

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

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

2.1.1. Penelitian Sebelumnya

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

Sujatmiko dkk (2015) dalam jurnal *Reverse engineering technology in redesign process ceramics: application for CNN plate* menggunakan RE dalam merubah 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. Sujatmiko 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 mendisain ulang untuk mendapatkan data 3D CAD untuk memodifikasi cetakan.

Oancea dkk (2013) melakukan penelitian berjudul “*Computer Aided Reverse Engineering System Used for Cutomized Products*”. Sistem *Computer Aided Reverse Engineering* (CARE) digunakan untuk proses mendisain baru atau mendisain ulang produk ketika dokumen-dokumen teknik tidak tersedia. 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 nonindustri. Beberapa produk dalam penelitian ini yaitu sepatu kayu hasil buatan tangan, mainan anak, gigi motor yang rusa, dan lain-lain. Penelitian ini juga menjelaskan tahapan reverse-engineering dari proses pindai sampai proses *manufacturing*.

2.1.2. Penelitian Sekarang

Penelitian ini dilakukan di PT. Doultton dan Laboratorium Proses Produksi Universitas Atma Jaya Yogyakarta untuk mendapatkan 3D CAD dan 3D CAM sebuah produk yang tidak memiliki dokumen gambar teknik. Peneliti menggunakan metode *RE* untuk mendapatkan data 3D CAD dan 3D CAM dari benda fisik dan membandingkan data 3D CAM yang dibuat di PT. Doultton dengan mesin CNC 4 *axis* dan di Laboratorium Proses Produksi Universitas Atma Jaya Yogyakarta dengan mesin CNC 3 *axis*.

Marius Baban (2015), Oancea (2013), dan Aris Widiyanto (2015) menggunakan *reverse engineering* untuk mendapatkan data 3D CAD tanpa menggunakan gambar teknik. Produk penelitian Marius Baban (2015) dimanufaktur berdasarkan data 3D CAM. Objek penelitian Lamandau (2015) dan Sujatmiko (2015) adalah *tableware* dan menggunakan *RE* untuk memperbaiki dimensi produk agar sesuai dengan keinginan konsumen. Mereka menggunakan teknologi CMM dan 3D *scanner* untuk mendapatkan data 3D *mesh* dan diolah untuk didisain ulang. Dengan demikian, penelitian ini tentang penggunaan metode *RE* untuk mendapatkan data 3D CAD dan 3D CAM dari 3D *meshes* produk *tableware* fisik tanpa adanya gambar teknik dengan teknologi 3D *scanner* dan CMM. Penelitian ini termasuk ke dalam *Problem-Solving Research* dengan lingkup permasalahan adalah perancangan dan instalasi. Hal ini ditunjukkan bahwa saat ini *Miranda Kerr Tea for One Teapot* sedang dalam proses *making* untuk memenuhi permintaan konsumen di UK yang juga sebagai *stage of the art* dari penelitian ini.

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
Marius Baban dkk (2015)	<i>A reverse engineering approach for the products development</i>	Non-kontak	3D Scanner	Disain ulang produk hingga inspeksi	Objek fisik berupa flens
Ivan Sujatmiko dkk (2015)	<i>Reverse engineering technology in redesign process ceramics: application for CNN plate</i>	kontak	CMM	Mendisain ulang bagian rim pada CNN plate.	CNN plate dari Low Sag Body dan Bone Chine Body.
Oancea dkk (2013)	<i>Comuter aided reverse engineering system used for customized products</i>	Kontak	3D scanner, CMM	Investigasi	Physical object
Luna Lamandau (2015)	Reverse Engineering Approach In Making Emirates Plate (Dia-25cm) Design At Pt Doulton	Kontak	CMM	Design new product	Emirate Large Plate (Dia-25)cm technical drawing and existing product

Tabel 2. 2. Lanjutan

Penulis	Judul	Pengumpulan Data	Alat	Tujuan	Data
Aristya Widiyanto (2015)	Aplikasi Teknologi Semi <i>Reverse Inovative Design</i> (RID) dalam Pembuatan Miniatur Hewan Endemik Indonesia.	Nonkontak	<i>Leser Scanner</i>	Disain ulang produk dikembangkan menjadi model kit	Survei toko mainan <i>online</i> dan <i>offline</i> serta kebun binatang.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Keramik

Keramik (pottery) merupakan salah satu dari sekian banyak kerajinan tertua di dunia. Pada ribuan tahun lalu keramik dibuat oleh orang-orang Mesir di sekitar sungai Nil. Kata keramik sendiri berasal dari bahasa Yunani “keramos” yang berarti periuk atau belanga yang dibuat dari tanah (Ambar Astuti, 2008). Sedangkan yang dimaksud dengan barang/bahan keramik ialah: semua barang /bahan yang dibuat dari bahan-bahan tanah/batuan silikat dan proses pembuatannya melalui pembakaran pada suhu tinggi. Tanah liat sebagai bahan pokok pembuatan keramik dan itu sangat menguntungkan manusia karena bahannya mudah didapat dan penggunaannya sangatlah beragam.

Pengolahan badan tanah liat sebagai bahan keramik dapat dibagi menurut struktur, serta berbagai macam suhu pembakaran, dan dapat pula bergelasir atau tidak.

a. *Earthenware* (gerabah)

Dibuat dari tanah liat yang menyerap air, dibakar pada suhu rendah antara 900°C – 1060°C. Pada saat pembentukannya mempunyai sifat yang plastis sehingga kekuatannya cukup kuat, namun setelah pembakaran kekuatannya berkurang dan sangat berpori. Yang termasuk dalam golongan ini adalah gerabah merah dimana sebagai bahan pembuatan bata merah.

b. *Terracotta*

Merupakan jenis badan tanah liat merah. Nama *terracotta* berasal dari bahasa Italia yang berarti “tanah bakaran”. Dengan penambahan pasir, atau *grog/chamotte*, badan ini dapat dibakar sampai suhu *stoneware* (1200°C - 1300°C).

c. Gerabah Putih

Adalah jenis gerabah berwarna putih, memiliki badan kuat, dan dapat dibakar pada suhu tinggi 1250 °C. Badan ini bersifat cukup plastis sehingga penggunaannya dapat dilakukan dengan cara diputar, menggunakan *jigger*, atau dituang (*casting*).

d. *Stoneware*

Memiliki badan yang padat lebih kuat dari pada gerabah, serta warnanya gelap seperti batu. Jenis ini dapat dibakar pada suhu medium 1150 °C yaitu suhu *stoneware* merah, namun juga dapat dibakar suhu tinggi 1250 °C yaitu jenis

stoneware abu-abu. Untuk pembuatannya dapat digunakan secara murni tanpa campuran, atau dapat dicampur dengan *ball clay*, kaolin, *feldspat* dan *chamotte*.

e. *Porcelain*

Suatu jenis badan yang bertekstur halus, putih, dan keras bila dibakar. Badan dapat menjadi transparan bila dibakar, tergantung dari ketebalan komposisinya. Badan ini dapat dibakar pada suhu tinggi 150 °C untuk jenis porselen lunak dan dapat juga dibakar pada suhu yang sangat tinggi diatas 1400 °C untuk porselen keras. Porselen banyak digunakan untuk barang-barang keramik industri, karena kekuatannya yang baik. Badan ini dapat dibuat dari campuran kaolin, *feldspat*, *silica*, dan dibentuk dengan teknik tuang (*casting*)

f. *Bone China*

Badannya khusus dipersiapkan dengan transparansi, tingkat ketipisan, putih, halus, dan kekuatannya yang bagus merupakan ciri khusus badan ini. Kualitas yang baik ini dapat dicapai karena kandungan *bone* (tulang) yang telah dikalnisir (bakar pada suhu rendah kemudian digiling halus), yang bertindak sebagai *flux* (penurun suhu) pada badan, dan membuat melebur pada substansi yang keras seperti gelas pada suhu lebih rendah dari 1240 °C. Penggunaannya dapat dilakukan dengan cara dituang atau diputar meskipun agak sulit karena sifatnya yang kurang plastis. Untuk teknik pembakarannya biasanya dibakar dengan dua tahapan. Yang pertama dibakar pada suhu dimana mencapai titik matangnya, yang akhirnya menjadi *biscuit*. Tahapan berikutnya dibakar gelasir dengan suhu antara 1040 °C-1080 °C.

g. Raku

Jenis khusus dari badan keramik yang dikembangkan oleh seniman keramik Jepang pada jama dahulu. Badannya harus mengandung banyak pasir atau *grog*, karena harus tahan terhadap perbedaan suhu selama proses pembakaran. Badan ini dapat digunakan dengan teknik pencetakan dengan diputar atau dengan tangan. Suhu rata-rata yang digunakan untuk membakar raku adalah 750 °C-1000 °C.

Untuk pembentukkan keramik dengan bahan dasar tahan liat seperti ini dilakukan dengan beberapa cara yaitu:

- Dipijat (*pinch*)
Tanah liat ditekan-tekan/ dipijat-pijat diantara membentuk benda yang diinginkan. Contoh: vas, bentuk manusia, hewan, dan lain sebagainya.
- Dipilin (*coil*)
Tanah liat dipilin dengan jari dan telapak tangan sehingga terbentuk pipa/tali-tali yang silindris dengan besar diameter dan panjang pilinan sesuai dikehendaki. Setelah itu pilinan tersebut dibentuk sesuai bentuk yang diinginkan. Contoh: vas, tabung, dan bentuk-bentuk bebas.
- Dillempeng (*slab*)
Tanah liat dibuat lempengan-lempengan dengan ketebalan yang sama dengan alat *roll*. Setelah lempengan tanah liat jadi maka dapat dibentuk sesuai keinginan seperti bentuk kotak.
- Diputar
Tanah liat plastis diletakkan pada meja alat pemutar dan dibentuk sesuai yang diinginkan. Pembentukan dengan cara ini menghasilkan bentuk benda yang silindris. Contoh: vas, tabung, cangkir, mug, dan sebagainya.
- Dengan mesin *jigger*
Pembuatan dengan cara ini, tanah liat harus lumat dan halus. Prinsip pengerjaannya hampir sama dengan cara diputar pada meja putar. Namun bedanya terdapat *jigger* sebagai pembentuk permukaan keramik.
- Ditekan (*press*)
Dalam pembuatan keramik dengan cara ini tanah liat haruslah lebih keras. Tanah liat tersebut diletakkan ke cetakkan kemudian ditekan dengan tangan atau dengan alat lalu sisa tanah liat yang keluar dari cetakkan dirapikan/ dipotong mengikuti bentuk cetakkan.
- Dituang (*casting*)
Untuk pembuatan dengan cara ini tanah liat haruslah cair yang sering disebut *slip* (larutan tanah liat yang tidak terlalu encer). Proses ini dimulai menuangkan *slip* ke dalam cetakkan gips dan didiamkan selama beberapa saat lalu sisa *slip* yang tidak terpakai dikeluarkan. Ketebalan sebuah benda dapat diatur dengan berapa lama proses pendiamannya. Karena cetakkan terbuat dari gips yang bersifat menyerap air, maka proses pembentukan dinding keramik dari pengeringan slip yang dekat dengan dinding cetakkan.

- *Dry Pressing*

Tanah liat yang digunakan berupa tepung dan hanya mengandung cairan sekitar 10-20% saja, cukup untuk menjadi padat dengan tekanan. Proses pembentukannya menggunakan alat yang mempunyai kekuatan tekan yang besar sehingga dapat membentuk sebuah keramik yang diinginkan. Keuntungan dari cara ini adalah material yang dipakai secara optimal terpakai semua dan hampir tidak ada sisa material yang terbuang. Selain itu bentuk-bentuk yang rumit dapat dikerjakan dengan cara ini. Contoh: jubin lantai, piring atau nampian yang memiliki ukiran di kedua sisinya.

Setelah pencetakan pengeringan clay (hasil dari proses pembentukan keramik) sangatlah penting. Tujuan dari pengeringan ini memberikan kekuatan pada clay sehingga dapat disusun ke dalam tungku, selain itu menghilangkan kadar air yang berlebihan yang dapat menimbulkan kerusakan pada saat pembakaran. Beberapa cara pengeringan yang baik antara lain:

- Diangin-anginkan

Cara ini baik dilakukan pada area terbuka namun jangan sampai terkena matahari langsung.

- Dipanaskan

Clay dimasukkan kedalam mesin berbentuk lemari yang didalamnya terdapat rak-rak sebagai tempat menyusun *clay* dan dengan suhu yang telah diatur. Proses ini biasanya lebih cepat daripada proses yang sebelumnya.

2.2.2. Reverse Engineering

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

Marius Baban (2015), Oancea (2013) menggunakan *reverse engineering* untuk mendapatkan data 3D CAD tanpa menggunakan gambar teknik. Produk penelitian Marius Baban (2015) dimanufaktur berdasarkan data 3D CAM. Clara I. Lopez (2013) menggunakan *reverse engineering* untuk membandingkan dua disain gigi

dengan metode implant yang berbeda. Metode *reverse engineering* dimanfaatkan oleh Clara dalam dunia medis, BIOCAD dan menggunakan CAE sebagai simulasi statis biomekanik.

Reverse engineering 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):

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

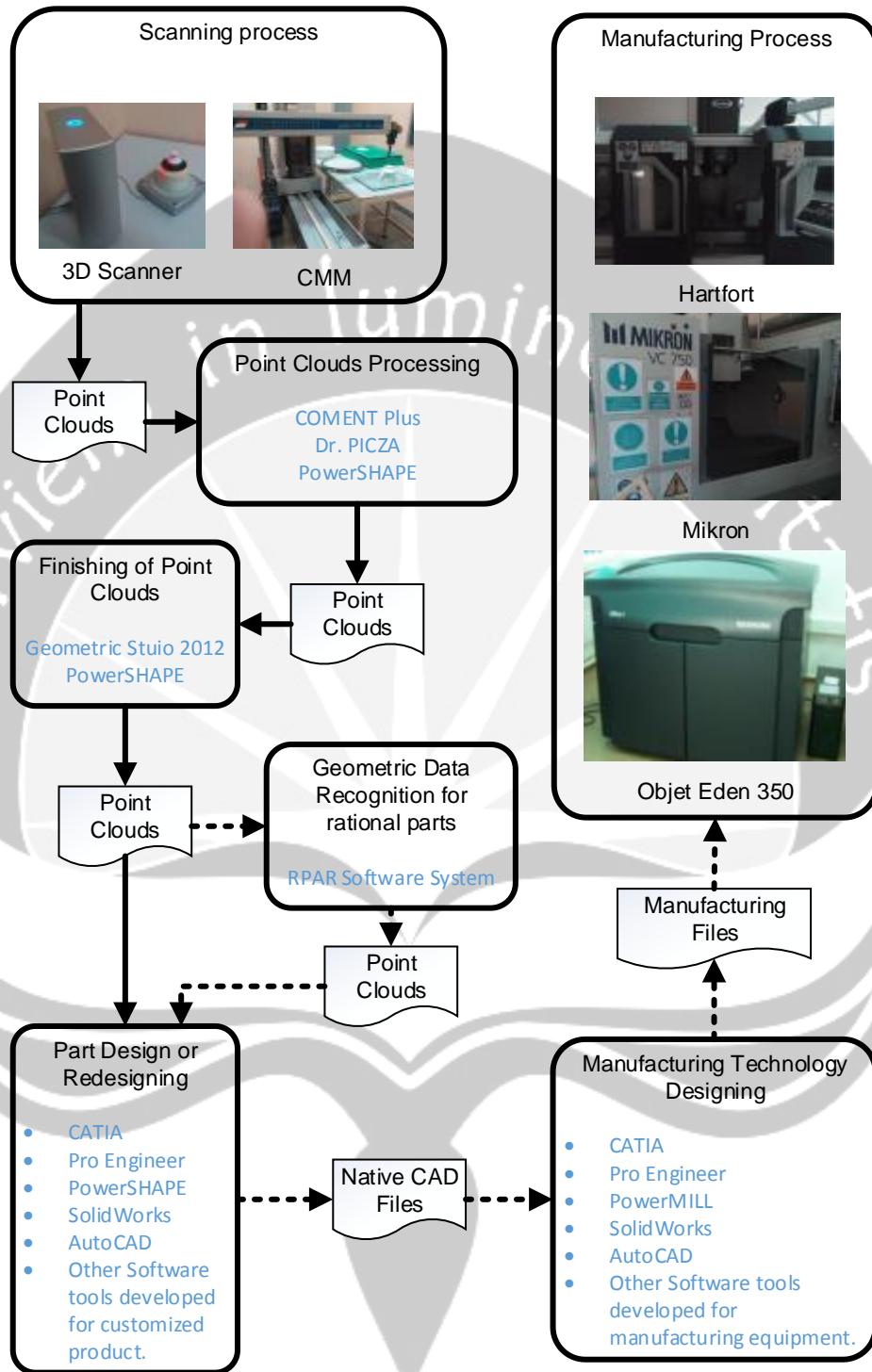
Saat ini, *reverse engineering* dari sudut pandang industri dianggap sebagai salah satu teknik rekayasa yang menyediakan waktu yang singkat di siklus pengembangan produk (Vinesh & Kiran, 2008) dengan memanfaatkan nyata pada kustomisasi produk. Hal ini dapat juga digunakan dalam pengembangan produk cepat 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.



Arsitektur sistem CARE (Bagci, 2009) dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1. CARE System

(Sumber: Bagci, 2009)

a. *Scanning*

Fase ini merupakan teknik *scan* yang harus memiliki strategi yang benar, menyiapkan bagian yang akan dipindai, dan melakukan *scanning* untuk mendapatkan data yang menggambarkan semua fitur geometris dari benda tersebut seperti *steps*, *slot*, *pockets*, dan *hole*. 3D *Scanner* bekerja pada bagian geometri dan menghasilkan *point clouds*, yang menentukan geometri permukaan. Ada dua jenis *scanner* yaitu *contact scanner* (CMM) dan *non-contact scanner* (3D *scanner* *leser*).

b. *Line/ Point Processing*

Pada tahap ini, data yang telah diperoleh akan diolah dan diseleksi agar menjadi sebuah *surface* yang baik. Data yang telah diambil merupakan data berupa *line* atau titik-titik yang biasa disebut *point clouds*. Pada beberapa *software* telah banyak menu yang berfungsi sebagai penggabungan *point clouds* menjadi sebuah *surface*.

c. *Design or Redesigning*

PowerSHAPE merupakan *software* CAD yang merupakan salah satu dari produk dari Delcam. Di dalam *PowerSHAPE* terdapat beberapa modul basic *functionality* dan *several specialised* seperti: *PS-Draft* (untuk membuat gambar secara detail), *PS-Moldmaker* (untuk merancang sebuah mould), *PS-Assembly* (untuk memodelkan proses perakitan dari gambar kerja solid), *PS-Render* (untuk menampilkan gambar dengan kualitas visual yang baik). *Manufacturing Technology Designing*.

PowerMILL memiliki apa yang dibutuhkan untuk mengerjakan proses pemesinan yang paling rumit sekalipun. Pada *PowerMILL* memperkenalkan proyek mirroring untuk mengurangi waktu pemrograman bagian kanan dan bagian kiri. Perangkat tambahan difokuskan pada mesin agar lebih aman termasuk simulasi penggantian *cutter* dan tambahan opsi verifikasi tabrakan. Strategi *finishing* baru untuk pemesinan *blades* dan *ribs* memberikan kontrol yang lebih, selagi mengurangi program dan waktu siklus. *PowerMILL* dapat mengambil gambar dari *software* desain lain seperti IGES, STEP, Catia, UG, *ProEngineer*, *Rhino*, dan lain-lain dalam bentuk simulasi pemesinan, G-Code, dan estimasi waktu pemesinan.

e. *Manufacturing Process*

Mesin milling merupakan mesin perkakas yang sering digunakan pada dunia industri. Mesin milling berfungsi untuk meratakan permukaan benda kerja atau bentuk-bentuk lain (profil, radius, silindris, dan lain-lain) yang diinginkan dengan ukuran dan kualitas permukaan yang sudah ditentukan. Prinsip kerja dari mesin milling adalah benda kerja diam ditempat yang dicekam oleh ragum dengan meja milling yang bergerak menuju cutter atau alat potong yang berputar pada porosnya. Gerakan meja pada mesin milling ada 3, yaitu:

1. Gerakan Utama

Gerakan *cutter* yang berputar pada spindle mesin *milling*. Satuan yang digunakan dalam gerakan utama ini adalah RPM (*Rotation per Minute*) dengan simbol "n".

2. Gerakan Pemakanan (*Feeding*)

Gerakan benda kerja pada waktu proses pemotongan oleh *cutter*. Satuan yang digunakan dalam gerakan pemakanan ini adalah mm/menit (milimeter per menit) dengan simbol "s".

3. *Depth of Cut*

Depth of Cut atau DOC merupakan gerakan memasukkan kedalam pemakanan *cutter* terhadap benda kerja. Satuan yang digunakan dalam DOC adalah mm (milimeter) dengan simbol "a" atau "t".

Mesin *milling* juga memiliki 2 prinsip pemotongan, yaitu:

1. Pemotongan *Face Cutting*

Pemotongan *face cutting* adalah pemotongan benda kerja dengan menggunakan sisi potong bagian muka (*face*) pada *cutter*.

2. Pemotongan *Side Cutting*

Pemotongan *side cutting* adalah pemotongan benda kerja yang menggunakan sisi potong bagian samping pada *cutter*.