

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Pada bagian ini akan dijelaskan keterkaitan antara penelitian yang dilakukan penulis dengan beberapa penelitian-penelitian sebelumnya. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan keterbaharuan atau *stage of the art* dari penelitian ini.

2.1.1. Penelitian Sebelumnya

Shih-Wen Hsiao dkk (2003) dalam jurnal "*A reverse engineering based approach for product form design*" menggunakan RE untuk membuat produk 3D model berdasarkan idenya menggunakan material *polyurethane* atau *polystyrene foam*. Data titik pada permukaan produk kemudian diukur menggunakan perangkat non-kontak 3D *Scanner* dan *point cloud* dengan 30 potongan melintang terhadap produk tersebut. Bentuk baru yang dihasilkan dengan dua model produk yang berbeda menggunakan teknik bentuk *blending/morphing*. Inti dari penelitian ini Shih-Wen Hsiao ingin memberikan solusi pada proses perancangan agar dapat menghasilkan produk yang sesuai dengan tuntutan pelanggan dan dalam waktu yang lebih singkat.

K.W. Tam dkk (2007) dalam jurnal "*Thermoforming mould design using a reverse engineering approach*" menggunakan RE untuk meningkatkan efisiensi dalam perancangan dan pembuatan cetakan *thermoforming* pada industri kecil dan menengah (UMKM) di Pearl River Delta (PRD) wilayah China Selatan yang memiliki keterbatasan sumberdaya. Penelitian ini mengembangkan mesin digital *pin-array* karena terjangkau oleh industri kecil dan menengah. Tujuan penelitian ini adalah industri kecil dan menengah dikawasan PRD dipermudah dalam perancangan dan pembuatan cetakan menggunakan teknologi CAD/CAM dalam memahami struktur cetakan *thermoforming*. Penelitian ini juga menjelaskan bagaimana fungsi "*draw-ratio*" dapat digunakan untuk memeriksa sifat mampu bentuk dari permukaan model produk *mouse*.

Oancea dkk (2013) melakukan penelitian berjudul "*Computer Aided Reverse Engineering System Used for Cutomized Products*". Sistem *Computer Aided Reverse Engineering* (CARE) digunakan untuk proses mendesain baru atau mendesain ulang produk ketika dokumen-dokumen teknik tidak tersedia, seperti gambar teknik. Penelitian ini menjelaskan tentang pengaturan sistem CARE

dalam *Manufacturing Engineering Department* di *Transilvania University of Brasov*, dan beberapa studi kasus dalam mengembangkan sistem produksi di industri dan non-industri. Beberapa produk dalam penelitian ini yaitu sepatu kayu hasil buatan tangan, mainan anak, dan lain-lain. Penelitian ini juga menjelaskan tahapan reverse engineering dari proses *scanning* sampai proses *manufacturing*.

Baban dkk (2015) dalam jurnal "*A reverse engineering approach for the products development*" berhasil menggunakan RE pada produk Flens. Pendekatan ini dilakukan berdasar pada proses *scanning* produk awal, diikuti dengan *re-design*, pembuatan produk menggunakan *3D printer* dan melakukan inspeksi kualitas dari produk yang didisain ulang tadi. Flens dipindai menggunakan *3D scanner* menghasilkan data *3D Mesh*, kemudian dilakukan proses *re-design* menggunakan *software ShiningForm 64*, gambar hasil *re-design* diekspor dengan format *STL* agar dapat terbaca di *3D printer*. Proses inspeksi dilakukan dengan membandingkan *3D mesh* dengan gambar hasil *re-design* menggunakan *software ShiningForm XOV*.

PW Anggoro dkk (2015) dalam jurnal "*Reverse engineering technology in redesign process ceramics: application for CNN plate*" menggunakan RE untuk mengubah profil dan dimensi piring di PT. Doulton. Material keramik pada *CNN plate* adalah *Low Sag* yang masih dalam tahap pengembangan sedangkan material keramik *standard piece* produk tersebut adalah *Bone China*. Pada proses pembuatan hingga pembakaran dengan menggunakan cetakan yang sama terjadi perbedaan profil dan dimensi dari *standar piece* di bagian rim. PW Anggoro dkk berhasil menggunakan RE dalam mengatasi perbedaan profil dan dimensi tersebut agar sesuai dengan *standar pieces*. Penerapan RE yang dilakukan Sujatmiko dari proses mendapatkan *point-cloud* menggunakan *CMM* hingga *re-design* untuk mendapatkan data *2D CAD* untuk memodifikasi cetakan.

Beberapa Tugas Akhir tentang *reverse engineering* juga sudah dilakukan di Universitas Atma Jaya Yogyakarta, diantaranya dapat dilihat dibawah ini :

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 di 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.

Remmy dkk (2017) melakukan penelitian berjudul “Pendekatan *Reverse Engineering* dari 3D *Meshes* ke 3D CAD/CAM pada *Miranda Kerr Tea for One Teapot* di PT. Doulton” dilakukan di PT. Doulton dan Laboratorium Proses Produksi Universitas Atma Jaya Yogyakarta untuk mendapatkan 3D CAD dan 3D CAM sebuah produk yang tidak memiliki dokumen gambar teknik. Penelitian menggunakan metode *RE* untuk mendapatkan data 3D CAD dan 3D CAM dari benda fisik dan membandingkan data 3D CAM yang dibuat di PT. Doulton dengan mesin CNC 4 *axis* dan di Laboratorium Proses Produksi Universitas Atma Jaya Yogyakarta dengan mesin CNC 3 *axis*.

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.

2.1.2. Penelitian Sekarang

Proses desain pola kemasan yang semula dibuat secara manual, dapat diefektifkan menggunakan sentuhan teknologi CAD/CAM dengan metode *Point Cloud*. Penelitian yang dilakukan K.W. Tam (2007), Marius Baban (2015), Oancea (2013), Remmy (2017) sebelumnya telah berhasil menguraikan bagaimana peran RE sangat bermanfaat terhadap pembuatan model yang tidak dilengkapi dengan data teknis sebelumnya.

Proses RE dapat dilakukan melalui beberapa metode berbeda, antara lain manual, *Point Cloud*, dan 3D *Scanning*. Metode *point cloud* mendigitalkan permukaan produk dengan inputan berupa titik-titik, sedangkan 3D *scanning* berupa *mesh*. Mengingat penelitian ini dilakukan menggunakan fasilitas yang ada di Laboratorium Proses Produksi, maka metode yang dipilih adalah metode *point cloud* menggunakan mesin Roland Modeler MDX-20. Mesin ini digunakan untuk mendapatkan data 3D produk Cangklong dengan dimensi standar yang nantinya dijadikan sebagai referensi pembuatan cetakan *thermoforming*. *Output* berupa *wireframe* yang kemudian diubah menjadi *surface* ataupun *solid*. Data ini kemudian disimpan dalam format STL.

Perbandingan antara penelitian sebelumnya dan penelitian sekarang ditampilkan dalam Tabel 2.1. Tahapan penelitian dapat dilihat pada metodologi penelitian di BAB 3.



Tabel 2. 1. Perbandingan antara Penelitian Sebelum dan Sekarang

Penulis	Judul	Pengumpulan Data	Alat	Tujuan	Data	Output
Shih-Wen Hsiao dkk (2003)	<i>A reverse engineering based approach for product form design</i>	Kontak	<i>Point cloud</i>	solusi proses perancangan produk yang efektif	<i>polyurethane</i> dan <i>polystyrene foam</i>	Metode
K.W. Tam dkk (2007)	<i>Thermoforming mould design using a reverse engineering approach</i>	Kontak	<i>Pin Array Digitising</i>	Pemahaman struktur dan sifat mampu bentuk mould thermoforming	Objek fisik produk "mouse"	Metode
Oancea dkk (2013)	<i>Comuter aided reverse engineering system used for customized products</i>	Kontak	CMM	Investigasi	Objek fisik	Konsep
Marius Baban dkk (2015)	<i>A reverse engineering approach for the products development</i>	Non kontak	CMM	Desain ulang produk hingga inspeksi	Objek fisik berupa flens	3D CAD
Ivan Sujatmiko dkk (2015)	<i>Reverse engineering technology in redesign process ceramics: application for CNN plate</i>	Kontak	CMM	Mendesain ulang bagian rim pada CNN plate.	CNN <i>plate</i> dari <i>Low Sag Body</i> dan <i>Bone Chine Body</i> .	3D CAD

Tabel 2. 2. Lanjutan

Penulis	Judul	Pengumpulan Data	Alat	Tujuan	Data	Output
Luna Lamandau (2015)	Reverse Engineering Approach In Making Emirates Plate (Dia-25cm) Design At Pt Doulton	Kontak	CMM	Design new product	Emirate Large Plate Ø 25 cm technical drawing and existing product	3D CAD
Andreas Remmy (2017)	Pendekatan <i>Reverse Engineering</i> dari 3D Meshes ke 3D CAD/CAM pada <i>Miranda Kerr Tea for One Teapot</i> di PT. Doulton	Kontak	CMM	Desain ulang produk hingga inspeksi	Physical object <i>Miranda Kerr Tea for One Teapot</i>	3D CAD
Bonfilio Febri P. (2017)	Pendekatan <i>Reverse Engineering</i> untuk Pembuatan Pola Kemasan di CV. Alino Meniti Karya.	Kontak	Point Cloud (Roland Modela MDX-20)	Desain produk baru, pola kemasan, dan perbandingan waktu pembuatannya.	RP Model Produk Cangklong, Pola kemasan, waktu pembuatan	3D CAD

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Delcam

Delcam merupakan perusahaan penyedia *software* CAD/CAM yang berasal dari Inggris, dimana produk yang dihasilkan sangat bermanfaat bagi industri manufaktur di seluruh dunia. Perusahaan ini berdiri secara resmi pada tahun 1977, dengan pengembangan awal di Cambridge University, Inggris. Delcam menjadi perusahaan terbesar yang mengembangkan *software* perancangan produk dan manufaktur di Inggris, dengan cabang-cabang perusahaan hampir di seluruh benua termasuk Amerika, Eropa, dan Asia. *Software* Delcam telah digunakan oleh lebih dari 15.000 perusahaan industri dan institusi yang tersebar di 80 negara. Produk Delcam cukup lengkap karena menyediakan kebutuhan konsumen untuk mendapatkan sumber data yang spesifik dalam hubungannya dengan *template*, *macos*, dan *visual basic programming*. Delcam juga menyediakan program individual kepada perusahaan untuk meningkatkan *system performance* yang sudah ada dengan menghilangkan *bottleneck* pada proses desain dan manufaktur.

Produk Delcam yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah : *PowerShape* versi 2014. *Software* CAD *PowerShape* memiliki kemampuan untuk merancang dan menganalisis bentuk kompleks dengan kualitas permukaan yang tinggi. Fitur-fitur yang terdapat didalamnya adalah *PS-Drafts* (untuk membuat gambar detail), *PS-Mold* (untuk membuat mold tool), *PS-Electrode* (untuk merancang elektoda dari material solid), *PS-Assembly* (untuk memvisualisasikan proses perakitan komponen), dan *PS-Render* (untuk menampilkan gambar produk dengan kualitas visual terbaik).

2.2.2. Rapid Prototyping

Rapid Prototyping (RP) merupakan metode-metode yang digunakan untuk membuat model berskala kecil (prototipe) mulai dari bagian suatu produk (*part*) ataupun rakitan produk (*assembly*) secara cepat dengan menggunakan data 3D *Computer Aided Design* (CAD). *Rapid Prototyping* memungkinkan visualisasi suatu gambar tiga dimensi menjadi benda tiga dimensi asli yang mempunyai volume. Produk-produk RP juga dapat digunakan untuk menguji suatu part tertentu baik secara dimensi maupun fungsionalnya. Metode RP ditemukan pertama kali pada tahun 1986 di California, USA yaitu dengan metode *Stereolithography*. Penemuan metode tersebut memicu perkembangan berbagai

metode lainnya yang memungkinkan pembuatan prototipe dilakukan secara cepat.

Pembuatan prototipe menjadi syarat tersendiri pada beberapa perusahaan dalam upaya untuk menyempurnakan produknya. Beberapa alasan mengapa rapid *prototyping* sangat berguna dan diperlukan dalam dunia industri adalah:

- a. Meningkatkan efektivitas komunikasi di lingkungan industri atau dengan konsumen.
- b. Meminimalkan kesalahan-kesalahan produksi yang dapat mengakibatkan tingginya biaya produksi.
- c. Mengurangi waktu pengembangan produk.
- d. Memperpanjang *cycle-life* produk misalnya dengan menambahkan beberapa komponen fitur atau mengurangi fitur yang tidak diperlukan dalam desain.

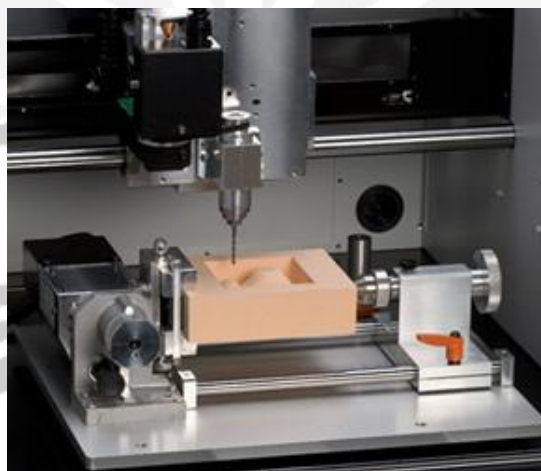
Metode RP efektif mengurangi waktu pengembangan produk dengan memberikan kesempatan suatu perusahaan untuk mengoreksi terlebih dahulu produk yang akan dibuat. Seorang *product designer* dapat mengoreksi beberapa kesalahan atau ketidaksesuaian dalam desain ataupun memberikan modifikasi perbaikan dalam penyempurnaan produknya dari hasil analisis prototipe-nya. Tren yang berkembang dalam dunia industri adalah pengembangan variasi produk, peningkatan kompleksitas produk, peningkatan umur pakai produk, penurunan biaya produksi, dan minimalisasi waktu pengiriman.

Rapid Prototyping secara umum terdiri dari dua tipe yaitu *Additive Prototyping* dan *Subtractive Prototyping*. *Additive Prototyping* adalah teknik pembuatan produk dibangun dengan cara menambahkan material secara bertahap (*layer per layer*) sampai membentuk produk keseluruhan, aplikasi teknik ini digunakan pada teknologi *3D Printing*. *Subtractive Prototyping* adalah teknik pembuatan produk dengan cara merencanakan pergerakan *tool* untuk memotong benda kerja secara langsung untuk membentuk produk, aplikasi teknik digunakan pada teknologi *4-axis CNC Milling*.



Gambar 2. 6. Teknologi *Rapid Prototyping (3D Printing)*

(Sumber: www.pinterest.com)



Gambar 2. 7. Teknologi *Rapid Prototyping (4-axis cnc milling)*

(Sumber: www.qubic.com.au)

2.2.3. Reverse Engineering

RE adalah sebuah proses untuk mencari dan menemukan sistem teknologi, fungsi, dan operasi yang bekerja di balik suatu desain, komponen, atau objek melalui sebuah proses analisis yang mendalam pada setiap komponen struktur dari desain atau objek yang diteliti. Secara singkat dapat disimpulkan bahwa RE

adalah sebuah proses peng-ekstrakan informasi yang ada pada sebuah desain atau objek baik informasi dimensi ukuran, cara kerja atau bahkan informasi metode pembentukan desain.

K.W.Tam (2007), Marius Baban (2015), Oancea (2013) menggunakan RE untuk mendapatkan data 3D CAD tanpa menggunakan gambar teknik. Produk penelitian Marius Baban (2015) dimanufaktur berdasarkan data 3D CAM. Clara I. Lopez (2013) menggunakan RE untuk membandingkan dua desain gigi dengan metode implant yang berbeda. Metode RE dimanfaatkan oleh Clara dalam dunia medis, BIOCAD dan menggunakan CAE sebagai simulasi statis biomekanik.

RE adalah teknik yang menggunakan pendekatan berbeda untuk mendapatkan data karakteristik dari benda fisik yang tidak memiliki gambar dokumentasi atau model komputer yang tersedia. Data yang terkait dengan objek yang digunakan dalam proses reproduksi objek menggunakan peralatan manufaktur di bawah panduan atau kontrol komputer (Vinesh & Kiran, 2008). Proses RE digunakan dalam berbagai macam industri seperti otomotif, *aerospace*, kedokteran, arsitektur, dan sebagainya (Vinesh & Kiran, 2008), (Majstorovic et al., 2013), (Sokovic & Kopac, 2006). Dalam prakteknya, RE dapat digunakan dalam banyak situasi (Vinesh & Kiran, 2008), (Panchal, 2013):

- a. *Part* rusak dan produsen asli tidak mampu memproduksi *part* tersebut;
- b. Bentuk produk yang dihasilkan baik tetapi geometrinya harus ditingkatkan karena memiliki beberapa fitur yang buruk setelah pemakaian;
- c. Tidak adanya dokumentasi produk;
- d. Kustomisasi pakaian atau alas kaki;
- e. Mendapatkan data untuk membuat gigi tiruan atau bidang *surgical prosthetics*.
- f. Produk yang diproduksi dibandingkan dengan CAD model.
- g. Menganalisis produk pesiang;
- h. Dokumentasi arsitektur yang harus dibuat;
- i. Data tiga dimensi dari sebuah objek seni dihasilkan dan digunakan untuk menciptakan atau memperbanyak objek.

Saat ini RE dari sudut pandang industri dianggap sebagai salah satu teknik rekayasa yang menyediakan waktu yang singkat di siklus pengembangan produk (Vinesh & Kiran, 2008) dengan manfaat nyata pada kustomisasi produk. Hal ini

dapat juga digunakan dalam pengembangan produk cepat yang memungkinkan, di tahap akhir, fabrikasi dari produk industri yang berbeda dan peralatan seperti cetakan, *dies*, dan *press tools* (Sokovic & Kopac, 2013).

Dalam proses RE, langkah-langkah berikut yang harus dilakukan (Bagci, 2009): digitalisasi produk, proses untuk memperoleh data, melakukan pendekatan redesain permukaan produk, *machining* CNC untuk mendapatkan prototipe produk. Dalam literature, automasi proses RE dinamakan *Computer Aided Reverse Engineering* (CARE) dan berhubungan dengan *Computer Aided Engineering* (CAE) yang digunakan seperti di *Forward Engineering* (Vinesh & Kiran, 2008). Proses CAE adalah implementasi dari CAD, CAPP, dan CAM teknologi. Semua teknologi ini digunakan dalam *forward engineering* dimana proyek dimulai dari ide dan menggunakan sistem manufaktur yang kompleks untuk mendapatkan produk baru. Sistem manufaktur yang kompleks menggunakan *software* spesifik dan peralatan manufaktur yang digunakan dalam proses fabrikasi produk baru.

Point Cloud adalah kumpulan data titik dalam beberapa sistem koordinat tiga dimensi dimana titik-titik ini biasanya didefinisikan oleh koordinat X, Y, dan Z, dan seringkali dimaksudkan untuk mewakili permukaan luar suatu benda. *Point Cloud* dilakukan oleh alat *3D Scanner*. Perangkat ini mengukur sejumlah besar titik pada permukaan objek, dan seringkali menghasilkan *point cloud* sebagai file data. *Point Cloud* mewakili kumpulan titik yang diukur oleh mesin *3D Scanner*.

Point Cloud sebagai hasil proses *3D scanning* juga digunakan untuk berbagai tujuan, termasuk membuat model *3D CAD* untuk komponen manufaktur, inspeksi metrologi/kualitas, dan banyak visualisasi, animasi, rendering, dan aplikasi kustomisasi massal.

Levoy dan Whitted (1985), Rusinkiewicz dan Levoy (2000) menyatakan bahwa *point cloud* sendiri umumnya tidak dapat digunakan secara langsung dalam kebanyakan aplikasi *3D*, dan oleh karena itu diubah menjadi model *polygon mesh* atau *triangle mesh*, model *NURB surface*, atau model *CAD* melalui suatu proses yang biasa disebut *surface reconstruction*.

Salah satu penerapan di mana *point cloud* secara langsung dapat digunakan adalah metrologi industri atau inspeksi menggunakan tomografi industri. *Point cloud* dari bagian yang dibuat dapat disesuaikan dengan model *CAD*, dan dibandingkan untuk mengetahui perbedaannya. Perbedaan ini dapat ditampilkan

sebagai peta warna yang memberikan indikator visual penyimpangan antara bagian yang diproduksi dan model CAD. Dimensi geometris dan toleransi juga bisa diekstraksi langsung dari *point cloud*.

Terdapat tiga tahapan dasar proses RE yaitu :

Tabel 2.3. Tahapan Dasar Reverse Engineering

(Sumber: Vinesh Raja, Kiran J. Fernandes, 2008)

