

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Dalam hal desain terdapat beberapa cara untuk mengembangkan produk yang lebih optimal. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah pada penelitian oleh Xiuzi dkk (2007) mengenai *reverse innovative design* (RID) yaitu metodologi desain yang terintegrasi dengan pembuatan model, parameter produk, dan analisa untuk optimasi produk. Dengan menggunakan dasar metode tersebut dibutuhkan beberapa tahapan untuk menghasilkan produk yang baik salah satunya adalah pada bagian desain. Pada RID yang dilakukan adalah untuk membentuk bentuk *solid* sehingga dapat dilakukan perubahan. Untuk bentuk organik dilakukan proses *autosurfacing* yang selanjutnya dilakukan *solid modeling* salah satunya menggunakan *curve based modelling*.

Proses *scanning* menghasilkan data dalam bentuk *point cloud*, menurut penelitian oleh Beniere dkk (2013) yang melakukan penelitian mengenai proses *reverse engineering* dari *three dimension* (3D) *mesh* ke model CAD, pada penelitian yang dilakukan mengenalkan metode untuk mendeteksi bentuk dasar dari model *mesh* lalu dilakukan penggabungan antara bentuk dasar sehingga membentuk obyek yang ditentukan. Dari penelitian tersebut menyimpulkan bahwa bentuk hasil *scanning* tersebut sulit untuk mendapatkan parameter CAD yang tepat dan terdapat *noisy point*, *lost point*, dan *useless point* sehingga diperlukan tahap rekonstruksi untuk mengatasi masalah tersebut. Selain hal tersebut format *file* dari hasil *scan* adalah .STL.

Penelitian yang dilakukan oleh Ryp1 dan Bittnar (2006) mengenai pembangkitan *surface* dari model .STL menunjukkan bahwa model .STL seringkali tidak kompatibel untuk analisa komputer dengan *finite element analysis* (FEA) yaitu analisa dengan menggunakan parameter dan data elemen pada produk lalu dilakukan simulasi untuk mengetahui pengaruh parameter terhadap desain yang dibuat, ketidaksesuaian tersebut dikarenakan data hasil *scanning* memiliki ukuran yang tidak pasti, dan aspek rasio yang tinggi dari elemen dan diperlukan langkah rekonstruksi permukaan dengan menggunakan *feature recognition*.

Pada penelitian yang dilakukan Bechet dkk (2002), yang meneliti pembangkitan *mesh* untuk analisis FEA dari model .STL menunjukkan bahwa perlu adanya

pendekatan dan adaptasi pada *mesh* dari model .STL sehingga dapat diketahui volume serta menghasilkan permukaan yang halus dari alasan tersebut model .STL tidak dapat langsung diproses pada FEA karena membutuhkan karakteristik spesifik pada deskripsi geometri sehingga dapat digunakan untuk proses FEA. Data dari proses *scanning* yang berbentuk *point cloud* namun dapat membentuk *surface*, dari data tersebut diperlukan metode untuk menghasilkan bentuk yang sesuai dengan data

Pemrosesan bentuk dasar model *mesh* menjadi model CAD sering menghasilkan bentuk yang detail sehingga menyebabkan proses pada *computer analysis engineering* (CAE) semakin rumit, oleh karena itu diperlukan penyederhanaan bentuk untuk menghasilkan *mesh* yang sederhana namun tidak mengubah bentuk dasar kaki sesuai dengan penelitian Gao dkk (2010) meneliti tentang penyederhanaan model berbasis CAD untuk menghasilkan model yang lebih sederhana dengan menggunakan segmentasi dan konstruksi pada level *region*. Pada model medis pada CAD termasuk model kaki sering mengalami kecacatan dan permukaan yang kasar oleh karena itu pada penelitian yang dilakukan Manmadhachary dkk (2016) mengenai peningkatan akurasi pada model medis diperlukan langkah penghalusan untuk menghasilkan keakuratan dan kehalusan *mesh* sehingga hasil *mesh* menjadi lebih optimal.

Pada penelitian yang dilakukan Anggoro P.W dkk (2017a) melakukan pembuatan *insole* untuk penderita diabetes dengan menggunakan metode *computer aided reverse engineering system* (CARESystem) untuk menghasilkan model *rapid prototyping* (RP) *insole shoe orthotic* pada pasien diabetes dengan kepresisian dimensi. Proses pengambilan data untuk pasien diabetes menggunakan *digital data imaging and communication of medicine* setelah data diambil lalu dilakukan proses manufaktur dengan menggunakan *printer* 3D. Dari penelitian yang dilakukan mendapatkan nilai *error* dibawah satu milimeter sehingga dapat diterima laboratorium *orthotic & prostetic* di dalam produksi *insole shoe orthotic customized*.

Penelitian Lainnya yang dilakukan oleh Anggoro P.W dkk (2016) mengenai aplikasi RID untuk menghasilkan *insole* penderita diabetes yang dioptimasi sehingga mendapatkan desain *insole* yang optimal namun tidak memerlukan proses manufaktur. Proses optimasi dilakukan dengan menggunakan *finite element analysis* dengan memasukan parameter-parameter yang berpengaruh pada penggunaan *insole*. Dari proses *finite element analysis* tersebut

menghasilkan tegangan dan regangan pada *insole* yang menjadi dasar optimasi desain *insole*.

Penelitian lain yang sudah dilakukan dan dilaporkan Anggoro P.W dkk (2017b) berupa aplikasi dari RID untuk *insole* pada pasien diabetes. Penelitian ini berfokus pada pembuatan *insole* dan proses manufaktur *insole* dengan menggunakan *computer numerical control* (CNC) pada mesin *rollad modella MDX 40R*. Penelitian ini selain mendapatkan empat tipe desain *insole shoe orthotic* berdasarkan lebar toleransi yang ditetapkan, juga mendapatkan satu desain baru yang optimal sesuai dengan proses manufaktur berbasis CNC.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Avelina (2017) adalah mengimplementasikan CARE pada pembuatan *prototype outsole shoe orthotic* pada penderita kelainan kaki (*flat foot, high heel*, perbedaan tinggi kaki) . Hasil dari penelitian ini adalah outsole yang sesuai dengan *insole* penderita kelainan kaki dan setelah dilakukan analisis pada ukuran antara desain pada CAD dengan hasil RP, perbedaan ukuran kurang dari satu milimeter. Dan waktu yang dibutuhkan untuk pembuatan outsole kurang dari satu minggu dilihat dari proses desain hingga proses manufaktur.

Dari penelitian terdahulu dapat dilihat bahwa RID dapat diimplementasikan pada bidang medis dan pada penelitian ini difokuskan pada *orthotic* yaitu kelainan kaki. Proses modelling pada kaki dibutuhkan karena keterbatasan data hasil *scan 3D* seperti tidak dapat diubah bentuk, kemungkinan cacat besar, ukuran tidak *valid*, dan tidak dapat diproses di FEA. Bentuk kaki yang rumit mempersulit proses modeling *insole* ataupun analisis FEA sehingga dapat dilakukan penyederhanaan dengan tidak mengubah kontur dasar dari kaki pasien. Desain dan analisis yang telah dilakukan pada CARE dapat menghasilkan *insole* dan *outsole* dengan presisi namun tidak secara detail menjelaskan metode pembuatan desain dengan detail sehingga tidak diketahui proses desain yang tepat dalam pembuatan *insole* ataupun outsole.

2.2. Penelitian Sekarang

Penelitian yang dilakukan didasarkan dari penelitian terdahulu dan pengembangan dari masalah atau kekurangan yang terdapat pada penelitian terdahulu. Penelitian yang dilakukan dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu, pengambilan data, proses desain dan analisis. Pada tahap pengambilan data, pendataan pada pasien penderita kelainan kaki dilakukan untuk mendapatkan

informasi mengenai identitas pasien sehingga dapat dilakukan pemetaan identitas dan penggolongan kelainan kaki. Kaki pasien penderita kelainan kaki kemudian dipindai dengan bantuan alat 3D *scanner* untuk mendapatkan data 3D kaki pasien. Setelah melakukan pendataan dilakukan proses verifikasi untuk memastikan seluruh data kaki tidak mengalami cacat. Kaki yang telah terverifikasi kemudian dilakukan pembuatan *insole* berdasarkan bentuk kaki pasien dengan metode *curve based surface*. Setelah hasil *insole* didapat dilakukan analisis ukuran untuk mengetahui simpangan ukuran yang terjadi antara kaki dengan *insole* yang dibuat. Setiap tahapan akan dijelaskan dengan detail sehingga diketahui proses *insole* terbentuk. Dari tahapan tersebut dapat dipastikan *insole* dapat dilakukan analisa lebih lanjut seperti CAE. Analisis ukuran yang dilakukan untuk kaki dan *insole* dilakukan untuk memastikan tidak terdapat perbedaan yang signifikan dalam metode yang diimplementasikan sehingga dalam proses analisis atau manufaktur yang akan dilakukan tidak mempengaruhi tingkat kenyamanan atau kesalahan bentuk karena perubahan ukuran.

2.3. Dasar Teori

Pada penelitian pembangkitan, penyederhanaan dan perbaikan 3D *Solid insole* dibutuhkan referensi dan teori yang digunakan sebagai dasar dan alat dalam melakukan penelitian. Berikut dasar teori yang digunakan dalam bagian berikut:

2.3.1. Kelainan pada Kaki

Kaki merupakan salah satu anggota tubuh hewan atau manusia yang digunakan untuk berjalan. Kaki terdiri dari beberapa bagian, termasuk telapak kaki, sendi yang bekerja dalam suatu sistem terpadu sehingga memungkinkan bagi inang untuk berjalan. Kaki rentan terhadap penyakit dan dapat mengalami kelainan salah satunya adalah *pediatric foot deformity*. Penelitian yang dilakukan Jhon dkk (2008) *pediatric foot deformity* merupakan kondisi perubahan bentuk kaki yang mempengaruhi tulang, tendon, dan otot. Penanganan kelainan sangat bervariasi.

Flatfoot merupakan masalah kaki *pediatric* yang paling banyak dialami. Menurut penelitian Farzin dkk (2013) menunjukkan bahwa kelainan kaki *flatfoot* disebabkan karena kebiasaan dalam keluarga untuk menggunakan sepatu disaat kecil. *Flatfoot* menyebabkan rasa sakit saat latihan ataupun berjalan jauh. Dalam penelitian, salah satu solusi adalah menggunakan *insole orthotic* yang disesuaikan dengan bentuk kaki pasien. Dengan memakai *insole orthotic*, tidak dapat

mengubah susunan tulang yang berubah akibat *flatfoot*, namun dengan menggunakan *insole orthotic* dapat mengurangi rasa sakit dan untuk menghindari operasi pada kaki. Pada *insole* yang digunakan untuk penanganan kasus *flatfoot* memiliki bentuk yang dominan rata karena mengikuti bentuk kaki yang rata.

Jenis kelainan kaki selain *flatfoot* adalah *metatarsalgia* atau *high heels*. Merupakan rasa sakit pada kaki daerah *metatarsal* atau di belakang jempol kaki. penyebab dari kelainan ini adalah penggunaan alas kaki yang tidak sesuai, penggunaan *high heels* terlalu tinggi dan umur dari pasien. Akibat dari kelainan ini adalah rasa sakit pada saat berjalan atau berlari. Beberapa orang merasakan seperti berjalan di atas kerikil. Penanganan pada kelainan ini adalah dengan memakai *insole* dengan bentuk khusus sehingga tekanan pada bagian *metatarsal* berkurang (Delcam, 2010). Pada penanganan kasus ini dilakukan dengan memperbesar *insole* pada bagian belakang jari. Selain itu terdapat lengkungan yang lebih dalam pada bagian di belakang jari.

Pada kasus perbedaan ketinggian kaki disebabkan oleh faktor genetik. Pada kelainan ini bila menggunakan *insole* yang biasa maka akan menimbulkan rasa tidak nyaman dan ketidakseimbangan saat berjalan atau saat posisi berdiri. Dari kelainan tersebut maka dilakukan perubahan *insole* yaitu menyesuaikan ketinggian kaki dengan ketebalan *insole* sehingga pasien merasa nyaman saat memakai *insole* khusus ini.

2.3.2. 3D Scan

Proses pengumpulan data yang dilakukan adalah dengan memindai secara tiga dimensi kaki pasien. Proses pemindaian yang dilakukan menggunakan metode *range scanners*. Metode ini menggunakan cahaya yang difokuskan pada titik yang kecil pada obyek lalu pantulan cahaya dari obyek tersebut ditangkap oleh kamera atau biasa disebut *optical triangulation*. Dari hasil tersebut terbentuk titik-titik tiga dimensi yang kemudian saling dihubungkan dan membentuk *surface* seperti obyek yang dipindai (Brian, 1999). Dari dasar tersebut peneliti menggunakan alat dengan pendekatan sesuai teori *range scanner* yaitu *HandySCAN 700* yang memiliki 7 laser sebagai pemindai dan dapat memindai dengan akurasi 0,03 milimeter. Alat ini dilengkapi dengan *software Vxelements* yang dapat mengkonversi titik-titik hasil pemindaian menjadi *surface*.

2.3.3. Computer Aided Design (CAD)

CAD merupakan bentuk otomatisasi untuk membantu dalam memperbaiki gambar, spesifikasi, dan elemen-elemen yang berhubungan dengan perancangan dengan menggunakan grafik serta perhitungan program pada komputer (Bhirawa, 2014). CAD bisa berupa gambar 2 dimensi dan gambar 3 dimensi. *PowerShape* merupakan *software* CAD yang mengkombinasikan antara *surface*, *solid*, and *mesh* modeling untuk *mold*, *dies*, dan komponen yang rumit untuk manufaktur. *PowerShape* dapat digunakan untuk reverse engineering karena mendukung format file yang bervariasi dan proses impor yang cepat. Perbaikan data dapat dilakukan dengan *software* ini namun tidak menutup kemungkinan masih terdapat cacat. Pada proses modeling dengan dasar obyek yang dimasukkan dapat dilakukan dengan berbagai macam fitur salah satunya dengan *curve based* dan pembentukan *surface*. fitur *solid modelling* dapat mengkonversi bentuk *surface* secara langsung dan dapat di-*export* di berbagai format *file*.

Meshlab merupakan *software* untuk pemrosesan 3D *triangular mesh*. dengan sistem *open source*, *software* ini dapat digunakan secara bebas. *Software* ini memiliki berbagai fitur seperti *editing mesh*, *cleaning mesh*, *inspecting mesh*, dan *converting mesh*. salah satu fitur yaitu *remeshing*. Merupakan fitur untuk melakukan pembuatan *mesh* dengan pendekatan tertentu. Hasil dari proses ini dapat diatur dengan mengubah parameter pendekatan yang digunakan.

FreeCAD merupakan *software* untuk pemodelan tiga dimensi. Berbasis *open source* sehingga dapat dipergunakan secara bebas. Menggunakan *parametric modeler*. Salah satu fitur yang membuat *software* ini dapat membantu melakukan *reverse engineering* adalah pengubahan dari bentuk *mesh* menjadi bentuk *solid* dengan tingkat cacat yang kecil. Proses konversi pada *software* ini adalah dengan mengubah bentuk *mesh* menjadi *hollow surface solid* dan kemudian dikonversi menjadi *solid* sehingga obyek memiliki volume.

NetFabb merupakan *software* yang ditujukan untuk *additive manufacturing*, *rapid prototyping* dan *3D printing*. Pengguna dibantu untuk proses pencetakan seperti perbaikan, representasi, dan analisis data tiga dimensi pada *stereolithography* (STL) atau data lapisan cetak dari berbagai format data. Desain *software* yang *modular* memperbolehkan pengguna untuk menggunakan tiap modul sesuai dengan kebutuhan dan dapat dipakai secara bebas tanpa kehilangan informasi data (*NetFabb*, 2010).

2.3.4. Polygon Mesh

Merupakan geometri tertua yang direpresentasikan pada komputer. Dasar dari suatu poligon atau muka. Poligon merupakan bentuk datar yang terbentuk dari sambungan antar titik tiga dimensi. Titik-titik pada poligon disebut *vertices*. Dalam bentuk dua dimensi titik-titik tersebut didefinisikan pada koordinat sumbu x dan y dan pada tiga dimensi didefinisikan di koordinat sumbu x, y dan z. Garis yang menghubungkan antara dua titik disebut *edge*. Sebuah muka dibentuk minimal dari tiga titik disebut *triangle*. Empat titik disebut *quad* dan lebih dari empat titik disebut *general polygon* (Scratchpixel, 2017). Pada *mesh* terdapat validasi yaitu bila *edge* memiliki titik ujung yang sama pada dua *triangle* yang berdekatan. *Mesh* dapat digunakan bila memiliki permukaan yang tertutup yang berarti tidak memiliki lubang dan *edge* yang tidak bersinggungan. *Mesh* harus berorientasi. Orientasi tersebut untuk mendefinisikan bagian dalam atau luar pada suatu obyek. *Mesh* dengan bentuk *solid* tidak boleh saling bersinggungan atau *triangles* saling berpotongan (NetFabb 2010).

2.3.5. Insole Orthotic

Insole Orthotic merupakan alat yang diletakan di dalam sepatu dengan tujuan mengembalikan fungsi kaki. alat ini dibutuhkan ketika terdapat gangguan pada kaki. Perbedaan antara *insole* biasa dengan *insole orthotic* adalah pada *insole* biasa hanya dipergunakan untuk meredam beban kejutan dan memberikan efek lembut pada kaki. *insole orthotic* dibuat dan dirancang untuk memaksimalkan dan menyesuaikan bentuk dari kaki. Penyesuaian tersebut akan mengurangi ketegangan yang terjadi pada bagian kaki (SBI orthotics, 2016).

2.3.6. Curve Based Surface Modelling

Merupakan metode penggunaan seketsa dua dimensi atau tiga dimensi yang dikenakan pada bentuk *mesh* sehingga membentuk kurva dengan mengikuti bentuk dari *mesh* yang dilakukan secara manual atau secara otomatis terbentuk dengan menggunakan *software*. Kurva yang terbentuk menjadi acuan pada pembangkitan bidang seperti *surface* atau *solid* menggunakan fitur *loft*, *sweep*, *extrude*, dan *revolve* (Xiuzi, 2007).