

LAPORAN PENELITIAN KELOMPOK

**Proses *Rapid Prototyping* Master Cetakan
Berbahan *Resin Epoxy* Sebagai Nilai Tambah
dalam Industri Souvenir Logam *Pewter***



Oleh

P. WISNU ANGGORO, ST., MT

TONY YUNIARTO, ST., M.Eng.

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
2012**

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN

No. Laporan : _____

a) Judul penelitian : Proses Rapid Prototyping Master Cetakan Berbahan *Resin Epoxy* Sebagai Nilai Tambah dalam Industri Souvenir Logam *Pewter*

b) Macam penelitian : Laboratorium

1. Personalia Ketua Peneliti

- a) Nama : P. Wisnu Anggoro, ST., MT.
- a) Jenis kelamin : Laki-laki
- b) Usia saat pengajuan proposal : 39 tahun 8 bulan
- c) Jabatan akademik, Golongan : Lektor, III/c
- d) Bidang peminatan : Rekayasa Desain dan Manufaktur
- e) Fakultas, Program Studi : Teknologi Industri, Teknik Industri

2. Personalia Anggota Peneliti :

Nama anggota : A. Tonny Yuniarto, ST., M.Eng.

3. Lokasi penelitian : Daerah Istimewa Yogyakarta

4. Jangka waktu penelitian : 6 bulan

5. Biaya yang diajukan : Rp 4.750.000,00

6. Dana yang disetujui : Rp 3.740.000,00

Yogyakarta, 14 Juni 2012

Mengetahui,

Ketua Peneliti,

Kepala Lab. Proses Produksi Ka. Prodi Teknik Industri

Tonny Yuniarto, ST., M.Eng. The Jin Ai, D.Eng P. Wisnu Anggoro, ST., MT.

Dekan Fakultas Teknologi Industri UAJY,

Ketua LPPM UAJY,

Ir. B. Kristyanto, M. Eng., Ph.D.

Dr. Ir. Y. Djarot Purbadi, MT.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas selesainya kegiatan penelitian dengan judul “ **Proses Rapid Prototyping Master Cetakan Berbahan *Resin Epoxy* Sebagai Nilai Tambah dalam Industri Souvenir Logam *Pewter*”** .

Terima kasih kami ucapkan pula kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini terutama:

1. Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
2. Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
3. Ketua Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
4. Laboran Laboratorium Pengetahuan Proses Produksi
5. Fani Rosalina selaku team survey dan desainer atribut produk souvenir
6. Team Desainer Laboratorium Proses Produksi
7. Bapak Sugeng selaku pemilik CV. Tin's Art DIY

Akhir kata semoga kegiatan ini benar-benar memberi manfaat bagi pihak seluruh pihak dan Universitas Atma Jaya Yogyakarta .

Yogyakarta, 14 Juni 2012

ttd

P Wisnu Anggoro, ST., M.T.

DAFTAR ISI

Lembar Sampul	i
Lembar Pengesahan	ii
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	iv
Daftar Tabel	vi
Daftar Gambar	vii
Abstrak	viii
1. Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Penelitian	2
1.5. Metodologi Penelitian	2
2. Tinjauan Pustaka	7
2.1. Konsep RP	7
2.2. <i>CAD dan CAM</i>	8
3. Spesifikasi Mesin dan Data	10
3.1. Spesifikasi Mesin	10
3.2. Data	12
4. Analisis dan Pembahasan	19
4.1. Analisis Proses Desain	19
4.2. Analisis Proses CAM menggunakan <i>software</i> <i>ArtCAM</i>	20
5. Kesimpulan	35
5.1 Kesimpulan	35

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Spesifikasi mesin <i>Roland Modela MDX-40</i>	11
Tabel 3.2. spesifikasi material resin epoxy	13
Tabel 3.3.. Waktu pengerjaan real master prototype penelitian	17
Tabel 4.1. Hasil <i>Brainstorming</i> dengan CV. <i>Tin'sArt</i>	20
Tabel 4.2. Proses <i>roughing master Logo Keraton DIY</i>	22
Tabel. 4.3. Proses <i>Roughing Becak DIY</i>	24
Tabel. 4.4. Proses <i>Roughing Rumah Limas Sumatera Selatan</i>	25
Tabel 4.5. Proses <i>semi finishing master Logo Keraton DIY</i>	26
Tabel. 4.6. Proses <i>semi finishing Becak DIY</i>	27
Tabel. 4.7. Proses <i>semi finishing Rumah Limas Sumatera Selatan dengan Ballnose 3mm</i>	28
Tabel 4.8. Proses <i>finishing master Logo Keraton DIY</i>	30
Tabel. 4.9. Proses <i>finishing Becak DIY</i>	31
Tabel. 4.10. Proses <i>finishing Rumah Limas Sumatera Selatan</i>	32
Tabel 4.11. hasil akhir produk penelitian <i>Rapid Prototyping</i> berbahan baku <i>Resin Epoxy</i>	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Tahapan Metodologi Penelitian	6
Gambar 3.1. Mesin Rolland Modela MDX 40	10
Gambar 3.2. Gambar desain 2D dan 3D <i>ArtCAM</i> Logo Keraton DIY	13
Gambar 3.3.. Gambar desain 2D dan 3D <i>ArtCAM</i> Becak DIY.....	14
Gambar 3.4.. Gambar desain 2D dan 3D <i>ArtCAM</i> Rumah Limas Sumatera Selatan.....	14
Gambar 3.5... <i>Cutter End mill</i> Diameter 6 mm.....	15
Gambar 3.6. <i>Cutter Ball Nose</i> Diameter 2 mm	15
Gambar 3.7. <i>Cutter Single Lips</i> Diameter 4 mm	16
Gambar.3.8. <i>Collet</i> Diameter 6 mm	16
Gambar. 3.9. <i>Collet</i> Diameter 4 mm	17
Gambar. 3.10. <i>Collet</i> Diameter 2 mm	17
Gambar. 3.11. Rumah Limas	18
Gambar 3.12. Logo Keraton DIY	18
Gambar. 3.13. Becak DIY	18
Gambar 4.1. 3D model gantungan kunci logo keraton	19
Gambar 4.2. 3D model gantungan kunci becak	20
Gambar 4.3. 3D model gantungan kunci rumah limas Sumatera Selatan	20

ABSTRAK

CV. Tin's Art merupakan salah satu industri kecil menengah di DIY yang bergerak dalam bidang souvenir logam pewter, salah satu kendala utama yang dihadapi oleh ukm ini adalah ketidak mampuan dalam proses desain master cetakan dengan kontur relief kompleks dan berciri khas kedaerahan sehingga tidak memiliki keunggulan kompetitif yang dapat dibanggakan bagi industri kecil di DIY.

Rapid prototyping merupakan salah satu cara tercepat dalam industri manufaktur dalam upaya mengejar produk banyak secara cepat dan murah dengan detail kontur yang sesuai dengan keinginan pelanggan. Melalui proses RP dalam penelitian ini diperoleh tiga jenis desain gantungan kunci berciri khas daerah dengan kontur relief sesuai dengan gambaran yang diinginkan oleh CV. Tin's Art.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh tiga jenis desain 2D dan 3D model beserta protipe berbahan *resin epoxy* yaitu: gantungan kunci logo keraton DIY, becak DIY dan rumah limas Sumatera Selatan. Hasil uji proses *vulkanisir* dan *spin casting* untuk gantungan kunci Logo Kerataon DIY menunjukkan kepuasan dari CV. Tin's Art.

Kata kunci : logam *pewter*, *rapid prototyping*, *resin epoxy*

Abstrac:

CV. Tin's Art is one of the small industrial intermediate in the province engaged in souvenir metal pewter, one of the major obstacles faced by SMEs is the inability of the design process master mold to the contours of relief complex and distinctively regional so it does not have a competitive advantage that can proud of the small industries in the province.

Rapid prototyping is one of the fastest in the manufacturing industry in the pursuit of many products quickly and cheaply with contour detail in accordance with customer wishes. Through the process of RP in this study were obtained three kinds of key chain design with a distinctively local relief contours in the image desired by the CV. Tin's Art.

Based on the research results obtained by three different types of 2D and 3D design models of its prototype made from epoxy resin that is: DIY key holder logo palace, tricycle DIY and home limas South Sumatra. Test results of the retreading process and spin casting for DIY Kerataon Logo keychain satisfaction of CV. Tin's Art.

Keywords: pewter metallic, rapid prototyping, epoxy resin.



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

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). RP merupakan teknologi yang mampu mewujudkan secara cepat konseptualisasi sebuah desain produk (Ferreira, et al., 2006).

Salah satu perangkat yang menunjang penerapan teknologi RP di Universitas Atma Jaya Yogyakarta (UAJY) adalah perangkat lunak Delcam dan mesin Roland Modela MDX 40. Melalui perangkat tersebut, proses desain menggunakan Computer Aided Design (CAD) mampu disimulasikan secara cepat ke dalam sistem Computer Aided Manufacturing (CAM) untuk selanjutnya diwujudkan prototipenya menggunakan Roland Modela. Mesin *spin casting* dan mesin vulkanisir yang dihasilkan oleh Dahana Pamungkas dan Geovanni Garias Pradhana (2009), melengkapi teknologi RP yang dapat mewujudkan mal cetakan untuk proses *spin casting* sehingga dapat dimanfaatkan oleh industri logam pewter.

CV Tin' Art sebagai salah satu ikon industri souvenir logam *pewter* di Yogyakarta dengan merek *Tin's* saat ini sedang melakukan pengembangan produk gantungan kunci dengan obyek-obyek yang berciri khas kedaerahan. Mereka selama ini selalu kalah bersaing dengan produk-produk sejenis dari Selangor Malaysia dan Singapura dari segi harga, kualitas cetakan, dan packaging. Keterbatasan mereka dalam memperoleh master produk untuk cetakan *spin casting* yang sesuai dengan keinginan (berciri khas kedaerahan) membawa ketertarikan mereka untuk mewujudkan master produk souvenir melalui sistem RP yang dimiliki UAJY.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana mendapatkan prototype master produk gantungan kunci berciri khas daerah DIY dan Sumatera Selatan menggunakan teknologi yang dimiliki UAJY.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan :

1. Model 3D Artistic CAD gantungan kunci berciri khas Yogyakarta dan Sumatera Selatan
2. Prototype gantungan kunci berbahan baku resin epoxy

1.4. Batasan Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian dilakukan dengan batasan-batasan sebagai berikut:

- a. Penelitian ini dilakukan untuk mendesain *symbolic shorthand souvenir* berupa gantungan kunci Yogyakarta dan Sumatera Selatan sesuai dengan permintaan CV. Tin Art's
- b. Pengerjaan proses desain artistic CAD/CAM sampai dengan pembuatan *prototype souvenir* yang diharapkan dilakukan di Laboratorium Proses Produksi Program Studi Teknik Industri FTI UAJY.
- c. Penentuan atribut produk gantungan kunci disesuaikan dengan permintaan dari CV. Tin's Arts

1.5. Metodologi Penelitian

1.5.1. Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain:

- a. Atribut produk *symbolic shorthand souvenir* untuk kota Yogyakarta dan Sumatera Selatan.
- b. Gambar obyek-obyek wisata yang akan dipakai sebagai identitas dari souvenir yang didesain sesuai dengan permintaan dari CV. Tin Art's .
- c. Suplier Material Ebalta.

1.5.2. Cara Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya adalah:

- a. Studi pustaka untuk mendapatkan teori dan data sekunder yang dapat digunakan sebagai dasar penelitian.
- b. Survey lapangan untuk memperoleh gambar dari obyek wisata Kota Yogyakarta dan Sumatera Selatan yang akan menjadi obyek bentuk souvenir nantinya.

- c. Wawancara dan *brainstorming* dengan pemilik CV. Tin's Arts mengenai atribut produk dari desain *symbolic shorthand souvenir* yang akan di desain dan dibuat *prototypenya*.
- d. Proses Desain 3D modeling *Artistic CAD/CAM* dengan menggunakan *software ArtCAM* oleh team desainer dari Laboratorium Proses Produksi.
- e. Proses pemesinan dengan mesin *Rolland Modella MDX 40* di Laboratorium Proses Produksi untuk mendapatkan *prototype symbolic shorthand souvenir*.
- f. Uji Performance bentuk *prototype souvenir* ke CV Tins' Art untuk mendapatkan *feedback* terhadap *prototype* produk yang dikembangkan.

1.5.3. Alat-Alat Yang Diperlukan

Untuk melakukan penelitian ini diperlukan alat bantu sebagai berikut:

- a. Mesin *Roland Modela MDX-40*.
- b. *Tool & Fixture* pendukung mesin *Roland Modela MDX-40*.
- c. Seperangkat komputer lengkap beserta perangkat lunak *ArtCAM*.

1.5.4. Langkah-Langkah Penelitian

Penelitian dilakukan melalui tahap-tahap yang secara rinci akan dijelaskan sebagai berikut:

- a. Studi Pustaka
Studi pustaka dengan mencari referensi dari beberapa sumber yang memuat tentang daya tarik Kota Yogyakarta dan Sumatera Selatan dan beberapa buku yang memuat teori-teori yang terkait dengan souvenir, riset pasar dan proses desain.
- b. Pengumpulan Data Awal
Pengumpulan data awal dilakukan dengan proses diskusi dan wawancara antara peneliti, pemilik CV. Tin's Art, Bapak Sugeng dan customer CV. Tin's Art. Data – data yang diperoleh berupa permintaan variasi desain gantungan kunci yang berciri khas kedaerahan dalam hal ini Yogyakarta dan Sumatera Selatan. Gantungan kunci nantinya tidak terlalu tebal, tipis, bentuk sederhana, tapi menampilkan kontur atau gambar budaya daerah setempat seperti : rumah adat, logo, tarian, dan sebagainya.
- c. Identifikasi Masalah
Berdasarkan hasil diskusi dengan kedua pihak (peneliti dengan CV. Tin's Art dan pemesan) disepakati perlu adanya pengembangan variasi desain produk gantungan kunci dengan ciri khas kedaerahan sesuai dengan permintaan konsumen dari CV. Tin's Arts. Dari hasil diskusi disepakati untuk segera dibuat 3 macam desain gantungan kunci berciri khas Yogyakarta dan Sumatera Selatan : Gantungan kunci Keraton DIY, Gantungan kunci becak, gantungan kunci Rumah Limas. Material *prorotype* yang disepakati bersama adalah Resin Epoxy. Peneliti juga menentukan beberapa atribut

dasar pembentuk gantungan kunci nantinya seperti : bentuk, area, ketebatan, dan jenis huruf yang akan dipergunakan.

d. Proses Desain

Berdasarkan hasil diskusi dengan CV. Tin's Art dibuatlah variasi desain *symbolic shorthand souvenir* Khas Yogyakarta dan Sumetra Selatan dengan menggunakan software *ArtCAM Pro 9*. Hasil dari proses desain ini berupa gambar *3D artistic CAD* gantungan kunci yang siap dimachining untuk dibuat *prototype master cetakan*.

e. Proses CAM

Pada proses ini setelah 3D model artistic CAD sesuai dengan permintaan konsumen jadi, langkah selanjutnya dilakukan proses pembuatan *toolpath strategy* untuk proses CAM di perangkat lunak ArtCAM 9.0. Proses ini dilakukan untuk membuat strategy pemesinan pengerjaan model menjadi tiga bagian : proses roughing (pengerjaan pengelupasan material awal sampai bentuk setengah jadi), proses *semifinishing* dan proses *finishing* produk. Proses optimalisasi toolpath strategy diakhiri dengan proses create NC Program agar nantinya dapat dilanjutkan dengan proses prototyping master cetakan gantungan kunci di mesin rolland modela. Untuk proses verifikasi sebelum dilakukan proses machining selalu dilakukan proses validasi toolpath strategy dengan cara melakukan simulasi program.

f. Proses Pembuatan Prototype

Hasil desain dan proses CAM di ArtCAM Pro 9 yang sudah jadi kemudian dilanjutkan dengan proses pemesinan menggunakan mesin Rolland Modela MDX 40R dengan NC Code yang telah disiapkan untuk setiap gantungan kunci yang akan diproses. Setiap hasil pengerjaan dilanjutkan dengan proses permintaan feed back ke CV. Tin's Art.

g. Proses Vulkanisir dan Spincasting di Tin's Arts

Master cetakan gantungan kunci yang sudah jadi selanjutnya di bawa ke CV. Tin's Art untuk dikerjakan pembuatan cetakan masal dengan teknologi vulkanisir dan teknologi spinecasting. Dalam penelitian ini, bagian ini tidak diperbolehkan untuk diulas lebih detail sesuai dengan permintaan dari Bapak Sugeng (pemilik CV. Tin's Arts). Disini peneliti hanya memperoleh informasi berupa : hasil akhir produk setelah proses *spine casting*, informasi tambahan mengenai perbaikan produk dan sebagainya. Adapun proses *spine casting* yang dipilih oleh pemilik UKM hanya satu saja yaitu gantungan kunci Logo keraton DIY.

h. Analisis dan Pembahasan

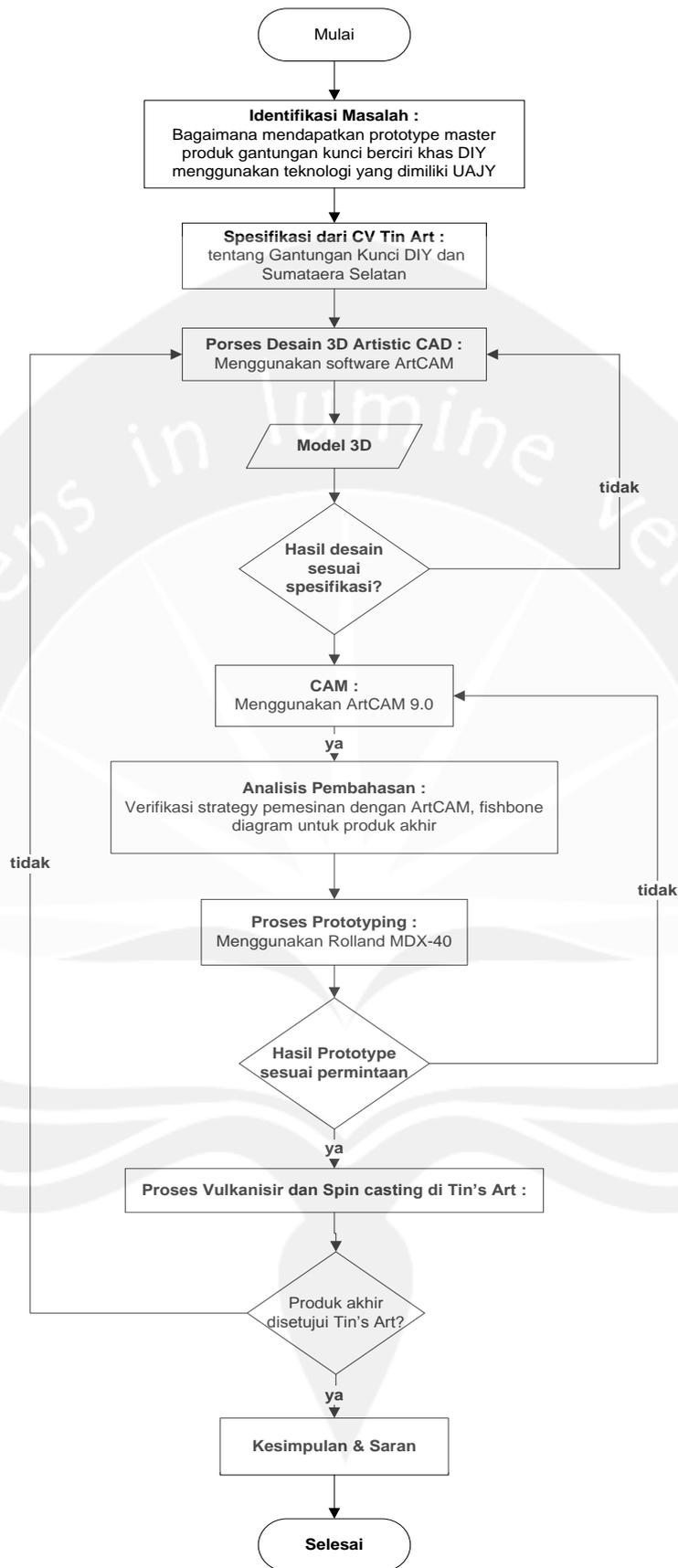
Setelah diperoleh hasil gantungan kunci akhir maka dilakukan analisis terhadap langkah-langkah yang dilakukan untuk mendapatkan perbaikan *prototype* tersebut dan evaluasi terhadap hasil yang diperoleh.

i. Kesimpulan

Dalam tahap ini ditarik kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian dan pengolahan data

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat digambarkan dengan *flowchart* seperti pada Gambar 1.1.





Gambar 1.1. Tahapan Metodologi Penelitian

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Konsep RP

Rapid Prototyping (RP) merupakan teknologi yang sangat menarik dalam dua dekade terakhir dan dipertimbangkan sebagai salah satu teknologi tinggi dalam pengembangan produk. RP merupakan pemodelan fisik dari sebuah desain menggunakan teknologi mesin khusus, di mana meliputi penambahan dan pengikatan atau pengurangan material untuk membentuk suatu obyek. Keuntungan RP adalah menjadikan obyek terkelola, mudah, dan relatif dapat diproses dengan cepat.

RP menjadi lebih cepat karena tidak membutuhkan tenaga manusia dalam jumlah banyak untuk menjalankan mesin. Beberapa metode RP bahkan menggunakan 3D scanner untuk menghasilkan model 3D (Willis, et.al., 2006). Setelah model virtual dibuat dan kode siap, hanya dibutuhkan beberapa tombol sederhana untuk memulai RP. Dengan demikian operator produksi dapat mengerjakan hal lainnya. Proses permesinan sebuah prototipe hanya dibatasi oleh ketersediaan peralatan ataupun ruang yang dibutuhkan untuk peralatan tersebut. Proses RP secara umum adalah sebagai berikut :

- a. Membangun model CAD
- b. Memeriksa dan menetapkan model CAD atau mengkonversinya menjadi STL
- c. Membuat data CAM
- d. Membangun struktur pendukung jika diperlukan
- e. Memproduksi model fisik
- f. Memindahkan struktur pendukung
- g. Proses pasca model fisik

Terdapat 6 teknik RP yang populer yang dikelompokkan berdasarkan kemampuan masing-masing dalam membentuk sebuah prototipe, yaitu *Stereolithography Apparatus (SLA)*, *Selective Laser Sintering (SLS)*, *Laminated Object Manufacturing (LOM)*, *Fused Deposition Modeling (FDM)*, *3D Printing (3DP)*, dan *Computer Numerical Controlled Machine (CNC Machine)*.

Ada 3 macam metode dasar untuk membuat suatu produk, yaitu *substractive* (pengurangan), *additive* (penambahan), dan *formative* (pembentukan). Meskipun kebanyakan proses RP yang ada pada saat ini adalah proses *additive* (penambahan), hal ini tidak membatasi proses RP hanya pada proses *additive*. Proses RP di masa yang akan datang bisa jadi merupakan satu proses atau kombinasi dari beberapa proses. Secara

umum, proses permesinan dengan mesin CNC dapat dipertimbangkan sebagai proses RP. Suatu mesin CNC tidak dipertimbangkan sebagai teknologi RP karena alasan-alasan berikut:

1. Masih membutuhkan campur tangan seorang yang terampil dalam prosesnya
2. Alat bantu maupun keberadaan alat-alat khusus seringkali masih dibutuhkan
3. Terbatas pada bentuk geometris

Namun demikian tidak tertutup kemungkinan pula untuk menggabungkan RP dengan produksi berbasis CAD/CAM (Burry, 2002). Meskipun sulit, dengan keberadaan solusi CAD yang cerdas, masalah perencanaan produksi, pemilihan alat dan alat bantu serta setting mesin dapat dilakukan secara otomatis. Dengan demikian, proses ini dapat diotomasi dan oleh karena dapat digunakan untuk penerapan RP. Keuntungan penggunaan CNC adalah hampir tiadanya batasan material, kontrol dimensi yang menakjubkan dan permukaan akhir yang halus. Kelemahan utamanya adalah akses *cutting tool* yang terbatas pada geometri.

2.2. Computer Aided Design (CAD) dan Computer Aided Manufacturing (CAM)

Computer-Aided Design (CAD), juga dikenal sebagai Computer-Aided Design dan Drafting (CADD), adalah penggunaan teknologi komputer untuk proses desain dan desain-dokumentasi. Computer Aided Drafting menjelaskan proses penyusunan dengan komputer. Software CADD dan sejenisnya menyediakan pengguna dengan masukan-alat untuk tujuan merampingkan proses desain, perancangan, dokumentasi, dan proses manufaktur. Output CADD sering dalam bentuk file elektronik untuk operasi cetak atau mesin. Pengembangan perangkat lunak berbasis CADD dalam hubungan langsung dengan proses berusaha untuk hemat; perangkat lunak berbasis industri (konstruksi, manufaktur, dan lain-lain) biasanya menggunakan basis vektor (linear) sedangkan perangkat lunak berbasis grafis menggunakan basis raster (pixelated). CADD seringkali melibatkan lebih dari sekedar bentuk. Seperti dalam penyusunan manual gambar teknik dan rekayasa, output dari CAD harus menyampaikan informasi, seperti bahan, proses, dimensi, dan toleransi, sesuai dengan konvensi aplikasi-spesifik. CAD dapat digunakan untuk merancang kurva dan angka dalam ruang dua dimensi (2D), atau kurva, permukaan, dan bentuk solid dalam obyek tiga-dimensi (3D).

ArtCAM Pro adalah sebuah program software yang unik yang memungkinkan Anda menghasilkan kualitas tinggi bentuk-bentuk 3D produk dari sketsa konseptual atau gambar lebih cepat dari yang Anda pernah perkirakan. ArtCAM Pro juga memungkinkan Anda untuk dengan mudah manufaktur model 3D Anda. Dengan ArtCAM Pro Anda dapat bekerja secara

langsung dari sketsa Anda untuk membangun model lega berlapis-lapis, memahat model 3D pada layar atau menggunakan vektor disesuaikan.

Alat pemodelan 3D canggih dan strategi mesin fleksibel dalam ARTCAM Pro menyediakan solusi lengkap untuk semua kebutuhan CNC. ArtCAM Pro terbukti menyelesaikan banyak solusi bagi banyak industri termasuk: membuat relief, ukiran kayu, *Engraving 3D* dan pembuatan *Mold*, alat cetakan ukiran, koin, kemasan .

ArtCAM memberikan kemudahan untuk menghasilkan desain artistik yang sangat rumit dengan cepat dan efektif. ArtCAM Pro memastikan Anda memiliki alat yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan itu dari desain konseptual untuk bagian selesai. Ini adalah solusi bagi banyak industri terbukti di seluruh dunia dan terus diuji dan dikembangkan.

ArtCAM Pro akan memungkinkan untuk membuat desain yang menakjubkan di layar. Mulai dari sketsa konseptual Anda, cetakan dan memahat model 3D atau menggunakan perpustakaan bantuan ekstensif, dan dapat juga memindai atau memotong foto yang ada untuk menghasilkan replika model kerajinan tangan. Dengan *rendering realistis* dapat melihat desain Anda sebelum manufaktur.

ArtCAM Pro menyediakan semua alat dan fungsi yang di butuhkan untuk memproduksi desain artistik *high-end*. Tampilan sederhana membantu dan menjelaskan proses permesinan yang memungkinkan dengan mudah, dan juga dapat menghasilkan model STL untuk *Rapid Prototyping* atau mentransfer seluruh sistem. ArtCAM Pro digunakan untuk menghasilkan berbagai produk yang berbeda oleh perusahaan-perusahaan besar di seluruh dunia termasuk Masuk Makers, produsen furniture, arsitek, alat cetakan manufaktur, biskuit dan pabrik gula-gula, dan lain-lain.

BAB III

SPEKIFIKASI MESIN dan DATA

3.1. Spesifikasi Mesin

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan material yang dapat digunakan sebagai raw material prototipe yang dibuat menggunakan Mesin *Roland Modela MDX-20* dan Mesin *Roland Modela MDX-40*. Oleh karena itu spesifikasi mesin adalah faktor yang paling penting dalam penelitian ini. Spesifikasi kedua mesin ini menentukan material apa saja yang dapat digunakan sebagai raw material dan juga menentukan ukuran maksimum dari material yang dapat diproses menggunakan mesin ini.

Dalam penelitian ini, setelah seluruh sampel material terkumpul, material kemudian diproses dengan menggunakan mesin ini secara langsung. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kesesuaian masing-masing material dengan spesifikasi mesin dan pahat yang digunakan. Selain itu proses permesinan juga bertujuan untuk memperoleh data yang diperlukan dalam proses pengambilan keputusan, yaitu data waktu permesinan, bentuk scrap, pengaruh scrap yang dihasilkan terhadap lingkungan selama proses permesinan, dan data permukaan produk yang dihasilkan.

3.1.1. Mesin Roland Modela MDX-40



Gambar 3.1. Gambar Mesin Roland Modela MDX-40

(Sumber: www.rolanddg.com)

Mesin *Roland Modela MDX-40* adalah sebuah “*Desktop Milling*” yang menerapkan sistem *Subtractive Rapid Prototyping (SRP)*. Mesin ini berfungsi sebagai mesin *CNC* yang

khusus digunakan untuk membuat prototipe produk. Mesin *Roland Modula MDX-40* memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 3.1. Spesifikasi mesin *Roland Modula MDX-40*

(Sumber: www.rolanddg.com)

Faktor	Deskripsi
Model	MDX-40
Material yang dapat diterima	Resin, seperti <i>chemical wood</i> dan <i>modeling wax</i> (tidak untuk logam)
Gerakan X, Y, dan Z	305 (X) x 305 (Y) x 105 (Z) mm (12 (X) x 12 (Y) x 4-1/8 (Z) in.)
Jarak dari <i>Spindle</i> tip ke meja	Maximum 125 mm (4-15/16 in.)
Ukuran meja	305 (W) x 305 (D) mm (12 (W) x 12 (D) in.)
Berat benda kerja maksimum	4 kg (8,8 lb)
XYZ-axis motor	<i>Stepping motor</i>
Angka pemakanan	Sumbu XY : 0.1 to 50 mm/sec. (0.0039 to 1.9 in./s), sumbu Z : 0.1 to 30 mm/sec. (0.0039 to 1.1 in./s)
Resolusi Software	0.01 mm/step (0.00039 in./step)
Resolusi mekanik	0.002 mm/step (0.0001 mm/step)
Motor <i>Spindle</i>	<i>DC brushless motor, Maximum 100 W</i>
Tipe <i>Spindle</i>	<i>Modeling spindle</i>
Rotasi <i>Spindle</i>	4500 sampai 15000 rpm
<i>Tool chuck</i>	<i>Collet</i>
<i>Interface</i>	<i>USB connector, sensor connector, expansion connector</i>

Tabel 3.1.Lanjutan

<i>Power supply</i>	<i>Voltase dan frekuensi: AC100 to 240 ± 10 %, 50/60 Hz</i>
	<i>Required power capacity : 2.1 A</i>
<i>Power consumption</i>	Approx. 210 W
<i>Acoustic noise level</i>	<i>No-load operation : 56 dB (A) or less, standby : 42 dB (A) or less (According to ISO7779)</i>
Dimensi	669 (W) x 760 (D) x 554 (H) mm (26-3/8 (W) x 29-15/16 (D) x 21-13/16 (H) in.)
Berat	66 kg (146 lb)
Temperatur operasi	5 sampai 40°C (41 sampai 104°F)
<i>Operation humidity</i>	35 sampai 80 % (tanpa kondensasi)
Tambahan	<i>Power cord, collet, sensor, hexagonal wrench, hexagonal screw drivers, spanners, Roland Software Package CD-ROM, MODELA Player4 CD-ROM, user's manual, Roland Software Package installation and setup guide, MODELA Player4 installation dan setup guide</i>

3.2. Data

Pada bagian ini akan ditampilkan beberapa data penunjang yang dibutuhkan dalam penelitian, seperti :

3.2.1. Data material

Material yang dipergunakan untuk membuat master model cetakan gantungan kunci dalam penelitian ini berupa resin epoxy buatan PT. FujiThropi Jakarta. Karakteristik dari resin epoxy ini adalah material yang memiliki sifat-sifat sebagai berikut : tahan panas, mampu bentuk sangat baik, memiliki angka kekerasan material sampai dengan skala Brinel 35 (setara dengan alumunium), mampu machining dengan baik, apabila diproses machining maka akan menghasilkan tatal/beram yang lembut dan tidak beterbangan, tidak berbahaya bagi operator. Harga material yang ditetapkan oleh PT. FujiTropi adalah Rp. 200.000,00 untuk tiap material ukuran 100 x 100 x 10 mm. Berikut spesifikasi material resin epoxy :

Tabel. 3.2. spesifikasi material resin epoxy

No	Deskripsi	Keterangan
1	Material	Resin Epoxy
2	Dimensi	100 x 100 x 10 mm
3	Warna	Hijau muda
4	Harga	Rp 200.000,--
5	Pembuat	PT. Fuji Thropy Jakarta

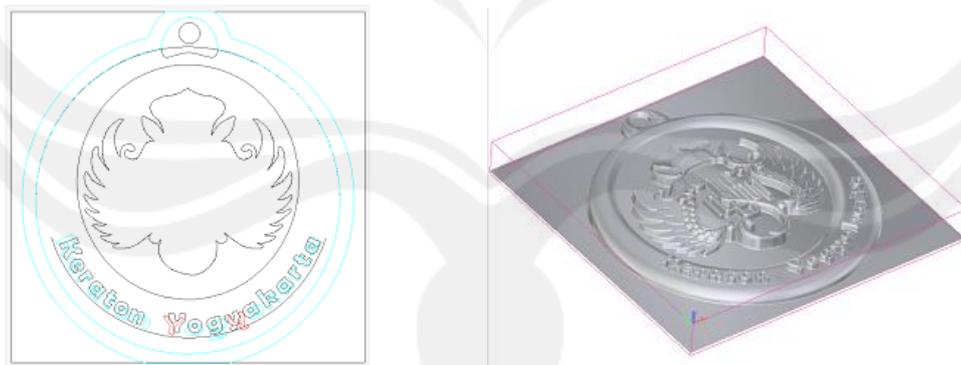
3.2.2. Data atribut produk gantungan kunci

Atribut produk gantungan kunci yang akan dikerjakan dalam penelitian ini, sesuai dengan hasil diskusi dengan pemilik CV. Tin's Art, bapak Sugeng berupa variasi desain gantungan kunci yang menampilkan beberapa atribut seperti :

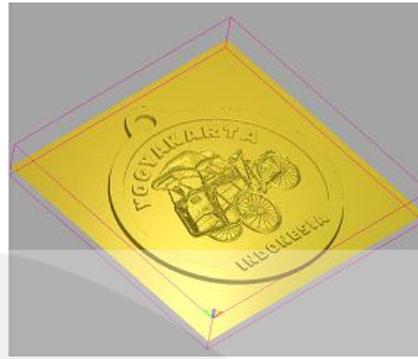
1. Bentuk sederhana
2. Kontur atau relief yang muncul berupa obyek / logo khas daerah yang dituju
3. Bentuk gantungan kunci : bulat / kotak
4. Ketebalan gantungan kunci flexibel (antara 10 sd 20 gram)
5. Ada tulisan kecil yang memberikan informasi mengenai relief yang ditampilkan.

3.2.3. Data gambar 3D model artistic CAD

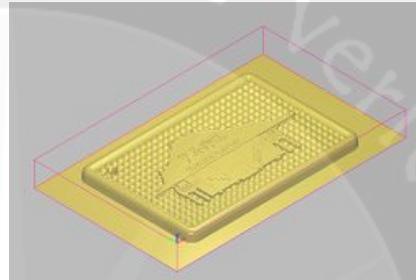
Berikut hasil proses desain gantungan kunci yang sudah didesain dengan menggunakan perangkat lunak ArtCAM Pro 9 :



Gambar. 3.2. gambar desain 2D dan 3D ArtCAM Logo Keraton DIY



Gambar .3.3. gambar desain 2D dan 3D ArtCAM Becak DIY



Gambar .3.4. gambar desain 2D dan 3D ArtCAM Rumah Limas Sumatera Selatan

3.2.4. Data alat potong

Cutter merupakan alat yang sangat penting digunakan dalam sebuah proses pembuatan *model* ataupun produk. *Cutter* berfungsi sebagai alat pemotong material hingga material tersebut menjadi sebuah produk atau *model* yang telah didesain sebelumnya. Pemilihan *cutter* harus tepat sesuai dengan urutan proses pengerjaannya. Dalam penelitian ini digunakan jenis-jenis *cutter* sebagai berikut:

1. *End mill cutter* diameter 6 mm

End mill diameter 6 mm digunakan untuk proses *roughing model* master cetakan tutup maupun alas *packaging*. Fungsi *cutter* dalam proses *roughing* adalah melakukan pemakanan pertama pada material hingga terbentuk sketsa dari *model* yang diinginkan. Namun hasil dari proses *roughing* ini masih sangat kasar.

Data spesifikasi dari *end mill cutter* yang digunakan:

- | | |
|----------------------------|---------------|
| a. <i>Type</i> | : hanita 7595 |
| b. <i>Cutting diameter</i> | : 6 mm |
| c. <i>Shank diameter</i> | : 6 mm |
| d. <i>Length of cut</i> | : 11 mm |
| e. <i>Overall length</i> | : 51 mm |

- f. Jumlah *flute* : 4
g. Material *cutter* : *Carbide*



Gambar.3.5. *Cutter End mill* Diameter 6 mm
(Sumber: Lab. Proses Produksi Atma Jaya Yogyakarta)

2. *Ballnose cutter* diameter 2 mm

Bentuk dari *ballnose cutter* adalah pada ujung *cutter* berbentuk bulat dan mempunyai 2 buah *flute* pada ujung *cutter*. *Ballnose cutter* diameter 2 mm digunakan pada proses *finishing* bagian *fillet* dan daerah yang memiliki sudut kemiringan pada *model* master cetakan alas *packaging*.

Data spesifikasi dari *ballnose cutter* yang digunakan:

- a. *Type* : *hanita 4001*
b. *Cutting diameter* : 2 mm
c. *Shank diameter tirus* : *upper 3 mm ; lower 2mm*
d. *Shank diameter* : 3 mm
e. *Length of cut* : 8 mm
f. *Overall length* : 39 mm
g. *Jumlah flute* : 2
h. *Material cutter* : *Carbide*



Gambar. 3.6. *Cutter Ball Nose* Diameter 2 mm
(Sumber: Lab. Proses Produksi Atma Jaya Yogyakarta)

3. *Single lips* lancip

Single lips digunakan untuk proses *machining* bagian hati tengah karena di daerah ini terdapat pola tulisan.

Data spesifikasi dari *single lips cutter* yang digunakan:

- a. *Radius* : 0.1 mm
- b. *Angle* : 10°
- c. *Shank diameter* : 6 mm
- d. *Overall length* : 72 mm
- e. *Jumlah flute* : 4
- f. *Material cutter* : HSS



Gambar 3.7. *Cutter Single Lips* Diameter 4 mm
(Sumber: Lab. Proses Produksi Atma Jaya Yogyakarta)

4. Collet

Collet merupakan aksesoris penting bagi mesin *CNC*. Fungsi *collet* adalah sebagai alat pengait antara *cutter* dengan *spindle*. Tanpa *collet*, *cutter* tidak dapat terpasang pada mesin *CNC*.

Dalam pembuatan *model* ini, jenis *collet* yang digunakan sesuai dengan diameter *cutter* yang digunakan yaitu ukuran diameter 6 mm, 4 mm, dan 2 mm (dapat dilihat pada gambar dibawah).



Gambar.3.8. *Collet* Diameter 6 mm
(Sumber: Lab. Proses Produksi Atma Jaya Yogyakarta)



Gambar. 3.9. *Collet* Diameter 4 mm

(Sumber: Lab. Proses Produksi Atma Jaya Yogyakarta)



Gambar. 3.10. *Collet* Diameter 2 mm

(Sumber: Lab. Proses Produksi Atma Jaya Yogyakarta)

3.2.5. Data Hasil Proses Pemesinan :

Untuk proses pemesinan menggunakan mesin rolland modela 40 R maka hasil proses pemesinan atau waktu pengerjaan dari ketiga master cetakan gantungan kunci berbahan baku resin epoxy untuk setiap praoses pemesinan beserta gambar hasil akhir pengerjaan dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut ini :

Tabel 3.3. Waktu pengerjaan real master protoype penelitian

No	Master Prototype	Proses Pengerjaan	Waktu pemesinan
			Jam , menit, detik
1	Logo Keraton DIY	Roughing	00:13:40
		Semifinishing	00:30:26
		Finishing	06:15:36
2	Becak DIY	Roughing	00:29:18
		Semifinishing	01:29:52
		Finishing	04:51:09
3	Rumah Limas SumSel	Roughing	00:41:36
		Semifinishing	01:44:14
		Finishing	06:54:06

Adapun hasil akhir proses pemesinan menggunakan mesin Rolland modela dapat disajikan dalam gambar berikut ini:



Gambar. 3.11. Rumah Limas



Gambar 3.12. Logo Keraton DIY



Gambar. 3.13. Becak DIY

BAB IV

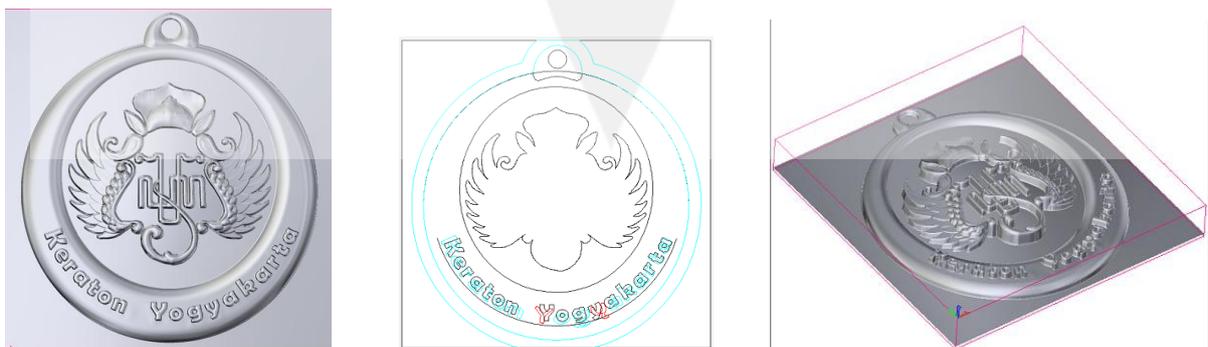
Analisis dan Pembahasan

4.1. Analisis Proses Desain

Pada tahap ini dilakukan proses desain gantungan kunci yang diinginkan oleh pihak CV. Tin's Art. Gantungan kunci yang diinginkan terdiri dari tiga bentuk atau model yaitu logo keraton DIY , becak, dan rumah Limas Sumatera Selatan. Sesuai dengan hasil diskusi awal antara peneliti dan CV. Tin's Art maka ditentukan terlebih dahulu atribut produk yang akan dipakai dalam mendesain gantungan kunci yang dimaksud. Atribut ini harus mencakup semua informasi yang dibutuhkan dalam proses desain dan pembuatan gantungan kunci. Berikut atribut yang diinginkan oleh CV. Tin Art's :

1. desain sederhana
2. bentuk : bulat / kotak
3. background dari gantungan kunci bisa diberikan kontur / relief tambahan
4. relief yang diinginkan untuk ditampilkan : logo kraton yogyakarta, becak yogyakarta, dan rumah limas sumatera selatan.
5. Ukuran kecil : diameter maks 50 mm atau 20 x 40 mm
6. Ketebalan : menyesuaikan.
7. Gambar skets 2D dari ketiga model

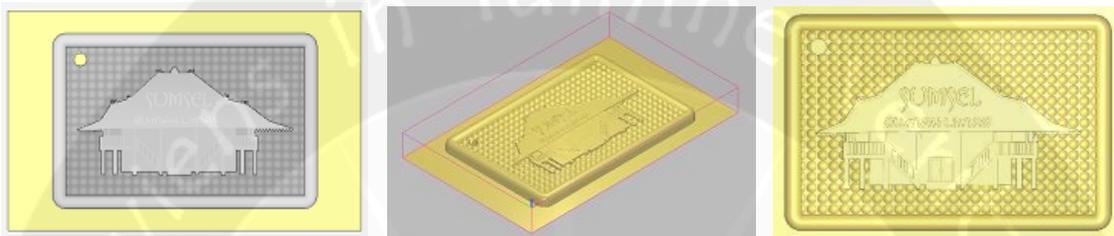
Atribut produk yang telah didiskusikan di atas selanjutnya oleh peneliti dan team desainer *ArtCAM* Laboratorium Proses Produksi dengan menggunakan perangkat lunak *ArtCAM Pro 9* dilakukan proses transformasi perubahan bentuk awal dari informasi atribut produk menjadi gambar 3D model gantungan kunci yang menampilkan semua informasi produk yang diinginkan oleh CV. Tin's Art. Selanjutnya hasil akhir dari 3D model *artistic CAD* gantungan kunci dapat disaksikan pada gambar berikut ini :



Gambar 4.1. 3D model gantungan kunci logo keraton



Gambar 4.2. 3D model gantungan kunci becak



Gambar 4.3. 3D model gantungan kunci rumah limas Sumatera Selatan

Selanjutnya gambar 4.1. sd 4.3. dibawa ke CV. Tin's Art untuk dimintai keterangan mengenai hasil desain apakah sudah sesuai atau belum terhadap hasil rancangan yang dikerjakan oleh team desain Lab. PP. Berikut hasil rekomendasi dari CV. Tin's Art :

Tabel 4.1. Hasil *Brainstorming* dengan CV. Tin'sArt

No	Deskripsi	Rekomendasi
1	Bentuk gantungan	Sudah sesuai dengan permintaan
2	Relief	Oke, sudah menampilkan relief yang diinginkan pembeli
3	Ukuran gantungan kunci	Apakah bisa di perbesar sedikit
4	Ketebalan	Oke

Hasil rekomendasi dari Cv. Tin's Art ini selanjutnya diteruskan oleh peneliti untuk dilakukan proses pembuatan *toolpath strategy*. Proses ini merupakan proses penentuan strategi pemesinan yang sesuai atau cocok dalam pembuatan master prototype gantungan kunci yang akan dikerjakan di mesin Roland Modela.

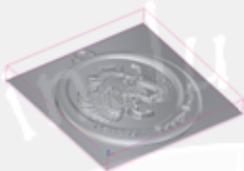
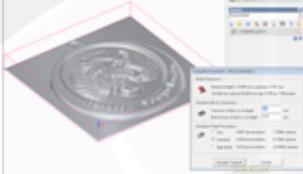
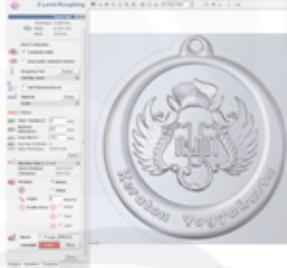
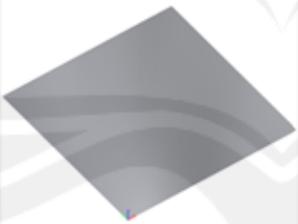
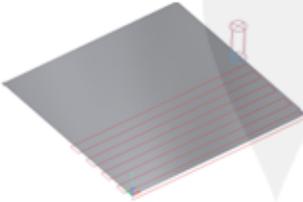
4.2. Analisis Proses CAM menggunakan software ArtCAM

Proses pembuatan *toolpath strategy* di perangkat lunak ArtCAM tidak serumit seperti dalam pengoperasian PowerMill. Proses CAM di ArtCAM hanya terdiri dari dua atau tiga jenis pemilihan *toolpath strategy* saja, mengingat software ArtCAM memang tidak serumit

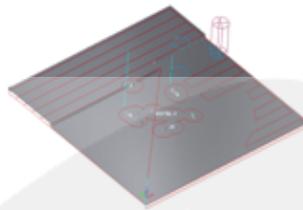
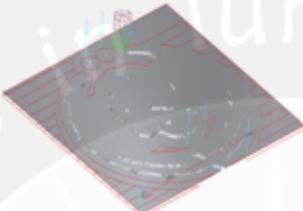
atau kesulitan dalam pengerjaan part atau komponen. Untuk pengerjaan tiga unit *prototype* master cetakan berbahan *resin epoxy* maka dalam tiap produk pengerjaan akan dibagi dalam tiga jenis proses pengerjaan, yaitu

- 1. Proses Roughing Prototype** : merupakan proses awal pengelupasan material *resin epoxy* untuk membentuk model dasar dari benda yang akan dikerjakan, dimana cutter yang digunakan adalah jenis *cutter end mill*. Strategi pemesian yang dipilih dan dipakai dalam penelitian ini untuk ArtCAM adalah *raster machining*, dimana gerakan pemotongan *cutter* terhadap benda kerja bergerak translasi ke kiri dan ke kanan mengikuti arah permukaan model yang akan dikerjakan. Pada proses *roughing* ini nilai sisa akhir material dari tiap *prototype* produk yang akan dikerjakan adalah sebesar 0.8 sd 1.5 mm dari permukaan kontour model yang akan dikerjakan, artinya pada tiap model nantinya masih ada ketebalan sisa material sebesar 0.8 sd 1.5 mm yang harus dikerjakan oleh pahat *Ballnose* dan *Single Lip* untuk proses kedua dan ketiga. Waktu pengerjaan dari proses *roughing* ini tidaklah terlalu lama mengingat besaran dari *step over* dan kedalaman pemakanan yang dipakai sangat besar. Urutan proses pengerjaan untuk proses *roughing* dari ketiga model dapat dilihat pada tabel berikut ini :

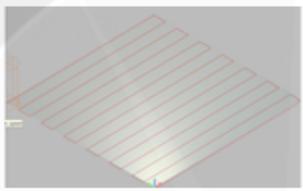
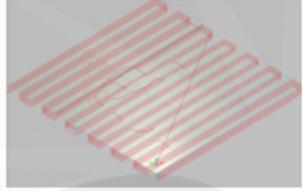
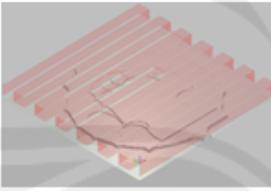
Tabel 4.2. Proses *roughing master Logo Keraton DIY*

No	Prototype Master Cetakan Berbahan Resin Epoxy	Gambar urutan proses CAM	Keterangan	Toolpath Summary
1			hasil gambar vektor logo keraton 2D <i>modeling</i> menggunakan ArtCAM	
2			hasil 3D model dengan memasukkan kebutuhan material yang diinginkan (ditunjukkan dengan bentuk kotak bergaris merah)	
3			pengisian variabel <i>toolpath roughing</i> menggunakan <i>strategy raster machining</i> dengan variabel input : tebal kontur model 3.349 mm, tebal material real 6 mm, tebal material simulate 5.5mm, area gerakan cutter <i>endmill</i> adalah <i>complete relief</i> (<i>mengerjakan semua permukaan model</i>), cutter : <i>endmill</i> 4 mm, material sisa simulasi 0.5mm, jumlah pemakanan tiap permukaan benda kerja adalah 6 lapis/permukaan, tebal tiap permukaan benda kerjaa yang dipotong: 0.917 mm, Toleransi bentuk dan permukaan : 0.01mm, dan sudut potong antara cutter dengan benda kerja adalah nol derajat	
4	Proses <i>Roughing</i> Logo Keraton DIY			Material yang dibutuhkan untuk pengerjaan model logo keraton : 50x50x6mm, Total waktu pengerjaan proses <i>roughing</i> sebesar 13 menit 40 detik, RPM mesin 8000 rpm. Data variabel mesin ada pada lampiran.
5				
6			gerakan <i>endmill</i> dia 4mm dalam arah translasi ke kiri dan kanan sesuai dengan <i>toolpath raster machining</i> yang ditunjukkan dengan garis warna merah	

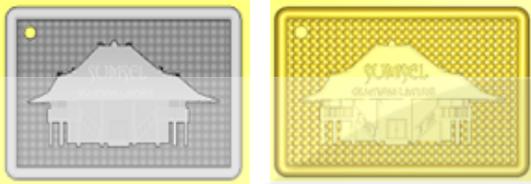
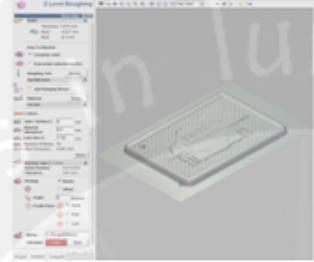
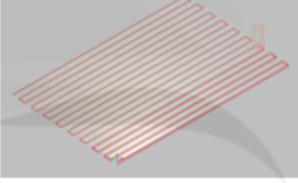
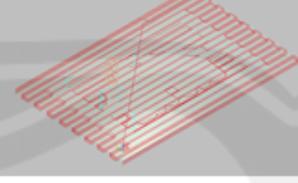
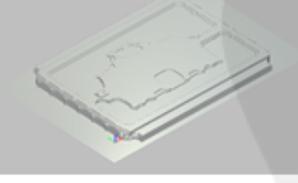
Lanjutan . Tabel. 4.2. proses *roughing* Logo Keraton DIY

No	Prototype Master Cetakan Berbahan Resin Epoxy	Gambar urutan proses CAM	Keterangan	Toolpath Summary
7			<p>gerakan <i>endmill</i> dia 4mm yang sedikit membentuk area permukaan model dengan gerakan tidak lagi translasi lurus tetapi sudah membentuk area model yang dikerjakan</p>	<p>Material yang dibutuhkan untuk pengerjaan model logo keraton : 50x50x6mm, Total waktu pengerjaan proses <i>roughing</i> sebesar 13 menit 40 detik, RPM mesin 8000 rpm. Data variabel mesin ada pada lampiran.</p>
8			<p>gerakan <i>endmill</i> 4mm sudah terlihat membentuk pola model gantungan kunci yang diinginkanwalau baru secara kasar.</p>	
9			<p>hasil akhir CAM untuk proses <i>roughing</i> logo Keraton DIY, terlihat kontour permukaan detail belum tampak namun bentuk kasar dari gantungan kunci sudah terlihat dengan jelas.</p>	

Tabel. 4.3. Proses *Roughing* Becak DIY

No	Prototype Master Cetakan Berbahan Resin Epoxy	Gambar urutan proses CAM	Keterangan	Toolpath Summary
1			model 2D & 3D desain di ArtCAM Pro 9	
2			tampak awal raw material yang belum dilakukan proses pemesinan	
3			Pada tahap ini dipilih strategi <i>raster machining</i> menggunakan <i>EndMill 6 mm</i> , gerakan pahat translasi ke kiri-kanan seperti pada gambar di sebelah yang ditunjukkan dengan garis merah, secara umum bentuk relief dari becak dan huruf belum tampak jelas, model yang dibentuk baru sekitar 20% sd 35% (bentuk gantungan kunci luar saja)	Total waktu pengerjaan pada proses <i>roughing</i> becak DIY adalah 29 menit 18 detik pada rpm mesin sebesar 8000 rpm. Data lain ada pada lampiran
4	proses <i>roughing</i> pengerjaan gantungan kunci becak DIY			
5				
6			hasil akhir masih jelek, relief becak dan huruf belum tampak, gambaran umum bentuk gantungan kunci agak kelihatan	

Tabel. 4.4. Proses *Roughing* Rumah Limas Sumatera Selatan

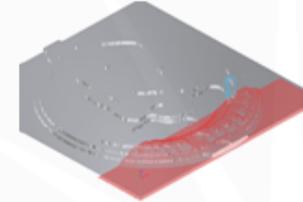
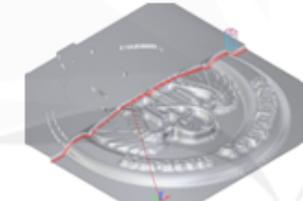
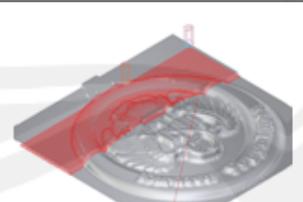
No	Prototype Master Cetakan Berbahan Resin Epoxy	Gambar urutan proses CAM	Keterangan	Toolpath Summary
1			Tampilan awal desain 2D & 3D ArtCAM Pro 9 dari rumah limas Sumatera Selatan yang siap di buat <i>toolpath strategy</i> , dimana yang dipilih : <i>raster machining</i>	
2			Pengisian variabel <i>toolpath strategy</i> menggunakan <i>raster machining</i> dengan variabel sbb. :	80x50x806mm, Total waktu pengerjaan proses <i>roughing</i> sebesar 41 menit 36 detik, RPM mesin Rolland ditetapkan 8000 rpm dan data yang lainnya ada di lampiran
3			<i>Z level Roughing</i> , tebal kontour total 3.673 mm, tebal material resin epoxy 8.6 mm, Area pemakanan oleh cutter EndMill adalah Complete Relief dimana cutter melakukan proses pemakanan pada semua area benda kerja yang disediakan, pahat yang digunakan adalah End Mill 4 mm yang memiliki empat pahat pemotong, Tebal material disiapkan 8.6 mm, material sisa untuk proses ini ditetapkan sebesar 0.3mm,	
4	Proses <i>roughing</i> Rumah Limas Sumatera Selatan		jumlah lapisan pemotongan = 16 lapis dengan ketebalan tiap lapis sebesar 0.497mm, machine safe Z ditetapkan sebesar 3mm dari permukaan atas benda kerja, dan Toleransi permukaan benda kerja hasil proses pemesinan ditetapkan 0.01mm .	
5				
6				

2. Proses Semi Finishing Prototype

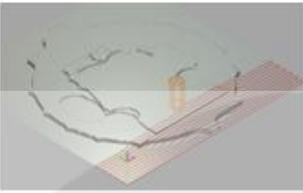
Merupakan proses pembentukan dan penghalusan awal contour detail dari model yang akan dikerjakan. Pada tahap ini, digunakan cutter ballnose yang memiliki dua mata potong (flute) yang berfungsi untuk membentuk contour permukaan yang kompleks dari model yang akan kita kerjakan. Diameter cutter ballnose yang dipilih

adalah ballnose 4 mm dan ballnose 3 mm. Nilai sisa akhir material yang ditetapkan pada tahap ini ditentukan pada kisaran 0.2 sd 0.6 mm. Hal ini untuk menghindari cacat pada contour permukaan yang kecil, tinggi, detail dan tipis seperti : huruf, angka, dan dinding.

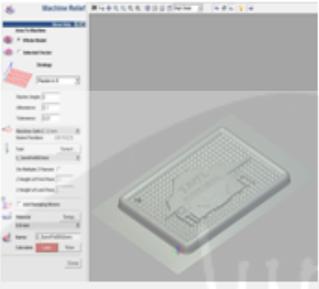
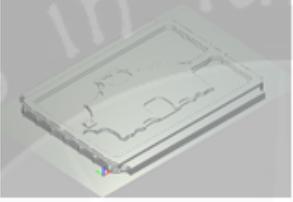
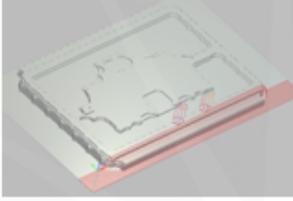
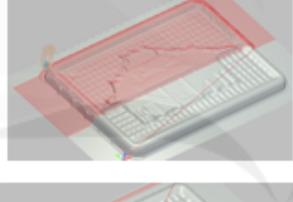
Tabel 4.5. Proses *semi finishing* master Logo Keraton DIY

No	Prototype Master Cetakan Berbahan Resin Epoxy	Gambar urutan proses CAM	Keterangan	Toolpath Summary
1	Proses Semifinish Logo Keraton DIY		Tampilan awal proses <i>semifinishing</i> dimana terlihat bentuk master <i>prototype</i> masih belum nampak jelas hanya bentuk umum saja yang tampak. <i>Toolpath Strategy</i> yang digunakan adalah <i>raster machining</i> , dimana arah gerakan cutter berjalan	Material yang dibutuhkan untuk pengerjaan model logo keraton : 50x50x6mm, Total waktu pengerjaan proses <i>semifinishing</i> sebesar 30 menit 26 detik, RPM mesin 8000 rpm. Data variabel mesin ada pada lampiran.
2			translasi ke kiri - kanan bolak balik mengikuti kontur permukaan produk yang akan dikerjakan. <i>Cutter</i> yang dipilih adalah <i>ballnose</i> 2mm dengan dua mata potong, arah gerakan <i>cutter</i> adalah pada seluruh model (<i>whole model</i>), nilai sisa akhir material ditentukan sebesar 0.1 mm, toleransi permukaan pada model ditetapkan 0.01 mm, gerakan	
3			<i>cutter ballnose</i> 2mm ditunjukkan dengan garis merah pada gambar disamping, <i>cutter</i> ditunjukkan dengan bentuk pahat berwarna pensil biru kecil	
4				
5			hasil akhir dari proses <i>semifinishing</i> menggunakan <i>Ballnose</i> 2mm	

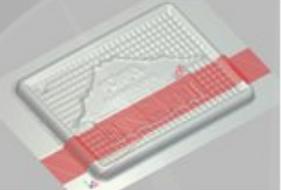
Tabel. 4.6. Proses *semi finishing* Becak DIY

No	Prototype Master Cetakan Berbahan Resin Epoxy	Gambar urutan proses CAM	Keterangan	Toolpath Summary
1	proses semifinishing Becak DIY		<p>Pada proses semifinishing dipergunakan strategi <i>raster machining</i> menggunakan <i>cutter ballnose 3 mm</i> bermata dua, area pemakanan dipilih <i>whole model</i> yang berarti pahat melakukan proses pemakanan pada seluruh area <i>resin epoxy</i>, bentuk model becak DIY pada proses ini mendekati 60% sd 80% karena jenis pahat dan <i>step over</i> dari <i>ballnose</i> yang dipergunakan masih agak lebar sekitar 0.05 diameter <i>ballnose</i>.</p>	<p>Total waktu pengerjaan pada proses ini 1 jam 29 menit 52 detik pada putaran mesin 8000 rpm. Data lainnya ada pada lampiran.</p>
2				
3				
4				
5				

Tabel. 4.7. Proses semi finishing Rumah Limas Sumatera Selatan dengan Ballnose 3mm

No	Prototype Master Cetakan Berbahan Resin Epoxy	Gambar urutan proses CAM	Keterangan	Toolpath Summary
1	Proses semifinish Rumah Limas menggunakan Ballnose 3 mm		<p>Pada tahap ini area proses pemesinan yang dipilih adalah <i>selected model</i>, dimana <i>cutter ballnose</i> yang dipilih berdiameter 3 mm dengan arah pergerakan pahat pada seluruh model rumah limas yang dikerjakan, nilai sisa akhir material resin epoxy sisihkan sebesar 0.1 mm untuk proses akhir agar detail kontour yang diminta agak terlihat jelas, Toleransi permukaan kontour ditetapkan 0.01 mm, <i>machine safe Z</i> ditetapkan 3mm dari atas permukaan benda kerja, untuk memperoleh hasil semifinishing yang baik maka dilanjutkan dengan proses penggantian pahat <i>ballnose 2 mm</i> dengan <i>step over</i> lebih kecil.</p>	<p>Waktu pengerjaan proses <i>semifinishing</i> rumah limas menggunakan <i>cutter ballnose 3mm</i> adalah sebesar 32 menit 21 detik pada rpm mesin sebesar 8000 rpm.</p>
2				
3				
4				
5				

Lanjutan Tabel. 4.7.b. Proses *semi finishing* dengan *Ballnose 2 mm*

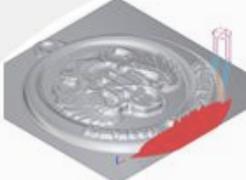
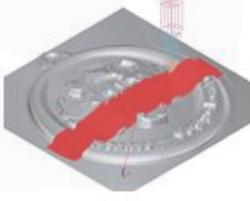
No	Prototype Master Cetakan Berbahan Resin Epoxy	Gambar urutan proses CAM	Keterangan	Toolpath Summary
6	Proses semifinish Rumah Limas menggunakan Ballnose 2 mm		Pada tahap ini area proses pemesinan yang dipilih adalah <i>selected model</i> , dimana <i>cutter ballnose</i> yang dipilih berdiameter 2mm dengan arah pergerakan pahat pada seluruh model rumah limas yang dikerjakan, nilai sisa akhir material resin epoxy sisihan sebesar 0.05 mm untuk proses akhir agar detail kontur yang diminta terlihat jelas, Toleransi permukaan kontur ditetapkan 0.01 mm, <i>machine safe Z</i> ditetapkan 3mm dari atas permukaan benda kerja.	Waktu pengerjaan proses <i>semifinishing</i> rumah limas menggunakan <i>cutter ballnose 2 mm</i> adalah sebesar 32 menit 21 detik pada rpm mesin sebesar 8000 rpm.
7				
8				
9				
10				

3. Proses Finishing Prototype

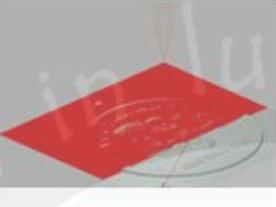
Merupakan proses akhir dalam pembentukan model prototype yang dikerjakan untuk memperoleh permukaan dengan contour detail kompleks sesuai dengan model 3D Art yang dikerjakan. Pada umumnya apabila dalam proses pengisian variabel pemesinan tidak salah maka hasil akhir proses pemesinan di mesin Roland Modela dan proses simulasi di ArtCAM adalah sama persis (kira-kira kesalahan 0.5% sd 1 %). Pada tahap ini, cutter yang dipergunakan adalah cutter single lip yang memiliki satu jenis mata potong dengan tingkat ketajaman sangat tinggi dan sudut pemotongan kecil sekitar 5 sd 15 derajat. Pergerakan cutter ini adalah translasi dengan step over berkisar antara 0.2 sd 0.01 mm dengan konsekuensi waktu

pengerjaan menjadi lebih lama akan tetapi kehalusan dan kualitas permukaan dari kontur yang dikerjakan dapat terpenuhi.

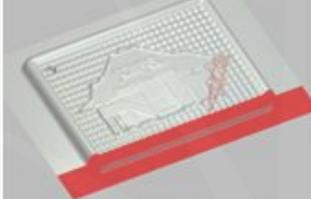
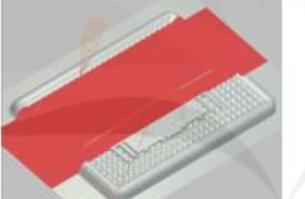
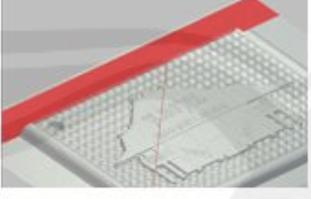
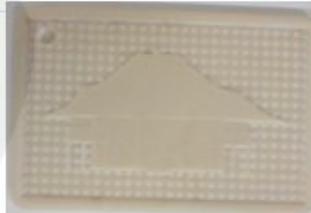
Tabel 4.8. Proses *finishing master Logo Keraton DIY*

No	Prototype Master Cetakan Berbahan Resin Epoxy	Gambar urutan proses CAM	Keterangan	Toolpath Summary
1	Proses <i>Finishing</i> Logo Keraton DIY		Tampilan awal pada proses <i>finishing</i> logo keraton DIY ini sudah mendekati bentuk dan detail kontur permukaan yang diinginkan sekitar 85%, sedangkan untuk	Total waktu pengerjaan proses <i>finishing</i> Logo keraton DIY adalah 6 jam 15 menit 36 detik. Sedangkan Rpm mesin ditetapkan 8000 RPM dimana variabel yang lainnya ada pada lampiran.
2			menampakkan secara detail semua kontur maka pada proses <i>finishing</i> dipilih strategy <i>raster machining</i> mempergunakan <i>cutter Single Lip 4mm</i> , yaitu <i>cutter</i> berbentuk seperti pensil yang diruncingkan tetapi ujung pensil dibelah dua dengan sudut potong 5 sd 10 derajat, arah gerakan <i>cutter SL</i> ditetapkan <i>selected vector</i> (gerakan pahat hanya mengikuti bentuk kontur benda yang dikerjakan sehingga mengurangi waktu pengerjaan dan langkah pemotongan karena ada beberapa area benda kerja yang tidak dimakan/ dipotong oleh <i>cutter SL</i>), sisa material akhir ditetapkan 0 mm karena ini pengerjaan akhir, Toleransi permukaan ditetapkan sebesar 0.01 mm.	
3				
4				
5				

Tabel. 4.9. Proses *finishing Becak DIY*

No	<i>Prototype Master Cetakan Berbahan Resin Epoxy</i>	Gambar urutan proses CAM	Keterangan	<i>Toolpath Summary</i>
1	proses finishing becak DIY		Pada tahap ini dipilih <i>raster machining</i> menggunakan cutter <i>single lip 4 mm</i> , gerakan pahat translasi ke kiri-kanan tampak dengan garis merah dengan jarak yang sangat rapat, detail kontur relief becak dan tulisan sudah tampak 90 sd 100% sesuai dengan model 3D yang ada di ArtCAM Pro 9.	waktu pengerjaan yang dibutuhkan pada proses <i>finishing 4 jam 51 menit 9 detik</i> pada <i>rpm 8000 rpm</i> . <i>Data lain ada pada lampiran</i> 
2				
3				

Tabel. 4.10. Proses *finishing Rumah Limas Sumatera Selatan*

No	Prototype Master Cetakan Berbahan Resin Epoxy	Gambar urutan proses CAM	Keterangan	Toolpath Summary
1				
2				
3	Proses Finishing rumah limas menggunakan cutter Single Lip 4mm			
4				
5				
6				

Tampilan awal pada proses finishing rumah limas sudah mendekati detail kontour permukaan yang diinginkan yakni 85% sd 90 %, sedangkan untuk menampakkan semua kontoru permukaan dengan jelas kita harus menggunakan cutter single lip berdiameter 4 mm, konsekwensi dari penggunaan single lip adalah kualitas permukaan sesuai dengan yang diinginkan tetapi waktu pengerjaan menjadi sangat lama, sudut potong single lip ditetapkan sebesar 5 sd 9 derajat untuk menjangkau celah-celah yang sempit dari detail kontour yang diminta.

Material resin epoxy yang dibutuhkan untuk mengerjakan model adalah 80 x 50 x 8.6 mm, total waktu proses pemesinan di proses finish menggunakan cutter Single Lip adalah 6 jam 11 menit 6 detik pada putaran 8000 RPM

4. Simulasi

Hasil simulasi dari pengerjaan ketiga produk penelitian ini menunjukkan bahwa simulasi dapat berjalan dengan sempurna, kualitas permukaan dari model yang dikerjakan sesuai dengan model 2D yang digambar (antara model 2D dengan model 3D hasil simulasi sangat mirip mendekati 100%). Untuk memperoleh waktu simulasi maka dalam ArtCAM kita melakukan proses klik icon *toolpath operation pada bagian time calculation* yang hasilnya dapat disajikan pada lampiran 1 sd lampiran 3.

5. Hasil *prototyping* dan uji proses di UKM

Setelah melalui proses desain 2D dan 3D model di ArtCAM yang kemudian dilanjutkan dengan proses CAM (pembuatan *toolpath* dan simulasi gerakan pahat), langkah berikutnya adalah proses pemesinan dengan cara memindahkan NC Program dari tiap model ke komputer mesin. NC program ini selanjutnya ditransfer ke mesin rolland modela 40 untuk dilakukan proses pemesinan (proses aktualisasi pembuatan master model cetakan berbahan baku resin epoxy).

Untuk melakukan uji kelayakan apakah master cetakan gantungan kunci berbahan *resin epoxy* dapat dilanjutkan ke tahap manufaktur di CV. Tin's Art maka langkah dilakukan oleh peneliti dan Bapak Sugeng adalah menentukan produk mana yang aman untuk dikerjakan. Setelah dilakukan diskusi, ditetapkan produk yang akan diuji adalah model gantungan kunci logo keraton DIY, karena :

1. Hasil *machining* dari rolland modela 40 sempurna (tidak ada detail kontour kecil yang patah)
2. Kontour huruf tampak jelas dan detail (tidak seperti pada rumah limas yang tulisan Sumatera tidak tampak karena desain 3D huruf kurang tajam)
3. Kontour relief becak sangat tipis sehingga tidak mungkin untuk dilakukan proses *vulkanisir* dan *spin casting* karena hasil dari mesin rolland sangat tipis bahkan cenderung tidak tampak.
4. Relief huruf dan anak tangga pada rumah limas terlalu tipis bahkan cenderung tidak tampak yang berakibat apabila dipaksakan maka hasil *vulkanisir* dan *spin casting* akan jelek.
5. Memiliki nilai jual yang tinggi dibandingkan dengan dua model lainnya
6. Proses cetak di vulkanisir akan lebih cepat dan dapat menunjukkan detail kontour yang diminta dibandingkan dengan dua model lainnya
7. Biaya *vulkanisir* dan *spin casting* yang lebih murah

Adapun hasil akhir dari proses penelitian ini dapat disajikan dalam tabel berikut ini :

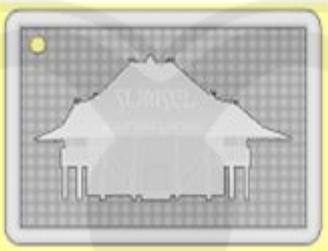
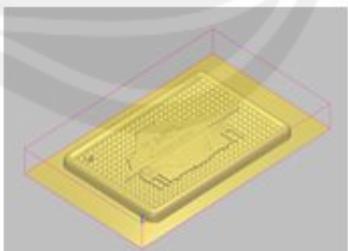
Tabel 4.11. hasil akhir produk penelitian *Rapid Prototyping* berbahan baku *Resin Epoxy*

No	Produk Penelitian	Hasil Mesin Rolland Modela	Hasil Uji CV. Tin Art's	Keterangan
1	Logo Keraton DIY			hasil uji <i>spin casting</i> dengan hasil proses pemesinan di mesin Rolland modela dan desain 3D ArtCAM mendekati sempurna, detail kontour kompleks yang diinginkan UKM tercapai, UKM puas dengan hasil uji peneliti karena produk akhir dari master cetakan berbahan <i>resin epoxy</i> dapat dipakai oleh UKM dalam memperbanyak cetakan untuk proses <i>vulkanisir</i> dan <i>spin casting</i> sehingga dapat meningkatkan daya saing UKM dengan kompetitor sejenis di DIY dan Nasional.
2	Becak DIY		Tidak diujikan untuk proses <i>spin casting</i> di UKM sesuai dengan permintaan CV.	
3	Rumah Limas Sumsel		Tin's Art mengingat biaya uji pada proses <i>vulkanisir</i> dan <i>spin casting</i> yang mahal	

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh peneliti dalam proses *rapid prototyping* master cetakan gantungan kunci berbahan resin epoxy untuk meningkatkan nilai tambah dalam industri souvenir logam pewter di CV. Tin's Art adalah :

1. Diperoleh tiga desain 3D *artistic CAD* gantungan kunci berciri khas Yogyakarta dan Sumatera Selatan berikut ini :

No	Produk Penelitian	Desain 2D	Desain 3D
1	Logo Keraton DIY		
2	Becak DIY		
3	Rumah Limas Sumsel		

2. Diperoleh tiga macam prototype gantungan kunci berbahan resin epoxy :

No	Produk Penelitian	Hasil Mesin Rolland Modela	Hasil Uji CV. Tin Art's
1	Logo Keraton DIY		
2	Becak DIY		Tidak diujikan untuk proses <i>spin casting</i> di UKM sesuai dengan permintaan CV.
3	Rumah Limas Sumsel		Tin's Art mengingat biaya uji pada proses <i>vulkanisir</i> dan <i>spin casting</i> yang mahal

H. DAFTAR PUSTAKA

Anonim. (2007). *Delcam PowerMill 8.0 Training Modul*, Birmingham: Delcam, Plc.

- Anonim. (2008). **Delcam PowerShape 8.2.14 Training Modul**, Birmingham: Delcam, Plc.
- Anggoro, Wisnu, P.; Yuniarto A. Tonny; 2011; **Analisis Pemilihan Strategi Permesinan pada Proses Pengerjaan Lower Die Draw 52185 (Studi kasus di PT Mekar Armada Jaya)**, Proceeding Seminar Nasional Riset dan Teknologi Terapan (Ritektra), ISBN : 978-602-97094-3-8
- Burry, Mark. (2002). **Rapid Prototyping, CAD/CAM and Human Factors**, Elsevier Journal of Automation in Construction, Vol. 11, page 313-333
- Cooper, Kenneth G. (2001). **Rapid Prototyping Technology: Selection and Application**, New York: Marcel Dekker, Inc.
- Chua C.K, Leong, K.F., Lim, C.S., 2003, **Rapid Prototyping : Principles and Applications**, 2nd Edition., World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore
- Dassault Systemes, 2001, 3-Axis Surface Machining Fundamentals, Version 5, Release 6.
- Delcam, Plc., 2007, What's New in PowerMILL 8.0, DELCAM, Plc., England.
- Damardjati, Pandu, 2011, **Rapid Prototyping of Chocolate Mold**, Thesis, Industrial Engineering Department, Industrial Technology Faculty, Universitas Atma Jaya Yogyakarta
- Degussa, 2001, **Extrusion and Thermoforming Of Polymer and Cyrolite**, Cyro Industries, USA
- Groover, Mikel P., 1996, **Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems**, Prentice-Hall International Edition, USA
- Groover, M.P., **Automation, Production System, and Computer-Integrated Manufacturing**, Prentice Hall, Inc., New Jersey.
- Hanandoko, Theodorus B.; Yuniarto, A. Tonny; 2011, **Proses Rapid Prototyping Cetakan Berbahan Polyvinyl Rigid Sheet Plastic Sebagai Nilai Tambah dalam Industri Coklat Praline**, Proceeding Seminar Nasional Riset dan Teknologi Terapan (Ritektra), ISBN : 978-602-97094-3-8
- Liou, Frank W., 2008, **Rapid Prototyping and Engineering Applications: A Toolbox for Prototyping Development**, CRC Press, Taylor and Francis Group, LLC, New York
- Mujiarto, Iman, 2005, **Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif**, Semarang, AMNI

Measurement Data, Article in Press, Image and Vision Computing, Elsevier Science BV

Roland CGA, Corp., 2009, MDX-40 3D Milling Machine, Roland CGA, Corp., California.

Young, K.C., 2004, **Toolpath Generation and 3D Tolerance Analysis for Free-Form Surfaces**, pp. 82-83, A&M University, Texas.

Willis, Andrew; Speicher, Jasper; Cooper, David B. (2006). ***Rapid Prototyping 3D Objects from Scanned***

