

**PEMBUATAN MASTER CETAKAN HIASAN PIALA
SECARA MANUAL PADA INDUSTRI KECIL DENGAN
METODE *LAYER DEPOSITION MANUFACTURING***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



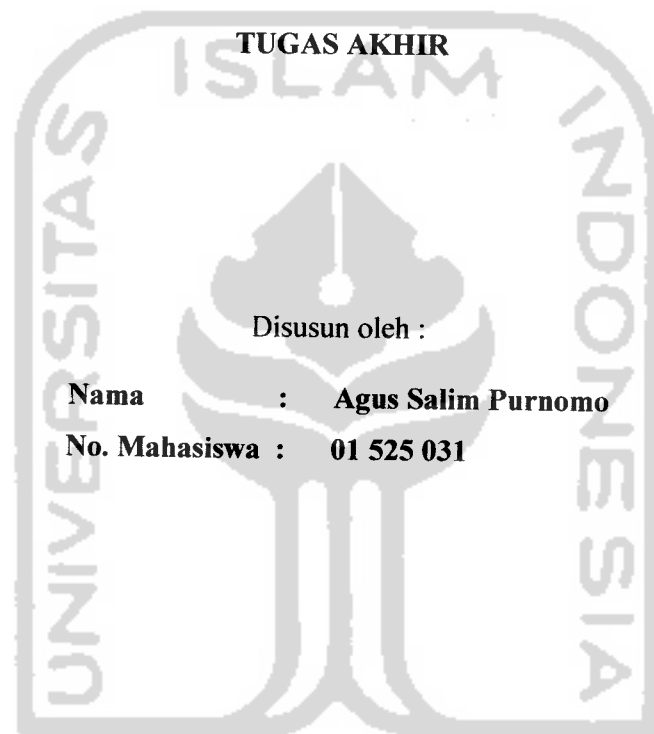
**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

YOGYAKARTA

2007

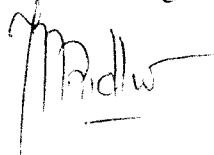
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PEMBUATAN MASTER CETAKAN HIASAN PIALA
SECARA MANUAL PADA INDUSTRI KECIL DENGAN
METODE *LAYER DEPOSITION MANUFACTURING***



Yogyakarta, Juni 2007

Pembimbing



Muhammad Ridlwan, ST., MT.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PEMBUATAN MASTER CETAKAN HIASAN PIALA
SECARA MANUAL PADA INDUSTRI KECIL DENGAN
METODE *LAYER DEPOSITION MANUFACTURING*

TUGAS AKHIR

Oleh :

Nama : Agus Salim Purnomo
No. Mahasiswa : 01 525 031

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

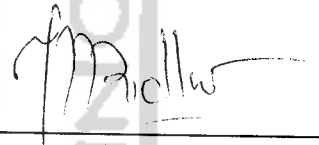
Yogyakarta, 28 Juni 2007

Tim Penguji,

Muhammad Ridwan, ST., MT.
Ketua

Yustiasih Purwaningrum, ST., MT.
Anggota I

Agung Nugroho Adi, ST., MT.
Anggota II



Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia




Muhammad Ridwan, ST., MT.

LAPORAN TUGAS AKHIR INI SAYA PERSEMBAHKAN

Untuk:

*Ibunda Mastikanah dan Ayahanda Barijan
yang sangat saya hormati, cintai dan sayangi.
Begitu tinggi pengorbanan mereka kepadaku,
cucuran air mata penuh kasih, sayang dan do'a
telah mengiringi hidupku.*

*Semoga Allah SWT. memanjangkan umur,
membaguskan amal, meridhoi dan merahmati mereka.*

*Adikku yang kusayangi dan kubanggakan
Fajrul Fathin dan Muhammad Fa'li Farhan.*

Semua keluargaku dan saudaraku seiman.

MOTTO

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا اتَّقُوا اللَّهَ حَقَّ تَقَاتِهِ ؕ وَلَا تَمُوتُنَّ إِلَّا وَأَنتُمْ مُسْلِمُونَ ﴿١٠٢﴾

"Wahai orang-orang yang beriman, bertaqwalah kepada Allah dengan sebenarnya taqwa, dan janganlah kamu mati kecuali dalam keadaan muslim."

(Q.S. Ali Imran: 102)

وَالْعَصْرِ ﴿١﴾ إِنَّ الْإِنْسَانَ لِفِي خُسْرٍ ﴿٢﴾ إِلَّا الَّذِينَ ءَامَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ
وَتَوَاصَوْا بِالْحَقِّ وَتَوَاصَوْا بِالصَّبْرِ ﴿٣﴾

"Demi masa. Sesungguhnya manusia itu benar-benar dalam kerugian. Kecuali orang-orang yang beriman, mengerjakan amal shalih dan saling nasihat-menasihati supaya mentaati kebenaran dan saling nasihat-menasihati supaya menepati kesabaran." (Q.S. Al-Ashr: 1-3)

"Barang siapa hari ini lebih baik dari hari kemarin maka ia termasuk orang yang beruntung. Barang siapa hari ini sama dengan hari kemarin maka ia termasuk orang yang merugi. Dan barang siapa hari ini lebih buruk dari hari kemarin maka ia termasuk orang yang terlaknat."

"Orang cerdas ialah orang yang menyiapkan dirinya dan beramal untuk hari setelah kematian, sedang orang lemah ialah orang yang mengikutkan dirinya kepada hawa nafsunya dan berkhayal kosong kepada Allah." (H.R. At-Tirmidzi)

"Manusia terbaik ialah orang yang panjang umurnya dan baik amal perbuatannya." (H.R. At-Tirmidzi)

"Sebaik-baik manusia ialah orang yang paling bermanfaat bagi orang lain."

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Alhamdulillah aahirabbil'aalamiin. Segala puji dan syukur penyusun haturkan hanya kepada Allah SWT. yang telah memberikan nikmat dan kasih sayang-Nya. Shalawat dan salam semoga tetap tercurah kepada jujungan alam Nabiullah Muhammad SAW. keluarga dan sahabat serta para pengikutnya yang istiqomah sampai akhir zaman.

Berkat petunjuk dan rahmat Allah SWT penyusun dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul "Pembuatan Master Cetakan Hiasan Piala Secara Manual Pada Industri Kecil Dengan Metode *Layer Deposition Manufacturing*" sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik mesin.

Rasa terima kasih yang sebesar-besarnya penyusun ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu penyelesaian study dan laporan Tugas Akhir ini, baik secara langsung maupun tidak langsung, diantaranya kepada :

1. Ibunda dan Ayahanda yang telah berusaha keras membantu saya dalam segala hal dengan curahan kasih sayang dan iringan do'a.
2. Bapak Muhammad Ridlwan, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir sekaligus Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng., Pak Risdiyono. ST., M.Eng., Pak Agung Nugroho Adi, ST., MT., Pak Ir. Purtojo, Ibu Yustiasih Purwaningrum, ST., MT. dan semua Dosen Jurusan Teknik Mesin UII yang tidak disebutkan.
4. Para Dosen Penguji Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin UII.
5. Segenap karyawan dan staf Laboratorium Teknik Mesin dan Bagian Pengajaran Fakultas Teknologi Industri UII.
6. Saudara – saudariku Alumni Takmir Masjid Ulil Albab 2001-2006. Mas Harum MM, SE., Mas Fathurrahmi, S.Si., Budiono, SE., MM., Helmi S, SE., Dwi Suatmoko, ST. dan semuanya yang tidak disebutkan.

7. Saudara-saudariku tercinta dan terkenang yang dulu ada di Asrama Putra “Al Zain” dan Asrama Putri “Al Mahfuzh” Takmir Masjid Ulil Albab UII.
8. Saudara-saudaraku yang sekarang ada di Asrama “Al Kahfi” Bonjotan, terutama kepada El-Maki yang telah meminjamkan semua perangkat komputernya, Firmansyah, ST., Umar F2, Muflih Safitra, ST., Fajrin, Kang Cecep, Rizal (Takmir Masjid GPW), Rizki, Trisno, Angga HP, Hardiman, ST., Mas ‘Ali, Koko, SQ-Bae, Amir, Ochim, DSS.
9. Mas Marzal Rahmadi, ST. yang telah mengajarkan cara-cara mendisain gambar dengan AutoCad dan animasi 3ds mak 7.
10. Ovide Decroly WA yang selalu meminjamkan Laptop-nya untuk keperluan presentasi.
11. Semua pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung yang belum disebutkan.

Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa laporan ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan, untuk itu saran dan kritik membangun yang disampaikan kepada penyusun sangat diharapkan dan akan diterima sebagai koreksi kedepannya.

Akhirnya, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan khususnya bagi penyusun pribadi, *Syukron Katsiuro*.

Wassalaamu 'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, Juni 2007

Penyusun

Agus Salim Purnomo

ABSTRAK

Kerajinan piala merupakan salah satu industri kecil (home industri) yang dilakukan dengan keahlian tangan (craftsmanship) yang mengharuskan pelaku kerajinan mempunyai kreatifitas dan jiwa seni yang tinggi. Hal ini menyebabkan prospek pekerjaan hanya tertuju kepada orang-orang tertentu saja. Untuk memberikan solusi lain dalam mengembangkan berbagai produk kerajinan piala, maka pada penelitian ini dilakukan pembuatan model master cetakan hiasan piala bertema lambang Universitas Islam Indonesia.

Metode yang digunakan dalam pembuatan model ini adalah Layer Deposition Manufacturing yang merupakan aplikasi dari teknologi Rapid Prototyping yang dilakukan dengan cara menyusun bahan produk per-layer mulai dari bagian yang terkecil sampai menjadi benda jadi (additive process). Metode ini sangat berbeda dengan kerajinan tangan (handicraft) yang dilakukan selama ini, dimana mereka biasa menggunakan keahlian seni pahatan/ukiran (carvering) dengan melakukan pengurangan bahan produk (subtractive) sehingga pada titik akhirnya akan diperoleh benda kerja sesuai bentuk yang diinginkan.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa metode Layer Deposition Manufacturing dapat digunakan untuk membuat model master cetakan hiasan piala walaupun waktu yang dibutuhkan cukup lama dan biayanya lebih besar dibandingkan dengan metode kerajinan tangan, namun bagi orang yang tidak mempunyai keahlian khusus dalam bidang kerajinan, metode ini cukup solutif.

Kata kunci : Kerajinan piala, Kerajinan tangan, Layer Deposition Manufacturing.

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
HALAMAN MOTTO.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Rapid Prototyping.....	5
2.1.1 <i>Stereolithography (SLA)</i>	6
2.1.2 <i>Laminated Object Manufacturing (LOM)</i>	7
2.1.3 <i>Sintering Laser Selektif (SLS)</i>	7
2.1.4 <i>Fused Deposition Model (FDM)</i>	8
2.1.5 <i>Solid Ground Curing (SGC)</i>	9
2.1.6 <i>3-D Ink Jet Printing</i>	10
2.1.7 <i>Shape Deposition Manufacturing (SDM)</i>	10
2.1.8 <i>Layer Deposition Manufacturing (LDM)</i>	12
2.2 Piala.....	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	16
3.1 Metodologi Penelitian.....	16

3.2	Obyek Penelitian.....	17
3.3	Waktu dan Tempat.....	18
3.4	Bahan Dan Alat.....	18
3.4.1	Bahan Produk.....	18
3.4.2	Bahan Pencetak.....	18
3.4.3	Alat-alat Yang Digunakan.....	18
3.5	Prosedur Pelaksanaan.....	19
3.5.1	Pembuatan Disain 3 Dimensi.....	19
3.5.2	Pembuatan Lembar Lilin (Pencetak).....	20
3.5.3	Pembuatan Pola Pada Lembar Lilin.....	21
3.5.4	Pencetakan Benda Produk.....	21
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....		23
4.1	Pembuatan Benda Produk Dengan Metode Kerajinan Tangan...	23
4.2	Tahapan Pembuatan Benda Produk Dengan Metode <i>LDM</i>	23
4.2.1	Pembuatan Disain 3 Dimensi.....	23
4.2.2	Pembuatan Lembar Lilin (Pencetak).....	25
4.2.3	Pembuatan Pola Pada Lembar Lilin.....	27
4.2.4	Pencetakan Master Produk Hiasan Piala.....	28
4.3	Kajian Temuan Pada Proses Pembuatan Benda Produk.....	30
4.3.1	Pembuatan Lilin.....	30
4.3.2	Pembuatan Pola Pada Lilin.....	31
4.3.3	Penuangan Bahan Produk Resin.....	31
4.4	Kelebihan Dan Kekurangan Antara Metode Kerajinan Tangan Dan <i>LDM</i>	32
4.4.1	Metode Kerajinan Tangan.....	32
4.4.2	Metode <i>LDM</i>	32
BAB V PENUTUP.....		33
5.1	Kesimpulan.....	33
5.2	Saran.....	33

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1 Metode <i>Stereolithography</i>	6
Gambar 2.2 Metode <i>LOM</i>	7
Gambar 2.3 Metode <i>SLS</i>	8
Gambar 2.4 Metode <i>FDM</i>	8
Gambar 2.5 Metode <i>SGC</i>	9
Gambar 2.6 Metode <i>3-D Ink Jet Printing</i>	10
Gambar 2.7 Metode <i>SDM</i>	11
Gambar 2.7.1 Metode <i>SDM</i>	11
Gambar 2.7.2 Tahapan <i>deposition</i> dan <i>shaping</i>	11
Gambar 2.7.3 Struktur multi material dengan menyisipkan komponen.....	12
Gambar 2.8 Metode <i>LDM</i>	13
Gambar 2.9 Contoh piala.....	15
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> metode penelitian.....	16
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> metode kerajinan tangan.....	17
Gambar 3.3 (a) Disain piala.....	19
(b) Potongan <i>layer</i>	19
Gambar 3.4 Pencetakan gambar pada kertas A4.....	20
Gambar 3.5 Skema proses pembuatan lembar lilin.....	20
Gambar 3.6 Lembar lilin yang dilubangi sesuai bentuk pola.....	21
Gambar 3.7 Prinsip proses pencetakan benda produk dengan metode <i>LDM</i> ...	22
Gambar 3.8 Pencetakan benda produk pada lembar lilin.....	22
Gambar 4.1 Pembuatan disain dudukan.....	24
Gambar 4.2 Pembuatan disain hiasan.....	24
Gambar 4.3 Dudukan dan hiasan piala setelah digabung.....	24
Gambar 4.4 Potongan gambar per- <i>layer</i>	25
Gambar 4.5 Perebusan lilin (<i>paraffin</i> + <i>stearin</i>).....	26
Gambar 4.6 Penuangan lilin ke dalam pencetak lembar lilin.....	26
Gambar 4.7 Pendinginan lembar lilin.....	26
Gambar 4.8 Lembar lilin hasil cetak.....	26

Gambar 4.9 Mal Kertas.....	27
Gambar 4.10 Pemotongan pola dengan mesin pemotong pola.....	27
Gambar 4.11 Penghalusan pola dengan <i>cutter pen</i>	27
Gambar 4.12 Penyusunan <i>layer</i> 13 dan 12.....	28
Gambar 4.13 Penuangan bahan produk pada <i>layer</i> 10 dan 9.....	28
Gambar 4.14 Penuangan bahan produk pada <i>layer</i> 9 dan 8.....	29
Gambar 4.15 Pelepasan lembar lilin.....	29
Gambar 4.16 Benda produk sebelum di- <i>finishing</i>	30
Gambar 4.17 Benda produk setelah di- <i>finishing</i>	30
Gambar 4.18 Contoh penuangan bahan produk pada <i>layer</i> 9 dengan menyusun <i>layer</i> 8 di atasnya.....	32



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai salah satu negara berkembang, Indonesia terus berupaya untuk memajukan sektor perindustrian dalam negeri, terutama dalam bidang industri kecil dan menengah. Namun sejauh ini laju perkembangan sektor ini belum memperlihatkan kontribusi yang signifikan dalam menunjang kesejahteraan hidup masyarakat meskipun sebagian kecil produk dari sektor ini telah mampu menembus pasar internasional. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain lemahnya akses permodalan dan pasar, terbatasnya pemanfaatan teknologi tepat guna, lemah manajerial dan lain-lain. Sehingga perlu dukungan dan partisipasi semua pihak dalam menemukan solusi dari kendala tersebut.

Salah satu contoh daerah di Indonesia yang banyak *home industri*-nya yaitu D.I Yogyakarta misalnya, sektor kerajinan merupakan sektor ekonomi unggulan, dari aspek pendapatan masyarakat dan penyerapan tenaga kerja. Di samping itu sektor kerajinan juga memiliki peran strategis sebagai pengikat pertumbuhan ekonomi lokal dan partisipasi masyarakat hingga level bawah. Dilihat dari perspektif budaya, kerajinan juga merupakan sektor usaha yang mampu mengangkat dan melestarikan budaya lokal serta menjadi jembatan antara kepentingan ekonomi dengan budaya.

Contoh lain yang lebih mengerucut lagi misalnya kerajinan piala, merupakan salah satu industri kecil (*home industri*) yang dilakukan dengan keahlian tangan (*craftsmanship*) dimana mengharuskan pelaku kerajinan mempunyai kreatifitas dan jiwa seni yang tinggi. Hal ini menyebabkan prospek pekerjaan hanya tertuju kepada orang-orang tertentu saja sehingga industri ini kurang bisa berkembang dengan pesat.

Untuk menjawab masalah tersebut, maka munculah sebuah metode baru yang dikembangkan untuk menambah metode yang sudah ada dalam kerajinan piala. Dengan metode ini sangat memungkinkan untuk dikerjakan oleh orang biasa bahkan yang tidak mempunyai jiwa seni sekalipun. Metode ini biasa dikenal

dengan nama *Layer Deposition Manufacturing*, secara sederhana metode ini dilakukan dengan cara menyusun potongan-potongan benda pada *layer-layer* tertentu, sehingga benda yang bentuknya rumit sangat mungkin untuk dikerjakan dengan mudah tanpa menggunakan mesin yang serba otomatis.

1.2 Rumusan Masalah

- Bagaimana membuat model master cetakan hiasan piala.
- Bagaimana dapat menghasilkan model produk dengan menggunakan metode *Layer Deposition Manufacturing*.

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini sangat diperlukan supaya obyek penelitian dapat terfokus pada masalah ini sehingga tidak meluas ke hal-hal yang tidak diinginkan. Pembatasan masalah dalam penelitian ini meliputi hal-hal sebagai berikut :

- Metode yang digunakan adalah *Layer Deposition Manufacturing*.
- Membandingkan metode *Layer Deposition Manufacturing* dengan metode kerajinan tangan.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Membuat model master cetakan hiasan piala dengan metode *Layer Deposition Manufacturing*.
- Menghasilkan model produk dengan menggunakan metode *Layer Deposition Manufacturing*.

1.5 Manfaat Penelitian

- Memberikan suatu alternatif dalam teknologi pembuatan model produk.
- Mengenalkan metode *Layer Deposition Manufacturing* kepada industri pengrajin piala.

- Metode ini dapat diaplikasikan di industri pengecoran.
- Menghasilkan produk baru yang lebih baik dan lebih mudah dilakukan.
- Mengembangkan berbagai bentuk produk yang bisa dikerjakan dengan teknik *rapid prototyping*.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan ini disusun sedemikian rupa untuk memudahkan pembaca dalam memahami maksud dan isi dari laporan tersebut. Sistematika laporan ini adalah sebagai berikut :

- 1). Bagian awal, meliputi : halaman judul, lembar pengesahan pembimbing, lembar pengesahan penguji, halaman persembahan, halaman motto, kata pengantar, abstrak, daftar isi dan daftar gambar.
- 2). Bagian isi, meliputi :
 - a. BAB I – Pendahuluan
Bab ini akan menguraikan secara singkat mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.
 - b. BAB II – Tinjauan Pustaka
Bab ini berisi tentang konsep dan prinsip dasar yang diperlukan untuk memecahkan masalah penelitian, dasar-dasar teori untuk mendukung kajian yang akan dilakukan.
 - c. BAB III – Metodologi Penelitian
Bab ini berisi uraian tentang bahan penelitian, alat, tata cara penelitian dan data yang akan dikaji sesuai dengan bagan alir yang telah dibuat.
 - d. BAB IV – Analisa dan Pembahasan
Bab ini menguraikan analisis data-data yang dihasilkan selama penelitian, pengolahan data dan pembahasan hasil penelitian dari hasil analisis tersebut.
 - e. BAB V – Penutup
Bab ini berisikan tentang kesimpulan dan saran. Kesimpulan memuat pernyataan singkat dan tepat yang dijabarkan dari hasil penelitian serta

pembahasan untuk membuktikan hipotesis atau menjawab permasalahan. Saran dibuat berdasarkan pengalaman dan pertimbangan penulis, ditujukan kepada para peneliti dalam bidang yang sejenis atau yang ingin melanjutkan dan mengembangkan penelitian yang telah dilakukan.

3). Bagian akhir, meliputi : daftar pustaka dan lampiran.



BAB II LANDASAN TEORI

2.1 *Rapid Prototyping*

Istilah *Rapid Prototyping (RP)* merujuk pada suatu kelas teknologi yang secara otomatis mampu menyusun model fisik dari data *CAD (Computer-Aided Design)*. Printer tiga dimensi ini memungkinkan si perancang untuk secara cepat menciptakan sebuah *prototype* riil dari rancangannya, dibanding hanya gambar dua dimensi. Model seperti ini memiliki berbagai manfaat. *Prototype* memberikan bantuan visual yang sempurna di dalam mengkomunikasikan gagasan dengan pelanggan atau rekan kerja. Di samping itu, *prototype* dapat digunakan untuk pengujian rancangan (Griffith, 1998).

Di samping *prototype*, teknik *RP* dapat juga digunakan untuk membuat peralatan (disebut sebagai *rapid tooling*) dan bahkan suku cadang yang berkualitas produksi (*rapid manufacturing*). Untuk operasi produksi kecil dan objek yang rumit, *rapid prototyping* seringkali menjadi proses manufaktur yang terbaik. Kebanyakan *prototype* memerlukan waktu tiga hingga tujuh puluh dua jam untuk dibuat, tergantung pada ukuran dan tingkat kerumitan dari objek itu sendiri.

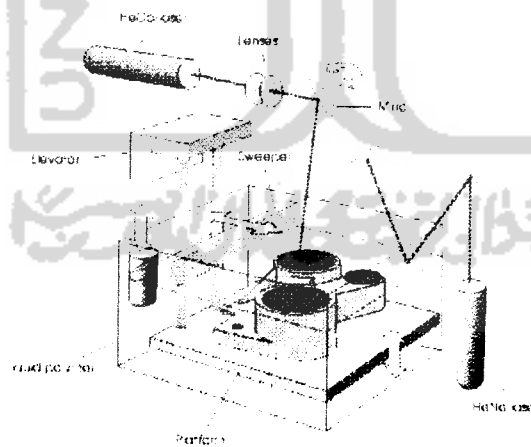
Setidaknya enam teknik *RP* berbeda yang telah tersedia secara komersial, masing-masing memiliki kekuatannya sendiri. Karena teknologi *RP* semakin banyak digunakan dalam aplikasi *non-prototyping*, teknik ini seringkali dikatakan sebagai *solid free-form fabrication*, *computer automated manufacturing*, atau *layered manufacturing*. Bentuk yang terakhirlah yang menjadi gambaran proses manufaktur yang digunakan oleh semua teknik komersial. Sebuah paket *software CAD* menjadi sejumlah *layer* tipis (~0.1mm), yang kemudian disusun di atas yang lain. *Rapid prototyping* merupakan proses *additive*, menggabungkan lapisan kertas, *wax*, plastik atau bahan lain untuk menciptakan suatu objek padat. Sebaliknya, dalam kebanyakan proses menggunakan mesin adalah proses *subtractive* yang menghilangkan material dari blok padat (bukan dari kecil menjadi bagian besar). Sifat yang aditif dari *RP* memungkinkannya menciptakan

objek dengan fitur *internal* yang rumit yang tidak dapat diolah oleh alat atau sarana lain.

2.1.1 *Stereolithography (SLA)*

Metode *Stereolithography* ini membuat model tiga dimensi dari cairan polimer fotosensitif yang memadat ketika diberi cahaya ultraviolet. Lihat gambar 2.1 Model dibangun di atas sebuah *platform* yang ditempatkan tepat di bawah permukaan dalam sebuah *vat* dari epoksi cair atau *acrylate resin*. Sinar *UV* difokuskan sesuai dengan pola yang diinginkan. Cairan *epoxy* atau *acrylate* akan mengeras setelah ditembak dengan sinar *UV*.

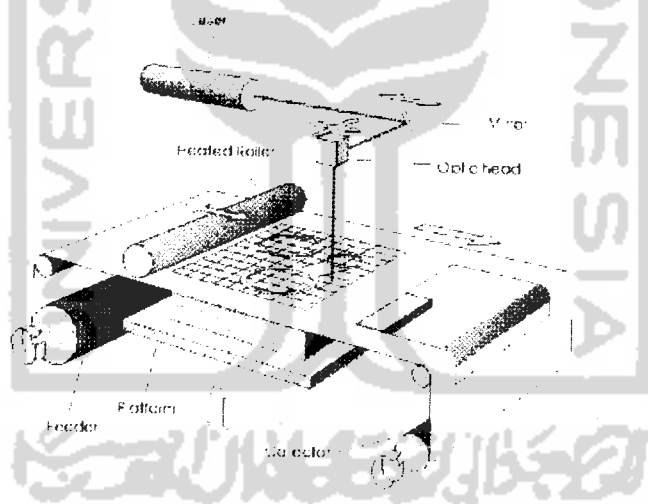
Tahap berikutnya, *elevator* menurunkan *platform* ke dalam polimer cair. Setelah itu, *sweeper* melapisi kembali dengan cairan *epoxy* atau *acrylate resin* pada permukaan yang sudah mengeras, kemudian ditembakkan kembali sinar *UV* sesuai dengan pola, maka terbentuklah lapisan kedua. Proses tersebut diulang-ulang hingga model yang dibuat selesai. Model (bagian padatan) yang sudah selesai diambil dan dibersihkan dari cairan-cairan yang masih tersisa. Agar mendapatkan hasil yang lebih baik model yang sudah jadi ditempatkan di *oven ultraviolet* untuk dilakukan *finishing* (Griffith, 1998).



Gambar 2.1 Metode *Stereolithography*

2.1.2 *Laminated Object Manufacturing (LOM)*

Pada metode *Laminated Object Manufacturing* ini, bahan yang digunakan untuk membuat model atau *prototype* adalah kertas yang dilapisi dengan lem panas. Cara kerja metode ini adalah sebagai berikut: landasan terbuat dari susunan kertas dan pita busa yang terletak di atas *platform*. *Heated roller* bertekanan menggulung kertas yang terletak di atas landasan. Setelah kertas melekat pada landasan, sinar laser ditembakkan untuk memotong sesuai dengan disain dari *layer* pertama ke kertas kemudian dilakukan proses *crosshatch* area yang berlebih (ruang negatif dalam *prototype*). *Cross-hatching* menguraikan material berlebih sehingga memudahkan pemindahan selama pasca-pemrosesan. Selama pembuatan, material berlebih tadi menjadi pendukung pada bagian berdinding tipis dan *overhang* (rongga). Setelah lapisan pertama terpotong, *platform* turun dan *collector* menggulung kertas untuk pembuatan *layer* baru. Proses ini dilakukan terus berulang-ulang hingga model yang diinginkan selesai. Seluruh proses *Laminated Object Manufacturing* dapat dilihat pada gambar 2.2

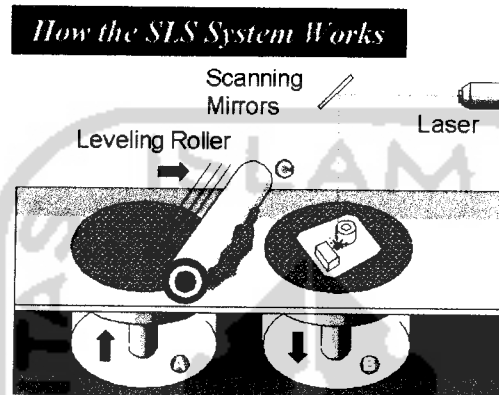


Gambar 2.2 Metode LOM

2.1.3 *Sintering Laser Selektif (SLS)*

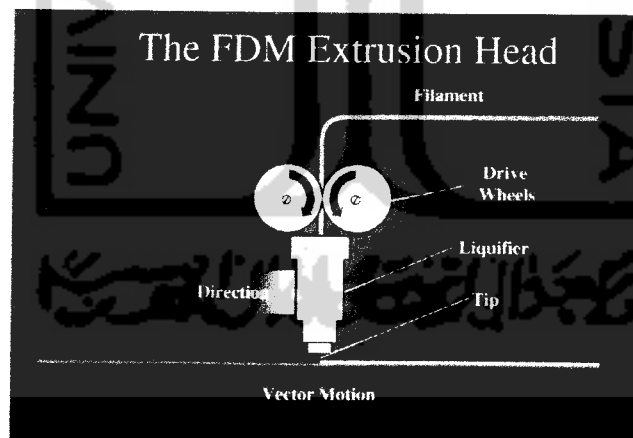
Teknik *Sintering Laser Selektif (SLS)* ini ditunjukkan pada gambar 2.3. Bahan yang digunakan berupa serbuk, seperti serbuk nilon, elastomer dan logam. Serbuk diberikan di atas *platform* dan diratakan dengan *levelling roller*. Kemudian

sinar laser menyinari sesuai dengan pola. Serbuk yang terkena sinar laser akan mengeras, maka terbentuklah *layer* pertama. *Platform* kemudian diturunkan di ketinggian lapisan berikutnya dan serbuk diberikan lagi. Proses ini diulang-ulang hingga model atau *prototype* selesai. Serbuk yang tidak terkena sinar laser di setiap lapisan sebagai *support material* selama proses pembuatan. Setelah selesai model dipisahkan dari serbuk yang tidak terkena sinar laser (Griffith, 1998).



Gambar 2.3 Metode SLS

2.1.4 Fused Deposition Model (FDM)



Gambar 2.4 Metode FDM

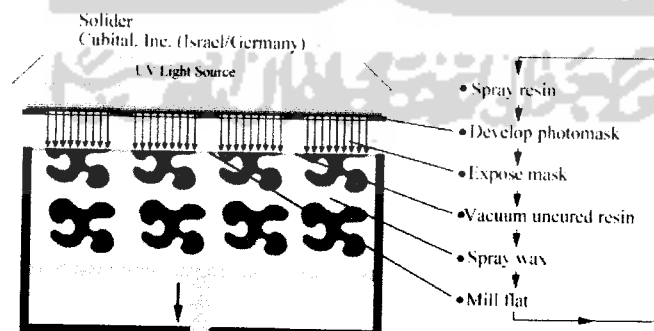
Prinsip kerja metode *Fused Deposition Model (FDM)* ini ditunjukkan pada gambar 2.4 Filamen dari termoplastik yang dipanaskan didorong dari ujung yang bergerak di sumbu x-y. Cairan termoplastik dituangkan di atas *platform* oleh

extrusion head sesuai dengan pola sebagai *layer* pertama. Setelah cairan termoplastik mengeras, *platform* diturunkan. *Extrusion head* kembali menuangkan cairan termoplastik di atas *layer* pertama sesuai dengan pola. Proses ini dilakukan berulang-ulang hingga menjadi model. Agar proses pengerasan cairan termoplastik cepat, suhu *platform* dibuat rendah (Griffith, 1998).

2.1.5 Solid Ground Curing (SGC)

Proses pembuatan model dengan metode *Solid Ground Curing (SGC)* ditunjukkan pada gambar 2.5. Proses ini juga dikenal dengan proses *solider* karena proses pembuatan model dilakukan dengan memangkas seluruh lapisan sekaligus. Pertama, resin fotosensitif disemprotkan pada *platform*. Kemudian, mesin menyusun *fotomask* dari *layer* yang akan dibuat. *Fotomask* ini dicetak pada plat kaca di atas *platform* menggunakan proses elektrostatis sama dengan *photocopy*. *Mask* ini kemudian diberi cahaya *UV*, yang hanya melewati sisi transparan dari *mask* guna mengeraskan bentukan lapisan yang tengah diproses.

Setelah *layer* di-*curing*, mesin mengosongkan resin cair berlebih dan menyemprotkan *wax* di tempat itu untuk menyokong model selama proses pembuatan. Permukaan atas didatarkan, dan kemudian prosesnya diulang untuk lapisan berikutnya. Ketika *layer* pertama sudah selesai, maka harus diberi *wax* lagi dengan mencelupkannya dalam wadah pelarut. Mesin ini cukup besar dan dapat menghasilkan model yang besar (Weiss, 1997).

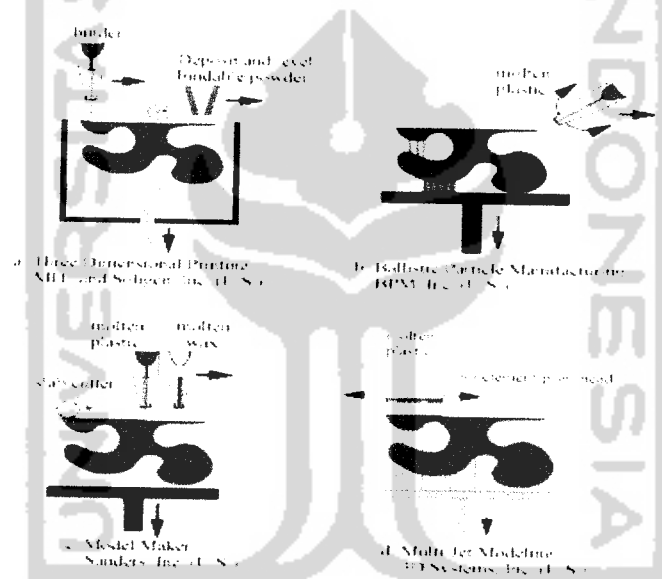


Gambar 2.5 Metode SGC

2.1.6 3-D Ink Jet Printing

Proses pembuatan model dengan metode *3-D Ink Jet Printing* ditunjukkan pada gambar 2.6. *Product material* berupa serbuk. *Head printing ink-jet* bergerak melebur *product material* sesuai dengan pola yang diinginkan. Serbuk yang tidak dilebur oleh *head printing ink-jet* sebagai *support material*. Setelah selesai *layer* pertama, *platform* diturunkan kemudian ditaburi dengan serbuk lagi. Proses ini dilakukan secara berulang-ulang hingga terbentuk model yang diinginkan.

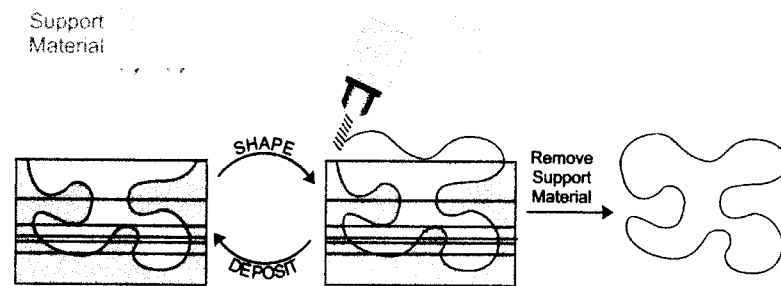
Pada gambar 2.6c mesin menggunakan dua *ink-jet*, satu melepaskan *thermoplastic low-melt* untuk membuat model, sementara yang lain mencetak *wax* untuk membentuk *support material*. Setiap *layer* dilakukan pemangkasan untuk meratakan permukaan (Weiss, 1997).



Gambar 2.6 Metode 3-D Ink Jet Printing

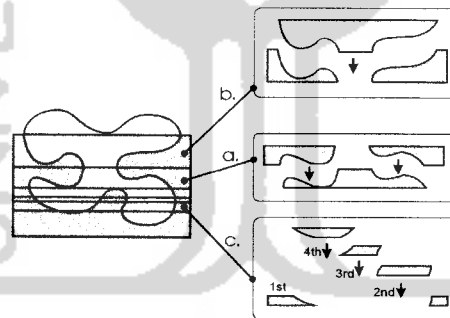
2.1.7 Shape Deposition Manufacturing (SDM)

Metode *Shape Deposition Manufacturing (SDM)* pada dasarnya sama dengan metode lainnya dalam *rapid prototyping*. Metode *SDM* merupakan gabungan dari proses *additive* (menggabungkan material lapis demi lapis) dan proses *subtractive* (pengurangan material) seperti pada gambar 2.7.

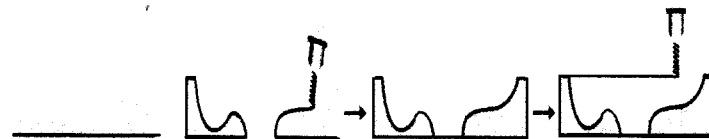


Gambar 2.7 Metode SDM

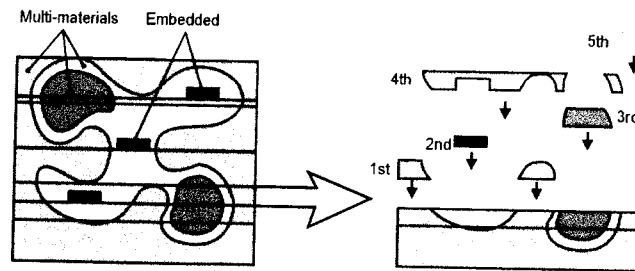
Pada mulanya dituang *support material*, kemudian di-*milling* dengan *CNC* untuk membentuk rongga cetak. Rongga cetak yang sudah terbentuk dituang *product material* hingga penuh. Lihat gambar 2.7.1a. Permukaan *layer* diratakan dengan proses *CNC*. Setelah terbentuk *layer* pertama, dituang lagi *support material* dan di-*milling* untuk membentuk rongga cetak dalam membuat *layer* kedua. Lihat gambar 2.7.1b. Proses ini terus berulang hingga model yang diinginkan jadi. Untuk mempermudah dalam memahami proses ini dapat dilihat pada gambar 2.7.2. Sedangkan pada gambar 2.7.3 ditunjukkan proses pembuatan model dengan menggunakan *multi material* (material lebih dari satu jenis) (Prinz, 1994).



Gambar 2.7.1 Metode SDM



Gambar 2.7.2 Tahapan *deposition* dan *shaping*



Gambar 2.7.3 Struktur multi material dengan menyisipkan komponen

2.1.8 *Layer Deposition Manufacturing (LDM)*

Layer Deposition Manufacturing merupakan metode baru dalam teknologi *rapid prototyping*. Metode ini merupakan pengembangan dari beberapa metode yang sudah ada, diantaranya *Layer Object Manufacturing*, *Casting* dan *Machining*. Dalam membangun sebuah produk dibuat *layer per layer* dengan pola yang berbeda-beda sesuai dengan bentuk benda yang akan dibuat.

Ada dua macam bahan yang diperlukan, yaitu: *product material* dan *support material*. *Product material* merupakan bahan utama untuk pembuatan produk, sedangkan *support material* merupakan material pendukung (bukan bahan untuk membuat produk) dengan kata lain sebagai bahan pencetak.

Tidak semua bahan dapat dijadikan sebagai *support material* ataupun *product material*, sehingga bahan-bahan tersebut harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

Persyaratan bahan agar dapat dijadikan sebagai *product material* adalah :

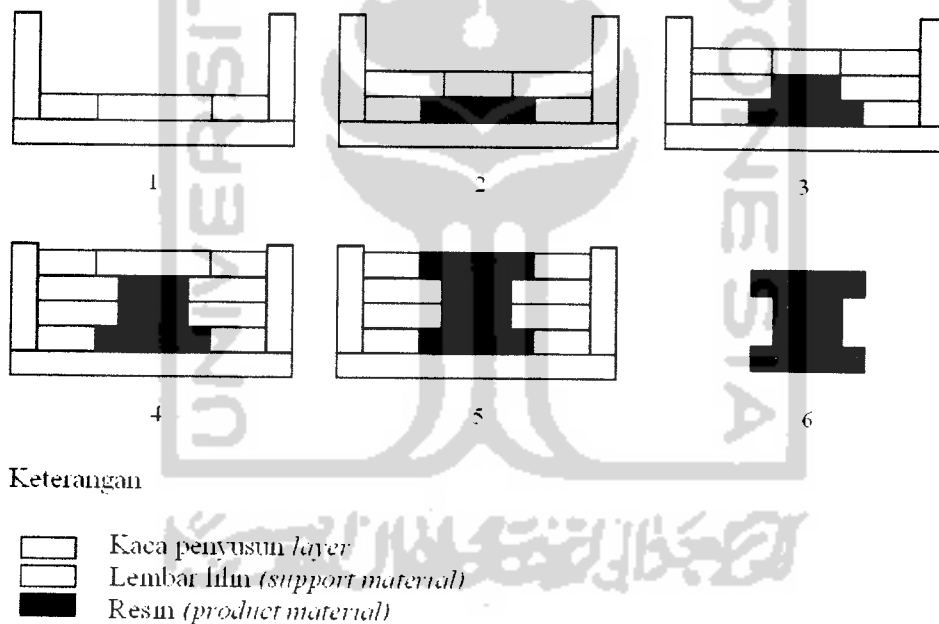
1. Cair pada saat dituang namun dapat membeku dengan cepat tanpa pemanasan.
2. Titik didih lebih tinggi dari pada *support material*.
3. Mempunyai kekuatan yang cukup mempertahankan bentuknya.
4. Memiliki ikatan antar *layer* yang kuat.

Sedangkan persyaratan bahan agar dapat dijadikan *support material* :

1. Dapat membeku dengan cepat tanpa melalui proses pendinginan.
2. Mempunyai titik lebur yang rendah dari pada *product material*-nya.
3. Tidak rapuh dan mempunyai kemampuan mesin yang bagus.

Bahan yang sering dipakai sebagai *support material* adalah lilin, karena memenuhi persyaratan seperti yang tersebut di atas, terutama titik lebur sangat rendah dan cepat membeku setelah dicairkan. Dibandingkan dengan bahan lain, lilin merupakan bahan yang paling bagus untuk dijadikan sebagai *support material*.

Beberapa proses yang harus dilakukan pada metode ini adalah pembuatan lembar lilin sebagai *support material*. Lembar lilin yang sudah mengeras dilubangi sesuai dengan bentuk pola, kemudian disusun pada alat penyusun lembar lilin. *Product material* dituang ke dalam pencetak yang dilalukan per-*layer* sampai pada *layer* terakhir. Setelah *product material* mengeras, lembar lilin dilepas satu persatu atau dipanaskan sampai mencair sehingga akan didapatkan hasil produk seperti bentuk pola yang ada. Alur proses metode ini dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar. 2.8 Metode LDM

2.2 Piala

Selama berabad-abad lamanya piala (*trophy*) sudah dikenal dan digunakan oleh bangsa Romawi kuno. Benda ini merupakan simbol nyata yang diberikan kepada seseorang sebagai bukti penghormatan atau pengakuan atas prestasinya dalam memenangkan suatu pertandingan. Pada mulanya piala biasa dibuat dari emas, perak dan perunggu berbentuk cawan atau mangkuk yang mempunyai nilai fisik dan filosofi yang tinggi. Namun pada masa sekarang piala lebih cenderung menjadi simbol saja sehingga kurang mengedepankan nilai-nilai tersebut. Kelebihan piala pada masa sekarang terletak dari segi bentuk dan variasinya karena nilainya biasa digantikan dengan bayaran berupa uang atau barang berharga lainnya.

Dalam perkembangannya, berbagai bentuk dan model dibuat oleh para produsen untuk menggambarkan esensi piala sesuai dengan kegiatan perlombaan yang dilakukan. Sehingga dalam pembuatannya memerlukan berbagai teknik atau cara mulai dari manual sampai otomatis untuk mendukung pengerjaannya seperti dengan teknik pemahatan (*carving*), permesinan (*machining*), pengecoran (*casting*), dan teknik *rapid prototyping* yang sekarang sedang dikembangkan.

Dari beberapa cara yang ada, teknik pemahatan adalah satu-satunya teknik yang digunakan oleh industri kecil kerajinan piala khususnya di Indonesia. Mereka membuat master produk dengan keahlian tangannya (*craftsmanship*). Secara garis besar metode yang dilakukan pengrajin untuk membuat master produk hiasan piala adalah sebagai berikut:

1. Bentuk hiasan piala disesuaikan dengan pesanan.
2. Apabila bentuk yang diinginkan sudah ada modelnya (misalnya: mainan anak-anak, patung, dsb.) maka langsung dibuat mal cetaknya dengan benda-benda tersebut.
3. Apabila bentuk yang dibuat adalah baru, maka pengrajin membuat gambar disain benda yang akan dijadikan master
4. Benda yang akan dijadikan master diukir/dipahat dan di-*finishing*.
5. Master cetakan yang sudah di-*finishing* diolesi *vaselin* dan diberi *RTV* (silikon cair).

6. Setelah silikon kering, selanjutnya dilepas dari master cetakan.
7. Cetakan silikon yang sudah kering dapat digunakan untuk mencetak banyak produk yang persis dengan masternya.
8. Bahan produk (resin cair) dimasukkan dalam pencetak (silikon) dan ditunggu sampai mengeras.
9. Bahan produk yang sudah mengeras dilepas dari pencetak.
10. Pencetak digunakan lagi untuk membuat produk baru.

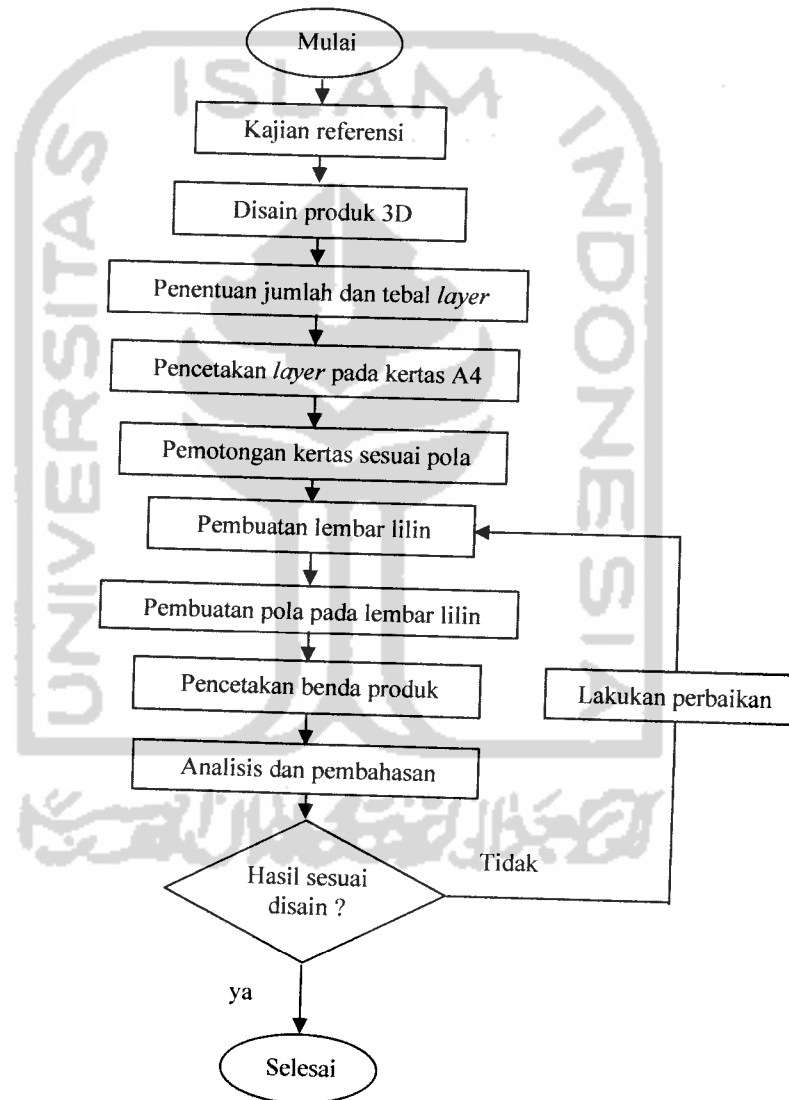


Gambar 2.9 Contoh piala

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

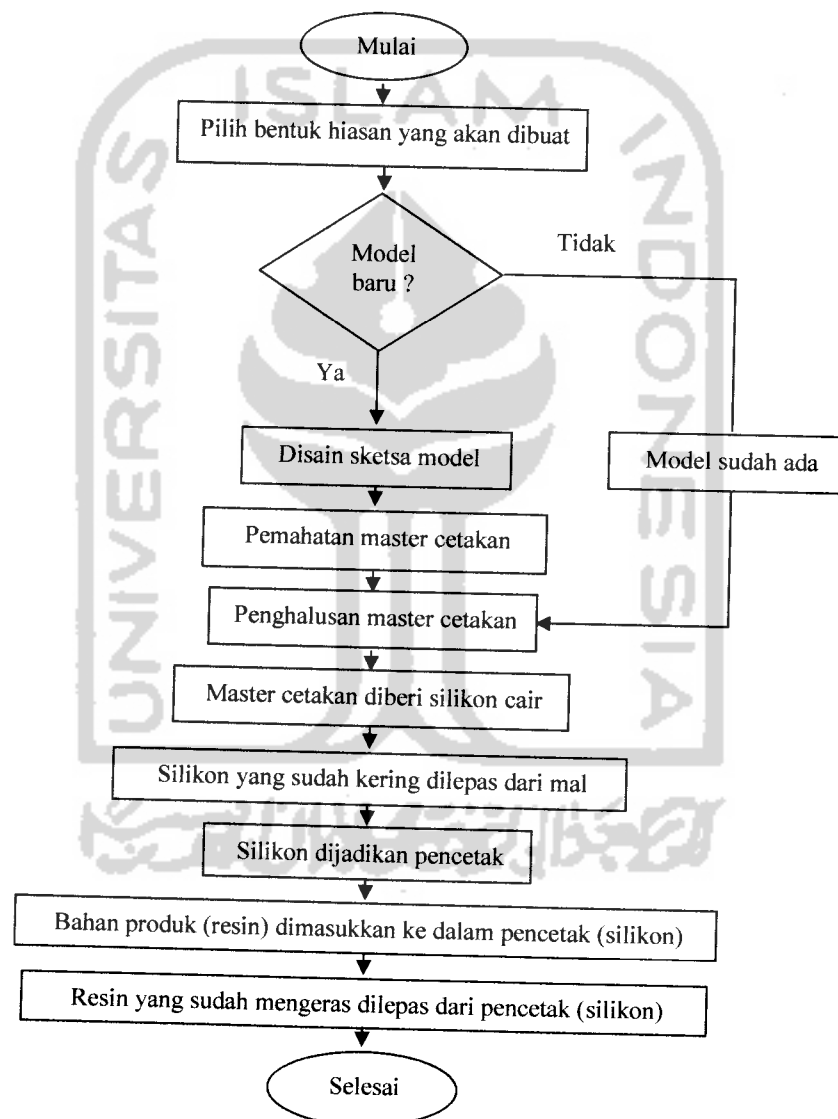
Dalam metode penelitian dilakukan beberapa proses secara garis besar dimulai dari kajian referensi di tempat kerajinan, pembuatan disain produk, pencetakan produk, analisis dan pembahasan. Untuk mempermudah dalam memahami metode penelitian yang dilakukan, dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Flowchart metode penelitian

3.2 Obyek Penelitian

Kajian referensi dilakukan dengan meneliti metode yang digunakan seorang pengrajin (*craftsman*) untuk membuat master cetakan hiasan piala supaya dapat diketahui teknik yang tepat dan multiguna sehingga kekurangan-kekurangan yang ada pada metode *Layer Deposition Manufacturing* dapat diperbaiki. Untuk memudahkan dalam memahami metode kerajinan, dapat dilihat pada *flowchart* pembuatan master cetakan hiasan piala pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 *Flowchart* metode kerajinan tangan

3.3 Waktu dan Tempat

Pelaksanaan penelitian dilakukan mulai bulan Februari 2007 sampai selesai, bertempat di kerajinan piala M.SA. Aziz Ahli Grafir Jl. Mas Suharto 31 Jambu, Yogyakarta dengan mengamati berbagai macam disain hiasan piala dan cara pembuatannya serta membuat benda produk hiasan piala hasil penelitian di Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin UII.

3.4 Bahan dan Alat

Bahan – bahan untuk penelitian secara garis besar terbagi menjadi dua macam, yaitu bahan produk (*product material*) dan pencetak (*support material*).

3.4.1 Bahan Produk :

A. Resin (Resin dan Katalisator)

Digunakan resin bening 155 (jenis biasa) sebanyak $\pm 1,5$ kg dan $\frac{1}{4}$ kg katalis (sebagai pengeras).

B. Gliter (pewarna mengkilap)

Digunakan *gliter* berwarna emas, silver dan magenta untuk membedakan warna *layer* dan memperindah hasil benda produk.

D. Clear (pengkilap)

Digunakan *clear* merk *Nippon Paint* untuk mengkilapkan benda produk

3.4.2 Bahan Pencetak :

▪ Lilin

Lilin yang digunakan adalah lilin putih merk pertamina sebanyak ± 6 kg yang terdiri dari *paraffin* dan *stearin*. Penggunaan lilin sebagai pencetak karena mudah dibentuk dan mudah mencair (titik lebur lebih rendah dari bahan produk).

3.4.3 Alat – alat Yang Digunakan:

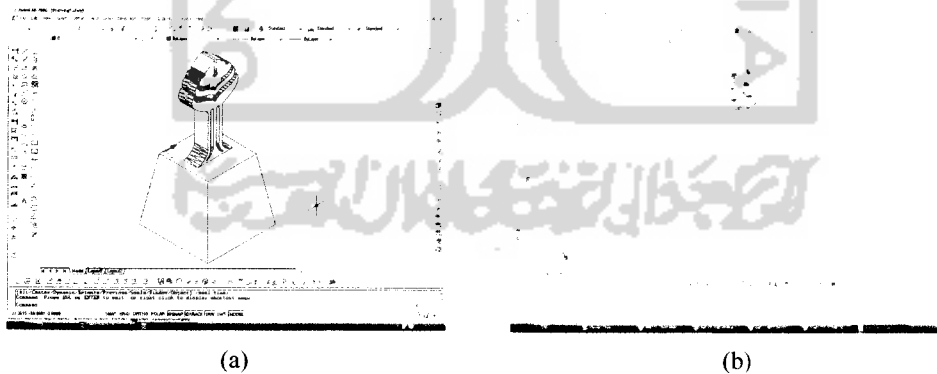
- Kompur api
- Panci / Ceret
- Pisau / *Cutter pen*
- Pencetak lembar lilin
- Papan penyusun lembar lilin

- Kertas mal
- Spidol
- Sarung tangan
- Gelas ukur
- Pipet
- Kuas
- Kikir / Gerinda
- Amplas

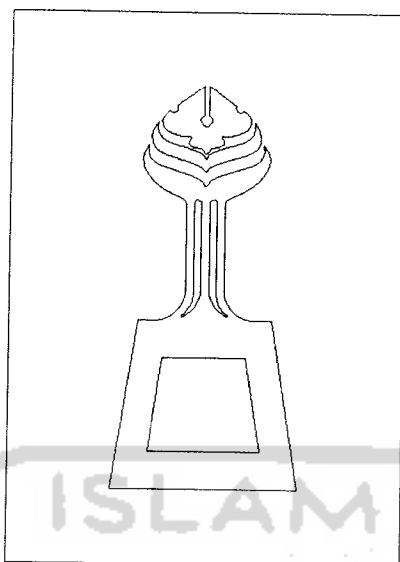
3.5 Prosedur Pelaksanaan

3.5.1 Pembuatan Disain 3 Dimensi

Pembuatan disain gambar piala dilakukan dengan *software* AutoCAD 2006 yang dilakukan dengan cara membuat gambar desain 2 dimensi dudukan dan hiasan secara terpisah kemudian diubah ke bentuk 3 dimensi dan kedua bagian tersebut digabungkan, selanjutnya gambar yang sudah menyatu dipotong secara vertikal menjadi 13 bagian dengan warna yang berbeda pada tiap *layer*, kemudian di-*print out* pada kertas A4 (297 mm x 210 mm) yang agak tebal supaya mudah dijadikan mal.



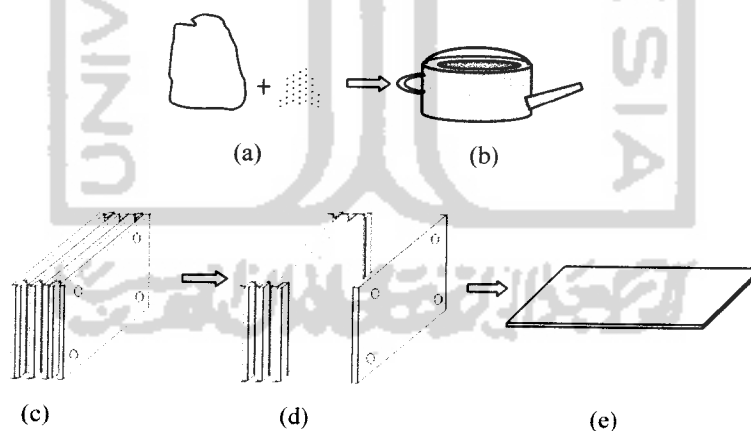
Gambar 3.3 (a) Disain piala 3D. (b) Potongan *layer*



Gambar 3.4 Pencetakan gambar pada kertas A4

3.5.2 Pembuatan Lembar Lilin (Pencetak)

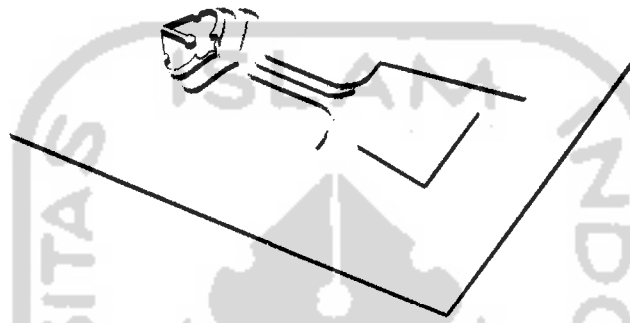
Cara-cara pembuatan lembar lilin dilakukan dengan cara mencampur *paraffin* dan *stearin* kemudian keduanya dipanaskan/direbus sampai mencair, lalu dituang dalam alat pencetak lembar lilin manual sesuai tebal *layer* yang diinginkan. Lembar lilin dilepas dari pencetak setelah lilin dingin dan mengeras.



Gambar 3.5 Skema proses pembuatan lembar lilin
 (a) *Paraffin* + *stearin* dicampur menjadi satu
 (b) Campuran *paraffin* + *stearin* dipanaskan dalam ceret
 (c) Lilin dimasukkan dalam pencetak lembar lilin multi *layer*
 (d) Pencetak lembar lilin dilepas
 (e) Hasil lembar lilin

3.5.3 Pembuatan Pola Pada Lembar Lilin

Lembaran lilin yang sudah jadi, digambar menggunakan spidol atau sejenisnya sesuai gambar pola yang terdapat pada *print out* kertas A4, kemudian dilubangi sesuai bentuk gambarnya dengan menggunakan mesin pemotong pola manual, selanjutnya hasil potongan dihaluskan dengan pisau (*cutter pen*).



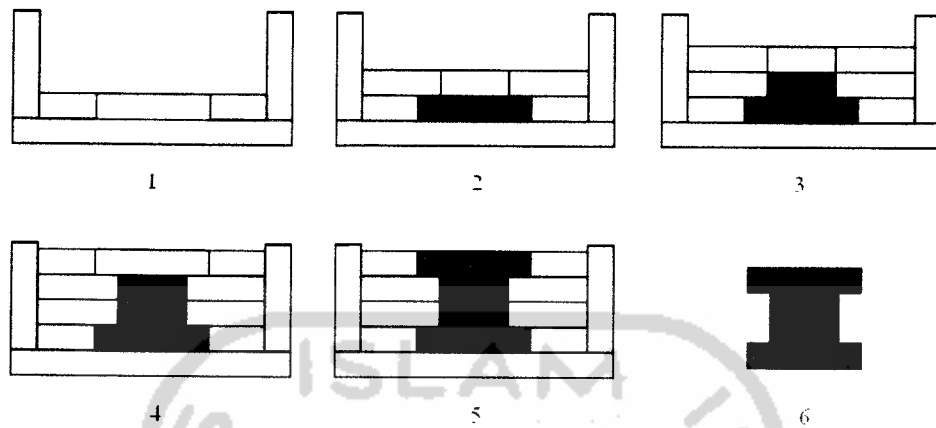
Gambar 3.6 Lembar lilin yang dilubangi sesuai bentuk pola

3.5.4 Pencetakan Benda Produk




Proses pencetakan master produk hiasan piala dilakukan dengan cara yang sangat sederhana sebagai berikut:

1. Pencetak (*support material*) diletakkan pada papan penyusun *layer* yang kedatarannya terjaga.
2. Bahan produk (resin) dimasukkan ke dalam *layer* pencetak hingga penuh kemudian *layer* berikutnya disusun di atasnya dan ditunggu sampai bahan produk mengeras.
3. *Layer* pencetak diisi lagi dengan bahan produk hingga penuh kemudian *layer* berikutnya disusun di atasnya dan ditunggu sampai bahan produk mengeras.
4. Selanjutnya proses yang sama dilakukan sampai *layer* yang terakhir.
5. Setelah bahan produk mengeras semua, lembar lilin dilepas satu per satu atau dipanaskan sampai meleleh sehingga diperoleh hasil produk kasar.

6. Benda produk yang masih kasar diratakan/dihaluskan untuk dijadikan master cetakan.



Keterangan

-  Kaca penyusun layer
-  Lembar lilin (*support material*)
-  Resin (*product material*)

Gambar 3.7 Prinsip proses pencetakan benda produk dengan metode *LDM*
 (1-5) Proses pencetakan produk
 (6) Hasil produk

Gambar 3.8 Pencetakan benda produk pada lembar lilin

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dalam pembuatan sebuah produk pada penelitian ini, maka perlu diperhatikan prosedur pelaksanaan mulai dari persiapan sebelum pembuatan produk, saat pembuatan dan setelah pembuatan, hal ini dilakukan untuk mengetahui kajian temuan yang akan mendukung terlaksananya penelitian dengan sebaik mungkin sehingga metode kerajinan tangan dan *LDM* dapat dibandingkan.

4.1 Pembuatan Benda Produk Dengan Metode Kerajinan Tangan

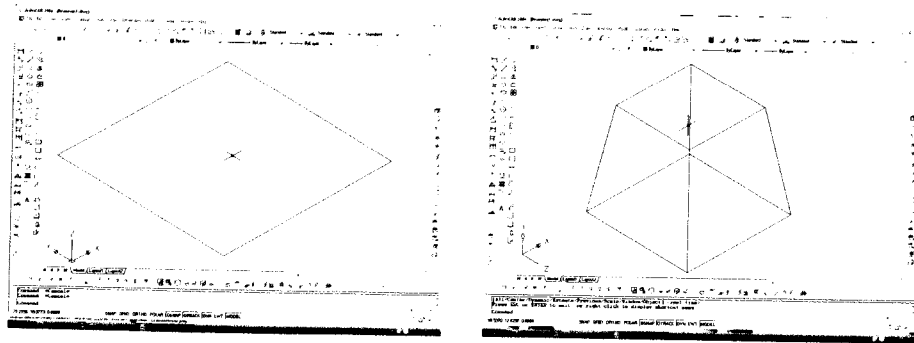
Metode yang digunakan oleh pengrajin untuk membuat master cetakan hiasan piala adalah dilakukan dengan keahlian seni pahatan/ukiran (*carvering*) dengan melakukan pengurangan benda kerja (*subtractive*) sehingga pada titik terakhir akan diperoleh bentuk benda kerja yang sesuai dengan disain jiwa seninya (*artistic instinct*).

4.2 Tahapan Pembuatan Benda Produk Dengan Metode *LDM*

4.2.1 Pembuatan Disain 3 Dimensi

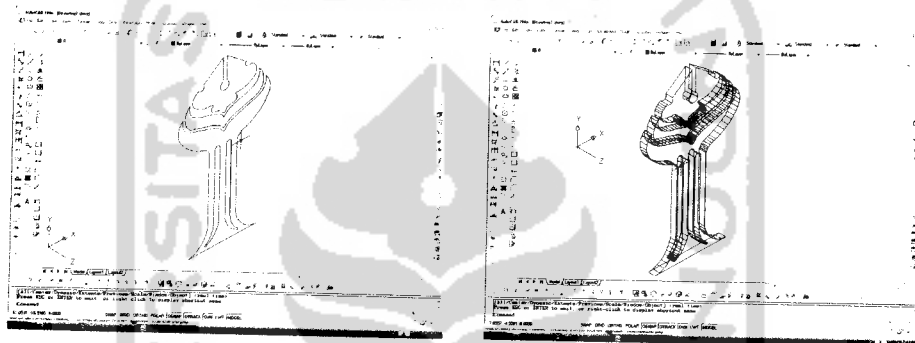
Pembuatan disain gambar piala dilakukan dengan *software* AutoCAD 2006. Ukuran piala tidak ada ketentuannya namun harus proporsional menurut kebiasaan yang ada pada industri piala. Proses pembuatan disain dilakukan dengan cara yang sederhana sebagai berikut:

1. Membuat disain gambar dudukan 2D dengan ukuran proporsional sesuai dengan dudukan piala pada umumnya ($p= 100\text{ mm}$, $l= 100\text{ mm}$, $t= 90\text{ mm}$)
2. Membuat gambar hiasan 2D dengan ukuran proporsional sesuai dudukannya.
3. Mengubah gambar 2D ke dalam 3D dengan cara meng-*Extrude*, kemudian dudukan dan hiasan piala digabung.



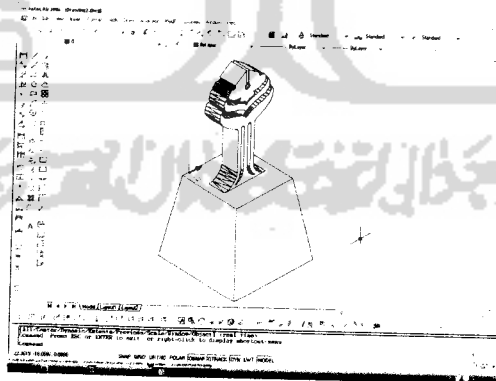
(a) Dudukan piala 2D

(b) Dudukan piala 3D

Gambar 4.1 Pembuatan disain dudukan

(a) Hiasan piala 2D

(b) Hiasan piala 3D

Gambar 4.2 Pembuatan disain hiasan**Gambar 4.3** Dudukan dan hiasan piala setelah digabung

4. Memotong gambar sesuai *layer* yang diinginkan (13 *layer*) dengan posisi vertikal untuk memperoleh kemudahan pencetakan benda produk. (Gambar 4.4)
5. Memberi warna yang berbeda pada tiap *layer*.
6. Mencetak *layer* pada kertas ukuran A4 100 gram, kertas dipilih yang tebal supaya mudah digunakan dalam pembuatan pola pada lembar lilin.

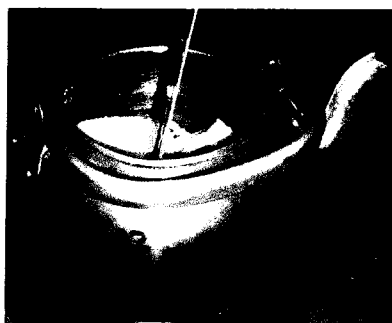


Gambar 4.4 Potongan gambar per-*layer*

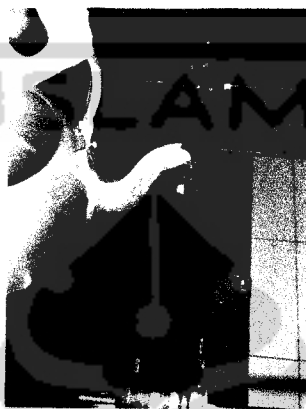
4.2.2 Pembuatan Lembar Lilin (Pencetak)

Cara-cara pembuatan lembar lilin adalah sebagai berikut:

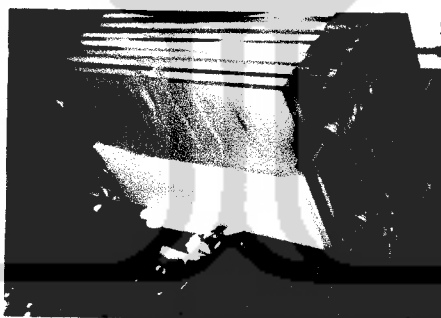
1. Bahan lilin (campuran *paraffin* + *stearin*) dicampur menjadi satu dalam ceret dengan perbandingan 3 : 1.
2. Bahan lilin dipanaskan dengan kompor api sampai mencair kemudian diturunkan sampai suhu tertentu (dikira-kira supaya kaca pencetak tidak retak) seperti gambar 4.5.
3. Lilin cair dituang dalam alat pencetak lembar lilin sesuai tebal *layer* yang diinginkan (Gambar 4.6).
4. Lilin didinginkan sampai mengeras selama \pm 6 jam (Gambar 4.7).
5. Lembaran lilin dilepas dari tempat cetakan.



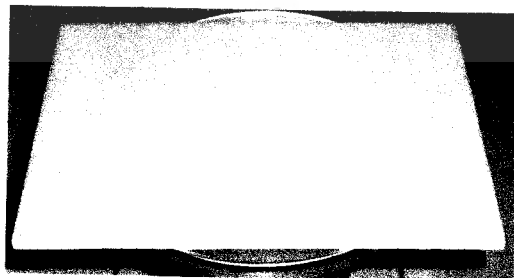
Gambar 4.5 Perebusan lilin (*paraffin + stearin*)



Gambar 4.6 Penuangan lilin ke dalam pencetak lembar lilin



Gambar 4.7 Pendinginan lembar lilin



Gambar 4.8 Lembar lilin hasil cetak

4.2.3 Pembuatan Pola Pada Lilin

Langkah-langkah pembuatan pola pada lembar lilin:

1. Gambar disain dicetak pada kertas A4 100 gram (tebal).
2. Hasil gambar digunting sesuai bentuk pola untuk dijadikan mal.



Gambar 4.9 Mal Kertas

3. Mal kertas dijadikan master untuk membuat pola pada lilin dengan spidol.
4. Pola yang sudah tergambar pada lilin dipotong dengan mesin pemotong pola (Gambar 4.10).



Gambar 4.10 Pemotongan pola dengan mesin pemotong pola

5. Pola yang sudah terbentuk dengan mesin pembuat pola dihaluskan dengan *cutter pen*. (Gambar 4.11).



Gambar 4.11 Penghalusan pola dengan *cutter pen*

4.2.4 Pencetakan Master Produk Hiasan Piala

Proses pencetakan master produk hiasan piala dilakukan seperti berikut:

1. Pencetak (*support material*) *layer* 13 (lembar lilin tebal 5 mm) diletakkan pada papan penyusun *layer*, kemudian pencetak *layer* 12 disusun di atasnya. (Gambar 4.12).



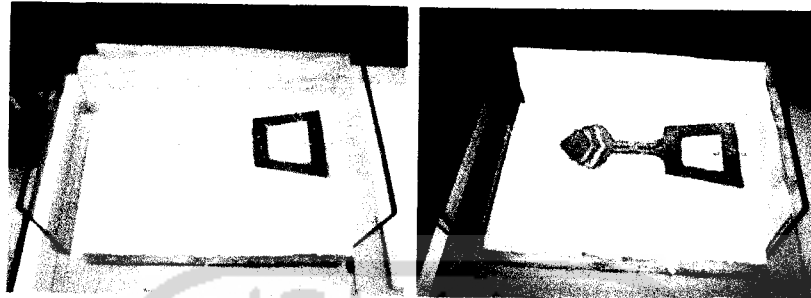
Gambar 4.12 Penyusunan *layer* 13 dan 12

2. Bahan produk (resin berwarna magenta) dituang pada pencetak *layer* 13 sampai penuh dan ditunggu hingga bahan produk mengeras.
3. Pencetak *layer* 11 (lilin tebal 5 mm) disusun di atas pencetak *layer* 12, kemudian bahan produk dituang ke dalam pencetak *layer* 12 dan ditunggu hingga mengeras.
4. Pencetak *layer* 10 (lilin tebal 5 mm) disusun di atas pencetak *layer* 11, kemudian bahan produk dituang ke dalam pencetak *layer* 11 dan ditunggu hingga mengeras.
5. Pencetak *layer* 9 (lilin tebal 20 mm) disusun di atas pencetak *layer* 10, kemudian bahan produk dituang ke dalam pencetak *layer* 10 dan ditunggu hingga mengeras.
6. Pencetak *layer* 8 (lilin tebal 5 mm) disusun di atas pencetak *layer* 9, kemudian bahan produk (resin berwarna emas) dituang ke dalam pencetak *layer* 9 dan ditunggu hingga mengeras (Gambar 4.13).



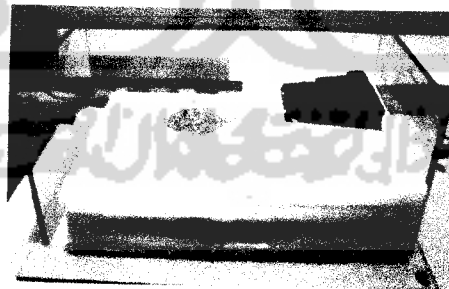
Gambar 4.13 Penuangan bahan produk pada *layer* 10 dan 9

7. Pencetak *layer 7* (lilin tebal 10 mm) disusun di atas pencetak *layer 8*, kemudian bahan produk (resin berwarna silver) dituang ke dalam pencetak *layer 8* dan ditunggu hingga mengeras (Gambar 4.14).



Gambar 4.14 Penuangan bahan produk pada *layer 9* dan 8

8. Pencetak *layer 6* (lilin tebal 5 mm) disusun di atas pencetak *layer 7*, kemudian bahan produk (resin berwarna emas) dituang ke dalam pencetak *layer 7* dan ditunggu hingga mengeras.
9. Selanjutnya proses yang sama dilakukan sampai *layer 1* (*layer* terakhir).
10. Setelah bahan produk mengeras, lembar lilin dilepas satu per satu seperti gambar 4.15 atau dipanaskan sampai meleleh sehingga diperoleh hasil produk kasar seperti pada gambar 4.16.
11. Benda produk dihaluskan (*di-finishing*) untuk dijadikan master cetakan (Gambar 4.17).



Gambar 4.15 Pelepasan lembar lilin



Gambar 4.16 Benda produk sebelum di-*finishing*

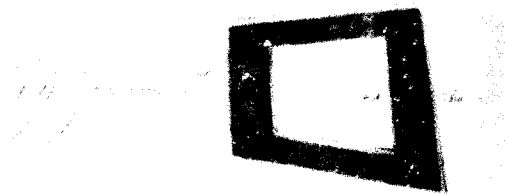


Gambar 4.17 Benda produk setelah di-*finishing*

4.3 Kajian Temuan Pada Proses Pembuatan Benda Produk

4.3.1 Pembuatan Lilin

Lilin yang sudah dicetak biasanya mengalami penyusutan sehingga ketebalan dan lebar *layer* berkurang sampai beberapa milimeter. Untuk mengatasi hal tersebut perlu penambahan lilin cair setiap terjadi penyusutan sampai batas penyusutan habis. Hal ini akan menambah lama proses pendinginan dari waktu yang semestinya.



Gambar 4.18 Contoh penuangan bahan produk pada *layer* 9 dengan menyusun *layer* 8 di atasnya

4.4 Kelebihan Dan Kekurangan Antara Metode Kerajinan Tangan Dan LDM

4.4.1 Metode Kerajinan Tangan

A. Kelebihan :

- Waktu pengerjaan relatif lebih cepat.
- Alat yang digunakan lebih sederhana.
- Bahan yang digunakan sangat bervariasi.
- Biaya yang digunakan relatif murah.

B. Kekurangan :

- Membutuhkan keahlian khusus dalam bidang seni.
- Tidak dapat menghasilkan benda produk secara langsung.
- Ukuran kurang proporsional.

4.4.2 Metode LDM

A. Kelebihan :

- Dapat mengerjakan bentuk-bentuk rumit yang letaknya di bagian dalam maupun luar.
- Dapat menghasilkan benda produk secara langsung.
- Ukuran lebih proporsional.

B. Kekurangan :

- Waktu pengerjaan lebih lama.
- Memerlukan berbagai macam peralatan pendukung.
- Biaya yang digunakan relatif lebih mahal.



Gambar 4.16 Benda produk sebelum di-*finishing*



Gambar 4.17 Benda produk setelah di-*finishing*

4.3 Kajian Temuan Pada Proses Pembuatan Benda Produk

4.3.1 Pembuatan Lilin

Lilin yang sudah dicetak biasanya mengalami penyusutan sehingga ketebalan dan lebar *layer* berkurang sampai beberapa milimeter. Untuk mengatasi hal tersebut perlu penambahan lilin cair setiap terjadi penyusutan sampai batas penyusutan habis. Hal ini akan menambah lama proses pendinginan dari waktu yang semestinya.

4.3.2 Pembuatan Pola Pada Lilin

Dalam pembuatan pola pada lembar lilin perlu diperhatikan hal-hal yang berkaitan dengannya, pertama dari segi bahan lilin, kedua dari alat yang digunakan untuk pemotongan, ketiga dari segi pemakai. Campuran *paraffin* dan *stearin* yang tidak pas akan menyebabkan getas atau rapuh sehingga pada saat pemotongan pola akan terjadi kesulitan. Sedangkan peralatan potong yang tidak bagus juga menyebabkan hasil potongan tidak halus. Pemakai alat yang kurang mahir juga menyebabkan masalah yang sangat serius pada saat pemotongan.

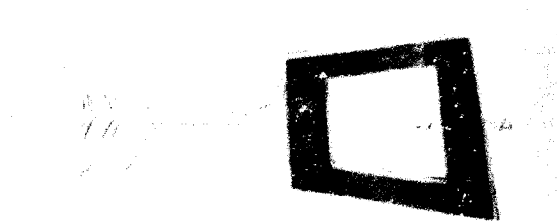
4.3.3 Penuangan Bahan Produk Resin

Bahan resin merupakan material produk yang sangat keras dan tidak mudah pecah, mudah dituang karena cair dan memenuhi ruang sehingga sangat cocok sebagai bahan produk dalam metode *LDM*, namun perlu memperhatikan hal-hal berikut :

- a. Campuran resin dan katalis harus tepat supaya cocok digunakan untuk bahan pengisi (*filler*) dengan pencetak (*support material*) dari bahan lilin.
- b. Campuran katalis yang terlalu sedikit menyebabkan resin terlalu lama proses pengerasannya, sedangkan campuran katalis yang terlalu banyak akan menyebabkan lilin ikut meleleh walaupun resin sangat cepat proses pengerasannya.
- c. Resin cair mudah merembes saat dituang pada pencetak melalui celah antara pencetak *layer* satu dengan pencetak *layer* yang lain.

Dari pengalaman penelitian di atas maka dapat diketahui berbagai cara untuk mengatasi kendala-kendala tersebut sebagai berikut:

- a. Campuran standar untuk bahan produk (resin) supaya lilin tidak ikut meleleh dan resin tidak terlalu lama mengeras adalah perbandingan resin dan katalis = 100 ml : 1 ml.
- b. Sebelum bahan produk dituang pada pencetak *layer* pertama, maka pencetak *layer* berikutnya harus disusun di atasnya supaya celah antar *layer* tertutup oleh cairan resin pada saat pengerasan resin untuk menghindari cairan yang merembes. Lihat contoh penuangan resin pada gambar 4.18.



Gambar 4.18 Contoh penuangan bahan produk pada *layer* 9 dengan menyusun *layer* 8 di atasnya

4.4 Kelebihan Dan Kekurangan Antara Metode Kerajinan Tangan Dan *LDM*

4.4.1 Metode Kerajinan Tangan

A. Kelebihan :

- Waktu pengerjaan relatif lebih cepat.
- Alat yang digunakan lebih sederhana.
- Bahan yang digunakan sangat bervariasi.
- Biaya yang digunakan relatif murah.

B. Kekurangan :

- Membutuhkan keahlian khusus dalam bidang seni.
- Tidak dapat menghasilkan benda produk secara langsung.
- Ukuran kurang proporsional.

4.4.2 Metode *LDM*

A. Kelebihan :

- Dapat mengerjakan bentuk-bentuk rumit yang letaknya di bagian dalam maupun luar.
- Dapat menghasilkan benda produk secara langsung.
- Ukuran lebih proporsional.

B. Kekurangan :

- Waktu pengerjaan lebih lama.
- Memerlukan berbagai macam peralatan pendukung.
- Biaya yang digunakan relatif lebih mahal.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Sejauh ini teknik *Rapid Prototyping* dengan metode yang dilakukan secara manual pada penelitian ini masih menemui beberapa kendala terutama pada masalah kepresisian sehingga dalam berbagai hal masih didominasi oleh perasaan seni (*artistic instinct*). Namun bagi orang yang tidak mempunyai jiwa seni, teknik *LDM* cukup solutif dan lebih mudah dikerjakan dibandingkan dengan teknik kerajinan tangan. Sehingga teknik ini mampu menjadi alternatif lain dalam mengembangkan berbagai produk kerajinan tangan (*handicraft*) terutama pada industri piala karena selama bertahun-tahun hanya ada satu teknik saja yang digunakan yaitu keahlian tangan pengrajin (*craftsmanship*) dengan teknik pemahatan (*carvering*).

Dengan demikian diharapkan dengan teknik *LDM* ini, industri kecil (*home industri*) dapat mengembangkan sendiri lebih jauh sehingga teknik ini dapat menjadi teknologi tepat guna yang solutif dimasa yang akan datang dengan menambah atau memperbaiki kekurangan-kekurangan yang ada saat ini.

5.2 Saran

1. Perlu peralatan pendukung yang dapat menjaga kepresisian ukuran untuk metode *LDM* secara manual dalam pembuatan lembar lilin maupun pola.
2. Kecepatan dalam pembuatan lembar lilin (pencetak) dan pembuatan pola sangat menentukan waktu proses *LDM*.
3. Kekuatan dan keuletan lilin harus diteliti lebih lanjut supaya tidak mudah patah sehingga memudahkan dalam pembuatan pola.

DAFTAR PUSTAKA

- Definition of trophy by the Free Online Dictionary, Thesaurus and Encyclopedia.htm <http://www.thefreedictionary.com/trophy2003>. (Accessed 5/15/07)
- Griffith, M. dan John, S., 1998, *Rapid Prototyping Technologies*. <http://www.me.psu.edu/lamancusa/me415/rpintro2.pdf>. (Accessed 4/20/2006).
- Groover, P.M, 2001, *Fundamentals of Modern Manufacturing*. John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Izzudin, 2007. *Layer Manufacturing Dengan Metoda Layer Deposition Manufacturing*. Skripsi, tidak diterbitkan. Yogyakarta: Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknologi Industri. Universitas Islam Indonesia.
- Jhonsen, 2003. *Aplikasi AutoCad 2002 untuk Teknik Mesin*. Jakarta. PT Elex Media Komputindo.
- Mc. Mains, S.A., 1998, *Rapid Prototyping of Solid Three-Dimensional Parts*, Department of Electrical Engineering and Computer Science University of California, Berkeley.
- Prinz, FB., 1994, *Novel Applications and Implementations of Shape Deposition Manufacturing*, <http://www.es.cmu.edu/~sdm/opener.htm>. (Accessed 02/20/2007)
- Pusat Pembinaan dan Pengembangan Bahasa, 1999. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Balai Pustaka. Jakarta.
- Riyanto, Agus., 2007. *Perancangan Dan Pembuatan Alat Cetak Lembaran Lilin Untuk Bahan Pola Pada Proses Layer Deposition Manufacturing*. Skripsi, tidak diterbitkan. Yogyakarta: Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknologi Industri. Universitas Islam Indonesia.
- Weiss, L.E., 1997, *Panel Report on Rapid Prototyping in Europe and Japan*, <http://itri.loyola.edu/rp/02.htm>. (Accessed 08/09/2006)

Lampiran 1

DAFTAR PERALATAN YANG DIGUNAKAN

No.	Nama Barang	Banyaknya	Harga	Keterangan
1	Kompore api	1 buah	Rp 25,000.00	Perebus lilin
2	Panci / ceret	1 buah	Rp 15,000.00	Pencampur bahan lilin
3	Kaca pencetak lembar lilin	1 set	Rp 75,000.00	Pencetak lilin
4	Kaca penyusun	1 buah	Rp 22,000.00	Penyusun layer
5	Pipet plastic brand	1 buah	Rp 1,000.00	Pengukur katalis
6	Gelas ukur	1 buah	Rp 11,000.00	Pengukur resin
7	Kikir mini	1 set	Rp 21,500.00	Penghalusan produk
8	Amplas 1000	1 lembar	Rp 2,000.00	Penghalusan produk
9	Amplas 60	1 lembar	Rp 1,500.00	Penghalusan produk
10	Kertas A4 tebal	2 lembar	Rp 1,000.00	Sebagai mal
11	Mini drill	1 set	Rp 35,000.00	Pemotong pola
12	Cutter pen (pisau)	1 set	Rp 20,000.00	Penghalus pola
	Jumlah		Rp 230,000.00*)	

*) Jumlah harga tergantung merk dan banyaknya kebutuhan

DAFTAR HARGA BAHAN PRODUK

No.	Nama Barang	Banyaknya	Harga Satuan	Keterangan
1	Paraffin*)	1 kg	Rp 13,000.00	Bahan lilin
2	Stearin*)	1 kg	Rp 14,000.00	Campuran lilin
3	Resin	1 kg	Rp 21,000.00	Bahan produk
4	Katalis	1 gr	Rp 50.00	Pengeras resin
5	Gliter	1 botol	Rp 3,000.00	Pewarna
6	Spray paint (clear)	1 botol	Rp 18,000.00	Pengkilap
7	(RTV) Silikon cair + katalis**)	1 liter	Rp 135,000.00	Pencetak produk

*) Hanya digunakan untuk pembuatan satu master produk dan bisa didaur ulang

***) Hanya digunakan apabila mencetak produk lebih dari satu

JUMLAH BAHAN YANG DIGUNAKAN UNTUK SATU MASTER PRODUK

No.	Nama Barang	Banyaknya	Harga Satuan	Harga Total	Keterangan
1	Paraffin	5 kg	Rp 13,000.00	Rp 65,000.00	Bahan lilin
2	Stearin	1.6 kg	Rp 13,000.00	Rp 20,800.00	Campuran lilin
3	Resin	1 kg	Rp 21,000.00	Rp 21,500.00	Bahan produk
4	Katalis	20 gr	Rp 50.00	Rp 1,000.00	Pengeras resin
5	Gliter	1.5 botol	Rp 3,000.00	Rp 4,500.00	Pewarna
6	Spray paint (clear)	0.16 botol	Rp 18,000.00	Rp 2,880.00	Pengkilap
	Jumlah			Rp 115,680.00*)	

*) Jumlah harga tergantung banyaknya bahan yang dibutuhkan

PERKIRAAN BIAYA UNTUK PRODUKSI MASAL

Produk	Peralatan	Pencetak	Bahan produk	Jumlah	Harga satuan
1	Rp 230,000.00	Rp 85,000.00*)	Rp 25,000.00	Rp 340,000.00	Rp 340,000.00
2	Rp 340,000.00	Rp 135,000.00**)	Rp 20,000.00	Rp 495,000.00	Rp 247,500.00
3	Rp 495,000.00		Rp 20,000.00	Rp 515,000.00	Rp 171,666.67
4	Rp 495,000.00		Rp 40,000.00	Rp 535,000.00	Rp 133,750.00
5	Rp 495,000.00		Rp 60,000.00	Rp 555,000.00	Rp 111,000.00
6	Rp 495,000.00		Rp 80,000.00	Rp 575,000.00	Rp 95,833.33
7	Rp 495,000.00		Rp 100,000.00	Rp 595,000.00	Rp 85,000.00
8	Rp 495,000.00		Rp 120,000.00	Rp 615,000.00	Rp 76,875.00
9	Rp 495,000.00		Rp 140,000.00	Rp 635,000.00	Rp 70,555.56
10	Rp 495,000.00		Rp 160,000.00	Rp 655,000.00	Rp 65,500.00
20	Rp 495,000.00		Rp 360,000.00	Rp 855,000.00	Rp 42,750.00
40	Rp 495,000.00		Rp 760,000.00	Rp 1,255,000.00	Rp 31,375.00
60	Rp 495,000.00		Rp 1,160,000.00	Rp 1,655,000.00	Rp 27,583.33
80	Rp 495,000.00		Rp 1,560,000.00	Rp 2,055,000.00	Rp 25,687.50
100	Rp 495,000.00		Rp 1,960,000.00	Rp 2,455,000.00	Rp 24,550.00

*) Pencetak master piala terbuat dari lilin

***) Pencetak second master piala terbuat dari silikon

DAFTAR HARGA PIALA DI INDUSTRI KERAJINAN

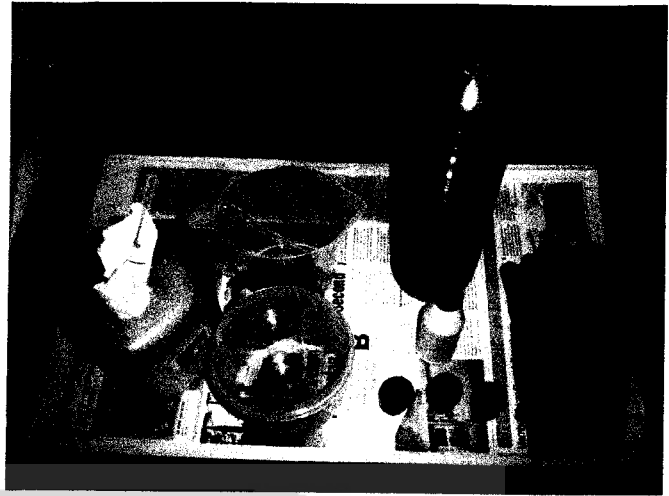
No.	Nama Barang	Tinggi	Harga/PC	Keterangan
1	K-4	180 cm	Rp 540,000.00	Jenis piala (K-4, K-2b, K-2s) dari bahan plastik buatan pabrik, kerajinan piala hanya merangkai dan memberi tulisan
		170 cm	Rp 500,000.00	
		160 cm	Rp 470,000.00	
		150 cm	Rp 420,000.00	
		140 cm	Rp 390,000.00	
		130 cm	Rp 340,000.00	
		120 cm	Rp 310,000.00	
		110 cm	Rp 290,000.00	
		100 cm	Rp 270,000.00	
		2	K-2b	
90 cm	Rp 200,000.00			
80 cm	Rp 165,000.00			
70 cm	Rp 145,000.00			
60 cm	Rp 125,000.00			
3	K-2s	80 cm	Rp 150,000.00	
		70 cm	Rp 130,000.00	
		60 cm	Rp 110,000.00	
		50 cm	Rp 95,000.00	
No.	Nama Barang	Banyaknya	Harga	Keterangan
4	Piala dari bahan resin	1 buah	≤ Rp 25,000.00*)	Disain baru dikenai biaya silikon

*) Harga sesuai banyaknya bahan yang dibutuhkan

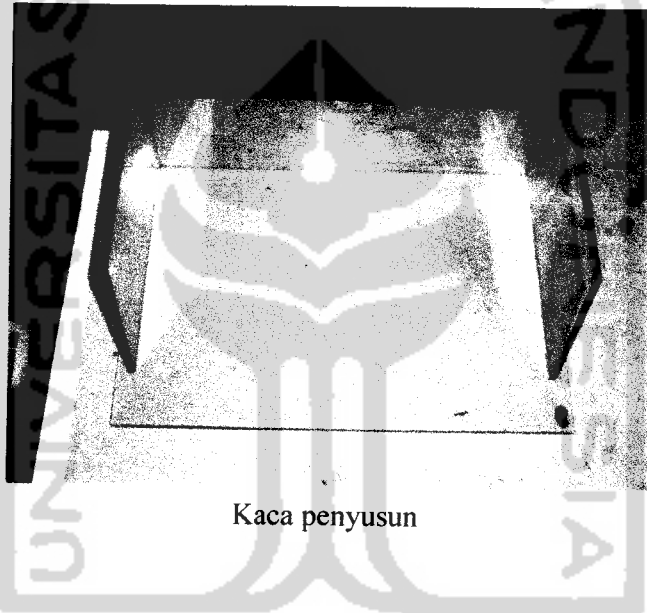
Lampiran 2



Resin



Peralatan bantu



Kaca penyusun



Piala



Piala tampak atas



JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Sekretariat: Gd Fakultas Teknologi Industri UII Kampus Terpadu Lantai II Sayap Timur Jalan Kaliurang Km 14,4 Sleman 55001
Telp. 0274-895287 ext 147 Fax. 0274-895007 ext 148 Hunting 0274-7498015

KARTU KONSULTASI TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Agus Salim Purnomo
No. Mahasiswa : 01 525 031
Pembimbing : M. Ridwan, ST., MT.

BULAN	MINGGU	KEGIATAN	HASIL	ANALISIS	RENCANA (PERBAIKAN)	PARAF