

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA & DASAR TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Permasalahan besar yang dihadapi dunia manufaktur saat ini adalah kemampuan perusahaan dalam memberikan variasi produk dalam jumlah besar dengan siklus pengembangan yang lebih pendek. Evolusi pasar yang terjadi menunjukkan bahwa dibutuhkan adanya reduksi time-to-market, terutama karena siklus hidup produk yang semakin pendek dan pentingnya produksi secara lebih cepat dari konsep awal (ide) menjadi sebuah sistem produksi massal. Didasarkan pada kebutuhan tersebut, di samping adanya keinginan untuk mereduksi biaya dan meningkatkan kualitas produk, telah mendorong perusahaan manufaktur untuk mengintegrasikan desain produk dengan aktivitas proses manufaktur yang lebih cepat. Salah satu cara yang memungkinkan tercapainya tujuan tersebut adalah dengan teknologi *Rapid Prototyping* (RP) dan metode *Reverse engineering* (RE). RP merupakan teknologi yang mampu mewujudkan secara cepat konseptualisasi sebuah desain produk (Ferreira, et al., 2006). RE merupakan teknologi terkini untuk melakukan pengembangan produk. Pada penelitian yang dilakukan oleh Sokovic, M., & Kopac, J. (2006) menerangkan pentingnya RE pada suatu produk dikarenakan tidak tersedianya data CAD. Aplikasi RE pada industri  *mold*  dapat dipergunakan untuk memperbaiki  *mold*  yang telah rusak, produk inovasi baru dan atau komponen yang rusak. Sokovich dan Kopac (2006) juga menjelaskan bahwa terdapat dua metode pengembangan produk yaitu konvensional dan non-konvensional. Pengembangan produk konvensional diawali dengan pembuatan geometri awal sebuah produk untuk membentuk  *surface*  atau  *solid*  pada perangkat lunak CAD yang tersedia. Pengembangan produk menggunakan metode konvensional sangat tidak sesuai jika metode tersebut bertujuan untuk perancangan ulang, simulasi, dan optimalisasi sebuah produk/peralatan yang tidak memiliki data CAD. Teknologi untuk mendapatkan geometri produk secara langsung disebut RE. Proses RE dibedakan menjadi tiga langkah yaitu digitising, segmentasi data dan data fitting. Setelah Proses RE dilakukan dan mendapatkan model CAD yang mendekati benda asli maka model tersebut dapat di realisasikan dengan membuat  *prototype* . Untuk penghematan waktu serta tenaga dalam pembuatan  *prototype*  ini dapat digunakan teknologi RP. Pada

bagian ini akan dijelaskan mengenai tahapan penelusuran pustaka yang dilakukan peneliti tentang bagaimana mengaplikasikan metode RE, *creative methods*, dan proses manufaktur dengan teknologi RP dalam membentuk keramik dinding dengan arsitektur Elemen Utama Ornamen Abstrak Islami sesuai dengan permintaan Takmir masjid Al-Huda Jakarta di PT. NPI.

## 2.2. Penelitian Terdahulu

Anggoro P.W. & Sujatmiko. I. I. (2016) dalam jurnalnya tentang pemanfaatan teknologi artistik *CAD/CAM* pada pembuatan produk cincin artistik industri kecil menengah menemukan Metode baru yang dapat digunakan. *Subtractive Prototyping* yaitu pembuatan master produk lilin cincin dengan pemanfaatan 4-axis teknologi penggilingan CNC. *Investment casting* digunakan dalam tulisannya tersebut untuk membentuk cincin perak dengan relief. Proses *Investment casting* dilakukan di departemen Besar Balai Kebudayaan dan Batik Yogyakarta. Atribut produk dan pemilihan desain artistik cincin akan dibuat objek penelitian berasal dari proses *brainstorming* dilakukan bersamaan dengan tim kreatif. Hasil akhir dari penelitian ini menunjukkan bahwa metode *Investment casting* dan *subtractive prototyping* mampu memproduksi produk 6 cincin artistik (*Helmet Trail Ring, Iron Man Ring, Dart Vader Ring, Sansekerta Ring, Insinyur Cincin, dan Harley Skull Ring*) yang terbuat dari lilin dan perak. Produk berkualitas yang terbuat dari master cincin lilin diakui dengan lebih presisi, detail, murah dan tahap percepatan *Investment casting* dibandingkan dengan produk utama dibuat dari material *verowhite* dengan menggunakan mesin 3D objek.

Anggoro P.W. & Sujatmiko. I. I. (2015) dalam jurnalnya di PT. Doulton Indonesia yang bergerak pada industri peralatan makan keramik manufaktur untuk merek internasional, yang sekarang mengembangkan *Low Sag Body* sebagai bahan baru. *Low Sag Body* memiliki 2 tujuan untuk bahan efisiensi dan setter. Masalah penelitian ini adalah bagaimana untuk menemukan desain baru yang sesuai dengan karakteristik *Low Sag Body*. *Reverse Engineering* biasanya digunakan untuk merancang dan memodifikasi produk berdasarkan produk yang ada. Dalam penelitian metode *Reverse Engineering* ini dibutuhkan peralatan *CMM (Coordinate Measuring Machine)* untuk mendapat data item piring CNN diameter 220 mm, dan mengubah data fisik ke data elektronik yang dapat diproses di software CAD-Power Shape 2015.

*Output* dari penelitian ini adalah desain model baru, cetakan sebagai master, dan biscuit prototipe item piring CNN diameter 220 mm yang memiliki bentuk rolledge.

Anggoro P.W. & Sujatmiko. I. I. (2016) di jurnalnya tentang Reverse Inovative Design yang dikembangkan oleh Xiuzi Ye bertujuan untuk produk inovasi berdasarkan CAD / CAM / CAE cepat, efisien, dan elektif. Makalah ini akan menerapkan Semi RID pada proses desain endemik mainan hewan Indonesia (Badak Jawa). Makalah ini akan mengubah Reverse Inovative Desain ke Semi Reverse Inovative Desain karena Keterbatasan Proses Produksi infrastruktur Laboratorium Yogyakarta Atma Jaya Universitas CAE. Membalikkan Teknik di atas kertas awal ini dengan scanning produk dengan Berguna SCAN 700, kemudian mendesain ulang proses dengan PowerSHAPE 2015 (mengubah berkas jala hitam badak Afrika ke permukaan rhinoceros jawa kemudian mengubah permukaan menjadi Fitur padat), dan penggunaan ArtCAM 2013 untuk membuat tekstur kulit. Merevisi proses Rekayasa berakhir dengan make prototype dengan printer 3D Objet 30Pro. Metode kreatif digunakan untuk mendapatkan 3d mainan model badak pendidikan yang inginkan dengan Kolektor Mainan Solo (KMS). Metode RID Semi telah sukses membuat desain dan prototipe dari Jawa Rhinoceros dengan spesifikasi mudah perakitan (20 bagian), dimensi 135mm x 42mm x 62mm, dan menabung untuk anak (8-10 tahun). Ini menunjukkan bahwa konsep RID berdasarkan CAD / CAM telah mampu develop oleh TI-UAJY. Hasil verifikasi menunjukkan sangat antusias dengan ide yang dilaksanakan oleh penulis tentang menggunakan Semi RID untuk membuat prototipe Indonesia mainan pendidikan hewan endemic.

Abdullahi, Y. dan Embi, M. R. B. (2015) dalam penelitiannya tentang sejarah ornamen vegetal abstrak Islam dan membuat sketsa evolusi mereka untuk memahami proses pembuatan dan inovasi. peneliti mempelajari ornamen-ornamen regional untuk mengidentifikasi variasi regional dan mereka diklasifikasikan berdasarkan selera pelanggan. Sementara itu, kami menganalisis aspek formal ornamen tersebut, termasuk dimensi mereka, proporsi, warna dominan, bahan, dan teknik pembuatan. Selain itu, penelitian ini dilakukan pengamatan rinci karakteristik mereka, seperti margin, puncak, ketebalan gulungan batang dan ventilasi, untuk menentukan unsur-unsur yang membangun mereka, sifat estetis, dan prinsip-prinsip desain yang mengungkapkan tanggal, wilayah, dan gaya. Penelitian ini tidak hanya menyediakan

panduan komprehensif untuk evolusi ornamen tumbuhan abstrak Islam untuk proyek-proyek konservasi arsitektur tetapi juga berfungsi sebagai referensi untuk analisis komparatif dan kritis kontemporer ornamen Islam yang terinspirasi.

Cromwell. P.R & Beltrami. E. (2011) Pada abad pertengahan kota Isfahan merupakan pusat utama kebudayaan, perdagangan dan beasiswa. Ini menjadi ibukota Persia di era Safawi (abad 16-17) ketika penciptaan ornamen geometris Islam mencapai puncaknya. Banyak dari yang paling kompleks dan rumit desain kita tahu menghiasi bangunan nya, termasuk desain multi-level di mana pola skala yang berbeda digabungkan untuk melengkapi dan memperkaya satu sama lain. Dalam studi artikel ini lima desain dengan 2 tingkat dari Isfahan dibangun di sekitar motif umum. Mereka menggambarkan berbagai teknik dan analisis memperlihatkan beberapa kecerdikan dan tipu muslihat yang diperlukan untuk mendamaikan geometri yang tidak kompatibel dan simetri, dan menghasilkan karya yang memuaskan seni.

Narita. A. (2015) pada penelitiannya tentang “Aplikasi Adaptive Manufacturing Machine dan ArtCAM untuk Mengembangkan Variasi Produk Bros Berciri Khas Keraton Ngayogyakarta Hadiningrat (studi kasus di CV. Tin’s Art)” telah berhasil mendapatkan satu desain produk bros terbaik dari 7 desain yang telah dibuat. Dengan menggunakan teknologi adaptive manufacturing machine pada 3D Objet 30Pro dikombinasikan dengan metode kreatif untuk membangkitkan variasi desain produk. Selain metode kreatif, terdapat metode *Quality Function Deployment* (QFD) yang digunakan untuk menerjemahkan kebutuhan konsumen (atribut) ke dalam *technical requirement* produk. Software CAD yang digunakan adalah ArtCAM 2013 dan PowerSHAPE 2015 untuk mendapatkan variasi desain 3D bros. Pembuatan prototype produk menggunakan teknologi CAM yaitu mesin 3D Objet 30 Pro, yang dimiliki Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Prototipe tersebut kemudian akan menjadi master produk untuk diproduksi oleh CV Tin’s Art menggunakan spin Casting menjadi produk aksesoris bros khas Keraton Ngayogyakarta Hadiningrat.

Sujatmiko. I. (2015) pada penelitiannya tentang *Additive Prototyping* dalam proses produksi cincin dengan teknologi *Investment Casting* yang dilakukan di Lab. PP PSTI dan UKM berhasil menggunakan teknologi *4-axis CNC Milling* untuk membuat prototype cincin artistic. Metode *Subtractive Prototyping* digunakan Ivan untuk membuat prototipe wax yang akan dijadikan sebagai master produk dan

membandingkannya dengan hasil prototipe dengan metode *Additive Prototyping*. Pembuatan *prototype* dengan metode *Additive* menggunakan teknologi *3D Printing*, sedangkan pembuatan *prototype* dengan metode *Subtractive* menggunakan teknologi *4-axis CNC Milling*. Proses CAD menggunakan *software PowerShape 2014* dan proses CAM menggunakan *software ArtCAM 2013*, selanjutnya pada tahap proses produksi pembuatan produk cincin menggunakan metode *Investmen Casting*. Teknologi *Subtractive Prototyping* pada mesin *Rolland Modella MDX-40* dengan *rotary table* mampu menghasilkan master produk cincin artistik berbahan *wax* atau tidak, apakah master produk cincin tersebut juga dapat diproses langsung secara *Investment Casting* di BBKB Yogyakarta.

Widianto. A. (2015) pada penelitiannya tentang “Aplikasi teknologi semi *reverse inovative design (RID)* dalam pembuatan mainan edukatif berciri khas hewan asli indonesia” berhasil mendapatkan *prototype* produk badak Jawa hasil semi *RID* akan digunakan mesin *3D Objet 30Pro* yang ada di TI-UAJY. Aplikasi teknologi Semi *RID (Reverse Inovative Design)* digunakan Widianto. A. dalam tulisan tersebut sebagai dasar untuk mendesain ulang miniatur hewan. Widianto. A. melakukan proses *scanning* terhadap miniatur hewan badak hitam Afrika untuk dijadikan badak Jawa dengan bantuan PT Tirtamarta Wisesa Abadi. PT Tirtamarta 11 Wisesa Abadi merupakan salah satu suplier *3D printer* dan *3D scanner* yang ada di Indonesia. Dua alat ini dipilih dan digunakan penulis untuk mendapatkan *mesh file* profil badak hitam Afrika yang akan di proses menggunakan metode semi *RID* menjadi badak Jawa. Material *verowithe* akan digunakan sebagai *raw material* dalam proses manufaktur hewan tersebut. Perangkat lunak CAD pendukung yang digunakan untuk proses RE yaitu “*PowerSHAPE 2015 Pro*”. Perangkat lunak ini dapat merubah data CAD yang berupa *point cloud* yang kemudian dapat dirubah menjadi bentuk *solid* yang dapat di-*edit* guna menentukan penempatan engsel pada produk. Selain perangkat lunak CAD *PowerSHAPE 2015 Pro* ada perangkat lunak pendukung lain yaitu *Netfabb Basic*. *Netfabb* merupakan perangkat lunak pendukung untuk 3D printer. *Netfabb* dapat memperbaiki *mesh file* yang rusak agar tidak terjadi kesalahan pada saat proses Print 3D.

### 2.3. Penelitian Sekarang

Masalah yang dihadapi oleh peneliti sekarang adalah bagaimana mengimplementasikan teknologi *Reverse Engineering* pada bidang pembuatan *ceramic wall tiles* di PT. Nuansa Porselen Indonesia sehingga dapat mempercepat proses desain master produk dari *ceramic tiles*. teknologi ini telah digunakan oleh Widiyanto. A. (2015) dan Sujatmiko. I. (2015) pengerjaan tulisannya. Berbeda dengan keduanya yang bergerak pada mainan edukasi anak (Widiyanto. A.) dan cincin *artistic* (Sujatmiko. I.) penulis ingin mengimplementasikan metode ini untuk produk keramik. Menurut *engineer* desain di PT. Nuansa Porselen Indonesia untuk membuat pesanan desain keramik dinding Masjid Al-Huda di tanah abang yang di dapat memakan waktu proses pengerjaan selama  $\pm 1-1.5$  tahun jika di kerjakan dengan desain manual (*handmade*). Implementasi *Reverse Engineering* diharapkan akan membuat pengerjaan *master* produk ceramic dinding selesai lebih cepat menjadi hitungan minggu atau hari daripada perkiraan sebelumnya. Metode yang digunakan adalah metode kreatif di lihat dari *ornament* yang di pesan memiliki desain yang *artistic* sehingga proses desain diperlukan pikiran-pikiran yang kreatif. Metode ini sama seperti yang di lakukan oleh Narita. A. (2015), Anggoro P.W. & Sujatmiko. I. I. (2015), dan Anggoro & Widiyanto (2015) dikarenakan produk yang digunakan adalah benda yang memiliki unsur Artistik. Bermodal foto pilihan dari takmir masjid, penulis ingin membandingkan *ornament* yang ada dalam foto tersebut dengan perkembangan *ornament Islamic* yang ada (yahya, 2015) agar sejalan dengan unsur utama yang ada dalam *ornament* islam. Teknik ini sudah di pelajari oleh Cromwell. P.R & Beltrami. E. (2011) untuk menggabungkan geometri yang tidak kompatibel dan simetri, dan menghasilkan karya yang memuaskan seni seperti pada ornamen masjid di kota Isfahan yang tidak lepas dari unsur islam.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan yang akan dibahas adalah mendesain ulang *product* yang di pesan untuk masjid Al Huda tanah Abang dari PT. Nuansa Porselen Indonesia dengan menggunakan metode *Reverse Engineering* sehingga dapat mempercepat waktu proses desain.

**Tabel 2.1. Tabel Perbandingan**

Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan Penelitian	Objek Penelitian	Metode	Teknologi
Anggoro P.W. & Sujatmiko. I. I.(2016)	Menemukan Metode baru yang dapat digunakan dalam pembuatan produk cincin artistik industri menengah	Cincin Artistik	Kreatif	Investment Casting
Anggoro P.W. & Sujatmiko. I. I.(2015)	Menemukan desain baru yang sesuai dengan karakteristik Low Sag Body	Piring CNN	Kreatif	Reverse Engineering CMM
Anggoro P.W. & Sujatmiko. I. I. (2015)	mengubah Reverse Inovative Desain ke Semi Reverse Inovative Desain karena Keterbatasan Proses Produksi infrastruktur Laboratorium Yogyakarta Atma Jaya Universitas CAE	Mainan edukasi anak-anak (Badak Jawa)	Kreatif	Semi Reverse Inovative Design

**Tabel 2.1. Lanjutan**

Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan Penelitian	Objek Penelitian	Metode	Teknologi
Abdullahi, Y. dan Embi, M. R. B. (2015)	sejarah ornamen vegetal abstrak Islam dan membuat sketsa evolusi mereka untuk memahami proses pembuatan dan inovasi	Ornament islami	rasional	REverse Engineering
Cromwell. P.R & Beltrami. E. (2011)	Mengetahui teknik dan analisis memperlihatkan beberapa kecerdikan dan tipu muslihat yang diperlukan untuk mendamaikan geometri yang tidak kompatibel dan simetri, dan menghasilkan karya yang memuaskan seni	Ornament masjid isfahan	rasional	Reverse Engineering

**Tabel 2.1.Lanjutan**

<b>Nama Peneliti (Tahun)</b>	<b>Tujuan Penelitian</b>	<b>Objek Penelitian</b>	<b>Metode</b>	<b>Teknologi</b>
Narita. A. (2015)	Mengembangkan Variasi Produk Bros Berciri Khas Keraton Ngayogyakarta Hadiningrat (studi kasus di CV. Tin's Art)	Bros berciri khas Keraton Ngayogyakarta Hadiningrat	Kreatif QFD	Adaptive Manufacturing
Sujatmiko. I. (2015)	mengetahui teknologi terbaik antara penggunaan teknologi 4-axis CNC Milling dan 3D Printing untuk membuat prototype cincin artistic	Cincin Artistik	Subtractive Prototyping Additive Prototyping Kreatif	4-axis CNC Milling 3D Printing
Widianto. A. (2015)	Pembuatan prototype produk badak Jawa hasil semi RID akan digunakan mesin 3D Objet 30Pro yang ada di TI-UAJY	Mainan Edukasi anak (Badak Jawa)	Kreatif	Semi Reverse Inovative Design

**Tabel 2.1.Lanjutan**

Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan Penelitian	Objek Penelitian	Metode	Teknologi
Peneliti Sekarang (2016)	Bagaimana mengimplementasikan teknologi CAD/CAM untuk menghasilkan keramik dinding dengan arsitektur Elemen Utama Ornamen Islami Abstrak sesuai dengan permintaan Takmir masjid Al-Huda Jakarta sebagai customer.	Hiasan Keramik Dinding	Kreatif	Reverse Engineering Rapid Prototyping

## 2.4. Dasar Teori

### 2.1.1. Keramik

Istilah keramik, sesuai konteks modern, mencakup material anorganik yang sangat luas, keramik mengandung elemen non metalik dan metalik yang dibuat berbagai teknik manufaktur. Secara tradisional, keramik dibuat dari mineral Silikat, seperti lempung, yang dikeringkan dan di bakar pada *temperature* 1200° - 1800°C agar keras. Jadi nampaknya kata Yunani *Keramos*, yang berarti “bahan yang dibakar” atau “material yang dibakar di tungku / tanur” sudah sangat tepat sejak dulu. Namun demikian keramik modern seringkali dibuat dengan proses tanpa tahap pembakaran di tungku (misalnya penekanan panas, sintering – reaksi, detrifikasi– gelas, dan sebagainya). Meskipun keramik kadang – kadang dikatakan memiliki karakter nonmetalik secara sederhana untuk membedakannya dari logam dan paduan ini tidak memadai lagi karena kini telah dikembangkan dan digunakan keramik dengan sifat yang luar biasa.

Perkembangan teknologi material keramik pada saat ini telah diarahkan kepada spesifikasi kegunaannya dalam berbagai kebutuhan, antara lain: kebutuhan rumah tangga, industri mekanik, elektronika, cordierite, refraktori, teknologi ruang angkasa,

keramik berpori, dan lain sebagainya. Industri keramik telah bermula dalam tahun 4500 sebelum Masehi yang di usahakan oleh penduduk di perkampungan neolitik di dalam daerah Shanxi di negeri China. Industri keramik pada masa itu hanya tertumpu pada penghasilan tembikar. Tembikar tertua di temui di England, dapat di kesan kembali pada pertama tahun masehi dan penaklukan Roma. Antara masa itu dan 1500 tahun Masehi, perkembangan yang paling penting adalah porselin yang dapat memantulkan cahaya. Aktiviti di England bermula dengan *tembikar eistercian* pada awal abad ke enam belas. Abad ketujuh belas mulai nampak permulaan industri tembikar Inggris melalui Tofst bersaudara yang membuat tembikar slip di Staffordshire. Dalam abad ke delapan belas menampakkan bibit perkembangan yang telah menjadikan industri tembikar sebagaimana yang terdapat pada hari ini.

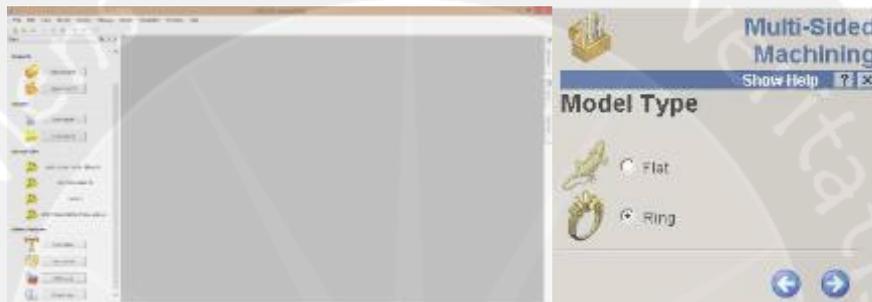
Di bagian akhir abad ini pengenalan api elektro telah membawa kepada bibit permulaan industri porselin elektro. Dalam tempoh setelah perang dunia kedua, industri keramik tertumpu kepada produksi yang boleh memberikan ciri-ciri yang istimewa serta Modern. Benda tersebut dihasilkan dari bahan mentah alami atau sintetis atau campuran yang melibatkan metode berteknologi modern. Keramik jenis ini digolongkan kepada keramik Modern atau *advance* keramik.

### **2.1.2. Alur Produksi Keramik lantai dan dinding**

Alur proses pembuatan keramik lantai dan dinding secara umum memerlukan 3 jenis material yaitu tanah liat, *gypsum* putih dan *gypsum* kuning. Tanah liat digunakan pada pembuatan master produk yang ditujukan untuk proses selanjutnya yaitu pembuatan  *mold*. Material yang digunakan dalam pembuatan  *mold* adalah *gypsum* putih yang sifatnya cepat mengeras dan tahan lama tanpa pembakaran. Material ini sangat cocok sebagai bahan dasar untuk  *mold*. Setelah  *mold* dibuat material *gypsum* kuning dipakai dalam proses  *casting* ke dalam  *mold*. Dalam waktu  $\pm 30$  menit  *mold* dapat dibuka untuk diambil produk hasil  *casting* di dalamnya, setelah itu dilakukan proses pembersihan  *scrap* yang menempel pada garis di samping produk. Pewarnaan dilakukan setelah keramik benar-benar sudah halus dan bersih setelah proses pembersihan. Proses yang terakhir adalah pembakaran dalam suhu  $\pm 1200$  °C.

### 2.1.3. ArtCam 2015 R2

*ArtCAM 2015 R2* merupakan suatu program perangkat lunak yang sudah dirancang untuk pengrajin dan juga sekaligus *engineer*, karena untuk menghasilkan produk artistik yang baik juga harus mengintegrasikan ilmu seni, sains, teknik dan teknologi. *ArtCAM 2015 R2* disini hadir menjadi jembatan antara aspek seni dan keteknikan tersebut. *ArtCAM* memiliki fitur yang mudah digunakan untuk mendesain dan memproduksi suatu produk dengan cepat dan mudah, serta berkreasi dengan suatu desain.



Gambar 2. 1. Tampilan Utama *ArtCAM 2015 R2*

### 2.1.4. Reverse Engineering

*Reverse engineering* adalah proses pengambilan ulang data dari produk tradisional (produk lama) untuk mendapatkan sebuah data yang dapat diproses dalam perangkat lunak komputer. Pada dasarnya *reverse engineering* digunakan untuk menganalisis kapabilitas produk, pengembangan, kehilangan data *CAD*, analisis produk, kompetisi, pembelajaran, keperluan militer, duplikat, dan perusakan (Inder, P., & Richa, S. B., 2009).

Motavalli dan Shamsaasef (1998) mendefinisikan bahwa *reverse engineering* adalah proses digitalisasi dari produk fisik untuk mendapatkan data geometris produk. Abella dkk (1994) mendefinisikan *reverse engineering* adalah konsep dasar produksi sebuah *part* / produk yang berasal dari produk fisik/ yang sudah ada tanpa menggunakan gambar teknik. Yau dkk. (1993) mendefinisikan *reverse engineering* sebagai proses membentuk geometri baru dari produk fisik/ asli dengan cara digitalisasi dan memodifikasi sebuah model *CAD*.

*Reverse engineering* merupakan solusi untuk mengatasi *overtime* dalam proses pembuatan desain. Pembuatan model 3D *CAD* yang berawal dari *digitalisasi* produk

nyata tidak membutuhkan waktu lama karena hasil digitalisasi tidak membutuhkan proses pembentukan dari awal. Ada beberapa alasan mengapa *Reverse Engineering* harus digunakan yaitu:

- Produsen produk sudah tidak ada namun masih banyak konsumen yang membutuhkan
- Produsen produk sudah tidak memproduksi produk yang diinginkan
- Tidak ada / hilangnya desain awal dari produk
- Membuat data Produk yang tidak memiliki data *CAD*
- Inspeksi dan atau komparasi data dari sebuah produk
- Memberikan nilai tambah sebuah produk agar dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama
- Menganalisis kebaikan dan keburukan produk kompetitor

#### **2.1.5. Rapid Prototyping**

*Rapid Prototyping* (RP) dapat didefinisikan sebagai metode-metode yang digunakan untuk membuat model berskala (prototipe) dari mulai bagian suatu produk (*part*) ataupun rakitan produk (*assembly*) secara cepat dengan menggunakan data *Computer Aided Design* (*CAD*) tiga dimensi. *RP* memungkinkan *visualisasi* suatu gambar tiga dimensi menjadi benda tiga dimensi asli yang mempunyai *volume*. Selain itu produk-produk *RP* juga dapat digunakan untuk menguji suatu *part* tertentu. Metode *RP* pertama ditemukan pada tahun 1986 di California, USA yaitu dengan metode *Stereolithography*. Setelah penemuan metode tersebut berkembanglah berbagai metode lainnya yang memungkinkan pembuatan prototipe dapat dilakukan secara cepat.

Saat ini, pembuatan prototipe menjadi syarat tersendiri pada beberapa perusahaan dalam upaya penyempurnaan produknya. Beberapa alasan mengapa *rapid prototyping* sangat berguna dan diperlukan dalam dunia industri adalah:

- a. Meningkatkan efektifitas komunikasi di lingkungan industri atau dengan konsumen.
- b. Mengurangi kesalahan-kesalahan produksi yang mengakibatkan membengkaknya biaya produksi.
- c. Mengurangi waktu pengembangan produk.
- d. Meminimalisasi perubahan-perubahan mendasar.

- e. Memperpanjang jangka pakai produk misalnya dengan menambahkan beberapa komponen fitur atau mengurangi fitur-fitur yang tidak diperlukan dalam desain.

*RP* mengurangi waktu pengembangan produk dengan memberikan kesempatan-kesempatan untuk koreksi terlebih dahulu terhadap produk yang dibuat (prototipe). Dengan menganalisa prototipe, insinyur dapat mengkoreksi beberapa kesalahan atau ketidaksesuaian dalam desain ataupun memberikan sentuhan-sentuhan *engineering* dalam penyempurnaan produknya. Saat ini tren yang sedang berkembang dalam dunia industri adalah pengembangan variasi dari produk, peningkatan kompleksitas produk, produk umur pakai pendek, dan usaha penurunan biaya produksi dan waktu pengiriman. *RP* meningkatkan pengembangan produk dengan memungkinkannya komunikasi yang lebih efektif dalam lingkungan industri.

Secara umum teknologi *Rapid Prototyping* 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 yang digunakan penulis adalah teknologi *3D Printing*.



**Gambar 2. 2. Teknologi RP, 3D Printing (kiri) dan 4-axis CNC Milling (kanan)**

#### **2.1.6. Perhitungan Total Biaya Produksi**

Perhitungan biaya pembuatan master produk keramik terdiri dari biaya Material dan biaya penggunaan mesin. Biaya master produk terdiri dari biaya material dan biaya lama permesinan. Perumusan perhitungan dapat dilihat dibawah ini:

$$\mathbf{Biaya\ Master\ Produk = Biaya\ Material + Biaya\ Lama\ Pemakaian\ Mesin}$$

### 2.1.7. Metode Kreatif

Metode kreatif adalah metode perancangan yang memiliki tujuan untuk menstimulasi pemikiran kreatif dengan cara meningkatkan produksi gagasan, menyisihkan hambatan mental terhadap kreatifitas, atau dengan cara memperluas area pencarian solusi (Cross, 1994). Ada dua jenis metode kreatif yang paling dikenal, yaitu metode *Brainstorming* dan metode *Sinektik*.

#### a. *Brainstorming*

*Brainstorming* dapat didefinisikan sebagai suatu cara untuk mendapatkan banyak ide dari sekelompok manusia dalam waktu yang sangat singkat. *Brainstorming* adalah metode yang bertujuan untuk menstimulasi sekelompok orang untuk menghasilkan sejumlah besar gagasan dengan cepat. Orang-orang yang terlibat sebaiknya tidak *homogen* (memiliki kemampuan dan keahlian yang berbeda-beda sehingga penelitian memiliki pemikiran yang terbuka) serta harus mengerti persoalan yang dihadapi dan aturan yang berlaku dalam *brainstorming*. Aturan yang digunakan dalam proses *brainstorming* adalah:

1. Kelompok haruslah bersifat non-hierarkial dan terdiri dari 4-8 orang.
2. Kelompok diharapkan menghasilkan sebanyak-banyaknya jumlah gagasan.
3. Tidak dibenarkan memberikan kritik terhadap setiap gagasan.
4. Gagasan yang terlihat aneh tetap diterima.
5. Usahakan semua gagasan dinyatakan secara singkat dan jelas.
6. Suasana dalam *brainstorming* berlangsung rileks, tenang, dan bebas.
7. Kegiatan sebaiknya berlangsung dalam waktu tidak lebih dari 30 menit.

Cara-cara *brainstorming* dibagi menjadi 3 sebagai berikut:

1. ***Verbal brainstorming*** adalah mengumpulkan ide dengan cara para peserta saling bertukar pikiran dalam suatu kelompok yang dilakukan secara verbal dengan tatap muka dan pertemuan langsung.
2. ***Nominal brainstorming*** adalah mengumpulkan ide dengan cara para peserta dalam penyampaian ide dilakukan secara terpisah, tidak saling berinteraksi dengan menuliskan idenya di kertas atau komputer.
3. ***Elektronik brainstorming*** adalah pengumpulan ide dengan bertukar gagasan melalui media elektronik dalam sebuah kelompok, media elektronik yang digunakan biasanya berupa *tools* seperti *Group Support System*.

### b. *Sinektik*

Metode *sinektik* adalah suatu aktivitas kelompok yang mencoba membangun, mengkombinasikan, dan mengembangkan gagasan-gagasan untuk memberikan solusi kreatif terhadap permasalahan perancangan melalui penggunaan berbagai analogi. *Sinektik* bertujuan untuk mengarahkan aktivitas spontan pemikiran ke arah eksplorasi dan transformasi masalah-masalah perancangan.

Ciri-ciri *sinektik* adalah tidak mengenal adanya kritik terhadap ide orang lain, pencapaian akhir berupa suatu solusi tunggal dimulai dengan pernyataan permasalahan dari klien atau pihak manajemen perusahaan, dan membangkitkan analogi para peserta. Analogi digunakan untuk membantu membuat pengenalan akan sesuatu yang asing dan untuk membuka batas pengembangan ide yang diupayakan seimajinatif mungkin. Perbedaan *sinektik* dengan *brainstorming* adalah dalam *sinektik* lebih mengarah pada usaha keras untuk menghasilkan solusi tunggal yang lebih khusus, tidak lagi membangkitkan sebanyak mungkin ide.

Metode pelaksanaan *sinektik* meliputi:

1. Membentuk kelompok yang terdiri dari anggota yang selektif.
2. Melatih para anggota kelompok dalam menggunakan analogi untuk membangkitkan aktifitas spontan otak terhadap persoalan.
3. Memaparkan masalah perancangan kepada kelompok sama seperti yang dinyatakan oleh klien atau pihak manajemen perusahaan.
4. Menggunakan banyak analogi, diantaranya adalah analogi langsung, analogi personal, analogi simbolik, dan analogi fantasi.