



**PENYUSUNAN DATA LAYER  
PADA PEMBUATAN PROTOTIPE DENGAN  
METODE LAYER DEPOSITION MANUFACTURING**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai salah satu syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
Pada Jurusan Teknik Mesin**



**Disusun oleh :**

**Nama : ADHI KUSHARTANTO**

**No.Mahasiswa : 00 525 068**

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

**2006**

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**

**PENYUSUNAN DATA LAYER  
PADA PEMBUATAN PROTOTIPE DENGAN  
METODE LAYER DEPOSITION MANUFACTURING**

**TUGAS AKHIR**

Oleh :

Nama : **ADHI KUSHARTANTO**

No. Mahasiswa : **00 525 068**

Jogjakarta, Desember 2006

Menyetujui,

*Pembimbing*

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Ridwan', with a horizontal line extending to the right.

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

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**  
**PENYUSUNAN DATA LAYER**  
**PADA PEMBUATAN PROTOTIPE DENGAN**  
**METODE LAYER DEPOSITION MANUFACTURING**

**TUGAS AKHIR**

Oleh :

Nama : **ADHI KUSHARTANTO**  
No. Mahasiswa : **00 525 068**

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

Yogyakarta, Desember 2006

Tim Penguji

**Muhammad Ridlwan ST., MT.**  
**Ketua**

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

**Purtojo, ST.**  
**Anggota II**



Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin  
Universitas Islam Indonesia



(Muhammad Ridlwan ST., MT.)

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*KUPERSEMBAHKAN TUGAS AKHIR INI UNTUK.....*

*MAMA DAN PAPA*

*Terimakasih atas segala pengorbanan, dukungan, cinta, kasih sayang dan doanya kepada ananda*

*Adikku Bobby dan Carlina*

*Aku yakin kalian pasti mendoakan kakakmu ini supaya cepat lulus dan sukses, amii.....nn!*

*My big Family in everywhere*

*Terimakasih atas pertanyaannya "Kapan lulus π.....?"*

*Someone in my heart ♥ Dyah Ika Sumiwi ♥*

*Thank's for your love*

*Makasih ya dah bantuin kakakmu yang pelupa ini....!*

*TEMEN SEPERJUANGAN*

*Hari, Fuad, Guntur, Partono, Izzudin, Kartono, Yusron, A2n,*

*.....*

*n' the big family of mechanical engineering*

*terimakasih atas kerjasama & persahabatannya*

## MOTTO

*“ Sesungguhnya shalatku, ibadahku, hidupku, dan matiku hanyalah untuk Allah, Rabb Semesta Alam ” (Al-An’aam : 162)*

*“...sesungguhnya Allah bersama orang-orang yang sabar” (Al-Baqarah :153)*

*“ Carilah dari yang diberikan Allah kepadamu pahala akhirat, dan jangan lupa bagianmu dari kehidupan dunia...” (Al-Zashash : 77)*

*“ Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.” (Al-Insyirah : 5-6)*

*“... Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat...” (Ds. Mujaadilah : 11)*

*“ Agar jangan kamu berduka cita atas sesuatu yang lepas darimu, dan jangan bersuka ria atas anugerah yang diberikan kepadamu...” (Al-Radid : 23)*

*“ Dia juga akan memberikan rizki kepadanya dari sebab yang tidak disangka...” (Alh Thalaag :3)*

*“ ...Dan barang siapa yang bertawakal kepada Allah niscaya Allah akan mencukupkan keperluannya...” (Alh Thalaag :3)*

*“ Usaha tanpa doa akan menghilangkan keberkahan, dan doa tanpa usaha akan berakhir dengan kekecewaan. “*

## KATA PENGANTAR



Assalaamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, penulis ucapkan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat, karunia serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Penyusunan Data Layer Pada Pembuatan Prototipe Dengan Metode *Layer Deposition Manufacturing***” yang merupakan syarat untuk mendapatkan Sarjana Strata Satu pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Bapak M. Ridlwan ST., MT. selaku dosen pembimbing dan Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang telah banyak meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan pelaksanaan tugas akhir ini. Selain itu penulis haturkan juga rasa terima kasih kepada :

1. Bapak dan Ibu Dosen serta karyawan FTI UII yang telah membimbing dan membantu baik kegiatan akademis maupun administratif.
2. Papa dan Mama tersayang, adikku Bobby dan Carlina atas dukungan baik lahir maupun batin dalam penyelesaian tugas akhir ini. Seluruh keluarga dengan segala dukungan dan doanya.
3. Spesial kepada Dyah Ika Sumiwi atas dukungannya baik lahir maupun batin hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
4. Teman-teman Jurusan Teknik Mesin UII.
5. Partono, Kartono, Fuad, Aan, Hari, Kelik, Guntur, Yusron, Izzudin, Said untuk persahabatan yang kalian berikan.
6. Rekan-rekan yang tidak bisa sebutkan satu persatu atas bantuannya hingga terselesaikannya tugas akhir ini.

Semoga apa yang diberikan mendapat imbalan yang setimpal dari Allah SWT. Tidak ada karya yang sempurna, namun besar harapan penulis dibalik ketidak sempurnaan ini, banyak manfaat yang dapat dipetik oleh semua pihak khususnya bagi penulis sendiri.

Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat merangsang lahirnya pemikiran-pemikiran baru untuk melakukan penelitian lebih lanjut yang akan melengkapi hasil penelitian ini.

Wassalamu'alaikum wr. Wb.

Jogjakarta, Desember 2006

Penulis

## ABSTRAKSI

*Pada metoda layer deposition manufacturing ini dalam pembuatan produk dibutuhkan penyusunan struktur data geometri setiap produknya. Pembuatan produk dengan metoda ini dengan cara lapis demi lapis maka metoda ini memerlukan data – data geometri setiap layer dari model produk. Data geometri tiap layer merupakan syarat mutlak dari metoda layer deposition manufacturing. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah menentukan struktur data geometri suatu produk dengan metode Layer Deposition Manufacturing.*

*Dalam melakukan penelitian ini tahap-tahap yang dilaksanakan adalah pembuatan desain, proses pemotongan tiap layer sampai penyimpanan data tiap layer nya yang dilakukan dengan menggunakan software CAD. Untuk dapat mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi penyusunan data–data geometrik sampai dengan hasil produk layer dari pemesinan, maka diperlukan analisis proses penyusunan data dan proses pemesinan.*

*Berdasarkan analisis yang dilakukan, dapat ditentukan metode penyusunan data geometri suatu model produk yang akan dibuat dengan menggunakan metode layer deposition manufacturing.*

**Kata kunci : *Layer Deposition Manufacturing, Software CAD, Struktur Data Geometri***

## DAFTAR ISI

<b>Halaman Judul</b> .....	i
<b>Lembar Pengesahan Pembimbing</b> .....	ii
<b>Lembar Pengesahan Penguji</b> .....	iii
<b>Halaman Persembahan</b> .....	iv
<b>Motto</b> .....	v
<b>Kata Pengantar</b> .....	vi
<b>Abstraksi</b> .....	viii
<b>Daftar Isi</b> .....	ix
<b>Daftar Tabel</b> .....	xi
<b>Daftar Gambar</b> .....	xii

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	1
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan Penelitian .....	2
1.5. Manfaat Penelitian .....	2
1.6. Sistematika Penulisan .....	2

### **BAB II LANDASAN TEORI**

2.1. CAD/CAM/CAE .....	3
2.2. AutoCAD .....	5
2.3. <i>Rapid Prototyping</i> .....	6
2.4. Format Data STL .....	7
2.5. <i>Stereolithography (SLA)</i> .....	8
2.6. <i>Laminated Object Manufacturing (LOM)</i> .....	9
2.7. <i>Sintering Laser Selektif (SLS)</i> .....	10
2.8. <i>Fused Deposition Model (FDM)</i> .....	11
2.9. <i>Solid Ground Curing (SGC)</i> .....	12

2.10.3-D Ink Jet Printing .....	13
2.11. Shape Deposition Manufacturing (SDM) .....	14
2.12. Layer Deposition Manufacturing (LDM) .....	16
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1. Alat dan Bahan .....	19
3.1.1. Alat .....	19
3.1.2. Bahan .....	19
3.2. Metoda Penelitian .....	19
3.3. Pembuatan Model 3D .....	20
3.4. Pembagian Data Per <i>Layer</i> .....	21
3.5. Penyimpanan Data Per <i>Layer</i> .....	23
3.5.1. Penyimpanan data dalam 1 file .....	23
3.5.2. Penyimpanan pada beberapa file .....	24
3.6. Proses Pembuatan Model .....	25
3.6.1. Metode manual .....	25
3.6.2. Metode presisi .....	29
3.7. Proses Pembuatan <i>Layer</i> .....	30
<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Analisis Pembagian Data Per <i>Layer</i> .....	31
4.2. Analisis Pembuatan Model .....	33
4.2.1. Metode manual .....	33
4.2.2. Metode presisi .....	34
4.3. Analisis Hasil Produk .....	36
4.3.1. Metode manual .....	36
4.3.2. Metode presisi .....	37
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1. Kesimpulan .....	38
5.2. Saran .....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	

## DAFTAR TABEL

Table 4.1. Ukuran Cetakan Dari Metode Manual .....	32
Table 4.2. Ukuran Cetakan Dari Metode Manual .....	33
Table 4.3. Ukuran Cetakan Dari Metode Manual .....	33



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Metoda <i>Stereolithography (SLA)</i> .....	8
Gambar 2.2.	Metoda <i>Laminated Object Manufacturing (LOM)</i> .....	9
Gambar 2.3.	Metoda <i>Sintering Laser Selektif (SLS)</i> .....	10
Gambar 2.4.	Metoda <i>Fused Deposition Model (FDM)</i> .....	11
Gambar 2.5.	Metoda <i>Solid Ground Curing (SGC)</i> .....	12
Gambar 2.6.	Metoda <i>3-D Ink Jet Printing</i> .....	13
Gambar 2.7.	Metoda <i>Shape Deposition Manufacturing (SDM)</i> .....	14
Gambar 2.8.	<i>Shape Deposition Manufacturing (SDM)</i> .....	14
Gambar 2.9.	Tahapan <i>deposition</i> dan <i>shaping</i> .....	15
Gambar 2.10.	Struktur multi material dengan menyisipkan komponen .....	15
Gambar 2.11.	Metoda <i>Layer Deposition Manufacturing (LDM)</i> .....	16
Gambar 3.1.	Metodologi Penelitian .....	18
Gambar 3.2.	Metode Penelitian .....	20
Gambar 3.3.	Model Produk .....	20
Gambar 3.4.	Bidang Potong .....	21
Gambar 3.5.	Memperbanyak Bidang Potong .....	21
Gambar 3.6.	Memotong produk .....	22
Gambar 3.7.	Penyimpanan data dalam 1 file .....	23
Gambar 3.8.	Menampilkan layer .....	23
Gambar 3.9.	Penyimpanan data beberapa file .....	24
Gambar 3.10.	Menampilkan layer .....	24
Gambar 3.11.	Metode Manual .....	25
Gambar 3.12.	Model Layer .....	26
Gambar 3.13.	Penempelan dan Pematangan layer .....	26
Gambar 3.14.	Penuangan lilin .....	27
Gambar 3.15.	Peletakkan Model Layer .....	27
Gambar 3.16.	Penuangan lilin setinggi layer .....	27

Gambar 3.17. Pengisian Dengan Filler .....	28
Gambar 3.18. Pemanasan Lilin .....	28
Gambar 3.19. Mesin CNC Roland tipe MDX 20 .....	29
Gambar 3.20. Merubah Format Data .....	29
Gambar 3.21. Proses Pembuatan Layer .....	30
Gambar 4.1. Jarak Bidang Potong .....	31
Gambar 4.2. Arah Bidang Potong .....	32
Gambar 4.3. Ukuran Bidang Potong .....	32
Gambar 4.4. Cetakan Layer Dengan Metode Manual .....	33
Gambar 4.5. Hasil Pemesinan .....	34
Gambar 4.6. Hasil Layer Dengan Metode Manual .....	36
Gambar 4.7. Hasil Layer Dengan Metode Presisi .....	37

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Penelitian dilakukan dengan metoda kajian referensi dan mencari metode alternative. Beberapa metoda yang telah dikenal dalam teknologi *Rapid Prototyping* seperti *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 Prototype* ini, kami menemukan suatu metode baru yang dapat digunakan dalam pembuatan *prototipe*, metode itu kami beri nama *Layer Deposition Manufacturing (LDM)*.

Pada metoda *layer deposition manufacturing* ini sangat dibutuhkan struktur data geometri setiap produknya. Pembuatan produk dengan metoda ini dengan cara perlayer / perbagian sehingga metoda ini sangat memerlukan data – data geometri setiap layer nya dari produk. Jadi struktur data geometri merupakan syarat mutlak dari metoda *layer deposition manufacturing*.

Pada proses *layer deposition manufacturing* data - data yang disajikan pada metoda *layer deposition manufacturing* berupa struktur data tiap *layer / bagian* dari suatu model 3 dimensi dan pengaruhnya terhadap hasil pemesinan baik dengan proses manual atau dengan proses pemesinan CNC, tetapi kali ini dikhususkan pada proses manual karena ditujukan pada industri kecil dan industri menengah.

### 1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana menghasilkan data tiap *layer* suatu produk dari model 3 dimensi dengan menggunakan *software CAD*, hal ini dilakukan dengan mencoba membuat 1 *layer* dari *layer* data suatu produk.

### 1.3. Batasan Masalah

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

- *Rapid Prototyping* yang digunakan adalah metode *Layer Deposition Manufacturing*.
- Menyusun struktur data geometri suatu produk dari model 3 dimensi dengan menggunakan *software CAD*.

### 1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian adalah menentukan metoda penyusunan data geometri suatu produk yang akan dibuat dengan metode *Layer Deposition Manufacturing*.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui metode penyusunan struktur data geometri *layer* dari suatu model produk yang digunakan dalam pembuatan suatu produk dengan menggunakan metode *Layer Deposition Manufacturing*.

### 1.6. Sistematika Pembahasan

Dalam sistematika penulisan tugas akhir ini diberikan uraian bab demi bab yang berurutan untuk mempermudah pembahasan. Pokok-pokok permasalahan dalam penulisan ini dibagi menjadi empat bab yang terdiri dari, bab I berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian. Pada bab II akan diberikan penjelasan secara terperinci mengenai teori-teori yang digunakan sebagai dasar dalam pemecahan masalah. Untuk metodologi penelitian terdapat pada bab III. Pada bab IV akan dilakukan analisis dan pembahasan terhadap hasil yang didapat pada bab sebelumnya. Sedangkan bab V merupakan bab penutup yang berisi kesimpulan penelitian dan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

## BAB II DASAR TEORI



### 2.1. CAD/CAM/CAE

Perkembangan teknologi CAD/CAM/CAE tidak dapat terpisahkan dari perkembangan teknologi komputer saat ini. Munculnya fasilitas – fasilitas baru pada software desain dan perancangan yang berhubungan dengan perkembangan teknologi terakhir (*hiperlink*, misalnya) menunjukkan bahwa orientasi pengembangan software menuju arah yang sama dengan perkembangan globalisasi.

Dengan semakin pesatnya teknologi tersebut, maka dari hari ke hari bahkan dari jam ke jam, banyak teknologi baru bermunculan. Semua seakan akan berlomba – lomba untuk menciptakan sesuatu yang baru. Kita seakan – akan dimanjakan oleh teknologi. Mau mengerjakan sesuatu sudah ada teknologi yang mampu melayani kita. Mau mencari informasi, tinggal klik, mau menciptakan sesuatu kita tinggal tekan tombol.

Perkembangan teknologi tersebut, salah satunya adalah peranan dan dukungan dari dunia komputer. Banyak permasalahan yang mampu diselesaikan dengan komputer. Komputer yang dulunya hanya ditugasi untuk menyimpan data dan informasi secara efektif, kini sudah sangat luas spektrumnya. Salah satu yang boleh dikatakan baru adalah pemanfaatan komputer pada bidang rancang bangun dan perekayasaan, yaitu penggunaan *Computer Aided Design (CAD)*, *Computer Aided Manufacturing (CAM)*, dan *Aided Engineering (CAE)*.

Munculnya CAD/CAM/CAE yang memberi kemudahan otomatisasi perancangan sangat memberikan andil yang cukup besar dalam peningkatan kualitas hasil produksi, terutama yang terkait dengan pemanfaatan teknologi tinggi. Bahkan dalam penggunaannya sendiri sudah sangat luas. Mulai dari mendesain kemasan makanan sampai bentuk makanan yang memikat pembeli. Di bidang karoseri, tidak perlu repot – repot mengerjakan desain sampai berjam –

jam bahkan sehari – hari dengan adanya CAD/CAM/CAE proses mendesain produk – produk tersebut menjadi lebih cepat.

Pada sisi lain CAD/CAM/CAE bersama dengan teknologi manufaktur lain seperti mesin perkakas CNC, logistik, dan lain – lain berkembang untuk saling mendukung dalam meningkatkan efisiensi proses guna mempersingkat waktu produksi, memangkas waktu non produktif maupun meningkatkan untuk kerja sistem yang dapat memungkinkan para konsumennya memenangkan kompetisi dalam pasar bebas.

CAD singkatan dari *Computer Aided Design*, CAM singkatan dari *Computer Aided Manufacturing* dan CAE adalah singkatan dari *Computer Aided Engineering* merupakan hal yang sangat penting dalam sebuah proses produksi. CAD secara bebas dapat didefinisikan sebagai segala aktivitas desain yang dibantu oleh Computer. Desain ini dapat dilakukan mulai dari konsep hingga penyelesaian.

Prinsip dasar dari CAD terdiri dari dua data, yaitu data *Geometri* dan Data *non geometri*. Data geometri adalah data yang terdiri dari hal yang berupa *line* (garis), *curve* (kurva), *Node* (titik) yang secara bersama mewakili bentuk geometri. Sedang data *non geometri* adalah data yang berupa daftar komponen, nomor gambar. Kedua jenis data ini dalam kerjanya terutama untuk memberi informasi produk yang akan dibuat.

Desain yang telah dibuat secara interaktif melalui CAD akan berkurang kegunaannya jika tidak dilanjutkan pada bagian produksi (*Manufacturing*). Dalam hal ini *Computer Aided Manufacturing* (CAM) sangat berperan dalam menindak lanjuti dari desain secara garis besar, desain tersebut disimulasikan dengan bantuan CAM.

Setelah kedua tahapan ini dilakukan maka bagaimana kita mengimplimentasikan ke pemesinan dimana dengan CAE kita tidak perlu lagi menterjemahkan bahasa mesin secara manual cukup hasil data yang telah kita peroleh dari CAM dapat langsung kita transfer menuju kepermesinan. Sehingga hubungan antara CAD, CAM dan CAE suatu bagian yang sangat integral.

## 2.2. *AutoCAD*

*AutoCAD* merupakan program komputer untuk membantu dalam mendesain yang telah cukup dikenal oleh para *desainer* bidang keteknikan. Pada dewasa ini *AutoCAD* mengalami perkembangan yang sangat fenomenal mengikuti arus teknologi di sekelilingnya. Kemajuan teknologi informasi dimanfaatkan sebaik-baiknya dengan menambah kemampuan dalam akses data lewat jaringan komputer bahkan sudah merambah teknologi internet. Hal ini terbukti dari munculnya berbagai komunitas pengguna *AutoCAD* di internet yang bertujuan untuk membahas dan berbagi pengetahuan tentang aplikasi yang satu ini. *AutoCAD* merupakan alat desain yang bersifat umum, dengan pengertian bahwa *AutoCAD* dapat digunakan oleh berbagai profesi yang berbeda, misalnya teknik mesin, arsitektur, geodesi, geografi dan sebagainya.

*AutoCAD* adalah program menggambar yang lebih banyak berorientasi pada gambar-gambar yang memerlukan ketelitian ukuran seperti menggambar teknik. Pada dasarnya tahap pembuatan gambar menggunakan *AutoCAD* tidak jauh berbeda dibandingkan dengan cara manual. Yang menjadi persoalan adalah, bagaimana dapat memanfaatkan fasilitas-fasilitas yang disediakan oleh *AutoCAD* tersebut secara terampil, sehingga mampu menjadikannya keunggulan yang signifikan dibandingkan dengan menggambar manual.

*AutoCAD* telah membuktikan diri sebagai salah satu di jajaran *software* terlaris dalam dunia *AutoCAD*. Tentu masing-masing orang mempunyai alasan yang berbeda-beda dalam menentukan pilihan, namun dari sekian banyak pengguna *AutoCAD* mempunyai pandangan tentang kelebihanannya sebagai berikut :

1. Akurasi

Tingkat presisi tinggi.

2. Praktis, cepat dan mudah

Mudah dalam pengeditan, dapat untuk penggambaran masal, dan hemat waktu.

3. Ruang kerja hampir tak terbatas

Setiap dokumen memiliki ruang kerja yang cukup lebar, apalagi *AutoCAD* tahun-tahun yang baru ini sudah mempunyai kemampuan *MDI (Multiple Document Interface)*.

4. Bersih dan rapi

Revisi dapat dengan mudah dilakukan tanpa menimbulkan bekas pengeditan.

5. Fleksibilitas skala

Skala gambar dapat diukur berbeda-beda sesuai keperluan tanpa merubah ukuran gambar perbagian.

6. Mudah didokumentasi

Mudah disimpan dan dibuka dalam bentuk *file*, bahkan hasil gambar *AutoCAD* dapat dibuka oleh beberapa *software*.

### 2.3. *Rapid Prototyping*

Secara umum yang membedakan teknologi *rapid prototyping* dengan proses lainnya seperti proses subtraktif, dan proses formatif yaitu proses subtraktif meliputi pengerjaan/pemesinan secara negatif atau mengurangi material dengan proses *Computer Numerical Control (CNC)* atau cara lainnya. Proses subtraktif yang telah dikenal seperti *milling, turning, drilling, sawing, grinding*, laser cutting, dan sebagainya. Sedangkan proses formatif meliputi kekuatan/pembebanan mekanik pada material agar membentuk bentuk yang diinginkan. Teknologi *rapid prototyping* juga dikenal dengan nama *layer manufacturing, 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. Teknologi ini masih relatif asing bagi industri manufaktur dan industri kerajinan di Indonesia, dan baru dikembangkan pada pertengahan tahun 1985. Beberapa metoda yang telah dikenal dalam teknologi *rapid prototyping* saat ini seperti *Stereolithography (SLA), Laminated Object Manufacturing (LOM), Selective Laser Sintering (SLS), Fused Deposition Modelling (FDM), Solid Ground Curing (SGC), 3-D Ink Jet Printing*.

#### 2.4. Format Data STL

Metode representasi untuk mendiskripsikan geometri CAD beragam antara satu sistem dengan sistem lainnya, sehingga perlu standard *interface* untuk menyamakannya. Standar ini adalah STL (*STereo Lithography*)

STL merupakan *de facto* standard yang digunakan pada sistem RP yang dikembangkan oleh 3D System, USA. File STL terdiri dari *facet-facet* berbentuk segitiga yang disusun tak urut (*unordered list*) dan merepresentasikan kulit luar dari suatu obyek. Ada 2 macam format STL:

- *ASCII format*
- *Binary format (size-nya < ASCII)*

Permukaan model 3D didekati dengan *facet triangular*, yang setiap triangular didefinisikan secara *independen* oleh 3 *vertice* dan vektor normal dengan kearah luar.

Penggunaan STL luas di luar aplikasi ini. Banyak sistem disain *Computer Aided Design* dapat mengeluarkan file format STL sebab lebih cepat dan mudah untuk menerapkan, jika mengabaikan ukuran-ukuran koneksi dari segi tiga. Banyak sistem pabrikan *Computer Aided Design* memerlukan model *triangulated* sebagai basis dari kalkulasi mereka.

Sejak keluaran file STL, tentang suatu jenis, hampir selalu didapatkan pada sistem CAD, dan sering digunakan sebagai suatu metoda cepat untuk pengimporan ilmu ukur *triangulated* ke dalam sistem CAM.

Ada banyak format file lain yang mampu dalam menyandi segi tiga yang tersedia, seperti VRML, DXF, tetapi mereka mempunyai kerugian yang mungkin untuk meletakkan hal-hal selain dari segi tiga ke dalamnya, dan begitu menghasilkan sesuatu tak dapat dipakai atau rancu.

Syarat Penting Untuk *Men-Generate* File STL, yaitu:

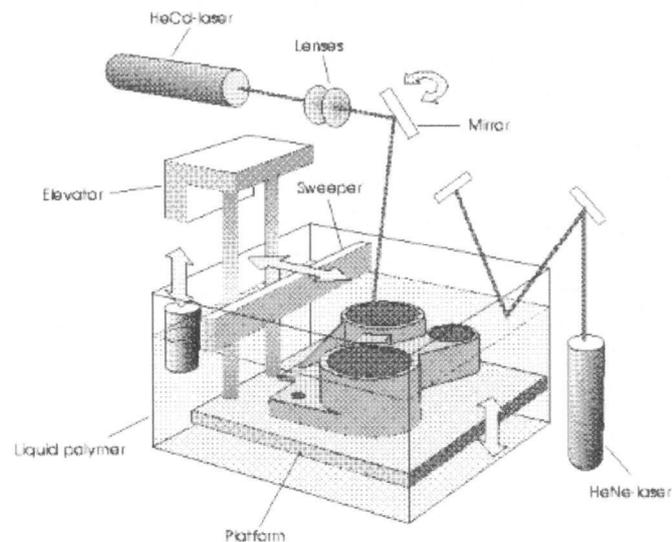
1. Data *triangle vertices* harus disimpan dalam file yang tersusun (in an ordered fashion) agar mudah dalam mengidentifikasi *interior* dan *exterior surfaces*.
  - *Order vertex* searah putaran jarum jam = *interior surface*
  - *Order vertex* berlawanan arah putaran jarum jam = *exterior surface*

2. Mengikuti aturan *Vertex-to-vertex rule*: Setiap *triangle* berdampingan dengan lainnya pada posisi yang persis

#### Problem STL File

- ❖ Tidak mengandung data topologi
- ❖ Banyak algoritma *tessellation* komersial yang digunakan *vendor* CAD tidak robust yang cenderung menimbulkan error karena model pendekatan *polygonal*. Error tsb antara lain:
  - Gaps (retak, lubang, legok karena adanya facet yang hilang)
  - *Degenerate facet* dimana semua sisinya adalah *collinear*
  - *Overlapping facet*
  - Kondisi non-topologi *manifold*

### 2.5. Stereolithography (SLA)



Gambar 2.1. Metoda *Stereolithography*

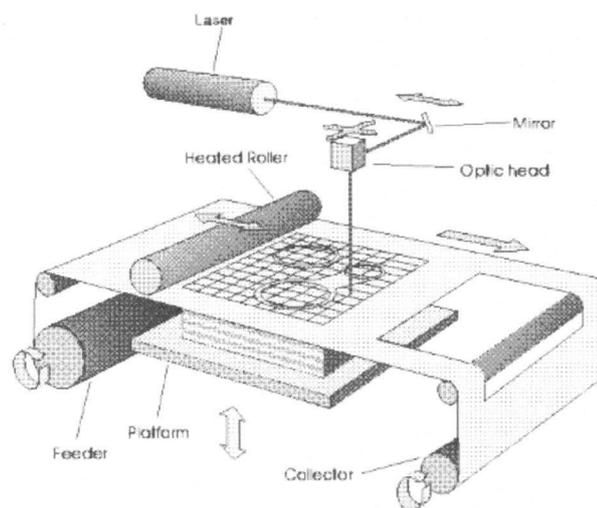
[<http://www.me.psu.edu/lamancusa/me415/rpintro2.pdf>]

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 polimer cair pada *layer* pertama sesuai disain produk yang akan di bentuk.

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*.

## 2.6. Laminated Object Manufacturing (LOM)



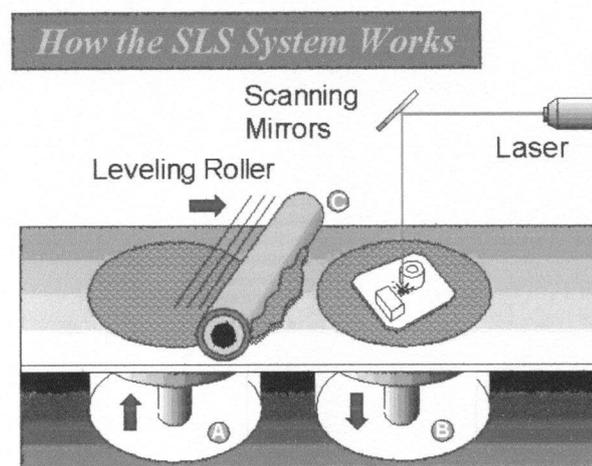
Gambar 2.2. Metoda LOM

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

Produk 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 landasan telah disusun dari kertas dan pita busa dua-sisi. Kemudian, penggulung yang terpanaskan tadi memberikan tekanan untuk mengikat kertas ke landasan. Sinar laser memotong sesuai disain dari layer 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, 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 sampai pada layer terakhir.

### 2.7. *Sintering Laser Selektif (SLS)*

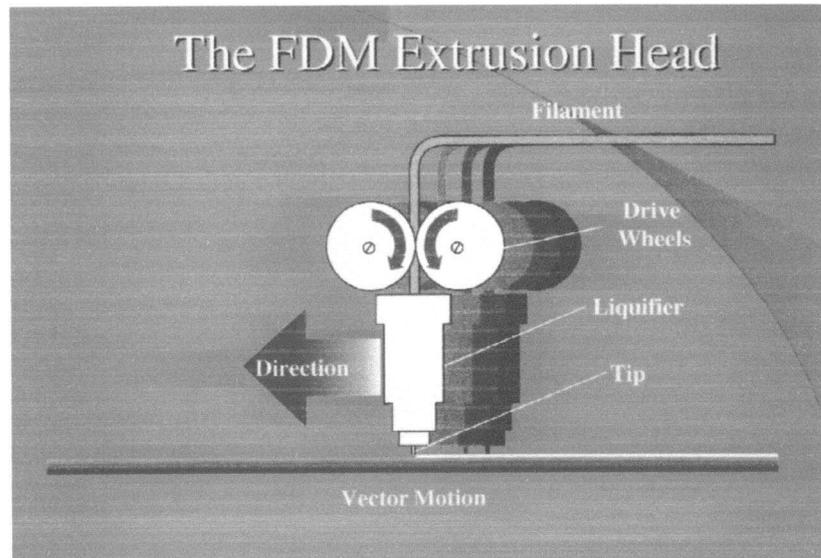


Gambar 2.3. Metoda SLS

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

Teknik ini, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3., menggunakan sinar laser untuk secara selektif melebur materi serbuk, seperti nilon, elastomer, dan logam. *Layer* pertama dibuat diatas *platform* yang berada tepat di bawah permukaan landasan. Sinar laser menyinari pola dari layer pertama, dan mensinternya bersamaan. *Platform* kemudian diturunkan di ketinggian lapisan berikutnya dan bubuk diberikan lagi. Proses ini berlanjut sampai *layer* terakhir selesai. Serbuk yang tidak terkena laser di setiap lapisan sebagai *support material* selama proses pembuatan.

## 2.8. Fused Deposition Model (FDM)

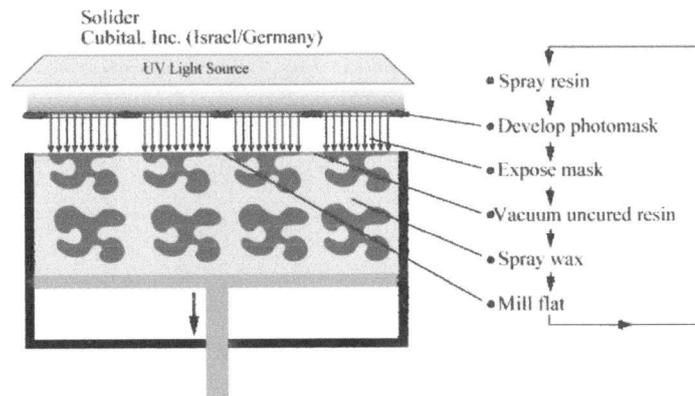


Gambar 2.4. Metoda FDM

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

Dalam teknik ini, filamen dari termoplastik yang dipanaskan didorong dari ujung yang bergerak di sumbu x-y. *Head ekstrusi* yang terkendali menyimpan layer 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 *support* secara otomatis timbul saat proses ini.

## 2.9. Solid Ground Curing (SGC)



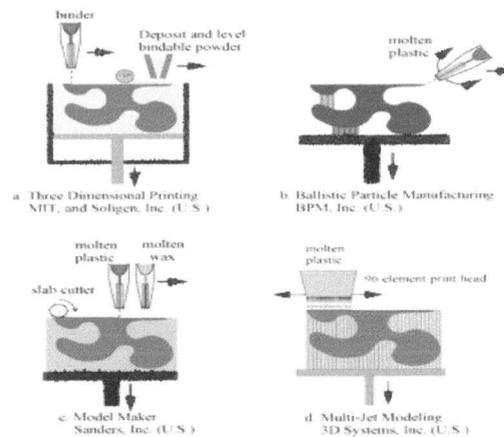
Gambar 2.5. Metoda SGC

[ [http://itri.loyola.edu/rp/02\\_02.htm](http://itri.loyola.edu/rp/02_02.htm) ]

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 stensil) dari layer yang akan dibuat. *Fotomask* ini dicetak pada plat kaca diatas *platform* menggunakan proses elektrostatis sama dengan pada fotokopi. Mask ini kemudian diberi cahaya UV, yang hanya melewati sisi transparan dari mask guna mengerasakan bentukan lapisan yang tengah diproses.

Setelah *layer dicuring*, mesin mengosongkan cairan resin yang berlebih dan menyemprotkan *wax* di tempat itu untuk menyokong model selama proses pembuatan. Permukaan atas didatarakan, 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.

### 2.10. 3-D Ink Jet Printing



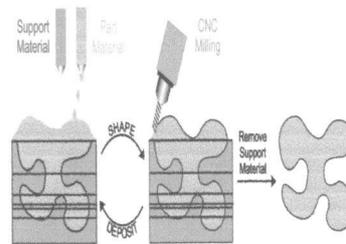
Gambar 2.6. Metoda 3-D Ink Jet Printing

[ [http://itri.loyola.edu/rp/02\\_02.htm](http://itri.loyola.edu/rp/02_02.htm) ]

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6., *layer* pertama dibangun di atas *platform* yang ditempatkan pada sebuah bak yang sarat dengan material serbuk. Sebuah *head printing ink-jet* secara selektif menempatkan atau mencetak *binder fluid* untuk melebur serbuk bersamaan di area yang diinginkan. Serbuk yang tidak terikat tertinggal/tersisa sebagai *support material*. *Platform* diturunkan, kemudian ditambahkan lebih banyak serbuk dan di angkat, dan proses itu diulang sampai *layer* terakhir. Ketebalan *layer* ideal adalah 0.1mm. Proses ini sangat cepat,

Versi *3D System* dari sistem berbasis *ink-jet* disebut dengan *Thermo-Jet* atau *Multi-Jet Printer*. Jika mesinnya menggunakan dua *ink-jet* (Lihat Gambar 6c). Satu melepaskan *termoplastik low-melt* untuk membuat model, sementara yang lain mencetak *wax* untuk membentuk *support material*. Setelah setiap *layer*, pemangkas menggiling permukaan atas untuk menyeragamkan ketinggian. Ini akan menghasilkan keakuratan yang baik.

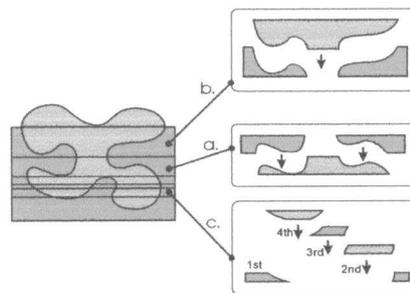
### 2.11. *Shape Deposition Manufacturing (SDM)*



Gambar 2.7. Metoda SDM

[ <http://www.cs.cmu.edu/~sdm/opener.htm> ]

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.

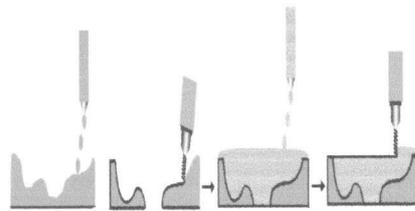


Gambar 2.8. SDM

[ <http://www.cs.cmu.edu/~sdm/opener.htm> ]

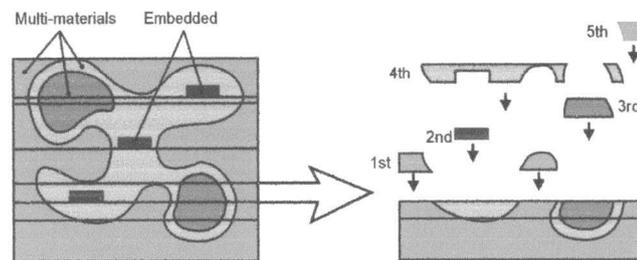
Pada gambar 2.8.c *support material* dibangun, setelah itu proses *cnc milling* untuk membentuk rongga cetak, setelah rongga cetak terbentuk, material produk dituang penuh, seperti pada gambar 2.8.a. pada proses ini terjadi proses *subtractive material*, yaitu menghilangkan material (warna kuning). Pada 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.cs.cmu.edu/~sdm/opener.htm> ]

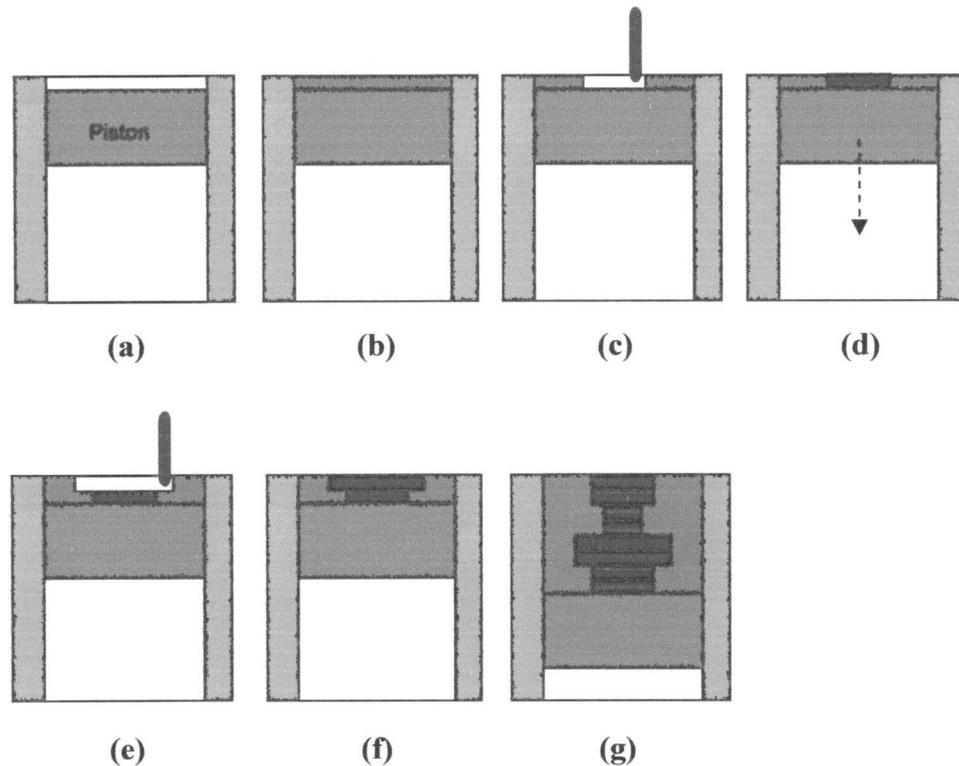


Gambar 2.10. Struktur multi material dengan menyisipkan komponen

[ <http://www.cs.cmu.edu/~sdm/opener.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.

### 2.12. Layer Deposition Manufacturing (LDM)



Gambar 2.11. Metoda LDM

Langkah kerja dari proses pembuatan produk dengan metoda ini adalah seperti pada gambar 2.11. Pada gambar (a) Pertama piston diturunkan beberapa milimeter lalu lilin cair sebagai material pendukung, dituang secara tipis ke suatu lubang silinder dan didiamkan hingga membeku membentuk satu lapisan lilin pada gambar (b). Pada lapisan lilin tersebut kemudian dibuat lubang cetak dengan proses freis menggunakan mesin CNC Milling agar lebih presisi seperti pada gambar (c). Lubang cetak terbentuk, kemudian material produk yang berbentuk cair atau pasta (*plastic steel*, resin-epoxy, dan lain-lain) dimasukkan ke dalam lubang cetak tersebut seperti pada gambar (d) dan segera mengeras setelah beberapa saat dengan bentuk menyesuaikan lubang cetak. Proses yang dilakukan untuk lapisan berikutnya, yaitu dengan menurunkan piston pada dasar lubang silinder, kemudian lilin cair dituang ke lubang silinder dan dibentuk lubang cetak

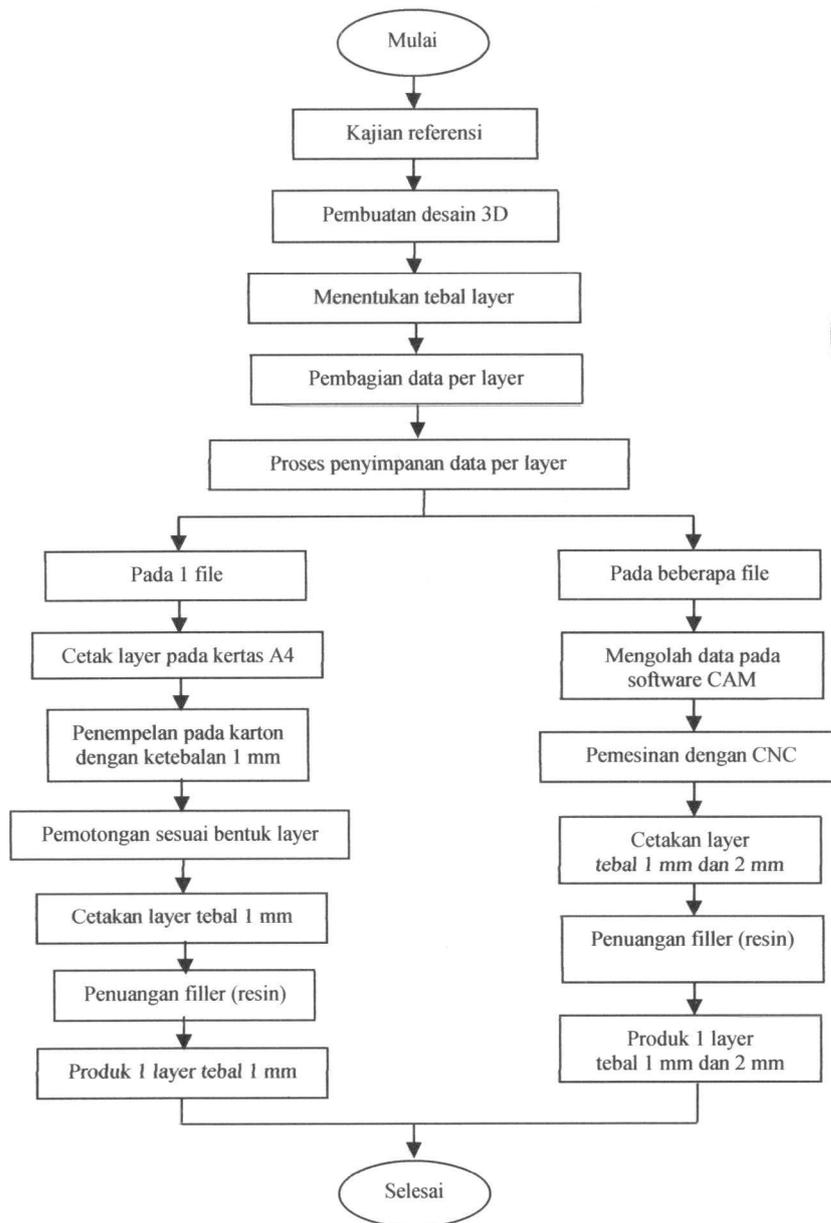
dengan proses pemesinan untuk lapisan berikutnya gambar (e). Pada gambar (f) material produk dituang, begitu seterusnya proses tersebut diulang-ulang hingga pada lapisan yang terakhir pada gambar (g).

Proses dari metoda ini secara manual dan memanfaatkan CNC. Secara manual diperuntukkan untuk industri kerajinan yang belum memiliki mesin CNC *milling*. Sedangkan pemanfaatan mesin CNC untuk industri besar dan untuk mencapai tingkat ketelitian yang tinggi.

### BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

Metode *layer deposition manufacturing* ini dapat digunakan untuk segala macam produk baik yang mempunyai kompleksitas yang rendah maupun kompleksitas yang tinggi seperti produk yang berongga.



Gambar 3.1. Metodologi Penelitian

### 3.1. Alat dan Bahan

#### 3.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

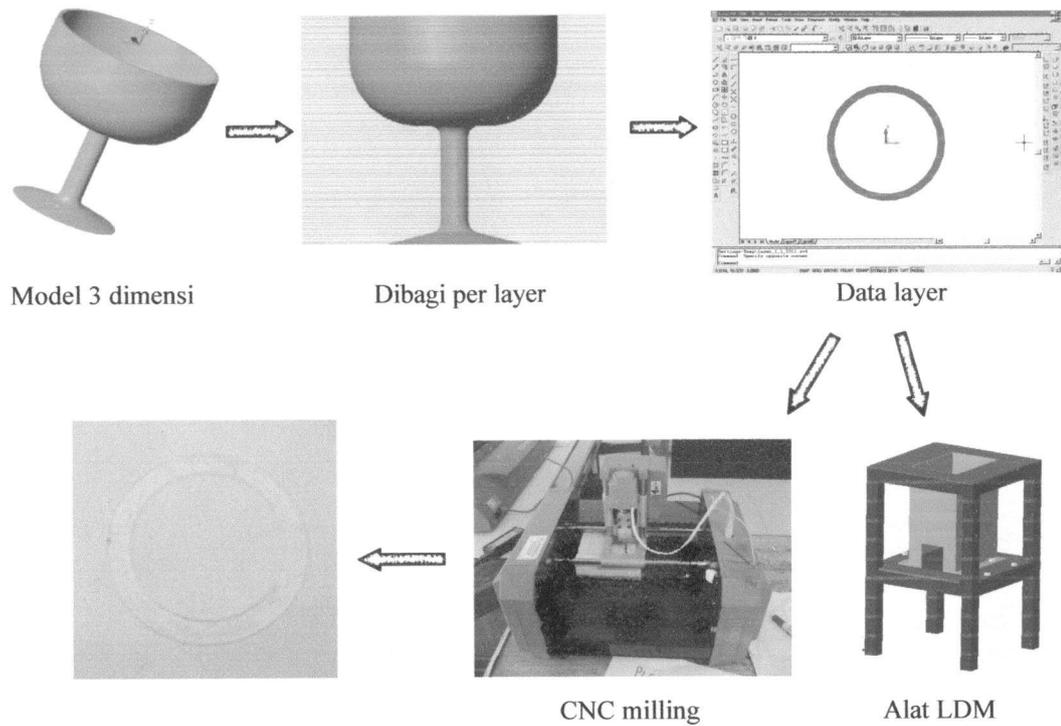
1. Pisau dapur sebagai pemangkas pasta resin saat dituang
2. Kompor dan panci
3. Toplek
4. Kuas
5. *Cutter* dan gunting
6. Isolasi
7. Kertas karton
8. Alat tulis dan penggaris
9. *Injector*
10. Jangka sorong dengan kecermatan 0,05 mm
11. *AutoCAD*
12. *ArtCAM*
13. Mesin CNC Roland tipe MDX 20

#### 3.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *wax* (lilin) yang akan digunakan sebagai support material. Material ini berupa plat dengan ketebalan 15 mm. Material yang akan diproses pada mesin CNC ini berukuran, panjang 90 mm dan lebar 90 mm. Material produk yang akan digunakan adalah resin.

### 3.2. Metoda Penelitian

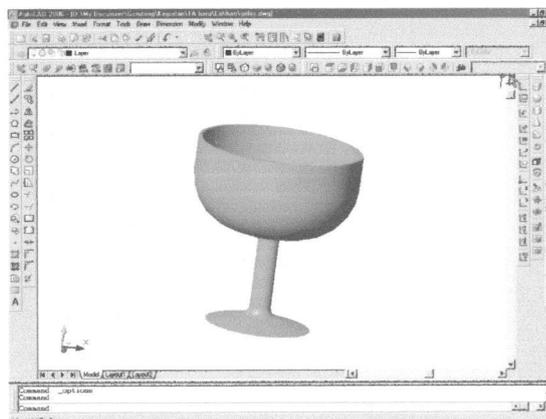
Dalam melakukan penelitian ini ada tahap-tahap yang harus dilaksanakan mulai dari pembuatan desain, proses pemotongan tiap *layer* sampai penyimpanan data tiap *layer* nya yang semuanya itu dilakukan dengan menggunakan *software AutoCAD*.



Gambar 3.2. Metode Penelitian

### 3.3. Pembuatan Model 3D

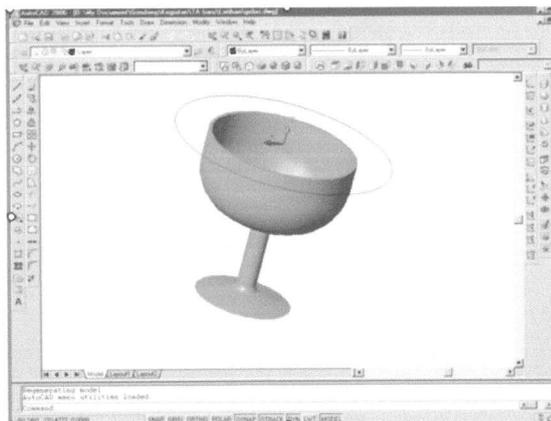
Desain prototype yang akan dilakukan yaitu membuat bentuk gelas dengan ukuran panjang gelas 100 mm dan diameter gelas bagian atas 80 mm. Pembuatan desain gelas ini dilakukan pada *software autoCAD* dalam bentuk 3 dimensi *solid*.



Gambar 3.3. Model Produk

### 3.4. Pembagian Data Per Layer

- Membuat bidang potong yang lebarnya harus melebihi lebar dari produk agar lebih memudahkan dalam proses pemotongan.

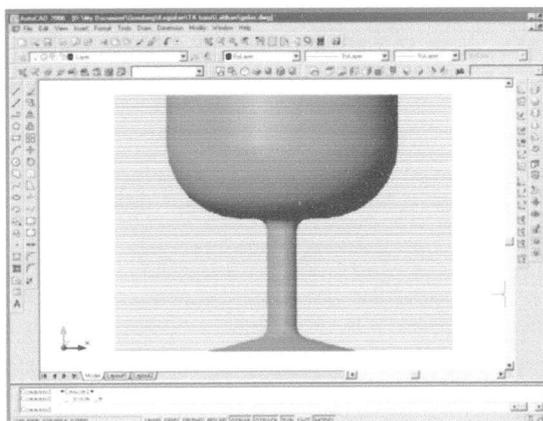


Gambar 3.4. Bidang Potong

Bidang potong yang digunakan dapat menggunakan bermacam-macam bentuk misal *circle*, *rectangle*, *polygon*, dll.

Langkah – langkah pembuatan :

- Tekan tombol *circle*.
  - Arahkan *mouse* pada titik tengah diameter bagian atas atau bawah kemudian klik.
  - Buat lingkaran yang lebih besar dari ukuran diameter gelas.
- Memperbanyak bidang potong sebanyak tinggi dari produk dan jarak antara bidang potong diatur sesuai dengan jarak yang dibutuhkan.

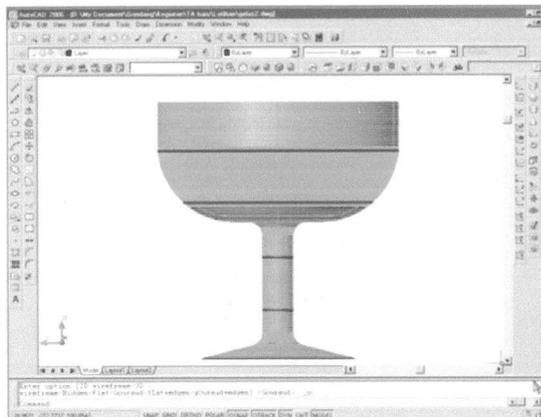


Gambar 3.5. Memperbanyak Bidang Potong

Langkah - langkah pembuatan :

- Tekan tombol *array* atau pilih menu *modify* pada *toolbar* dan pilih *array*.
- Pilih *rectangular array*.
- Pilih *select object* dan pilih bidang potong lalu *enter*.
- Isi *rows* 100 dan *column* 1.
- Isi kolom pada *offset distance* and *direction* pada *rows offset* 1 atau -1, *column offset* 1 dan *angle of array* 0.
- Tekan *preview* untuk melihat hasil dari *array*.
- Pilih *accept* jika hasil dari *array* sudah benar, dan pilih *modify* jika ingin melakukan pengeditan.

➤ Memotong sesuai dengan batas bidang potong.



Gambar 3.6. Memotong produk

Langkah - langkah pembuatan :

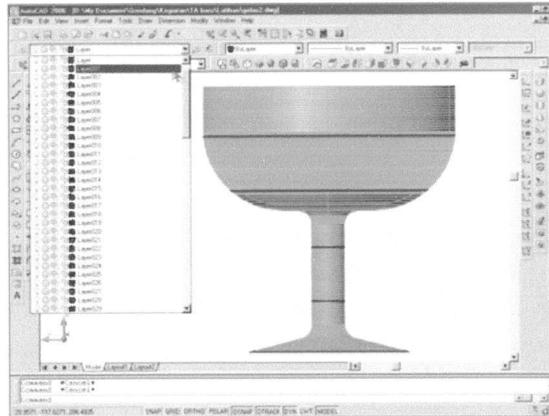
- Tekan tombol *slice* atau pilih menu *draw* pada *toolbar* kemudian pilih *solids* lalu pilih *slice*.
- Tekan gelas atau benda kerja yang akan dipotong lalu tekan *enter*.
- Klik 3 titik pada lingkaran (boleh sembarang).
- Ketik *b* lalu *enter*.
- Ulangi langkah ini satu per satu.

### 3.5. Penyimpanan Data Per Layer

Dalam penyimpanan data per *layer* ada 2 cara :

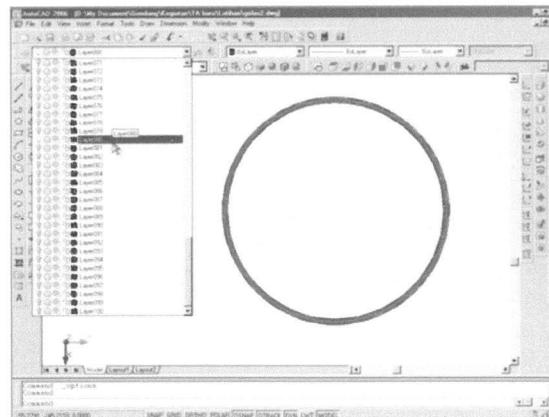
#### 3.5.1. Penyimpanan data dalam 1 file

Yaitu penyimpanan data dalam pemberian nama tiap *layer* dengan memanfaatkan fasilitas *layer* yang ada pada *software AutoCAD*.



Gambar 3.7. Penyimpanan data dalam 1 file

Cara menampilkan tiap *layer*

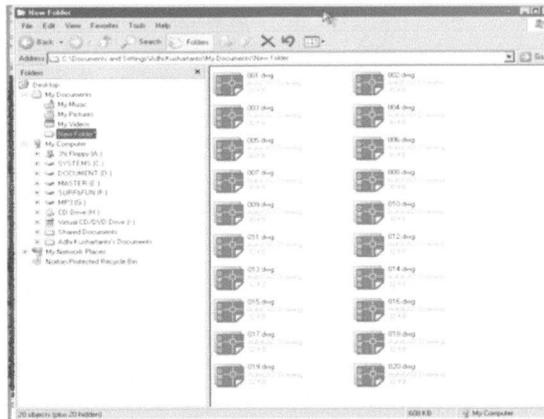


Gambar 3.8. Menampilkan layer

Cara menampilkan data tiap *layer* yaitu dengan memilih salah satu layer yang akan digunakan yang ada pada *software AutoCAD* pada fasilitas *layer*.

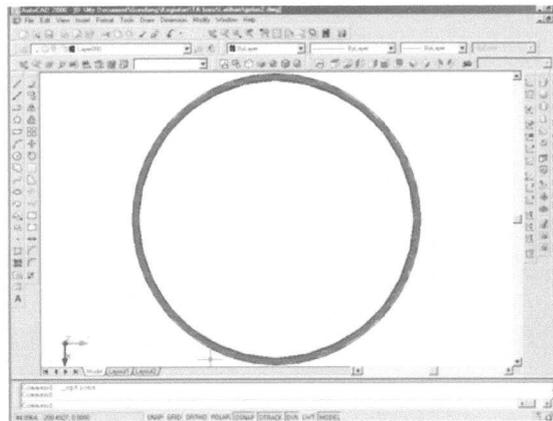
### 3.5.2. Penyimpanan pada beberapa file

Yaitu dengan menyimpan data tiap *layernya* 1 per satu pada file yang berbeda.



Gambar 3.9. Penyimpanan data beberapa file

#### Cara menampilkan tiap layer



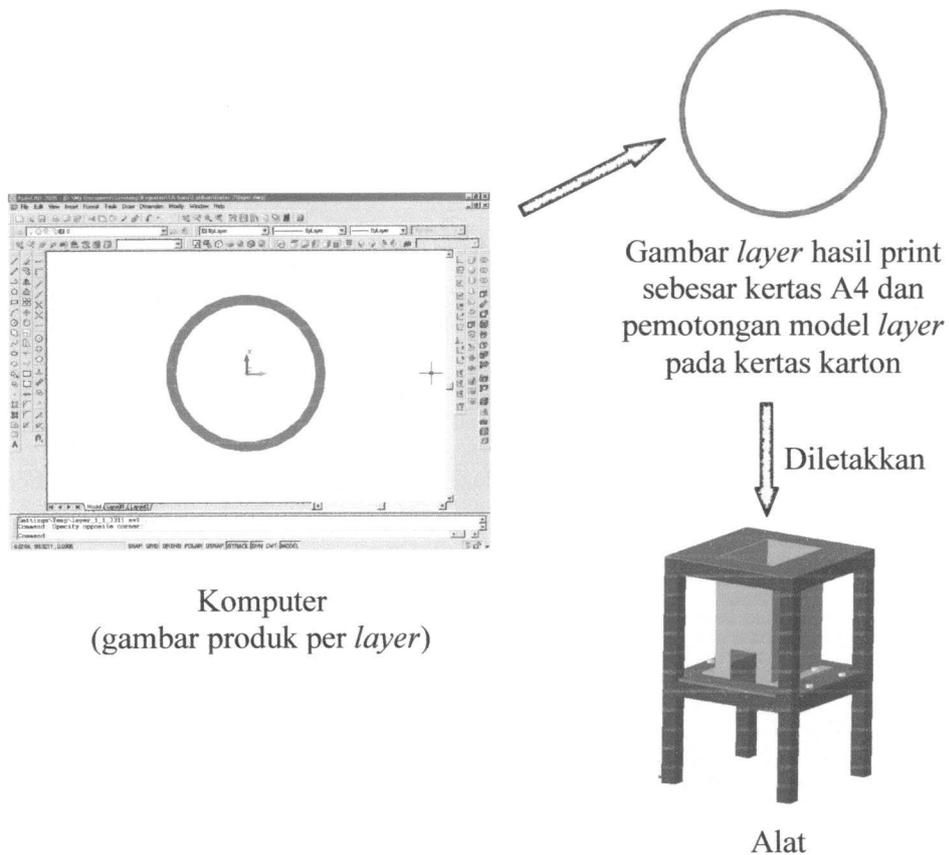
Gambar 3.10. Menampilkan layer

Cara menampilkan data tiap *layernya* yaitu dengan memilih salah satu dari beberapa file *AutoCAD*.

### 3.6. Proses Pembuatan Model

#### 3.6.1. Metode Manual

Pemesinan dengan mesin ini masih menggunakan bantuan tenaga manusia dalam proses pembuatannya. Prinsip kerjanya sebagai berikut :



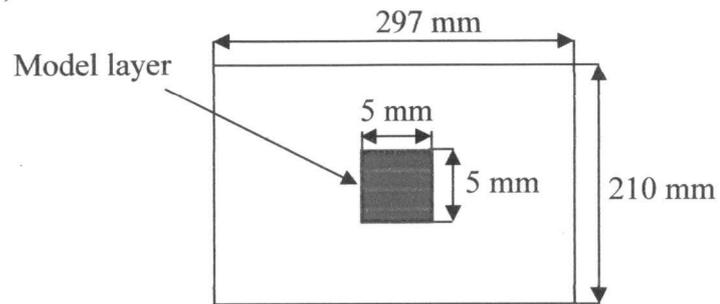
Gambar 3.11. Metode Manual

Proses pembuatan model diawali dari data-data gambar per layer yang sudah diperoleh dari komputer, kemudian dari komputer data-data gambar per layer di *print* sebesar kertas A4 dan di buat sesuai pola sebagai mal dan diletakkan ke suatu alat kemudian diproses pada alat. Proses dibuat per *layer* sesuai dengan ukuran *layer* yang telah ditentukan satu persatu sampai menghasilkan produk yang diinginkan.

Cara menampilkan data-data dari komputer pada alat dapat menggunakan berbagai macam cara seperti *viewer*, hasil *print*, dan lain-lain.

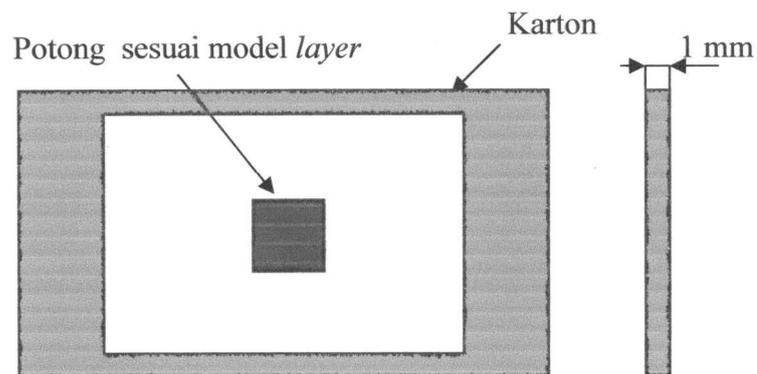
Langkah – langkah pembuatan *layer* dengan metode manual sebagai berikut :

- Pertama model *layer* produk dengan ukuran 5 mm x 5 mm yang telah disiapkan pada komputer di print / di cetak pada kertas ukuran A4 (297 mm x 210 mm).



Gambar 3.12. Model Layer

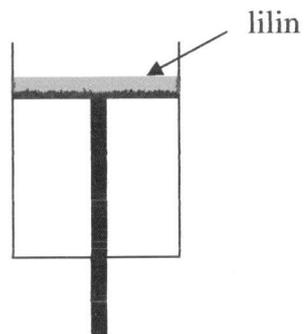
- Kemudian tempelkan pada kertas karton dengan ketebalan 1 mm.



Gambar 3.13. Penempelan dan Pematangan *layer*

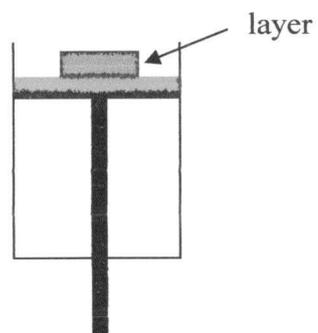
- Potong kertas sesuai dengan model *layernya*.

- Pertama alat dituangkan lilin sebagai dasar agar nantinya material produk tidak menempel pada alat.



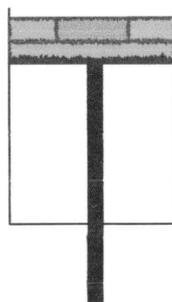
Gambar 3.14. Penuangan lilin

- Letakkan model dari kertas karton.



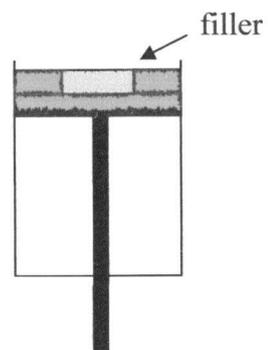
Gambar 3.15. Peletakkan Model *Layer*

- Lalu tuangkan lilin setinggi *layer*.



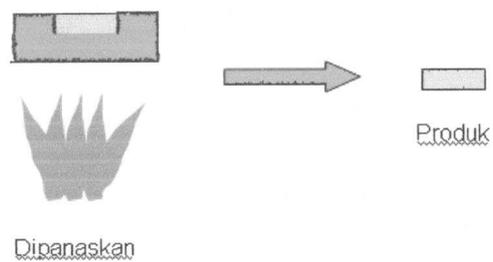
Gambar 3.16. Penuangan lilin setinggi *layer*

- Angkat kertas karton dan isi dengan material produk / *filler*.



Gambar 3.17. Pengisian Dengan *Filler*

- Kemudian tunggu sampai material produk mengering.
- Lalu panaskan lilin untuk mendapatkan produk.

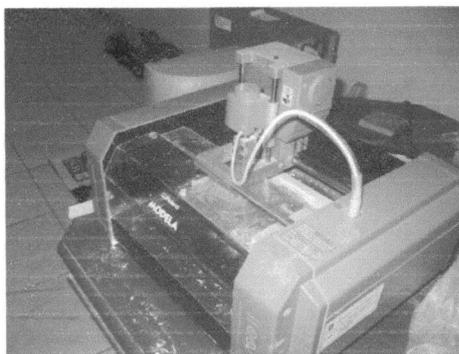


Gambar 3.18. Pemanasan Lilin

### 3.6.2. Metode Presisi

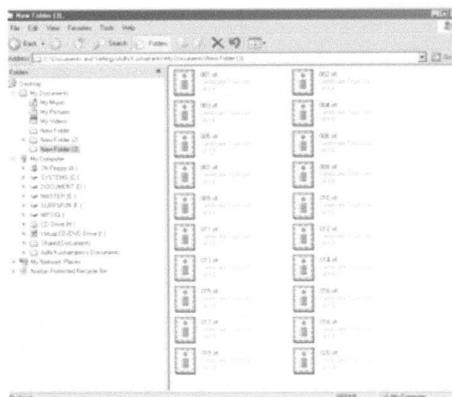
Pada metode presisi ini, pembuatan produk tiap *layer*nya menggunakan pemesinan. Pemesinan dilakukan pada mesin CNC. Pemesinan pada mesin CNC ini sebagai berikut:

- Pemesinan dilakukan untuk membuktikan hasil *layer* yang dihasilkan pada *software AutoCAD* dapat digunakan pada pemesinan. Mesin yang digunakan adalah mesin CNC Roland tipe MDX 20.



Gambar 3.19. Mesin CNC Roland tipe MDX 20

- Merubah format data dari *autoCAD* (.dwg) ke *artCAM* (.stl)



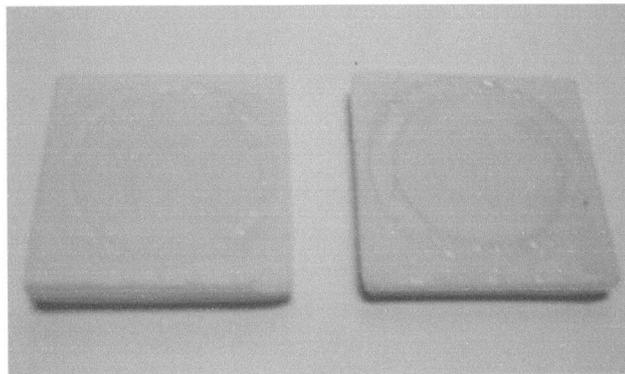
Gambar 3.20. Merubah Format Data

- Pada program *artCAM* pertama mengatur dimensi dari benda kerja lalu *mangimport* data yang telah diubah ke format *.stl* ke *artCAM*.
- Melakukan pemesinan

### 3.7. Proses Pembuatan *Layer*

Proses pembuatan *layer* disini dengan menggunakan cara penuangan atau injeksi, yaitu dengan menginjeksi material produk pada cetakan *layer*. Cara menuangkan atau menginjeksi material produk secara perlahan – lahan agar hasilnya baik dan sesuai dengan yang diinginkan.

Material produk yang digunakan adalah resin.



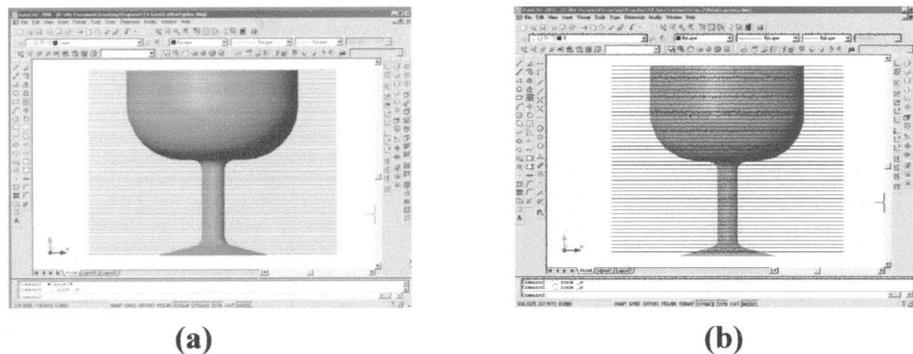
Gambar 3.21. Proses Pembuatan *Layer*

## BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Untuk dapat mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi penyusunan data-data layer sampai dengan hasil produk *layer* dari pemesinan, maka diperlukan analisis proses penyusunan data dan proses pembuatan model. Proses pembuatan layer disini pada pembuatan salah satu layer dari suatu model produk

### 4.1. Analisis Pembagian Data Per Layer

Pada metode *layer deposition manufacturing* proses pembagian data perlayer menggunakan bidang pemotong yang diperbanyak sesuai dengan panjang model 3D yang akan dibuat dan jarak antar bidang potong diatur jaraknya sesuai yang diinginkan misalnya: 1 mm, 2 mm, 3 mm, dan lain-lain.

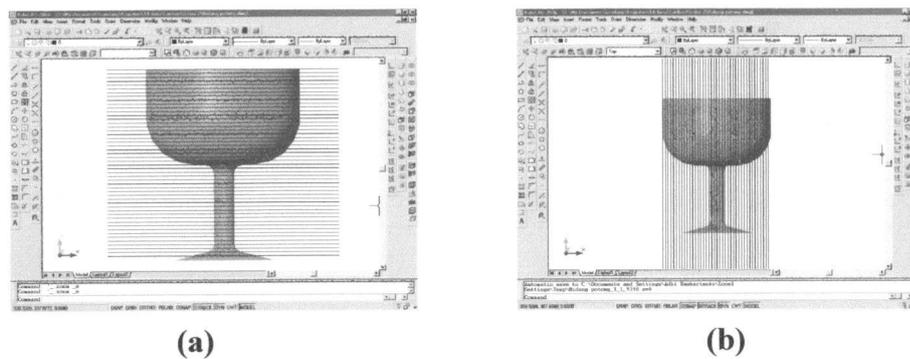


Gambar 4.1. Jarak Bidang Potong

Gambar (a) menunjukkan pemotongan model dengan bidang pemotong dengan jarak 1 mm, sedangkan pada gambar (b) pemotongan model dengan bidang pemotong dengan jarak 2 mm. Bidang pemotong diperbanyak sesuai dengan panjang model tersebut.

Metode *layer deposition manufacturing* dalam pemotongan model dapat dilakukan pada segala arah, maksudnya waktu akan memotong model hanya menentukan pada arah mana akan membuat produknya, pada arah x, y, atau z.

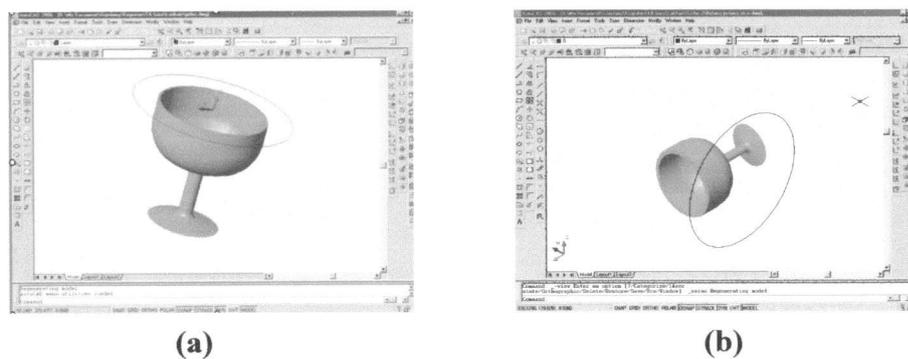
Contohnya sebagai berikut:



Gambar 4.2. Arah Bidang Potong

Gambar (a) menunjukkan pemotongan model dengan bidang pemotong pada sumbu  $y$ , sedangkan pada gambar (b) pemotongan model dengan bidang pemotong pada sumbu  $x$ .

Pada pemotongan model disini yang terpenting bidang pemotong harus lebih besar dari modelnya karena akan lebih memudahkan dalam proses pemotongan.



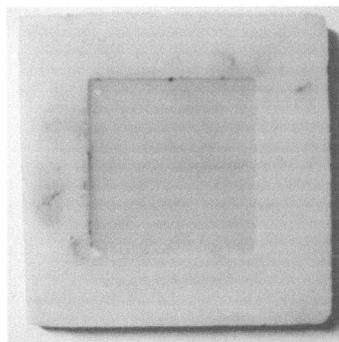
Gambar 4.3. Ukuran Bidang Potong

## 4.2. Analisis Pembuatan Model

Untuk dapat mengetahui hasil cetakan *layer* yang dibuat dengan pemesinan baik dengan metode manual maupun metode presisi, 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 pengujian pemesinan akan dibandingkan dengan hasil perancangan untuk mengetahui apakah ada kesamaan antara data pada saat perancangan yaitu di *software CAD* dengan hasil yang didapat pada saat pengujian pemesinan.

### 4.2.1. Metode Manual

Pada intinya metode manual dalam prakteknya ini sangat mudah dalam pembuatannya, hanya membutuhkan keuletan dan ketrampilan dalam pembuatan produk khususnya tiap *layernya*.



Gambar 4.4. Cetakan Layer Dengan Metode Manual

Pada gambar 4.4. merupakan hasil cetakan *layer* yang menggunakan metode manual. Dari hasil cetakan *layer* dengan metode manual ini dilakukan pengukuran untuk mengetahui ukuran cetakan dari hasil pemesinan dengan metode manual ini. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan jangka sorong untuk mengetahui panjang, lebar dan kedalamannya.

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

Table 4.1. Ukuran Cetakan Dari Metode Manual

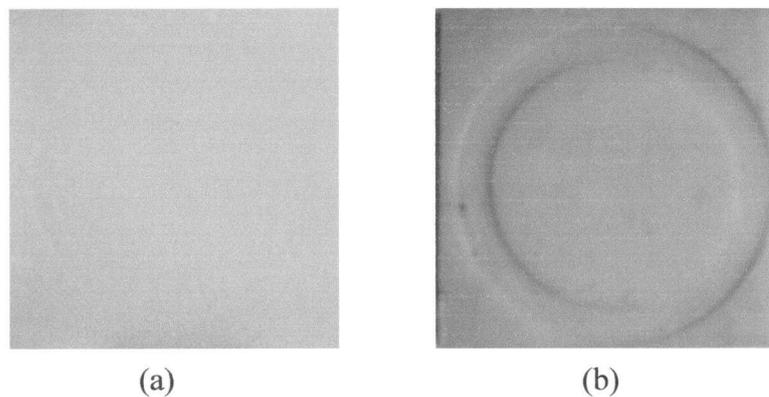
Cetakan Layer	Ukuran yang diharapkan	Ukuran yang dihasilkan
Panjang	50 mm	49.40 mm
Lebar	50 mm	50.20 mm
Ketebalan	1 mm	1.10 mm

Dari table 4.1 dapat dilihat bahwa ukuran yang dihasilkan dari metode manual belum sesuai dengan ukuran yang diharapkan, hal ini dipengaruhi antara lain :

- Pada saat pembuatan mal yang akan digunakan dalam pembuatan cetakan *layer*, terjadi kesalahan dalam pemotongan pola pada kertas karton.
- Pada saat penurunan platform kurang cermat dalam membaca ukuran yang ditentukan.
- Alat masih banyak kesalahan dan tidak memenuhi syarat kerataan dan kedataran

#### 4.2.2. Metode Presisi

Pada metode presisi yaitu pemesinan menggunakan mesin CNC Roland tipe MDX 20.



Gambar 4.5. Hasil Pemesinan

Dari pemesinan CNC dihasilkan cetakan 1 *layer* dari produk. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan jangka sorong dengan kecermatan 0,05 mm.

Pada gambar (a) diperoleh hasil, yaitu :

Table 4.2. Ukuran Cetakan Dari Metode Presisi

Cetakan Layer	Ukuran yang diharapkan	Ukuran yang dihasilkan
Lebar	5 mm	5.10 mm
Ketebalan	1 mm	1 mm

Sedangkan gambar (b) diperoleh hasil, yaitu :

Table 4.3. Ukuran Cetakan Dari Metode Presisi

Cetakan Layer	Ukuran yang diharapkan	Ukuran yang dihasilkan
Lebar	10 mm	9.80 mm
Ketebalan	1.5 mm	1.50 mm

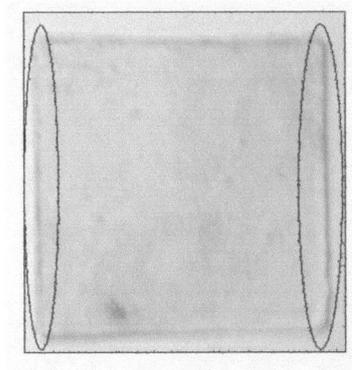
### 4.3. Analisis Hasil Produk

#### 4.3.1. Metode Manual

Pada metode manual ini hasil cetakan *layer* yang dihasilkan masih mempunyai banyak kekurangan. Hal ini terjadi karena :

- Alat masih banyak kesalahan dan tidak memenuhi syarat kerataan dan kedataran sehingga hasil yang didapat masih kurang baik.
- Kurang presisi dalam memotong pola pada kertas karton yang nantinya digunakan sebagai mal dari *layer* yang akan dibuat.

Jadi hasil *layer* dari metode manual ini sangat ditentukan oleh hasil cetakan yang dibuat sehingga selain alat yang digunakan juga diperlukan keterampilan dalam membuatnya.



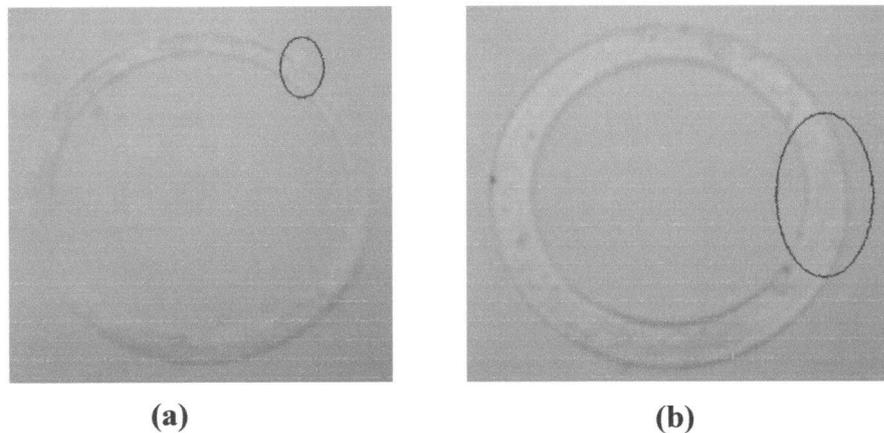
Gambar 4.6. Hasil Layer Dengan Metode Manual

Pada gambar 4.6. dapat dilihat bahwa ukuran *layer* masih belum baik, antar panjang sisi yang satu dengan sisi yang lain mempunyai ukuran yang berbeda, karena menyesuaikan dengan cetakan *layernya* yang pada waktu pembuatan cetakan *layer* terjadi kesalahan dalam pembuatannya.

Pengukuran ketebalan dilakukan menggunakan jangka sorong dengan kecermatan 0,05 mm. Diketahui ketebalan *layer* 1,25 mm sedangkan ketebalan dari cetakan 1,1 mm, hal ini terjadi karena pada waktu pembuatan *layer* resin yang dituang tidak diratakan sehingga ketebalan *layer* tidak sesuai dengan cetakan *layernya*.

#### 4.3.2. Metode Presisi

Untuk hasil produk *layer* pada metode presisi ini sudah sesuai dengan yang diinginkan yaitu dari perancangan pada *software CAD* lalu ke pemesinan sampai hasil *layer*. Misalnya pada *software CAD* menghendaki ukuran *layer* dengan ketebalan 1 mm dalam pemesinan CNC dapat menghasilkan cetakan dengan ketebalan 1 mm dan menghasilkan *layer* dengan ketebalan 1 mm.



Gambar 4.7. Hasil Layer Dengan Metode Presisi

Gambar (a) menunjukkan kesalahan dalam campuran resin dengan pengerasnya sehingga terjadi lubang – lubang pada *layer*, sedangkan gambar (b) menunjukkan ketebalan *layer* yang tidak sama antara sisi yang satu dengan lainnya karena kesalahan dalam cara peletakkan cetakan pada saat proses pembuatan *layer*.

Pengukuran ketebalan dilakukan menggunakan jangka sorong dengan kecermatan 0,05 mm. Diketahui pada gambar (a) ketebalan *layer* 1,1 mm sedangkan ketebalan dari cetakan 1,1 mm. Dan pada gambar (b) ketebalan *layer* yang dihasilkan 1,5 mm sedangkan ketebalan dari cetakan 1.5 mm.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari penelitian ini dapat ditentukan metode penyusunan data geometri suatu model produk yang akan dibuat dengan menggunakan metode *layer deposition manufacturing*. Langkah – langkah dalam menyusun data geometri suatu produk yaitu antara lain pada pembuatan model 3D dari suatu produk ini menggunakan *software CAD* yaitu *AutoCAD*. Dari model 3D yang telah dibuat tersebut dicari data per layernya dengan cara model 3D dibagi per layer sesuai dengan ketebalan yang diinginkan, adapun langkahnya yaitu pertama membuat bidang potong. Bidang potong ini dapat berupa circle, rectangle, dan lain-lain. Langkah kedua memperbanyak bidang potong tersebut sesuai dengan ketebalan layer yang diinginkan, lalu memotong sesuai dengan batas bidang potong. Setelah data-data per layer ditentukan, langkah selanjutnya adalah menyimpan data-data layer tersebut. Disini ada dua cara penyimpanan data yaitu penyimpanan data dalam 1 file, dan penyimpanan data dalam beberapa file.

Selanjutnya proses pembuatan model, pada proses ini ada dua metode yang digunakan yaitu metode manual dan metode presisi. Pada metode manual ini masih banyak menggunakan tenaga manusia baik ketrampilan maupun keuletannya dalam pembuatan produk. Sedangkan metode presisi ini menggunakan mesin CNC dalam pembuatan produknya sehingga hasil yang diperoleh dengan metode presisi ini lebih baik dibandingkan dengan metode manual.

Jadi dengan menggunakan langkah – langkah tersebut dalam menyusun data-data geometri suatu model produk dengan metode *layer deposition manufacturing* ini dapat digunakan untuk pembuatan produk-produk baik dari yang sederhana sampai produk yang mempunyai kompleksitas yang tinggi.

## 5.2 Saran

Saran-saran berikut dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya :

- Penyusunan data geometri dilakukan pada software yang digunakan pada mesin CNC sehingga dapat langsung melakukan pemesinan tanpa memindah data sebelumnya.
- Penyusunan data geometri dibuat pada satu file agar memudahkan dalam proses pemesinannya.
- Dilakukan percobaan pembuatan produk dengan menggunakan mesin CNC dengan metode *layer deposition manufacturing*.



## DAFTAR PUSTAKA

CAD/CAM Laboratory, "*Module AutoCAD Application Course*", CAD/CAM Laboratory FTI UII.

Delcam plc, "*ArtCAM Pro*", Birmingham, 2002.

Jhonsen, "*Aplikasi AutoCad 2002 untuk Teknik Mesin*", Jakarta, PT Elex Media Komputindo, 2003.

Michelle Griffith and John S. Lamancusa, "*Rapid Prototyping Technologies*,"

Puspaputra, Paryana., "*Kuliah Sistem Basis Data CAD*", Teknik Industri JTM FTUII.

*Rapid Prototyping*. 1998. <http://www.me.psu.edu/lamancusa/me415/rpintro2.pdf>  
(Accessed 4/20/98).

Sara Anne McMains, "*Rapid Prototyping of Solid Three-Dimensional Parts*", Department of Electrical Engineering and Computer Science University of California, Berkeley.

Tontowi, A. E., "*Kuliah Layer Manufacturing*", Teknik Industri JTM FTUGM.