

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA & DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Pengembangan sebuah produk sangatlah penting untuk pemenuhan kebutuhan pasar yang mengalami perubahan cepat. Dalam persaingan dengan kompetitor dibutuhkan desain produk yang cepat dan optimal. Permasalahan yang dihadapi oleh PT. NPI adalah memenuhi kebutuhan pasar untuk produk keramik dinding yang rumit dan tingkat kepresisian tinggi, sedangkan untuk saat ini sumber daya yang dimiliki PT. NPI masih terbatas dengan proses pengerjaan yang manual (*hand made*). Pembuatan master pola cetakan dilakukan secara manual (*hand made*) sehingga memakan waktu yang cukup lama, belum lagi jika terdapat *error* pada master yang dibuat sehingga tidak dapat dicetak. Data-data gambar foto maupun *sample* produk sangat penting bagi seorang *engineer* desain untuk melakukan proses pembuatan dan pengembangan master pola cetakan. Data tersebut meliputi dimensi benda, relief permukaan ataupun massa benda. Salah satu cara untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi PT. NPI yaitu dengan teknologi *Computer Aided Design (CAD)* pada metode *Reverse Engineering (RE)*.

RE merupakan metode pengembangan produk yang cepat dan efisien disaat tidak tersedianya data *CAD* suatu produk (Sokovic et al, 2006). Dengan metode *RE* seorang *engineer* dapat menambahkan atau mengubah beberapa bentuk serta dimensi untuk fungsi yang baru. Proses *RE* pada penelitian ini dimulai dengan mendapatkan data *CAD* berupa desain keramik dinding dari material foto yang kemudian dilakukan proses *tracing* membentuk vektor 2D. Setelah vektor 2D terbentuk, kemudian untuk mendapatkan variasi 2,5D model dilakukan proses pembangkitan vektor 2D dengan teknologi *Artistic CAD*. Pada proses ini, dapat dibentuk beberapa variasi desain seperti dimensi ketinggian, diameter, kedalaman dan lain-lain sehingga didapatkan desain yang optimal.

Dengan demikian, tujuan penelitian ini untuk mendapatkan 2,5D model dan master pola cetakan dalam bentuk *RP* model dari material gambar foto dengan cara *tracing*.

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Anggoro et al. (2012) dalam penelitiannya membahas peralatan makan keramik dengan mengembangkan *Low sag body* sebagai material baru. Material baru ini

memiliki dua tujuan yaitu pertama untuk efisiensi bahan karena tidak menggunakan *Bone Ash* (*Bone Ash* sangat mahal) dan yang kedua efisiensi *setter* karena bahan ini lebih kuat dari *Bone China* sehingga saat pembakaran bahan tidak menggunakan *setter* dan tidak terlalu banyak cacat. *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 PowerSHAPE 2016*. *Output* dari penelitian ini adalah desain model baru, cetakan sebagai master, dan *biscuit prototype* item piring CNN diameter 220 mm yang memiliki bentuk *rolledge*.

Abdullahi et al. (2015) dalam penelitiannya yang berjudul *Evolution of Abstract Vegetal Ornaments in Islamic Architecture* membahas tentang sejarah pembuatan sketsa untuk memahami proses kreasi dan inovasi. Penelitian ini mempelajari ornamen untuk mengidentifikasi variasi dan mengklasifikasikan berdasar selera pelanggan.

Manmadhachary et al. (2015) dalam penelitiannya yang berjudul *Improve the accuracy, surface smoothing and material adaption in STL file for RP medical models* membahas tentang pembuatan model medis yang akurat dari gambar *Digital Imaging and Comunication in Medicine (DICOM)* yang merupakan salah satu teknik yang berguna dalam kasus operasi medis yang kompleks. Gambar DICOM diubah menjadi *file STL* dan digunakan untuk pembuatan model medis dengan teknologi *Rapid Prototyping*.

Visy (2016) dalam penelitiannya tentang Aplikasi *reverse engineering* untuk desain ornamen keramik dinding Islami di Masjid Al-Huda sudah berhasil memperoleh master produk dari salah satu ornamen bagian timur masjid. Namun master produk tersebut masih memiliki kendala, yaitu terdapat bagian yang tidak dapat dicetak karena desain relief yang kurang optimal. Desain yang dibentuk berasal dari permintaan Takmir Masjid Al-Huda. Penelitian Visy (2016) dilakukan dengan teknologi *reverse engineering* dan mencoba mencocokkan dengan perkembangan desain Islami yang ada.

Remmy (2017) dalam penelitiannya tentang Pendekatan *Reverse Engineering* dari 3D Meshes ke 3D CAD/ CAM pada *Miranda Kerr Tea For One Teapot* di PT. Doulton bertujuan untuk mendapatkan produk yang sama dengan produk sampel melalui proses *scanning* dengan teknologi CMM (*Coordinate Measurement Machine*) dan 3D Scanner. Penelitian ini sudah berhasil mendapatkan data 3D

CAD/CAM, waktu proses *Reverse Engineering* serta estimasi waktu dan biaya *machining*.

2.1.2. Penelitian Sekarang

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu, ada satu penelitian yang dikatakan cukup baik membawa konsep ke kenyataan dari industri keramik. Konsep ini dilakukan oleh Visy (2016) dalam penelitiannya tentang Aplikasi *reverse engineering* untuk desain ornamen keramik dinding Islami di Masjid Al-Huda. Penelitian Visy (2016) tersebut telah berhasil menerapkan metode *RE* untuk mendesain keramik dinding *Islamic* sampai pada tahap pembuatan master pola cetakan, namun ada beberapa kendala yang dihadapi dalam penelitiannya. Kendala tersebut adalah hasil produk yang tidak presisi sehingga saat pembuatan cetakan master produk tidak mampu dicetak, akibatnya cetakan keramik dinding dengan bahan gipsium tersebut menyangkut pada master pola cetakan.

Berdasarkan permasalahan yang dihadapi oleh Visy (2016) serta masukan dari *engineer* desain PT. NPI, maka dilakukan sebuah pengerjaan topik besar untuk pengembangan desain keramik dinding berornamen *Islamic*. Topik besar ini bertujuan untuk mengembangkan desain keramik dinding yang sebelumnya telah diteliti oleh Visy (2016). Namun dalam pembuatan master pola cetakan akan diberikan beberapa variasi sudut agar mampu dicetak dan hasil keramik dinding dapat disusun *puzzle* dengan presisi dan hasil detail. *Islamic* dipilih karena permintaan perusahaan untuk mengembangkan desain ornamen *Islamic* pada dinding masjid Al-Huda di Jakarta.

Output yang dihasilkan dari penelitian ini yaitu metode desain yang optimal dengan metode *RE* dan penggunaan *software ArtCAM 2015* sehingga menciptakan variasi desain optimal yang detail dan presisi.

Outcome yang diinginkan yaitu dari hasil penelitian ini nantinya untuk PT. NPI dapat menambah perbendaharaan desain. Untuk program studi diharapkan hasil penelitian ini dapat masuk ke dalam jurnal keramik.

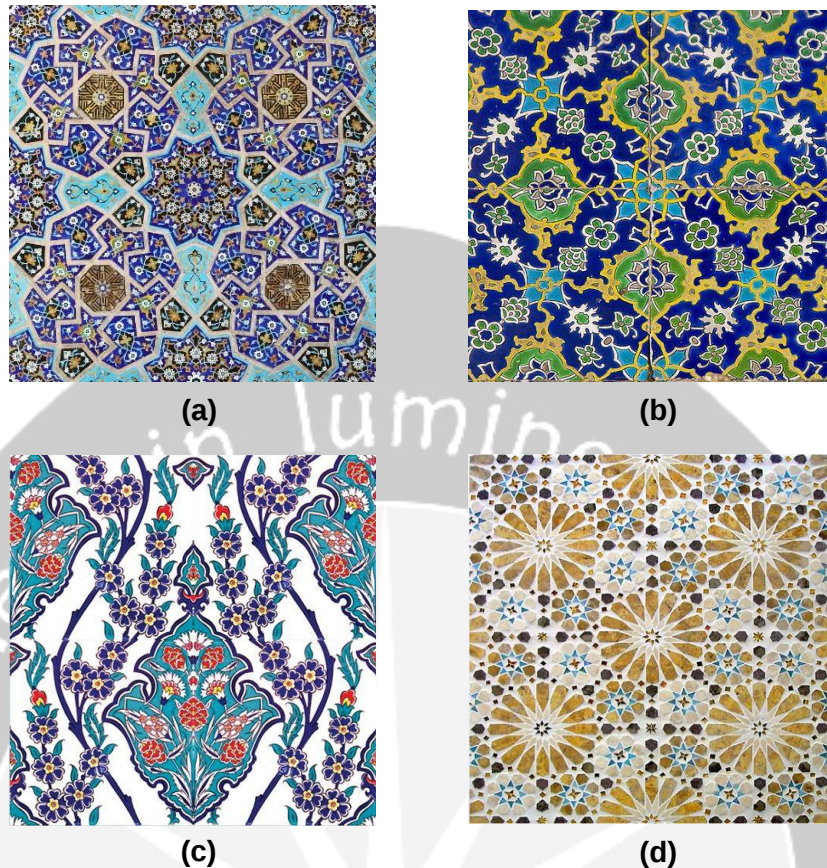
2.2. Dasar Teori

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai teori ornamen, keramik, *reverse engineering*, *ArtCAM* dan *rapid prototyping*.

2.2.1. Ornamen

Dalam ilmu seni dekoratif dan arsitektur, ornamen merupakan dekorasi yang digunakan untuk memperindah bagian dari sebuah bangunan atau objek. Ornamen dapat diukir dari batu, kayu ataupun logam dan dapat juga dibentuk dengan tanah liat. Ornamen yang terdapat pada bangunan masjid biasanya membentuk pola tertentu berornamen *Islamic*. Seni *Islamic* banyak menggunakan motif alam seperti bunga dan pohon dengan desain yang akurasi. Kekuatan seni *Islamic* terletak pada ornamen yang membentuk geometri, bunga, pola dan kaligrafi.

Selama berabad-abad, pola geometris Islam (*IGP*) telah digunakan sebagai elemen dekoratif pada dinding, langit-langit, pintu, kubah, dan menara (Abdullahi et al, 2013). Ornamen yang dibentuk biasanya berupa motif *Zillij* dengan ciri perulangan dan membolak-balik bentuk dasarnya. *Zillij* adalah sebuah seni ornamen *Islamic* yang mengulang bentuk geometris sehingga terjalin bentuk dan garis yang berkesinambungan. Motif tumbuhan dan bunga telah lama menjadi dasar dari dekorasi Islam (Abdullahi et al, 2015). Pada zaman dahulu, pembentukan ornamen dari tanah liat atau sejenis keramik lainnya dilakukan secara manual (*hand made*) sehingga hasilnya tidak sama satu dengan lainnya dan saat disusun menjadi tidak tepat presisi.



Gambar 2. 1. Ornamen Islamic: (a) Timurid Tiles; (b) Syrian and Egyptian Tiles; (c) Floral Patterns; (d) Geometric Ornament

(Sumber: PT. Nuanza Porcelain Indonesia)

2.2.2. Keramik

China adalah tempat kelahiran keramik dengan perkembangan sejarah keramik selama ribuan tahun (Wang et al, 2014). Keramik berasal dari bahasa Yunani “*keramos*” yang artinya suatu bentuk dari tanah liat yang telah mengalami proses pembakaran. Keramik merupakan hasil seni dan teknologi berupa barang dari tanah liat yang dibakar seperti gerabah, *porcelain*, genteng dan sebagainya. Tanah liat berasal dari proses pelapukan kerak bumi yang sebagian disusun oleh batuan feldspatik yakni batuan yang terdiri dari batuan granit dan batuan beku. Kerak bumi yang melapuk terdiri dari berbagai unsur seperti silikon, oksigen dan aluminium. Kemudian aktivitas dari panas bumi membuat kerak bumi tersebut melapuk yang dilakukan oleh asam karbonat lalu terbentuklah tanah liat. Tanah liat akan membentuk gumpalan saat kering dan lengket saat basah terkena air.

Pengolahan tanah liat sebagai bahan keramik dibagi menurut struktur, suhu pembakaran dan dapat pula digelasir atau tidak.

a. *Earthenware* (gerabah)

Bahan ini sangat banyak terdapat di alam. Tanah liat ini memiliki tingkat platisitas yang cukup sehingga mudah dibentuk, warna bakar merah coklat dan titik leburnya sekitar 900°C - 1060°C . Warna alaminya tidak merah terang tetap merah karat karena kandungan besinya mencapai 8%. Setelah pembakaran kekuatannya berkurang dan sangat berpori.

b. *Terracotta*

Berasal dari bahasa Itali yang berarti "tanah bakar". *Terracotta* merupakan jenis tanah liat merah yang mengandung oksida besi. Dengan penambahan pasir atau *grog* (*terracotta* daur ulang), badan ini dapat dibakar sampai suhu 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*

Stoneware memiliki badan yang lebih kuat daripada gerabah. Untuk pembuatannya dapat digunakan secara murni tanpa campuran atau dapat juga dicampur. Pembentukan *stoneware* ini membutuhkan suhu bakar tinggi 1200°C - 1280°C .

e. *Porcelain*

Porcelain memiliki badan yang halus, putih dan keras apabila dibakar. *Porcelain* banyak digunakan untuk barang-barang keramik industri karena kekuatannya yang baik. *Porcelain* dapat dibakar pada suhu tinggi sekitar 1350°C .

Pembentukan keramik dengan bahan dasar tanah liat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu:

a. Dipilin (*coil*)

Tanah liat dipilin dengan jari dan telapak tangan sehingga membentuk silindris dan panjang pilinan sesuai yang dikehendaki. Kemudian pilinan tersebut dibentuk sesuai bentuk yang dikehendaki. Contoh: tabung dan vas bunga.

b. Dipijat (*pinch*)

Tanah liat ditekan-tekan/ dipijat-pijat diantara membentuk benda yang diinginkan. Contoh: vas, bentuk manusia, hewan.

c. Diputar

Tanah liat diletakkan pada meja pemutar dan dibentuk sesuai yang diinginkan. Pembentukan dengan cara ini menghasilkan bentuk benda yang silindris. Contoh: vas, tabung, cangkir, gentong.

d. Dilempeng (*slab*)

Tanah liat dibuat lempengan dengan ketebalan yang sama dengan alat *roll*. Setelah lempengan tanah liat jadi maka dapat dibentuk sesuai keinginan seperti bentuk kotak.

e. Dituang (*casting*)

Dalam proses *casting* ini, tanah liat haruslah cair. Proses ini dilakukan dengan menuangkan tanah liat cair kedalam sebuah cetakan gipsium kemudian didiamkan selama beberapa menit. Cetakan yang terbuat dari gipsium ini bersifat menyerap air, maka ketebalan sebuah benda yang dibentuk dapat diatur dengan berapa lama proses pendinginan dan dapat dipastikan sama tebal.

f. Ditekan (*press*)

Dalam pembuatan keramik dengan cara ini tanah liat haruslah lebih keras. Tanah liat tersebut diletakkan ke cetakan kemudian ditekan dengan tangan atau dengan alat lalu sisa tanah liat yang keluar dari cetakan dirapikan/ dipotong mengikuti bentuk cetakan.

g. Dengan mesin *jigger*

Proses dengan mesin *jigger* ini, tanah liat harus lumat dan halus. Prinsip kerja hampir sama dengan cara diputar pada meja putar, namun bedanya terdapat *jigger* sebagai pembentuk permukaan keramik.

Setelah proses pencetakan kemudian dilakukan proses pengeringan *clay*. Tujuan dari proses pengeringan ini adalah untuk memberikan kekuatan pada *clay* sehingga dapat disusun ada tungku bakar dan juga untuk menghilangkan kadar air yang terkandung di dalamnya. Cara pengeringan *clay* yang baik antara lain:

1) Dibakar

Proses pengeringan *clay* dengan dibakar akan menghasilkan keramik *biscuit*. Proses pembakaran menjadi *biscuit* menggunakan suhu bakar yang mencapai 900°C.

2) Diangin-anginkan

Proses pengeringan *clay* dengan diangin-anginkan dilakukan pada area terbuka namun jangan sampai terkena sinar matahari langsung.

Hasil *clay* yang sudah kering, kemudian siap untuk disusun dalam tungku bakar untuk proses pembakaran. Proses pembakaran di PT. NPI terbagi menjadi dua bagian, yaitu:

a) Pembakaran *biscuit*

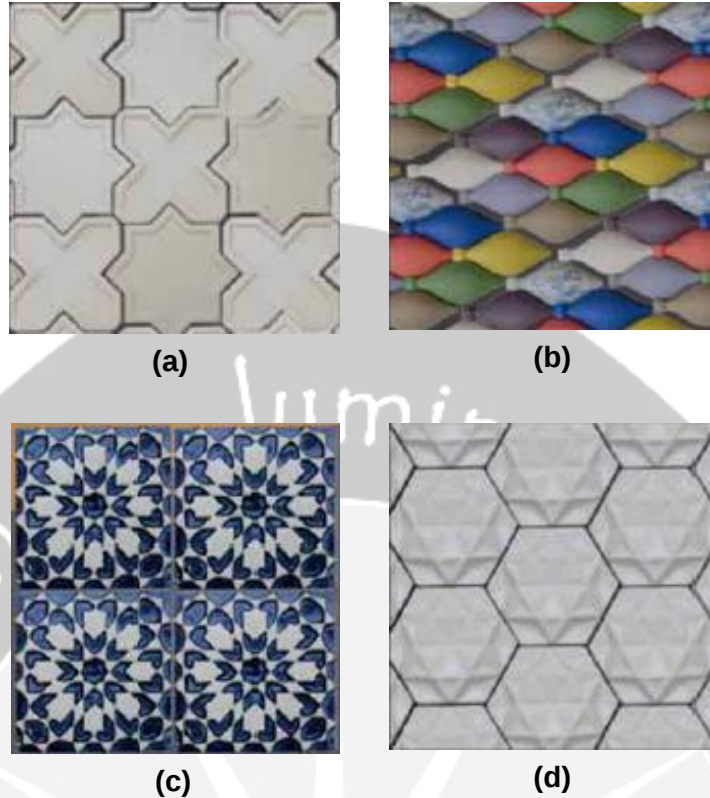
Pembakaran *biscuit* yaitu proses pembakaran pertama setelah proses *casting*. Proses pembakaran *biscuit* membutuhkan suhu bakar 900°C untuk menjadikan barang tersebut menjadi keras dan kuat serta mengurangi kadar air yang terkandung didalamnya.

b) Pembakaran *glazing*

Pembakaran *glazing* yaitu proses pembakaran kedua setelah bakar *biscuit* dengan dilapisi *glass* atau bisa juga tidak dilapisi *glass*. Suhu pembakaran ini mencapai 1280°C .

Keramik banyak diproduksi dalam bentuk *tile*, *tableware*, *figurine*, dan *trophy*. Bentuk *tile* dapat berupa keramik untuk dinding dan lantai dengan unsur relief yang biasa digunakan di masjid, hotel, resort, ataupun bangunan bersejarah. Ornamen *Islamic* yang banyak ditemukan di masjid termasuk dalam kategori keramik dinding. Dalam penerapannya, keramik dinding disusun seperti *puzzle* sehingga antar pola saling terjalin garis dan berkesinambungan.

Pembentukan ornamen secara manual (*hand made*) menyebabkan ketidakpresisian hasil keramik dinding saat disusun *puzzle* sehingga menimbulkan celah dan relief yang berbeda-beda. Peranan teknologi *Computer Aided Design* (CAD) sangat diperlukan dalam pembentukan desain ornamen agar menghasilkan keramik dinding yang presisi dan relief detail serta tidak membutuhkan banyak waktu dalam pengerjaannya.



Gambar 2. 2. Keramik Dinding: (a) Asimetris; (b) Diamond; (c) Square; (d) Segi enam

(Sumber: PT. Nuanza Porcelain Indonesia)

2.2.3. Reverse Engineering

Konsep dasar dari memproduksi suatu bagian berdasarkan model asli atau fisik tanpa menggunakan gambar teknik disebut *reverse engineering (RE)*. *RE* merupakan sebuah pendekatan yang digunakan untuk produksi ulang ketika sebuah produk tidak memiliki spesifikasi data yang lengkap seperti dimensi, bentuk maupun kontur reliefnya. Tugas utama *RE* adalah rekonstruksi obyek geometri yang terdiri dari sejumlah permukaan. Apabila data *CAD* tidak lengkap maka diperlukan metode *RE*. *RE* merupakan metode pengembangan produk yang cepat dan efisien disaat tidak tersedianya data *CAD* suatu produk (Sokovic et al, 2006). Penerapan *RE* dapat menggunakan alat bantu maupun secara konvensional. Alat bantu yang digunakan seperti *3D Scanner* atau *CMM (Coordinate Measuring Machine)* dan secara konvensional dengan membentuk *vector* melalui foto (2D) dengan cara *tracing*.

Gameros et al. (2015) menerapkan *reverse engineering* menggunakan *optical scanner* dan *X-ray computed tomography (CT)* untuk permukaan bentuk yang unik

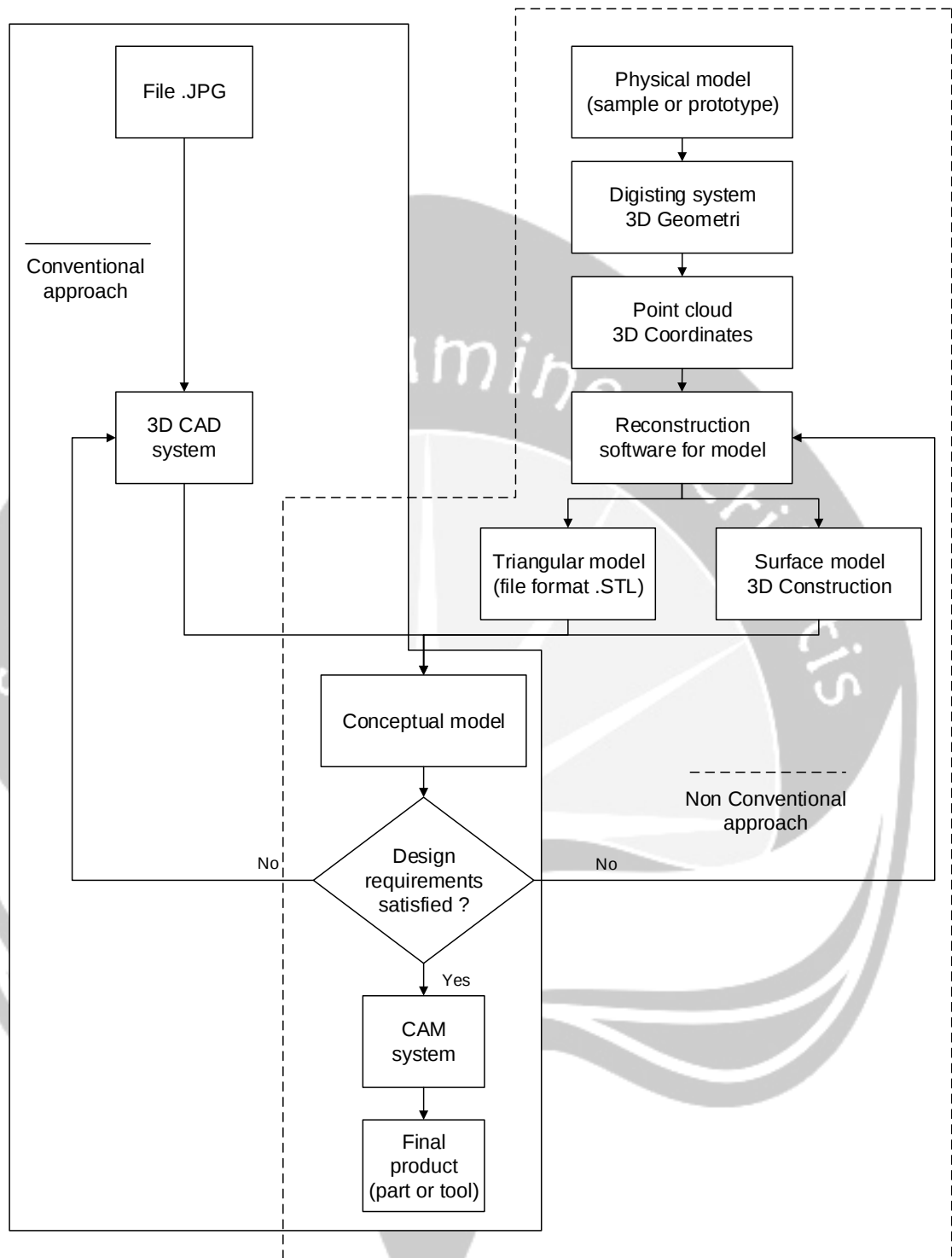
pada studi kasus pisau turbin yang terbuat dari *Inconel*, termasuk rekonstruksi sistem pendingin internal. Pengukuran diperoleh melalui penggunaan *Modular Freefrom Gage* (MFG). Sokovic et al. (2006) menggunakan *reverse engineering* untuk menghasilkan model permukaan 3D dengan teknik *scanning* untuk mengoptimalkan konsep produk sebelum manufaktur. *Reverse engineering* biasanya terdiri dari tahapan (Inder, 2009):

- 1) Analisis produk
- 2) Deskripsi produk tingkat menengah
- 3) Analisis manusia dari deskripsi produk untuk menghasilkan spesifikasi
- 4) Deskripsi produk baru menggunakan spesifikasi

Reverse engineering telah berubah dari proses manual yang terampil menjadi perangkat lunak komputer yang canggih dan alat pengukuran modern. Perluasan ini adalah hasil dari perubahan dalam proses desain dan pengembangan peralatan khusus untuk mendukung *reverse engineering* (Abella et al, 1994).

Berikut beberapa alasan menggunakan *reverse engineering*:

- a) Data produk tidak tersedia
- b) Permintaan produk masih ada tetapi perusahaan pembuat produk yang asli sudah tidak ada
- c) Produksi ulang produk namun data yang asli sudah hilang
- d) Proses inspeksi untuk kesesuaian produk dengan model CAD
- e) Tidak ada dokumentasi produk
- f) Menciptakan model 3D dari sebuah sampel
- g) Pembuatan gigi dan tulang buatan
- h) *Fitting* alas kaki agar sesuai dengan bentuk kaki konsumen



Gambar 2. 3. Tahapan Reverse Engineering

(Sumber: Sokovic, 2006)

2.2.4. ArtCAM

Teknologi *Computer Aided Design (CAD)* merupakan program komputer yang digunakan dalam mendesain suatu produk dalam bentuk 2D/ 2,5D model. Ketersediaan data CAD yang lengkap akan membantu *engineer* dalam proses pembuatan model. Pada tahap CAD dilakukan proses *editing* gambar 2D/ 2,5D model sebelum akhirnya masuk ke proses manufaktur. Proses membentuk vektor melalui foto dilakukan menggunakan *software ArtCAM*. *ArtCAM* merupakan program perangkat lunak yang dirancang untuk membantu pengrajin ataupun *engineer* dalam mendesain suatu produk artistik. Pembentukan ornamen keramik dapat dilakukan dengan proses *tracing* pada *ArtCAM* agar hasilnya detail dan presisi. Penerapan *ArtCAM* ini untuk mendapatkan desain master pola cetakan. *ArtCAM* mendukung sejumlah proses manufaktur termasuk mesin *CNC*, *laser cutting* dan *rapid prototyping*.

Fitur-fitur dalam *ArtCAM* adalah sebagai berikut:

a. *Model Information*

Menunjukkan ukuran besar area kerja dari karya seni dan tinggi relief.

b. *File*

Pilihan *file* yang digunakan untuk mengontrol model yang sedang dikerjakan.

c. *Model*

Untuk pengeditan model termasuk cahaya dan material yang digunakan dalam membuat relief.

d. *Bitmap Tools*

Merupakan perintah pekerjaan dengan warna secara langsung pada resolusi yang digambarkan.

e. *Vector Tools*

Digunakan untuk mengendalikan kreasi vektor.

f. *Position, Combine, Trim Vectors*

Tools yang digunakan untuk memodifikasi vektor.

g. *Relief Tools*

Untuk akses ke halaman *toolpath* dan *project*.

h. *2D dan 3D View*

Untuk menampilkan gambar 2D dan 3D pada lembar kerja.

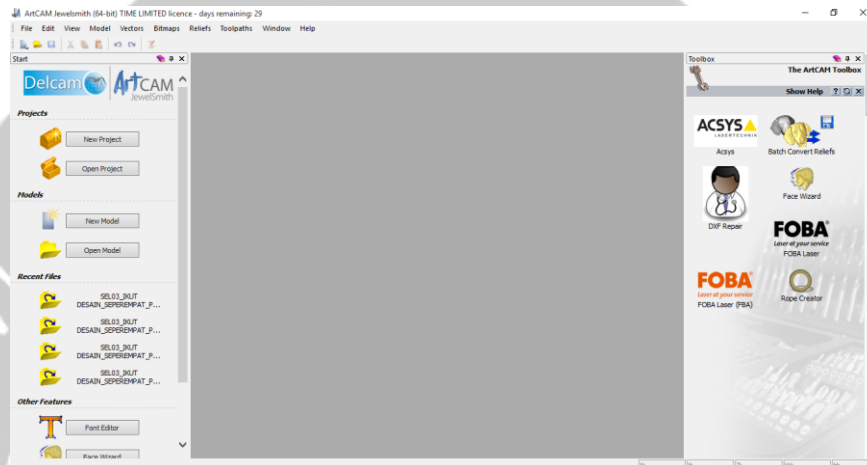
i. *Status Bar*

Untuk memberikan informasi koordinat dari *cursor*. Dapat pula menampilkan informasi lebar dan tinggi vektor.

j. *Layer Asistant*

Menampilkan semua *layer* yang digunakan dan menampilkan perintah-perintah tersedia.

Beberapa *tools* yang digunakan dalam proses desain 2D yaitu *create polyline*, *mirror object*, *trim vectors*, *offset vectors*, *close vector* dan *join vector*. Sedangkan *tools* dalam proses 3D yaitu *two rail sweep*, *create triangle mesh*, dan *shape editor*.



Gambar 2. 4. Tampilan utama ArtCAM 2015

(Sumber: Dokumentasi Delcam, plc)

2.2.5. Rapid Prototyping

Rapid Prototyping (RP) didefinisikan sebagai proses untuk mempercepat pengembangan produk dengan membuat *prototype* langsung dari gambar/ desain rancangan yang berbentuk model 2,5D CAD. Beberapa tahap dasar dari proses *RP* adalah:

- a. Membuat 2,5D CAD model dari obyek yang dirancang.
- b. Mengubah 2,5D CAD model menjadi *format STL*.
- c. Memotong *file STL* ke dalam beberapa potongan (*layer*).
- d. Membangun model secara berlapis.
- e. Membersihkan dan menyempurnakan model.

Prinsip dasar *RP* adalah menggunakan gambar rancangan 2,5D CAD dalam *format STL* yang kemudian dikirim ke mesin 3D *printer*. Pada mesin 3D *printer* tersebut, gambar diiris menjadi *layer-layer* dengan ketebalan tertentu sesuai spesifikasi mesin.