masih sangat bergantung pada teknik kerajinan sehingga kualitas model relief sangat tergantung pada keterampilan dan pengalaman para modeller. PT Nuansa Porselen Indonesia sedang merencanakan untuk membuat keramik dinding yang mempunyai ciri khas yaitu berornamen *islamic*. Teknologi CAD/CAM digunakan untuk mendapatkan *cutting parameters condition* yang optimal yang waktu proses *machining* yang tercepat dan kualitas dari kontur relief yang detail pada produk cetakan keramik dinding.

Orthogonal Array L₂₇3⁵ akan digunakan dalam penelitian ini guna mendapatkan setting parameter yang optimal pada proses pengerjaan *core & cavity* pada mesin CNC. Dari hasil brainstorming diketahui bahwa faktor yang diduga signifikan mempengaruhi hasil simulasi pemesinan adalah *Toolpath Strategy*, kecepatan putar *spindle* (RPM), *Feeding*, *Step over*, dan *Cutting tools*. Kelima faktor ini dengan menggunakan metode *taguchi* akan didesain layout eksperimen yang optimum. Pembuatan desain *orthogonal array* menggunakan software *Minitab 17*, didapatkan *L₂₇3⁵* yang berarti ada 27 kali percobaan untuk setiap produk *core & cavity* keramik dinding dengan menggunakan lima faktor yang diatur dalam tiga level.

Untuk menentukan *toolpath strategy* yang paling optimal dari 27 percobaan, dapat dilihat dari hasil gambar *means* dan *SN ratios* dan dibandingkan dengan tabel *full ortogonal array*nya. *Toolpath strategy* yang paling banyak mendekati nilai *means* yang dipilih karena dianggap memberikan hasil yang paling optimum. Berdasarkan hasil simulasi, dapat dilihat bahwa semua gambar hasil simulasi powerMill 2016 benar-benar mirip dengan 3D CAD model *core* dan *cavity*. Bila ini dirunning secara *real time* maka dapat disimpulkan hasil yang diperoleh sesuai dengan yang diinginkan pihak PT Nuanza Porcelain Indonesia.

Kata Kunci : CNC *milling*, *ceramic wall*, *tool path strategy*, *taguchi methods*, *Orthogonal Array L₂₇3⁵*