

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA & DASAR TEORI

### 2.1. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka ini berisi tentang beberapa hasil penelitian terdahulu yang telah dilakukan maupun sedang dilakukan, sehingga keterbaruan dari topik yang diperoleh dapat dikembangkan melalui Tugas Akhir ini. Tinjauan pustaka terdiri dari penelitian terdahulu dan penelitian sekarang. Penelitian terdahulu merupakan hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti terdahulu dan penelitian sekarang merupakan keterbaruan topik dari peneliti yang diambil sebagai topik Tugas Akhir yang dikerjakan, sehingga dapat terlihat perbedaan dengan penelitian sebelumnya dan penjelasan singkat tentang penelitian yang dilakukan.

#### 2.1.1. Penelitian Terdahulu

Perusahaan manufaktur terus mengembangkan teknologi CAD/CAM yang dapat menghasilkan produk bervariasi dan berkualitas dengan proses pengembangan yang lebih cepat. Berdasarkan kebutuhan tersebut, keinginan untuk mereduksi biaya yang ditimbulkan juga mendorong perusahaan manufaktur dalam mengembangkan desain produk. Tahap desain produk dengan mengembangkan *Reverse Engineering* (RE) sangat bergantung pada *software* CAD/CAE, karena dapat mengoptimalkan konsep produk yang didesain sebelum diproses CAM seperti yang terdapat dalam jurnal penelitian Sokovic dkk (2006).

Ye et al (2008) mengenalkan konsep metode *Reverse Engineering* baru yang kemudian dikenal sebagai *Reverse Innovative Design* (RID). Metode baru ini mewajibkan kepada setiap engineer design atau industri manufaktur untuk melakukan proses pemindaian dengan alat scanner yang handal dan dilanjutkan dengan proses optimasi desain menggunakan *software* CAE. Metode ini merupakan pengembangan desain inovatif yang berbasis metode RE. RID bertujuan untuk membentuk model produk baru dengan membuat variasi desain melalui *editing mesh* atau *surface*. Pada penelitian ini, metode RE terbagi menjadi tiga strategi antara lain strategi untuk pembuatan model *mesh* pada *organic shape*, strategi pembuatan model untuk analisis, dan strategi untuk pembuatan model berbasis kurva sehingga menghasilkan model yang presisi.

Lamandau (2015) dalam penelitiannya tentang *Reverse Engineering Approach in Making Emirates Plate (Dia- 25 cm) Design at PT Doulton* membahas mengenai

pendekatan RE untuk desain produk plate dengan diameter 25 cm di PT. Doulton. Masalah yang diteliti yaitu produk yang dikerjakan tidak memenuhi standar yang ditetapkan konsumen, sehingga dalam penelitian ini peneliti memperbaiki desain produk dengan metode RE agar kualitas yang dihasilkan sesuai dengan standarnya.

Tan (2017) membahas tentang Pendekatan *Reverse Engineering* dari 3D Meshes ke 3D CAD/CAM pada *Miranda Kerr Tea For One Teapot* di PT. Doulton. Penelitian ini membahas tentang membuat produk *teapot* yang didesain mirip dengan sampel sampai didapatkan 3D CAD menggunakan pendekatan RE untuk membantu proses mendapatkan data 3D CAD yang diharapkan. Hasil dari penelitian yang didapatkan yaitu hasil 3D CAD, estimasi waktu dan estimasi biaya *machining* untuk produk yang didesain.

Anggoro & Sujatmiko (2015) dalam jurnalnya membahas tentang pengembangan *Low Sag Body* sebagai material baru di PT. Doulton Indonesia. PT. Doulton Indonesia merupakan industri peralatan makan keramik merek internasional. Masalah penelitian ini adalah tentang kesesuaian desain baru dengan karakteristik *Low Sag Body*. Metode yang digunakan yaitu RE dengan peralatan CMM (*Coordinate Measuring Machine*) untuk mendapatkan data item piring dan dapat diproses dengan CAD-Power Shape 2015. Hasil penelitian ini adalah desain model baru, master produk, dan *biscuit prototype* piring CNN berbentuk *rolledge*.

Anggoro & Widiyanto (2016) menjelaskan tentang semi *Reverse Inovative Design* yang dikembangkan oleh Xiuzi Ye dengan tujuan produk inovasi berdasarkan CAD / CAM / CAE cepat, efisien, dan efektif. Makalah ini akan menerapkan Semi RID pada proses desain endemik mainan hewan Indonesia (Badak Jawa). Pada penelitian ini, Perubahan metode *Reverse Inovative Design* ke *Semi Reverse Inovative Desain* lebih disebabkan karena keterbatasan infrastruktur Laboratorium Teknologi Manufaktur Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Upaya yang pertama dilakukan adalah dengan *scanning* produk menggunakan HandyScann<sup>700TM</sup> yang didesain ulang dengan PowerSHAPE 2015 dan ArtCAM 2013 dalam pembuatan teksturnya. Sedangkan prototype dari hasil riset dikerjakan menggunakan *printer* 3D Objet 30Pro.

Teknologi CAD/CAM hingga saat ini juga terus berkembang, tidak hanya pada pembuatan produk geometri namun sekarang juga telah berkembang ke desain artistik. Nugroho (2016) dalam tulisan tugas akhirnya membahas mengenai

pengaplikasian RE pada desain ornamen keramik dinding bernuansa Islami yang berasal dari permintaan Masjid Al-Huda Jakarta dengan mengikuti perkembangan beberapa desain Islami yang ada. Hasil dari penelitian ini berupa master produk dari salah satu ornamen yaitu ornamen bagian timur masjid. Permasalahan yang dihadapi menurut Nugroho (2016) adalah foto ornamen yang tersedia diambil secara tegak lurus sehingga profil gambar tidak mendeskripsikan ketinggian dari ornamen yang dibuat. Dimensi desain yang dihasilkan juga terlalu kecil dengan sudut lancip yang pada akhirnya nanti mempersulit pembentukan  *mold* . Hal ini terbukti ketika dicetak terdapat bagian master produk yang tidak dapat dicetak karena desain ornamen yang kurang optimal tersebut.

Gunadi (2017) membahas tentang metode RE pada pembuatan master pola cetakan dengan mengembangkan desain keramik dinding yang sebelumnya diteliti oleh Nugroho (2016). Pada penelitiannya membahas tentang pembuatan master produk keramik dinding yang dilakukan dengan cara memberikan beberapa variasi sudut pada kontur relief yang dibuat agar master produk dapat dicetak secara presisi dan mendapatkan detail ornamen pada keramik dinding yang dibuat. Untuk membuktikan bahwa produk yang didesain dengan yang dicetak tidak terdapat cacat maka dilakukan proses desain dan manufaktur untuk beberapa tipe desain cetakan menggunakan mesin  *printer*  3D Objet 30Pro. Hasil riset Gunadi (2017) selanjutnya diteruskan oleh Kurniawan (2017) untuk mengukur  *error*  dimensi yang terjadi antara dimensi CAD,  *prototype*  master cetakan, dan produk jadi keramik dinding.

Kurniawan (2017) dalam penelitiannya membahas mengenai pengukuran penyusutan keramik dinding apakah ukuran  *core cavity*  dan  *clay*  terhadap master pola cetakan memiliki selisih lebih dari 2 mm dan apakah pembakaran keramik dinding memiliki standar penyusutan  $\leq 15\%$  sesuai yang ditentukan oleh PT. NPI. Hasil dari penelitian ini adalah penyusutan master pola cetakan keramik dinding yang diteliti tidak berbeda jauh dengan ukuran  *core cavity*  dan  *clay* . Penyusutan hasil pembakaran keramik pada tiap-tiap keramik dinding ada yang di bawah 15% dan di atas 15%. Hasil ini membuktikan bahwa konsep desain keramik dinding artistik di PT. NPI dapat dikembangkan dengan sangat baik menggunakan metode CARESystem.

Suleman (2017) dalam penelitiannya membahas tentang optimasi  *toolpath strategy*  dengan teknologi  *computer aided manufacturing*  yang dilakukan pada

mesin CNC. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan *cutting parameters condition* sehingga dapat menghasilkan waktu permesinan tercepat dan kualitas yang baik dari keramik yang diproses. Suleman (2017) menggunakan metode *desain of experiment taguchi* untuk mendapatkan data *orthogonal array*. Hasil dari penelitian ini adalah *SN ratios toolpath strategy* menjadi *toolpath strategy* yang paling optimal untuk permesinan keramik dinding yang digunakan penelitian. Waktu tercepat pembuatan *core* adalah 38 menit 32 detik dan waktu terlama adalah selama 98 menit 32 detik.

Chrispambayun (2017) membahas mengenai analisis *design for manufacturing* dan penentuan harga jual keramik dinding dengan meminimalkan biaya produksi yang timbul. Biaya untuk proses pembuatan keramik dinding menggunakan metode manual adalah Rp 4.362.661,46, 3D Objet 30Pro sebesar Rp 15.295.485,90, dan CNC YCM EV1020A sebesar Rp 4.362.661,46. Waktu penyelesaian produk keramik yang dikerjakan dari ketiga metode tersebut juga berbeda-beda, waktu penyelesaian dengan metode manual adalah 2 minggu, 3D Objet 30Pro adalah 6 hari 19 jam 34 menit, sedangkan CNC YCM EV1020A 4 hari 16 jam 45 menit.

### **2.1.2. Penelitian Sekarang**

Penelitian yang dilakukan oleh Gunadi (2017) telah berhasil mendapatkan 3D master pola cetakan keramik dinding masjid Al-Huda yang dapat dicetak secara presisi dan detail dengan metode RE. *Output* penelitian Gunadi ini juga didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan (2017) yang berhasil membuktikan kepresisian yang dari desain master produk cetakan. Namun dampak dari kedetailan dan kepresisian dari hasil keramik yang telah dibuktikan oleh Gunadi (2017), Kurniawan (2017), Suleman (2017), dan Chrispambayun (2017) dengan metode RE adalah proses permesinan yang dilakukan kurang efektif dari segi waktu dan efisien dari dan biaya. Secara simulasi pada *software* PowerMill yang telah dilakukan Suleman (2016) terlihat rata-rata waktu pengerjaan dengan estimasi waktu tercepat untuk proses pembuatan *core mozaic* pusat selama 38 menit 32 detik dan estimasi waktu terlama untuk proses pembuatan *cavity mozaic* garpu selama 98 menit 32 detik.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka dalam topik ini akan dilakukan pengaplikasian metode RE pada pembuatan desain pola masternya dengan menyederhanakan proses desain keramik pada tahap artistik desain

menggunakan *software* ArtCAM 2015 R2. Penyederhanaan metode ini bertujuan untuk mendapatkan keefektifan dan keefisienan pada proses desain.

Penelitian ini dimulai dari pemilihan desain keramik dinding berupa hasil *scanning* foto dari PT. NPI. Proses selanjutnya dilakukan proses *tracing* untuk membentuk vektor 2D dengan teknologi CAD artistik menggunakan *software* ArtCAM 2015 R2. Hasil vektor 2D yang telah terbentuk dibangkitkan dengan ukuran ketebalan tertentu dan dipotong menjadi beberapa bagian mengikuti pola ornamen pada desain yang ada. Hasil dari penelitian ini berupa master pola cetakan keramik dinding masjid Al-Huda yang kemudian diverifikasi dengan proses permesinan dengan mesin CNC yang ada di PT. NPI, sehingga dapat dihasilkan master pola cetakan berbahan gypsum.

## **2.2. Dasar Teori**

Pada sub ini akan dibahas mengenai teori ornamen Islami, keramik, *reverse engineering*, ArtCAM 2015 R2, PowerSHAPE 2016, Rhino 4.0, model 2D, 2,5D, dan 3D.

### **2.2.1. Ornamen Islami**

Ornamen diambil dari bahasa Latin “Ornare” yang artinya menghias. Ornamen adalah komponen seni dekoratif yang digunakan untuk menambah nilai estetika atau memperindah tampilan dari suatu produk secara murni dan juga dapat memiliki nilai simbolis tertentu. Penambahan ornamen pada umumnya diberikan pada benda atau produk karya seni seperti senjata tradisional dan perhiasan, sehingga benda atau produk tersebut yang ditambah ornamen akan terlihat lebih menarik. Unsur pokok dalam ornamen adalah motif. Motif merupakan bentuk-bentuk yang mendasari dalam penciptaan karya ornamen. Motif dalam ornamen terdiri dari motif geometris, motif kreasi seperti motif tumbuhan dan hewan maupun benda-benda alam seperti air, awan, dan lain-lain. Selama berabad-abad, pola geometris Islam (IGPs) telah digunakan sebagai elemen dekoratif pada dinding, langit-langit, pintu, kubah, dan menara (Abdullahi et al, 2015). Namun hingga saat ini perkembangan mengenai ornamen-ornamen dalam pola geometris Islam juga banyak diterapkan pada keramik sebagai hiasan.



**Gambar 2.1. Ornamen Berciri Khas Islami**

(Sumber: Abdullahi dan Embi, 2015)

Ornamen dalam Islam adalah pola utama yang digunakan untuk bahan dekorasi pada bangunan masjid atau bangunan lain. Pola ornamen yang sering digunakan adalah pola hias yang dibentuk dalam bentuk hiasan dekoratif atau biasa disebut pola polygonal. Ornamen Islami dipelopori oleh bangunan tertua yang bernama Dome of The Rock (Kubah Batu). Kubah Batu ini di bagian interior dan eksterior didekorasi dengan motif bunga dan tumbuhan yang naturalistik, marmer, dan plakat logam. Terdapat pula kaligrafi di sepanjang sisinya. Kemudian pada masa kepemimpinan Ottoman diperbaiki dan dipercantik lagi. Kubahnya dilapisi emas serta langit-langit segi delapan juga ditutupi ukiran kayu Ottoman. Fanani (2009) menjelaskan bahwa ornamen Islami seiring perkembangannya terdoktrin dengan unsur keagamaan yang melarang penggunaan benda bernyawa yang mampu berjalan. Maka, pola ornamen yang sering digunakan yaitu vegetal atau floral, pola geometri, pola sarang lebah atau *muqarnas*, dan kaligrafi.

a. Ornamen Vegetal

Ornamen pertama adalah ornamen vegetal atau floral atau sering disebut dengan *Arabesque* adalah dekorasi pertama dalam ornamen Islam yang diwariskan pada era Byzantium. Pamadhi (2003) menjelaskan bahwa awalnya bentuk hewan digunakan sebagai pola ornamen pada saat itu, namun pola

tersebut diganti dengan ornamen vegetal. Terdapat paham di dalam agama Islam yang melarang melukis atau mematungkan benda yang dapat bergerak dan berjalan. Maka *Arabesque* berkembang menjadi ornamen floral.



**Gambar 2.2. Contoh Ornamen Vegetal atau Floral**

(Sumber: Abdullahi dan Embi, 2015)

b. Ornamen Pola Geometri

Ornamen kedua adalah ornamen pola geometri, dimana ornamen ini juga merupakan hasil dari pengembangan ornamen vegetal. Berawal dari ornamen vegetal yang disusun membentuk pola berulang. Pola berulang tersebut kemudian membentuk geometrik yang saling menyambung seperti tanpa ujung, maka terbentuklah pola ornamen.



**Gambar 2.3. Contoh Ornamen Pola Geometri**

c. Ornamen Sarang Lebah

Ornamen ketiga adalah ornamen sarang lebah. Ornamen ini merupakan ornamen dengan corak menyerupai sarang lebah. Ornamen ini berkembang pada pertengahan abad ke 10 M di timur laut Persia. Bentuk ornamen ini juga merupakan hasil pengembangan ornamen geometris dimana pola ini sebagai penghias permukaan dan berperan sebagai struktural.



**Gambar 2.4. Contoh Ornamen Sarang Lebah pada Qutub Minar India**

d. Ornamen Kaligrafi

Ornamen keempat adalah kaligrafi. Kaligrafi merupakan bentuk seni dari huruf Arab. Kaligrafi dapat dikombinasikan dengan warna yang dikomposisikan dan dapat digabungkan menjadi suatu karya seni lukis kaligrafi. Biasanya kaligrafi juga digunakan sebagai ornamen untuk memberi kesan Islami dalam bangunan Masjid.



**Gambar 2.5. Contoh Ornamen Kaligrafi Masjid**

### 2.2.2. Keramik

Seni keramik merupakan cabang seni rupa pengolahan material keramik menjadi kerajinan atau karya seni bersifat tradisional hingga kontemporer yang pembuatannya berbahan dasar tanah liat dan melalui proses pembakaran dengan suhu tinggi. Jenis-jenis keramik bervariasi seperti gerabah, porselen, terracotta, keramik putih, keramik batu, keramik halus, dan lain sebagainya. Setiap jenis keramik memiliki sifat-sifat dan keunikan tersendiri karena tersusun dari campuran bahan yang berbeda dalam proses pembuatannya. Keramik banyak digunakan sebagai bahan pembuatan hiasan pada dinding maupun lantai, serta perkakas rumah tangga. Selain itu, keramik juga banyak digunakan sebagai hiasan dinding interior maupun eksterior bangunan-bangunan seperti tempat ibadah.

Pembentukan keramik dibagi menjadi beberapa teknik dimana teknik-teknik tersebut disesuaikan dengan kebutuhan perlakuan jenis tanah liat yang digunakan. Beberapa teknik tersebut antara lain:

a. Teknik *Pinch*

Teknik ini merupakan teknik pembentukan tanah liat dengan cara ditekan atau dipijat. Tanah liat yang akan dibentuk diletakkan di satu tangan, kemudian tanah liat dipijat dengan tangan yang lainnya hingga membentuk benda yang diinginkan. Biasanya diberi sedikit air pada permukaan benda yang dibuat sambil diratakan dengan tangan, sehingga permukaan benda yang dihasilkan lebih halus. Teknik ini dilakukan secara langsung menggunakan tangan.

b. Teknik *Slab*

Pada teknik ini, tanah liat yang dibentuk dengan cara dipipihkan menjadi lempengan atau lembaran. Setelah lembaran terbentuk, kemudian dipotong-potong menjadi kotak, bulat maupun bentuk lainnya. Teknik ini diterapkan untuk pembentukan benda dengan permukaan yang rata. Penggunaan teknik ini biasanya dilakukan dengan bantuan alat seperti rol penggiling adonan.

c. Teknik *Coil*

Teknik ini merupakan teknik pembentukan tanah liat dengan dipilin. Pembentukan tanah liat dengan cara ini biasanya digunakan untuk membentuk benda-benda karya seni yang terdapat lengkungan-lengkungan kemudian disusun berlapis-lapis. Biasanya ada satu Teknik ini dilakukan dengan kedua tangan.

d. Teknik *Wheel Throwing / Hand Throwing*

Teknik ini merupakan teknik pembentukan tanah liat menggunakan roda tembikar. Tanah liat yang siap dibentuk diletakkan diatas roda tembikar yang diputar, kemudian tanah liat dibentuk sesuai keinginan seiring dengan perputaran dari roda tembikar tersebut. Benda yang dihasilkan dari penerapan teknik ini biasanya benda berbentuk silindris atau mangkuk.

e. Teknik *Cast*

Teknik ini merupakan teknik dimana tanah liat yang berbentuk liquid dituang atau dicor pada suatu cetakan. Setelah tanah liat dituangkan ke dalam cetakan, didiamkan selama beberapa waktu hingga mengering. Cetakan yang digunakan untuk teknik ini biasanya dari gipsum, karena sifat dari gipsum yang mudah menyerap air itu sendiri menjadikan tanah liat lebih cepat mengering.

### 2.2.3. Reverse Engineering

*Reverse Engineering* (RE) merupakan metode yang digunakan untuk pengembangan produk baru secara cepat dengan memodifikasi model fisik produk sebelumnya (Sokovic et al, 2006). Tujuan utama dari RE adalah pembangkitan data *scanning point cloud* menjadi model CAD 2,5D atau 3D yang dapat digunakan untuk pemodelan bagian-bagian di masa depan dimana tidak ada model CAD. RE dapat digunakan untuk memperbarui atau mengoreksi suatu dokumentasi data yang tidak cukup pada kasus tertentu untuk disesuaikan dengan kebutuhan saat ini, menganalisis pengembangan produk, kompetisi dalam menghasilkan produk, pembelajaran maupun duplikat (Preet dan Richa, 2009). Saat ini, metode RE terus dikembangkan oleh industri manufaktur, industri medis, cabang militer dan beberapa fasilitas penelitian. Salah satu keuntungan penerapan RE dalam industri manufaktur yaitu kecepatan dalam pembuatan model untuk produksi part baru. Dalam industri medis, penerapan RE dalam pembuatan model untuk alat-alat maupun keperluan medis yang dikombinasikan dengan pemeriksaan bagi kesehatan. Sedangkan dalam cabang militer menerapkan RE untuk tugas-tugas inspeksi terkait keselamatan.

RE sekarang dianggap sebagai salah satu teknologi yang memberikan manfaat bisnis dalam memperpendek siklus pengembangan produk (Raja, 2008). *Reverse engineering* dapat mempersingkat waktu tunggu pada suatu proses desain hingga realisasi produk, maka kemungkinan besar mampu mengurangi biaya manufaktur.

Beberapa alasan untuk menggunakan RE adalah sebagai berikut:

- a. Dokumentasi desain produk asli telah hilang atau tidak pernah ada.
- b. Pabrik tidak ada lagi, tetapi pelanggan membutuhkan produk tersebut.
- c. Pabrik tidak lagi menghasilkan produk.
- d. Membarui atau membuat data CAD yang hilang.
- e. Menganalisis fitur baik dan buruk dari produk pesaing.
- f. Menganalisis cara baru untuk meningkatkan kinerja dan fitur produk.
- g. Mengontrol kualitas atau membandingkan data CAD yang dibuat sesuai dengan standarnya.
- h. Membuat model 3D dari sampel suatu produk.
- i. Penyesuaian alas kaki sesuai dengan kaki customer.
- j. Pembuatan gigi dan tiruan bagian tubuh tertentu untuk perencanaan bedah.

#### 2.2.4. ArtCAM 2015 R2

ArtCAM 2015 R2 adalah perangkat lunak CAD/CAM yang dikembangkan oleh Delcam dengan basis artistik. ArtCam 2015 R2 merupakan perangkat lunak komputer yang digunakan untuk mendesain produk artistik dengan proses pembuatan model dalam bentuk 2D maupun 2,5D. Perangkat lunak ini digunakan untuk pembuatan produk artistik. ArtCAM 2015 R2 sebagai sarana untuk membuat vektor-vektor yang kompleks atau foto serta membentuk model 2,5D atau 3D dengan mudah dan cepat. Vektor 2D dapat dibentuk melalui perangkat lunak ArtCAM itu sendiri atau hasil import dari perangkat lunak CAD lainnya. Penggunaan ArtCAM dalam penelitian ini untuk membentuk model 2,5D keramik. Beberapa fitur utama yang dipakai dalam pembentukan vektor dalam software ini adalah *vector tools*. Sedangkan fitur utama yang digunakan dalam pembangkitan vektor menjadi 2,5D adalah *relief tools*.

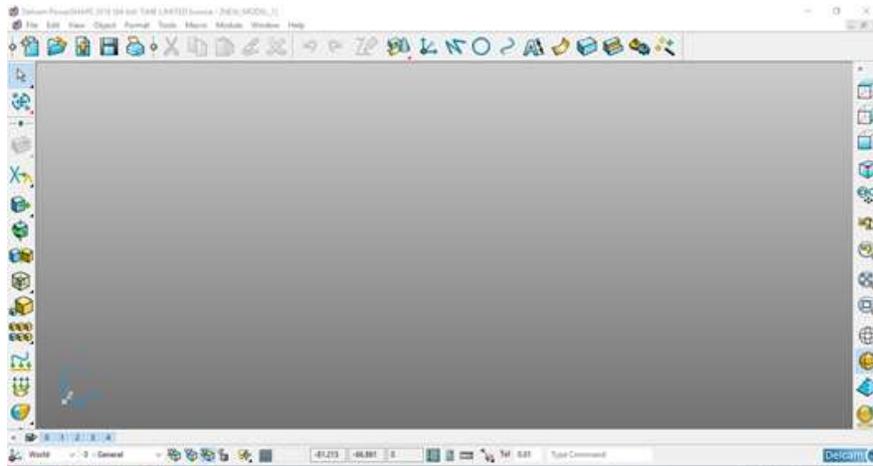


**Gambar 2.6. Tampilan Halaman Utama Software ArtCAM 2015**

(Sumber: Dokumentasi Delcam)

#### 2.2.5. PowerSHAPE 2016

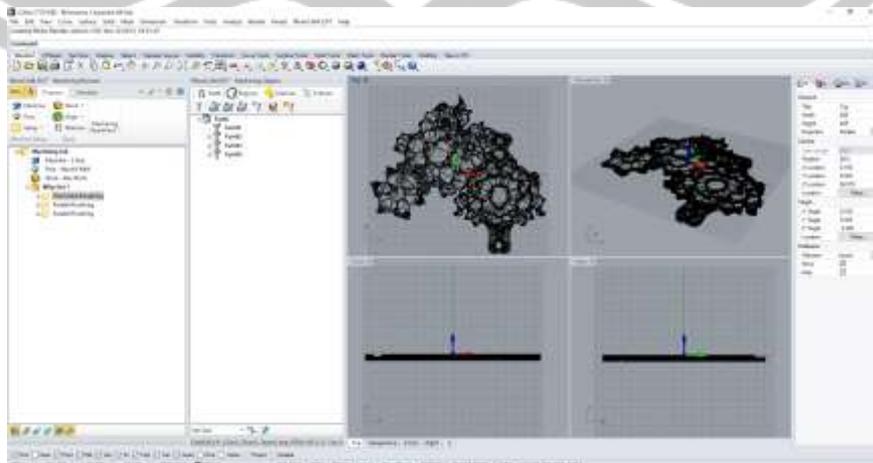
PowerSHAPE 2016 merupakan perangkat lunak CAD yang dikembangkan oleh Delcam untuk desain model 3D dengan menggunakan *surfaces* maupun *solids*. Software PowerSHAPE 2016 terdiri dari beberapa modul yang dapat digunakan dalam pembuatan model. Modul tersebut antara lain *PS-Draft*, *PS-Electrodes*, *PS-Assembly*, *PS-Renderer*, *PS-Moldmaker*. Penggunaan modul tersebut menyesuaikan kebutuhan penggunaannya. PowerSHAPE 2016 juga dapat mengimpor *file* dari *software CAD* lainnya. Perangkat lunak ini dapat melakukan RE mulai dari *mesh editing* hingga verifikasi data *CAD*. Penelitian yang dikerjakan ini menggunakan PowerSHAPE 2016 untuk membuat desain model 3D.



**Gambar 2.7. Tampilan Halaman Utama Software PowerSHAPE 2016**  
(Sumber: Dokumentasi Delcam)

### 2.2.6. Rhino 4.0

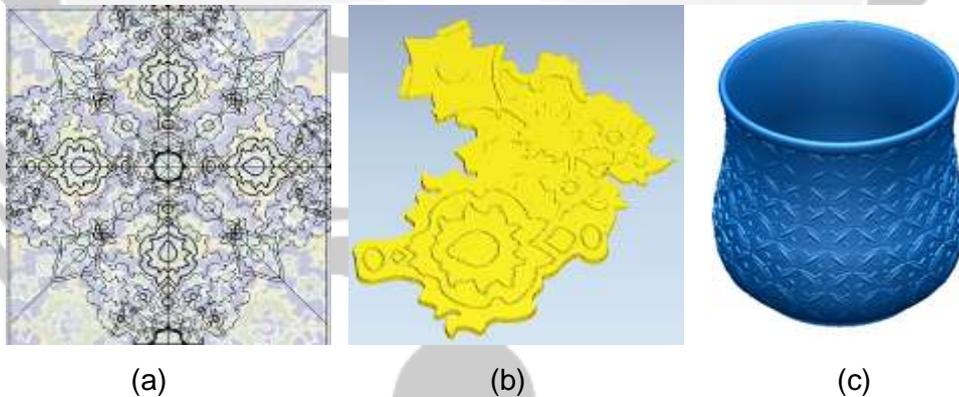
Rhino 4.0 adalah perangkat lunak dengan basis CAM untuk permesinan pada CNC. Rhino 4.0 digunakan untuk menjalankan simulasi permesinan suatu desain produk yang berasal dari perangkat lunak CAD. Rhino 4.0 juga dapat membaca file yang diimport dari perangkat lunak CAD dengan *format file* yang umum seperti .dwg, .igs, .iges, dan .stl. Pengaplikasian Rhino 4.0 dengan basis CAM ini dapat diterapkan untuk industri (kapal, perhiasan), *mechanical design*, *product design*, dan arsitektur. Rhino 4.0 menghasilkan *NC code* untuk proses permesinan di CNC. Rhino 4.0 dengan basis CAM ini memiliki beberapa modul, antara lain modul *mill*, modul *turn*, modul *nest* (pemodelan banyak sisi), modul *art* (pemodelan artistik), dan modul *mesh* (pemodelan *mesh*). Modul-modul tersebut dapat disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan spesifik dari berbagai proses manufaktur CNC.



**Gambar 2.8. Tampilan Halaman Utama Software Rhino 4.0**  
(Sumber: Dokumentasi Rhino)

### 2.2.7. Model 2D, 2,5D dan 3D

Dalam desain yang dikerjakan peneliti, terbagi menjadi tiga jenis bentuk model CAD yang dihasilkan. Model 2D merupakan model yang berbentuk grafik atau vektor yang dibuat dengan cara *tracing*. Teknik penggambaran yang digunakan untuk model 2D berpatokan pada titik koordinat sumbu x dan sumbu y. Sedangkan model 2,5D dan 3D merupakan representasi dari ekstrusi dengan ketebalan tertentu pada profil 2D. Perbedaan mendasar dari 2,5D dan 3D adalah cara penglihatan sudut pandang dan proses permesinannya. Sudut pandang model 2,5D memiliki volume namun salah satu sisinya saja yang memiliki bentuk tertentu sesuai dengan kontur penggambaran yang dibuat dalam 2D. Sedangkan sudut pandang model 3D berbentuk volume dimana semua sisinya membentuk sebuah objek yang nyata. Dalam proses permesinan, model 2,5D yang dikerjakan oleh CNC hanya satu bagian sisi dari modelnya, sedangkan model yang lain tidak dikerjakan. Berbeda dengan model 3D, semua sisinya dikerjakan sehingga membentuk suatu objek. Dalam kasus ini, CNC yang digunakan merupakan CNC khusus untuk mengikis sebagian permukaan material dengan pola tertentu atau (*engraving*) karena master produk keramik yang dikerjakan hanya bagian permukaan atas saja.



**Gambar 2.9. Contoh Model (a) 2D ; (b) 2,5D ; (c) 3D**