

**APLIKASI REVERSE INNOVATIVE DESIGN PADA PASIEN
DEFORMASI KAKI DALAM DESAIN ORTHOTIC INSOLE DAN
PAD**

TUGAS AKHIR

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



BERNARDUS VIBY ADRIANTO

18 16 10044

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

2021

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Berjudul

APLIKASI REVERSE INNOVATIVE DESIGN PADA PASIEN DEFORMASI KAKI
DALAM DESAIN ORTHOTIC INSOLE DAN PAD

yang disusun oleh

BERNARDUS VIBY ADRIANTO

181610044

dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 03 Februari 2021

		Keterangan
Dosen Pembimbing 1	: Dr. T. Paulus Wisnu Anggoro, S.T., MT.	Telah menyetujui
Dosen Pembimbing 2	: Dr. T. Paulus Wisnu Anggoro, S.T., MT.	Telah menyetujui
Tim Penguji		
Penguji 1	: Dr. T. Paulus Wisnu Anggoro, S.T., MT.	Telah menyetujui
Penguji 2	: Dr. T. Baju Bawono, ST., MT.	Telah menyetujui
Penguji 3	: Josef Hernawan Nudu, ST., MT	Telah menyetujui

Yogyakarta, 03 Februari 2021
Universitas Atma Jaya Yogyakarta
Fakultas Teknologi Industri Dekan

ttd

Dr. A. Teguh Siswanto, M.Sc

PERNYATAAN ORIGINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bernardus Viby Adrianto

NPM : 18 16 10044

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya dengan judul "*Aplikasi Reverse Innovative Design Pada Pasien Deformasi Kaki Dalam Desain Orthotic Insole dan Pad (3D CAD Surface Model)*" merupakan hasil penelitian saya pada Tahun Akademik 2020/2021 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, 27 Januari 2021

Yang menyatakan,



Bernardus Viby Adrianto

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, Pencipta Alam Semesta atas berkat dan kebaikan yang selalu diberikan pada penulis sehingga penulis dapat melakukan penelitian dan menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini dengan baik. Laporan tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan untuk mencapai derajat sarjana Teknik program ekstensi (S.T.) pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Penelitian dan penyusunan tugas akhir ini tidak didapatkan dengan kemampuan individu tetapi tidak luput dari bantuan berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada berbagai pihak yang terlibat dalam memberikan bantuan, masukan dan dorongan dalam pembuatan makalah ini :

1. Bapak Dr. A. Teguh Siswanto, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
2. Ibu Ririn Diar Astanti., S.T., M.MT., D.Eng., selaku Kepala Program Studi Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
3. Bapak Dr. Paulus Wisnu Anggoro, S.T., M.T. atas kesediaannya menjadi pembimbing selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
4. Segenap dosen dan karyawan Fakultas Teknologi Industri.
5. Kedua orang tua penulis, yang selalu memberi dukungan moral dan materi terhadap penulis, baik didalam maupun diluar lingkungan perkuliahan dari Politeknik ATMI Surakarta hingga di Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
6. Politeknik ATMI Surakarta, yang telah memberikan begitu banyak ilmu dan pengalaman yang dapat dipakai untuk melanjutkan studi ke jenjang S1.
7. PT. ATMI Duta Engineering, yang berjasa telah memberikan perijinan sebagai tempat dilakukannya penelitian oleh penulis
8. Teman - teman Politeknik ATMI Surakarta angkatan 48, yang telah membantu dalam memberikan berbagai informasi tentang makalah ini.
9. Teman - teman mahasiswa ATMIJAYA '18 (transfer S1 ATMI-UAJY) program studi Teknik Industri yang telah memberi dukungan moral dan bantuan dalam bentuk apapun kepada penulis untuk menyusun makalah ini.

10. Agatha Astri Nurastuti yang selalu memberikan dukungan dan semangat kepada penulis untuk dapat melanjutkan kuliah S1 dan penyelesaian dalam berbagai tugas dan makalah ini.

11. Dan berbagai pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembacanya, meskipun laporan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Penulis meminta maaf bila ada kesalahan dalam penulisan dan menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi perbaikan dan perkembangan karya tulis serupa. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, Tuhan Semesta Alam Memberkati. Berkah Dalem.

Yogyakarta, 27 Januari 2021



Bernardus Viby Adrianto



DAFTAR ISI

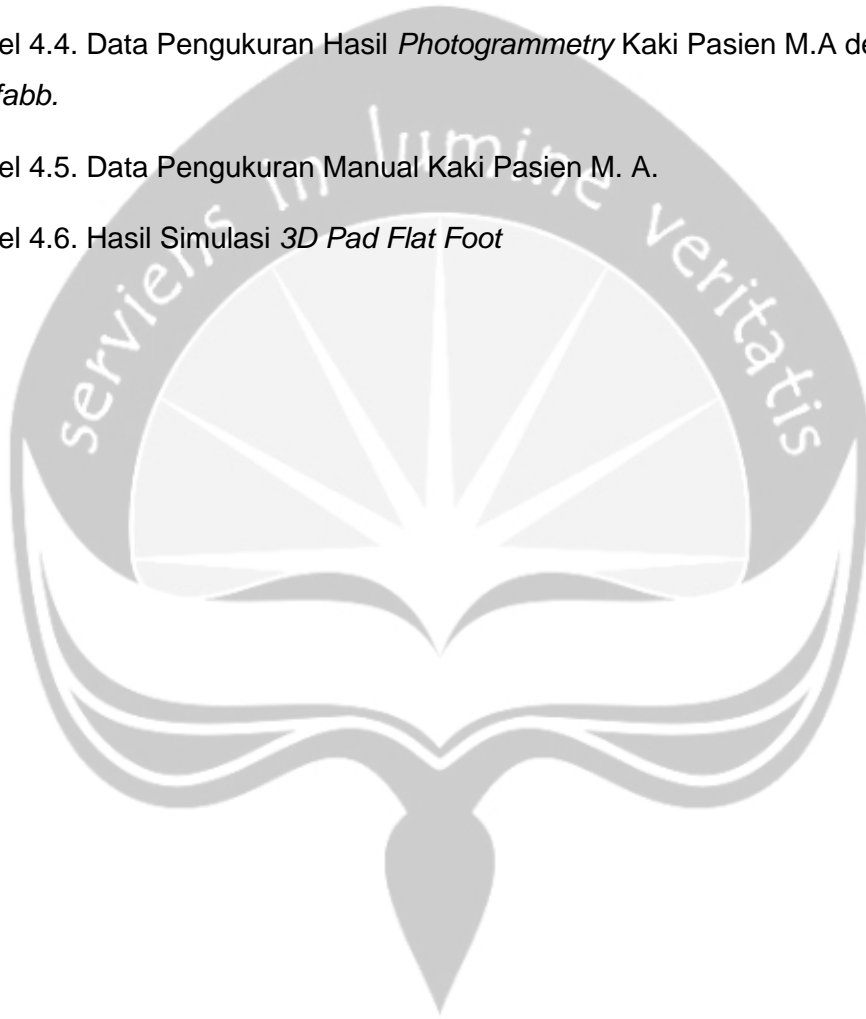
BAB	JUDUL	HAL
	Halaman Judul	i
	Halaman Pengesahan	ii
	Pernyataan Originalitas	v
	Kata Pengantar	iv
	Daftar Isi	v
	Daftar Tabel	vii
	Daftar Gambar	viii
	Daftar Lampiran	xii
1	PENDAHULUAN	1
	1.1. Latar Belakang	1
	1.2. Perumusan Masalah	4
	1.3. Tujuan Penelitian	4
	1.4. Batasan Masalah	4
2	TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	6
	2.1. Tinjauan Pustaka.	6
	2.2. Dasar Teori.	13
3	METODE PENELITIAN	26
	3.1. Data.	26
	3.2. Pengambilan Data.	26
	3.3. Alat dan Bahan.	26
	3.4. Metodologi Riset.	27
4	PROFIL DATA	31
	4.1. Data Pasien <i>Club Foot</i> .	31
	4.2. Verifikasi Data <i>Club Foot</i> .	32
	4.3. Desain <i>Insole Club Foot</i> dengan <i>Software Blender v.2.82.a</i> .	34

4.4.	Desain <i>Insole Club Foot</i> dengan <i>Software 3dsMax 2020</i> .	37
4.5.	Penentuan Variabel Simulasi 3D Model <i>Insole</i> .	40
4.6.	Proses Merubah <i>Surface Model Insole</i> Menjadi <i>Solid</i> .	40
4.7.	Simulasi <i>3D Model Insole</i> dengan <i>Solidworks 2018</i> .	41
4.8.	Data Pasien <i>Flat Foot</i> .	47
4.9.	Verifikasi <i>Data Flat Foot</i> .	48
4.10.	Desain <i>Pad Flat Foot</i> dengan <i>Software Blender v.2.82.a</i> .	49
4.11.	Desain <i>Pad Flat Foot</i> dengan <i>Software 3DsMax 2020</i> .	53
4.12.	Penentuan Variabel Simulasi <i>3D Model Pad</i> .	56
4.13.	Proses Merubah <i>Surface Model Pad</i> Menjadi <i>Solid</i> .	56
4.14.	Simulasi <i>3D Model Pad</i> dengan <i>Solidworks 2018</i> .	57
5	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	63
5.1.	Analisa 5M 2E 1I pada Metode <i>Curve-Based Surface Modeling</i> dalam Pembuatan Desain <i>Insole dan Pad</i> .	63
5.2.	Keunggulan Kompetitif.	65
5.3.	Analisa Proses Verifikasi Data.	65
5.4.	Analisa Desain <i>Insole dan Pad</i> dengan <i>Software Blender v2.82a</i> .	66
5.5.	Analisa Desain <i>Insole dan Pad</i> dengan <i>Software 3DsMax2020</i> .	67
5.6.	Analisa Penentuan Variabel Simulasi 3D Model <i>Insole dan Pad</i> .	69
5.7.	Analisa Proses Merubah <i>Surface Model Insole dan Pad</i> Menjadi <i>Solid</i> dengan <i>Software Solidworks 2018</i> .	69
5.8.	Analisa CAE <i>Insole dan Pad</i> dengan <i>Software Solidworks 2018</i> .	70
6	KESIMPULAN DAN SARAN	74
6.1.	Kesimpulan	74
6.2.	Saran	74
	DAFTAR PUSTAKA	75



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Data Pengukuran Hasil <i>Photogrammetry</i> Kaki Pasien P dengan <i>Netfabb</i> .	34
Tabel 4.2. Data Pengukuran Manual Kaki Pasien P.	35
Tabel 4.3. Hasil Simulasi 3D Insole <i>Club foot</i> .	47
Tabel 4.4. Data Pengukuran Hasil <i>Photogrammetry</i> Kaki Pasien M.A dengan <i>Netfabb</i> .	51
Tabel 4.5. Data Pengukuran Manual Kaki Pasien M. A.	51
Tabel 4.6. Hasil Simulasi 3D <i>Pad Flat Foot</i>	62



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Proses <i>Photogrammetric</i>	6
Gambar 2.2. Bentuk <i>Raw Point Data</i> Lengan Hasil <i>3D Scanning</i> .	7
Gambar 2.3. <i>Cast</i> Konvensional Kaki Pasien Pada Posisi Normal (Kiri) dan Modifikasi Dengan Penambahan Plastisin (Kanan).	9
Gambar 2.4. Hasil Manufaktur Sepatu dengan <i>Insole Orthosis</i> .	11
Gambar 2.5. Proses <i>Re-Modelling Joy Stick</i> dengan Metode <i>Curve-Based Modelling Strategy</i> .	14
Gambar 2.6. Klasifikasi <i>Photogrammetry</i> .	17
Gambar 2.7. Model Tangan Dalam Format STL Pada <i>Netfabb</i> .	19
Gambar 2.8. Tampilan Awal <i>3DMax 2020</i> .	20
Gambar 2.9. Tampilan Awal <i>Blender v.2.82a</i> .	21
Gambar 2.10. Contoh Tampilan Utama <i>Solidworks</i> .	22
Gambar 2.11. Interface <i>Solidworks</i> Pada Dokumen Baru.	23
Gambar 2.12. Contoh <i>Bezier Curve</i>	23
Gambar 2.13. Contoh <i>Orthotic Insole</i>	24
Gambar 2.14. Contoh <i>Orthotic Pad</i>	25
Gambar 3.1. <i>Flow Chart</i> Metodologi Penelitian	30
Gambar 4.1. Wujud Kaki kiri dan Kanan Pasien P.	32
Gambar 4.2. Titik Pengukuran Model Kaki Kanan Pasien P.	32
Gambar 4.3. Titik Pengukuran Model Kaki Kiri Pasien P.	33
Gambar 4.4. Langkah-Langkah Desain <i>Insole</i> Kiri dengan <i>Software Blender v.2.82.a</i>	37
Gambar 4.5. Langkah-Langkah Desain <i>Insole</i> Kanan dengan <i>Software Blender v.2.82.a</i>	38
Gambar 4.6. Langkah-Langkah Desain <i>Insole</i> Kiri dengan <i>Software 3DsMax 2020</i>	40

Gambar 4.7. Langkah-Langkah Desain <i>Insole</i> Kanan dengan <i>Software 3DsMax 2020</i>	41
Gambar 4.8. (a) Hasil 3D model Solid <i>Insole</i> dari <i>Software Blender v.2.82.a</i> dan (b) Hasil 3D Model Solid <i>Insole</i> dari <i>Software 3DsMax 2020</i> .	43
Gambar 4.9. Langkah Mengaktifkan <i>Solidworks Simulation Static</i>	44
Gambar 4.10. Langkah Mengaplikasikan <i>External Loads</i> Pada Bagian Dalam 3D Model <i>Insole</i> .	45
Gambar 4.11. Langkah Mengaplikasikan <i>Fixtures</i> Pada Bagian Bawah 3D Model <i>Insole</i>	46
Gambar 4.12. Kurva Tegangan Pada <i>Insole</i> Kiri Hasil <i>Software Blender v.2.82.a</i>	47
Gambar 4.13. Kurva Tegangan Pada <i>Insole</i> Kanan Hasil <i>Software Blender v.2.82.a</i>	48
Gambar 4.14. Kurva Tegangan Pada <i>Insole</i> Kiri Hasil <i>Software 3DsMax 2020</i> .	48
Gambar 4.15. Kurva Tegangan Pada <i>Insole</i> Kanan Hasil <i>Software 3DsMax 2020</i> .	49
Gambar 4.16. Wujud Kaki kiri dan Kanan Pasien M A.	49
Gambar 4.17. Titik Pengukuran Model Kaki Kanan Pasien M A.	50
Gambar 4.18. Titik Pengukuran Model Kaki Kiri Pasien M A.	50
Gambar 4.19. Langkah-Langkah Desain <i>pad</i> Kiri dengan <i>Software Blender v.2.82.a</i>	53
Gambar 4.20. Langkah-Langkah Desain <i>pad</i> Kanan dengan <i>Software Blender v.2.82.a</i>	54
Gambar 4.21. Langkah-Langkah Desain <i>Pad</i> Kanan dengan <i>Software 3DsMax 2020</i>	56
Gambar 4.22. Langkah-Langkah Desain <i>Pad</i> Kiri dengan <i>Software 3DsMax 2020</i>	57

Gambar 4.23. (a) <i>Pad</i> Hasil Software <i>3DsMax 2020</i> dan (b) <i>Pad</i> Hasil Software <i>Blender v.2.82.a</i> .	59
Gambar 4.24. Langkah Mengaplikasikan External Loads Pada Bagian Atas 3D Model <i>Pad</i> Sebesar 284,392 N.	60
Gambar 4.25. Langkah Mengaplikasikan Fixtures Pada Bagian Bawah 3D Model <i>Pad</i>	61
Gambar 4.26. Kurva Tegangan Pada <i>Pad</i> Kiri Hasil Software <i>Blender v.2.82.a</i> .	62
Gambar 4.27. Kurva Tegangan Pada <i>Pad</i> Kanan Hasil Software <i>Blender v.2.82.a</i> .	63
Gambar 4.28. Kurva Tegangan Pada <i>Pad</i> Kiri Hasil Software <i>3DsMax 2020</i> .	63
Gambar 4.29. Kurva Tegangan Pada <i>Pad</i> Kanan Hasil Software <i>3DsMax 2020</i> .	64
Gambar 5.1. Letak Fitur <i>Bezier Curve</i>	66
Gambar 5.2. Contoh <i>Pad</i> dari Fitur <i>U-Loft</i> dengan Urutan yang Salah	68
Gambar 5.3. Karakteristik <i>PE Low/Medium Density</i> Pada Software <i>Solidworks 2018</i> .	71
Gambar 5.4. Karakteristik <i>EVA FOAM A</i> Pada Software <i>Solidworks 2018</i>	71
Gambar 5.5. Pengaturan <i>Remesh</i> Untuk Simulasi <i>Insole</i> Pada Software <i>Solidworks 2018</i>	73

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Diagram Keterkaitan	79
Lampiran 2.	Formulir Ketersediaan Bimbingan	80
Lampiran 3.	Hasil Cek Turnitin	81



INTISARI

Inovasi dan teknologi yang semakin berkembang pesat memunculkan berbagai macam metode penyelesaian masalah yang cepat dan tepat. Industri di dunia juga bertumbuh dengan signifikan, seiring dengan kebutuhan manusia yang bertambah besar termasuk pula kebutuhan alat kesehatan, seperti *insole* dan *pad* untuk pasien penyandang kelainan bentuk kaki (*deformity foot*) dengan jenis disabilitas *club foot* dan *flat foot*. Ditemukan 20% orang Indonesia mengalami disabilitas *flat foot*, dan 21,9% kelahiran di Indonesia bayi mengalami disabilitas *club foot*.

Insole dan *pad* adalah salah satu dari alat kesehatan *orthotic* untuk kaki manusia yang mengalami ketidaknormalan; khususnya penderita *club foot* dan *flat foot*. Perancangan desain *Insole* dan *Pad* menggunakan metode *modelling organic parts*, yaitu sebuah model yang memiliki kecenderungan bentuk halus dan aerodinamis, nyaris tanpa sudut. Sayangnya, industri di Indonesia tidak fokus pada *organic parts*, tetapi hanya fokus di bentuk dan ukuran standar saja. Penggunaan *photogrammetric*, metode CAD (*Computer-Aided Design*) dan RID (*Reverse Innovative Design*) digunakan untuk membantu desain *insole* dan *pad* pada proses merubah data *point cloud* dan *mesh* menjadi *surface model*, didukung dengan metode *curve-based surface modelling*.

Metode ini diterapkan pada software berbasis CAD yaitu *Software Blender v.2.82.a* dan *Software 3DsMax 2020* yang kemudian dilakukan simulasi berbasis *Finite Element Analysis* pada *Software Solidworks 2018*. Hasil akhir dari penelitian ini adalah desain *insole* dan *pad* yang sudah siap untuk dimanufaktur beserta hasil analisis desain dengan beberapa variabel yang ditentukan dan temuan tambahan mengenai aplikasi yang optimum pada desain *orthosis* dengan metode *curve-based surface modelling*.

Kata Kunci: *Deformity Foot; RID; Insole; Pad; Curve-Based Surface Modelling; Finite Element Analysis.*

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan zaman telah membawa kehidupan manusia menuju masa depan yang lebih baik. Inovasi dan teknologi yang semakin berkembang pesat, memunculkan berbagai macam metode penyelesaian masalah/*problem solving* yang cepat dan tepat. Seiring dengan hal tersebut, industri di dunia juga bertumbuh dengan signifikan, seiring dengan kebutuhan manusia yang bertambah besar, termasuk kebutuhan alat kesehatan, seperti *insole* dan *pad* bagi pasien yang mengalami kelainan bentuk kaki (*deformity foot*) dengan jenis disabilitas *club foot* dan *flat foot*.

World Health Organization (WHO) menyatakan terdapat ratusan juta orang mengalami kesulitan untuk hidup akibat gangguan *musculoskeletal*, seperti yang pernah dilaporkan oleh Utomo dkk (2018). Salah satu bentuk gangguan *musculoskeletal* adalah *flat foot* dan *club foot*. Disabilitas *flat foot* dan *club foot* disebabkan oleh kelainan pada otak dan saraf tulang belakang pada masa pertumbuhan janin. Selain itu *flat foot* terjadi ketika ligamen pada kaki terlalu lemah, serta hilangnya tenaga otot yang menstabilkan distribusi beban pada kaki menghasilkan hilangnya *arch* pada kaki tersebut. Menurut Winata K. D. (2019), 20% orang Indonesia mengalami *flat foot* dan menurut Ramanda (2019), 21,9% kelahiran di Indonesia bayi mengalami *club foot*. Penderita *flat foot* mengalami deformasi pada masa pertumbuhan anak-anak (Apley, 1995), sedangkan *Club foot* murni dari deformasi pada pertumbuhan janin (Dobbs & Gurnett, 2009).

Insole dan *pad* adalah salah satu dari alat kesehatan *orthotic* untuk kaki manusia yang mengalami ketidaknormalan; khususnya penderita *club foot* dan *flat foot*; dengan tujuan memudahkan penggunaannya untuk berjalan dan melangkah. Indonesia hingga saat ini dalam memproduksi *insole* dan *pad* yang memadai sulit untuk didapatkan. Hal ini karena teknologi proses desain manufaktur alat kesehatan yang digunakan oleh beberapa laboratorium *orthotic* di Indonesia (misal, PT Pratama Centrarehabilitasi, CV Puspito Kaki Palsu, dan Purwokerto *Orthotic Lab*) masih bersifat konvensional (*foam box*, *3D Replica*, dsb.). Agar *insole* dan *pad* yang dipesan sesuai dengan bentuk telapak kaki *customer*, para praktisi *shoe Last* membutuhkan waktu kerja yang lama, ditambah dengan proses konvensional menyebabkan *human error* kemungkinan besar terjadi. Namun,

sampai dengan saat ini belum adanya dukungan serius dari pemerintah untuk membantu manufaktur *insole* dan *pad* khusus *orthotic*. *Geometric insole* dan *pad* yang mengambil ukuran umum kaki manusia tidak sesuai dengan kebutuhan *customer*.

Reverse Engineering (RE) merupakan metode duplikasi produk yang sudah ada untuk dilakukan perbaikan atau inovasi dengan tujuan meningkatkan fungsi dan mutu dari produk tersebut. RE yang digunakan dalam proses pembuatan *insole* dan *pad* adalah RE *Biomedic*. Pada metode ini, kaki pasien akan di *scan* untuk menghasilkan data yang dikenal sebagai *point cloud*, yaitu sebuah data dalam bentuk titik (*dot*) yang menggambarkan wujud permukaan objek hasil *scanning*. Data tersebut diolah menjadi 3D model dengan *computer-aided design* (CAD). Dengan ini, desain *insole* dan *pad* akan lebih efektif karena mengikuti bentuk dan ukuran 3D model tersebut. Namun, masih jarang ditemukan pengaplikasian RE di Indonesia, khususnya di bidang *biomedic*. *Innovative Engineering* yang membahas manufaktur *insole* dan *pad* juga masih minim. RE *biomedic* perlu adanya kerjasama antara praktisi kesehatan (Dokter rekam medik *Orthotic* dan *Prosthetic*) dengan praktisi teknik industri untuk proses manufaktur *insole* dan *pad* khusus *orthotic*.

Konsep metodologi *point cloud* menuju *surface modelling*; yaitu metode dalam menunjukkan objek secara solid; yang sudah dilakukan penelitian terdahulu tidak fokus pada produk *orthotic*, namun pada penggambaran secara umum saja (Fabio, 2003). Selain itu, tahapan desain produk dari *point cloud* menjadi *surface model* penelitian terdahulu juga sulit ditemukan meskipun konsep metodologi RID (*Reverse Innovative Design*) sudah ada (Ye dkk, 2008). RID yang sudah diteliti menggunakan 3D *scanner* dengan *output* akhir berupa *mesh*, namun tidak ditemukan penggunaan hasil 3D *scanner* akhir berupa *mesh* hasil pengolahan *point cloud* (Anggoro dkk, 2018). Beberapa penelitian RE sebelumnya ditemukan bahwa pembahasan khusus *orthotic* kaki baru berfokus pada *ankle-foot* dan *elbow orthosis* (Le dkk, 2005). Metode alternatif dalam melakukan 3D scanning dengan tujuan minimasi biaya dalam perancangan desain manufaktur *foot orthotic* yaitu *insole* dan *pad* sampai saat ini pun juga belum ditemukan (Fantini dkk, 2016).

Metode berbasis RID (*Reverse Innovative Design*), bersamaan dengan CAD dapat digunakan dalam RE untuk membantu desain *orthotics*, khususnya *insole* dan *pad*, pada proses merubah data *mesh* menjadi *surface model* (untuk digunakan

pada saat pembuatan desain *insole* dan *pad*). Untuk saat ini, belum ada metode yang memaparkan proses pengolahan data tersebut. Beberapa *software* berbasis CAD bisa menghasilkan format *file* yang dibutuhkan dalam metode pembuatan *surface model*. Setiap *software* memiliki cara dan alatnya tersendiri dalam membuat *surface model*, seperti *software blender V.2.82.a* dan *software 3DsMax 2020* yang merupakan aplikasi berbasis CAD dan dapat menghasilkan *surface model*. Hingga saat ini penelitian dengan menggunakan *software* berbasis CAD untuk menghasilkan *surface model*, masih terbatas dan sulit untuk ditemukan penelitian terakhir yang dilakukan oleh Anggoro, dkk (2018) menggunakan *software* berbasis CAD yaitu *powershape 2016* untuk menghasilkan *insole* khusus penyakit diabetes, namun tidak ditemukannya penggunaan *software* lain untuk menghasilkan *orthotics* lainnya, khususnya *insole* dan *pad*. Maka dari itu diperlukannya uji coba *software* CAD yang tersedia untuk menemukan *software* terbaru yang optimal dalam menerapkan metode pembuatan 3D *surface model*,

Perancangan desain *Insole* dan *Pad* menggunakan metode *modelling organic parts*, yaitu sebuah model yang memiliki kecenderungan bentuk halus dan *aerodinamis*, nyaris tanpa sudut. Kekurangan dari metode *modelling organic parts* ini adalah ketersediaan data yang siap di manufaktur masih sedikit. Industri di Indonesia tidak fokus pada *organic parts*, hanya fokus di bentuk dan ukuran standar saja. Badan milik pemerintah yang bergerak di bidang kesehatan seperti Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) tidak memberi bantuan dana dalam pembelian *organic parts* untuk alat *orthotic*, sedangkan mesin 3D *scanning* yang sekarang ini digunakan dalam penelitian berbasis RE untuk mendapat *mesh data* dibutuhkan biaya yang cukup mahal (Rp.3.000.000,00 untuk sekali *scanning* pada satu objek, belum termasuk lisensi penggunaan *software 3D Scan* tersebut).

Untuk mengatasi masalah tersebut, penggunaan metode *Single photogrammetry* yang dilakukan oleh tim riset Sibad Undip Riset Grup; yaitu tim riset yang berfokus pada pembuatan *orthotic* kaki; dapat digunakan untuk mengurangi biaya 3D *Scanning*, dimana reduksi biaya hingga mencapai 87,5% dari total biaya. Namun tim riset Sibad Undip Riset Grup belum menemukan *software* pengganti 3D *Scan* dengan biaya yang lebih murah dibandingkan dengan *software* bawaan 3D *scan*.

Tugas akhir ini secara khusus membahas tentang bagaimana peneliti menemukan metode yang tepat dalam proses desain *insole* dan *pad* dari data dalam bentuk *mesh* menjadi 3D CAD model, serta bagaimana cara peneliti melakukan analisa

desain *insole* dan *pad* yang bisa memenuhi kriteria. Luaran penelitian ini diharapkan membantu tim riset Sibad Undip Riset Grup dalam proses desain dan manufaktur sepatu *orthotic* berbasis teknologi modern *computer-aided reverse engineering system*, sehingga proses manufaktur *insole* dan *pad* menjadi efisien dan memiliki dimensi yang sesuai dengan kebutuhan kaki para penderita kelainan khusus kaki *club foot* dan *flat foot*.

1.2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang diselesaikan dalam penelitian ini adalah bagaimana cara menemukan metode yang tepat untuk menerapkan teknologi RE (*Reverse Engineering*), pada desain *insole* dan *pad* bagi pasien *flat foot* dan *club foot* dengan merubah *mesh* menjadi model tiga dimensi *surface* yang siap di manufaktur pada *software* berbasis CAD yang optimum dengan minimasi biaya.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

- a. Memperoleh tahapan proses desain *insole* dan *pad* yang sesuai dengan kebutuhan pasien *flat foot* dan *club foot*.
- b. Membuktikan data *mesh* dari hasil *photogrammetry* dapat diproses menjadi 3D CAD *Surface Model* dan siap dimanufaktur pada mesin CNC atau 3D *printer*.
- c. Mendapatkan desain *insole dan pad yang optimum* berdasarkan 3D CAD *surface model*
- d. Membuktikan dengan metode *curve-based surface modelling* dan RID dapat meminimasi biaya proses produksi.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah yang bertujuan untuk membatasi ruang lingkup penelitian agar arah penelitian fokus pada tujuan dan penelitian berjalan dengan baik adalah sebagai berikut:

- a. Perancangan *insole* dan *pad* menggunakan *software* berbasis CAD (*Solidworks 2018, Blender v2.82.a, 3Dmax 2020, Netfabb Ultimate 2020*).
- b. Objek penelitian hanya untuk pasien *club foot* dan *flat foot* yang sudah bersedia diambil datanya dengan metode *photogrammetry* dan sudah dikonversi kedalam *mesh*.
- c. Hasil akhir dari penelitian adalah 3D model dalam format STL, tidak sampai hasil produk jadi.

d. Tolak ukur optimasi untuk uji *software CAD* menggunakan CAE pada hasil akhir desain *insole* dan *pad*.



BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian yang sudah dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Didapatnya tahapan proses untuk desain *insole* dan *pad* yang dibuat dengan metode *curve-based surface modelling* sesuai dengan data *club foot* dan *flat foot*. *Software Blender* dan *Software 3DsMax 2020* dapat digunakan dalam metode *curve-based modelling* untuk perancangan 3D model *insole* dan *pad*.
- b. Data *mesh* hasil *photogrammetry* pada pasien *club foot* dan *flat foot* bisa digunakan sebagai acuan dalam perancangan 3D model *insole* dan *pad* dan bisa diproses manufaktur.
- c. Desain *insole* dan *pad* dengan bentuk *surface model* yang sudah dianalisis pada *software Solidworks 2018* menggunakan CAE dan *Finite Element Analysis* sudah optimum.
- d. Biaya yang dikeluarkan untuk mengolah data dalam penelitian sebesar Rp. 1.268.352,24 untuk dua pasang kaki, dimana dengan menggunakan alat *3D scan*, mengeluarkan biaya sebesar Rp. 3.000.000 untuk satu kaki saja, yang belum ditambah penggunaan *software CAD 3D scan* dan *software* lainnya untuk mengolah data.

6.2. Saran

Material *LDPE* dan *EVA Foam A* yang diberikan pada desain 3D model *insole* dan *pad* dalam simulasi dapat menahan beban pasien dan aman untuk digunakan berdasarkan hasil *von mises stress*, namun disarankan untuk penggunaan material baru dalam simulasi dapat diberikan dan perancangan model *surface* sederhana sebagai pembantu dalam simulasi dapat diterapkan sebagai alternatif dalam simulasi agar tidak terjadi eror. Penemuan *software* berbasis CAD baru yang bisa digunakan untuk metode *curve-based modelling* bisa dilakukan untuk menunjang penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraita, Eka, Putra. (2019). Evaluasi dan Optimalisasi Material *Outsole* Menggunakan *Finite Element Analysis*. Fakultas Teknologi Industri Universitas Atmajaya Yogyakarta.
- Anggoro, P. W., Saputra, E., Tauviqirrahman, M., Jamari, J., & Bayuseno, A. P. (2017). A 3-dimensional finite element analysis of the insole shoe orthotic for foot deformities. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(15), 5254–5260.
- Anggoro, P.W., Tauviqirrahman, M., Jamari, J., Bayususeno, A.P., Bawono, P., & Avelina, M.M. (2018). Computer-Aided Reverse Engineering System in The Design and Production of *Orthotic Insole* Shoes for Patients with Diabetes. *Cogent Engineering*, 5(1), Article No. 1470916.
- Apley, A. Graham, (1995). *Buku Ajar Orthopedi dan Fraktur Sistem Apley: Edisi ketujuh*. Jakarta. Widya Medika.
- Ardesa, Harwinanda, Yopi. (2015). Efektivitas Penggunaan *Dennis Brown Splint* Terhadap Derajat Equinus Pada Palsein *Congenital Talipes Equino Varus* (CTEV). *Jurnal Kesehatan* Vol. VI Nomor 1 hal. 10-13. Departemen Ortotik Prostetik Politeknik Kesehatan Kemenkes Surakarta.
- Assauri, Sofjan. (2008). *Manajemen Produksi dan Operasi*. (Skripsi). Jakarta. Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- A, Dwisepta, Cornelius. (2020). Aplikasi Teknologi Digital Fotografi Untuk Mempermudah Proses *Reverse Engineering* Kaki. Fakultas Teknologi Industri. Universitas Atmajaya Yogyakarta.
- Bhandari, V. B. (2010). *Design of machine elements*. New Delhi: Tata McGraw Hill.
- Chapman, J.D., Preece, S., Braunstein, B., Höhne, A., Nester, C.J., Brueggemann, P., & Hutchins, S. (2013). Effect rocker shoe design features on forefoot plantar pressure in people with and without diabetes. *Critical Biomechanics*, 28(6), 679–685.

- Dewi, Kusuma, Dyah., Purnama, Harry. (2018). Turbine Blade Reverse with Catia Software Using Bezier Curve. Pusat Teknologi Industri Permesinan, Deputi Bidang TIRBR, BPPT.
- Dobbs, M.B., & Gurnett, C.A. (2009). Update on *club foot*: Etiology and treatment. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. Hal 1146-1153.
- Dovramadjiev, Tihomir. (2015). Modern Accesible Application of The System Blender in 3D Design Practice. Technical University of Varna, Bulgaria, Industrial Design Department, Varna 9010, str.
- Fabio, R. (2003). From Point Cloud to Surface: The Modeling And Visualization Problem. International Archives of the Photogrammetry. *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol 34, ISPRS.
- Fantini, M., De Crescenzo, F., Brognara, L., & Baldini, N. (2016). Design and Rapid Manufacturing of a Customized Foot Orthosis: A First Methodological Study. *Lecture Notes in Mechanical Engineering Book Series*. Springer.
- Gruen, A. (2002). Return of the Buddha - New Paradigms in Photogrammetric Modelling. Keynote Address. *ISPRS Commission V Symposium*. Corfu.
- Hendratman, H., dan Robby. (2014). The Magic of 3D Studio Max. Bandung: Informatika.
- Kaufman, J., Rennie, W., E., Allan, & Clement, Morag. (2015). *Single Camera Photogrammetry for Reverse Engineering and Fabrication of Ancient and Modern Artifacts*. CIRP Vol 36. Elsevier.
- Le, Hieu, C., Toshev, Y.E., Stefanova, L.P., Tosheva, Y.E., Zlatov, B.N., Dimov, S. (2005). *Reverse Engineering and Rapid Prototyping for New Orthotic Devices*. *Intelligent Production Machines and Systems*. Hal 567-571, Elsevier.
- Menci, R., (2001). *Reconstruction of Surfaces from Unorganized 3D Points Clouds*. PhD Thesis. Germany. Dortmund University.
- Mulyono, Joko, Yusuf. (2018). Analisis Elemen Hingga Pada Kasus Mekanika Kontak Kaki dengan *Insole* Untuk Penderita *Metatarsalgia*. Fakultas Teknologi Inudstri Universitas Atmajaya Yogyakarta.

- P., S., Nikhil. (2019). *Photogrammetry for 3D Reconstruction in Solidworks and Its Applications in Industry*. (thesis). Indianapolis, Indiana. Purdue University.
- Pesce, M., Galantucci, M., L., Percoco, G., & Lavecchia, F. (2015). A Low-Cost Multi Camera 3D Scanning System for Quality Measurement of Non-Static Subjects. *Procedia CIRP* Vol 28 Hal 88-93. Elsevier.
- Ramanda, R. (2019). *Epidemiologi Club Foot*. Diakses tanggal 20 Februari 2020 dari <https://www.alomedika.com/penyakit/ortopedi/club-foot/epidemiologi>.
- Shim, Jemyung., Kim, Hwanhee. (2011). *The Effect of Insole Height on Foot Pressure of Adult Males in Twenties*. *The Journal of Physical Therapy Science* 23. Hal. 761-763.
- Sihite, B., Samopa, F., dan Sani, N. A. (2013). Pembuatan Aplikasi 3D Viewer Mobile dengan Menggunakan Teknologi Virtual Reality (Studi Kasus: Perobekan Bendera Belanda di Hotel Majapahit). *Jurnal Teknik Pomits*, A-398.
- Shuib, Solehuddin., Ahmad, Salwa, Anis., Omar, Rahman, Abdul., et al. (2018). The Effectiveness of Different insole Material in Plantar Pressure Reduction: a Pilot Study. *International Journal of Engineering & Technology*. Science Publicaton Company.
- Su, Shonglun., Mo, Zhongjun., Guo, Junchao., Fan, Yubo. (2017). *The Effect of Arch Height and Material Hardness Personalized Insole on Correction and Tissues of Flatfoot*. *Hindawi Research Article*.
- Utomo, P., Setyawan, D., & Fathi, M. (2018). Pengaruh Penggunaan Medial Arch Support Terhadap Penurunan Derajat Flat Foot Pada Anak Usia 8 – 12 Tahun. *Jurnal Keterampilan Fisik*, 3(2), 58-62.
- Winata, Kusuma, D. (2019). *20% Orang Indonesia Alami Kelainan Kaki Datar*. Diakses tanggal 20 Februari 2020 dari <https://mediaindonesia.com/read/detail/253200-20-orang-indonesia-alami-kelainan-kaki-datar>.
- X. Jing, C. Zhang, Z. Sun, G. Zhao & Y. Wang. (2015). The Technologies of Close-Range Photogrammetry and Application in Manufacture. *3rd International*

Conference on Mechatronics, Robotics and Automation. pp. 1–7. Atlantis Press.

Wang, Yi., Lam, Wing-Kai., Cheung, Cheuk-Hei dan Leung, Kam-Lun, Aaron. (2020). *Effect of Red Arch-Support Insoles on Subjective Comfort and Movement Biomechanics in Various Landing Heights*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*.

Ye, X., Liu, H., Chen, L., Chen, Z., Pan, X., & Zhang, S. (2008). Reverse innovative design — an integrated product design methodology. *Computer-Aided Design*, 40, 812–827.




Lampiran 2. Formulir Ketersediaan Bimbingan

Formulir Kesediaan Membimbing Proposal Tugas Akhir Semester Genap 2019/2020

Identitas Mahasiswa	
NAMA	BERNARDUS VIBY ADRIANTO
NPM	18 16 10044
JUDUL/TOPIK PROPOSAL	Aplikasi <i>Reverse Innovative Design</i> pada Pasien Kelainan Bentuk Kaki (<i>From Point Cloud to 3D CAD Surface Modelling</i>) pada desain insole dan pad
RENCANA PELAKSANAAN TUGAS AKHIR	GASAL / GENAP*) T.A. 2020/2021

*) lingkari salah satu

Dosen berikut ini menyatakan bersedia membimbing penyusunan proposal Tugas Akhir mahasiswa tersebut dengan topik/judul sesuai yang tertulis di atas.

Nama Dosen Dr. Paulus Wisnu Anggoro S.T.,M.T.	Tanda Tangan  12/19/2020 1/3
Catatan Khusus (apabila ada): <ul style="list-style-type: none">• Ybs. Benar merupakan anggota SIBAD Undip Group Research yang sudah saya pilih dan mampu untuk mengerjakan kasus desain insole dan pad insole sepatu orthotik dan sampai saat ini sudah masuk Bab 1 – Bab 2. Bab 3 dalam proses diskusi.• Topik yang dibahas adalah bagian dari metode RID pada sub desain insole dan pad berbasis Computer Aided Reverse Engineering System (CARESystem)	

Disetujui pada tanggal

Mengetahui,
Dosen PPTA

Formulir dibuat rangkap 2; lembar pertama dilampirkan dalam proposal; lembar kedua diserahkan dosen pembimbing untuk arsip

Lampiran 3. Hasil Cek Turnitin

181610044-Bernardus Viby Adrianto-Aplikasi Reverse Innovative Design Pada Pasien Deformasi Kaki Dalam Desain Orthotic Insole dan Pad

ORIGINALITY REPORT

5%	5%	2%	3%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Yohanes Eka Anggraita Putra, Paulus Wisnu Anggoro, Tonny Yuniarto, A.P. Bayuseno, Jamari Jamari, Baju Bawono. "Optimization of Mechanical Parameters on Outsole Shoes Orthotic Comfort Using Finite Element Analysis", 2019 International Biomedical Instrumentation and Technology Conference (IBITeC), 2019 Publication	1%
2	indoprinter3d.com Internet Source	<1%
3	www.scribd.com Internet Source	<1%
4	www.tandfonline.com Internet Source	<1%
5	pt.scribd.com Internet Source	<1%
6	jurnal.poltekkes-solo.ac.id Internet Source	<1%

7	www.mdpi.com Internet Source	<1 %
8	www.emeraldinsight.com Internet Source	<1 %
9	mcf.gsfc.nasa.gov Internet Source	<1 %
10	scholarworks.iupui.edu Internet Source	<1 %
11	id.wikipedia.org Internet Source	<1 %
12	id.123dok.com Internet Source	<1 %
13	docobook.com Internet Source	<1 %
14	Submitted to Cranfield University Student Paper	<1 %
15	Submitted to University of New South Wales Student Paper	<1 %
16	repository.its.ac.id Internet Source	<1 %
17	www.springerprofessional.de Internet Source	<1 %
18	Naveen D'Souza, Semiha Ergan, Ron Pennella.	



"Challenges and Lessons Learned in the Renovation of Historic Landmarks: A Study on an Iconic Cathedral", Construction Research Congress 2016, 2016

Publication

<1%

19

documents.mx

Internet Source

<1%

Exclude quotes Off

Exclude matches < 25 words

Exclude bibliography On

