

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Tinjauan Pustaka

Pada sub- bab ini akan dibahas mengenai penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya dan gap yang terjadi antara penelitian yang sudah dilakukan dengan kebutuhan saat ini. Gap tersebut menjadi dasar dalam penelitian yang dilakukan.

#### 2.1.1. Penelitian Terdahulu

Oancea dkk (2013) melalui tulisannya yang berjudul *Computer Aided Reverse Engineering System Used for Customized Product* membahas mengenai penggunaan *reverse engineering* untuk produk yang tidak memiliki dokumentasi teknis. Peneliti memaparkan mengenai perangkat keras dan perangkat lunak yang dapat digunakan untuk melakukan RE. Dalam penelitian ini dibahas mengenai penerapan RE pada proses desain *shoe lasts*, gir, *family product*, dan produk rakitan. Produk gir direalisasikan dengan mesin *3D printer* Objet EDEN 350. RE diterapkan untuk mendapatkan desain *surface* dari produk yang sudah ada. Penelitian ini menggunakan *point cloud* sebagai input dan *software* Geomagic Studio. Pada penelitian ini tidak dijelaskan adanya uji verifikasi hasil RE terhadap *mesh* yang didapat.

Ciobanu dkk (2012) melalui tulisannya berjudul *Costumized Foot Orthosis Manufactured with 3D Printers* membahas mengenai pembuatan produk *orthotic insole* berdasarkan data *3D scanning* menggunakan *3D scanner* Artec MH. Proses manufaktur produk dilakukan dengan *3D printer* BfB Touch Printer. Dalam penelitian ini dijelaskan mengenai proses pembuatan mulai dari *3D scanning*, *3D reconstruction*, pembuatan model CAD, dan proses fabrikasi dengan *3D printer*. Proses pembuatan *insole* dengan *Computer Aided Manufacturing* disimpulkan dapat meningkatkan produktivitas, mempercepat desain, dan mempercepat proses modifikasi.

Anggoro dkk (2016) melalui tulisannya *Reverse Innovative Design From 3D Mesh to 3D Model of Insole Shoe Orthotic* menjelaskan mengenai tahapan proses RID untuk mendapatkan produk *orthotic insole* bagi orang yang menderita *foot deformities*. Penelitian ini menggunakan strategi *curve based modeling* untuk merekonstruksi bentuk *insole* yang sesuai dengan kaki pengguna. Peneltiian ini

juga menyertakan hasil analisis CAE untuk mendapatkan desain *insole* yang optimal dari alternatif- alternatif yang ada. Pada penelitian ini sudah digunakan input berupa *STL file*.

Bawono dkk (2016) melalui tulisannya yang berjudul *Finite Element Modelling of The Insole Shoe Orthotic for Foot Deformities* menggunakan analisis *finite element modelling* menggunakan *software* CAE yaitu Abaqus 6.13 dan *software* CAD yaitu *PowerSHAPE* untuk mendapatkan *insole* yang optimal dari alternatif yang ada. Penelitian ini menggunakan metode *curve based modelling* untuk mendapatkan data CAD *insole* dan indenter yaitu kaki. Hasil penelitian ini adalah *insole* optimal dengan nilai *von misses stress* pada bagian tumit sebesar  $1,190 \times 10^{-3}$  Mpa dengan gap antara *insole* dan kaki sebesar 1,75 mm. Hasil penelitian oleh Bawono dkk (2016) akan dikembangkan lebih lanjut dalam penelitian ini.

Chapman dkk (2013) melalui tulisannya yang berjudul *Effect of Rocker Shoe Design Features on Forefoot Plantar Pressures in People with and without Diabetes* melakukan penelitian mengenai parameter optimal (menghasilkan *peak plantar pressure* terkecil) dalam membuat *rocker sole* bagi penyandang diabetes dan non diabetes. Parameter yang diuji adalah sudut apeks, posisi apeks, dan sudut ayunan. Pengujian dilakukan terhadap 24 orang penderita diabetes dan 24 orang non diabetes. Perhitungan *peak plantar pressure* dilakukan saat aktivitas berjalan dengan kecepatan  $10 \text{ ms} \pm 10\%$  pada jarak 20m. Peneliti merekomendasikan parameter optimal *rocker sole* yaitu sudut apeks sebesar  $95^\circ$ , posisi apeks 60% dari total panjang kaki, dan sudut ayunan sebesar  $20^\circ$ . Parameter ini berlaku untuk *rocker sole* dalam produksi massal. *Rocker sole* yang mengalami *costumized* membutuhkan penyesuaian terhadap parameter-parameter ini dikarenakan bentuk kaki yang tidak sama.

Luna Lamandau (2015) melalui tulisannya yang berjudul *Reverse Engineering Approach in Making Emirates Plate ( Dia- 25 cm) Design at PT Doulton* membahas mengenai penggunaan *reverse engineering* pada produk *plate* dia-25 cm pada PT. Doulton. Permasalahan dalam penelitian ini muncul saat produk yang ada tidak sesuai dengan standar konsumen. Peneliti menerapkan metode *reverse engineering* untuk memperbaiki kualitas produk sehingga sesuai dengan standar pasar. Dalam penelitian ini digunakan input berupa *point cloud* dari alat CMM.

Aristya Widyanto (2015) menerapkan metode RID pada produk Alat Permainan Edukatif (APE) bertema hewan endemik Indonesia. Peneliti bertujuan mendesain ulang miniatur hewan Badak Jawa dalam bentuk mainan anak yang dapat dirakit. Penelitian ini diawali dengan melakukan proses *scanning* Badak Hitam. Hasil *scanning* tersebut dikembangkan dengan proses desain ulang menggunakan *software Powershape 2015 Pro*. Hasil desain dicetak menjadi *prototype* produk APE Badak Jawa yang mudah dirakit.

### **2.1.2. Penelitian Sekarang**

Berdasarkan penelitian terdahulu diketahui bahwa beberapa peneliti masih menggunakan input berupa *point cloud*. Input ini membutuhkan waktu lama untuk diproses karena berbentuk titik- titik, bukan permukaan. Penelitian terdahulu yang dilakukan belum menerapkan verifikasi hasil RE terhadap input yang didapat. Verifikasi ini perlu dilakukan untuk memastikan bahwa RE yang dilakukan menghasilkan CAD yang sesuai dengan *mesh* yang ada.

Penelitian tentang *orthotic shoe* masih jarang (pada tahun 2010 tercatat hanya terdapat lima belas artikel mengenai *orthotic shoe* pada database Science Direct menurut Telfer dan Woodburn (2010)). Penelitian seputar *outsole* hanya dilakukan untuk keperluan produksi massal, bukan *costumized*. Penelitian untuk produk *costumized* yang dilakukan juga masih terbatas pada produk *orthotic insole*.

Oleh karena itu peneliti ingin mengaplikasikan metode RE dengan verifikasi hasil RE hingga menghasilkan *prototype* produk *costumized orthotic outsole*. Perbedaan antara penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang dapat dilihat pada tabel 2.1.

**Tabel 2. 1. Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang**

<b>Penulis</b>	<b>Judul</b>	<b>Alat</b>	<b>Output</b>	<b>Data</b>	<b>Outcome</b>
Ciobanu dkk (2012)	<i>Costumized Foot Orthosis Manufactured with 3D Printers</i>	Artec MH scanner, BfB Touchprinter	desain produk baru	kaki pasien	Jurnal MteM dan <i>Proceeding</i>
Oancea, Ivan, R. Pascaru (2013)	<i>Computer Aided Reverse Engineering System Used for Customized Product</i>	Comet 3D, CATIA, EDEN 350 V	desain ulang produk	<i>shoe lasts</i>	<i>Conference Paper</i>
Anggoro, dkk (2016)	<i>Reverse Innovative Design From 3D Mesh to 3D Model of Insole Shoe Orthotic</i>	HandySCAN 700, PowerSHAPE	Mendapatkan desain <i>insole</i>	Kaki pasien	<i>Proceeding ICETAT 2016</i>
Bawono, dkk. (2016)	<i>Finite Element Modelling of The Insole Shoe Orthotic for Foot Deformities</i>	HandySCAN 700, Abaqus 6.13	Mendapatkan hasil analisis FEM	Kaki pasien	<i>Proceeding ICETAT 2016</i>
Chapman dkk (2013)	<i>Effect of rocker shoe design features on forefoot plantar pressures in people with and without diabetes</i>	MatLab, sensor	Parameter optimal <i>rocker sole</i>	Nilai <i>peak plantar pressure</i>	Jurnal internasional
Luna Lamandau (2015)	<i>Reverse Engineering Approach In Making Emirates Plate (Dia-25cm) Design At PT Doulton</i>	CMM, PowerShape 2013	desain produk baru	Produk dan gambar <i>plate</i>	Skripsi
Aristya Widyato (2015)	Aplikasi Teknologi Semi- <i>Reverse Innovative Design</i> dalam Pembuatan Mainan Edukatif Berciri Khas Hewan Khas Indonesia	HandySCAN 700, PowerShape 2015, Objet 30 Pro	Desain dan <i>prototype</i> produk baru	miniatur Badak Jawa	Skripsi dan jurnal OMIG
Maria Avellina Marcelline Santosa (2016)	Aplikasi <i>Computer Aided Reverse Engineering System (CARE System)</i> pada Produk <i>Orthotic Outsole</i> untuk Kasus Kelainan Kaki	HandySCAN 700, PowerShape 2016, EDEN 350V	desain dan <i>prototype</i> produk baru	data kontur kaki dan <i>orthotic insole</i>	Skripsi dan jurnal scopus

## 2.2. Dasar Teori

### 2.2.1. Kaki

Menurut KBBI kaki merupakan “anggota badan yang menopang tubuh dan dipakai untuk berjalan ( dari pangkal paha ke bawah); bagian tungkai ( kaki) yang paling bawah”. Kaki menahan seluruh tekanan tubuh manusia saat sedang berdiri, berjalan, maupun berlari.

Menurut Philip (2000) kaki yang dikatakan normal adalah kaki dari orang yang tidak mengalami kelainan kaki secara medis (CTEV, *flat feet*, *high heels problem*, *pes cavus*, *halux vagus*, dll.) , mampu menggunakan alas kaki yang diproduksi masal, dan tidak menderita penyakit yang berpengaruh terhadap kondisi kaki seperti diabetes. Kaki yang digolongkan sebagai kaki normal tidak menghambat aktivitas sehari- hari.

Namun beberapa orang mengalami kelainan bentuk kaki yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti penyakit atau keturunan. Kelainan bentuk kaki yang dapat terjadi antara lain:

#### a. Diabetes

Diabetes atau penyakit gula merupakan kondisi di mana tubuh seseorang tidak mampu mengendalikan level gula dalam darah. Hal ini dapat terjadi karena pankreas tidak memproduksi cukup banyak insulin atau sel dalam tubuh tidak dapat mendeteksi insulin dengan baik. Diabetes merupakan penyakit yang paling banyak terjadi. WHO mencatat jumlah penderita diabetes meningkat dari 108 juta orang pada tahun 1980 menjadi 422 juta orang pada tahun 2014.

Penderita diabetes mengalami resiko tinggi untuk mengalami amputasi pada bagian kaki jika menggunakan alas kaki yang terlalu ketat/ tidak sesuai. Pencegahan masalah kaki bagi penderita diabetes menjadi fokus utama dalam bidang kedokteran. Nanah pada kaki penderita diabetes merupakan penyebab utama amputasi tungkai bawah. (Ameersing , 2015). Penderita diabetes membutuhkan alas kaki yang disesuaikan dengan bentuk kakinya sehingga mengurangi resiko mengalami nanah pada kaki yang berujung pada amputasi (Tanggung, 2014).

Terdapat dua jenis diabetes yaitu diabetes tipe I dan diabetes tipe II. Adapaun penjelasannya adalah sebagai berikut

i. Diabetes tipe I

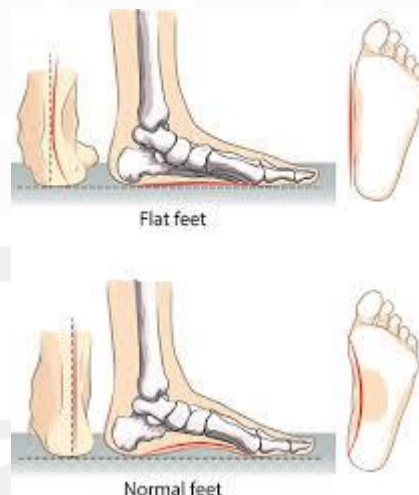
Diabetes tipe I disebabkan oleh ketidakmampuan sel beta pankreas untuk memproduksi insulin. Diabetes tipe I biasanya dialami orang di bawah usia 40 tahun.

ii. Diabetes tipe II.

Diabetes tipe II disebabkan kerusakan sel beta pada pankreas dan ketidakmampuan tubuh untuk merespon insulin. Diabetes tipe II dialami 85-90% jumlah penderita diabetes

b. *Flat feet*

*Flat feet* (*pes planus*) merupakan kondisi hilangnya lengkung medial longitudinal pada telapak kaki. Secara umum seluruh bayi terlahir dengan kondisi ini. Pertumbuhan lengkung kaki membutuhkan waktu tujuh hingga sepuluh tahun. Namun beberapa orang tidak memiliki lengkung ini hingga dewasa. Kondisi ini dialami setidaknya 15-20% populasi orang dewasa.



**Gambar 2.1. Flat Feet**

(sumber: <http://www.footankleinstitute.com/blog/best-running-shoes-for-flat-feet/>)

c. *Hallux Vagus*

*Hallux valgus* merupakan kondisi kelainan kaki yang paling banyak terjadi dan dikenal pula dengan nama bunion. Penderita *hallux vagus* dicirikan dengan perubahan menyamping pada bagian sendi metatarsophalangeal (MTP). *Hallux Vagus* dapat menyebabkan rasa nyeri. Resiko terkena *hallux vagus* meningkat seiring bertambahnya usia. Kondisi ini umumnya terjadi pada wanita karena wanita lebih sering menggunakan sepatu “ketat” dan *high heels*.



Examples of Hallux Valgus

Gambar 2.2. *Hallux Vagus*

(sumber: <http://shop.n-ippin.com/what-is-hallux-valgus-or-bunion/?lang=en>)

#### d. *High Heels Problem*

*High heels problem* merupakan masalah kaki yang terjadi akibat penggunaan alas kaki dengan “hak tinggi” (lebih dari 5 cm) dalam jangka waktu lama dan bentuk yang tidak sesuai. Penggunaan alas kaki jenis ini mengakibatkan kelelahan dan rasa sakit pada kaki serta memicu kelainan bentuk kaki seperti *hallux fagus*, *callus*, dan terhambatnya pertumbuhan kuku jari kaki.

#### 2.2.2. *Outsole*

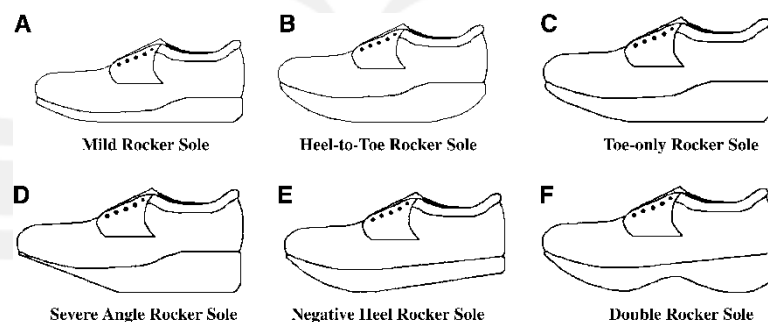
*Outsole* merupakan bagian sepatu yang terletak pada bagian paling bawah dan bersentuhan langsung dengan lantai. *Outsole* umumnya terbuat dari material *rubber*, *EVA foam*, atau PU. PU menjadi bahan *outsole* yang banyak digunakan sekarang ini karena mampu menahan tekanan, koefisien gesekan tinggi, dan memiliki umur pakai lebih lama dibandingkan material lainnya. *Outsole* berfungsi untuk memberikan pegangan sepatu terhadap lantai.

*Outsole* terdiri dari bentuk dasar dan *tread*. Bentuk dasar berhubungan langsung dengan *midsole/ insole* dan *lasts*. Bagian bawah *outsole* yang memiliki tekstur dan bersentuhan langsung dengan lantai disebut dengan *tread*. Desain *tread* menghabiskan setidaknya 60% dari waktu total desain *outsole* (Aracil dkk, 2016). Terdapat jutaan kemungkinan kombinasi *tread* yang dapat dihasilkan dikarenakan bentuknya yang kompleks dan dapat berbentuk apa saja mulai dari garis hingga ukiran.

*Outsole* memiliki berbagai macam bentuk dan tinggi mulai dari *flat outsole* pada *flat shoes* hingga *high heels*. Terdapat juga jenis sol khusus yang dikenal dengan *rocker sole*.

Penelitian menunjukkan penggunaan *rocker sole* mampu mengurangi tekanan di area metatarsal kaki hingga 50% (Uccioli dan Giacomozzi, 2012). Terdapat enam jenis *rocker sole* antara lain ( Janisse, 2006)

- a. *Mid-rocker sole*. Jenis ini merupakan jenis sol yang paling banyak digunakan. Sol dengan *rocker angle* pada bagian depan dan belakang ini bertujuan mengurangi tekanan pada daerah metatarsal.
- b. *heel to toe rocker sole*. Sol ini digunakan penderita kelainan sendi, *hammertoe*, atau *calcaneal ulcers*
- c. *toe-only ulcer*. Sol ini hanya memiliki *rocker angle* pada bagian depan. Sol ini biasa digunakan pasien yang mengalami gangguan keseimbangan saat berdiri.
- d. *Severe angle rocker sole*. Sol ini mengurangi tekanan pada bagian *ball* kaki. Sol ini tidak memiliki *rocker angle* di bagian belakang
- e. *Negative heel rocker sole*. Pada sol ini *heel* bagian belakang lebih rendah dibandingkan *heel* pada bagian *ball* kaki. Sol ini direkomendasikan untuk pasien yang menderita arthritis, *tendoachilles contracture*, dan masalah keseimbangan.
- f. *double-rocker sole*. Jenis sol ini terdiri dari dua *rocker* sol yang pendek. Sol ini digunakan untuk mengatasi masalah pada kaki bagian tengah untuk penderita *Charcot foot deformity*.



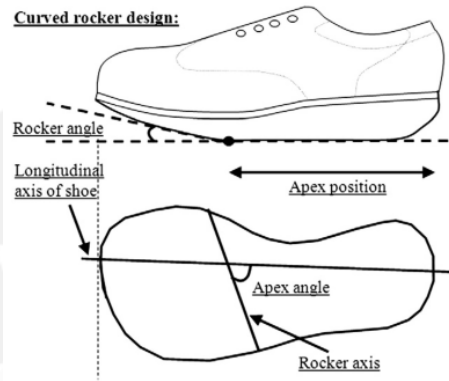
**Gambar 2.3. Jenis Jenis *Rocker Sole***

(Sumber: Janisse, 2006)

Geometri *rocker sole* dipengaruhi oleh tiga faktor yaitu sudut apeks, posisi apeks, dan sudut ayunan. Chapman dkk (2013) merekomendasikan nilai optimal parameter untuk membuat *rocker sole* adalah dengan sudut apeks sebesar 95°, posisi apeks 60% dari total panjang kaki, dan sudut ayunan sebesar 20°. Sumbu ayunan merupakan garis teoritis saat bagian bawah sol mulai melengkung ke



atas. Sumbu ini dapat diubah bentuk dan kemiringannya dan mempengaruhi posisi apeks dan sudut apeks. Bentuk ini dapat mengikuti pola bagian metatarsal atau bola kaki.



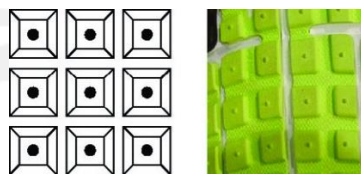
**Gambar 2.4. Parameter Rocker Sole**

(Sumber : Chapman dkk, 2013)

Promjun dan Sahachaisaeree (2012) menggolongkan *tread outsole* ke dalam lima jenis yaitu:

a. *waffle*

Pola ini berbentuk seperti *waffle* dan digunakan untuk pergerakan maju, kekuatan, dan ikatan pada permukaan sol. Tipe ini sering dijumpai dalam sepatu lari.

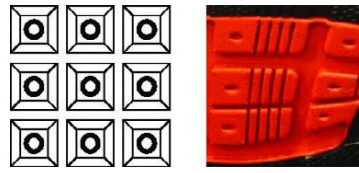


**Gambar 2.5. Waffle Tread**

(sumber : Promjun dan Sahachaisaeree (2012))

b. *Waffle fill*

Tipe ini memiliki fungsi dan bentuk mirip tipe *waffle*. Perbedaannya adalah pada tipe *waffle fill* terdapat *carbon rubber* pada setiap pola kotak.

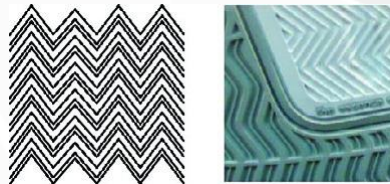


**Gambar 2.6. Waffle fill Tread**

(sumber : Promjun dan Sahachaisaeree (2012))

*c. Herringbone*

Tipe ini berbentuk garis zig-zag dan digunakan untuk menempel pada permukaan, pergerakan, perhentian tiba-tiba (menghindari terpeleset), dan berputar.



**Gambar 2.7. Herringbone Tread**

(sumber : Promjun dan Sahachaisaeree (2012))

*d. Hybrid*

Tipe ini merupakan gabungan dari beberapa pola. Tipe ini berfungsi untuk pergerakan dan penempelan pada permukaan.

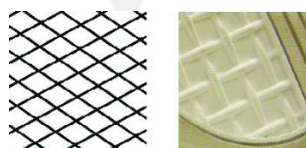


**Gambar 2.8. Hybrid Tread**

(sumber : Promjun dan Sahachaisaeree (2012))

*e. Texturized outsole*

Tipe ini berbentuk gabungan garis-garis lurus dan banyak digunakan pada sepatu jalan dan aerobik.



**Gambar 2.9. Texturized Tread**

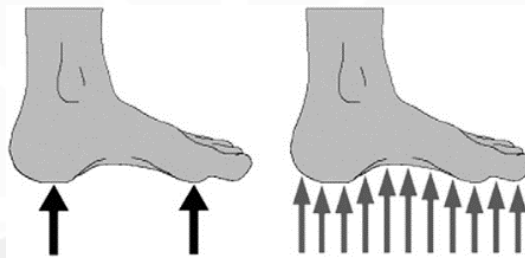
(sumber : Promjun dan Sahachaisaeree (2012))

### 2.2.3. Orthotic

*Orthosis* berasal dari kata dalam bahasa Yunani “*ortho*” yang berarti lurus atau benar. Kata *orthosis* biasa digunakan untuk menjelaskan alat yang digunakan untuk mempengaruhi atau mengganti karakteristik fungsional maupun struktural dari sistem *neuromusculoskeletal* ( Redford JB, 1995). *Foot orthotic* merupakan alat fungsional yang didesain untuk memperbaiki dan mengoptimalkan fungsi kaki. (Ciobanu, dkk., 2012)

Terdapat tiga jenis *foot orthotic* yang dikemukakan Ciobanu dkk (2012) yaitu:

- Custom made orthotic* yang dibuat secara manual atau dengan bantuan teknologi CAD/CAM
- Customizable orthotic* yaitu *insole* fleksibel yang dapat dipanaskan untuk menyesuaikan bentuknya
- Prefabricated orthotic* yaitu *insole* yang sudah tersedia di rumah sakit atau internet seperti sepatu pada umumnya



**Gambar 2.10. Perbedaan distribusi tekanan antara sepatu biasa ( kiri) dengan orthosis ( kanan)**

(sumber: Janisse, 2006)

Menurut Janisse dkk (2006) *foot orthoses* dapat dibentuk lewat tiga cara antara lain

- Foam box*

Data kaki pasien dicetak dalam sebuah kotak sehingga membentuk sebuah cetakan kaki. Cetakan yang terbentuk dari kaki pasien kemudian digunakan untuk membuat replika dari kaki pasien.



**Gambar 2.11. Foam Box Kaki**

b. *Plaster cast*

*Paster cast* diaplikasikan ke kaki pasien dengan kaki tergantung sehingga menghasilkan sebuah “cangkang” yang dapat digunakan untuk membuat replika kaki pasien.

c. *CAD/ CAM*

Kaki pasien didapat dari hasil proses *scanning* sehingga didapatkan sebuah model digital. Informasi yang didapat kemudian digunakan untuk proses permesinan sepatu. Cara ini merupakan cara yang paling cepat, kurang dari seminggu.

#### **2.2.4. Handy SCAN 700**

Teknologi *3D scanning* merupakan proses analisis sebuah objek atau lingkungan dengan mengumpulkan data bentuk dan terkadang tekstur/ warna untuk membuat model 3D digital. Alat yang digunakan disebut *3D scanner*.

Terdapat dua jenis *3D scanner* yaitu kontak dan non- kontak. Kontak *3D scanner* memiliki ketelitian tinggi, menggunakan *probe*, *3D scanner* menempel pada benda, menghasilkan *output* berupa *point cloud*, dan sensitif terhadap lingkungan (getaran, perubahan posisi, dan suhu). Nonkontak *3D scanner* menghasilkan *output* berupa *point cloud* dan STL (hanya dapat dilakukan *3D scanner* Creafom), tidak sensitif terhadap getaran, *3D scanner* tidak menempel pada benda, menggunakan teknologi cahaya putih atau laser, proses pengambilan data lebih cepat, dan penggunaan laser mampu menghasilkan tingkat ketelitian hingga 5 mikron.

HandySCAN 700 merupakan *3D scanner* non kontak yang dikeluarkan oleh perusahaan Creafom dari Canada. *3D Scanner* ini menggunakan teknologi laser

untuk mengambil data bentuk benda. *3D Scanner* ini dilengkapi dengan dua kamera dan tujuh buah jenis laser. *3D Scanner* ini dilengkapi dengan teknologi *single laser* sehingga mampu menjangkau celah kecil.

Vx Element merupakan *software* yang disediakan untuk menangkap data *3D scanning* secara langsung (*real time*) dari *3D scanner* Creafom pada komputer. *Software* ini terdiri dari modul Vx Element, Vx Inspect, dan Vx Model. Vx Element digunakan untuk mengambil data *3D scanning* dan melakukan pengolahan pada proses *scanning*, Vx Element digunakan untuk melakukan inspeksi, dan Vx Model digunakan untuk *mesh editing*.



**Gambar 2.12. Handy SCAN 700**

(Sumber : Creafom Metrology Science)

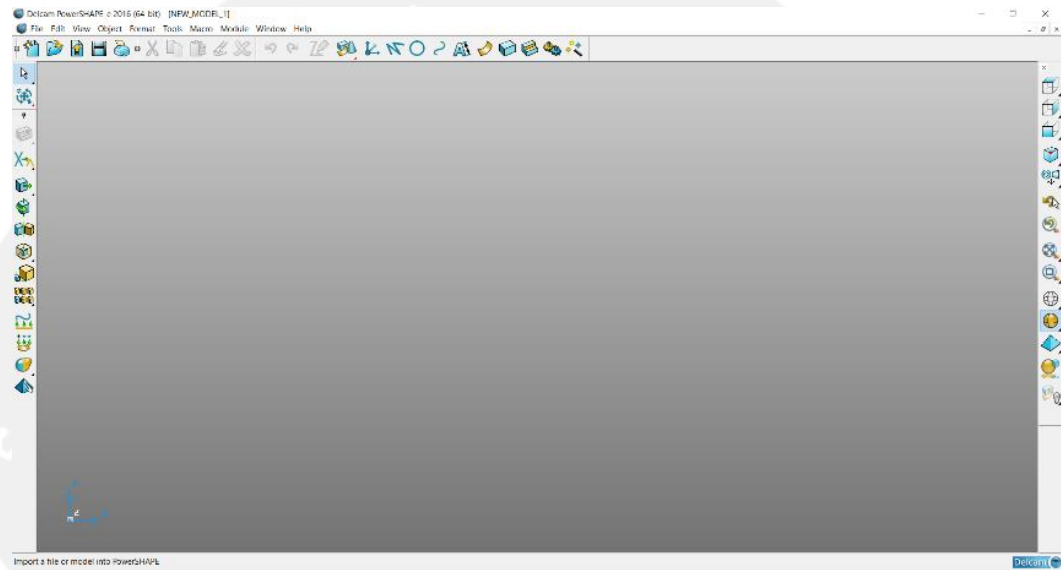
#### **2.2.5. STL (*Standard Tessellation Language*)**

*Standard Tessellation Language* merupakan jenis format penyimpanan gambar 3D yang dibuat oleh *3D System*. STL juga dikenal dengan *Stereolithography*. STL banyak digunakan dalam bidang CAD, CAM, CAE, dan *rapid prototyping* terutama sebagai input kebanyakan *3D printer*. STL dapat dideskripsikan sebagai *triangular surface* yang belum terstruktur dari sebuah *triangle* yang menggunakan koordinat Cartesian 3 dimensi. (Ciobota, 2012).

STL berbentuk geometri permukaan sebuah objek tanpa warna dan tekstur dengan koordinat positif; volume STL dapat dihitung; dan dapat langsung digunakan dalam *Rapid Prototyping*. STL berbeda dengan *point cloud* yang merupakan set data berupa titik-titik dari sebuah benda 3D; tidak dapat langsung digunakan dalam RP; tidak memiliki permukaan; dan volumenya tidak dapat dihitung.

### 2.2.6. PoweSHAPE 2016

PowerSHAPE merupakan software desain CAD yang dikembangkan oleh PT. Delcam. PowerSHAPE memungkinkan pengguna untuk melakukan desain gambar 3D dalam bentuk *wireframe*, *surface*, maupun *solid*. PowerSHAPE mampu mengimpor file dalam format STL sehingga dapat digunakan untuk membuka gambar hasil *scanning*. PowerSHAPE memiliki fungsi *mesh editing* yang dapat digunakan untuk mengolah *mesh file*.



**Gambar 2.13. User Interface PowerSHAPE 2016**

Dalam proses desain *outsole*, fungsi- fungsi utama yang digunakan dalam PowerSHAPE antara lain.

a. *Wireframe Modeling*

Fitur ini digunakan untuk membuat dan melakukan pengolahan garis 2 dimensi sebagai bentuk pola dasar gambar 3D.

b. *Surface Modelling*

Fitur ini digunakan untuk membuat gambar CAD dalam bentuk *surface*.

c. *Solid Modelling*

Fitur ini digunakan untuk membuat gambar CAD dari produk *orthotic outsole*

d. *Triangle Modelling*

Fitur ini dilakukan untuk mengolah *3D mesh STL*.

Fungsi tambahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain.

a. *Comparison Analysis*

Fitur ini digunakan untuk memetakan besar penyimpangan yang terjadi antara hasil *scan* dengan hasil RE dalam warna. Fitur ini mulai ditambahkan pada

PowerSHAPE 2015 64 bit dan hanya dapat dilakukan jika *user* memiliki lisensi PowerSHAPE Pro.

*b. Solid editing menu*

Fitur ini digunakan untuk mengolah *solid* seperti membuat radius dan membuat bentuk dasar *outsole* dengan menu *extrusion*, menggabungkan, dan memotong *solid*.

*c. Create a solid wrap feature*

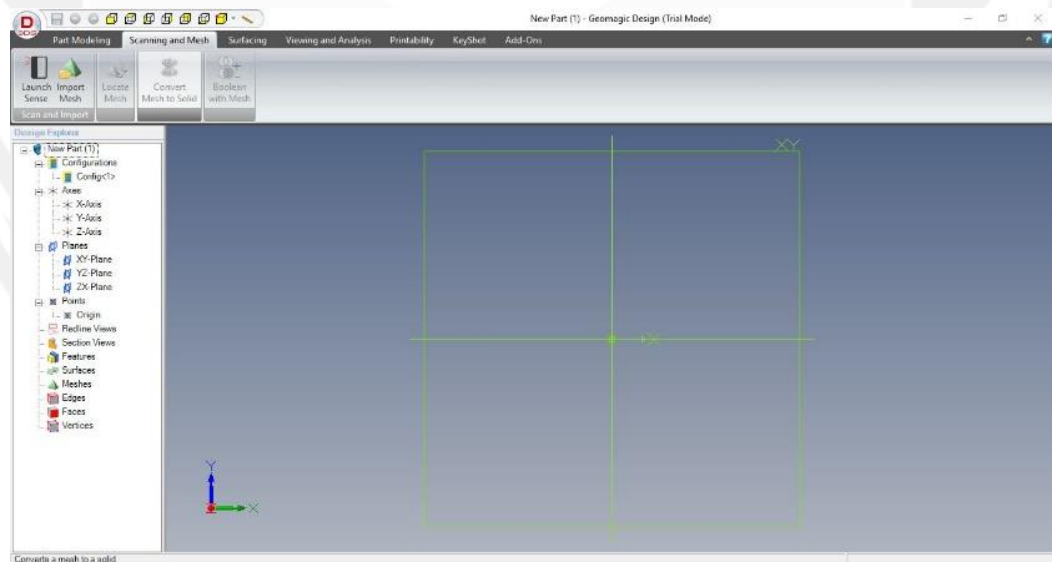
Fitur ini digunakan dalam proses penempelan *tread* ke bagian bawah sol sehingga *tread* mengikuti kontur bawah dari sol yang dibuat.

*d. Annotation*

Fitur ini digunakan untuk memberikan dimensi pada gambar kerja

### 2.2.7. Geomagic X 2016

Geomagic merupakan *software* CAD buatan 3D System Amerika. Geomagic Studio menyediakan fungsi *scan and edit*, *create exact surface*, *generate polygon*, dan *create parametric surface*. Pada penelitian ini fungsi yang digunakan adalah *convert mesh to solid* yang digunakan untuk membentuk *surface* secara *otomatis* dari hasil *scan* kaki yang didapat. ([www.geomagic.com](http://www.geomagic.com))

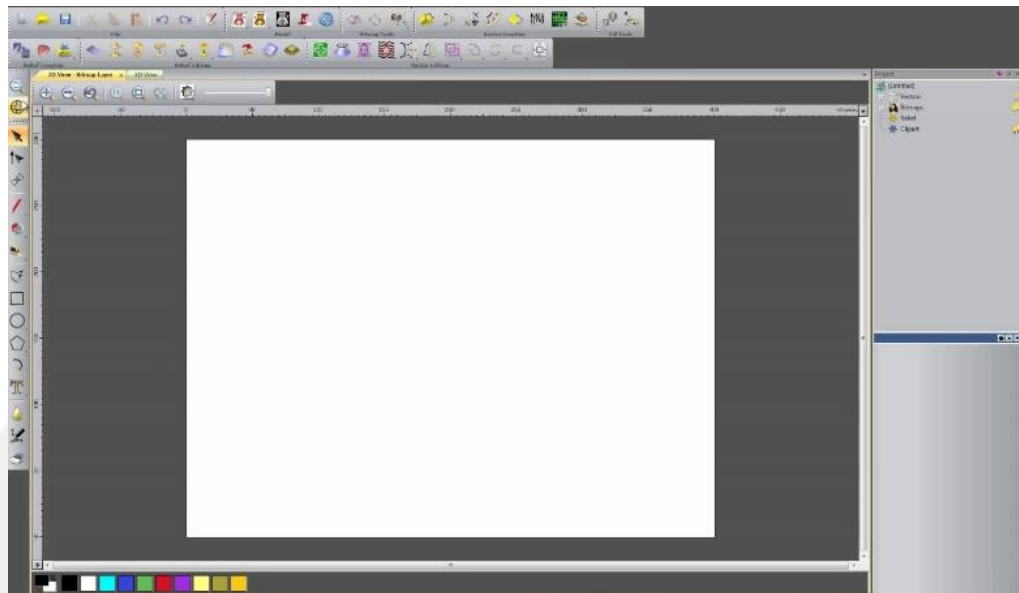


**Gambar 2.14. Tampilan Geomagic**

### 2.2.8. ArtCAM 2015 R2

ArtCAM merupakan *software* yang dikeluarkan oleh Delcam. *Software* ini ditujukan untuk pembuatan bentuk artistik seperti perhiasan dan bentuk- bentuk dengan kontur khusus yang sulit dibentuk dengan PowerSHAPE. Pada dasarnya

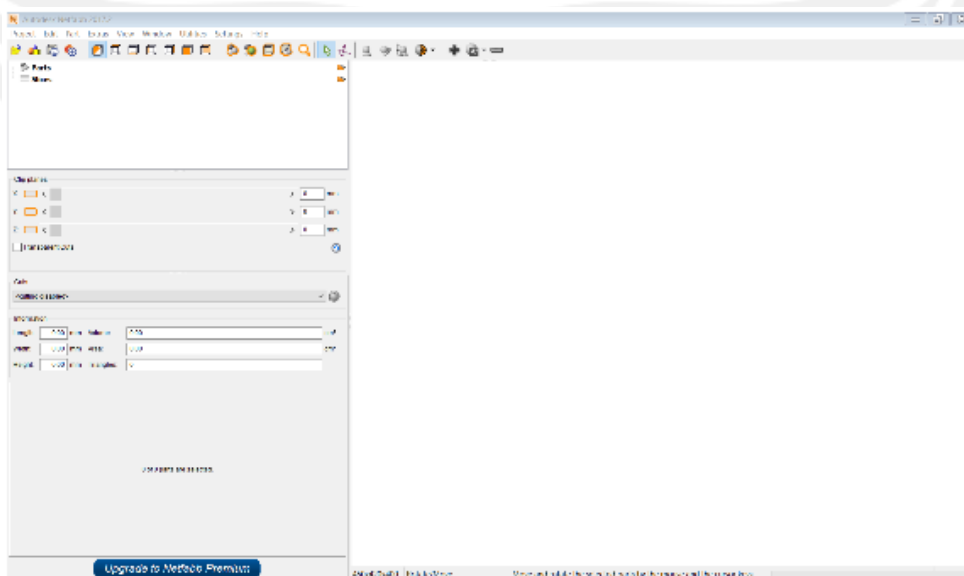
software ini membentuk relief dari vektor atau gambar bitmap. Dalam program ini fitur yang digunakan adalah fitur pembuatan garis dan relief.



**Gambar 2.15. Tampilan ARTCAM 2015**

### 2.2.9. Autodesk Netfabb 2017

Autodesk Netfabb merupakan program yang dikeluarkan oleh Autodesk. Netfabb digunakan untuk melakukan perbaikan dan mengoptimalkan *STL file* sebelum dimasukkan ke dalam mesin *3D printer*. Perbaikan perlu dilakukan untuk memastikan bahwa tidak terjadi kegagalan saat file dimasukkan ke dalam perangkat mesin.



**Gambar 2.16. Netfabb 2017**



### **2.2.10. Computer Aided Design (CAD)**

*Computer Aided Design (CAD)* atau desain berbasis komputer merupakan proses pembuatan dan optimalisasi dari desain secara teknik menggunakan komputer sebagai alat. Pembuatan desain, RE, dan *3D scanning* tergolong ke dalam CAD. CAD menyediakan fitur- fitur yang mampu mempercepat proses pembuatan produk, pengendalian kualitas, pengurangan biaya melalui pengurangan proses *rework* secara manual dan perbaikan kualitas produk.

### **2.2.11. Reverse Engineering**

*Reverse engineering* merupakan sebuah metode untuk mendapatkan model CAD dari model fisik. (Shashank Alai, 2013). Creaform Metrology Science menyatakan RE sebagai proses membuat model 3D virtual dari bentuk yang sudah ada dengan tujuan duplikasi dan atau perbaikan. Tahap utama RE menurut Bagci (2009) terdiri dari digitalisasi dari benda, pemrosesan data, *re-design* produk dan *solid modelling*, pemrograman *NC part*, dan permesinan produk. *Reverse engineering* dibutuhkan pada pembuatan data 3D CAD sebuah produk yang tidak memiliki gambar teknik ataupun dokumentasi dan pada produk yang membutuhkan penyesuaian bentuk. Pembentukan model 3D membutuhkan data digital produk yang diperoleh melalui teknologi *3D scanner* (CMM, *laser scanner*, atau *structured light scanner*). Terdapat tiga strategi pemodelan RE yang diungkapkan Ye dkk (2008) yaitu:

#### **a. Automatic surface modelling**

Metode ini digunakan untuk RE bentuk alami yang kompleks seperti mainan, relief, dan bentuk medis seperti organ manusia/ hewan, tulang, dan pembuluh darah. Metode ini dilakukan dengan mengambil *surface* secara otomatis dari *mesh* yang didapat

#### **b. Featured-based solid modelling**

Metode ini merupakan metode yang penting dan paling banyak digunakan. Pada metode ini *mesh* dibagi ke dalam bagian- bagian yang disebut dengan *submeshes*. *Submeshes* kemudian dianalisis bentuknya berdasarkan fitur- fitur CAD untuk direkonstruksi ulang.

#### **c. Curve based modelling**

Metode ini digunakan untuk merekonstruksi ulang model 3D CAD dengan akurasi tinggi. Kurva memiliki peran penting dalam desain produk. Kurva diambil dari *mesh* secara otomatis atau menggunakan fitur sket. Hasil kurva kemudian diubah

menjadi *surface*. Hasil dari metode ini merupakan *surface* yang direkonstruksi dengan tingkat akurasi tinggi.

### 2.2.12. Color Mapping

*Color Mapping* (pemetaan warna) atau *accuracy validation* atau *comparison analysis* merupakan alat baru yang digunakan dalam bidang CAD *Quality Control*/ inspeksi berbasis CAD. *Color Map* dapat digunakan untuk membandingkan penyimpangan ukuran dari dua objek 3D dalam CAD.

*Color mapping* menampilkan gradasi warna pada bagian dari sebuah gambar 3D. Masing- masing warna memiliki arti dan menunjukkan ukuran tertentu. Warna hijau menunjukkan tidak adanya perbedaan ukuran/ perbedaan ukuran kecil; warna kuning hingga merah menunjukkan penambahan nilai ukuran; dan warna biru menunjukkan pengurangan nilai ukuran. Dimensi pada *color mapping ruler* dapat berbeda- beda alam setiap pengujian yang dilakukan.



**Gambar 2.17. Warna dalam Color Mapping**

Pada umumnya *color mapping* dilakukan untuk membandingkan referensi RE ( *3D mesh*) dengan hasil RE untuk mengetahui penyimpangan yang terjadi. Hal ini dilakukan karena proses RE pada dasarnya tidak bisa sama persis dengan objek fisik yang ada diakibatkan deformasi objek dan kapasitas perangkat yang digunakan. Beberapa perusahaan menggunakan alat ini untuk melihat deformasi produk yang terjadi selama proses manufaktur dengan membandingkan produk jadi dengan data CAD awal. Dengan kata lain *color mapping* digunakan sebagai alat validasi bahwa hasil RE dan *3D mesh* tidak menyimpang melebihi toleransi yang ditetapkan.



Source: Creaform Metrology Services

**Gambar 2.18. Contoh color mapping**

(sumber: Creaform Metrology Science)

### **2.2.13. Rapid Prototyping**

*Rapid Prototyping (Additive manufacturing/ 3D printing)* merupakan teknologi untuk membentuk sebuah objek menggunakan data 3D CAD dengan cara menambahkan ukuran material dengan menumpuk material *layer per layer*. Teknik pertama dari RP adalah STL. RP dapat digunakan untuk membuat master cetakan alat dalam industri *molding* dan *prototype* produk. Pada beberapa kasus RP dapat digunakan untuk membentuk produk jadi dengan material yang kuat. RP tergolong *Computer Aided Manufacturing (CAM)* yaitu proses realisasi desain menggunakan bantuan komputer dalam rantai produksi. RP bergantung pada kualitas produk yang diinginkan, ukuran produk, mekanik mesin, dan material yang digunakan.

### **2.2.14. Objet EDEN 350 V**

Objet EDEN 350 V adalah mesin *3D printer* yang dikeluarkan oleh Stratasys. Mesin ini menggunakan teknologi *polyjet* yang memungkinkan pengeluaran material dengan tebal *layer* hingga 16 mikron. Mesin ini memiliki tingkat akurasi dari 0,1 mm hingga 0,3 mm tergantung pada geometri, orientasi, dan ukuran produk. Mesin ini memiliki *tray* sebesar 350 x 350 x 200 mm.

### Technical Specifications

Layer Thickness (Z-axis)

Horizontal build layers down to 16-micron

Tray Size (X×Y×Z)

350×350×200 mm

Net Build Size (X×Y×Z)

340×340×200 mm

Build Resolution

X-axis: 600 dpi

Y-axis: 600 dpi

Z-axis: 1600 dpi

Printing Modes

Eden350: High Quality (HQ): 16-micron

Eden350V: High Quality (HQ): 16-micron High

Speed (HS): 30-micron

Typical Accuracy

20-85um for features below 50mm

Up to 200um for full model size

(for rigid materials only, depending on geometry,

build parameters and model orientation)

Material Supported

• Objet FullCure®720: transparent material

• Objet VeroClear: transparent clear material

• Objet Vero family: rigid opaque material

• Objet DurusWhite: polypropylene-like material

• Objet Tango family: rubber-like material

• Objet RGD525: high temperature resistant material

Support Type

• Objet FullCure®705 Support

• Non-toxic gel-like photopolymer support

easily removed by WaterJet

Materials Cartridges

Eden350: Sealed 2×3.6 kg cartridges

Eden350V: Sealed 4×3.6 kg cartridges

Automatic switching between cartridges

Easily and instantly replaced through a

front-loading door

Power Requirements

110 – 240 VAC 50/60 Hz

1.5 KW single phase

Machine Dimensions (W×D×H)

1320×990×1200 mm

Machine Weight

Net 410 kg

Gross (in crate) 500 kg

Software

Objet Studio™ features:

• Optimax-printing optimum package

• Suggested build orientation and speed, auto-placement

• Automatic real time support structure

generation

• Slice on the fly

• PolyLog™ Materials Management

• Network version

Input Format

STL and SLC File

Operational Environment

Temperature 18 – 25 °C

Relative Humidity 30 – 70%

Special Facility Requirements- None

Jetting Heads

SHR (Single Head Replacement), 8 units

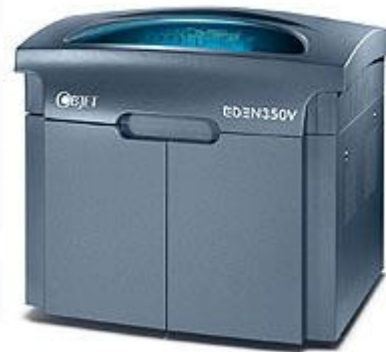
Network Communication

LAN – TCP/IP

Compatibility

Windows XP, Windows 2000

\*All specification are subject to change without notice



**Gambar 2.19. Mesin EDEN 350 V dan Spesifikasi**

(sumber: <https://www.mcad.com/3d-printing/objet-eden-printers/eden-350v/>)

Mesin ini dapat diisi dua buah material dan dua buah *support* berukuran masing-masing 3,6 kg. Mesin ini dapat menggunakan material VeroBlue, VeroWhitePlus, VeroBlack, TangoGray, TangoBlack, TangoBlackPlus, FullCure720 Transparent, dan FullCure Support.

RIGID OPAQUE MATERIALS					
VEROPUREWHITE RGD837, VEROGRAY RGD850, VEROBBLACKPLUS RGD875, VEROWHITEPLUS RGD835, VEROYELLOW RGD836, VEROCYAN RGD841, VEROMAGENTA RGD851					
	ASTM	UNITS	METRIC	UNITS	IMPERIAL
Tensile strength	D-638-03	MPa	50-65	psi	7250-9450
Elongation at break	D-638-05	%	10-25	%	10-25
Modulus of elasticity	D-638-04	MPa	2000-3000	psi	290,000-435,000
Flexural Strength	D-790-03	MPa	75-110	psi	11000-16000
Flexural Modulus	D-790-04	MPa	2200-3200	psi	320,000-465,000
HDT, °C @ 0.45MPa	D-648-06	°C	45-50	°F	113-122
HDT, °C @ 1.82MPa	D-648-07	°C	45-50	°F	113-122
Izod Notched Impact	D-256-06	J/m	20-30	ft lb/inch	0.375-0.562
Water Absorption	D-570-98 24hr	%	1.1-1.5	%	1.1-1.5
Tg	DMA, E*	°C	52-54	°F	126-129
Shore Hardness (D)	Scale D	Scale D	83-86	Scale D	83-86
Rockwell Hardness	Scale M	Scale M	73-76	Scale M	73-76
Polymerized density	ASTM D792	g/cm <sup>3</sup>	1.17-1.18		
Ash content VeroGray, VeroWhitePlus	USP281	%	0.23-0.26	%	0.23-0.26
Ash content VeroBlackPlus	USP281	%	0.01-0.02	%	0.01-0.02

**Gambar 2.20. Spesifikasi Material Verowhite**

(sumber: Stratays *Datasheet*)