

**APLIKASI *COMPUTER AIDED REVERSE ENGINEERING*
SYSTEM (CARE SYSTEM) PADA PRODUK *ORTHOTIC*
OUTSOLE UNTUK KASUS KELAINAN KAKI**

TUGAS AKHIR

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



MARIA AVELLINA MARCELLINE SANTOSA

13 06 07254

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

2017

HALAMAN PENGESAHAN

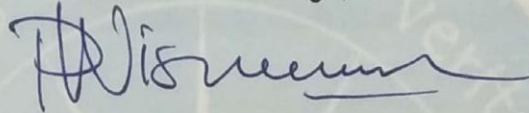
Tugas Akhir berjudul
Aplikasi *Computer Aided Reverse Engineering System (CARE System)*
pada Produk *Orthotic Outsole* untuk Kasus Kelainan Kaki

yang disusun oleh
Maria Avellina Marcelline Santosa

13 06 07254

dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 24 Januari 2017

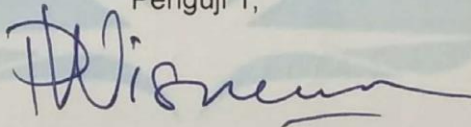
Dosen Pembimbing I,



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

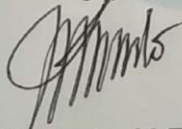
Tim Penguji,

Penguji 1,



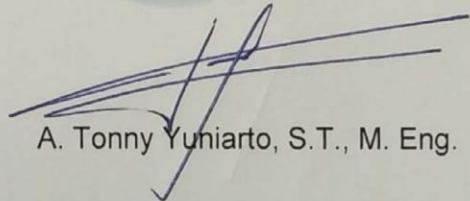
Paulus Wisnu Anggoro., S.T., M.T.

Penguji 2,



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

Penguji 3,



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

Yogyakarta, 24 Januari 2017

Universitas Atma Jaya Yogyakarta,

Fakultas Teknologi Industri,

Dekan,


UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Dr. A. Teguh Siswanto, M. Sc.

PERNYATAAN ORIGINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Maria Avellina Marcelline Santosa

NPM : 13 06 07254

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya dengan judul "Aplikasi *Computer Aided Reverse Engineering System (CARE System)* pada Produk *Orhotic Outsole* untuk Kasus Kelainan Kaki" merupakan hasil penelitian saya semester ganjil 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 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 Januari 2017

Yang menyatakan,



Maria Avellina Marcelline Santosa

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 kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa berkat rahmat dan penyertaan-Nya sehingga tugas kahir ini dapat diselesaikan dengan baik tepat pada waktunya.
2. Ir. J.F. Soandrijanie Linggo, M.T. yang telah memberikan kritik, saran, masukan, dan semangat dalam pengerjaan tugas akhir ini.
3. Keluarga penulis atas kritik, saran, arahan, bimbingan, dan dorongan yang diberikan.
4. Bapak Dr. A. Teguh Siswanto sebagai Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta,
5. Bapak V. Ariyono, S.T., M.T selaku Kepala Program Studi Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta
6. Bapak Paulus Wisnu Anggoro, S.T., M.T., atas kesediaannya menjadi pembimbing penulis dan memberikan arahan, pandangan, informasi, kritik, dan saran yang membangun dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
7. Bapak Tonny Yuniarto, S.T., M.Eng sebagai Kepala Laboratorium Proses Produksi Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah menyediakan fasilitas baik berupa perangkat keras maupun perangkat lunak.
8. PT Tirtamarta Wisesa Abadi yang telah membantu penulis dalam melakukan *3D scanning* kaki dan *3D printing orthotic outsole* serta memberikan kesempatan magang kerja sehingga penulis mendapatkan ilmu dan pengalaman lebih pada bidang CAD/ CAM.
9. Keluarga besar asisten dosen peminatan 1 yang telah membantu memberikan pengalaman, dorongan semangat, dan masukan.
10. Teman- teman penulis
11. Dan masih banyak pihak yang tidak dapat disebutkan semuanya.

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, 24 Januari 2017

Maria Avellina Marcelline Santosa



DAFTAR SI

BAB	JUDUL	
	HALAMAN JUDUL	i
	HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
	PERNYATAAN ORIGINALITAS	Error! Bookmark not defined.
	KATA PENGANTAR	iii
	DAFTAR GAMBAR	vii
	DAFTAR TABEL	x
1	PENDAHULUAN	1
	1.1. Latar Belakang	1
	1.2. Perumusan Masalah	3
	1.3. Tujuan Penelitian	3
	1.4. Batasan Penelitian	3
2	TINJAUAN PUSTAKA	5
	2.1. Tinjauan Pustaka	5
	2.2. Dasar Teori	9
3	METODOLOGI PENELITIAN	26
	3.1. Studi Pendahuluan	26
	3.2. Identifikasi Masalah	26
	3.3. Studi Pustaka	27
	3.4. Pengambilan Data (<i>3D Scanned Foot</i>)	28
	3.5. <i>Reverse Engineering</i>	29
	3.6. Verifikasi Hasil <i>Reverse Engineering</i>	29
	3.7. Pengambilan Data (<i>Orthotic Insole</i>)	30
	3.8. Pembuatan 3D CAD <i>Orthotic Outsole</i>	30
	3.9. Verifikasi 3D CAD <i>Outsole</i>	31
	3.10. Proses Manufaktur Produk	32
	3.11. Analisis Data	32
	3.12. Penarikan Kesimpulan	32

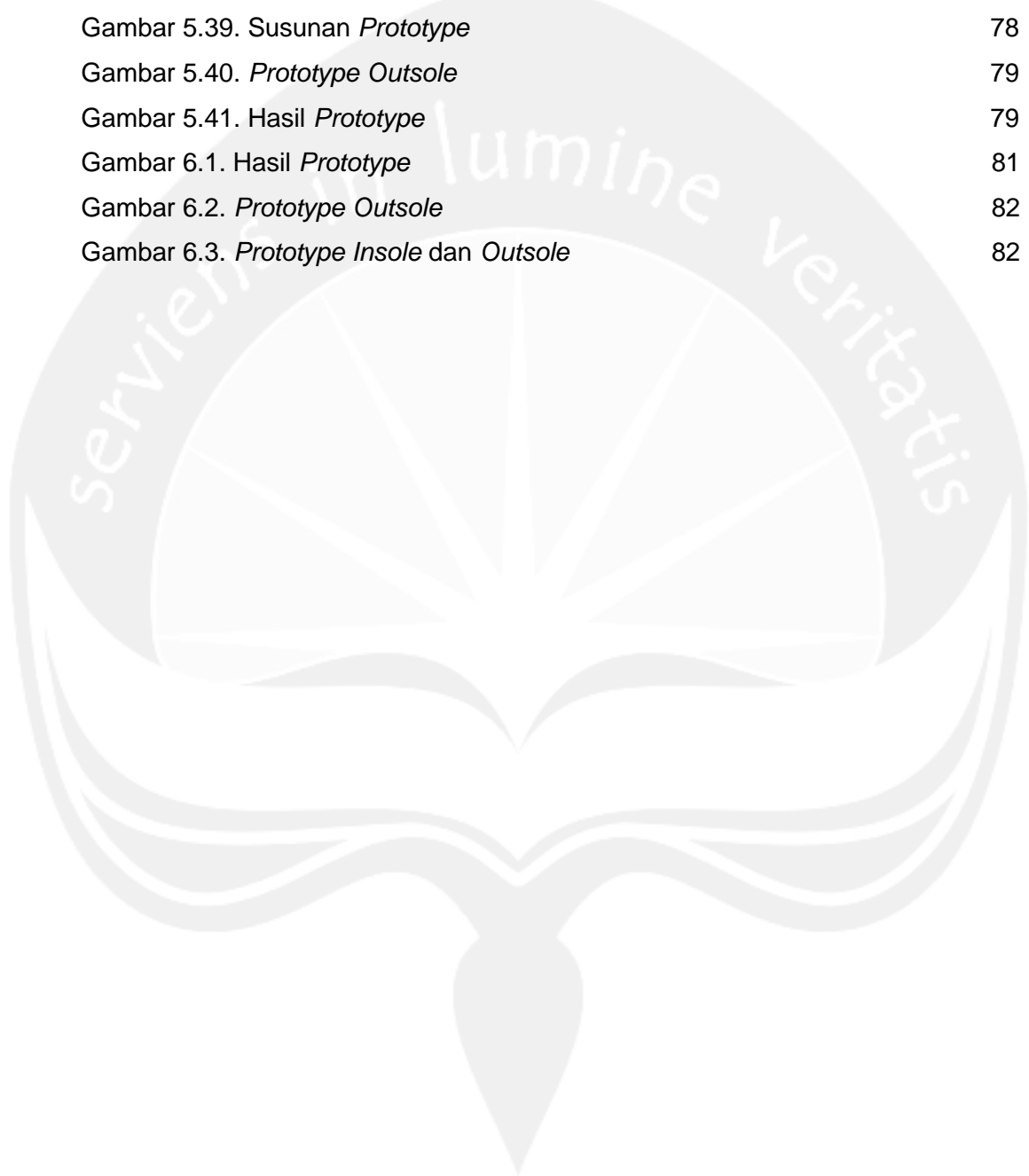
4	DATA	34
	4.1. Data Profil Kaki Pasien	34
	4.2. Data Perangkat Keras dan Perangkat Lunak yang Digunakan	36
	4.3. Laboratorium Proses Produksi	39
	4.4. Profil PT. Tirtamarta Wisesa Abadi	40
	4.5. <i>3D Mesh STL</i> Kaki	40
	4.6. Hasil <i>Reverse Engineering</i>	42
	4.7. Hasil Analisis dan Laporan <i>Color Mapping</i>	43
	4.8. Data <i>3D Orthotic Insole</i> Optimal	46
	4.9. Profil <i>3D Orthotic Outsole</i>	47
	4.10. Data Mesin <i>3D Printing</i> dan Material	49
5	ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	51
	5.1. Analisis Profil Kaki	51
	5.2. Analisis <i>3D Mesh Foot</i>	52
	5.3. Analisis Perangkat Lunak	53
	5.4. Analisis Proses <i>Reverse Engineering</i>	55
	5.5. Analisis <i>Color Mapping</i>	59
	5.6. Analisis <i>3D Orthotic Insole</i> Optimal	63
	5.7. Analisis Pembuatan <i>3D Orthotic Outsole</i>	64
	5.8. Analisis Dimensi <i>3D CAD Orthotic Outsole</i> terhadap <i>3D CAD Insole</i>	75
	5.9. Analisis <i>Prototype</i>	76
	5.10. Analisis Waktu dan Biaya Pembuatan <i>Prototype</i>	79
6	KESIMPULAN	81
	6.1. Kesimpulan	81
	6.2. Saran	82
	DAFTAR PUSTAKA	83
	LAMPIRAN	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. <i>Flat Feet</i>	10
Gambar 2.2. <i>Hallux Vagus</i>	11
Gambar 2.3. Jenis Jenis <i>Rocker Sole</i>	12
Gambar 2.4. Parameter <i>Rocker Sole</i>	13
Gambar 2.5. <i>Waffle Tread</i>	13
Gambar 2.6. <i>Waffle fill Tread</i>	14
Gambar 2.7. <i>Herringbone Tread</i>	14
Gambar 2.8. <i>Hybrid Tread</i>	14
Gambar 2.9. <i>Texturized Tread</i>	14
Gambar 2.10. Perbedaan distribusi tekanan antara sepatu biasa (kiri) dengan orthosis (kanan)	15
Gambar 2.11. <i>Foam Box Kaki</i>	16
Gambar 2.12. Handy SCAN 700	17
Gambar 2.13. <i>User Interface PowerSHAPE 2016</i>	18
Gambar 2.14. Tampilan Geomagic	19
Gambar 2.15. Tampilan ARTCAM 2015	20
Gambar 2.16. Netfabb 2017	20
Gambar 2.17. Warna dalam <i>Color Mapping</i>	22
Gambar 2.18. Contoh <i>color mapping</i>	23
Gambar 2.19. Mesin EDEN 350 V dan Spesifikasi	24
Gambar 2.20. Spesifikasi Material <i>Verowhite</i>	25
Gambar 3.1. <i>Ball of Foot</i>	29
Gambar 3.2. Kontur Dasar	32
Gambar 3.3. Metodologi Penelitian	33
Gambar 4.1. Spesifikasi PC Rekomendasi Delcam	36
Gambar 4.2. Spesifikasi PC Rekomendasi Geomagic	36
Gambar 4.3. Spesifikasi PC Minimum ArtCAM 2015	37
Gambar 4.4. Spesifikasi Laptop	37
Gambar 4.5. HandySCAN 700	39
Gambar 4.6. Spesifikasi HandySCAN 700	38
Gambar 4.7. Denah Laboratorium Proses Produksi	39
Gambar 4.8. Ruang Mesin PT. TWA	40
Gambar 4.9. Keterangan Dimensi <i>3D CAD Orthotic Insole</i>	47

Gambar 4.10. Dimensi <i>3D CAD Outsole</i>	49
Gambar 4.11. Mesin EDEN 350 V	50
Gambar 5.1. Kaki Pasien <i>Hallux Vagus</i>	51
Gambar 5.2. Kaki Pasien <i>Flat Feet</i>	52
Gambar 5.3. Pengaturan <i>Import Mesh</i> Geomagic	56
Gambar 5.4. Proses <i>Automatic Surfacing</i>	57
Gambar 5.5. Perbaikan <i>3D CAD Surface</i>	57
Gambar 5.6. <i>Color Mapping</i> Kaki 6 (Kiri)	58
Gambar 5.7. Hasil RE Kaki 6	58
Gambar 5.8. <i>Comparison Analysis</i>	59
Gambar 5.9. Pengaturan <i>Tools Default</i> PowerSHAPE 2016	60
Gambar 5.10. Laporan <i>Color Mapping</i>	60
Gambar 5.11. Perbandingan Hasil Pasien 2 (Kiri)	62
Gambar 5.12. Kaki dan <i>Insole</i> Kiri (atas) dan Kanan (bawah)	64
Gambar 5.13. Pembuatan Kurva	64
Gambar 5.14. Proses <i>Offset Kurva</i>	65
Gambar 5.15. <i>Solid Extrusion</i>	65
Gambar 5.16. Kurva Bagian Dalam	66
Gambar 5.17. Pengaturan <i>Solid Cut</i>	66
Gambar 5.18. Kotak Luar <i>Outsole</i>	67
Gambar 5.19. Pembuatan Grais	67
Gambar 5.20. Garis Pemotong	68
Gambar 5.21. Pembuatan Sudut Apeks	68
Gambar 5.22. <i>Solid Extrusion</i>	68
Gambar 5.23. Sudut Ayunan	69
Gambar 5.24. Pengaturan Radius	69
Gambar 5.25. Hasil Radius	70
Gambar 5.26. Pembuatan Ayunan Belakang	70
Gambar 5.27. Proses Pembuatan Bentuk Dasar <i>3D CAD Outsole</i>	71
Gambar 5.28. Hasil Desain ArtCAM	71
Gambar 5.29. <i>Wrap Wizard</i>	72
Gambar 5.30. <i>Plane</i> pada Fitur <i>Wrap</i>	73
Gambar 5.31. <i>Preview</i> Penempelan <i>Tread</i>	73
Gambar 5.32. Proses Penempelan <i>Outsole</i>	74
Gambar 5.33. Verifikasi Netfabb	74

Gambar 5.34. Optimalisasi Nettab	75
Gambar 5.35. Penyederhanaan 3D STL Kaki	77
Gambar 5.36. Susunan 3D Printing Kaki 2	77
Gambar 5.37. Susunan 3D Printing Insole Kaki 2	78
Gambar 5.38. Susunan 3D Printing Outsole Kaki 2	78
Gambar 5.39. Susunan Prototype	78
Gambar 5.40. Prototype Outsole	79
Gambar 5.41. Hasil Prototype	79
Gambar 6.1. Hasil Prototype	81
Gambar 6.2. Prototype Outsole	82
Gambar 6.3. Prototype Insole dan Outsole	82



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang	8
Tabel 4.1. Data Kaki Pasien	34
Tabel 4.2. <i>3D Mesh STL</i> Kaki	41
Tabel 4.3. Hasil RE	42
Tabel 4.4. Hasil Analisis <i>Color Mapping</i>	43
Tabel 4.5. Laporan <i>Color Mapping</i>	44
Tabel 4.6. <i>3D CAD Orthotic Insole</i>	46
Tabel 4.7. Dimensi <i>3D Orthotic Insole</i>	47
Tabel 4.8. <i>3D CAD Orthotic Outsole</i>	48
Tabel 4.9. Dimensi <i>3D CAD Outsole</i>	49
Tabel 4.10. Data Pembuatan <i>Prototype</i>	50
Tabel 5. 1. Hasil Analisis RE	63
Tabel 5.2. Ukuran Gap	76
Tabel 5.3. Waktu Pembuatan Produk	80
Tabel 5.4. Biaya Pembuatan <i>Prototype Outsole</i>	80
Tabel 5.5. Biaya Pembuatan <i>Prototype Outsole, Insole</i> dan Kaki	80

INTISARI

Manusia memiliki bentuk kaki yang berbeda-beda begitu pula alas kaki. Beberapa orang memiliki bentuk kaki yang berbeda dengan orang pada umumnya yang dikenal dengan kelainan bentuk kaki. Orang dengan kelainan bentuk kaki membutuhkan desain alas kaki khusus sesuai dengan kontur kaki masing-masing pengguna agar penyakit yang diderita tidak bertambah parah. Desain alas kaki ini dikenal dengan *orthotic shoe*.

Pembuatan *orthotic shoe* yang dilakukan menggunakan *foam box* membutuhkan waktu yang lama, biaya besar, proses pengerjaan ulang, dan terkadang hasil tidak sesuai. CAD dapat menjadi solusi bagi masalah ini. CAD mampu menghasilkan produk dalam waktu cepat dan memudahkan proses *editing* ulang.

CAD membutuhkan data dokumentasi digital yang tidak dimiliki kaki. Data digital dapat diperoleh menggunakan teknologi *3D scanner*. Data *output* dari *3D scanner* perlu diolah dengan metode *reverse engineering* terlebih dahulu agar dapat diolah dalam program CAD.

Penelitian terdahulu memiliki beberapa kekurangan. Penelitian yang dilakukan mengenai *customized orthotic shoe* masih sedikit terutama tentang *orthotic outsole*. Penelitian tentang RE tidak menerapkan proses verifikasi terhadap hasil RE. Input RE yang digunakan selama ini berupa *point cloud* yang membutuhkan waktu lama untuk diproses.

Pada penelitian ini *Computer Aided Reverse Engineering System* diterapkan untuk mendapatkan *prototype orthotic outsole*. Data hasil *3D scanning* yang digunakan adalah data *triangle mesh STL*. Proses verifikasi dilakukan menggunakan *comparison analysis* sebagai alat *color mapping* pada PowerSHAPE 2016. Hasil analisis menunjukkan bahwa hasil RE memiliki rata-rata penyimpangan di bawah 1 mm sehingga dapat diproses lebih lanjut.

Penelitian ini menghasilkan *prototype orthotic outsole* yang sudah terverifikasi. Produk yang dihasilkan dinyatakan sudah sesuai dengan kontur kaki pengguna. Hasil penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut hingga menjadi produk akhir berupa *orthotic outsole shoe*.

Kata kunci: *Reverse Engineering, Color Mapping, Orthotic, Foot Defomities, Outsole, CAD/CAM, Prototype*

