

**TUGAS AKHIR**

**APLIKASI LAYER DEPOSITION MANUFACTURING  
DALAM PEMBUATAN MASTER CETAKAN SUDU POMPA AIR  
SENTRIFUGAL UNTUK PROSES COR ALUMINIUM**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri**



**Oleh :**

**Nama : Agus Sunaryo**

**NIM : 00.525.075**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2007**

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**

**APLIKASI LAYER DEPOSITION MANUFACTURING  
DALAM PEMBUATAN MASTER CETAKAN SUDU POMPA AIR  
SENTRIFUGAL UNTUK PROSES COR ALUMINIUM**

**TUGAS AKHIR**

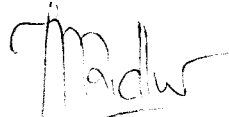
**Oleh :**

Nama : Agus Sunaryo

NIM : 00.525.075

Yogyakarta, November 2007

**Pembimbing**



**(Muhammad Ridlwan, ST., MT.)**

**Disetujui, November 2007**

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI**

**APLIKASI LAYER DEPOSITION MANUFACTURING  
DALAM PEMBUATAN MASTER CETAKAN SUDU POMPA  
AIR SENTRIFUGAL UNTUK PROSES COR ALUMINIUM**

**TUGAS AKHIR**

Oleh:

Nama : Agus Sunaryo

No. Mahasiswa : 00 525 075

NIRM :

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


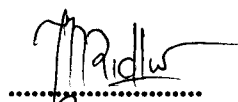
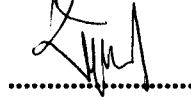
Yogyakarta, November 2007

Tim Penguji

**Ir. H. Hudaya, MM.  
Ketua**

**Muhammad Ridwan, ST., MT.  
Anggota I**

**Yustiasih Purwaningrum, ST., MT.  
Anggota II**

  
.....  
  
.....  
  
.....

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin  
Universitas Islam Indonesia

  
**Muhammad Ridwan, ST., MT.**



## HALAMAN PERSEMBAHAN

" HIDUP BAGAIKAN MERENDA HATI  
MENATA KEINGINAN , MENYUSUN NIAT DAN HASRAT

KADANG INDAH.....

KADANG SAKIT.....

DEMIKIANLAH KEKUATAN SEBUAH HARAPAN  
KARENA BAGI ALLAH SWT SEGALANYA MUNGKIN TERJADI "



*Kupersembahkan karya kecil ini teruntuk:*

- ♥ *Ayahanda Siswo Atmodjo dan Ibunda Sundari tercinta, atas dukungan, kasih sayang yang luar biasa serta yang tiada henti berdo'a untukku*
- ♥ *Kedua kakakku Mas Edi dan Mbak Indah, atas semangat dan perhatiannya serta kasih sayang dan cintanya selama ini*
- ♥ *Adikku Agung, smoga apa yang kamu cita-citakan bisa tercapai*
- ♥ *Seseorang yang menjadi pendampingku kelak,*
- ♥ *Seluruh nenek moyangku, saudaraku dan sahabat-sahabatku*

## MOTTO

Untuk langkah besar yang coba kau lakukan  
Tetaplah untuk mematuhi hal-hal yang tak ditakdirkan untuk kau lakukan  
Karna kamu akan mengerti.....  
Bahwa kekuatanmu adalah hasil kelemahanmu  
Kesuksesanmu adalah akibat kegagalanmu  
Dan gayamu langsung berkaitan dengan keterbatasanmu  
Berbahagialah dalam perjalananmu. Barangkali perjalanan itu akan sulit  
Tutuplah pintu masa lalu, dan pandanglah hari ini  
Sebab hari ini adalah hidup, hidup yang benar-benar hidup  
Dimana terletak semua kebahagiaan, kemuliaan perbuatanmu, dan kemegahan karyamu  
Kemarin hanyalah mimpi dan besok hanyalah bayangan  
Tapi hari ini sungguh ada, dan membuat hari kemarin jadi mimpi bahagia  
Jadikanlah hari esok sebagai bayangan yang berpengharapan  
Karena Allah SWT akan membuat segala sesuatunya indah pada waktunya  
dan bukan hanya sebuah impian melainkan kenyataan yang besar  
Intipan kehidupan yang lebih tinggi, kemungkinan kemanusiaan  
yang lebih luas yang dianugerahkan Allah SWT kepadamu  
ditengah-tengah kebimbangan dan keputusasaanmu dalam mempelajari makna hidup  
Belajarlah untuk membangun semua jalanmu mulai hari ini  
Maka kau akan tahu.....!!!  
Bahwa kau sungguh-sungguh dapat memikul beban,  
Bahwa kau benar-benar kuat..... Dan benar-benar berharga.....

## KATA PENGANTAR



Sekiranya tidak ada lagi kata yang paling tepat diucapkan, selain *Alhamdulillah* dan sujud syukur hanya kepada Allah SWT atas segala anugerah dan kekuatan yang telah diberikan kepada penulis, sehingga penulis mampu menyelesaikan seluruh proses penulisan Tugas Akhir ini.

Semua proses yang telah dilakukan tersebut akhirnya bermuara pada suatu tujuan penulisan Tugas Akhir. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat kelulusan pada jenjang pendidikan S1 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Banyak tenaga dan waktu yang telah tercurah dalam proses penulisan Tugas Akhir ini, yang tanpa didasari oleh penulis telah terulur dengan tulus dari berbagai pihak, selain dari penulis sendiri. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati penulis ingin menguntai kata terima kasih kepada seluruh pihak yang dengan tulus ikut membantu dan terutama ingin penulis sampaikan kepada :

1. Keluarga di Ngawi serta kedua kakakku mas Edi dan mbak Indah dan juga adikku Agung yang selalu mendo'akan penulis dan tidak pernah lupa untuk memberikan dukungan baik moril maupun materil.
2. Bapak Muhammad Ridwan, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia sekaligus Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis dalam keseluruhan penulisan Tugas Akhir ini.
3. Seluruh Dosen Pengajar, seluruh Staf Pengajaran dan Pustakawan Fakultas maupun Pusat yang telah dengan sabar membantu semua keperluan penulis.
4. Lilik Winarti. S.Psi yang senantiasa ada memberikan masukan, dukungan, serta kesetiaan yang telah dan selalu diberikan kepada penulis sejak tahun 2003 lalu.

5. Teman-teman yang kuliah Jurusan Teknik Mesin FTI UII atas diskusi-diskusi yang menambah cakrawala wawasan pikiran penulis.
6. Keluarga Bapak dan Ibu Sudihardjo serta teman-teman kos UM (Usaha Mulya) yang selalu ceria dan penuh canda dalam setiap kesempatan.

Tidak ada gading yang tidak retak, merupakan sebuah kiasan yang tepat untuk menggambarkan keberadaan Tugas Akhir ini. Penulis menyadari, masih terlalu bnyak kekurangan dalam penulisannya. Masukkan dan kritikan dari banyak pihak merupakan suatu bekal kearah perbaikan dimasa mendatang.

*Al-Qur'an melukiskan Cahaya Illahi dalam Surat An-Nuur ayat 35. " Allah memberi nur (cahaya) kepada langit dan bumi. Cahaya-Nya tersebut bagaikan sebuah lubang didinding rumah yang didalamnya ada pelita. Pelita itu didalam gelas. Gelas itu seperti bintang yang berkilau-kilauan. Pelita itu dinyalakan dengan minyak pohon yang diberkati, yaitu minyak, zaitun yang (tumbuh) bukan ditimur bukan pula di barat, minyak itu hampir bercahaya dengan sendirinya, meskipun tiada disentuh api. Cahaya berdampingan dengan cahaya. Allah menunjukkan beberapa contoh bagi manusia. Allah Maha mengetahui tiap-tiap sesuatu".*

Penulis tidak berkata bahwa kandungan dalam tulisan ini sama dengan lentera Illahi yang dilukiskan seperti ayat diatas. Penulis hanya berharap semoga secercah dari cahayanya – walaupun redup – dapat diraih manfaatnya oleh penulis sendiri, teman-teman, dan kepada para pembaca umumnya.

Yogyakarta, November 2007

Penulis

Agus Sunaryo

00.525.075

## Abstrak

*Master cetakan adalah suatu produk yang digunakan sebagai acuan untuk membuat model cetakan. Master cetakan dapat juga dikatakan sebagai contoh asli suatu produk yang akan dikembangkan. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini mengaplikasikan metode Layer Deposition Manufacturing (LDM) untuk pengembangan industri kecil dan menengah supaya mampu membuat master cetakan yang lebih kompleks bentuknya terutama untuk pembuatan master cetakan sudu pompa air sentrifugal untuk proses cor alumunium*

*Skema langkah pembuatan suatu produk yaitu, dimulai dari perancangan master cetakan dengan memanfaatkan CAD, kemudian pemotongan master per layer sesuai dengan batas bidang produk, setelah terpotong data-data tiap layer disimpan kedalam file untuk diprint, hasil print ditempelkan pada layer lilin, kemudian pola dipotong dengan menggunakan mesin pemotong pola, setelah pola layer terbentuk kemudian penguangan material yang berupa padat, cair, serbuk yang dilakukan secara terkontrol lapis demi lapis sampai setinggi produk yang diinginkan.*

*Penerapan metode LDM untuk pembuatan master cetakan pada industri pengecoran alumunium merupakan metode alternatif yang pembuatannya mudah dan cepat. Kelebihan LDM adalah dapat membuat produk yang berongga, dapat bereksperimen dengan objek fisik dengan tingkat kerumitan yang tinggi, dapat mengoptimalkan rancangan produk untuk memenuhi tuntutan pelanggan. Sedangkan kekurangan LDM adalah ukuran yang dihasilkan kurang presisi, dibutuhkan support material yang banyak, tidak dapat membuat produk yang tipis. Metode LDM mampu digunakan untuk membuat master cetakan terutama untuk master cetakan sudu pompa air sentrifugal baik bentuk sederhana maupun bentuk yang kompleks.*

**Kata kunci :** *master, LDM, layer, CAD, sudu pompa air sentrifugal.*



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN PEMBIMBING</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>ABSTRAKSI</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	1
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Rumusan Masalah.....	2
I.3. Batasan Masalah.....	2
I.4. Tujuan Penelitian.....	3
I.5. Manfaat Penelitian.....	3
I.6. Sistematika Penulisan.....	3

<b>BAB II. LANDASAN TEORI</b> .....	4
II.1. Kajian Singkat <i>Rapid Prototyping</i> .....	4
II.2. <i>Layer Manufacturing</i> .....	5
II.3. <i>Stereolithography</i> .....	6
II.4. Pembuatan Objek Berlapis.....	7
II.5. <i>Sintering Laser Selektif</i> .....	8
II.6. Pemodelan <i>Deposisi Terfusi</i> .....	9
II.7. <i>Solid Ground Curing</i> .....	10
II.8. Pencetakan <i>3-D Ink Jet</i> .....	11
II.9. <i>Shape Deposition Manufacturing (SDM)</i> .....	12
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	15
III.1. Alat dan Bahan.....	16
III.1.1. Alat.....	16
III.1.2. Bahan.....	17
III.2. Metoda Penelitian.....	18
III.3. Perancangan Menggunakan <i>CAD</i> .....	18
III.4. Pemotongan <i>Master Per Layer</i> .....	19
III.5. Proses Pembuatan Pola.....	20
III.5.1. Menggunakan Mesin Pola.....	20
III.5.2. Menggunakan Pisau Potong ( <i>Cutter</i> ).....	21
III.6. Pembuatan <i>Master</i> Cetakan Sudu Dari Resin.....	23
<b>BAB IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b> .....	25
IV.1. Analisis.....	25
IV.1.1. Analisis Mesin Cetakan <i>Layer</i> .....	25
IV.1.2. Analisis Mesin Pembentuk Pola.....	26

IV.1.3. Pemotongan <i>Master Per Layer</i> .....	27
IV.1.4. Analisis Proses Pembuatan Pola.....	28
IV.1.4.1. Menggunakan Mesin Pola.....	28
IV.1.4.2. Menggunakan Pisau Potong ( <i>Cutter</i> ).....	29
IV.1.5. Analisa Pembuatan <i>Master</i> Cetakan Sudu Dari Resin.....	30
IV.2. Pembahasan.....	32
IV.2.1. Pembahasan <i>Master</i> Cetakan Sudu Dari Resin .....	32
IV.2.2. Pembahasan Perancangan Model Cetakan Produk .....	33
IV.2.3. Pembahasan Pembuatan Model Cetakan Tutup.....	34
IV.2.4. Pembahasan Pembuatan Model Cetakan Sudu.....	37
IV.2.5. Pembahasan Pembuatan Model Cetakan Dasar.....	40
IV.2.6. Pembahasan Proses Pengecoran Alumunium.....	42
IV.2.6.1. Pengecoran Tutup.....	42
IV.2.6.2. Pengecoran Sudu.....	45
IV.2.7. <i>Finishing</i> .....	47
<b>BAB V. PENUTUP</b> .....	50
V.1. Kesimpulan.....	50
V.2. Saran.....	50

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

<b>GAMBAR 2.1</b>	<i>Stereolithography</i> .....	6
<b>GAMBAR 2.2</b>	Pembuatan objek berlapis.....	7
<b>GAMBAR 2.3</b>	<i>Sintering laser selektif</i> .....	8
<b>GAMBAR 2.4</b>	Pemodelan deposisi terfusi.....	9
<b>GAMBAR 2.5</b>	<i>Solid ground curing</i> .....	10
<b>GAMBAR 2.6</b>	Pencetakan <i>3-D ink jet</i> .....	11
<b>GAMBAR 2.7</b>	Metoda <i>SDM</i> .....	12
<b>GAMBAR 2.8</b>	<i>SDM</i> .....	13
<b>GAMBAR 2.9</b>	Tahapan <i>deposition</i> dan <i>shaping</i> .....	13
<b>GAMBAR 2.10</b>	Struktur multi material dengan menyisipkan komponen...	14
<b>GAMBAR 3.1</b>	Diagram alir penelitian.....	15
<b>GAMBAR 3.2</b>	Model mesin cetakan <i>layer</i> .....	16
<b>GAMBAR 3.3</b>	Model mesin pembentuk pola.....	17
<b>GAMBAR 3.4</b>	Bahan master.....	17
<b>GAMBAR 3.5</b>	Metode penelitian.....	18
<b>GAMBAR 3.6</b>	<i>Master</i> cetakan ( <i>CAD</i> ).....	19
<b>GAMBAR 3.7</b>	Pemotongan <i>master (CAD)</i> .....	20
<b>GAMBAR 3.8</b>	Pemotongan dengan mesin pola.....	20
<b>GAMBAR 3.9</b>	Model pola kertas.....	21
<b>GAMBAR 3.10</b>	Model pola <i>vertikal</i> .....	21
<b>GAMBAR 3.11</b>	Pemotongan dengan pisau potong.....	22
<b>GAMBAR 3.12</b>	Model pola kertas.....	22
<b>GAMBAR 3.13</b>	Model pola miring.....	23
<b>GAMBAR 3.14</b>	Model pola <i>CAD</i> .....	23
<b>GAMBAR 3.15</b>	Penuangan resin.....	24
<b>GAMBAR 3.16</b>	Model master cetakan.....	24
<b>GAMBAR 4.1</b>	Proses pembuatan <i>layer</i> .....	25
<b>GAMBAR 4.2</b>	Model <i>layer</i> polos.....	26
<b>GAMBAR 4.3</b>	Mesin pembentuk pola.....	27

<b>GAMBAR 4.4</b>	Pemotongan <i>master</i> .....	28
<b>GAMBAR 4.5</b>	Pemotongan dengan mesin pola.....	29
<b>GAMBAR 4.6</b>	Pemotongan dengan pisau potong.....	29
<b>GAMBAR 4.7</b>	Model pola sudut.....	30
<b>GAMBAR 4.8</b>	Proses pembuatan master cetakan.....	31
<b>GAMBAR 4.9</b>	Model master cetakan resin.....	32
<b>GAMBAR 4.10</b>	Potongan cetakan.....	33
<b>GAMBAR 4.11</b>	Model cetakan produk <i>CAD</i> .....	34
<b>GAMBAR 4.12</b>	Proses pembuatan cetakan tutup.....	35
<b>GAMBAR 4.13</b>	Model cetakan tutup.....	36
<b>GAMBAR 4.14</b>	Proses pembuatan cetakan sudu .....	37
<b>GAMBAR 4.15</b>	Model cetakan sudu.....	38
<b>GAMBAR 4.16</b>	Proses pembuatan cetakan dasar.....	40
<b>GAMBAR 4.17</b>	Model cetakan dasar.....	41
<b>GAMBAR 4.18</b>	Model cetakan kayu.....	42
<b>GAMBAR 4.19</b>	Pembuatan pola tutup dalam pada pasir.....	43
<b>GAMBAR 4.20</b>	Pembuatan pola tutup luar pada pasir.....	43
<b>GAMBAR 4.21</b>	Gabungan sudut dalam dan luar.....	44
<b>GAMBAR 4.22</b>	Pembuatan pola sudu pada pasir.....	45
<b>GAMBAR 4.23</b>	Pembuatan pola dasar pada pasir.....	46
<b>GAMBAR 4.24</b>	Pembuatan sudu dan dasar.....	46
<b>GAMBAR 4.25</b>	Model sudu pompa air sentrifugal.....	48

## DAFTAR TABEL

<b>TABEL</b>	<b>4.1</b>	Ukuran <i>Master</i> Cetakan .....	32
<b>TABEL</b>	<b>4.2</b>	Ukuran Cetakan Tutup.....	36
<b>TABEL</b>	<b>4.3</b>	Ukuran Cetakan Sudu.....	39
<b>TABEL</b>	<b>4.4</b>	Ukuran Cetakan Dasar.....	41
<b>TABEL</b>	<b>4.5</b>	Ukuran Hasil Pengecoran Tutup.....	44
<b>TABEL</b>	<b>4.6</b>	Ukuran Hasil Pengecoran Sudu dan Dasar.....	47
<b>TABEL</b>	<b>4.7</b>	Ukuran Hasil Produk.....	48

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Master* cetakan adalah suatu produk yang digunakan sebagai acuan untuk membuat model cetakan. Pada industri pengecoran aluminium untuk skala kecil dan menengah cetakan dibuat menggunakan bahan dari kayu. Proses pembuatan dikerjakan secara manual yaitu, bahan kayu dipahat sedikit demi sedikit kemudian di *finishing* sampai membentuk produk sesuai dengan keinginan. Metode memahat kayu ini masih mempunyai kekurangan diantaranya membutuhkan waktu yang cukup lama, tidak dapat membuat model produk yang kompleks, serta tidak dapat membuat ukuran produk yang presisi.

Setelah melakukan penelitian dan mempelajari kajian referensi metode memahat kayu inipun dirasakan kurang efektif dan efisien, karena pembuatan master cetakan hanya bisa dikerjakan oleh ahli pahat. Penelitian dilakukan dengan kajian referensi dengan tujuan mencari metode alternatif dalam pembuatan master cetakan. Beberapa metoda yang telah dikenal dalam teknologi *Rapid Prototyping* adalah *Stereo Lithography (SLA)*, *Laminated Object Manufacture (LOM)*, *Selective Laser Sintering (SLS)*, *Fused Deposition Modeling (FDM)*, *Solid Ground Curing (SGC)*, *3d Ink Jet Printing*. Dalam penelitian tentang *Rapid Prototipe* ini, ditemukan suatu metode baru yang dapat digunakan untuk pembuatan *prototype* yaitu, metode *Layer Deposition Manufacturing (LDM)*.

*Layer Deposition Manufacturing (LDM)* adalah suatu metode yang bisa digunakan untuk membuat produk dengan *multi layer*. Dimana pembuatan sebuah produk dibagi menjadi beberapa *layer* yang kemudian dicetak *layer* demi *layer* sehingga menjadi sebuah produk. Pada penelitian sebelumnya metode *Layer Deposition Manufacturing* digunakan untuk membuat produk *layer* sederhana. Berdasarkan alasan tersebut diatas didapatkan sebuah alternatif baru untuk menggunakan metode *Layer Deposition Manufacturing* sebagai langkah alternatif

dalam pembuatan master cetakan sudu pompa air sentrifugal. Master cetakan dibuat menggunakan bahan resin yang dicampur dengan katalis kemudian dicetak kedalam *layer* lilin yang sudah dibentuk pola sebelumnya. Sudu pompa air sentrifugal adalah alat untuk memompa air dari bawah supaya naik keatas dengan bantuan mesin diesel. Penerapan metode *layer Deposition Manufacturing (LDM)* kedalam industri pengecoran alumunium ini dirasakan metode yang paling praktis, ekonomis dan efisien dibandingkan dengan menggunakan metode memahat kayu.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana membuat master cetakan sudu pompa air sentrifugal dengan tingkat ketelitian yang lebih baik dan hasilnya mendekati bentuk sudu pompa air yang asli dengan menggunakan metode *Layer Deposition Manufacturing (LDM)*.
2. Bagaimana menghasilkan cetakan suatu produk dengan menggunakan metode *Layer Deposition Manufacturing (LDM)*.

### **1.3 Batasan Masalah**

Pembatasan masalah dalam penelitian ini agar ruang lingkup pembahasan menjadi jelas dan tidak meluas kearah yang tidak diinginkan. Adapun pembatasan masalah dalam penelitian ini meliputi hal-hal sebagai berikut :

1. Sudu pompa air sentrifugal dibuat secara manual dengan teknologi *Rapid Prototyping* metode yang digunakan adalah *LDM*.
2. Mengukur pola *layer* dan model *master* dari resin dengan menggunakan jangka sorong kecermatan 0,05 mm.
3. Mengukur pola *layer* dan model cetakan dari resin dengan menggunakan jangka sorong kecermatan 0,05 mm.
4. Mengukur hasil produk dari alumunium dengan menggunakan jangka sorong kecermatan 0,05 mm.



#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

Mengaplikasikan metode *Layer Deposition Manufacturing (LDM)* untuk pengembangan industri kecil dan menengah supaya mampu membuat *master* cetakan yang lebih kompleks bentuknya terutama untuk pembuatan *master* cetakan sudu pompa air sentrifugal untuk proses cor alumunium.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Memberikan alternatif baru dalam pembuatan *master* cetakan pada pengecoran alumunium dengan metode *Layer Deposition Manufacturing (LDM)* yang diterapkan mampu menghasilkan *master* cetakan dengan cepat, mudah, serta biaya murah.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Bagian ini adalah bagian utama dari tugas akhir, dengan sistematika penulisan sebagai berikut : Bab I Pendahuluan, bab ini berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dari tugas ini. Bab II Dasar Teori, bab ini memuat teori-teori yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan dalam tugas akhir ini. Dan juga berisikan tentang teori-teori yang berhubungan dengan perancangan produk yang akan dirancang. Bab III Perancangan Produk, bab ini berisikan penjelasan tentang proses perancangan produk. Bab IV Analisis dan Pembahasan, bagian ini membahas hasil penelitian yang didapat dan membandingkan dengan teori yang ada untuk mendapatkan kebenaran hasil. Bab V Penutup, bab ini berisi kesimpulan dan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya, serta keterbatasan-keterbatasan yang ditemukan selama menyelesaikan tugas akhir.

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Kajian Singkat *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 *riil* dari rancangannya, ketimbang hanya gambar dua dimensi. Model seperti ini memiliki berbagai manfaat. Mereka memberikan bantuan visual yang sempurna di dalam mengkomunikasikan gagasan dengan pelanggan atau rekan kerja. Di samping itu, *prototype* dapat digunakan untuk pengujian rancangan. Sebagai contoh, seorang teknisi luar angkasa dapat menambahkan sebuah model *airfoil* dalam saluran udaranya untuk mengukur gaya angkat dan tarikannya. Perancang selalu memanfaatkan *prototype*; *RP* memungkinkannya dibuat lebih cepat dan lebih murah.

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* sering kali menjadi proses manufaktur yang terbaik. Tentu saja, “cepat / *rapid*” adalah istilah yang relatif. Kebanyakan *prototype* memerlukan waktu tiga hingga tujuh puluh dua jam untuk dibuat, tergantung pada ukuran dan tingkat kerumitan dari objek itu sendiri. Mungkin kedengarannya memang lama, tapi itu sudah jauh lebih cepat ketimbang waktu yang diperlukan untuk membuat sebuah *prototype* dengan cara tradisional seperti menggunakan mesin yang dapat memakan waktu berminggu-minggu bahkan berbulan-bulan. Penghematan waktu yang sangat besar ini memungkinkan pabrik untuk menyalurkan produk ke pasar dengan lebih cepat dan murah.

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* “mengiris” *CAD* menjadi sejumlah *layer* tipis (~0.1mm), yang kemudian disusun di atas *layer* yang lain sampai *layer* terakhir. *Rapid prototyping* merupakan proses “*additive*”, menggabungkan lapisan kertas, *wax*, atau plastik untuk menciptakan suatu objek padat. Sebaliknya, dalam kebanyakan proses menggunakan mesin bubut, *dril* dan *milling* adalah proses “*substraktif*” yang menghilangkan material dari blok padat (bukan dari kecil menjadi bagian besar). Sifat yang *additive* dari *RP* memungkinkannya menciptakan objek dengan fitur *internal* yang rumit yang tidak dapat diolah oleh alat atau sarana lain.

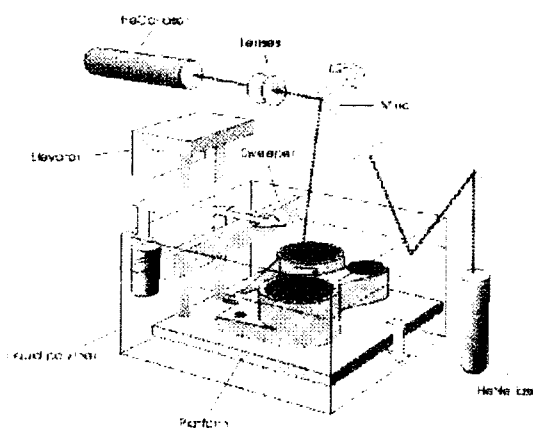
Tentu saja, *rapid prototyping* belum sempurna. *Volume part* umumnya terbatas pada 0.125 meter kubik atau kurang, tergantung pada mesin *RP*-nya. *Prototype* logam sulit dibuat, kendati hal ini harus segera diubah (dijadikan mudah) di masa mendatang. Untuk *part* logam, operasi produksi besar, atau objek sederhana, teknik manufaktur *konvensional* biasanya lebih ekonomis. Diluar keterbatasan ini, *rapid prototyping* adalah teknologi luar biasa yang mengubah total proses manufaktur.

## **2.2 Layer Manufacturing**

Teknologi *layer manufacturing* adalah teknologi yang masih relatif baru dalam pembuatan produk atau rupa-rupa. Karakteristik utama dari teknologi ini adalah konsolidasi material yang berupa cair, padat, atau Pada teknologi pemesinan, proses pembentukan produk dilakukan dengan mengurangi material awal dengan cara pemotongan, atau sering disebut juga dengan proses *substraktif*. Beberapa contoh proses yang termasuk dalam proses *substraktif* seperti proses bubut, proses *milling*, proses gurdi dan proses gergaji.

Pada teknologi *layer manufacturing*, proses pembentukan produk atau rupa-rupa dilakukan dengan cara menambahkan material sedikit demi sedikit secara terkontrol untuk membentuk produk atau rupa-rupa. Teknologi ini sering juga disebut dengan istilah-istilah lain seperti *rapid prototyping*, *solid free-form fabrication* (SFF), *material addition manufacturing*, dan *3D-printing*. Ciri utama teknologi ini adalah *material consolidation* dengan bentuk material awal dapat berupa serbuk, cair, padat, dan lembaran. Beberapa metoda yang telah dikembangkan dalam teknologi ini adalah *Stereolithography* (SLA), *Laminated Object Manufacturing* (LOM), *Selective Laser Sintering* (SLS), *Fused Deposition Modelling* (FDM), *Solid Ground Curing* (SGC), *3-D Ink Jet Printing*. (Griffith, 1998).

### 2.3 Stereolithography



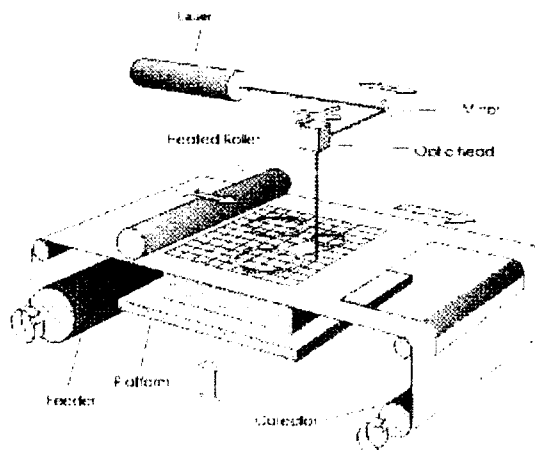
**Gambar 2.1 Stereolithography** [<http://www.me.psu.edu/lamancusa/me415/rpintro2.pdf>]

Dipatenkan di tahun 1986, *stereolithografi* mengawali revolusi *rapid prototyping*. Teknik ini membangun model tiga dimensi dari cairan polimer fotosensitif yang memadat ketika diberi cahaya ultraviolet. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 model dibangun diatas sebuah platform yang ditempatkan tepat dibawah permukaan dalam sebuah vat dari *epoxy* cair atau *acrylate* resin. Sinar laser *UV* bertenaga rendah difokuskan ke *layer* pertama, memadatkan bagian saling silang dari model sembari meninggalkan cairan area yang berlebihan.

Kemudian, sebuah elevator secara bertahap menurunkan platform kedalam polimer cair. Sebuah penyapu melapisi ulang lapisan yang telah memadat dengan cairan, dan sinar laser menuju ke *layer* kedua. Proses ini diulangi hingga *prototype* selesai. Setelah itu, bagian padatan dipindahkan dari vat dan dibersihkan dari cairan lebihan. Penyokong dilepas dan model kemudian ditempatkan pada oven ultraviolet untuk merapikan/*finishing*.

Mesin *Stereolithography Apparatus* (SLA) telah dibuat sejak 1988 oleh 3D System of Valencia, CA. Hingga saat ini, 3D System adalah yang terdepan dalam industri itu, menjual lebih banyak mesin *RP* ketimbang perusahaan manapun. Karena itu merupakan teknik pertama, maka *stereolithografi* dikatakan sebagai *benchmark* (standar baku) yang dengannya teknologi lain dinilai kemampuannya. *Prototype stereolithografi* sebelumnya cukup rapuh dan rentan terhadap distorsi, namun modifikasi belakangan ini telah membenahi masalah ini.

#### 2.4 Pembuatan Objek Berlapis



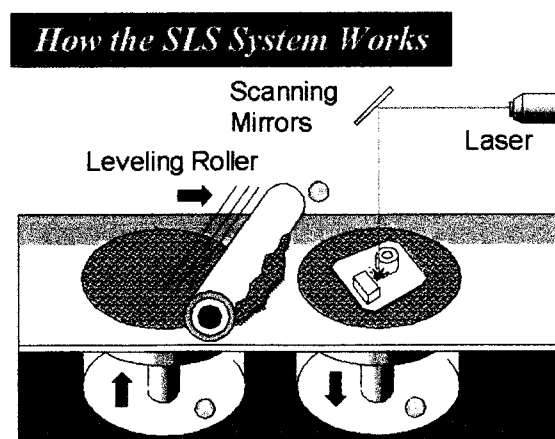
**Gambar 2.2** Pembuatan objek berlapis | <http://www.me.psu.edu/lamancusa/me415/rpintro2.pdf>

Dalam teknik ini, dikembangkan oleh Helisys of Torrance, CA, *layer* dari bahan *adhesive-coated* diikat bersama untuk membentuk sebuah *prototype*. Materi asalnya terdiri dari kertas yang dilapisi dengan lem panas dan digulung pada sebuah spool. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 mekanisme feeder/collector menaikkan sheet di atas platform, dimana sebuah basis/alas telah

disusun dari kertas dan pita busa dua-sisi. Kemudian, penggulung yang terpanaskan tadi memberikan tekanan untuk mengikat kertas ke alas. Sinar laser memotong garis bentuk dari lapisan pertama ke kertas kemudian meng-*crosshatch* area yang berlebih (ruang negatif dalam *prototype*). *Cross-hatching* menguraikan material berlebih sehingga memudahkan pemindahan selama *pasca*-pemrosesan. Selama pembuatan/*build*, material berlebih tadi memberikan dukungan yang sempurna bagi bagian berdinding tipis dan *overhang* (rongga). Setelah lapisan pertama terpotong, *platform* turun dan material baru dinaikkan. *Platform* naik hingga sedikit di bawah ketinggian sebelumnya, penggulung mengikat lapisan kedua terlebih dahulu, dan laser memotong lapisan itu. Proses ini diulang sesuai yang dibutuhkan untuk membangun *part*, yang akan memiliki *tekstur* seperti kayu. Karena model itu dibuat dari kertas, maka harus ditutup dan dilapisi dengan cat atau *varnish* untuk mencegah kerusakan akibat kelembaban.

Helisys mengembangkan beberapa material *sheet* yang baru, mencakup plastik, kertas anti-air, dan keramik serta pita bubuk logam. Pita bubuk menghasilkan *part* “hijau” yang harus disinter (dipanaskan tapi tidak sampai meleleh) agar diperoleh kekuatan/kekokohan yang optimal. Sampai akhirnya tahun 2001, Helisys tidak lagi berbisnis.

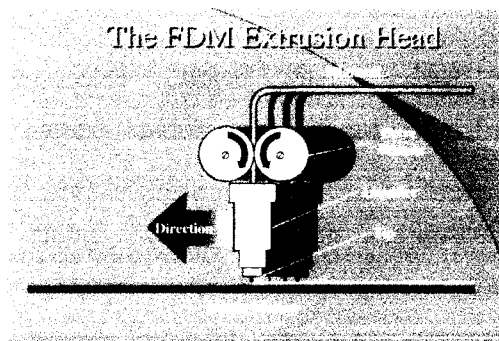
## 2.5 Sintering Laser Selektif



Gambar 2.3 Sintering laser selektif [ <http://www.mech.psu.edu/lamancusa/me415/rpintro2.pdf> ]

Dikembangkan oleh Carl Deckard dalam tesis gelar masternya di Universitas Texas, *selective laser sintering* dipatenkan tahun 1989. Teknik ini, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3, menggunakan sinar laser untuk secara selektif melebur materi bubuk, seperti nilon, elastomer, dan logam, menjadi objek padat. *Part* dibuat diatas *platform* yang berada tepat di bawah permukaan dalam bin (seperti tungku) bubuk yang *heat-fusible*. Sinar laser menjejak pola dari lapisan pertama, dan men-*sinternya* bersamaan. *Platform* kemudian diturunkan di ketinggian lapisan berikutnya dan bubuk diberikan lagi. Proses ini berlanjut sampai *part* selesai. Bubuk lebih di setiap lapisan membantu menyokong *part* selama proses pembuatan. Mesin *SLS* diproduksi oleh *DTM Austin, TX*.

## 2.6 Pemodelan Deposisi Terfusi

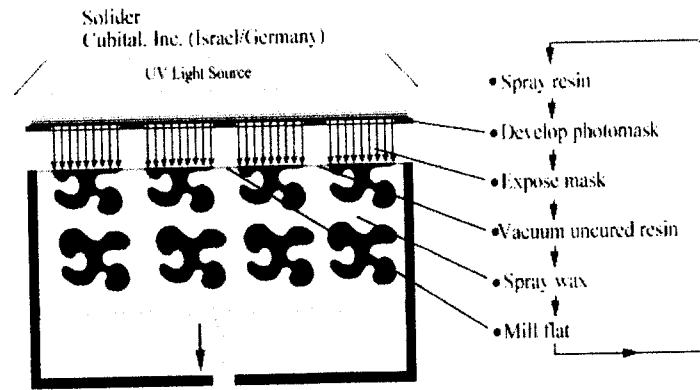


**Gambar 2.4** Pemodelan deposisi terfusi [ <http://www.me.psu.edu/lamancusa/me415/qintro2.pdf> ]

Dalam teknik ini, filamen dari termoplastik yang dipanaskan didorong dari ujung yang bergerak di sumbu x-y. Seperti seorang baker yang menghias kue, *head ekstrusi* yang terkendali menyimpan manik tipis material kedalam *platform* untuk membentuk lapisan pertama. *Platform* dipertahankan pada temperatur yang rendah, sehingga termoplastik akan cepat mengeras. Setelah *platform* diturunkan, *head ekstrusi* menempatkan lapisan kedua di atas lapisan pertama. Dan penopangpun secara otomatis timbul saat proses ini.

Stratasys, dari Eden Prairie, MN membuat berbagai mesin *FDM* dari modeler konsep cepat hingga mesin berpresisi tinggi yang lebih lambat. Materinya mencakup *ABS* (standar dan medical grade), *elastomer* (96 *durometer*), *polikarbonat*, *polifenolsulfone*, dan *wax*.

## 2.7 Solid Ground Curing



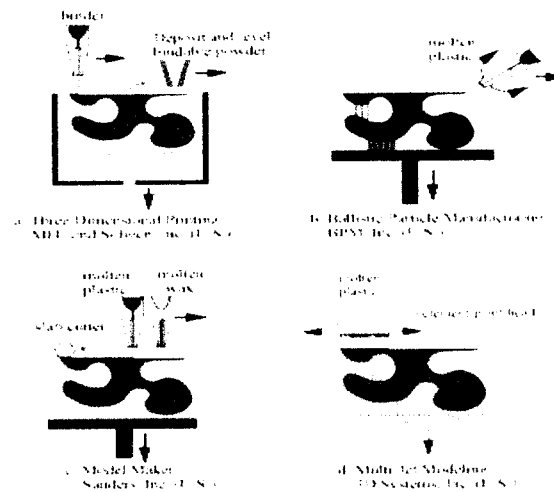
Gambar 2.5 Solid ground curing [ [http://iti.loyola.edu/tp\\_02\\_02.htm](http://iti.loyola.edu/tp_02_02.htm) ]

Dikembangkan oleh Cubital, *SGC* sedikit sama dengan *SLA* (*Stereolithography*) karena keduanya menggunakan cahaya *ultraviolet* untuk mengeraskan polimer *fotosensitif*. Tidak seperti *SLA*, *SGC* ‘memangkas’ seluruh lapisan sekaligus. Gambar 2.5 menunjukkan bagaimana proses *solid ground curing*, yang dikenal juga sebagai proses *solider*. Pertama, resin *fotosensitif* disemprotkan pada *platform*. Kemudian, mesin menyusun suatu *fotomask* (seperti *stencil*) dari *layer* yang akan dibuat. *Fotomask* ini dicetak pada plat kaca diatas *platform* menggunakan proses *elektrostatik* sama dengan pada fotokopi. *Mask* ini kemudian diberi cahaya *UV*, yang hanya melewati sisi *transparan* dari *mask* yang berguna untuk mengeraskan bentuk lapisan yang telah diproses.

Setelah *layer* di-*curing*, mesin mengosongkan resin cairan berlebih dan menyemprotkan *wax* di tempat itu untuk menyokong model selama proses pembuatan. Permukaan atas didatarkan, dan kemudian prosesnya diulang untuk lapisan berikutnya. Ketika *part* sudah selesai, maka harus diberi *wax* lagi dengan mencelupkannya dalam wadah pelarut. Mesin *SGC* didistribusikan di *AS* oleh *Cubital America Inc. of Troy, MI*. Mesin ini cukup besar dan dapat menghasilkan model yang besar.



## 2.8 Pencetakan 3-D Ink Jet



Gambar 2.6 Pencetakan 3-D ink jet [ [http://atri.loyola.edu/tp02\\_02.htm](http://atri.loyola.edu/tp02_02.htm) ]

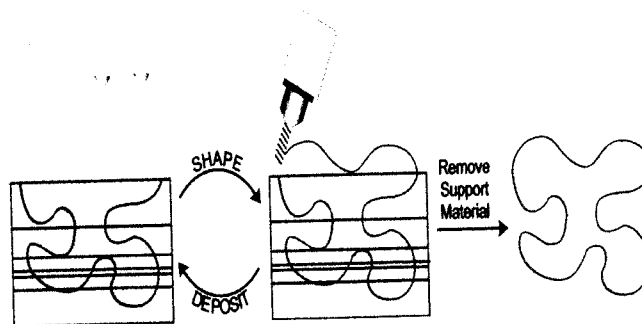
*Ink Jet Printing* merujuk pada seluruh kelas mesin yang menggunakan teknologi *ink-jet*. Yang pertama adalah *3D printing (3DP)*, dikembangkan di *MIT* dan dilisensikan untuk *Soligen Corporation, Extrude Hone, ZCorp 3D Printer*, diproduksi oleh *Z Corporation Burlington, MA* merupakan contoh dari teknologi ini. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6a, part dibangun di atas *platform* yang ditempatkan pada sebuah bin yang sarat dengan materi bubuk. Sebuah *head printing ink-jet* secara *selektif* menempatkan atau “mencetak” *binder fluida* untuk melebur bubuk bersamaan di area yang diinginkan. Bubuk yang tidak terikat tertinggal/tersisa sebagai penyokong *part*. *Platform* diturunkan, kemudian ditambahkan lebih banyak bubuk dan di angkat, dan proses itu diulang. Ketika selesai, *part* yang masih “hijau” dipindahkan dari bubuk yang tak terikat, sementara bubuk lebihannya dikeluarkan. *Part* yang sudah selesai dapat diinfiltrasikan dengan *wax*, lem *CA*, atau *sealant* lain untuk memperbaiki ketahanan dan penyelesaian permukaan. Ketebalan lapisan tipikal adalah dalam urutan 0.1mm. Proses ini sangat cepat, dan menghasilkan *part* dengan permukaan yang sedikit berbulir. *ZCorp* menggunakan dua materi yang berbeda, bubuk berbasis zat tepung, dan bubuk keramik. Mesin dengan kemampuan mencetak 4 warna telah tersedia.

Versi *3D System* dari sistem berbasis *ink-jet* disebut dengan *Thermo-Jet* atau *Multi-Jet Printer*. Ia menggunakan larik linera dari *print head* untuk menghasilkan model *thermoplastic* secara cepat (Gambar 2.6d). Jika *part* cukup sempit, *print head* dapat menempatkan seluruh lapisan dalam satu waktu. Sebaliknya, *the head* melakukan beberapa tahap.

*Sander Ptototype of Wilton, NH* menggunakan teknik *ink-jet* yang berbeda dalam aliran konsep modeler yakni *Model Maker*. Mesinnya menggunakan dua *ink-jet* (Lihat Gambar 2.6c). Satu melepaskan *termoplastik low-melt* untuk membuat model, sementara yang lain mencetak *wax* untuk membentuk penopang. Setelah setiap *layer*, pemangkas menggiling permukaan atas untuk menyeragamkan ketinggian. Ini akan menghasilkan keakuratan yang baik, dan memungkinkan mesin untuk digunakan di industri perhiasan.

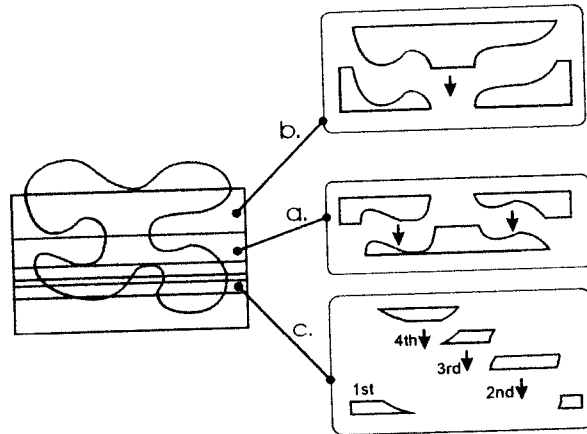
Manufaktur partikel *balistik*, seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.6b, dikembangkan oleh *BPM Inc.*, yang telah keluar dari bisnis (tidak memproduksi lagi).

## 2.9 Shape Deposition Manufacturing (SDM)



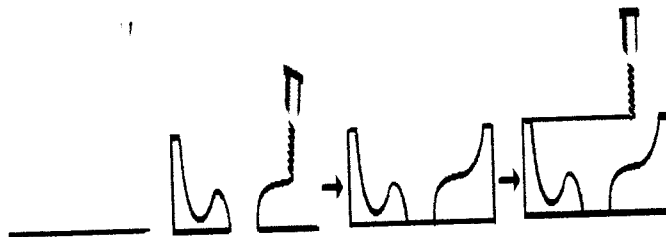
Gambar 2.7 Metoda SDM [http://www.cs.cmu.edu/~sdm/open.html]

Metoda *shape deposition manufacturing (SDM)* pada dasarnya sama dengan metoda lainnya dalam *rapid prototyping*. Metoda *SDM* merupakan gabungan dari proses *additive* (menggabungkan material lapis demi lapis) dan proses *subtractive* (pengurangan material) seperti pada gambar 2.7.

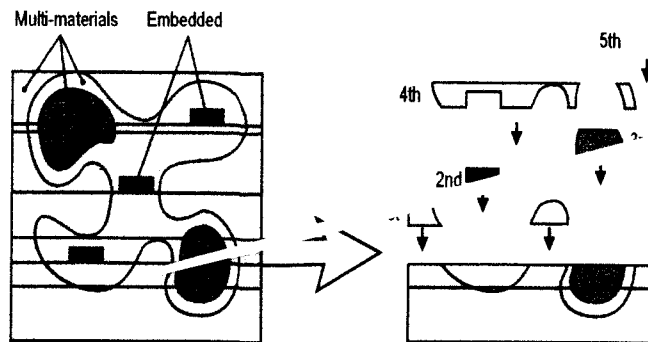


Gambar 2.8 SDM [ <http://www.es.cmu.edu/~sdm/openr.htm> ]

Pada gambar 2.8.c *support material* dibangun, setelah itu proses *CNC milling* untuk membentuk rongga cetak, setelah rongga cetak terbentuk, material produk dituang penuh, seperti pada gambar 2.8.a. pada proses ini terjadi proses *subtractive material*, yaitu menghilangkan material (warna kuning). Pada gambar 2.8.b *support material* dituang lagi sampai penuh, kemudian dimilling (warna biru). Proses ini diulang sampai pada *shape* terakhir. Beberapa tahapan proses pemahatan dengan mesin *CNC milling* 3 atau 5 sumbu pada metoda *SDM* ditunjukkan pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Tahapan *deposition* dan *shaping* [ <http://www.es.cmu.edu/~sdm/openr.htm> ]

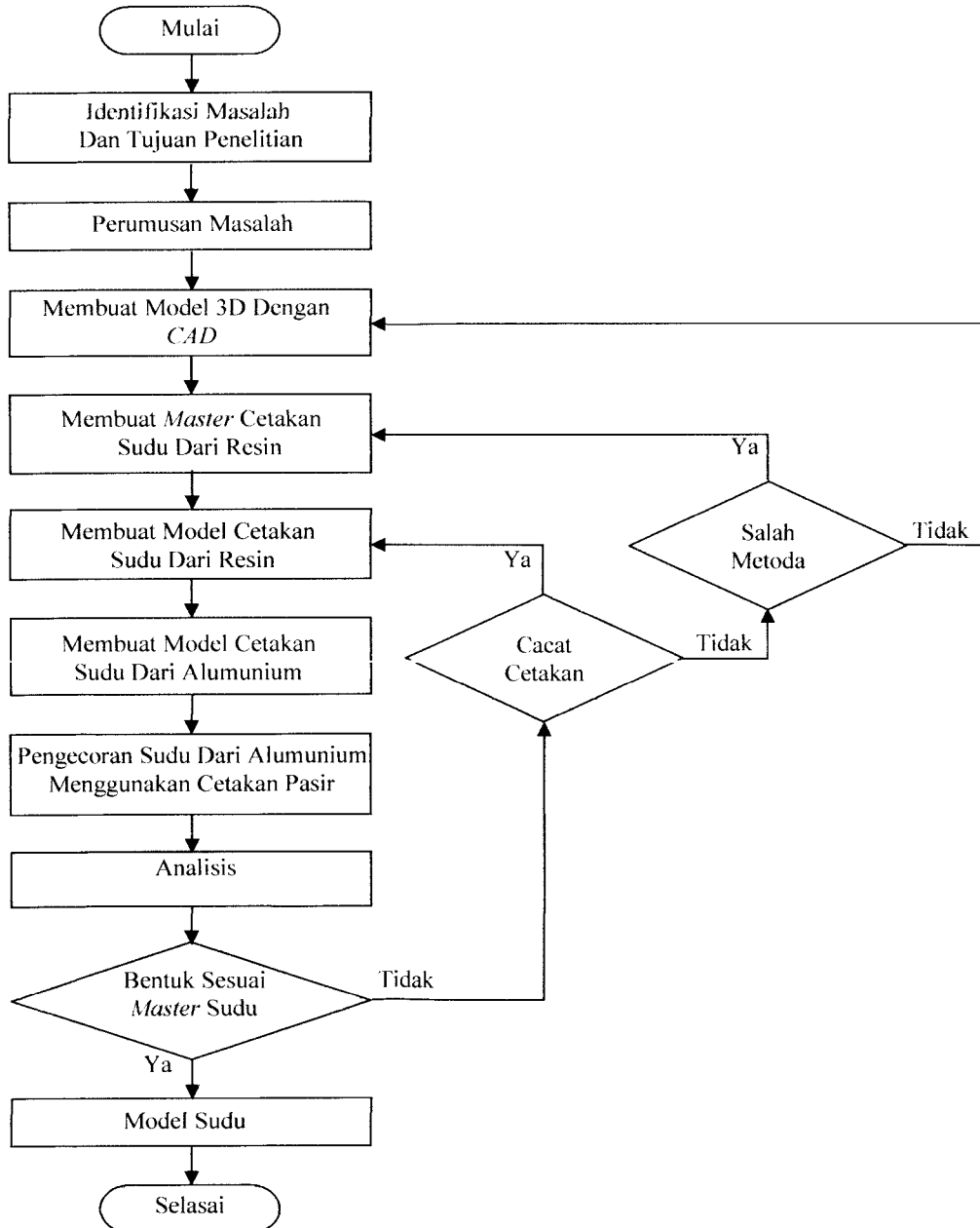


**Gambar 2.10** Struktur multi material dengan menyisipkan komponen [<http://www.cs.cmu.edu/~sdy/opencv.htm>]

Membuat *prototype* dengan bentuk yang kompleks dan material *additive*, memungkinkan proses pembuatan multi material dan bentuk setengah jadi ditempelkan didalam material produk tersebut, seperti pada gambar 2.10.

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan yang dilakukan dalam pembuatan *master* cetakan sudu pompa air sentrifugal dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

### 3.1 Alat dan Bahan

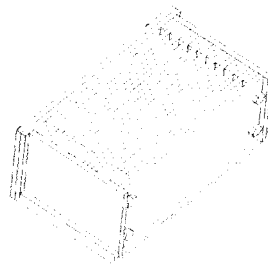
#### 3.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Mesin cetakan *layer*
- Mesin pembentuk pola
- Kompor
- Ketel dan panci
- Pisau potong
- Gunting
- Gerinda
- Jangka
- Alat tulis
- Penggaris
- Toples
- Minyak goreng

#### ➤ Mesin Cetakan *Layer*

Tujuan pembuatan mesin cetakan *layer* adalah supaya *layer* yang dihasilkan ketebalannya dapat diatur sesuai kebutuhan. Mesin cetakan *layer* ini dalam sekali cetak mampu menghasilkan beberapa lembar lilin yang berfungsi sebagai bahan pola tertentu, dapat dilihat pada gambar 3.2.



**Gambar 3.2** Model mesin cetakan *layer*

### ➤ Mesin Pembentuk Pola

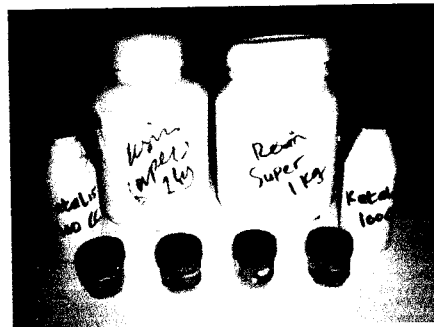
Mesin pembentuk pola terbuat dari bor yang telah dimodifikasi dan ditempatkan di sebuah meja, ukuran mata bor dapat disesuaikan dengan kebutuhan, antara diameter 2 mm sampai dengan 10 mm, bertujuan untuk memudahkan proses pemotongan *layer* lilin untuk dijadikan pola cetakan, dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Model mesin pembentuk pola

### 3.1.2 Bahan

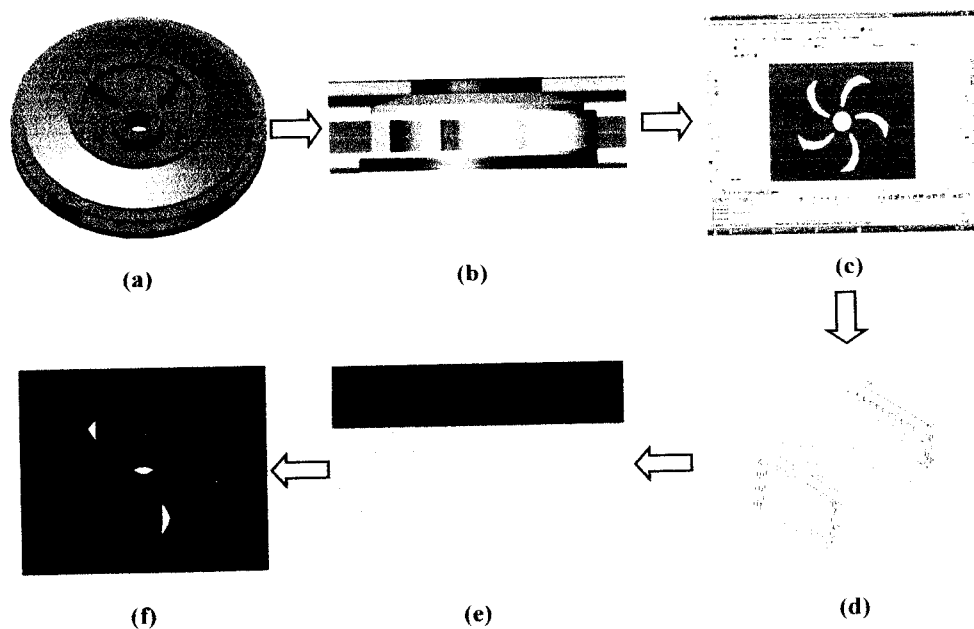
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah lilin (*Steerin* 2 kg dan *Parafin* 6 kg) yang akan digunakan sebagai cetakan pola. Material ini dicetak dalam bentuk *layer* berupa lembaran lilin dengan ketebalan 5 mm, 10 mm, 15 mm, 20 mm, dan 25 mm. *Layer* lilin untuk cetakan pola ini berukuran, panjang 297 mm dan lebar 210 mm. Bahan dasar *master* cetakan adalah resin (Resin 2.5 kg dan Katalis 50 cc) dan dicampur glitter sebagai pewarna, dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Bahan master

### 3.2 Metoda Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini ada tahap-tahap yang harus dilaksanakan mulai dari pembuatan desain, proses pemotongan tiap *layer*, pembuatan *master* cetakan, pembuatan cetakan produk sampai pembuatan produk jadi. Proses pembuatan dilakukan dengan menggunakan metode *Layer Deposition Manufacturing (LDM)*. Skema langkah pembuatan agar dapat mencapai ketelitian bentuk yang mendekati aslinya, dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Metode penelitian

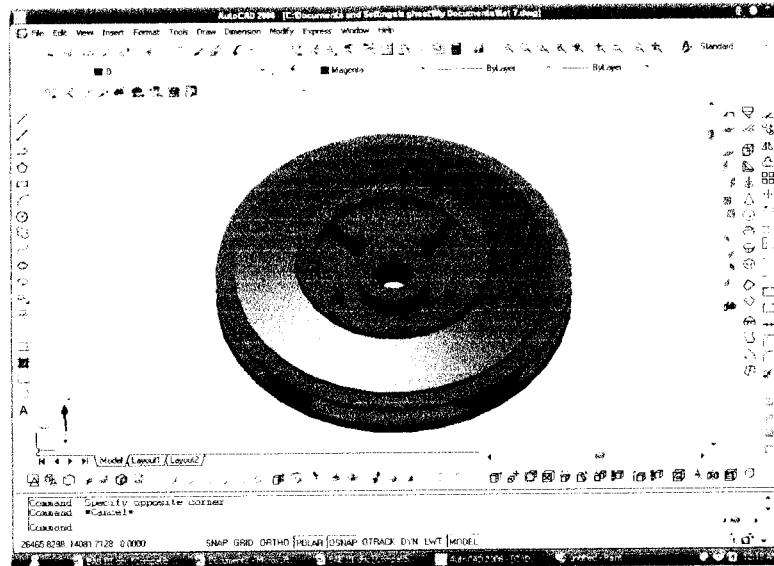
Gambar (a) Model rancangan *master* dengan memanfaatkan *CAD*. Gambar (b) pemotongan *master* per *layer* sesuai dengan batas bidang produk. Gambar (c) penyimpanan data-data tiap *layer*. Gambar (d) model alat untuk cetakan lembaran *layer*. Gambar (e) mesin untuk pemotong *layer*. Gambar (f) model pola yang dihasilkan.

### 3.3 Perancangan Menggunakan *CAD*

Perancangan pertama kali untuk membuat *master* cetakan sudu pompa air sentrifugal menggunakan *CAD*. *CAD* merupakan alat bantu khusus yang mampu memberikan kemudahan bagi penggunanya untuk merancang suatu produk baik



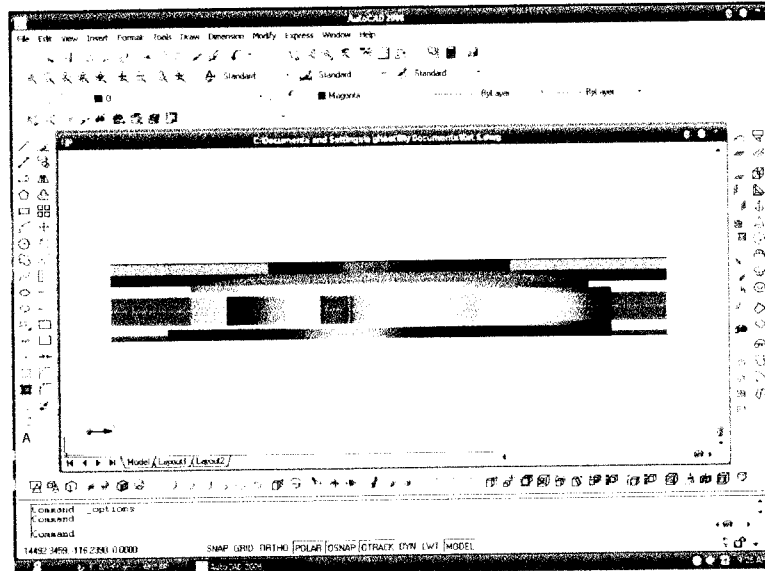
mulai bentuk sederhana sampai bentuk yang kompleks. *Desain prototype* yang akan dilakukan yaitu membuat bentuk *master* cetakan sudu pompa air sentrifugal dengan ukuran tinggi 75 mm dan diameter 200 mm. Pembuatan desain *master* cetakan sudu pompa air sentrifugal ini dilakukan pada *CAD* dalam bentuk 3 dimensi *solid*. Gambar *master* cetakan, dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Master cetakan ( *CAD* )

### 3.4 Pemotongan *Master* Per Layer

Memperbanyak bidang potong sebanyak tinggi dari produk yang akan dibuat dan jarak antara bidang potong diatur sesuai dengan jarak yang dibutuhkan. Untuk mempermudah proses pembuatan maka pemotongan disesuaikan dengan batas bidang potong, dapat dilihat pada gambar 3.7.

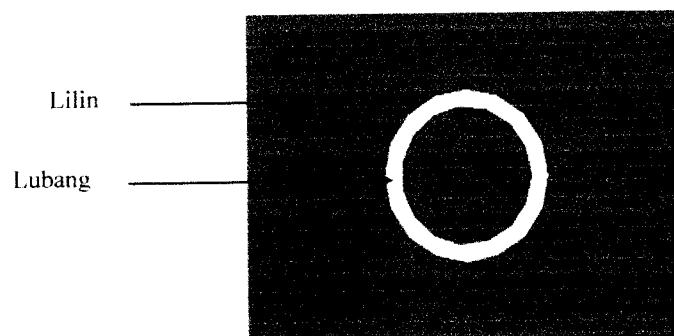


Gambar 3.7 Pemotongan master (CAD)

### 3.5 Proses Pembuatan Pola

#### 3.5.1 Menggunakan Mesin Pola

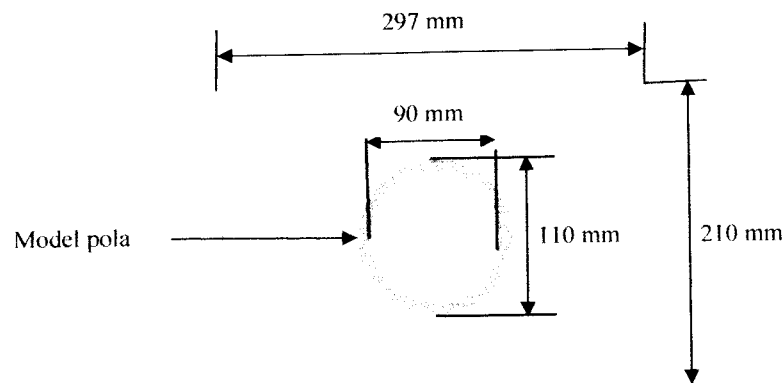
Proses pemotongan *layer* menggunakan mesin pembentuk pola. Mesin pembentuk pola digunakan untuk memotong *layer* pada arah *vertikal*. Pemotongan dengan mesin ini lebih cepat dibandingkan dengan pisau potong yang digerakkan menggunakan tangan biasa. Berikut pemotongan dengan mesin pola, dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Pemotongan dengan mesin pola

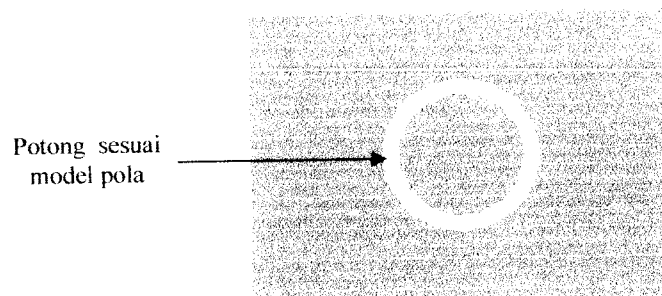
Langkah – langkah pemotongan *layer* dengan mesin pola :

- Pertama model pola produk dengan diameter dalam 90 mm dan diameter luar 110 mm yang telah disiapkan pada komputer di print / di cetak pada kertas ukuran A4 (297 mm x 210 mm). Dapat dilihat pada gambar 3.9.



**Gambar 3.9** Model pola kertas

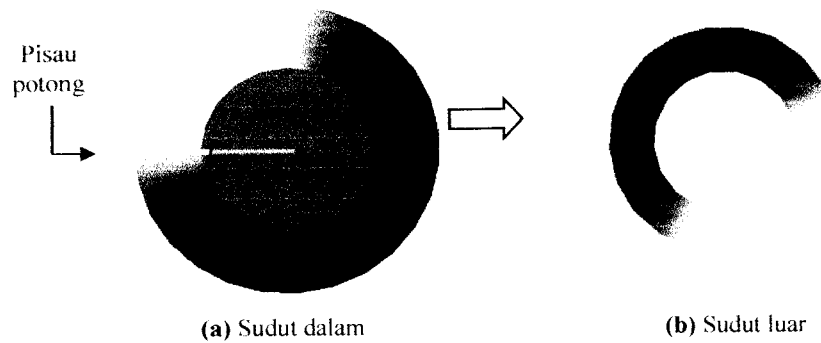
- Kemudian tempelkan pada *layer* lilin untuk digambar ulang dengan ketebalan *layer* 5 mm, 10 mm, 15 mm, 20 mm, 25 mm sesuai dengan produk. Setelah itu dipotong dengan mesin pemotong pola. Dapat dilihat pada gambar 3.10.



**Gambar 3.10** Model pola vertikal

### 3.5.2 Menggunakan Pisau Potong (*Cutter*)

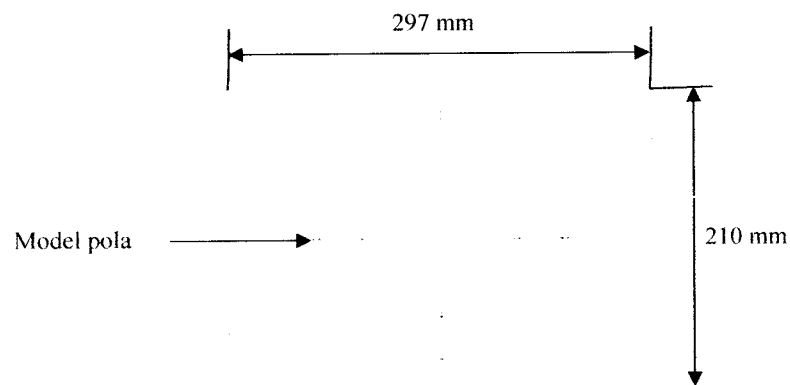
Proses pemotongan *layer* menggunakan pisau potong yang langsung digerakkan dengan tangan biasa. Pisau potong ini dapat digunakan untuk memotong *layer* pada arah sudut atau bidang miring. Pemotongan dengan pisau potong ini lebih lama dibandingkan dengan mesin pemotong pola. Berikut pemotongan dengan pisau potong, dapat dilihat pada gambar 3.11



**Gambar 3.11** Pemotongan dengan pisau potong

Langkah – langkah pembuatan *layer* dengan pisau potong adalah sebagai berikut :

- Pertama model pola produk dengan diameter dalam 102 mm dan diameter luar 182 mm yang telah disiapkan pada komputer di print / di cetak pada kertas ukuran A4 (297 mm x 210 mm). Dapat dilihat pada gambar 3.12.



**Gambar 3.12** Model pola kertas

- Kemudian tempelkan kertas hasil print pada *layer* lilin untuk digambar ulang dengan ketebalan *layer* 10 mm sesuai dengan produk yang akan dibuat. Setelah itu dipotong dengan mesin pemotong pola dan dikikis dengan pisau potong sedikit demi sedikit sampai mendapatkan bentuk sudut yang diinginkan. Dapat dilihat pada gambar 3.13.



Gambar 3.13 model pola miring

### 3.6 Pembuatan *Master* Cetakan Sudu Dari Resin

Tujuan pembuatan *master* cetakan sudu pompa air sentrifugal adalah sebagai acuan dalam membuat model cetakan. *Master* cetakan dapat juga dikatakan sebagai tiruan dari produk itu sendiri. Proses pembuatannya menggunakan metode *Layer Deposition Manufacturing (LDM)* yaitu, *layer* yang sudah dipotong pola disusun lapis demi lapis sampai setinggi produk yang akan dibuat.

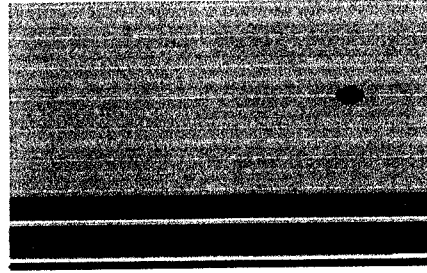
Langkah-langkah pembuatan *master* :

- Pertama bagian dasar diberi *layer* agar nantinya produk yang dihasilkan rata. Kemudian disusun *layer* berikutnya yang sudah dibentuk pola sebelumnya sampai *layer* terakhir. Dapat dilihat pada gambar 3.14.



Gambar 3.14 Model pola *CAD*

- Kedua setelah semua *layer* disusun dari tahap demi tahap kemudian bagian atas ditambah satu *layer* lagi supaya permukaan produk yang dihasilkan rata. *Layer* paling atas diberi lubang untuk penuangan material. Dapat dilihat pada gambar 3.15



**Gambar 3.15** Penuangan resin

- Ketiga setelah penuangan material selesai *master* cetakan direbus dengan air panas yang berfungsi untuk melarutkan lilin yang masih menempel pada *master* cetakan. Dapat dilihat pada gambar 3.16.



**Gambar 3.16** Model *master* cetakan CAD

## BAB IV

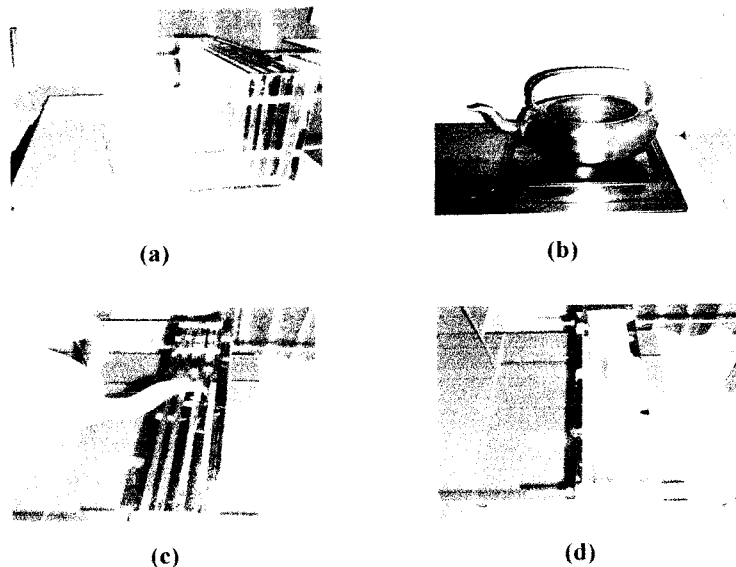
### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisis

Untuk dapat mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi model *master*, model cetakan, dan hasil produk sudu pompa air sentrifugal. Maka diperlukan analisis pada proses pembuatan *master* cetakan, pemotongan *master* untuk cetakan dalam pasir, dan strategi proses pengecoran aluminium.

##### 4.1.1 Analisis Mesin Cetakan *Layer*

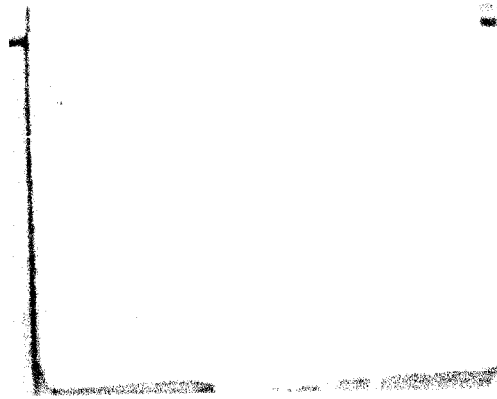
Mesin cetakan *layer* dibuat dari kaca dengan ukuran kertas A4 yaitu, panjang 297 mm, lebar 210 mm, kemudian ketebalan kaca 10 mm. Ketebalan kaca dibuat tebal supaya pada proses penuangan lilin yang panas kaca tidak mudah pecah. Untuk menyatukan rangkaian kaca menggunakan baut antara sisi kiri dan sisi kanan. Proses pembuatan *layer*, dapat dilihat pada gambar 4.1.



**Gambar 4.1** Proses pembuatan *layer*

Gambar (a) menunjukkan kaca disusun sesuai ketebalan dan jumlah *layer* yang diinginkan, kemudian sisi kaca dilapisi minyak goreng agar lilin tidak menempel pada kaca, setelah itu kaca disatukan dengan baut sampai benar-benar rapat. Pada bagian penggir kaca diberi sabun colek supaya lilin tidak mengalir kemana-mana. Gambar (b) menunjukkan setelah rangkaian cetakan kaca tersusun, maka lilin dipanaskan sampai mencair tidak perlu sampai mendidih supaya lilin cepat dingin dan kaca tidak cepat pecah. Gambar (c) menunjukkan penuangan cairan lilin kedalam cetakan kaca apabila lilin masih menyusut tuang lagi lilin sampai benar-benar penuh. Gambar (d) menunjukkan lilin sudah keras tidak menyusut lagi dan siap untuk diambil untuk dibuat pola.

Setelah proses diatas selesai maka jadilah *layer* lilin polos dan siap untuk digambar pola sesuai dengan model produk yang diinginkan. Penggambaran pola dapat dilakukan dengan menempelkan kertas hasil *print* pada *layer* lilin atau *layer* langsung digambar dengan menggunakan jangka. Model *layer* polos, dapat dilihat pada gambar 4.2.



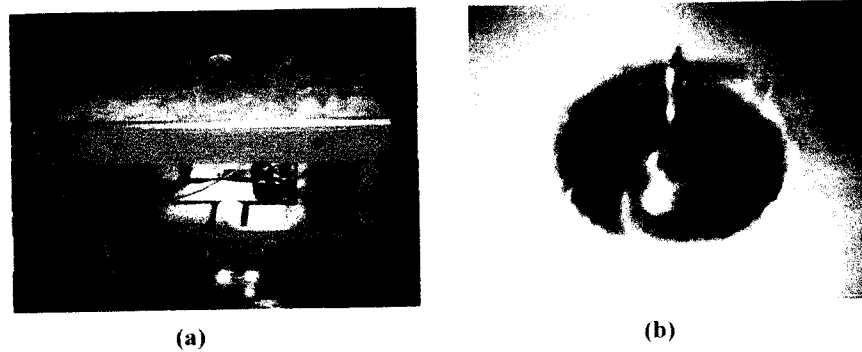
Gambar 4.2 Model *layer* polos

#### 4.1.2 Analisis Mesin Pembentuk Pola

Mesin pembentuk pola digunakan untuk memotong *layer* lilin yang sudah digambar pola. Mesin dipasang pada bagian bawah sebuah meja kemudian bagian tengah meja diberi lubang untuk mata bor. Sistem kerjanya yaitu, *layer* lilin yang sudah digambar pola diletakkan diatas meja kemudian *layer* langsung digerakkan



dengan tangan sehingga mata bor akan memotong *layer* sesuai dengan gambar pola yang dibuat. Mesin pembentuk pola, dapat dilihat pada gambar 4.3.

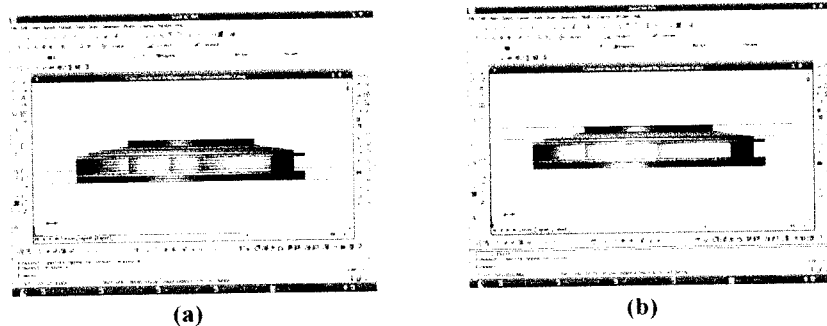


**Gambar 4.3** Mesin pembentuk pola

Gambar (a) menunjukkan kerangka meja yang terbuat dari kayu berguna untuk dudukan mesin pembentuk pola supaya mesin tidak bergerak. Gambar (b) menunjukkan model mata bor yang sudah dipasang pada meja sehingga mata bor dapat berputar secara *center*.

#### 4.1.3 Pemotongan *Master Per Layer*

Pada metode *Layer Deposition Manufacturing* proses pembagian pola per *layer* hanya menggunakan bidang pemotong yang diperbanyak sesuai dengan panjang model 3D yang akan dibuat dan diatur jaraknya sesuai yang diinginkan misalnya: 5 mm, 10 mm, 15 mm. Pemotongan *layer* dapat dilakukan dengan ketebalan yang sama misalnya 5 mm semua. Proses pemotongan ini akan kelihatan sambungan antara *layer* satu dengan yang lainnya maka masih diperlukan tahap *finishing*. Untuk mempermudah proses pembuatan serta mendapatkan hasil yang baik, maka pemotongan disesuaikan dengan batas bidang produk. Dengan demikian batas antara *layer* satu dengan *layer* lainnya tidak kelihatan sambungannya sehingga produk yang dihasilkan akan rapi. Pemotongan *master per layer*, dapat dilihat pada gambar 4.4.



**Gambar 4.4** Pemotongan master

Gambar (a) menunjukkan pemotongan model dengan jarak yang sama yaitu 5 mm. Gambar (b) menunjukkan pemotongan dengan jarak sesuai batas bidang produk. Metode *Layer Deposition Manufacturing* dalam pemotongan model dapat dilakukan secara *vertikal* maupun *horizontal* menyesuaikan tingkat kerumitan model produk yang akan dibuat.

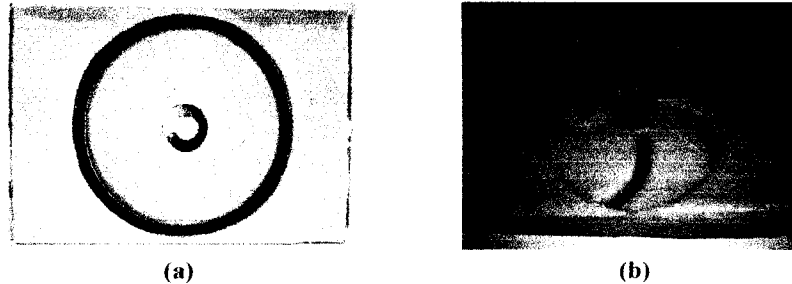
#### 4.1.4 Analisis Proses Pembuatan Pola

Untuk dapat mengetahui hasil cetakan *layer* yang dibuat dengan pemesinan baik dengan menggunakan mesin pola maupun dengan pisau potong, maka perlu dilakukan analisis terhadap data-data yang diperoleh pada saat melakukan pengujian. Data-data yang diperoleh ini berupa ukuran hasil dari proses pemesinan. Hasil dari pemesinan akan dibandingkan dengan hasil perancangan untuk mengetahui apakah ada kesamaan antara data pada saat perancangan di *CAD* dengan hasil yang didapat pada saat pemesinan.

##### 4.1.4.1 Menggunakan Mesin Pola

Tujuan pemotongan *layer* dengan mesin ini adalah untuk mendapatkan hasil potongan yang tegak lurus sehingga pada saat dituang material produk yang dihasilkan akan lurus. Pemotongan menggunakan mesin ini hasilnya tidak langsung halus maka perlu di *finishing* menggunakan pisau potong (*cutter*). Mesin ini mampu memotong *layer* baik yang tipis maupun yang tebal, hanya tinggal

mengganti mata bor sesuai dengan ketebalan *layer* yang akan dipotong. Pemotongan dengan mesin pembentuk pola, dapat dilihat pada gambar 4.5.

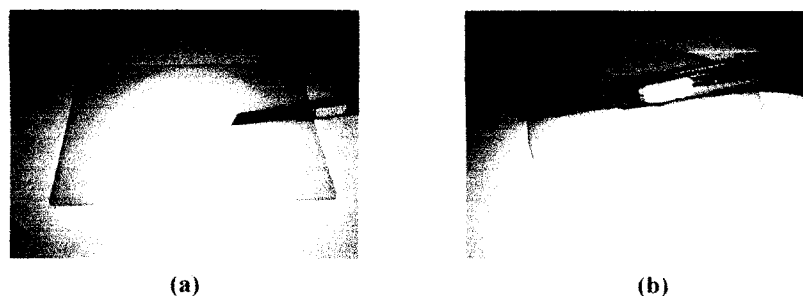


**Gambar 4.5** Pemotongan dengan mesin pola

Gambar 4.5.a Menunjukkan hasil pemotongan *layer* model lingkaran dengan mesin pola. Gambar 4.5.b menunjukkan hasil pemotongan *layer* model sudu dengan mesin pola

#### 4.1.4.2 Menggunakan Pisau Potong (*Cutter*)

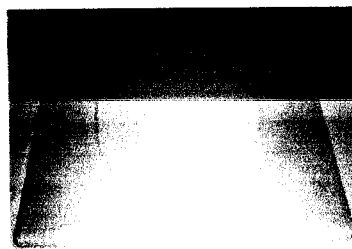
Tujuan pemotongan *layer* dengan pisau potong ini adalah untuk mendapatkan hasil potongan yang miring sehingga pada saat dituang material produk yang dihasilkan akan miring. Pemotongan menggunakan pisau potong ini hasilnya dapat langsung halus maka tidak perlu *difinishing*. Pemotongan dengan pisau potong ini mampu membuat kemiringan baik *layer* yang tipis maupun yang tebal, karena pada intinya metode manual ini dalam prakteknya sangat mudah hanya membutuhkan keuletan dan ketrampilan dalam pembuatan produk khususnya tiap *layernya*. Pemotongan dengan pisau potong, dapat dilihat pada gambar 4.6. :



**Gambar 4.6** Pemotongan dengan pisau potong

Gambar (a) menunjukkan pembuatan sudut luar proses pemotongan menggunakan pisau potong. Gambar (b) menunjukkan pembuatan sudut dalam proses pemotongan menggunakan pisau potong.

Setelah proses pembuatan sudut dalam dan sudut luar diatas selesai, kedua *layer* digabung menjadi satu maka model sudut akan terbentuk. Dalam meletakkan bagian *layer* tengah harus benar-benar pas pada titik tengah agar besar sudutnya bisa sama. Untuk meletakkan bagian tengah supaya pas pada titik tengah maka dibuat garis bantu dari tiap pojok *layer* secara menyilang terlebih dahulu, dengan adanya garis bantu tersebut maka ketemu titik tengah dengan demikian akan diperoleh hasil sudut yang sama besarnya. Gabungan antara dua *layer* yang sudah dibentuk pola sudut dalam dan sudut luar yang pemotongannya dengan pisau potong, dapat dilihat pada gambar 4.7.

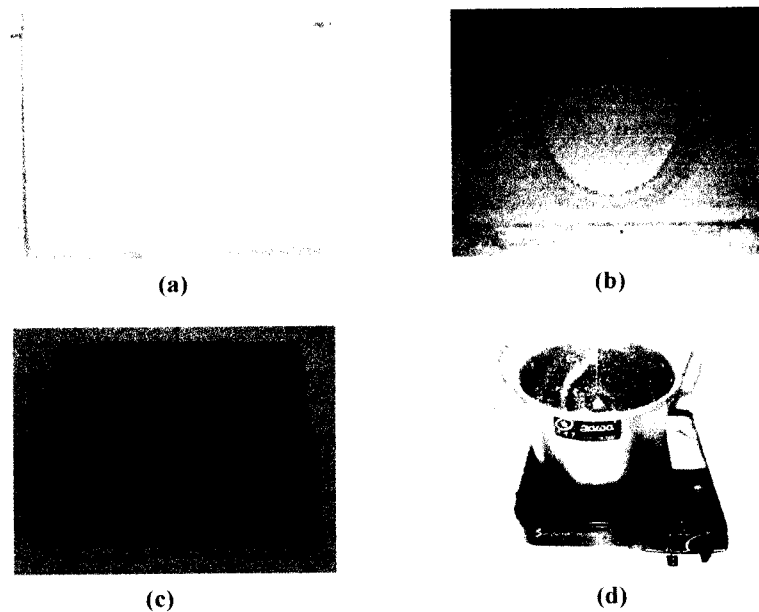


**Gambar 4.7** Model pola sudut

#### **4.1.5 Analisa Pembuatan *Master* Cetakan Sudu Dari Resin**

*Master* cetakan dibuat pertama kali sebelum pembuatan model cetakan produk. Bahan dasar *master* cetakan sudu pompa air sentrifugal menggunakan resin. Dengan cara, resin yang semula dalam bentuk cair kemudian dicampur dengan katalis sebagai pengeras, setelah tercampur dimasukkan kedalam *layer* yang sudah dibentuk pola sebelumnya. Dalam pembuatan pola *layer* bentuknya harus menyerupai sudu pompa air sentrifugal yang aslinya. Karena proses pembuatannya manual maka ukurannya pola *layer* diperbesar dari sudu pompa air sentrifugal yang sebenarnya. Hal ini bertujuan supaya saat pengurangan material

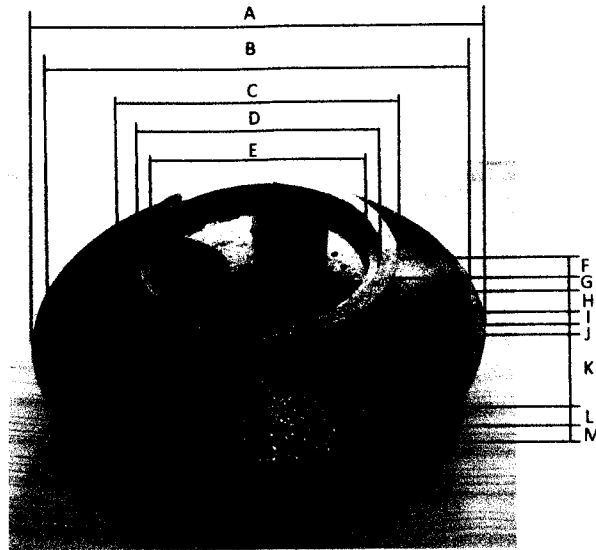
tahap *finishing* produk yang dihasilkan ukurannya bisa sesuai dengan keinginan. Skema langkah pembuatan *master* cetakan, dapat dilihat pada gambar 4.8.



**Gambar 4.8** Proses pembuatan *master* cetakan

Gambar (a) menunjukkan bagian permukaan dasar diberi *layer* polos/kaca supaya produk yang dihasilkan rata. Gambar (b) menunjukkan penyusunan *layer-layer* berikutnya yang sudah dibentuk pola sebelumnya secara lapis demi lapis sampai *layer* terakhir. Gambar (c) menunjukkan proses penuangan material kedalam pola cetakan *layer* yang sudah dibentuk pola sebelumnya. Gambar (d) menunjukkan proses merebus hasil penuangan *master* cetakan dengan air panas berfungsi untuk melarutkan lilin yang menempel pada resin.

Setelah proses pembuatan *master* diatas selesai maka perlu dilakukan *finishing* supaya produk yang dihasilkan halus. *Finishing* menggunakan gerinda kemudian setelah rata dihaluskan dengan amplas yang halus. *Master* cetakan yang sudah halus siap digunakan sebagai acuan dalam membuat cetakan produk.. Hasil *master* cetakan, dapat dilihat pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Model master cetakan resin

## 4.2. Pembahasan

### 4.2.1 Pembahasan *Master* Cetakan Sudu Dari Resin

Setelah pembuatan *master* cetakan sudu dari resin selesai maka dilakukan pengukuran yang bertujuan untuk mengetahui besar kecilnya ukuran *master* cetakan sebelum penuangan material.

Pengukuran dilakukan menggunakan jangka sorong dengan kecermatan 0,05 mm.

Tabel 4.1 Ukuran *Master* Cetakan

Nama	Ukuran yang diharapkan	Ukuran yang dihasilkan
A	200,0 mm	200,15 mm
B	190,0 mm	192,30 mm
C	110,0 mm	109,95 mm
D	100,0 mm	100,20 mm
E	90,0 mm	93,45 mm

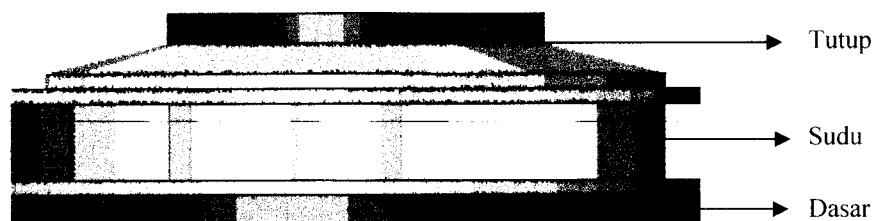
Nama	Ukuran yang diharapkan	Ukuran yang dihasilkan
F	5,0 mm	4,55 mm
G	5,0 mm	6,10 mm
H	10,0 mm	12,80 mm
I	5,0 mm	5,30 mm
J	5,0 mm	5,10 mm
K	25,0 mm	23,15 mm
L	5,0 mm	6,25 mm
M	5,0 mm	5,75 mm

Dari tabel 4.1 dapat dilihat bahwa ukuran *master* cetakan yang dihasilkan belum sesuai dengan ukuran yang diharapkan, hal ini dipengaruhi antara lain :

- Pada saat penggambaran pola dengan jangka kurang cermat dalam membaca ukuran yang ditentukan.
- Pada saat pemotongan *layer* dengan mesin potong mata bor terlalu besar maka terjadi kesalahan dalam pemotongan.
- Pada saat pemotongan *layer* dengan pisau potong masih melebar dari garis yang telah dibuat.

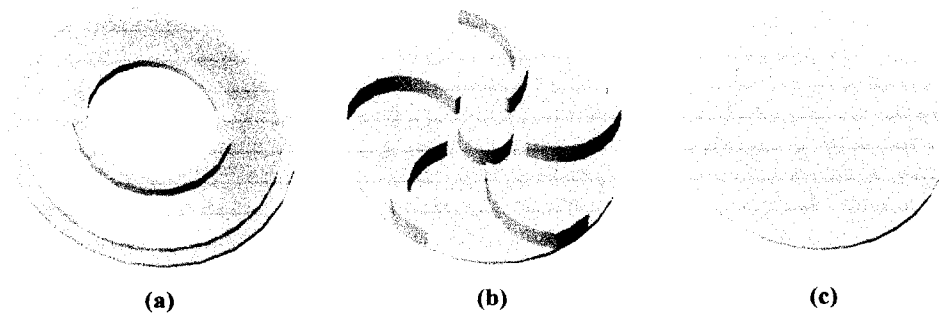
#### 4.2.2 Pembahasan Perancangan Model Cetakan Produk

Tujuan perancangan cetakan adalah untuk menghasilkan produk yang banyak serta bentuk dan ukuran bisa seragam. Model cetakan sama dengan model *master* cetakan hanya dipisah menjadi tiga bagian yaitu, tutup, sudu, dan dasar dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Potongan cetakan

Pemisahan cetakan menjadi tiga bagian ini untuk memudahkan membentuk pola cetakan pada pasir. Pasir merupakan material tahan panas yang tinggi sehingga sangat baik untuk cetakan pengecoran alumunium. Ukuran cetakan dibuat lebih besar dari pada *master* cetakan. Hal ini, dimaksudkan untuk mengantisipasi adanya penyusutan material saat pengecoran alumunium. Rancangan model cetakan produk, dapat dilihat pada gambar 4.11.



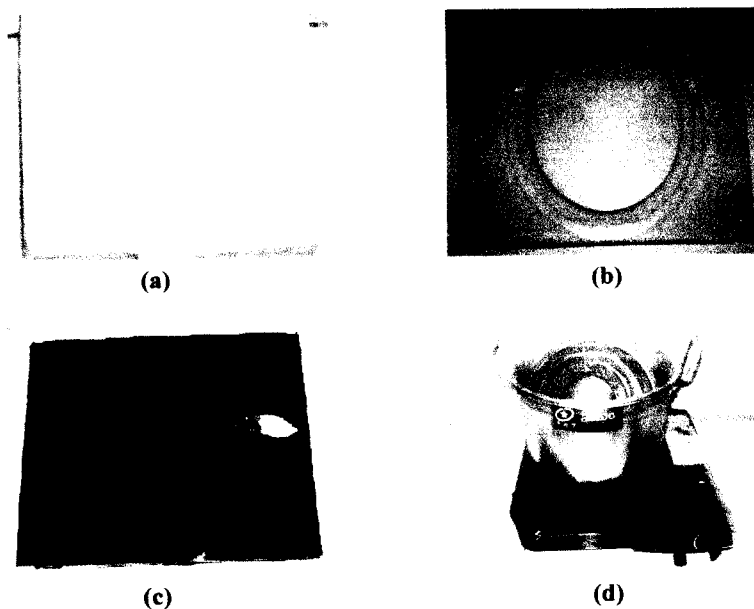
Gambar 4.11 Model cetakan produk CAD

Gambar (a) hasil perancangan CAD model cetakan bagian tutup. Gambar (b) hasil perancangan CAD model cetakan bagian sudu. Gambar (c) hasil perancangan CAD model cetakan bagian dasar.

#### 4.2.3 Pembahasan Pembuatan Model Cetakan Tutup

Tujuan pembuatan tutup sudu pompa air sentrifugal ini adalah untuk mempermudah proses pembuatan pola cetakan pada pasir untuk pengecoran alumunium. Proses pengerjaan bagian tutup ini sama dengan pembuatan *master* cetakan menggunakan metode *Layer Deposition Manufacturing (LDM)*. Material yang digunakan yaitu, resin dicampur dengan katalis sebagai pengeras, kemudian dimasukkan kedalam *layer* yang sudah dibentuk pola cetakan sebelumnya. Skema langkah pembuatan cetakan produk, dapat dilihat pada gambar 4.12.

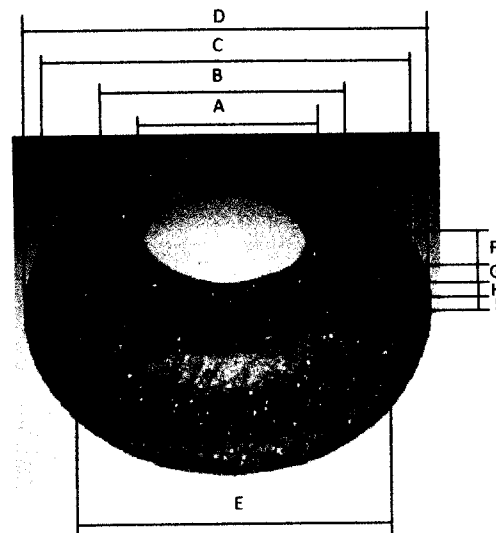




**Gambar 4.12** Proses pembuatan cetakan tutup

Gambar (a) menunjukkan bagian dasar diberi *layer* polos/kaca supaya produk yang dihasilkan pada bagian bawah rata. Gambar (b) menunjukkan penyusunan *layer* berikutnya yang sudah dibentuk pola sebelumnya sampai *layer* terakhir. Gambar (c) menunjukkan proses penuangan material resin melalui bagian atas yang sudah disiapkan lubang untuk penuangan material. Gambar (d) menunjukkan cetakan tutup direbus dengan air panas yang berfungsi untuk melarutkan lilin yang masih menempel pada cetakan tutup.

Setelah proses pembuatan cetakan produk diatas selesai maka perlu dilakukan *finishing* supaya halus. *Finishing* menggunakan gerinda kemudian setelah rata dihaluskan dengan amplas yang halus. Model cetakan tutup yang sudah di *finishing* siap untuk dijadikan cetakan pada pasir. Hasil cetakan produk bagian tutup, dapat dilihat pada gambar 4.13.



Gambar 4.13 Model cetakan tutup

Setelah pembuatan cetakan tutup ini selesai maka dilakukan pengukuran yang bertujuan untuk mengetahui besar kecilnya ukuran cetakan tutup sebelum penuangan material.

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan jangka sorong dengan kecermatan 0,05 mm.

Tabel 4.2 Ukuran Cetakan Tutup

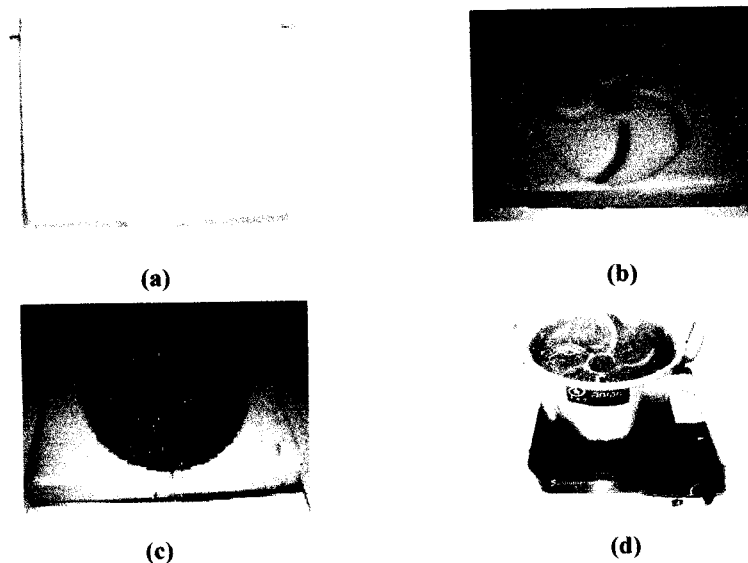
Nama	Ukuran yang diharapkan	Ukuran yang dihasilkan
A	90,0 mm	83,05 mm
B	110,0 mm	113,60 mm
C	190,0 mm	192,15 mm
D	200,0 mm	204,20 mm
E	150,0 mm	150,25 mm
F	10,0 mm	9,45 mm
G	10,0 mm	13,15 mm
H	5,0 mm	4,80 mm
I	5,0 mm	5,50 mm

Dari tabel 4.2 dapat dilihat bahwa ukuran cetakan tutup yang dihasilkan belum sesuai dengan ukuran yang diharapkan, hal ini dipengaruhi antara lain :

- Tebal *layer* kurang rata sehingga pada saat disusun *layer* berikutnya masih terdapat celah yang nantinya akan terisi material..
- Pada saat pembuatan sudut dengan pisau potong masih melebar dari batas garis yang telah dibuat.
- Mesin potong tidak presisi sehingga apabila digunakan untuk memotong masih banyak kesalahan dan tidak memenuhi syarat kerataan dan kedataran.

#### 4.2.4 Pembahasan Pembuatan Model Cetakan Sudu

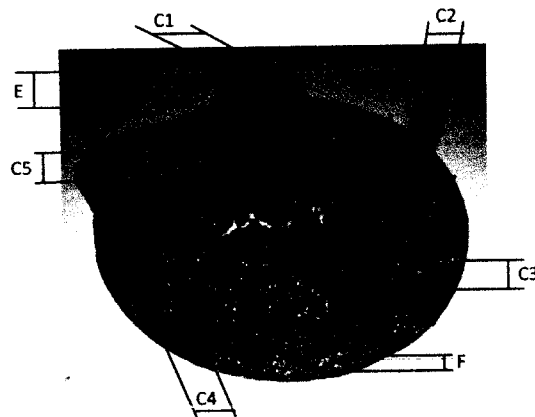
Tujuan pembuatan cetakan sudu adalah sama dengan pembuatan cetakan tutup yaitu, untuk membuat pola cetakan dipasir. Bagian sudu diperlukan dua *layer* pokok dengan tebal 25 mm, 5 mm ditambah dua *layer* tebal 10 mm sebagai landasan dan penutup atas supaya permukaan rata. Proses pembuatannya dengan metode *Layer Deposition Manufacturing (LDM)*. Skema langkah pembuatan, dapat dilihat pada gambar 4.14.



Gambar 4.14 Proses pembuatan cetakan sudu

Gambar (a) menunjukkan bagian dasar diberi *layer* polos agar nantinya produk yang dihasilkan rata. Gambar (b) menunjukkan penyusunan *layer* berikutnya yang sudah dibentuk pola sebelumnya sampai *layer* terakhir. Gambar (c) menunjukkan proses penuangan material kedalam cetakan *layer* yang sudah berbentuk pola. Gambar (d) menunjukkan cetakan sudu direbus dengan air panas untuk melarutkan lilin yang masih menempel pada cetakan sudu.

Setelah proses pembuatan cetakan sudu diatas selesai maka perlu dilakukan *finishing* supaya halus. *Finishing* menggunakan gerinda kemudian setelah rata dihaluskan dengan amplas yang halus. Hasil cetakan produk bagian sudu, dapat dilihat pada gambar 4.15.



Gambar 4.15 Model cetakan sudu

Setelah pembuatan cetakan sudu ini selesai maka dilakukan pengukuran yang bertujuan untuk mengetahui besar kecilnya ukuran cetakan sebelum penuangan material.

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan jangka sorong dengan kecermatan 0,05 mm.

**Tabel 4.3** Ukuran Cetakan Sudu

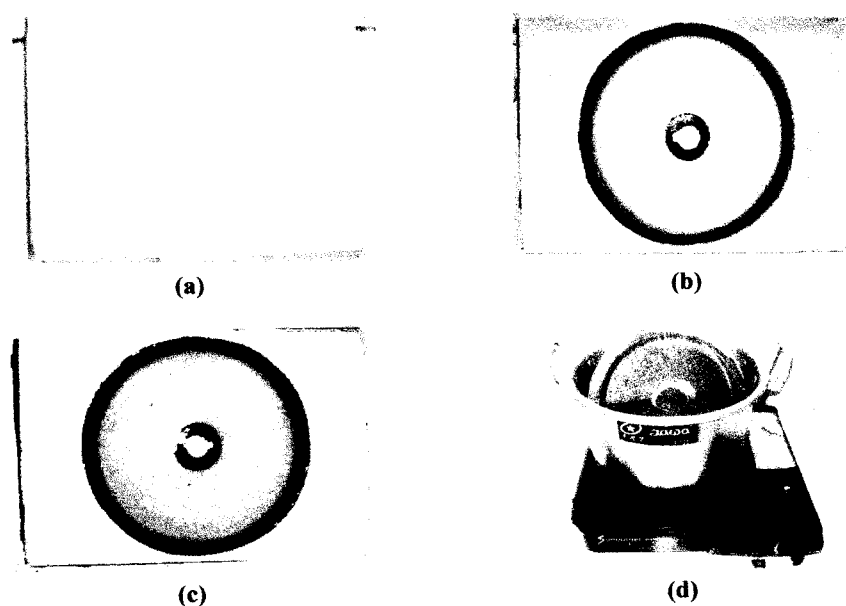
<b>Nama</b>	<b>Ukuran yang diharapkan</b>	<b>Ukuran yang dihasilkan</b>
A	40,0 mm	41,5 mm
B	200,0 mm	202,15 mm
C1	17,0 mm	17,80 mm
C2	17,0 mm	16,85 mm
C3	17,0 mm	13,05 mm
C4	17,0 mm	16,20 mm
C5	17,0 mm	16,15 mm
D1	5,0 mm	7,15 mm
D2	5,0 mm	8,50 mm
D3	5,0 mm	7,30 mm
D4	5,0 mm	8,75 mm
D5	5,0 mm	8,20 mm
E	25,0 mm	24,50 mm
F	5,0 mm	4,65 mm

Dari tabel 4.3 dapat dilihat bahwa ukuran cetakan sudu yang dihasilkan belum sesuai dengan ukuran yang diharapkan, hal ini dipengaruhi antara lain :

- Pada saat penggambaran sudu ukurannya *layer* kurang presisi.
- Pada saat pemotongan dengan mesin pembentuk pola masih terdapat kesalahan.
- *Layer* yang dihasilkan tidak datar masih terdapat lengkungan.

#### 4.2.5 Pembahasan Pembuatan Model Cetakan Dasar

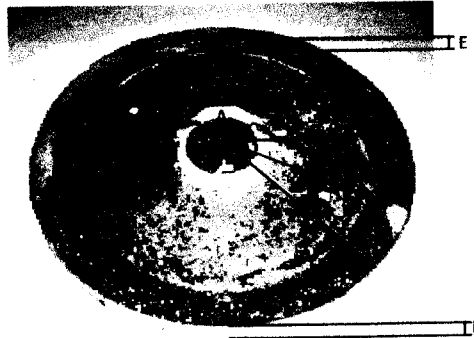
Tujuan pembuatan cetakan dasar adalah sama dengan pembuatan cetakan tutup dan sudu yaitu, untuk membuat pola cetakan dipasir. Bagian dasar diperlukan dua *layer* pokok dengan tebal 10 mm, 5 mm ditambah dua *layer* tebal 10 mm sebagai landasan dan penutup atas supaya permukaan rata. Proses pembuatannya dengan metode *Layer Deposition Manufacturing (LDM)*. Skema langkah pembuatan, dapat dilihat pada gambar 4.16.



Gambar 4.16 Proses pembuatan cetakan dasar

Gambar (a) menunjukkan bagian landasan diberi *layer* polos agar nantinya produk yang dihasilkan rata. Gambar (b) menunjukkan penyusunan *layer* berikutnya yang sudah dibentuk pola sebelumnya sampai *layer* terakhir. Gambar (c) menunjukkan proses penuangan material kedalam cetakan *layer* yang sudah dibentuk pola. Gambar (d) menunjukkan cetakan dasar direbus dengan air panas untuk melarutkan lilin yang masih menempel pada cetakan produk.

Setelah proses pembuatan cetakan dasar diatas selesai maka perlu dilakukan *finishing* supaya halus. *Finishing* menggunakan gerinda kemudian setelah rata dihaluskan dengan amplas yang halus. Hasil cetakan produk bagian dasar, dapat dilihat pada gambar 4.17.



Gambar 4.17 Model cetakan dasar

Setelah pembuatan cetakan dasar ini selesai maka dilakukan pengukuran yang bertujuan untuk mengetahui besar kecilnya ukuran cetakan sebelum penuangan material.

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan jangka sorong dengan kecermatan 0,05 mm.

Tabel 4.4 Ukuran Cetakan Dasar

Nama	Ukuran yang diharapkan	Ukuran yang dihasilkan
A	40,0 mm	41,25 mm
B	180,0 mm	183,15 mm
C	190,0 mm	192,70 mm
D	200,0 mm	202,10 mm
E	5,0 mm	5,45 mm
F	10,0 mm	10,10 mm

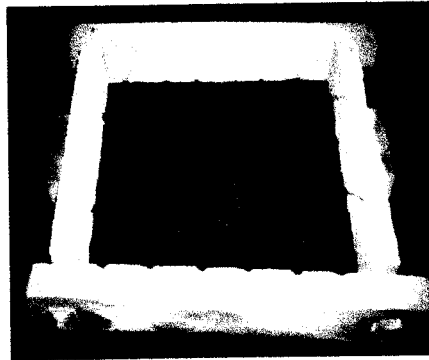
Dari tabel 4.4 dapat dilihat bahwa ukuran cetakan dasar yang dihasilkan belum sesuai dengan ukuran yang diharapkan, hal ini dipengaruhi antara lain :

- Pada saat penyusunan *layer* masih mengalami pergeseran.
- Saat penuangan resin banyak yang melebihi pola *layer* sehingga menyebabkan penyusunan *layer* berikutnya renggang.

- Didalam pola layer masih terdapat udara sehingga menyebabkan produk kurang rata.

#### 4.2.6 Pembahasan Proses Pengecoran Alumunium

Pengecoran alumunium menggunakan material pasir yang dihaluskan dan dicampur dengan air kemudian dipadatkan pada cetakan yang terbuat dari kayu. Tujuan pasir dipadatkan kedalam cetakan kayu ini supaya dapat dipindah-pindah tempat sehingga pasir bisa disusun keatas untuk mendapatkan produk yang diinginkan. Ukuran cetakan kayu yaitu panjang 520 mm, lebar 330 mm, tinggi 100 mm. Model cetakan kayu, dapat dilihat pada gambar 4.18.



Gambar 4.18 Model cetakan kayu

##### 4.2.6.1 Pengecoran Tutup

Pengecoran tutup dibuat terpisah dengan bagian sudu dengan tujuan supaya dalam proses pengecoran alumunium tidak menggunakan *core*. *Core* merupakan bahan untuk membuat lubang didalam produk. Pemisahan tutup ini dapat menghemat biaya produksi serta lebih cepat pengerjaannya dibandingkan dengan menggunakan *core*. Berikut skema langkah-langkah pembuatan :



**a. Pembuatan sudut dalam cetakan pasir :**



**Gambar 4.19** Pembuatan pola tutup dalam pada pasir

Gambar (a) menunjukkan pembentukan sudut dalam yaitu, proses diawali dengan tutup yang terbuat dari resin diisi pasir kemudian dipadatkan pada cetakan kayu. Gambar (b) menunjukkan setelah pasir benar-benar padat kemudian cetakan resin diangkat sambil dipukul pelan-pelan supaya pasir tidak menempel pada cetakan resin sehingga pasir akan membentuk pola sudut dalam.

**b. Pembuatan sudut luar cetakan pasir :**



**Gambar 4.20** Pembuatan pola tutup luar pada pasir

Gambar (a) menunjukkan pembentukan sudut luar, proses diawali cetakan tutup yang terbuat dari resin dimasukkan kedalam pasir, kemudian dipadatkan pada cetakan kayu. Gambar (b) menunjukkan setelah pasir sudah padat kemudian cetakan resin diangkat sambil dipukul pelan-pelan supaya pasir tidak menempel pada cetakan resin.

c. Gabungan sudut dalam dan sudut luar :



Gambar 4.21 Gabungan sudut dalam dan luar

Gambar (a) menunjukkan proses penuangan material aluminium ke dalam cetakan pasir, lubang satu untuk saluran material masuk dan lubang dua untuk saluran keluaran angin. Gambar (b) menunjukkan hasil pengecoran aluminium bagian tutup sebelum di *finishing*.

Setelah melakukan proses pengecoran tutup ini selesai maka dilakukan pengukuran yang bertujuan untuk mengetahui besar kecilnya ukuran tutup sudu pompa air sentrifugal yang sebenarnya.

Tabel 4.5 Ukuran Hasil Pengecoran Tutup

Nama	Ukuran yang diharapkan	Ukuran yang dihasilkan
A	83,05 mm	86,95 mm
B	113,60 mm	110,50 mm
C	192,15 mm	99,45 mm
D	204,20 mm	202,10 mm
E	150,25 mm	150,05 mm
F	9,45 mm	8,10 mm
G	13,15 mm	15,65 mm
H	12,60 mm	12,85 mm
I	5,50 mm	4,30 mm

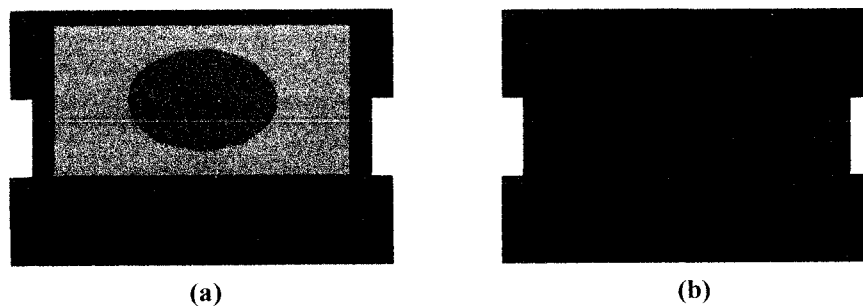
Dari tabel 4.5 dapat dilihat bahwa ukuran pengecoran tutup yang dihasilkan belum sesuai dengan ukuran yang diharapkan, hal ini dipengaruhi antara lain :

- Ukurannya cetakan tutup dari resin kurang presisi.
- Pada saat pengecoran material dari panas kedingin mengalami penyusutan.
- Pada saat pengambilan cetakan resin, pola pasir mengalami perenggangan.

#### 4.2.6.2 Pengecoran Sudu

Sudu dibuat gabung dengan bagian dasar bertujuan supaya pengecoran alumunium dapat dilakukan sekali penuangan. Penggabungan bagian sudu dan dasar ini dirasakan langkah yang praktis dalam proses pengecoran alumunium karena tidak lagi menggunakan *core*. Berikut skema langkah-langkah pembuatan :

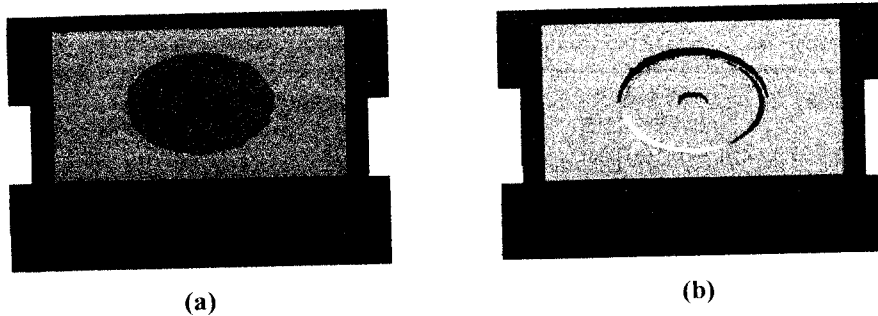
##### a. Pembuatan sudu cetakan pasir :



**Gambar 4.22** Pembuatan pola sudu pada pasir

Gambar (a) menunjukkan proses diawali dengan cetakan sudu yang terbuat dari resin dimasukkan kedalam pasir, kemudian dipadatkan pada cetakan kayu. Gambar (b) menunjukkan model pola cetakan sudu pada pasir setelah cetakan resin diambil.

b. **Pembuatan dasar cetakan pasir :**



**Gambar 4.23** Pembuatan pola dasar pada pasir

Gambar (a) menunjukkan pembuatan bagian dasar yaitu, cetakan dasar dari resin dimasukkan kedalam pasir kemudian dipadatkan kedalam kayu sampai semua pasir benar-benar padat. Gambar (b) menunjukkan model pola cetakan dasar setelah cetakan resin diambil dari pasir.

c. **Penggabungan pola sudu dan dasar :**



**Gambar 4.24** Pembuatan sudu dan dasar

Gambar (a) menunjukkan gabungan pola sudu dengan pola dasar kemudian penuangan alumunium kedalam pasir yang sudah dibentuk pola cetakan sebelumnya. Gambar (b) menunjukkan hasil pengecoran alumunium bagian sudu dan dasar sebelum *difinishing*. Setelah melakukan proses pengecoran ini selesai maka dilakukan pengukuran yang bertujuan untuk mengetahui besar kecilnya ukuran sudu dan dasar yang sebenarnya.

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan jangka sorong dengan kecermatan 0,05 mm.

**Tabel 4.6** Ukuran Hasil Pengecoran Sudu dan Dasar

Nama	Ukuran yang diharapkan	Ukuran yang dihasilkan
A	4,05 mm	40,40 mm
B	202,15 mm	202,75 mm
C1	17,80 mm	17,75 mm
C2	16,85 mm	16,40 mm
C3	13,05 mm	14,50 mm
C4	16,20 mm	17,80 mm
C5	16,15 mm	15,05 mm
D1	7,15 mm	7,75 mm
D2	8,50 mm	8,65 mm
D3	7,30 mm	7,70 mm
D4	8,75 mm	9,25 mm
D5	8,20 mm	9,85 mm
E	24,65 mm	22,90 mm
F	4,65 mm	5,70 mm

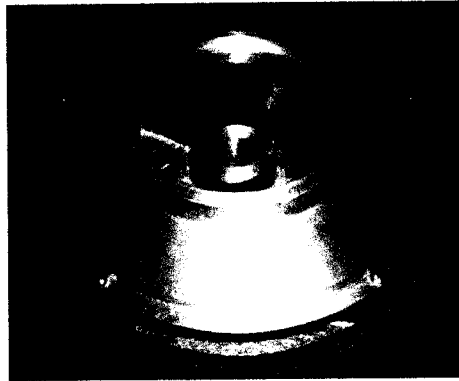
Dari tabel 4.6 dapat dilihat bahwa ukuran pengecoran sudu yang dihasilkan belum sesuai dengan ukuran yang diharapkan, hal ini dipengaruhi antara lain :

- Pola pasir mudah runtuh sehingga terjadi perubahan ukuran.
- Udara dalam pasir tidak bisa keluar semuanya sehingga hasil tidak rata
- Saat penggabungan pola sudu dan dasar tidak *center*

#### 4.2.7 *Finishing*

Pada tahap *finishing* menggunakan mesin bubut. Mesin bubut mampu membuat ukuran yang mendekati presisi dan produk yang dihasilkan langsung halus sehingga produk dapat langsung dipasarkan. Proses pengerjaannya bagian

tutup dan kipas dibubut sampai mendapatkan ukuran yang diinginkan kemudian disatukan dengan baut pada tiap-tiap ujung sudu. Berikut model sudu pompa :



Gambar 4.25 Model sudu pompa air sentrifugal

Setelah melakukan proses *finishing* ini selesai maka dilakukan pengukuran yang bertujuan untuk mengetahui besar kecilnya ukuran sudu pompa air yang sebenarnya.

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan jangka sorong dengan kecermatan 0,05 mm.

Tabel 4.7 Ukuran Hasil Produk

Nama	Ukuran yang diharapkan	Ukuran yang dihasilkan
A	200,0 mm	201,70 mm
B	190,0 mm	190,25 mm
C	110,0 mm	109,65 mm
D	100,0 mm	99,40 mm
E	90,0 mm	89,60 mm
F	5,0 mm	6,50 mm
G	5,0 mm	8,25 mm
H	10,0 mm	12,15 mm

Nama	Ukuran yang diharapkan	Ukuran yang dihasilkan
I	5,0 mm	4,80 mm
J	5,0 mm	5,25 mm
K	25,0 mm	22,65 mm
L	5,0 mm	6,95 mm
M	5,0 mm	4,75 mm

Dari tabel 4.7 dapat dilihat bahwa ukuran sudu pompa air sentrifugal yang dihasilkan belum sesuai dengan ukuran yang diharapkan. Hal ini, disebabkan mesin bubut yang digunakan untuk *finishing* kurang *center* dalam memotong produk.

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Pada teknologi *LDM* proses pembentukan produk atau rupa-rupa dilakukan dengan cara menambahkan material sedikit demi sedikit secara terkontrol sampai setinggi produk atau rupa-rupa yang akan dibuat. Metode *LDM* mampu digunakan untuk membuat *master* cetakan sudu pompa air sentrifugal untuk proses cor alumunium. Hal ini, terbukti bahwa *master* sudu pompa air sentrifugal baik bentuk sederhana maupun bentuk yang kompleks bisa dibuat dengan metode tersebut.

Penerapan metode *LDM* kedalam industri pengecoran alumunium untuk skala kecil dan menengah merupakan langkah alternatif yang praktis karena waktu yang dibutuhkan untuk pembuatan produk relatif singkat. Pada prakteknya proses pembuatan produk atau rupa-rupa dilakukan secara manual hanya dibutuhkan ketrampilan dan keuletan tangan biasa. Sehingga, metode *LDM* ini sangat baik diterapkan untuk pembuatan *master* cetakan pada proses cor alumunium.

### 5.2 Saran

Saran-saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya :

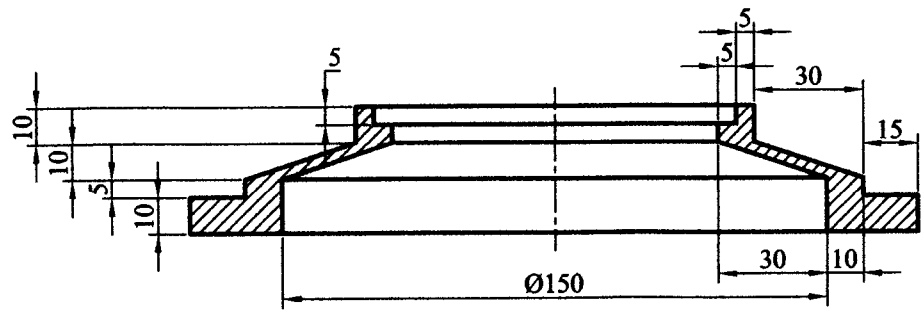
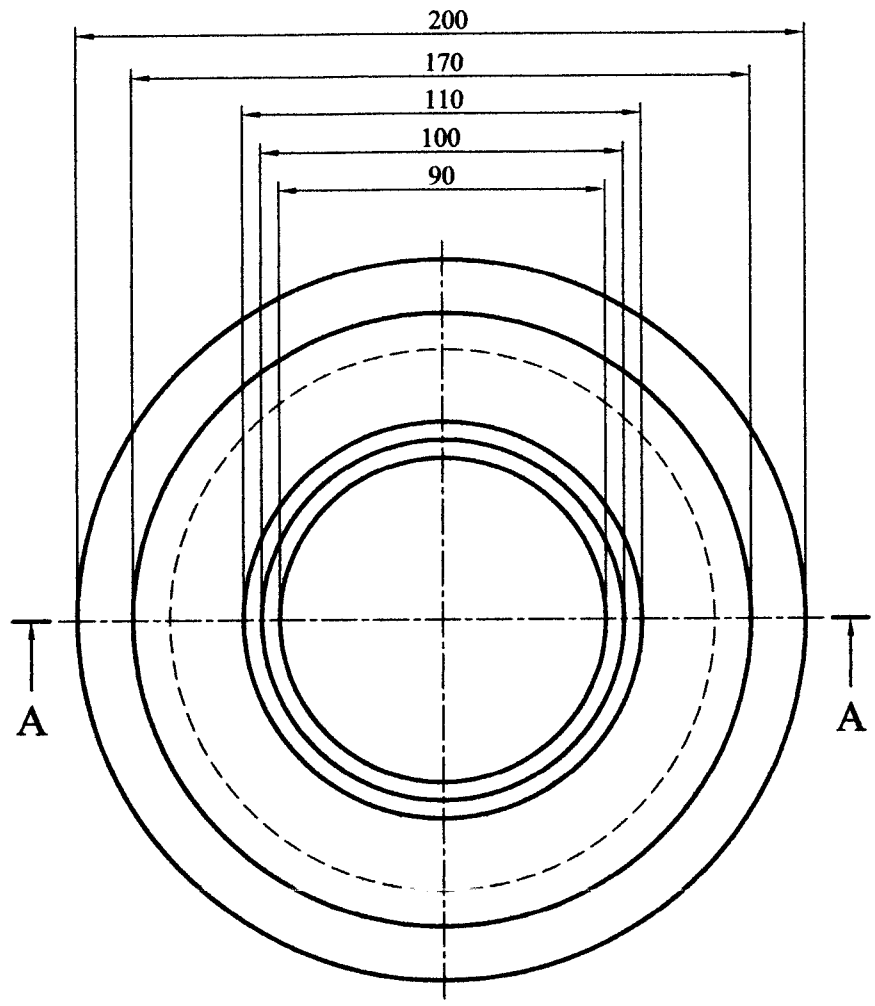
1. Agar ukuran yang diperoleh presisi sebaiknya pada saat perancangan produk memanfaatkan *CAD*.
2. Saat pembuatan pola *layer* sebaiknya ukuran dibuat lebih besar dari ukuran sebenarnya minimal 4 mm. Hal ini bertujuan untuk mengantisipasi adanya penyusutan material.
3. Pada saat penuangan resin sebaiknya lapis demi lapis secara bertahap supaya bagian pola *layer* tengah tidak geser.
4. Saat pemotongan *layer* sebaiknya tipis-tipis supaya hasilnya baik



## DAFTAR PUSTAKA

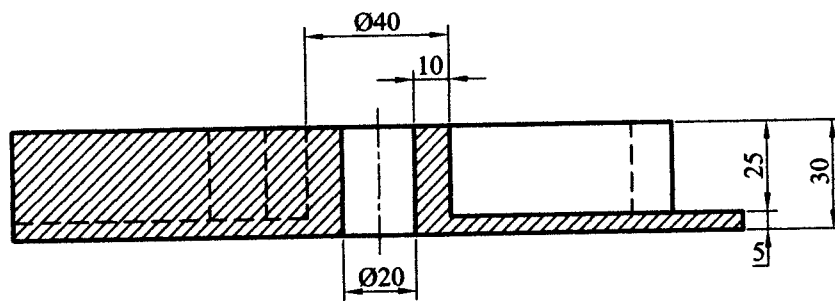
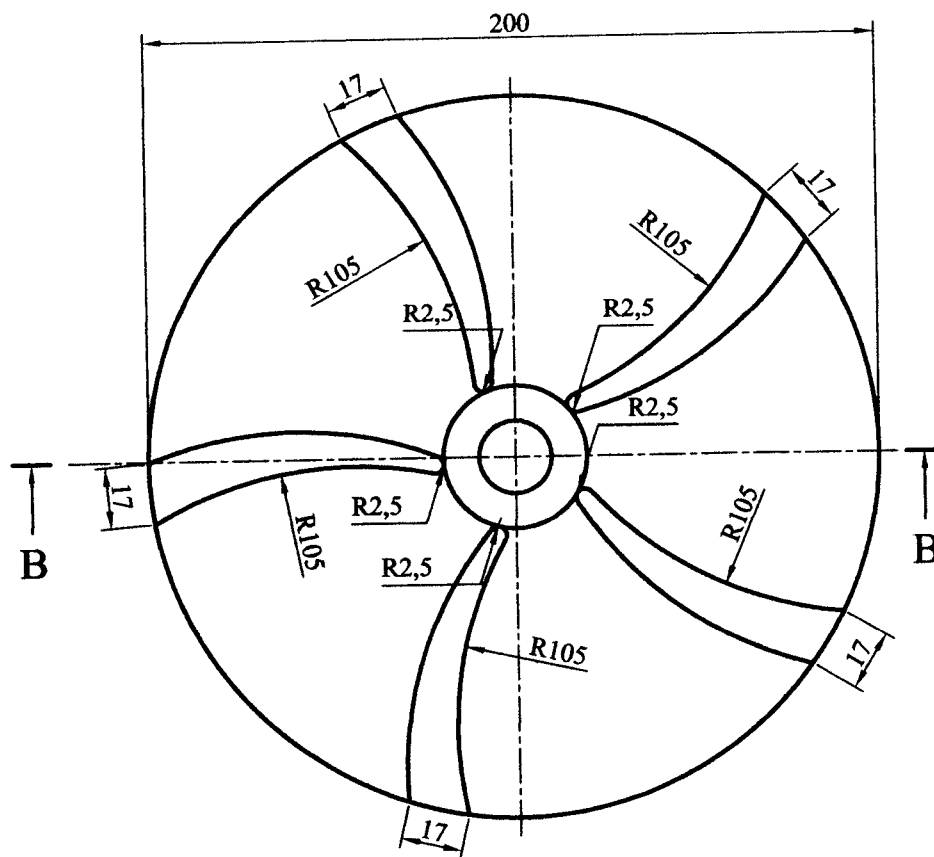
- Griffith. M. 1998. *Rapid Prototyping Technologies*. Rapid Prototyping.  
<http://www.me.psu.edu/lomancusa/me415/rpintro2.pdf>
- Jhonsen. 2003. *Aplikasi AutoCAD 2002 untuk Teknik Mesin*. Jakarta, PT Elex Media Komputindo.
- Prinz. F. B. 1994. *Novel Applications and Implementations of Shape Deposition Manufacturing*. Mechanical Engineering, Carnegie Mellon University  
<http://www.es.cmu.edu/~sdm/opener.htm>
- Surdia dan Shinroku. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta, Pradnya Paramita.
- Tontowi. 2004. *Kuliah Layer Manufacturing*. Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Gadjah Mada.
- Weiss. L. E. 1997. *Panel Report on Rapid Prototyping in Europe and Japan*. JTEC/WTEC SFF Processes.  
[http://www.itri.loyola.edu/rp/02\\_02.htm](http://www.itri.loyola.edu/rp/02_02.htm)

# LAMPIRAN



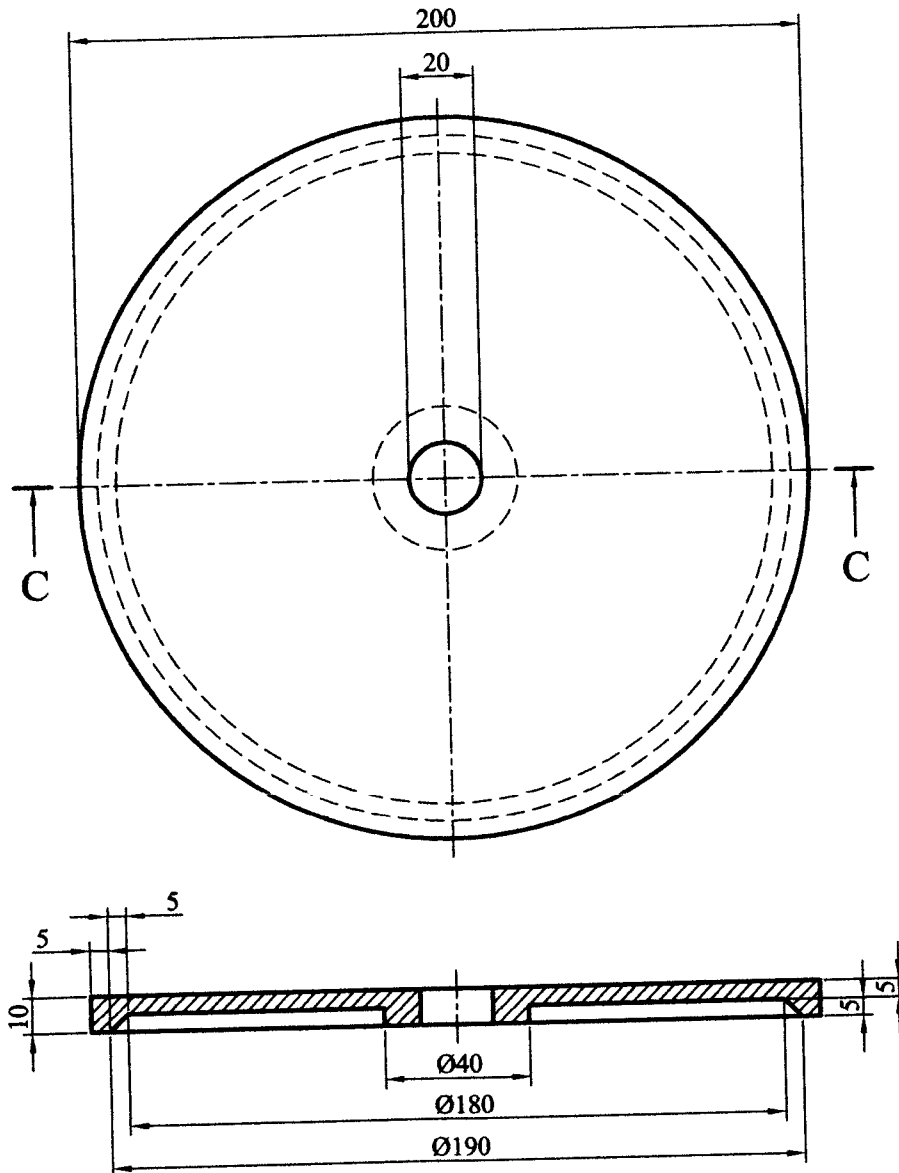
POT A - A

	SKALA : 1 : 2	DIGAMBAR : Agus Sunaryo	PERINGATAN :
	SATUAN : Milimeter	NIM : 00 525 075	
	TGL : 07 /01/ 2008	DILIHAT : M. Ridlwan, ST.MT.	
Univ. Islam Indonesia	MASTER CETAKAN ATAS		No. 01   A4



POT B - B

	SKALA : 1 : 2	DIGAMBAR : Agus Sunaryo	PERINGATAN :	
	SATUAN : Milimeter	NIM : 00 525 075		
	TGL : 07 /01/ 2008	DILIHAT : M. Ridlwan, ST.MT.		
Univ. Islam Indonesia	SUDU-SUDU		No. 02	A4



POT C - C

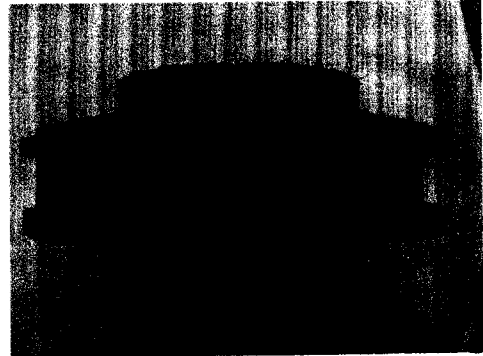
	SKALA : 1 : 2	DIGAMBAR : Agus Sunaryo	PERINGATAN :	
	SATUAN : Milimeter	NIM : 00 525 075		
	TGL : 07 /01/ 2008	DILIHAT : M. Ridlwan, ST.MT.		
Univ. Islam Indonesia	MASTER CETAKAN BAWAH		No. 03	A4

## LAMPIRAN

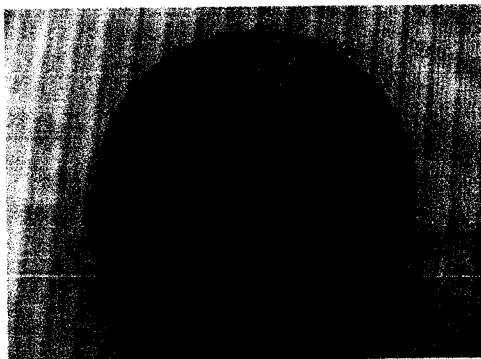
### Master Cetakan Sudu Pompa Air Sentrifugal



Tampak Atas Isometris



Tampak Depan

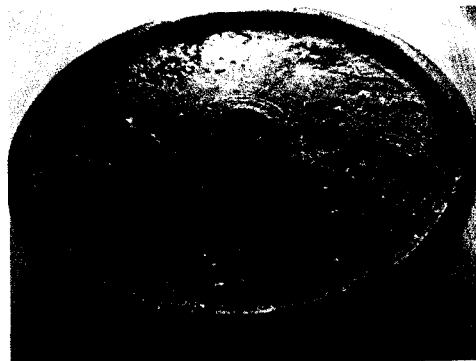


Tampak Atas



Tampak Bawah

### Percobaan Gagal

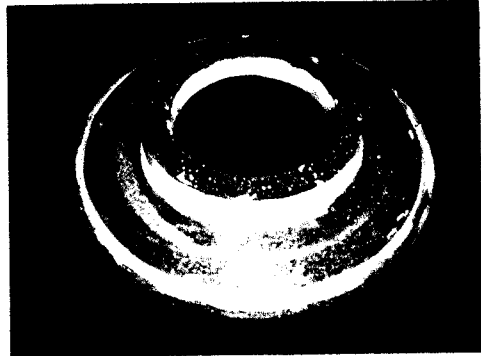


Produk Berlubang

### Cetakan Sudu Pompa Air Sentrifugal



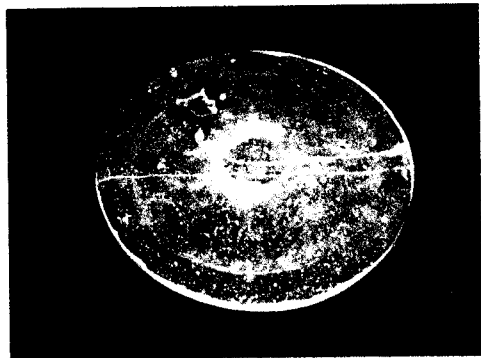
Gabungan Cetakan Resin



Cetakan Tutup Resin



Cetakan Sudu Resin



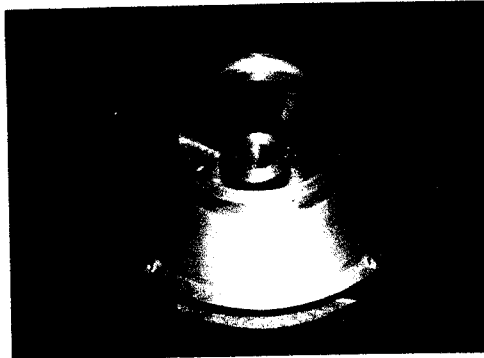
Cetakan Dasar Resin

### Percobaan Gagal



Produk Melengkung

## Cetakan Alumunium



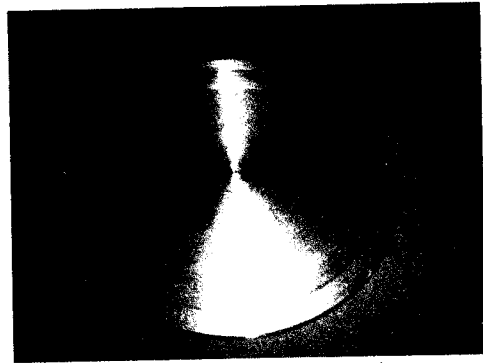
Gabungan Cetakan Alumunium



Cetakan Tutup Alumunium



Cetakan Sudu Alumunium



Cetakan Dasar Alumunium

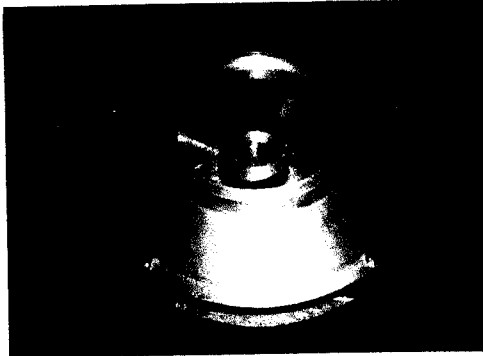
## Percobaan Gagal



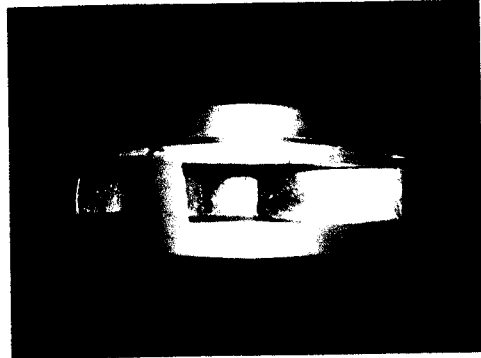
Produk tidak rata



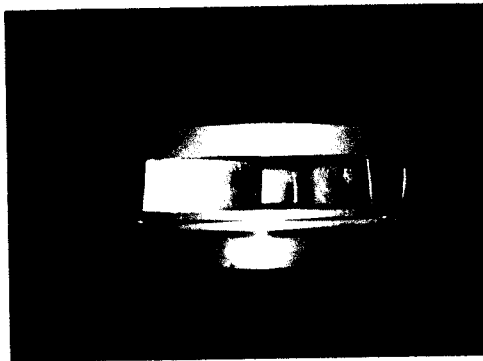
**Hasil Produk Sudu Pompa Air Sentrifugal**



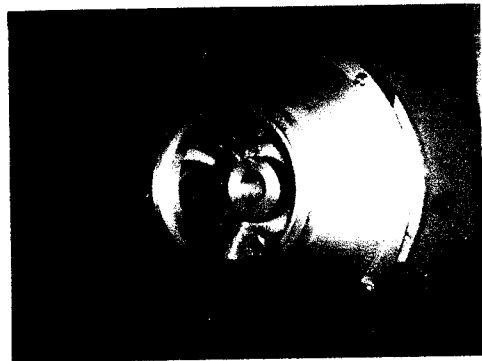
Tampak Isometris



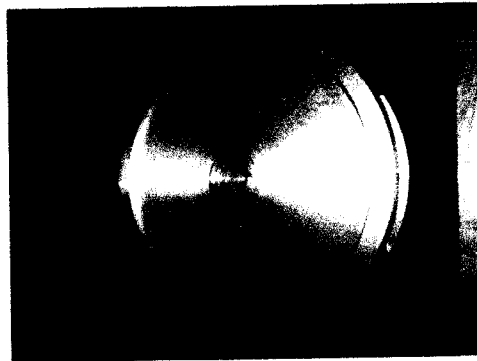
Tampak Depan



Tampak Samping



Tampak Atas Isometris



Tampak Bawah Isometris

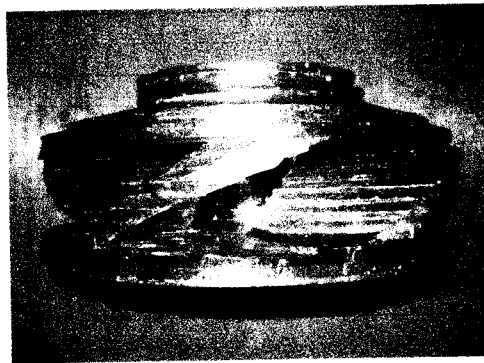
**Master Cetakan Sudu Pompa Air Sentrifugal Model Komplek**



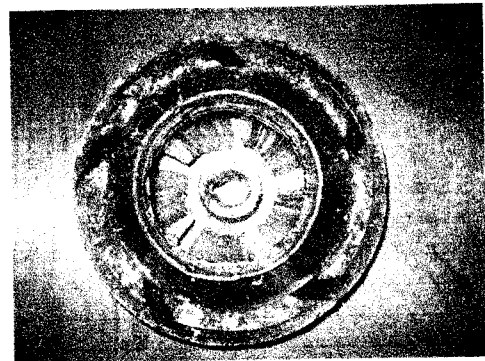
Tampak Depan Isometris



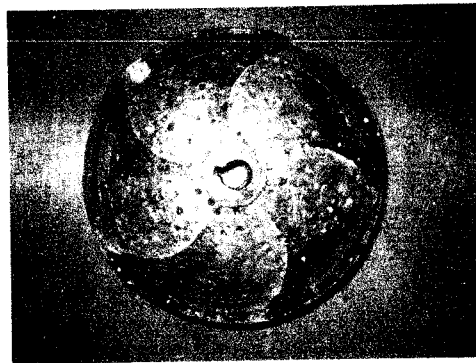
Tampak Bawah Isometris



Tampak Depan



Tampak Atas



Tampak Bawah