

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Tahapan dalam penelitian ini antara lain:

3.1. Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan dilakukan untuk mendapatkan informasi awal. Informasi awal yang didapat mengenai bentuk kaki manusia, kelainan kaki yang paling dapat terjadi, alas kaki, proses desain alas kaki yang digunakan selama ini, beberapa kendala dalam pembuatan alas kaki, pembuatan desain dengan komputer, serta tugas akhir dan penelitian yang sudah pernah dilakukan berkaitan dengan desain dan alas kaki. Hasil dari studi pendahuluan diidentifikasi agar masalah dapat diketahui dan ditemukan gambaran mengenai cara penyelesaiannya.

3.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan studi pendahuluan ditemukan adanya masalah dalam proses desain alas kaki yang ada. Manusia memiliki bentuk kaki yang beraneka ragam. Faktor keturunan, gaya hidup, dan penyakit menyebabkan beberapa orang mengalami bentuk kaki yang tidak normal menurut Philip (2000). Orang yang memiliki kelainan bentuk kaki membutuhkan desain sepatu khusus agar tidak memperburuk kondisi kaki.

Ganesan (2015) membahas kelainan bentuk kaki yang umum terjadi berdasarkan kesulitan dalam memilih alas kaki. yaitu *congenital talipes equinovarus*, *flat feet*, *pes cavus*, *hallux vagus*, *hallux rigidus*, dan *lesser toe*. Penelitian oleh Chapman, Anggoro dkk (2016), dan Bawono dkk (2016) membahas mengenai desain alas kaki *costumized* untuk penderita diabetes.

Kaki tidak memiliki data dokumentasi digital sehingga data perlu didapat dengan proses *3D scanning*. Hasil *3D scanning* kemudian diolah menggunakan metode RE hingga menjadi data CAD. Penelitian berbasis RE yang dilakukan sebelumnya memiliki beberapa kekurangan. Penelitian oleh Luna Lamandau (2013) menggunakan CMM sebagai alat dan *point cloud* sebagai input. Penelitian yang dilakukan Oancea dkk (2015) dan Ciobanu dkk (2012) tidak melakukan verifikasi sejak pengambilan data hingga menjadi sebuah *prototype insole*.

Penelitian oleh Chapman dkk (2013) dilakukan untuk produksi massal, bukan *costumized*.

Dalam penelitian ini data yang diambil menggunakan HandySCAN 700 dengan input berupa *3D mesh STL*. Dalam penelitian ini akan dilakukan verifikasi hasil RE menggunakan pemetaan warna/ *comparison analysis*. Hasil RE kemudian dikembangkan hingga menjadi sebuah *prototype orthotic outsole shoe*.

3.3. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan dengan mengkaji beberapa informasi berdasarkan jurnal- jurnal penelitian, buku referensi, dan laporan tugas akhir yang berkaitan dengan *orthotic shoe*, *foot deformities* seputar kelainan kaki, proses *3D scanning*, dan *reverse engineering*. Studi pustaka juga dilakukan pada beberapa penelitian terdahulu dan tugas akhir mahasiswa untuk mendapatkan referensi yang sesuai dalam pemecahan masalah. Jurnal dan buku diperoleh dari *website www.sciencedirect.com, www.springer.com, dan www.emeraldinsight.com*

Jurnal yang digunakan sebagai referensi utama antara lain: *Costumized Foot Orthosis Manufactured with 3D Printers* oleh Octavian Ciobanu dkk (2013), *Computer Aided Reverse Engineering System Used for Customized Product* oleh Oancea dkk (2013), *Reverse Innovative Design From 3D Mesh to 3D Model of Insole Shoe Orthotic* oleh Anggoro dkk (2016), dan *Finite Element Modelling of The Insole Shoe Orthotic for Foot Deformities* oleh Bawono dkk (2016), dan *Effect of Rocker Shoe Design Features on Forefoot Plantar Pressures in People with and without Diabetes* oleh Chapman dkk (2013).

Tugas akhir mahasiswa yang digunakan sebagai referensi utama antara lain *Reverse Engineering Approach in Making Emirates Plate (Dia- 25 cm) Design at PT Doulton* oleh Luna Lamandau (2015) Aplikasi Teknologi Semi- *Reverse Innovative Design* dalam Pembuatan Mainan Edukatif Berciri Khas Hewan Khas Indonesia oleh Aristya Widyato (2015).

Beberapa jurnal dan informasi dari situs lain juga digunakan sebagai bahan pendukung dalam penelitian ini. Jurnal dan informasi pendukung terutama dibutuhkan untuk memperkuat dasar teori.

3.4. Pengambilan Data (3D Scanned Foot)

Data awal yang dibutuhkan adalah data 3D bentuk kaki dari orang- orang yang mengalami kelainan bentuk kaki. Proses pengambilan data dilakukan dengan proses *3D scanning* kaki yang mengalami kelainan.

Berdasarkan kelainan kaki yang terdapat pada penelitian Ganesan (2015), Anggoro dkk (2016), dan Bawono dkk (2016) dipilih empat jenis kelainan kaki (diabetes, *flat feet*, *hallux vagus*, *high heels*, dan kasus khusus) sebagai objek penelitian. Terdapat tujuh orang responden acak dengan empat jenis *foot deformities* yaitu diabetes, *flat feet*, *high heels problem*, dan kasus khusus. Kasus khusus yang dimaksud adalah kondisi kaki yang mengalami kelainan namun tidak tergolong ke dalam penyakit manapun seperti tinggi lutut yang berbeda dan orang yang mengalami kesulitan mencari alas kaki yang sesuai karena memiliki bentuk kaki yang berbeda dengan orang pada umumnya.

Pemilihan responden dilakukan secara acak terkait kemudahan pengambilan data terkait ketersediaan penderita kelainan bentuk kaki untuk menjadi objek penelitian. Hal ini disebabkan keterbatasan waktu dan penolakan dari calon responden untuk memberikan data.

Pengambilan data dilakukan di Laboratorium Proses Produksi Universitas Atma Jaya Yogyakarta tanggal 23 April 2016. Proses scanning dilakukan dengan *3D scanner HandySCAN 700*. Proses *3D scanning* dilakukan menggunakan bantuan PT Tirtamarta Wisesa Abadi sebagai distributor *3D scanner* dan *3D printer* yang ahli pada bidangnya.

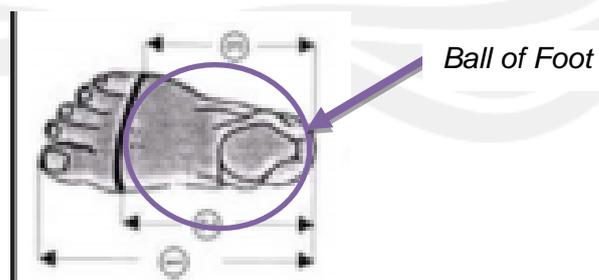
Pengambilan data ini dipengaruhi oleh spesifikasi *3D scanner* (tingkat ketelitian) di mana semakin tinggi tingkat ketelitian maka semakin detail hasil *3D scanning* yang didapatkan; posisi kaki saat melakukan *scanning* di mana posisi *3D scanning* yang tepat dibutuhkan agar seluruh kontur kaki yang dibutuhkan bisa diperoleh; suhu dan pencahayaan ruangan di mana suhu dan pencahayaan ruangan berpengaruh terhadap kinerja *3D scanner*; proses kalibrasi *3D scanner*; geometri kaki yang menjadi objek dasar pembuatan desain *3D orthotic insole*, serta teknik pengambilan gambar dan pengaturan *software* yang dilakukan operator PT. Tirtamarta Wisesa Abadi.

3.5. Reverse Engineering

Hasil kaki yang didapat melalui hasil *scan* berupa *3D mesh* STL harus direkonstruksi ulang terlebih dahulu sehingga dapat diolah dalam program CAD. Berdasarkan penelitian Ye dkk (2008) proses rekonstruksi menggunakan metode *automatic surfacing* karena kaki merupakan bentuk organik yang kompleks sehingga untuk mendapatkan kontur yang detail dan sama dengan *3D mesh* dilakukan dengan mengekstrak *surface* dari *mesh* yang didapat. Proses ini dilakukan dengan bantuan *software* Geomagic X 2016 versi *trial* karena *software* ini memiliki fitur *convert mesh to solid* dan dapat digunakan secara bebas selama lima belas hari masa uji coba. Proses dilakukan dengan mengimpor *3D mesh* ke dalam *software* kemudian memproses *3D mesh* menjadi *3D CAD* dengan fitur *convert mesh to solid*. Proses ini dipengaruhi versi *software* dan spesifikasi komputer yang digunakan.

3.6. Verifikasi Hasil Reverse Engineering

Data *3D CAD* berupa hasil RE kaki harus diverifikasi terlebih dahulu sebelum dapat diolah lebih lanjut. Bagian penting pada *3D mesh foot* adalah daerah di belakang *ball of foot* hingga tumit (bagian yang bersentuhan langsung dengan *insole*). Verifikasi yang digunakan adalah verifikasi menggunakan *color mapping* atau pemetaan warna. Verifikasi dengan pemetaan warna membuat distribusi perbedaan ukuran antara data hasil *scan* berupa *3D mesh* dan hasil RE terlihat jelas dalam simbol warna.



Gambar 3.1. Ball of Foot

(sumber: Tran, 2015)

Pemetaan warna dilakukan dengan membandingkan *3D CAD surface* dengan *3D mesh STL* dengan orientasi sama. Fitur *comparison analysis* pada PowerSHAPE 2016 digunakan sebagai analisis. Fitur ini mengambil sampel titik pada kedua

gambar yang dibandingkan kemudian mengkalkulasi gap diantara titik- titik tersebut lalu menampilkannya dalam gradasi warna merah hingga biru.

Kaki merupakan produk yang tidak membutuhkan ketelitian tinggi seperti halnya *mold*, *pipa*, dan alat permesinan. Verifikasi dilakukan dengan *Comparison Analysis* yang terdapat pada PowerSHAPE 2016. Jika rata- rata penyimpangan kurang dari 1 mm atau 50% hasil penyimpangan berada di bawah 1 mm maka hasil RE dapat diterima untuk diolah lebih lanjut. Penentuan batas 50% penyimpangan berada di bawah 1 mm dikarenakan hasil RE akan mengalami penyederhanaan dan penyesuaian lanjut. Penyederhanaan dan penyesuaian lanjut dibahas dalam penelitian Anggoro dkk (2016) dan Bawono dkk (2016)

Proses ini dipengaruhi spesifikasi komputer, versi program, dan pengaturan program yang digunakan. Pengaturan program yang digunakan adalah pengaturan *default* pada komputer yang digunakan.

3.7. Pengambilan Data (*Orthotic Insole*)

Hasil 3D CAD yang didapat diproses hingga menjadi *3D orthotic insole*. Pada penelitian ini data *3D orthotic insole* diambil dari penelitian Anggoro dkk (2013) dan Bawono dkk (2013). Data *insole* yang digunakan sebagai objek penelitian berjumlah dua pasang *insole* bagi penderita diabetes. Data *3D orthotic insole* yang didapat pada penelitian tersebut tidak diubah dan langsung digunakan dalam penelitian ini sebagai dasar pembuatan *outsole*.

Data ini dipengaruhi spesifikasi komputer dan versi program yang digunakan. Semakin tinggi spesifikasi komputer yang digunakan maka semakin cepat proses pengambilan data. Pada penelitian ini digunakan spesifikasi komputer *Intel Core i7-3770 3.40Ghz*, *RAM sebesar 8 GB*, dan *video graphic adapter Nvidia GeForce GTX650 Ti* sebagai spesifikasi rekomendasi agar program yang digunakan *PowerShape 2016* dapat berjalan. Spesifikasi ini digunakan untuk mengolah data *3D mesh*, 3D CAD kaki, dan 3D CAD *outsole*.

3.8. Pembuatan 3D CAD *Orthotic Outsole*

Proses pembuatan *outsole* dibagi menjadi dua bagian yaitu proses pembuatan *tread* dan proses pembuatan bentuk dasar *outsole*. Proses pembuatan bentuk dasar *outsole* didasarkan pada bentuk *insole* optimal yang sudah dibuat. Pada pembuatan *outsole* diberikan gap setidaknya 1mm hingga 3 mm dari *insole*

sebagai tempat menempelnya *shoe last*. Pembuatan bentuk dasar dilakukan menggunakan fitur *solid* pada PowerSHAPE 2016. Pembuatan *3D CAD outsole* menggunakan parameter optimal dalam penelitian Chapman dkk (2013) dengan beberapa penyesuaian.

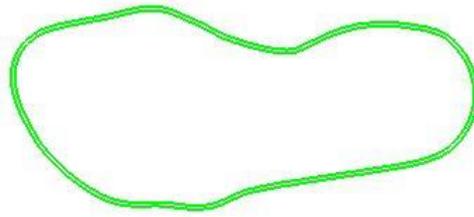
Bentuk *tread* tidak diperhitungkan dalam penelitian ini karena hasil *outsole* akan dianalisis menggunakan mekanika kontak pada penelitian berikutnya. Pembuatan *tread* dilakukan menggunakan bantuan *software* ArtCAM 2015 R2 karena kontur kaki yang terdiri dari banyak *point* dalam satu *curve*, bentuk bagian bawah *outsole* yang berkontur, dan untuk mempercepat proses desain. Relief *tread* kemudian ditempelkan pada bidang bawah *outsole* dengan fitur *solid wrap*.

Pembuatan *3D orthotic outsole* dipengaruhi oleh metode pembuatan desain, spesifikasi komputer yang digunakan, dan versi program yang digunakan dalam pembuatan desain.

3.9. Verifikasi 3D CAD Outsole

Verifikasi *outsole* dalam PowerSHAPE 2016 dilakukan dengan menghitung gap kontur dasar antara *insole* dengan *outsole*. Kontur dasar yang dimaksud adalah bentuk pola kurva untuk membuat *insole* dan *outsole* dalam sumbu x dan y. Gap adalah selisih ukuran kontur dasar dalam *outsole* dengan kontur dasar luar *insole*. Perhitungan dilihat dari pandangan depan benda. Kontur dasar *outsole* harus lebih besar 1 mm hingga 3 mm dari *insole* sebagai celah tempat *shoe last*. Hal ini didasarkan pada jurnal Uccioli dan Giacomozzi (2012) yang merekomendasikan jarak antara kaki dengan bagian dalam alas kaki adalah $\frac{3}{8}$ hingga $\frac{1}{2}$ cm. Proses ini dipengaruhi versi program dan tingkat ketelitian perhitungan anotasi yang digunakan pada program.

Setelah verifikasi kemudian *3D CAD outsole* diekspor dalam bentuk STL agar dapat dibaca program *3D printer*. *STL file* dimasukkan ke dalam program Netfabb 2017 untuk diperbaiki dan disederhanakan dengan mode *automatic repair* dan *optimize mesh*. Hasil proses ini merupakan *STL file* siap cetak.



Gambar 3.2. Kontur Dasar

3.10. Proses Manufaktur Produk

Proses manufaktur produk dengan pembuatan *prototype* digunakan untuk memastikan bahwa *3D orthotic outsole* dapat digunakan bersama *3D orthotic insole* dan *3D orthotic insole* dapat digunakan kaki pengguna. *Prototype* digunakan sebagai alat realisasi dan verifikasi produk yang dibuat agar hasil desain CAD dapat dilihat secara langsung dalam bentuk produk nyata dan dengan ukuran skala 1:1.

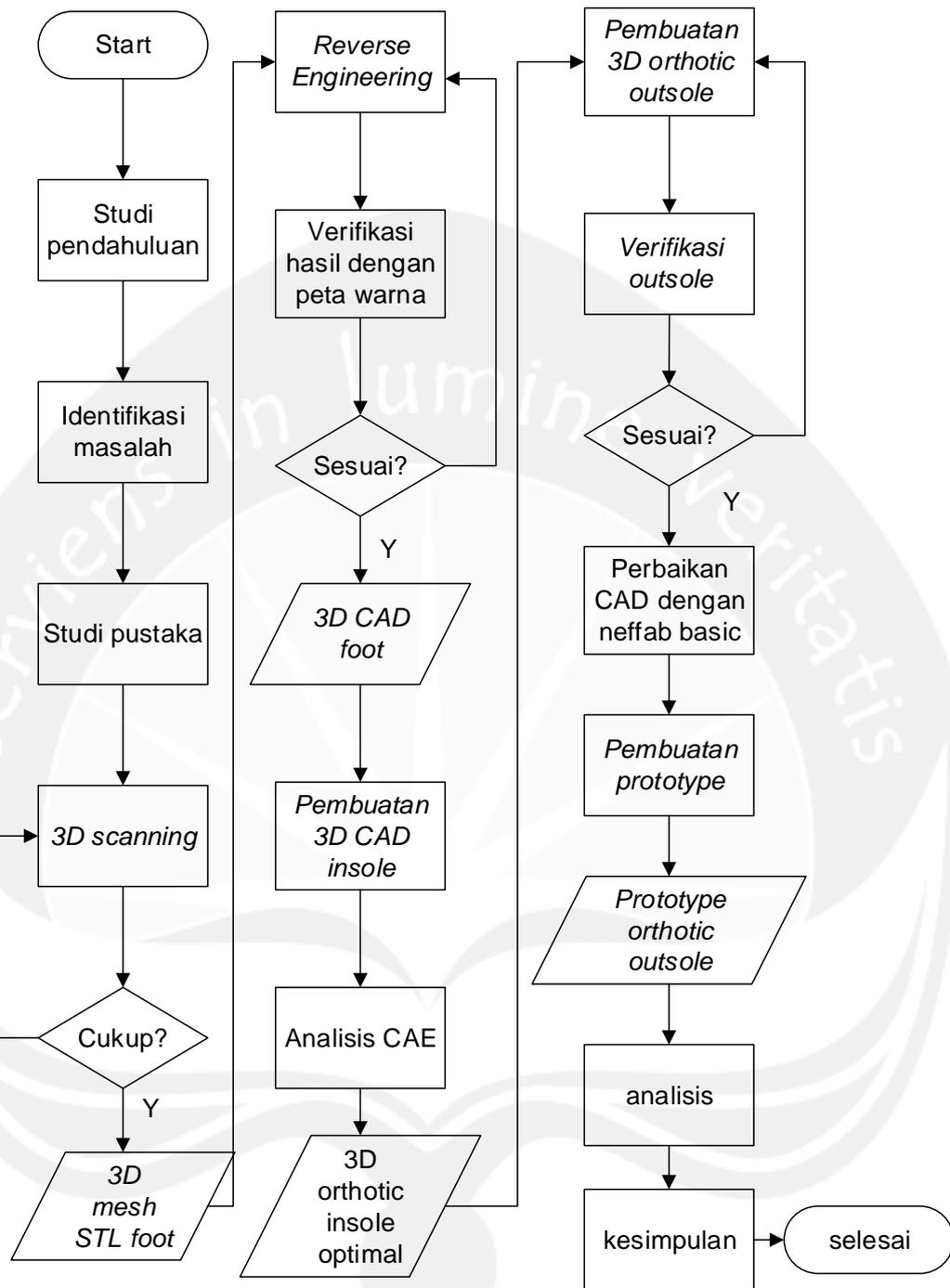
Proses manufaktur dilakukan dengan bantuan mesin Eden 350 V pada PT. Tirtamarta Wisesa Abadi. Material yang digunakan merupakan material *verowhite* dan *resin support*. Proses ini dipengaruhi oleh mode *printing* yang digunakan, kontur produk, material yang digunakan, mekanik mesin, dan pengaturan orientasi produk pada *tray*.

3.11. Analisis Data

Data yang didapat mengenai hasil *prototype*, *3D mesh* kaki, data kaki pasien, hasil *color mapping*, *3D orthotic insole*, dan *3D orthotic outsole* kemudian dianalisis. Analisis dilakukan terhadap proses pengambilan, proses pengolahan, dan hasil akhir data yang didapatkan. Analisis data menjelaskan secara terperinci mengenai proses dan hasil yang didapat dalam penelitian ini. Analisis hasil data yang dilakukan akan menghasilkan kesimpulan.

3.12. Penarikan Kesimpulan

Tahapan terakhir dari penelitian ini adalah penarikan kesimpulan berdasarkan penelitian, pengolahan, dan analisis data yang sudah dilakukan serta hasil yang didapat. Kesimpulan dibuat berdasarkan tujuan permasalahan yang ada. *Flowchart* tahapan penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3. Metodologi Penelitian