

Proses Manufaktur *Outsole Shoe Orthotic* dengan Teknologi *Subtractive Manufacturing*

TUGAS AKHIR

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



Jati Wibowo

13 06 07354

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
2018**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul

Proses Manufaktur *Outsole Shoe Orthotic* dengan Teknologi *Subtractive Manufacturing*

yang disusun oleh

Jati Wibowo

13 06 07354

dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 9 Januari 2018

Dosen Pembimbing I

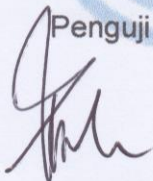

A. Tonny Yuniarto, S.T., M. Eng.

Tim Penguji,

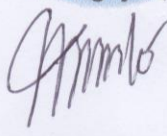
Penguji 1,


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, 9 Januari 2018

Universitas Atma Jaya Yogyakarta,

Fakultas Teknologi Industri,

Dekan,


Dr. A. Teguh Siswanto, M. Sc.

PERNYATAAN ORIGINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Jati Wibowo

NPM : 13 06 07354

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya dengan judul "Proses Manufaktur *Outsole Shoe Orthotic* dengan *Teknologi Subtractive Manufacturing*" merupakan hasil penelitian saya semester genap Tahun Akademik 2017/2018 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, 2 Januari 2018

Yang menyatakan,



Jati Wibowo

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan 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. Keluarga penulis atas kritik, saran, arahan, bimbingan, dan dorongan yang diberikan.
2. Bapak Dr. A. Teguh Siswanto sebagai Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta,
3. Bapak V. Ariyono, S.T., M.T selaku Kepala Program Studi Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta
4. Bapak Paulus Wisnu Anggoro, S.T., M.T., atas kesediaannya menjadi pembimbing informal yang selama ini selalu memberikan arahan, pandangan, informasi, kritik, dan saran yang membangun dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Tonny Yuniarto, S.T., M.Eng sebagai pembimbing yang selalu memberikan arahan, pandangan, informasi, kritik, dan saran yang membangun dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dan kepala Laboratorium Proses Produksi Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah menyediakan fasilitas.
6. Prof. Dr. Ret, A Prihantoro Bayuseno, M.Sc. yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan masukan ide dalam penulisan skripsi ini serta bersedia menerima penulis sebagai anggota team riset CAREMSystem on ISOp_DM.
7. Dr. Jamari, ST., MT. yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan masukan ide dalam penulisan skripsi ini serta bersedia menerima penulis sebagai anggota team riset CAREMSystem on ISOp_DM.

8. Bapak K. Budi Purwanto selaku laboran di laboratorium proses produksi yang selalu memberikan arahan dan informasi yang membangun dalam pengerjaan tugas akhir ini.
9. PT. Delcam Indonesia telah selaku *main supplier* software CAD-CAM yang telah menyediakan software PowerShape 2016 dan PowerMill2016 untuk proses penelitian ini.
10. CV. TA Machineery selaku *supplier cutting tools* yang telah menyediakan *cutting tools* dan *maintenance CNC* dalam penelitian ini.
11. Teman- teman penulis dan keluarga besar peminatan 1 yang telah membantu memberikan dorongan semangat dan masukannya.

Penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan ilmu dan pengalaman yang dimiliki penulis. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan dari semua pihak. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pihak yang memerlukan.

Yogyakarta, 2 Januari 2018

Jati Wibowo

DAFTAR ISI

BAB	HALAMAN JUDUL.....	i
	HALAMAN PENGESAHAN	ii
	PERNYATAAN ORIGINALITAS.....	iii
	KATA PENGANTAR.....	iii
	DAFTAR ISI	v
	DAFTAR GAMBAR.....	vii
	DAFTAR TABEL	xi
	DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
	INTISARI.....	xiii
1	PENDAHULUAN.....	1
	1.1 Latar Belakang	1
	1.2 Rumusan Masalah.....	4
	1.3 Tujuan Penelitian.....	4
	1.4 Batasan Masalah.....	4
2	TINJAUAN PUSTAKA	6
	2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
	2.2 Penelitian Sekarang	7
	2.3 Dasar Teori.....	11
3	METODOLOGI PENELITIAN.....	27
	3.1 Studi Pendahuluan	27
	3.2 Identifikasi Masalah	27
	3.3 Studi Pustaka.....	27
	3.4 Pengambilan Data.....	28

3.5 Verifikasi	28
3.6 Parameter Desain.....	29
3.7 Proses pemesinan outsole.....	29
4 DATA	32
4.1. Data <i>3D Orthotic Insole</i> Optimal	32
4.2. Profil <i>3D Orthotic Outsole</i>	33
4.3. CNC YCM EV1020A.....	34
4.4. Laboratorium Proses Produksi.....	37
4.5. Data Material <i>Polyurethane</i>	38
4.6. <i>Cutting Tools</i>	41
4.7. Tahapan proses 3D CAD Outsole.....	43
4.8. Tahapan Proses CAM Outsole	45
4.9. Tahapan Proses <i>Machining Outsole</i>	50
5 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN.....	52
5.1. Analisis Pembuatan <i>3D Orthotic Insole</i>	52
5.2. Analisis Pembuatan <i>3D Outsole Orthotic</i>	52
5.3. Analisis CAM dengan PowerMill 2016	56
5.4. Analisis <i>Machining CNC</i>	73
6 KESIMPULAN.....	77
SARAN.....	78
DAFTAR PUSTAKA	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Desain <i>rocker arm</i> (chapman, dkk 2013).....	2
Gambar 2.1. <i>Flat Feet</i>	10
Gambar 2.2. <i>Hallux Vagus</i>	10
Gambar 2.3. <i>Waffle Tread</i>	11
Gambar 2.4. <i>Waffle fill Tread</i>	12
Gambar 2.5. <i>Herringbone Tread</i>	12
Gambar 2.6. <i>Hybrid Tread</i>	12
Gambar 2.7. <i>Texturized Tread</i>	12
Gambar 2.8. Perbedaan distribusi tekanan antara sepatu biasa (kiri) dengan <i>orthotic</i> (kanan)	13
Gambar 2.9. <i>Foam Box Kaki</i>	14
Gambar 2.12 Diagram <i>Durability of shoe</i>	15
Gambar 2.10. <i>User Interface PowerSHAPE 2016</i>	15
Gambar 2.14. Layar utama <i>PowerMILL 2016</i>	17
Gambar 2.15 Tampilan <i>Block Form</i>	19
Gambar 2.16 Tampilan <i>Rapid Move Heights</i>	20
Gambar 2.17 Tampilan <i>Leads and Links</i>	20
Gambar 2.18 Tampilan <i>Start and End Point</i>	21
Gambar 2.19 Tampilan <i>Feeds and Speeds</i>	21
Gambar 2.20 Tampilan <i>Toolpath Verification</i>	23
Gambar 3.1. <i>Flowchart</i> Penelitian	28
Gambar 4.1. 3D CAD model <i>insole</i> : pasien 2	29
Gambar 4.2. Keterangan Dimensi 3D CAD <i>Orthotic Insole</i>	29
Gambar 4.3. 3D CAD <i>Orthotic Outsole</i> pasien 2 untuk kaki kanan	30
Gambar 4.4. 3D CAD <i>Orthotic Outsole</i> pasien 2 untuk kaki kiri	31

Gambar 4.5. Mesin CNC YCM EV1020A	32
Gambar 4.6. Spesifikasi mesin CNC YCM EV1020A	33
Gambar 4.8. Denah Laboratorium Proses Produksi	35
Gambar 4.9 Material PU	36
Gambar 4.10 Perlakuan material PU saat proses <i>roughing</i>	37
Gambar 4.11 Perlakuan material PU saat proses <i>Finishing</i>	37
Gambar 4.12 Bentuk <i>chip's</i> atau tatal material PU hasil <i>machining</i> CNC	38
Gambar 4.13. Spesifikasi <i>cutting tools</i> EndMill	39
Gambar 4.14. Spesifikasi <i>cutting tools</i> Ballnose	40
Gambar 4.15. Posisi benda dan material wrapping	41
Gambar 4.16 Model 3D CAD <i>outsole wrapping</i>	41
Gambar 4.17. Model 3D CAD <i>skeleton outsole</i>	42
Gambar 4.18. Proses CAM <i>machining outsole</i> bagian atas kiri	43
Gambar 4.19 Proses CAM <i>machining outsole</i> bagian bawah kiri	43
Gambar 4.20. Proses CAM <i>machining outsole</i> bagian atas kanan	44
Gambar 4.21. Proses CAM <i>machining outsole</i> bagian bawah kanan	44
Gambar 4.22. Proses <i>machining outsole</i> bagian atas	47
Gambar 4.23. Proses <i>machining outsole</i> bagian bawah	47
Gambar 4.24. Hasil proses <i>machining outsole</i> pasien 2	48
Gambar 5.1. Kaki dan <i>Insole</i> Kiri (atas) dan Kanan (bawah)	49
Gambar 5.2 Alur proses 3D CAD <i>Outsole</i> (a)	50
Gambar 5.3 Alur proses 3D CAD <i>Outsole</i> (b)	51
Gambar 5.4 Alur proses 3D CAD <i>Outsole</i> (c)	51
Gambar 5.5 3D model CAD <i>skeleton</i> pasien dua	52
Gambar 5.6 Alur proses CAM <i>Outsole</i>	52
Gambar 5.7 <i>Draw cutting move</i> dan <i>leads and links</i> bagian atas.....	54

Gambar 5.8 Alur <i>draw cutting moves</i> dan <i>leads and links</i> bagian atas	54
Gambar 5.9 Alur pergerakan cutter bagian atas	55
Gambar 5.10 Statistik <i>Toolpath Optimised Constant Z Finishing</i> bagian atas ..	55
Gambar 5.11 <i>Draw cutting move</i> dan <i>leads and links</i> bagian bawah	55
Gambar 5.12 Alur <i>draw cutting moves</i> dan <i>leads and links</i> bagian bawah	56
Gambar 5.13 Alur pergerakan cutter bagian bawah	56
Gambar 5.14 Statistik <i>Toolpath Optimised Constant Z F</i> bagian bawah	56
Gambar 5.15 <i>Draw cutting move</i> dan <i>leads and links</i> bagian atas	58
Gambar 5.16 Alur <i>draw cutting moves</i> dan <i>leads and links</i> bagian atas.....	58
Gambar 5.17 Alur pergerakan cutter bagian atas	58
Gambar 5.18 Statistik <i>Toolpath Raster Finishing</i> bagian atas	59
Gambar 5.19 <i>Draw cutting move</i> dan <i>leads and links</i> bagian bawah	59
Gambar 5.20 Alur <i>draw cutting moves</i> dan <i>leads and links</i> bagian bawah	60
Gambar 5.21 Alur pergerakan cutter bagian bawah	60
Gambar 5.22 Statistik <i>Toolpath Raster Finishing</i> bagian bawah.....	61
Gambar 5.23 <i>Draw cutting move</i> dan <i>leads and links</i> bagian atas.....	62
Gambar 5.26 Statistik <i>Toolpath Steep and Shallow F</i> bagian atas <i>raw cutting move</i> dan <i>leads and links</i> bagian atas	62
Gambar 5.24 Alur <i>draw cutting moves</i> dan <i>leads and links</i> bagian atas	63
Gambar 5.25 Alur pergerakan cutter bagian atas	63
Gambar 5.26 Statistik <i>Toolpath Steep and Shallow Finishing</i> bagian atas	64
Gambar 5.27 <i>Draw cutting move</i> dan <i>leads and links</i> bagian bawah	64
Gambar 5.28 Alur <i>draw cutting moves</i> dan <i>leads and links</i> bagian bawah	65
Gambar 5.29 Alur pergerakan cutter bagian atas	65
Gambar 5.30 Statistik <i>Toolpath Steep and Shallow Finishing</i> bagian bawah ..	66
Gambar 5.31 Pengukuran nilai <i>Ra Outsole</i>	69

Gambar 5.32 Produk <i>outsole</i> after CNC plus skeleton	71
Gambar 5.33 Produk <i>outsole</i> after cutting	72
Gambar 5.34 Assymbly <i>insole</i> + <i>outsole</i>	72



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang	7
Tabel 4.1. Dimensi <i>3D Orthotic Insole</i>	30
Tabel 4.2. Dimensi 3D CAD Outsole	31
Tabel 4.3. Spesifikasi Mesin CNC YCM EV1020A	33
Tabel 4.4 Sifat-sifat Fisik dan Kimia dari Material PU	36
Tabel. 5.1 <i>Cutting parameter optimal</i>	53
Tabel 5.2 Optimasi <i>outsole shoe orthotic</i> bagian kiri berdasarkan simulasi PowerMill 2016.	67
Tabel 5.3 Optimasi <i>outsole shoe orthotic</i> bagian kanan berdasarkan simulasi PowerMill 2016.	68

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 NC-Code <i>Outsole</i> Bagian Kiri atas	80
LAMPIRAN 2 NC-Code <i>Outsole</i> Bagian Kiri bawah	81
LAMPIRAN 3 NC-Code <i>Outsole</i> Bagian kanan atas.....	82
LAMPIRAN 4 NC-Code <i>Outsole</i> Bagian kanan bawah.....	83



INTISARI

Penelitian ini dilakukan untuk menjawab kendala peneliti sebelumnya dimana *customer* mengalami kesulitan saat menggunakan *insole* pada sepatu. Hal ini terjadi karena *outsole* di pasaran tidak sesuai dengan bentuk *insole shoe orthotic* yang dirancang. Kebanyakan *outsole* di pasaran merupakan produk *compression molding* dengan desain standar dan diproduksi masal. Oleh karena itu, teknologi *Computer Aided Reverse Engineering System* (CARESystem) diaplikasikan pada penelitian ini untuk mendesain *customize outsole shoe orthotic* yang sesuai dengan bentuk *insole*.

Metode *Curve Base Surface Modeling* digunakan untuk pembuatan 3D CAD *outsole* berbasis 3D *insole* dan sudut *rocker arm* sebesar 15° sesuai penelitian sebelumnya. *ArtCam 14* digunakan untuk membuat *model treat outsole* bagian bawah. Material *Polyurethane* (PU) ditetapkan sebagai material *outsole*. Proses *manufacturing* dalam penelitian ini menggunakan metode *subtractive manufacturing* pada mesin *milling* CNC. Untuk mendapatkan produk *outsole* akan dilakukan optimasi *Computer Aided Manufacturing* (CAM) *PowerMill 2016* sampai diperoleh *toolpath strategy* yang optimal.

Penelitian ini berhasil mendapatkan 3D model CAD dan produk *Outsole Shoe Orthotic custom* untuk pasien diabetes dengan skala resiko tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *steep and shallow finishing* merupakan *toolpath strategy* yang optimal untuk membuat *outsole* berbahan PU pada mesin CNC YCM EV1020A. *Strategy* ini diatur pada kondisi *spindel speed* 6500 rpm, *stepover* 0.37 mm, *feed rate* 1200 mm/min. Sedangkan waktu permesinan produk *outsole* sesuai simulasi *PowerMill 2016* adalah sebesar 55 menit 12 detik pada bagian atas, dan 1 jam 19 menit 10 detik pada bagian bawah.

Kata Kunci : *Outsole Shoe Orthotic*, *Polyuretan*, *Computer Aided Manufacturing* (CAM), CNC YCM EV1020A