

**PEMILIHAN *STRATEGY PRA TOOLPATH LEADS AND LINKS* UNTUK MENDAPATKAN WAKTU PEMOTONGAN *INSOLE* YANG MINIMAL**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan**

**Mencapai derajat Sarjana Teknik Industri**



**DERA INDERA PERMANA RISTRA WIRATAMA**

**13 06 07339**

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

**2017**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul

**“PEMILIHAN STRATEGY PRA TOOLPATH LEADS AND LINKS UNTUK  
MENDAPATKAN WAKTU PEMOTONGAN INSOLE YANG MINIMAL”**

Yang disusun oleh:

**Dera Indera Permana Ristra Wiratama**

13 06 07339

Dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 19 Juli 2017

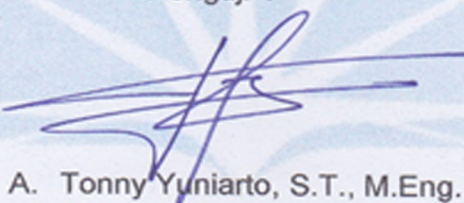
Dosen Pembimbing 1



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

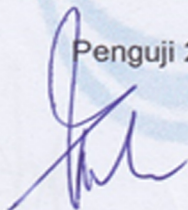
Tim Penguji,

Penguji 1



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

Penguji 2,



Dr. A. Teguh Siswanto, M.Sc.

Penguji 3,



Ir. B. Kristyanto, M.Eng., Ph. D.

Yogyakarta, 19 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 : Dera Indera Permana Ristra Wiratama

NPM : 13 06 07339

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir saya dengan judul "Pemilihan *Strategy Pra Toolpath Leads and Links* untuk Mendapatkan Waktu Pemotongan *Insole* yang Minimal" 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, 19 Juli 2017

Yang menyatakan,



Dera Indera Permana Ristra Wiratama

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan penyertaan-Nya selama ini, sehingga dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir ini. Tugas akhir ini disusun guna melengkapi syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak secara langsung maupun tidak langsung. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. A. Teguh Siswanto, M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri dan Bapak V. Ariyono S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
2. Bapak A. Tonny Yuniarto, S.T., M. Eng. selaku dosen pembimbing I, yang telah meluangkan waktu dan pikiran untuk membimbing dan memberikan masukan dalam penyelesaian penulisan tugas akhir ini.
3. Bapak Paulus Wisnu Anggoro, S.T., M.T. dan Bapak Baju Bawono S.T., M.T. yang telah memberikan pengarahan serta bantuan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Orang tua terutama mama, Dra. L.Y.S. Martini, M.Pd. atas doa dan dukungannya. Spesial karya tulis ini penulis persembahkan untuk papa, AKBP Pol. Drs. Kruwet E.S. (Alm).
5. Angga W. yang selalu menemani, memberi dukungan, semangat, dan membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Keluarga besar Laboratorium Proses Produksi Mas Budi, Kak Accu, Kak Lio, Kak Johan, Abet, Jati, Joko, Yovita, Cendy, Maria, Mesty, Prima, Dhimas, Agata, Pniel, Nanda, Kak Angga dan teman-teman lainnya yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Mereka selalu memberi semangat dan bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis menerima kritik dan saran dari rekan-rekan pembaca. Akhir kata, semoga penelitian ini dapat berguna bagi rekan-rekan.

Yogyakarta, 19 Juli 2017

Dera Indera Permana Ristra Wiratama

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	II
KATA PENGANTAR	IV
DAFTAR ISI	V
DAFTAR GAMBAR	VIII
DAFTAR TABEL	X
INTISARI	XI
BAB 1	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan	3
1.4. Batasan Masalah	3
BAB 2	5
2.1. Penelitian Terdahulu	5
2.2. Penelitian sekarang	8
2.3. Dasar Teori	9
2.3.1. Elastomers dan EVA	9
2.3.2. Numerical Control (NC)	10
2.3.3. Mesin CNC Roland Model MDX - 40	11
2.3.4. Cutting Tool	11
2.3.5. CAD CAM	13
2.3.6. Software CAD PowerShape	13
2.3.7. Software CAM PowerMill	13
2.3.8. Cutter	15
2.3.9. Strategy Pra Toolpath Leads and Links	18
2.3.10. Roughness Surface	24
2.3.11. Roughness Tester	26
2.3.12. Perancangan Eksperimen	27
2.3.13. Taguchi Method	28
2.3.14. Analisis Data	29
2.3.15. Analysis of variance (ANOVA)	29
2.3.16. Two-Way ANOVA	29
2.3.17. Respon Optimizer	32
2.3.18. Confidence Interval	32

BAB 3	34
3.1. Pengumpulan Data	34
3.2. Alat dan Mesin Selama Proses Pengujian	34
3.3. Tahapan Penelitian	35
3.1.1. Studi pendahuluan	35
3.1.2. Studi Literatur	35
3.1.3. Desain Eksperimen	35
3.1.4. Proses Eksperimen	36
3.1.5. Analisis dan Pembahasan	37
3.1.6. Kesimpulan	38
BAB 4	40
4.1. Profil Laboratorium	40
4.2. Data Material	41
4.3. Data Mesin	41
4.4. Data Cutting Tool	43
4.5. Data Profil Tim Kreatif	46
4.6. Data Hasil Penelitian	46
BAB 5	48
5.1. Hasil Brainstorming	48
5.2. Analisis dengan Taguchi Method	49
5.3. Analisis Hasil Eksperimen	50
5.3.1. Analisis Roughness Average	50
5.3.2. Uji Kenormalan	52
5.3.3. Perhitungan Respon Optimizer	56
5.3.4. Perhitungan ANOVA Secara Manual untuk Mendapatkan % Bobot dari Respon untuk tiap Faktor	63
5.3.5. Perhitungan Nilai Confidence Interval	67
5.4. Analisis Proses CAM PowerMill 2016	68
5.5. Analisis hasil permesinan	76
5.6. Analisis Leads and Links	78
5.6.1 Analisis Leads and Links Proses Simulasi	78
5.6.2 Analisis Leads And Links Proses Machining Real	79
BAB 6	82
6.1. Kesimpulan	82
6.2. Saran	82



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komposisi Kimia Eva	10
Gambar 2.2. Roland Modela Mdx - 406	11
Gambar 2.3. Ballnose Cutter Dan End Mill Cutter	12
Gambar 2.4. Pegerakan Lead And Links	15
Gambar 2.5. Pengaturan Endmill Cutter Ø6 Pada Percobaan Pertama	17
Gambar 2.6. Pengaturan Ball Nose Cutter Ø6 Pada Percobaan Pertama	18
Gambar 2.7. Perbesaran Gambar Pada Daerah Tunggak Kaki Yang Diberi Lingkaran Merah	20
Gambar 2.8. Contoh Form Lead In Pada Percobaan Pertama	20
Gambar 2.9. Penjelasan Gerakan Strategy Pra Toolpath Vertical Arc (A) Dan Horisontal Arc (B)	21
Gambar 2. 10 Bentuk Draw Leads And Links Jenis Vertical Arc Pada Simulasi	22
Gambar 2.11. Bentuk Draw Leads And Links Jenis Horizontal Arc Pada Simulasi	22
Gambar 2.12. Draw Leads And Links Jenis Straight Pada Simulasi	23
Gambar 2.13. Draw Leads And Links Jenis Surface Normal Arc Pada Simulasi	23
Gambar 2.14. Kekasaran, Gelombang, Kesalahan Bentuk Permukaan	24
Gambar 2.15. Profil Suatu Permukaan	25
Gambar 2.16. Kedalaman Total Dan Kedalaman Perataan	26
Gambar 3.1. Flowchart Penelitian	39
Gambar 4.1. Layout Laboratorium Proses Produksi Fti Uajy	40
Gambar 4.2. Raw Material Eva Rubber Foam	41
Gambar 4.3. Spesifikasi Cutter End Mill	44
Gambar 4.4. Spesifikasi Cutter Ball Nose Ø6	44
Gambar 4.5. Design 3d Cad Dengan Software Powershape	45
Gambar 5.1. Angka 1 – 6 Merupakan Titik –Titik Pengukuran Kekasaran Permukaan	51
Gambar 5.2. Kurva Normal Untuk P-Plot Insole 1	52
Gambar 5.3. Kurva Normal Untuk P-Plot Insole 2	53
Gambar 5. 4 Kurva Normal Untuk P-Plot Insole 3	53
Gambar 5.5. Kurva Normal Untuk P-Plot Insole 4	54
Gambar 5.6. Kurva Normal Untuk P-Plot Insole 5	54
Gambar 5.7. Kurva Normal Untuk P-Plot Insole 6	55



Gambar 5.8. Kurva Normal Untuk P-Plot Insole 7	55
Gambar 5.9. Kurva Normal Untuk P-Plot Insole 8	56
Gambar 5.10. Langkah Memilih Fit General Linear Model	57
Gambar 5.11. Tampilan Form Fit General Linear Model	57
Gambar 5.12. Langkah Memilih Respon Optimizer	58
Gambar 5.13. Tampilan Form Respon Optimizer	59
Gambar 5.14. Hasil Perhitungan Respon Optimizer Untuk Tm Machining Real	59
Gambar 5.15. Hasil Perhitungan Respon Optimizer Untuk Tm Machining Simulasi Powershape	61
Gambar 5.16. Hasil Perhitungan Respon Optimizer Untuk Rata-Rata Ra	62
Gambar 5.17. Tampilan Pada Software Powermill 2016	68
Gambar 5.18. Tampilan Cutter Endmill Ø6 (A) Dan Ballnose Ø6 (B)	68
Gambar 5.19. Langkah Pengaturan Toolpath Proses Roughing Pada Percobaan Pertama	71
Gambar 5.20. Hasil Pembuatan Strategi Proses Roughing	72
Gambar 5.21. Urutan Proses Roughing Saat Simulasi	72
Gambar 5.22. Hasil Simulasi Akhir Proses Roughing	73
Gambar 5.23. Pengaturan Toolpath Strategy Finishing Pada Percobaan 1	74
Gambar 5.24. Jalur Pemakanan Proses Finishing Pada Percobaan 1	75
Gambar 5.25. Urutan Proses Finishing Saat Simulasi	75
Gambar 5.26. Hasil Akhir Simulasi Proses Finishing Pada Percobaan 1	76
Gambar 5.27. Urutan Gerakan Leads And Links Saat Proses Simulasi	79
Gambar 5.28. Contoh 1 Arah Gerakan Lead And Link Saat Proses Machining	80
Gambar 5.29. Contoh 2 Arah Gerakan Lead And Link Saat Proses Machining	81

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Data Tooling	12
Tabel 2.2. Toleransi Harga Kekasaran Rata-Rata Ra	26
Tabel 2.3. Standar Orthogonal Array	29
Tabel 4.1. Eva Rubber Foam Chemical Composition	41
Tabel 4.2. Spesifikasi Mesin Cnc Roland Modela Mdx 40r	42
Tabel 4.3. Lanjutan Tabel	43
Tabel 4.4. Model 3d Cam Dan Hasil Machining	45
Tabel 4.5. Parameter Kondisi Pemotongan	46
Tabel 4.6. Rancangan Eksperimen $L_8 4 \times 2^4$	47
Tabel 5.1. Daftar Pertanyaan Brainstorming	48
Tabel 5.2. Ringkasan Jawaban Brainstorming	48
Tabel 5.3. Lanjutan Tabel	49
Tabel 5.4. Hasil Anova	58
Tabel 5.5. Perbandingan Hasil Respon Optimizer Dan Hasil Eksperimen Untuk Tm Machining Real	60
Tabel 5.6. Perbandingan Hasil Respon Optimizer Dan Hasil Eksperimen Untuk Tm Machining Simulasi	61
Tabel 5.7. Perbandingan Hasil Respon Optimizer Dan Hasil Eksperimen Untuk Ra	63
Tabel 5.8. Tabel Hasi Kuadrat Tiap Respon	64
Tabel 5.9. Tabel Rata-Rata Setiap Faktor Dan Level	64
Tabel 5.10. Ringkasan Hasil Perhitungan	66
Tabel 5.11. Confidence Interval Untuk Tiap Faktor Dan Level	67
Tabel 5.12. Perbandingan Hasil Proses Simulasi Dengan Proses Machining Insole Shoe Orthotic 1	77
Tabel 5.13. Lanjutan Tabel	78

## INTISARI

Globalisasi saat ini menuntut pencapaian hasil yang maksimal dengan menggunakan mesin terotomasi seperti mesin CNC Roland Modela MDX-40. Mesin ini dapat mengolah material yang tidak terlalu keras seperti EVA *Rubber Foam*, yang merupakan salah satu bahan pembuatan *Insole Shoe orthotic*.

Banyak peneliti yang telah melakukan penelitian tentang pembuatan *Insole Shoe Orthotic* menggunakan EVA *Rubber Foam*. Tetapi dalam penelitian yang menjadi dasar teori, keempat penelitian tersebut sudah dapat menghasilkan produk *insole shoe orthotic* sesuai dengan permintaan *customer* dari sisi kehalusan permukaan (Ra) dan waktu pengerjaan yang berkisar 4-6 jam, namun hal ini masih dapat dioptimalkan lagi dengan memanfaatkan pemakaian *strategy pra toolpath leads and links* pada proses optimasi manufaktur sehingga waktu pengerjaan yang diharapkan bisa berkurang sampai 30%. *Strategy pra toolpath leads and links* merupakan salah satu *strategy* yang dapat diatur saat membuat proses simulasi dengan *software CAM* yang memiliki manfaat untuk mengatur gerakan *cutter* saat akan mendekati benda kerja dan meninggalkan benda kerja serta meminimalkan *time machining insole shoe orthotic*.

Metode yang digunakan dimulai dari pembuatan *orthogonal array* dengan *Taguchi method*. Faktor yang diduga memengaruhi hasil adalah *strategy pra toolpath, toolpath, spindle speed, feedrate* dan *step over*. Dilanjutkan dengan membuat simulasi dengan *software CAM*, dengan *design* awal 3D CAD. Setelah didapatkan model CAM maka dilanjutkan dengan proses simulasi serta eksperimen dengan mesin CNC Roland Modela MDX-40.

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa yang memiliki *time machining* paling minimal bisa didapatkan dengan menggunakan faktor yaitu *leads and links* dengan jenis *horizontal arc, toolpath* dengan jenis *raster45<sup>o</sup>*, *spindle speed* bernilai 14000, *stepover* bernilai 0,30, dan *feedrate* bernilai 1000. Untuk faktor yang paling optimal dalam mendapatkan kekasaran permukaan adalah *leads and links* berjenis *straight, toolpath* berjenis *step and shallow, spindle speed* bernilai 14000, *feedrate* bernilai 1000, dan *stepover* yang bernilai 0,25.

Kata kunci: CNC Roland Modela MDX-40, *time machining, strategy pra toolpath leads and links, Taguchi method, EVA Rubber Foam*