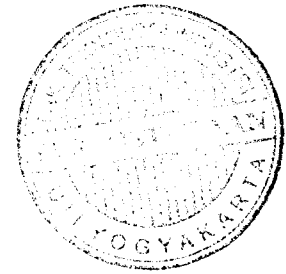
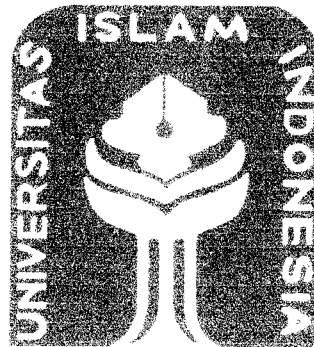


**TEKNIK PEMBUATAN PRODUK SENI BERUPA
MODEL GUNUNG DENGAN METODE
*LAYER DEPOSITION MANUFACTURING***

TUGAS AKHIR

*Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Jurusan Teknik Mesin*



Oleh :

Nama : Kuswandi Arifin

No. Mahasiswa : 01 525 033

NIRM :

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

2007

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**TEKNIK PEMBUATAN PRODUK SENI BERUPA
MODEL GUNUNG DENGAN METODE
*LAYER DEPOSITION MANUFACTURING***

TUGAS AKHIR

Oleh:

Nama : Kuswandi Arifin

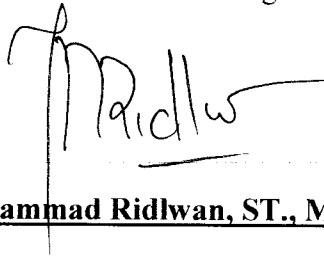
No. Mahasiswa : 01 525 033

NIRM :

Yogyakarta, 08 Agustus 2007

Menyetujui,

Dosen Pembimbing



Muhammad Ridlwan, ST., MT.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

TEKNIK PEMBUATAN PRODUK SENI BERUPA
MODEL GUNUNG DENGAN METODE
LAYER DEPOSITION MANUFACTURING

TUGAS AKHIR

Oleh:

Nama : Kuswandi Arifin

No. Mahasiswa : 01 525 033

NIRM :

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

Yogyakarta, 28 Agustus 2007

Tim Penguji

Muhammad Ridlwan, ST., MT.

Ketua

Risdiyono, ST., M.Eng.

Anggota I

Yustiasih Purwaningrum, ST., MT.

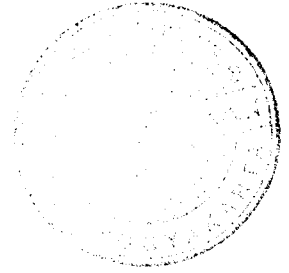
Anggota II

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin
Universitas Islam Indonesia



Muhammad Ridlwan, ST., MT.

HALAMAN PERSEMBAHAN



Kupersembahkan kepada:

*Allah SWT yang telah mencurahkan segala rahmat, hidayah serta karunia-Nya.
Nabi Muhammad Saw sebagai sayyidul an'am.*

*Ibuku Hj. Umi Kalsum yang telah mencurahkan seluruh kasih sayangNya demi
kebahagian anak-anaknya. Ibuku yang telah bekerja keras dalam membesarkann
anak-anaknya. Semoga anak-anakmu selalu dapat membahagiakanmu dan
membalas kebaikanmu. Do'amu ibu selalu ku nanti tulus dan suci dari relung
hati*

Mohonkanlah agar Allah rabbi bersertaku selalu.

*K' Henny Arifin, ST., dan K' Alwathan Sofyan, ST., MT., serta buah hati
mereka Azza yang lucu. Semoga selalu memiliki rumah tangga yang sakinah
mawaddah wa rahmah. Terima kasih atas dukungan dan nasehat kalian.*

K' Wiwie E Arifin SE., & Adikku Fitri

Mama Arti yang tlah menjagaku dan membesarkanku.

*Nyoria A.M, SE., yang selalu sabar dalam menghadapiku. Aku berharap dapat
menjadikan dirimu sebagai pengganti sayap ku yang patah, sehingga aku dapat
lagi terbang mengarungi dunia ini.*

*Sahabat-sahabatku anak-anak kantil n kersik, para gembelz (dana, iip, fery,
dony, yasir, wenny, arsih, halimah, suci, rahmah), teman-teman Teknik Mesin
VII, dan yg tidak dapat ku sebut satu persatu terima kasih tlah mengisi dan
mewarnai hari2ku dalam sedih maupun gembira, you're all the best.*

MOTTO

Kita masih muda karena itu hancurkanlah tembok yang ada dihadapanmu sebanyak-banyaknya. Terlukalah oleh kegagalan dan jadilah kuat. Lalu dengan tangan itu raihlah dengan erat mimpimu...

Jangan pernah menyerah dan putus asa karena keadaan. Tujuanmu jangan jadi Tujuan semata, bukan bagaimana agar bisa jadi tapi kenapa ingin jadi. Pada saat bingung lihatlah kembali jalan darimana kamu datang, kembalilah pada saat perasaan awalmu.

Jikalah luka dan kecewa akan menjadi masa lalu pada akhirnya, Maka mengapa mesti dibiarkan meracuni jiwa, Sedang ketabahan dan kesabaran adalah lebih utama.

Jikalah kesalahan akan menjadi masa lalu pada akhirnya, Maka mengapa mesti tenggelam di dalamnya, Sedang taubat itu lebih utama.

Jikalah harta akan menjadi masa lalu pada akhirnya, Maka mengapa mesti ingin dikukuh sendiri, Sedang kedermawanan justru akan melipat gandakannya.

Jikalah kepandaian akan menjadi masa lalu pada akhirnya, Maka mengapa mesti membusung dada dan membuat kerusakan di dunia, Sedang dengannya manusia diminta memimpin dunia agar sejahtera.

Jikalah cinta akan menjadi masa lalu pada akhirnya, Maka mengapa mesti ingin memiliki dan selalu bersama, Sedang memberi akan lebih banyak menuai arti.

Jikalah bahagia akan menjadi masa lalu pada akhirnya, Maka mengapa mesti dirasakan sendiri, Sedang berbagi akan membuatnya lebih bermakna

Jikalah hidup akan menjadi masa lalu pada akhirnya, Maka mengapa mesti diisi dengan kesia-siaan belaka, Sedang begitu banyak kebaikan bisa dicipta.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.,

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, hidayah serta karunia-Nya, atas kekuatan dan kemudahan yang diberikan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan para pengikutnya sampai akhir zaman.

Tugas Akhir berjudul “Teknik Pembuatan Produk Seni berupa Model Gunung dengan Metoda *Layer Deposition Manufacturing*” ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelas sarjana Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Penulis sangat menyadari bahwa penulisan laporan Tugas Akhir ini tidak akan terselesaikan tanpa adanya bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Atas segala bantuan yang diberikan kepada penulis, baik berupa bimbingan, motivasi, dorongan kerja sama, fasilitas maupun kemudahan lainnya, maka pada kesempatan ini penulis menyampaikan penghargaan setinggi-tingginya dan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Muhammad Ridlwan, S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing dan Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Dosen dan staff Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah membimbing dan membantu baik dalam kegiatan akademis maupun administratif.
3. Kedua orang tuaku, terutama Ibuku yang tak pernah berhenti mencurahkan seluruh kasih sayang kepada anak-anaknya. Mama' Arti yang telah membesarkanku. K' Heny Arifin, ST. & K' Alwathan Sofyan, ST., MT.,

K' Wiwie E Arifin, SE., adikku Fitri, dan semua keluarga besarku yang telah memberikan motivasi dan dukungan.

4. Nyoria A.M SE., yang selalu sabar dalam menghadapiku. Aku berharap dapat menjadikan dirimu sebagai pengganti sayap ku yang patah, sehingga aku dapat lagi terbang mengarungi dunia ini.
5. Louis sebagai rekan satu tim, sukses selalu menyertaimu.
6. Instansi Pemerintah, BAKOSURTANAL dan BPPTK Yogyakarta.
7. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam proses penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, ini tidak terlepas dari kurangnya pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca demi kemajuan penulis di masa mendatang. Penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat dan membantu mengembangkan ilmu pengetahuan penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 08 Agustus 2007

Penulis

ABSTRAK

Metode Layer Deposition Manufacturing (LDM) adalah metode yang digunakan dalam pembuatan produk dengan cara menambahkan material sedikit demi sedikit dengan terkontrol hingga terbentuk sebuah produk. Dengan metode LDM diharapkan dapat memberikan cara alternatif baru dalam pembuatan produk seni model gunung.

Untuk dapat menerapkan metode Layer Deposition Manufacturing dalam pembuatan model gunung diperlukan beberapa tahapan-tahapan hingga model gunung tersebut dapat dihasilkan. Pertama, pembuatan master (model gunung dibuat per layer atau per lapis yang dimulai dari ketinggian 1500 m hingga ketinggian 2900 m). Untuk mendapatkan permukaan model gunung, dilakukan proses finishing dengan melapisi seluruh permukaan dengan menggunakan lilin mainan (wax/plastisin). Kedua, pembuatan cetakan model gunung terbuat dari silikon dan fiberglass yang akan digunakan untuk produksi secara massal. Dan ketiga, pencetakan produk seni model gunung dengan menggunakan bahan gypsum. Agar model gunung terlihat lebih menarik, maka setelah proses pencetakan selesai dilanjutkan dengan proses pengecatan pada seluruh bagian permukaan model gunung tersebut.

Dari penelitian ini dapat diambil sebuah kesimpulan bahwa Rapid Prototyping dengan metode Layer Deposition Manufacturing (LDM) dapat diterapkan untuk pembuatan produk seni model gunung, tingkat kemiripan bentuk secara visual dapat mendekati dengan bentuk aslinya.

Kata Kunci : *Rapid Prototyping, Layer Deposition Manufacturing (LDM), Model gunung.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAKSI	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Kajian Singkat Rapid Prototyping	5
2.1.1 <i>Liquid-Based</i>	6
2.1.2 <i>Solid-Based</i>	7
2.1.3 <i>Powder Based</i>	9
2.2 <i>Shape Deposition Manufacturing (SDM)</i>	10
2.3 Peta Topografi	12
2.3.1 Sifat-sifat garis kontur	13
2.3.2 Membaca garis kontur	14

2.4	Metode <i>Layer Deposition Manufacturing</i> (LDM)	16
2.4.1	LDM secara Manual	16
2.4.2	LDM dengan Memanfaatkan Mesin CNC	17
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1	Diagram Alir Penelitian	19
3.2	Metode Pengumpulan Data	20
3.3	Bahan dan Alat	20
3.3.1	Bahan yang Digunakan	20
3.3.2	Alat yang Digunakan	21
3.4	Pembuatan Master Model Gunung	22
3.4.1	Pola Kontur Gunung Merapi	22
3.4.2	Membuat Lembaran Lilin	23
3.4.3	Membuat Pola Kontur pada Lembaran Lilin	23
3.4.4	Proses Pemotongan Lembaran-Lembaran Lilin	24
3.4.5	Penuangan Material	25
3.4.6	Pelepasan Model dari Cetakan	26
3.4.7	<i>Finishing</i> Master Model Gunung	27
3.5	Pembuatan Cetakan Model Gunung	27
3.6	Pembuatan Produk Model Gunung	28
BAB IV	PROSES PEMBUATAN PRODUK SENI BERUPA MODEL GUNUNG	29
4.1	Pembuatan Master Model Gunung	29
4.1.1	Gambar Desain Model Gunung	29
4.1.2	Membuat Cetakan Lilin	31
4.1.3	Membuat Lembaran Lilin	31
4.1.4	Membuat Pola Kontur pada Lembaran Lilin	33
4.1.5	Proses Pemotongan Lembaran-Lembaran Lilin	34
4.1.6	Penuangan Material	35
4.1.7	Pelepasan Model dari Cetakan	36

4.1.8 <i>Finishing</i> Master Model Gunung	37
4.2 Pembuatan Cetakan Model Gunung	38
4.3 Pembuatan Produk Model Gunung	40
BAB V PEMBAHASAN	45
5.1 Proses Pemilihan Material yang Digunakan Dalam Pembuatan Model Gunung	45
5.2 Perbandingan Beberapa Teknik dalam Pembuatan Model Gunung	47
5.3 Kelebihan dan Kekurangan Metode <i>Layer Deposition</i> <i>Manufacturing</i> (LDM) dalam Pembuatan Model Gunung	50
5.3.1 Kelebihan Metode LDM dalam Pembuatan Model Gunung	50
5.3.2 Kekurangan Metode LDM dalam Pembuatan Model Gunung	50
BAB VI PENUTUP	51
6.1 Kesimpulan	51
6.2 Saran	51

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Metode <i>Stereolithography Apparatus</i>	6
Gambar 2.2	Metode SGC	7
Gambar 2.3	Metoda LOM	8
Gambar 2.4	Metoda FDM	8
Gambar 2.5	Metode SLS	9
Gambar 2.6	Metode <i>3-D Ink Jet Printing</i>	10
Gambar 2.7	SDM	10
Gambar 2.8	SDM	11
Gambar 2.9	Tahapan <i>Deposition</i> dan <i>Shaping</i>	11
Gambar 2.10	Struktur multimaterial dengan menyisipkan komponen	11
Gambar 2.11	Peta Topografi	12
Gambar 2.12	Punggungan gunung	14
Gambar 2.13	Lembah dan Sungai	14
Gambar 2.14	Daerah landai	15
Gambar 2.15	Daerah terjal	15
Gambar 2.16	Langkah kerja <i>Layer Deposition Manufacturing</i>	16
Gambar 2.17	Disain gambar produk menggunakan perangkat lunak	17
Gambar 2.18	Langkah kerja pembuatan produk LDM dengan CNC	17
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	19
Gambar 3.2	Alat pencetak lembaran lilin	21
Gambar 3.3	Alat pemotong pola	21
Gambar 3.4	Kontur gunung	23
Gambar 3.5	Lembaran lilin	23
Gambar 3.6	Pembuatan pola kontur pada lilin	24
Gambar 3.7	Hasil pembuatan pola kontur	24
Gambar 3.8	Lembaran lilin yang telah dipotong	25
Gambar 3.9	Susunan cetakan lembaran-lembaran lilin	25

Gambar 3.10	Penuangan material gypsum	25
Gambar 3.11	Layer-layer yang berisi gypsum	26
Gambar 3.12	Proses pelepasan model dari cetakan	26
Gambar 3.13	Model gunung hasil cetakan lembaran lilin	26
Gambar 3.14	Tempat yang akan diberi wax	27
Gambar 3.15	Proses penempelan wax	27
Gambar 3.16	Proses penuangan Silikon	27
Gambar 3.17	Proses penuangan resin dan serat	28
Gambar 4.1	Peta Topografi gunung Merapi	30
Gambar 4.2	Hasil duplikasi dengan software <i>CorelDraw</i>	30
Gambar 4.3	Cetakan lembaran lilin	31
Gambar 4.4	Pembuatan lembaran lilin kedalam cetakan	32
Gambar 4.5	Hasil cetakan lembaran lilin	32
Gambar 4.6	Pembuatan pola pada lembaran lilin	33
Gambar 4.7	Hasil pola kontur untuk ketinggian 1500 m	33
Gambar 4.8	Alat pemotong lembaran lilin	34
Gambar 4.9	Lembaran lilin yang telah dipotong	35
Gambar 4.10	Lembaran-lembaran lilin secara keseluruhan	35
Gambar 4.11	Proses penuangan Gypsum kedalam lembaran lilin	36
Gambar 4.12	Proses Pengangkatan lembaran lilin	37
Gambar 4.13	Model kontur gunung dari lembaran-lembaran lilin	37
Gambar 4.14	Proses pelapisan permukaan model kontur dengan material plastisin / wax	38
Gambar 4.15	Master model gunung	38
Gambar 4.16	(a) Silikon rubber bagian luar	40
	(b) Silikon rubber bagian dalam	40
Gambar 4.17	(a) Silikon rubber dan fiberglass	40
	(b) Fiberglass bagian luar	40
Gambar 4.18	(a) Proses Penuangan Gypsum kedalam cetakan	41
	(b) Gypsum menjadi kering dan padat	41
Gambar 4.19	Proses pelepasan Model dari cetakan	42

Gambar 4. 20	Model gunung yang terbuat dari gypsum	44
Gambar 4. 21	Model gunung yang terbuat dari pasir gunung	44
Gambar 5.1	Model kontur gunung dari bahan tanah liat	46
Gambar 5.2	Model Gunung yang terbuat dari <i>styrofoam</i>	48
Gambar 5.3	Model gunung yang terbuat dari semen	49
Gambar 5.4	Model Gunung yang terbuat dari kertas karton	49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Metode *Layer Deposition Manufacturing* (LDM) adalah metode yang digunakan dalam pembuatan produk dengan cara menambahkan material sedikit demi sedikit dengan terkontrol hingga terbentuk sebuah produk. Metode *Layer Deposition Manufacturing* (LDM) ini merupakan penelitian dari tugas akhir sebelumnya [4].

Model gunung biasanya digunakan sebagai media informasi oleh kalangan akademisi atau praktisi bidang geografi, geodesi, Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungpian (BPPTK), untuk memberikan pengetahuan atau pengenalan mengenai gunung tersebut. Selain itu model gunung dapat juga digunakan sebagai suvenir oleh para wisatawan yang berkunjung ke daerah pariwisata khususnya gunung Merapi.

Pembuatan model gunung yang ada sekarang, dikerjakan oleh seorang yang mempunyai keahlian dalam pembuatan model dan mempunyai latar belakang dalam bidang seni. Model dikerjakan dengan bantuan foto gunung dan seorang ahli dalam bidang kegunungpian, dengan menggunakan media tanah liat serta semen untuk pembuatan model gunung tersebut. Beberapa teknik lain yang digunakan, misalnya proses penyusunan lembar-lembar kertas karton, dan penyusunan lembar-lembar *styrofoam*/gabus sebagai model konturnya. Dari beberapa teknik diatas diketahui ada sedikit kendala yaitu tidak efisien, seperti pembuatan layer harus dibuat beberapa kali untuk ukuran yang sama. Kemudian untuk teknik yang lain dibutuhkan keterampilan memahat. Maka untuk menutupi kekurangan-kekurangan yang ada di carilah sebuah metode yang lebih efektif dalam proses pembuatan model gunung.

Pada metode LDM ini sangat dibutuhkan struktur data geometri di setiap produknya. Pembuatan produk ini berupa lembaran, dan lembaran yang digunakan adalah lilin (*parafin*). Dalam penelitian ini dikemukakan bagaimana

menerapkan metode *Layer Deposition Manufacturing* (LDM) kedalam pembuatan model gunung. Diharapkan dengan metode LDM pembuatan model gunung dapat lebih cepat, sederhana, berkualitas, dan mampu meminimalisir biaya produksi.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat model gunung dengan metode *Layer Deposition Manufacturing* (LDM).
2. Bagaimana pembuatan model gunung dengan menggunakan metode *Layer Deposition Manufacturing* (LDM) dan menggunakan lilin untuk lembarannya.
3. Bagaimana kontur gunung Merapi dapat digunakan sebagai acuan dalam pembuatan model gunung.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian dilakukan agar ruang lingkup pembahasan menjadi jelas dan tidak meluas ke hal-hal yang tidak diinginkan. Pada tahap ini, penyelesaian masalah secara mendasar dilakukan dengan batas-batas sebagai berikut:

- a. Menggunakan peta kontur gunung Merapi sebagai acuan pembuatan model gunung. Gunung Merapi dipilih karena letaknya masih dikawasan D.I Yogyakarta, dan juga BPPTK (Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungapian) bertempat di D.I Yogyakarta.
- b. Menggunakan metode *Layer Deposition Manufacturing* (LDM) dalam pembuatan model gunung.
- c. Menggunakan bahan material lilin (*parafin*) untuk tiap-tiap lembarannya.
- d. Garis ketinggian/elevasi dimulai dari ketinggian 1500 m dan berakhir pada ketinggian 2900 meter. Karena, dengan ketinggian tersebut sudah mewakili bentuk dari sebuah gunung, yaitu ada bukit, lereng, tebing, puncak gunung dan lain sebagainya. Selain itu juga disebabkan dari gambar kontur yang

didapat ternyata tidak semua garis kontur/elevasi gunung lengkap tergambar, yaitu seperti pada ketinggian 1300 m dan 1400 m.

- e. Menggunakan material *Gypsum*, lilin mainan (*wax/plastisin*) untuk masternya, sedangkan untuk pembuatan cetakan produk menggunakan silikon, serat fiber, resin serta kobalt.
- f. Skala yang digunakan 1 : 50.000.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah menerapkan Metode *Layer Deposition Manufacturing* (LDM) sebagai metode alternatif dalam proses pembuatan produk seni berupa model gunung.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

- a. Dapat memberikan suatu metode dan pemikiran baru dalam pembuatan model terutama dalam pembuatan model gunung.
- b. Memberikan alternatif mengenai cara pembuatan model gunung.
- c. Memberikan pengetahuan bagaimana cara proses manufaktur yang cepat, berkualitas dan mampu meminimalisir biaya produksi.

1.6. Sistematika Penelitian

Dalam Sistematika penulisan laporan Tugas Akhir ini diberikan uraian dalam bab demi bab yang berurutan. Untuk mempermudah pembahasan dan mendapatkan gambaran yang sistematis, maka dalam penyusunan laporan ini dibagi dalam enam bab, yaitu: Bab I Pendahuluan, bagian ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, sistematika penulisan laporan tugas akhir. Bab II Landasan Teori, pada bagian ini akan diberikan penjelasan secara terperinci mengenai teori-teori yang digunakan sebagai dasar dalam pemecahan masalah. Bab III Metodologi Penelitian, berisikan penjelasan tentang alat dan bahan yang digunakan, serta prosedur pelaksanaan penelitian secara umum. Bab IV Proses Pembuatan Produk,

menjelaskan proses pembuatan model dari awal sampai akhir. Bab V Pembahasan, pada bagian ini memuat analisis mengenai hasil pembuatan model dan membandingkan dengan pembuatan model gunung yang ada. Bab VI Penutup, berisi kesimpulan dan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Kajian Singkat *Rapid Prototyping*

Rapid Prototyping (RP) diperkenalkan pada tahun 1988 sebagai cara alternatif yang cepat dalam menghasilkan produk. Pada saat ini sangat penting untuk membuat produk baru yang cepat sampai ke pasar dan diperkenalkan kepada konsumen dengan harga terjangkau, sebelum datangnya kompetitor. Pembuatan *prototype* secara konvensional dapat menghabiskan waktu ber minggu-minggu hingga berbulan-bulan. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah proses yang pendek. *Rapid Prototyping* adalah sebuah metode yang tepat untuk menghasilkan prototipe yang lebih cepat, dan murah [5].

Rapid prototyping merupakan proses *additive* (menggabungkan material lapis demi lapis, misal ; kertas, *wax*, atau plastik untuk menciptakan suatu objek padat). Sebaliknya, kebanyakan proses konvensional menggunakan mesin (*turning, milling, drilling, dan cutting*) adalah proses substraktif (menghilangkan material dari blok padat). Sifat yang *additive* dari RP memungkinkannya menciptakan objek dengan fitur internal yang rumit yang tidak dapat diolah oleh alat atau sarana lain [5].

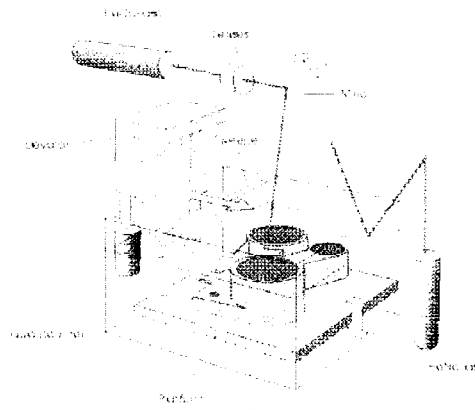
Perkembangan *Rapid Prototyping* berkaitan erat dalam pengembangan aplikasi komputer di industri. Merosotnya harga komputer, terutama komputer mini atau PC telah mengubah cara pabrik bekerja. Peningkatan penggunaan komputer telah memacu kemajuan di berbagai area terkait komputer seperti peralatan mesin *Computer-Aided Design* (CAD), *Computer-Aided Manufacturing* (CAM), dan *Computer Numerical Control* (CNC). Lebih khususnya, kemunculan sistem *Rapid Prototyping* tidak mungkin terjadi tanpa adanya CAD. Kendati demikian, dari pengujian yang teliti terhadap berbagai sistem *Rapid Prototyping* ada saat ini, dapat disimpulkan bahwa selain CAD, banyak teknologi lain dan

kemajuan di bidang lain seperti sistem manufaktur dan material juga menjadi hal krusial dalam pengembangan sistem *Rapid Prototyping* [5].

Untuk memudahkan dalam mengklasifikasikan berbagai sistem RP di pasaran adalah dengan cara mengklasifikasikan sistem RP secara luas dengan bentuk awal dari materialnya, yakni material yang menjadi bahan penyusun prototipe atau *part*. Dengan cara ini, semua sistem RP dapat dengan mudah dikategorikan kedalam *liquid-based* (berbahan cair), *solid-based* (berbahan dasar padatan) dan, *powder-based* (bahan dasar bubuk).

2.1.1 *Liquid-Based*

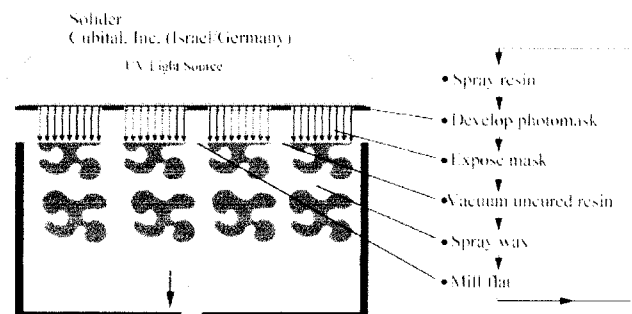
Sistem RP *liquid-based* memiliki bentuk materi awal berupa cairan. Melalui sebuah proses yang umum dikenal sebagai *curing*, cairan tersebut diubah menjadi bentukan padat. Sistem RP yang masuk dalam kategori ini salah satunya adalah *Stereolithography Apparatus* (SLA), dan *Solid Ground Curing* (SGC)



Gambar 2.1 Metode *Stereolithography Apparatus* [1]

Teknik ini membuat model 3D dari cairan polimer *fotosensitif* yang memadat ketika diberi cahaya ultraviolet. Seperti yang ditunjukkan pada gambar diatas. Model dibangun diatas sebuah *platform* yang ditempatkan tepat dibawah permukaan epoxy cair. Sinar laser UV bertenaga rendah difokuskan ke lapisan pertama, memadatkan polimer cair pada lapisan pertama sesuai disain produk yang akan dibentuk. Kemudian *elevator* menurunkan *platform* sejauh tebal satu lapisan. Pemangkas melapis ulang lapisan yang telah memadat dengan cairan, dan sinar laser menuju ke lapisan kedua. Proses ini diulangi hingga lapisan terakhir

model produk selesai dikerjakan. Setelah itu, bagian padatan dipindahkan dan dibersihkan dari sisa cairan yang menempel [1].

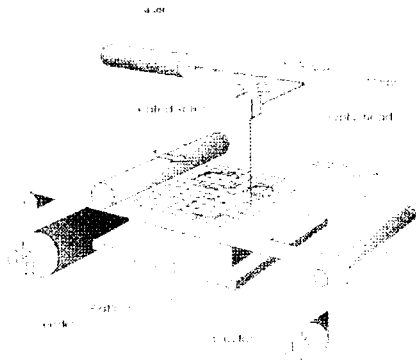


Gambar 2.2 Metode SGC [7]

Pada metode ini, pertama resin fotosensitif disemprotkan pada *platform*. Kemudian mesin menyusun suatu pola pada pelat kaca dengan proses elektrostatis yang mirip dengan fotokopi. Sinar ultraviolet dilewatkan melalui pola mengenai resin *fotosensitif* menyebabkan resin tersebut menjadi padat pada bagian yang terkena sinar, gambar 2.2. Kemudian resin yang masih berbentuk cair dihisap dan lilin dituangkan untuk digunakan sebagai material pendukung. Proses freis dilakukan untuk meratakan permukaan atas lapisan. Langkah tersebut diulang-ulang hingga lapisan terakhir selesai dikerjakan [7].

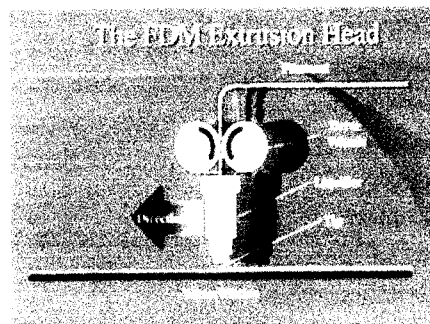
2.1.2 *Solid-Based*

Kecuali untuk bubuk, sistem RP *solid-based* mencakup semua bentuk material padat. Dalam konteks ini, bentuk padatan dapat mencakup potongan dalam bentuk kabel, gulungan, *laminated* dan pellet. Sistem RP berikut yang masuk dalam kategori ini antara lain, *Laminated Object Manufacturing* (LOM), dan *Fused Deposition Modeling* (FDM).



Gambar 2.3 Metode LOM [1]

Produk dari bahan lembaran plastik atau kertas yang ditempel-tempel untuk membentuk sebuah model produk. Lembaran plastik ditempelkan pada lapisan sebelumnya dengan rol pemanas, kemudian sinar laser memotong lembaran tersebut sesuai dengan batas luar dari bentuk penampang produk, seperti pada gambar 2.3, sinar laser kemudian juga memotong lembaran di bagian luar produk dengan bentuk kotak-kotak kecil sebagai material pendukung. Tujuan dari pemotongan ini adalah untuk memudahkan pemisahan produk dengan material pendukung setelah produk terbentuk seluruhnya. Setelah lapisan pertama selesai dikerjakan, *platform* diturunkan sejauh tebal satu lapisan dan lembaran baru dilapiskan pada lembaran sebelumnya. Proses ini diulangi hingga lapisan terakhir selesai dikerjakan [1].



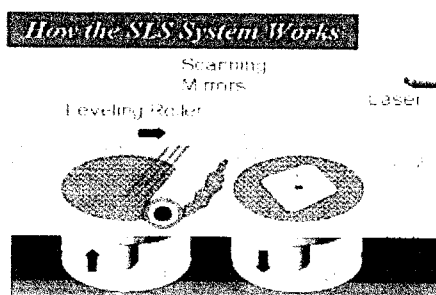
Gambar 2.4 Metode FDM [1]

Pada metode ini, filamen termoplastik atau lilin dilewatkan nosel panas, sehingga meleleh keluar nosel dan menetes pada *platform*. Cairan lilin akan dengan cepat membeku setelah keluar nosel untuk membentuk deposit, seperti gambar 2.4. Nosel panas ini bergerak dalam arah x-y sesuai dengan bentuk penampang produk yang bergerak di sumbu x-y. Setelah satu lapisan selesai

dikerjakan, *platform* diturunkan sejauh tebal satu lapisan. Langkah-langkah tersebut diulang-ulang hingga produk terbentuk seluruhnya [1].

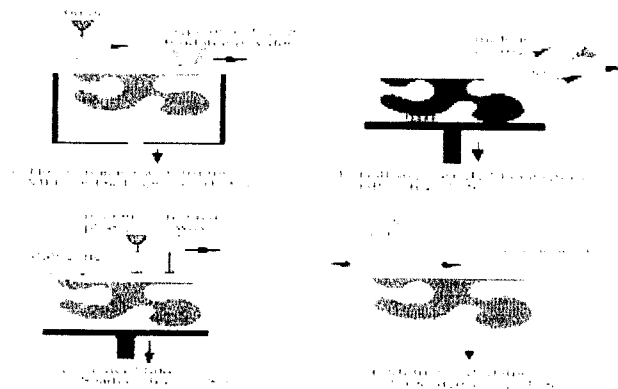
2.1.3 Powder Based

Dalam arti yang terbatas, bubuk berada dalam status padat. Kendati demikian, ingin diciptakan sebagai kategori diluar sistem RP *solid-based* untuk mencakup bubuk dalam bentuk *grain-like*. Sistem RP berikut yang masuk dalam kategori ini salah satunya adalah *3-D Ink Jet Printing*, dan *Sintering Laser Selective* (SLS).



Gambar 2.5 Metode SLS [1]

Pada metode ini material serbuk ditaburkan dan diratakan di atas permukaan *platform*. Kemudian sinar laser memanaskan serbuk secara selektif sesuai dengan bentuk penampang produk, seperti pada gambar 2.5. Sinar laser menyebabkan serbuk-serbuk tersebut saling menyatu, selain itu sinar laser juga berguna untuk menyatukan lapisan dengan lapisan di bawahnya. Serbuk-serbuk yang tidak terkena sinar laser dibiarkan di tempat untuk digunakan sebagai material pendukung. Setelah setiap satu lapisan selesai dikerjakan, *platform* diturunkan sejauh tebal satu lapisan, dan serbuk-serbuk untuk lapisan berikutnya ditaburkan dan diratakan. Setelah bentuk produk selesai dikerjakan seluruhnya, maka produk dipisahkan dari material pendukung [1].



Gambar 2.6 Metode 3-D Ink Jet Printing [7]

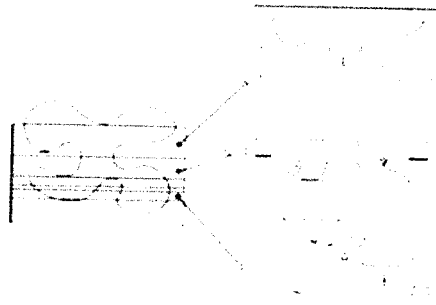
Pada metode ini material serbuk ditaburkan di atas *platform* dan diratakan dengan *roller*, kemudian nosel meneteskan perekat secara selektif sesuai dengan bentuk penampang produk, seperti pada gambar 2.6. Serbuk yang terkena perekat akan saling berikatan, dan serbuk yang tidak terkena perekat berfungsi sebagai material pendukung. Setelah satu lapisan selesai dikerjakan, *platform* diturunkan sejauh tebal satu lapisan. Langkah tersebut diulang-ulang hingga lapisan terakhir selesai dikerjakan [7].

2.2. Shape Deposition Manufacturing (SDM)



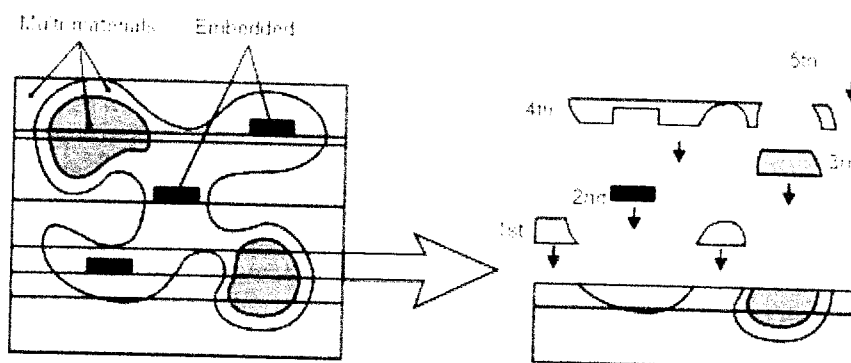
Gambar 2.7 SDM [6]

Metode *shape deposition manufacturing* (SDM) pada dasarnya sama dengan metode lainnya dalam *layer manufacturing* atau *Rapid Prototyping*. Metode SDM merupakan gabungan dari proses *additive* (menggabungkan material lapis demi lapis) dan proses *subtractive* (pengurangan material) seperti pada gambar 2.7. [6]



Gambar 2.8 SDM [6]

Pada gambar 2.8 material pendukungnya dibangun, setelah itu proses CNC *milling* untuk membentuk rongga cetak, setelah rongga cetak terbentuk, material produk dituang penuh. Pada proses ini terjadi proses *subtractive* material, yaitu menghilangkan material (warna kuning). Material pendukungnya 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 metode SDM ditunjukkan pada gambar 2.9. [6]

Gambar 2.9 Tahapan *Deposition* dan *Shaping* [6]

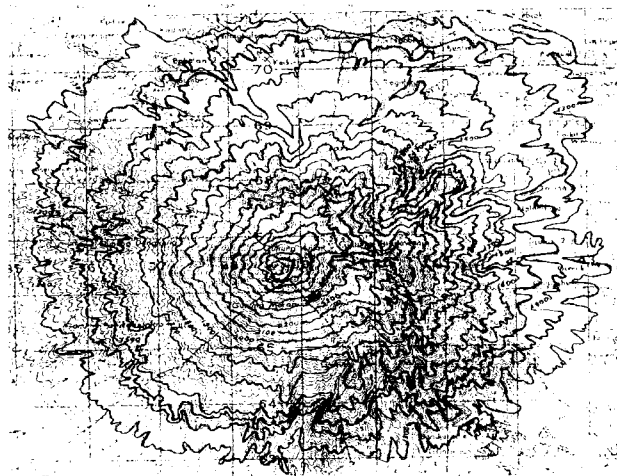
Gambar 2.10 Struktur multimaterial dengan menyisipkan komponen [6]

Membuat *prototype* dengan bentuk yang kompleks serta ditambah material *additive*, ini memungkinkan proses pembuatan multi material dan bentuk setengah jadi ditempelkan didalam material produk tersebut, seperti pada gambar 2.10. [6]

2.3. Peta Topografi

Peta adalah gambaran dari permukaan bumi yang diperkecil dengan skala tertentu sesuai dengan kebutuhan. Peta digambarkan di atas bidang datar dengan sistem proyeksi dan skala tertentu. Peta yang digunakan untuk kegiatan alam bebas adalah Peta Topografi. [2]

Peta topografi adalah suatu gambaran di atas bidang datar tentang seluruh atau sebagian permukaan bumi yang terlihat dari atas dan diperkecil dengan perbandingan ukuran tertentu. Peta topografi menggambarkan secara proyeksi dari sebagian fisik bumi, sehingga dengan peta ini bisa diperkirakan bentuk permukaan bumi. Bentuk relief bumi pada peta topografi digambarkan dalam bentuk garis-garis kontur. [2]



Gambar 2.11 Peta Topografi

Peta Topografi erat kaitannya dalam proses pembuatan model gunung, mensyaratkan mengenai beberapa hal kelengkapannya, diantaranya seperti : [2]

- Skala

Ukuran peta dalam hubungannya dengan bumi disebut dengan skala, biasanya dinyatakan dengan pecahan atau rasio/perbandingan. Pembilang,

yang terletak di bagian atas pecahan merupakan satuan unit peta dan penyebut yang terletak di bagian bawah pecahan merupakan angka dalam unit yang sama yang menunjukkan jarak yang sebenarnya di lapangan/bumi sebenarnya. Sebagai contoh skala 1/10.000 artinya jarak satu centimeter di peta ekuivalen dengan 10.000 centimeter di lapangan. Sebagai perbandingan, skala ini akan ditunjukkan sebagai 1:10.000. Jika penyebut makin besar atau pecahan makin kecil maka semakin luas permukaan bumi yang dapat ditunjukkan dalam peta tunggal. Oleh karena itu, peta berskala kecil akan menunjukkan bagian bumi yang lebih luas dan peta berskala besar relatif menunjukkan bagian bumi yang lebih kecil.

- Elevasi

Salah satu unsur yang penting lainnya pada peta adalah informasi tinggi suatu tempat terhadap rujukan tertentu. Unsur ini disebut dengan elevasi, yaitu ketinggian sebuah titik di atas muka bumi dari permukaan laut. Kartograf menggunakan teknik yang berbeda untuk menggambarkan ketinggian, misalnya permukaan bukit dan lembah. Peta yang sudah modern menggambarkan pegunungan dengan relief yang diberi bayangan, yang disebut dengan *hill shading*. Peta Topografi tradisional menggunakan garis lingkaran yang memusat yang disebut dengan garis kontur, untuk menggambarkan elevasi (ketinggian tiap garis kontur).

2.3.1 Sifat-sifat garis Kontur: [2]

Garis-garis kontur memiliki beberapa karakter atau sifat, antara lain:

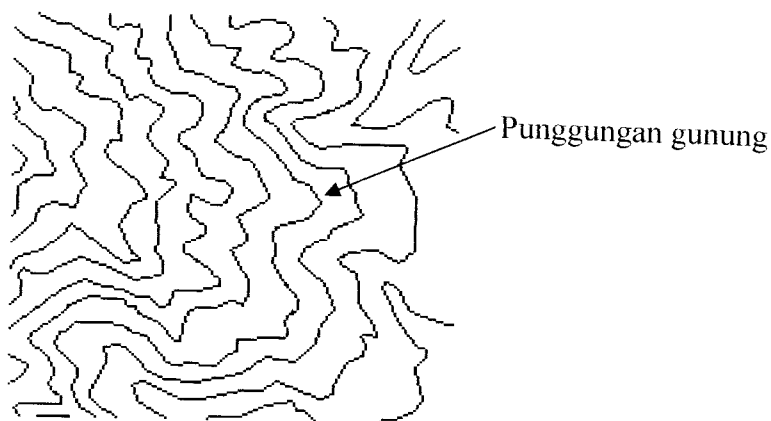
- Garis kontur merupakan kurva tertutup sejajar yang tidak akan memotong satu sama lain dan tidak akan bercabang.
- Garis kontur yang berada didalam selalu menunjukan posisi yang lebih tinggi dari garis yang berada diluarnya.
- Interval / elevasi kontur selalu merupakan kelipatan yang sama
- Indeks kontur dinyatakan dengan garis tebal
- Semakin rapat jarak antara garis kontur, berarti semakin terjal. Jika garis kontur bergerigi maka kemiringannya hampir atau sama dengan 90° .

2.3.2 Membaca Garis Kontur

Dalam kontur terdapat banyak data yang dapat menjadi informasi untuk mendapatkan sebuah gambaran suatu daerah sebuah wilayah atau kawasan. Misal dalam garis kontur gunung, dapat diketahui informasi yang dapat menggambarkan permukaan lembah, sungai, daerah yang landai, dan daerah yang terjal. Berikut ini cara membaca garis kontur: [2]

a. Punggungan gunung

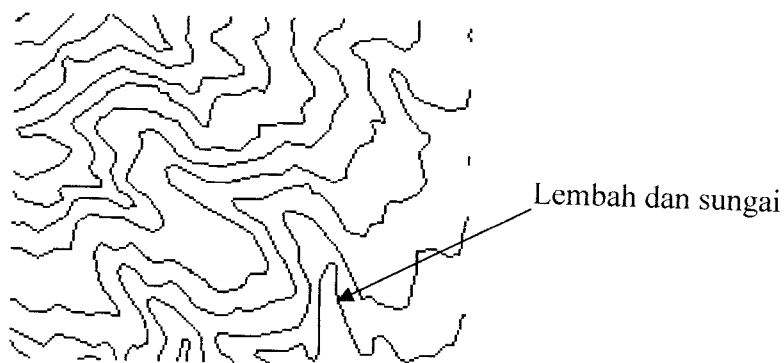
Punggungan gunung merupakan rangkaian garis kontur berbentuk huruf U.



Gambar 2.12. Punggungan gunung

b. Lembah dan sungai

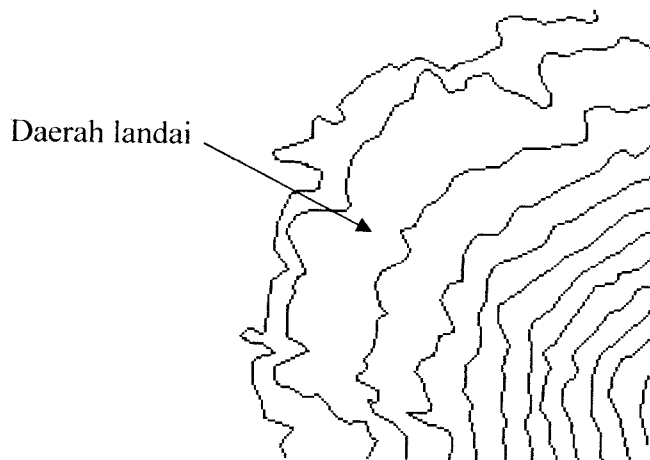
Lembah atau sungai merupakan rangkaian garis kontur yang berbentuk n (huruf V terbalik) dengan ujung yang tajam.



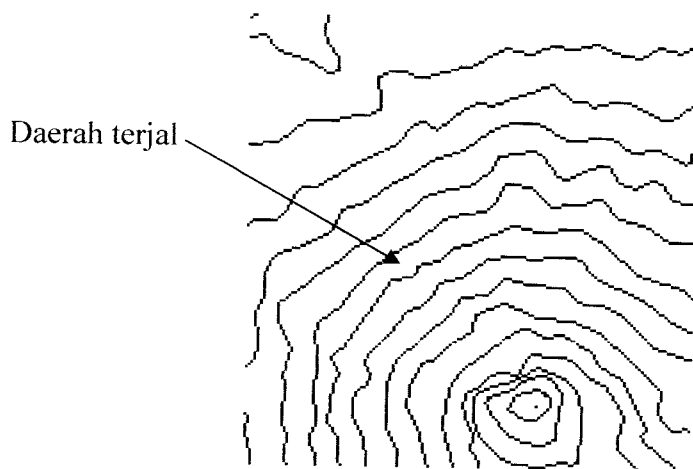
Gambar 2.13. Lembah dan sungai

c. Daerah landai datar dan terjal curam

Daerah landai garis konturnya jarang jarang, sedangkan daerah terjal/curam garis konturnya rapat.



Gambar 2.14. Daerah landai

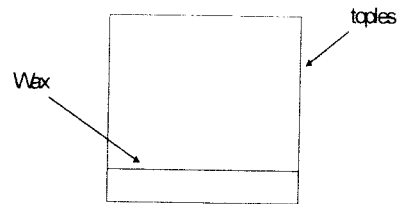


Gambar 2.15. Daerah terjal

2.4. Metode *Layer Deposition Manufacturing* (LDM)

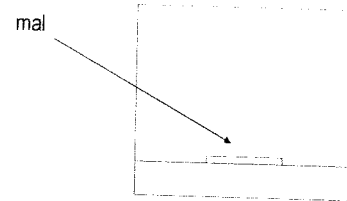
2.4.1 LDM Secara Manual

1. Wax dituang setinggi 10 mm, pada toples



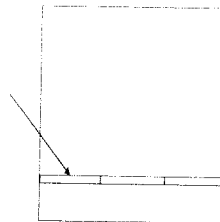
(a)

2. Mal ditaruh diatas wax kering



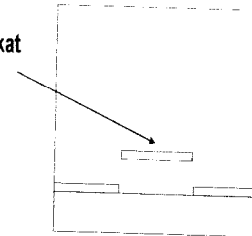
(b)

3. Wax dituang setinggi mal



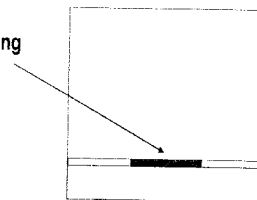
(c)

4. Mal diangkat



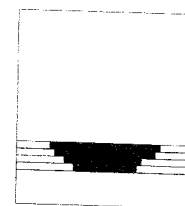
(d)

5. Plastic steel dituang



(e)

6. Finishing, wax dipanaskan untuk diambil material produk



(f)

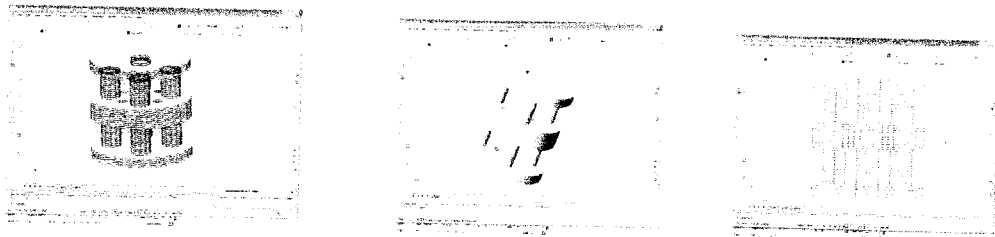
Gambar 2.16 Langkah kerja *Layer Deposition Manufacturing* [3]

Gambar 2.16a merupakan langkah kerja pertama yaitu lilin dituang pada toples setinggi 1 mm, dengan tujuan untuk melapisi dasar toples, sehingga saat material produk dituang tidak menempel pada toples tetapi menempel pada lilin

atau *layer* (lapisan) pertama. Kemudian langkah kedua yang ditunjukkan pada gambar 2.16b pola diletakkan diatas *layer* pertama. Pola terbuat dari kertas katon, kayu atau plat baja. Setelah pola diletakkan secara presisi kemudian lilin cair dituang di sekeliling pola hingga ketebalan satu lapisan, misalnya 1 mm. Setelah beberapa saat terbentuk lapis lilin beku, seperti pada gambar 2.16c. Pola diangkat dilepaskan dari lapisan lilin tersebut sehingga terbentuk lubang cetak yang sesuai dengan bentuk dari pola, seperti gambar 2.16d. [3]

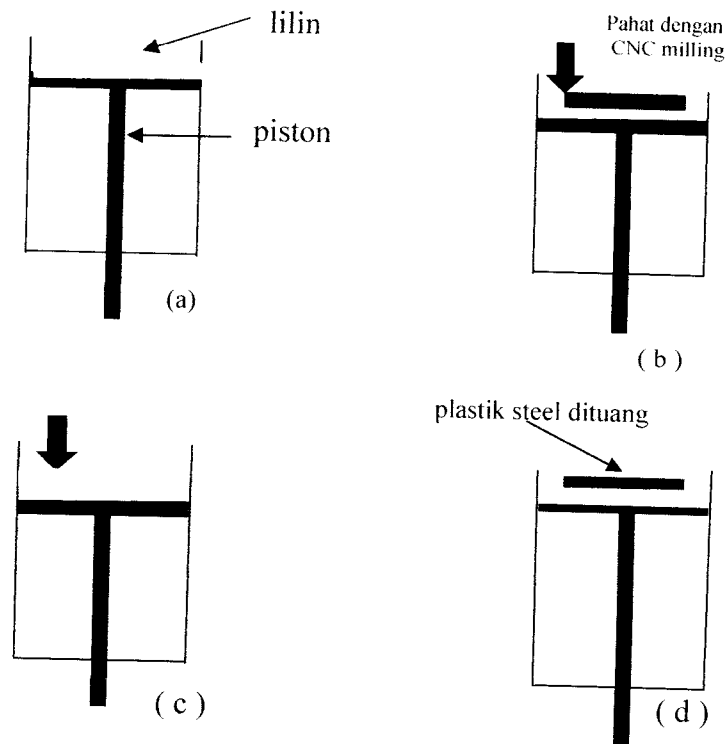
Pada gambar 2.16e, material produk yang berbentuk cair atau pasta dituang mengisi lubang cetak sesuai dengan pola yang dibentuk, dan material produk segera mengeras setelah beberapa saat. Proses ini dilakukan secara berulang-ulang sampai pada layer terakhir seperti pada gambar 2.16f dan kemudian tahapan terakhir yaitu melepas material produk dari material pendukungnya (lilin) dengan cara lilin tersebut dipanaskan atau dilelehkan dari material produknya, biasanya proses pemanasan dapat dilakukan dengan menggunakan kompor atau oven dengan syarat pemanasan sampai titik cair lilin.[3]

2.4.2 LDM dengan Memanfaatkan mesin CNC



Gambar 2.17 Disain gambar produk menggunakan perangkat lunak [3]

Dari gambar 2.17 produk dapat dibuat dengan metode LDM dengan memanfaatkan mesin CNC, metode ini pada prinsipnya sama dengan metode LDM secara manual, yang membedakan hanya pada pembuatan pola atau rongga cetak untuk material pendukungnya. [3]



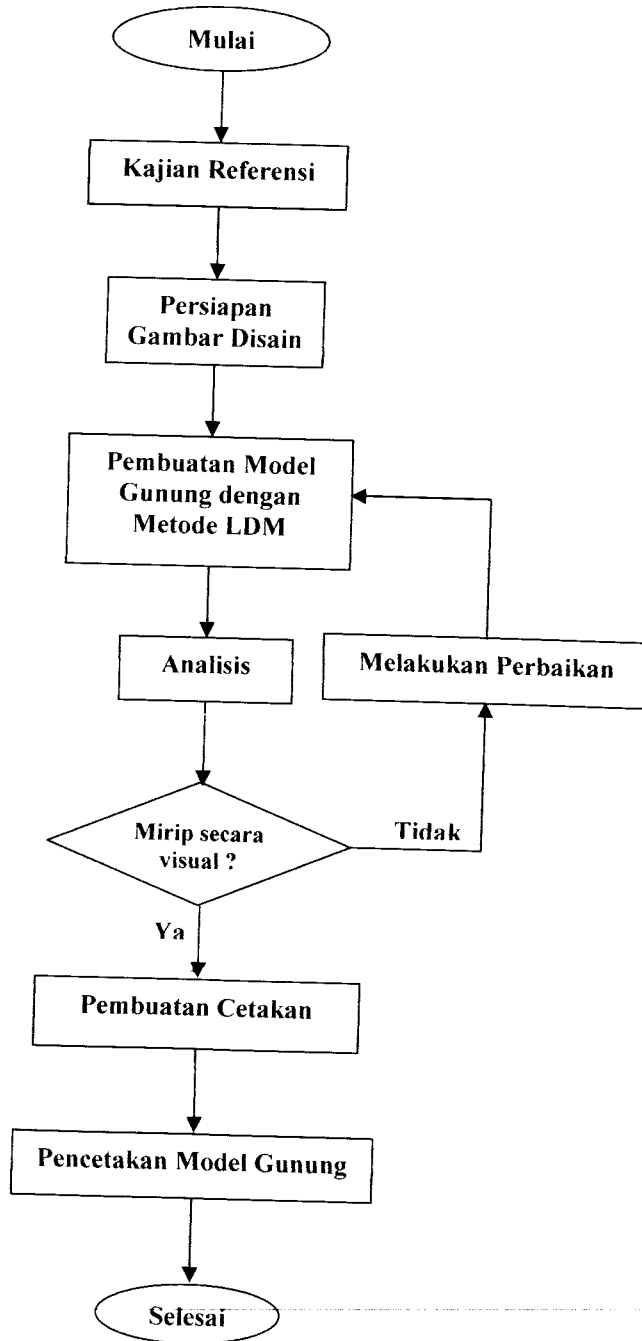
Gambar 2.18 Langkah kerja pembuatan produk LDM dengan CNC [3]

Langkah kerja dari proses pembuatan produk dengan metode ini adalah seperti pada gambar 2.18a dimana lilin cair sebagai material pendukung dituang secara tipis ke suatu lubang silinder dan didiamkan hingga membeku membentuk satu lapisan lilin. Pada lapisan lilin tersebut kemudian dibuat lubang cetak dengan proses freis menggunakan mesin CNC *Milling* agar lebih presisi seperti pada gambar 2.18b. Pada gambar 2.18c lubang cetak terbentuk, kemudian material produk yang berbentuk cair atau pasta (dalam penelitian ini digunakan *plastic steel* / resin-epoxy) dimasukkan ke dalam lubang cetak tersebut seperti pada gambar 2.18d 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. Material produk dituang, begitu seterusnya proses tersebut diulang-ulang hingga pada lapisan yang terakhir. Produk dilepaskan dari lilin dengan cara memanaskannya hingga sedikit di atas titik cair lilin, lilin meleleh dan produk dapat diambil. [3]

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan dan pencarian data dilakukan sebagai berikut:

- a. Sebagian data diambil dari penelitian sebelumnya.
- b. Studi kepustakaan, yaitu mempelajari literatur-literatur yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan.
- c. Mengunjungi dan melakukan konsultasi dengan pihak-pihak yang terkait dengan penelitian, misalnya BPPTK Yogyakarta, Bakosurtanal, dan pembuat model gunung Merapi yaitu *river side design*.

3.3. Bahan dan Alat

3.3.1 Bahan yang Digunakan

Dalam penelitian pembuatan model gunung digunakan bahan-bahan sebagai penunjang dalam penelitian. Jenis bahan yang digunakan antara lain :

- a. Material pendukung, terdiri dari :
 - Lilin mentah (*parafin*).
 - *Stearin*.
- b. Material *pattern* (master/pola cetak), terdiri atas :
 - *Gypsum*.
 - Air bersih.
 - *Wax* (lilin mainan/plastisin).
- c. Material cetakan :
 - Resin Arindro dan katalis.
 - Serat (*fiber*).
 - *Silicon Rhodorsil RTV 585* dan katalis 60 R .
 - Kobal.
 - *Talk*.
- d. Produk :
 - Resin dan katalis.
 - Pasir batu gunung.
 - *Gypsum*.

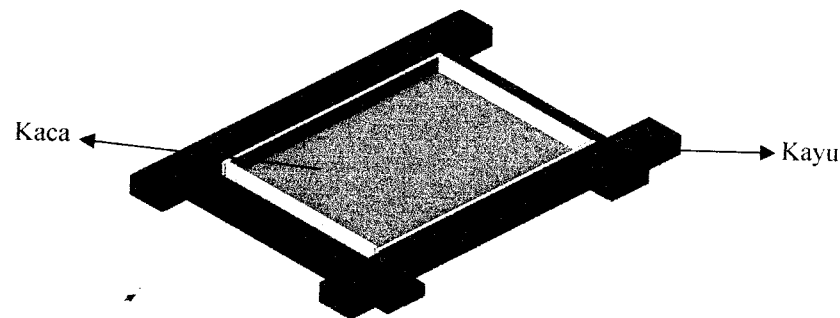
3.3.2 Alat yang Digunakan

Dalam penelitian pembuatan model gunung digunakan alat-alat sebagai penunjang dalam penelitian, antara lain:

a. Alat utama, terdiri dari:

- Alat pencetak lembaran lilin.

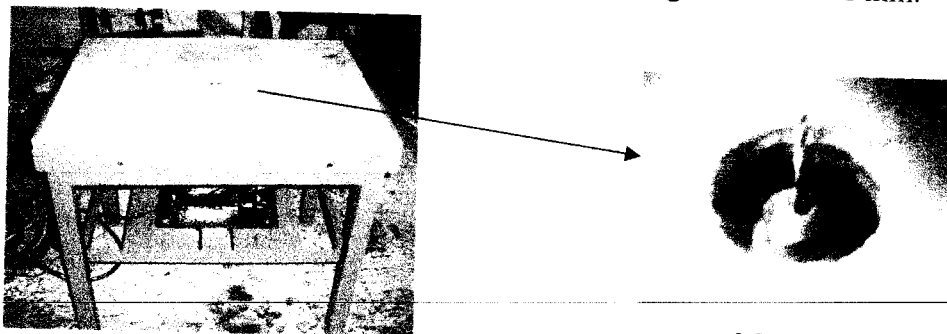
Alat pencetak lembaran lilin (gambar 3.2) adalah alat yang digunakan dalam mencetak lembaran lilin. Alat ini dari kayu dan kaca, yang dapat dibongkar pasang dan diatur ketebalan pembuatan lembaran lilin sesuai kebutuhan yang diinginkan (maksimal ketebalan 30 mm). Lama pembuatan lembaran lilin ini tergantung dari ketebalan yang akan dibuat, untuk menghasilkan lembaran lilin dengan ketebalan 5 mm waktunya adalah 15-20 menit. Dimensi ukuran lembaran lilin yang dihasilkan dalam sekali cetak adalah dengan ukuran A₄ (297 x 210 x 5) mm.



Gambar 3.2 Alat pencetak lembaran lilin

- Alat pemotong pola pada lembaran lilin

Alat pemotong lembaran lilin (gambar 3.3) adalah alat yang dibuat khusus untuk memotong pola pada lembaran-lembaran lilin. Pada pemotongan ini mata bor yang digunakan adalah mata bor besi dengan diameter 2 mm.



Gambar 3.3 Alat pemotong pola

Alat pemotong lembaran lilin ini adalah hasil rancangan mahasiswa teknik mesin UII. Alat ini terdiri dari drill yang berfungsi sebagai rumah pahat, dynamo sebagai penggerak yang dihubungkan oleh saklar, belt, dan untuk mengatur on/off digunakan pedal.

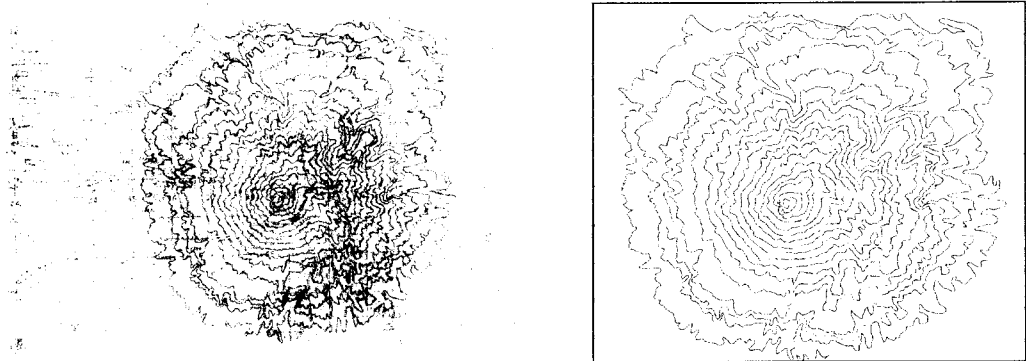
b. Alat pendukung, terdiri dari:

- Kompor
- Panci
- *Ballpoint*/pensil
- Oli
- Kuas
- Lem fox
- *Cutter*
- Mistar
- Gunting
- Cat semprot
- Cat tembok

3.4. Pembuatan Master Model Gunung

3.4.1 Pola Kontur Gunung Merapi

Dari data yang didapat dari BPPTK Yogyakarta, didapat gambar kontur gunung Merapi. Ukuran model gunung yang ingin dibuat adalah ukuran yang cocok dan sesuai untuk ukuran lembaran lilin yang digunakan. Skala model gunung yang dibuat adalah 1 : 50.000, dan dimulai dari ketinggian 1500 m sampai dengan puncak merapi yaitu ketinggian 2900 m. Dengan bantuan software *Corel Draw* maka akan dihasilkan gambar yang lebih jelas, agar memudahkan dalam proses pembuatan pola pada lembaran lilin. (gambar 3.4)



Gambar 3.4 Kontur gunung

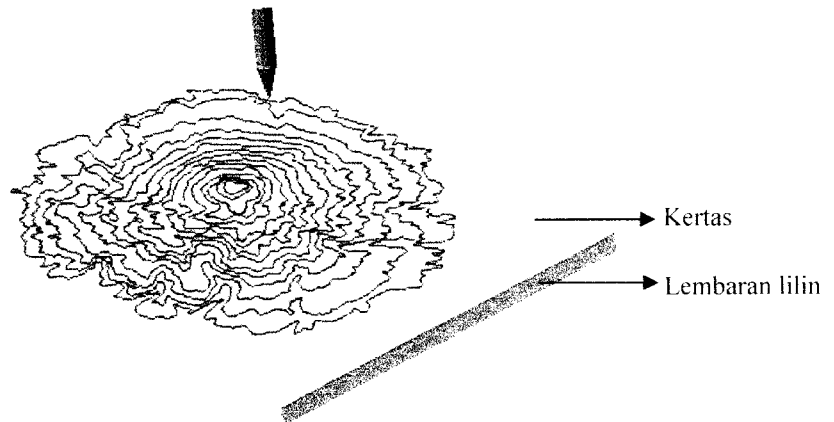
3.4.2 Membuat Lembaran Lilin

Lembaran-lembaran (*layer*) lilin dibuat dengan menggunakan *parafin* padat dan stearin. *Parafin* dan stearin dipanaskan hingga mencair dengan menggunakan kompor, kemudian dituang ke dalam cetakan *layer* hingga menjadi dingin dan padat. Proses ini dilakukan beberapa kali sampai dengan jumlah 15 lembar lilin.

Gambar 3.5 lembaran lilin

3.4.3 Membuat Pola Kontur pada Lembaran Lilin

Untuk membuat pola kontur pada lembaran lilin digunakan cara yang sangat sederhana sekali, yaitu dengan cara menjiplak pola kontur dari kertas A4 (gambar 3.6). Kemudian Pola kontur tersebut diletakkan diatas lembaran lilin, dengan menggunakan *ballpoint*/pensil, ditekan dan mengikuti pola kontur yang ada sesuai dengan ketinggian gunung yang diinginkan sehingga menghasilkan goresan sesuai pola kontur.



Gambar 3.6 Pembuatan pola kontur pada lilin



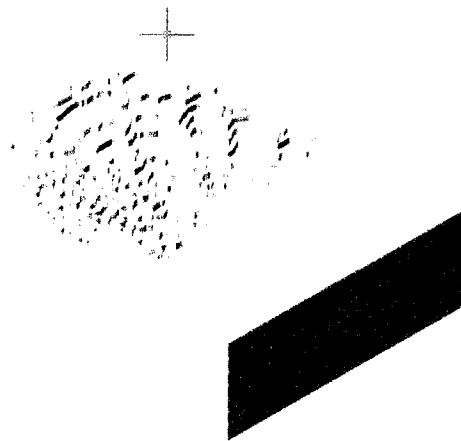
Gambar 3.7 Hasil pembuatan pola kontur

3.4.4 Proses Pemotongan Lembaran-Lembaran Lilin

Lembaran-lembaran (*layer*) lilin yang sudah memiliki pola kontur selanjutnya dilakukan proses pemotongan untuk setiap lembaran-lembaran lilin. Pada proses ini harus diperhatikan bagian mana yang harus dibuang dan bagian mana yang digunakan. Karena berhubungan erat dengan masalah geram atau sampah hasil pemotongan *layer*. Maka, pemotongan dilakukan searah jarum jam agar geram menjadi satu dengan bahan yang akan dibuang.



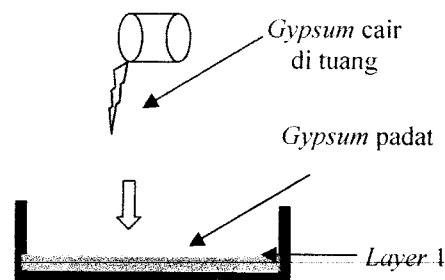
Gambar 3.8 Lembaran lilin yang telah dipotong



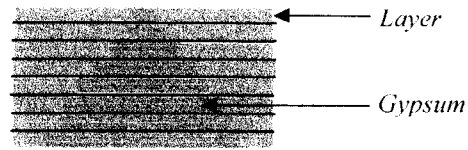
Gambar 3.9 Susunan cetakan lembaran-lembaran lilin

3.4.5 Penuangan Material

Pada proses penuangan ini, lembaran lilin disusun satu demi satu dimulai dari lembaran lilin untuk ketinggian 1500 m lalu dituang dengan *gypsum* cair (gambar 3.10). Proses ini dilakukan secara berulang-ulang sampai dengan lembaran lilin dengan ketinggian 2900 m. Jumlah lembaran-lembaran lilin adalah 15 lembar.



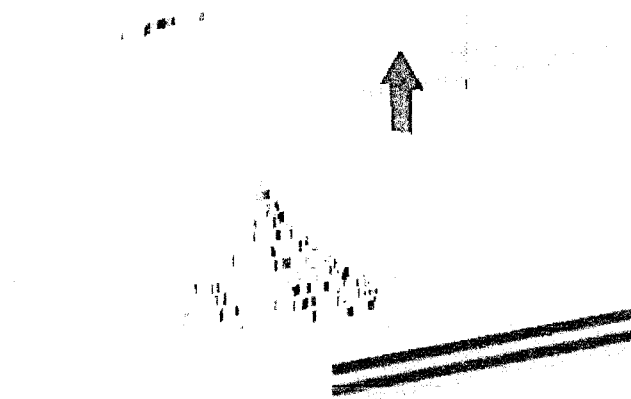
Gambar 3.10 Penuangan material *gypsum*



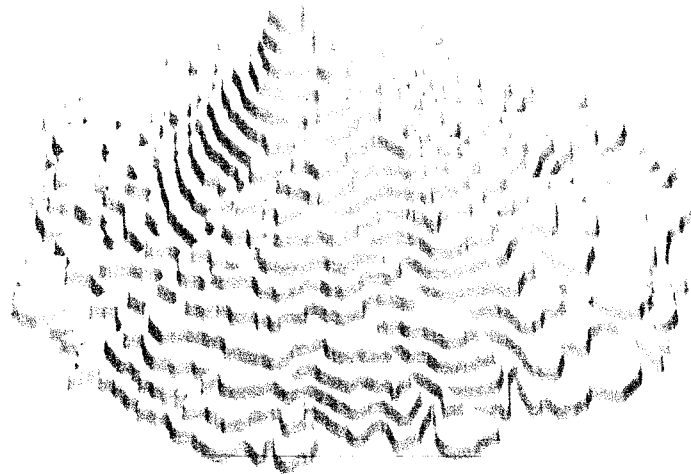
Gambar 3.11 *Layer-layer* yang berisi *gypsum*

3.4.6 Pelepasan Model dari Cetakan

Pada bagian ini, pelepasan dilakukan dengan cara yang sederhana, yaitu dengan mengangkat lembaran lilin *layer* demi *layer*, dimulai dari *layer* yang paling atas (ketinggian 2900 m), hingga *layer* terakhir (ketinggian 1500 m).



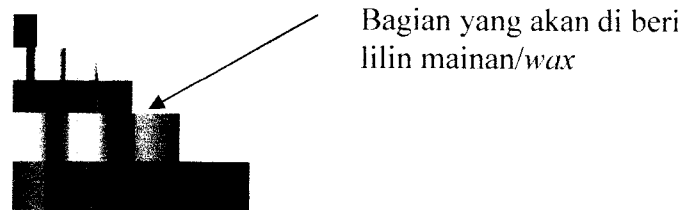
Gambar 3.12 Proses pelepasan model dari cetakan



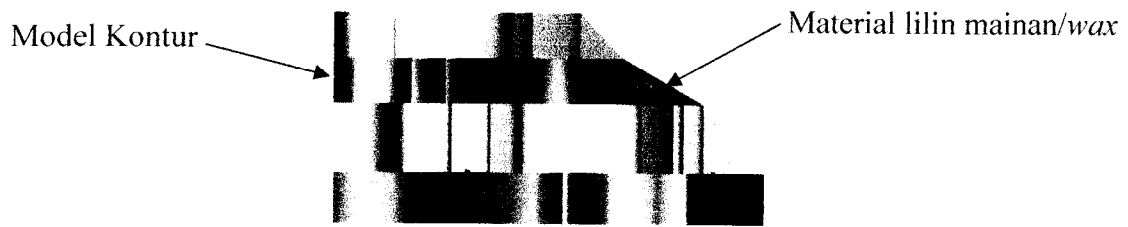
Gambar 3.13 Model gunung hasil cetakan lembaran lilin

3.4.7 *Finishing* Master Model Gunung

Proses *finishing* dilakukan untuk menyempurnakan bentuk model gunung agar tampak sesuai dengan yang aslinya. Bahan yang digunakan adalah *wax* (lilin permainan/plastisin), ini dikarenakan bahan tersebut mudah untuk dibentuk mengikuti bentuk kontur yang ada.



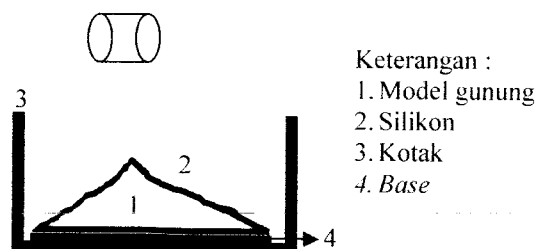
Gambar 3.14 Tempat yang akan diberi *wax*



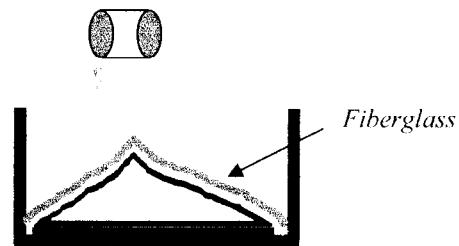
Gambar 3.15 Proses penempelan *wax*

3.5. Pembuatan Cetakan Model Gunung

Cetakan ini dibuat untuk memudahkan dalam pembuatan sebuah produk dan juga untuk memproduksi secara massal. Cetakan terbuat dari *Silicon Rhodorsil RTV 585* dan *Catalyst 60 R* (untuk mencetak), *fiber* (sebagai penyangga atau dudukan dari silikon), *talk* (berupa bubuk) dan kobal. Silikon digunakan karena akan diperoleh cetakan fleksibel yang kuat. Selain itu cetakan mudah dilepas, dan dengan mudah digunakan untuk mencetak kembali.



Gambar 3.16 Proses penuangan Silikon



Gambar 3.17 Proses penuangan resin dan serat

3.6. Pembuatan Produk Model Gunung

Pada proses pembuatan produk model gunung, material yang digunakan adalah *gypsum* dan batu-batuan gunung yang dihancurkan menjadi pasir. Dengan cara menuangkan material tersebut kedalam cetakan yang telah dibuat sebelumnya. Setelah material tersebut menyatu dan menjadi lebih padat selanjutnya dapat dengan mudah melepaskan produk dari cetakannya.

BAB IV

PROSES PEMBUATAN

PRODUK SENI MODEL GUNUNG

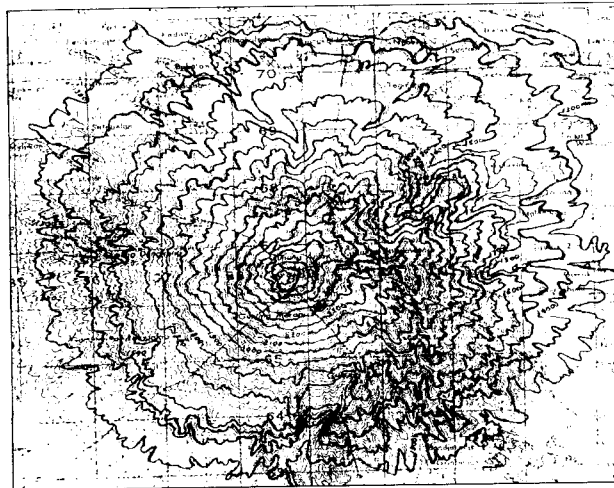
Proses pembuatan produk seni model gunung ini menggunakan metode *Layer Deposition Manufacturing* (LDM), yaitu model gunung dibuat per *layer* atau per lapis yang dimulai dari ketinggian 1500 m hingga ketinggian 2900 m. Untuk menghasilkan produk seni model gunung diperlukan beberapa tahapan-tahapan hingga model gunung tersebut dapat dihasilkan, yaitu *pertama*, pembuatan master model gunung. *Kedua*, pembuatan cetakan model gunung. Dan *ketiga*, pembuatan produk model gunung.

Dari semua proses yang dilakukan, maka dapat diketahui dengan jelas kelebihan-kelebihan serta kelemahan-kelemahan dari penerapan metode LDM untuk pembuatan model gunung.

4.1. Pembuatan Master Model Gunung

4.1.1 Gambar Desain Model Gunung

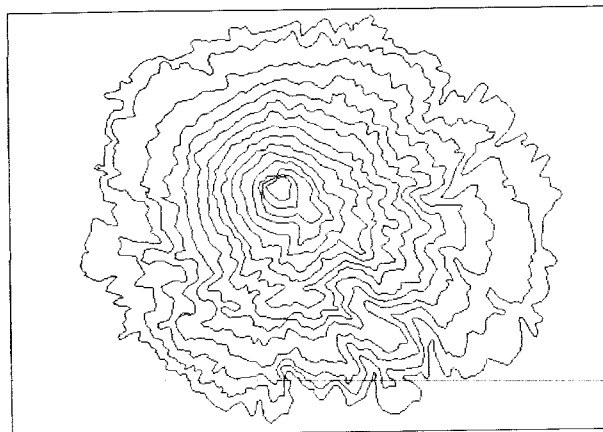
Dalam pembuatan model gunung dengan menggunakan metode LDM ini sangat dibutuhkan persiapan desain gambar yang tepat dan sesuai dengan metode yang diterapkan. Peta topografi digunakan sebagai gambar desain karena memiliki data yang terukur dan juga dapat diterapkan dalam metode LDM. Peta topografi gunung Merapi bisa didapatkan di instansi yang terkait, yaitu Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungapian (BPPTK) di Yogyakarta dan Bakorsutanal. Kedua instansi tersebut banyak memiliki informasi-informasi peta topografi khususnya gunung Merapi (gambar 4.1).



Gambar 4.1 Peta Topografi gunung Merapi

Untuk memudahkan proses pembuatan model gunung, maka dilakukan pengeditan gambar dengan menggunakan bantuan software grafis *CorelDraw*. Dengan *CorelDraw* gambar tersebut dapat diperbesar atau diperkecil sesuai dengan yang diinginkan. Gambar desain yang dibutuhkan adalah sesuai dengan ukuran A₄ (297 x 21) mm.

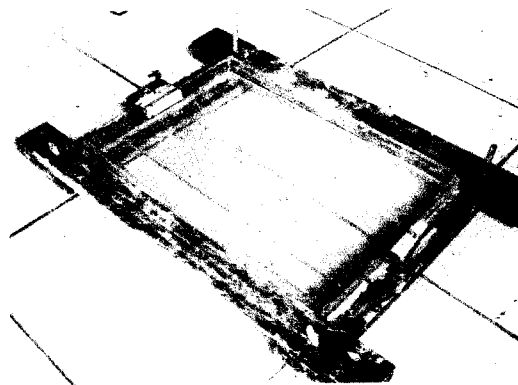
Selain itu software ini juga dapat membuat duplikat dari peta topografi, yaitu dengan menghilangkan garis kontur yang tidak dipakai. Hal ini untuk mempermudah pada saat pembuatan pola kontur pada lilin. Cara menduplikasikan dengan software *CorelDraw* adalah *import* gambar tersebut kedalam software ini, kemudian dengan *PenTool* garis kontur dapat diduplikat sesuai dengan yang diinginkan, setelah semua diduplikat gambar peta topografi dapat dihapus (gambar 4.2).



Gambar 4.2 Hasil duplikasi dengan software *CorelDraw*

4.1.2 Membuat Cetakan Lembaran Lilin

Cetakan lembaran lilin terdiri dari susunan kaca dan kayu berfungsi sebagai penyangga serta penahan kaca (gambar 4.3). Cetakan ini dibuat karena kebutuhan akan lembaran lilin sesuai dengan yang dibutuhkan dan proses pembuatannya yang sederhana. Cetakan lembaran lilin ini dapat membuat lembaran lilin dengan ketebalan mulai 5 mm hingga ketebalan 30 mm. Caranya dengan menambah dan mengurangi banyaknya jumlah alas cetakan lilin.

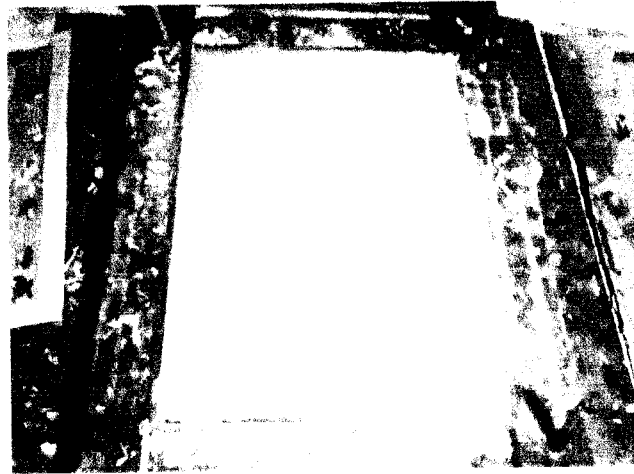


Gambar 4.3 Cetakan lembaran lilin

Dalam mencetak lembaran lilin ada beberapa hal yang harus dipersiapkan sebelum cairan lilin dituang ke dalam cetakan, yaitu menutup sela-sela serta rongga-rongga bagian sisi dan sudut kaca dengan vaselin. Ini dikarenakan bagian-bagian tersebut tidak 100 % rapat, sehingga jika bagian tersebut tidak ditutup maka cairan lilin akan merembes keluar melalui sela-sela bagian sisi-sisi dan sudut-sudut kaca.

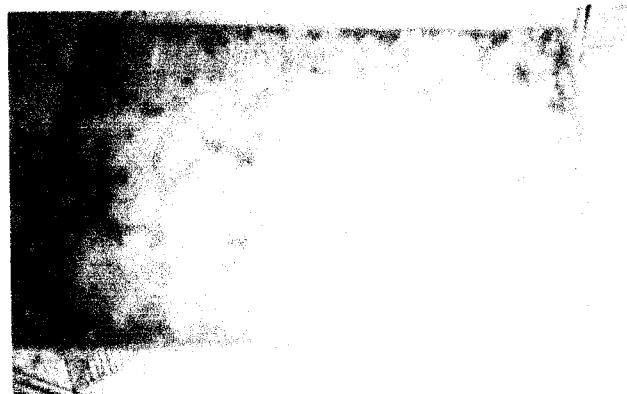
4.1.3 Membuat Lembaran Lilin

Lembaran lilin dibuat dengan bantuan cetakan lilin yang telah dipersiapkan sebelumnya. Lembaran lilin dibuat sebagai material pendukung dalam pembuatan master model gunung. Lembaran lilin ini terdiri dari *parafin* mentah / lilin yang masih dalam bentuk bongkahan dan stearin. Komposisinya antara *parafin* mentah dan stearin adalah 1 kg *parafin* dan $\frac{1}{4}$ kg stearin, semakin banyak stearin yang digunakan akan semakin keras pula lembaran lilin yang dihasilkan.



Gambar 4.4 Pembuatan lembaran lilin kedalam cetakan

Untuk mendapatkan lilin dalam bentuk lembaran sesuai dengan ukuran yang diinginkan, bongkahan lilin dan stearin tersebut dipanaskan dalam panci hingga mencair dan tercampur rata. Sebelum proses penuangan dilakukan, lilin tersebut diangkat dari kompor dan didiamkan beberapa menit untuk mencegah cetakan yang terbuat dari kaca tiba-tiba pecah karena pengaruh dari panas lilin. Selanjutnya menuang cairan lilin sedikit demi sedikit tersebut kedalam cetakan lilin, guna mempercepat lilin menjadi dingin dan padat. Proses pendinginan lilin dari cair dan menjadi padat membutuhkan waktu 15 – 20 menit.



Gambar 4.5 Hasil cetakan lembaran lilin

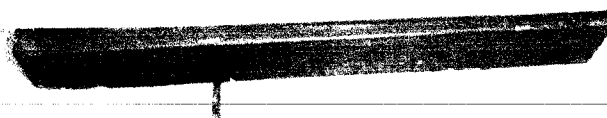
4.1.4 Membuat Pola Kontur pada Lembaran Lilin

Pola kontur dibuat untuk membantu dalam proses pemotongan lembaran-lembaran lilin. Untuk membuat pola kontur pada lembaran lilin sangat sederhana sekali, dengan menggunakan ballpoint atau pensil dan kertas A₄ (yang mempunyai gambar peta topografi) ditekan mengikuti pola yang sudah ada hingga pada lembaran lilin terdapat goresan kontur (gambar 4.6).

Banyaknya pola yang dibuat pada lembaran lilin adalah sebanyak 15 lembar. Tiap lembaran lilin mempunyai pola kontur sendiri, misal *layer* pertama dimulai dari kontur yang paling luar (ketinggian gunung 1500 m), *layer* kedua untuk ketinggian gunung 1600 m, begitu seterusnya sampai dengan *layer* ke lima belas untuk ketinggian gunung 2900 m.



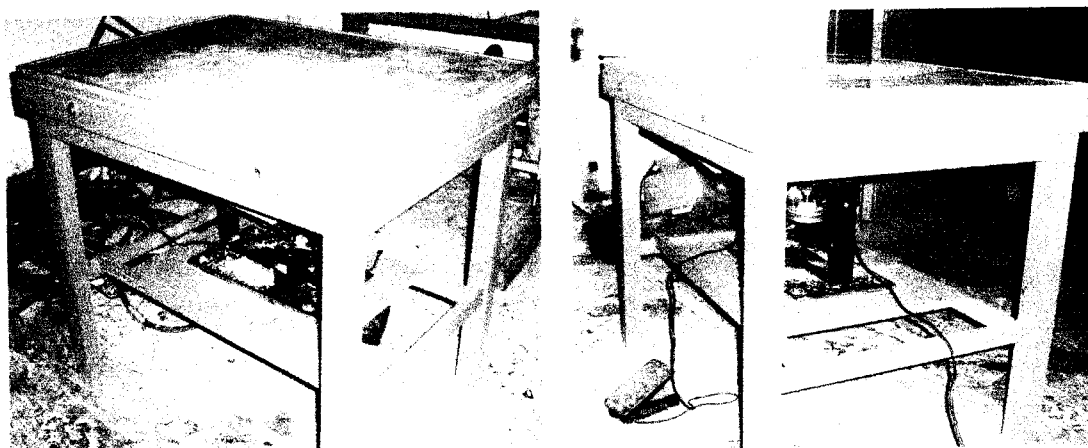
Gambar 4.6 Pembuatan pola pada lembaran lilin



Gambar 4.7 Hasil pola kontur untuk ketinggian 1500 m

4.1.5 Proses Pemotongan Lembaran-Lembaran Lilin

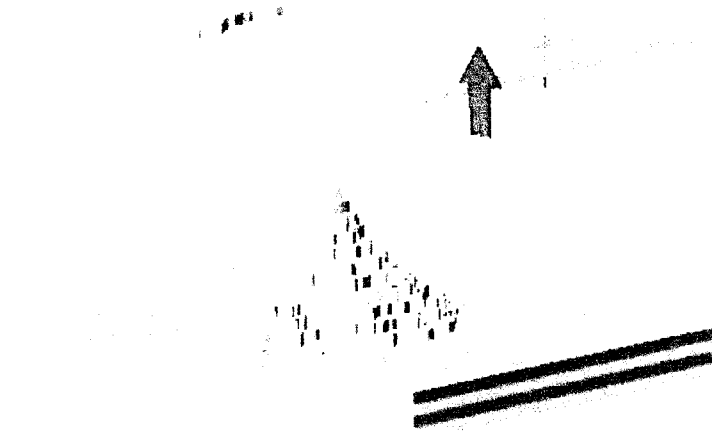
Proses pemotongan lembaran-lembaran lilin menggunakan alat pemotong khusus yang dirancang khusus untuk memotong lembaran lilin. Alat pemotong lembaran lilin ini adalah hasil rancangan mahasiswa teknik mesin UII. Alat ini terdiri dari *drill* yang berfungsi sebagai rumah pahat, dynamo sebagai penggerak yang dihubungkan oleh saklar, belt, dan untuk mengatur on/off digunakan pedal (gambar 4.8).



Gambar 4.8 Alat pemotong lembaran lilin

Pemotongan dikerjakan dengan menggunakan *drill* Ø 2 mm, dikarenakan ketebalan lembaran lilin yang dipotong adalah 5 mm. Ini juga untuk mempermudah proses pemotongan, agar dapat mengikuti pola kontur yang telah dibuat.

Lembaran-lembaran lilin yang sudah memiliki pola kontur selanjutnya dilakukan proses pemotongan untuk setiap lembaran-lembaran lilin dengan mengikuti alur pola kontur yang telah dibuat sebelumnya. Pada proses pemotongan ini, harus diperhatikan bagian mana yang akan dibuang dan bagian mana yang ingin digunakan. Karena berhubungan erat dengan masalah geram atau sampah hasil pemotongan *layer*. Maka, pemotongan dilakukan dengan hati-hati dan perlahan searah jarum jam agar geram menjadi satu dengan bahan yang akan dibuang.



Gambar 4.12 Proses Pengangkatan lembaran lilin

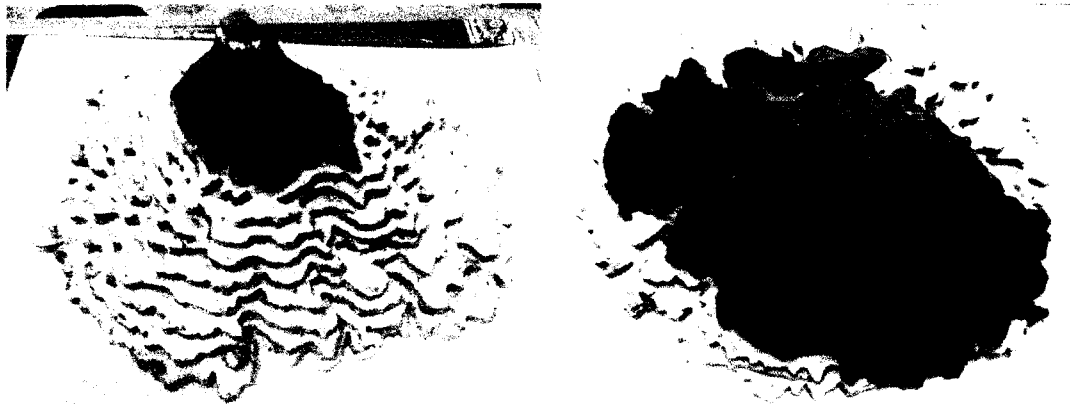


Gambar 4.13 Model kontur gunung dari lembaran-lembaran lilin

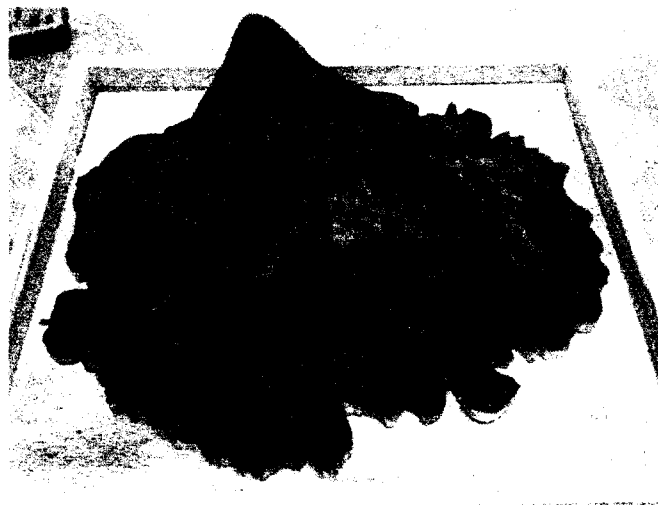
4.1.8 *Finishing* Master Model Gunung

Setelah semua proses pengangkatan selesai dan masih dalam bentuk model kontur gunung, selanjutnya dilakukan *finishing* untuk mendapatkan bentuk gunung yang sebenarnya. Material yang digunakan untuk *finishing* adalah plastisin (*wax* / lilin mainan). Plastisin hanyalah salah satu pilihan dari beberapa material yang menjadi referensi untuk proses *finishing*. Proses pelapisannya

adalah dengan cara saling menghubungkan antara permukaan model kontur yang satu dengan yang lainnya. Cara menghubungkannya adalah dengan memperhatikan pola konturnya.



Gambar 4.14 Proses pelapisan permukaan model kontur dengan material plastisin / wax



Gambar 4.15 Master model gunung

4.2. Pembuatan Cetakan Model Gunung

Untuk membuat cetakan model gunung diperlukan sebuah master yang berfungsi sebagai *pattern* nya. Setelah proses *finishing* model gunung selesai, selanjutnya proses pembuatan cetakan model gunung dilakukan. Cetakan ini

berfungsi untuk memperbanyak model gunung dengan mudah dan model yang rumit dapat direproduksi tanpa kesulitan.

Cetakan terbagi menjadi dua bagian, yaitu silikon *rubber* (untuk mencetak) dan *fiberglass* (penyangga dan dudukan dari silikon *rubber*). Silikon *rubber* terbuat dari *Silicon Rhodorsil* RTV 585 dan *Catalyst* 60 R. Mengapa dari silikon? Karena dari bahan ini akan diperoleh cetakan yang fleksibel yang kuat. Hasil cetakan dapat mencapai detail hingga 1 mikron, selain itu cetakan mudah dilepas sehingga mudah digunakan untuk mencetak kembali. Sedangkan *fiberglass* terbuat dari resin arindro beserta katalis, serat, kobal, dan *talk* (berupa *powder* atau bubuk). *Fiberglass* kuat dalam menyangga silikon dan material yang dituang ke dalam cetakan.

Berikut ini adalah langkah-langkah proses pembuatan cetakan model gunung:

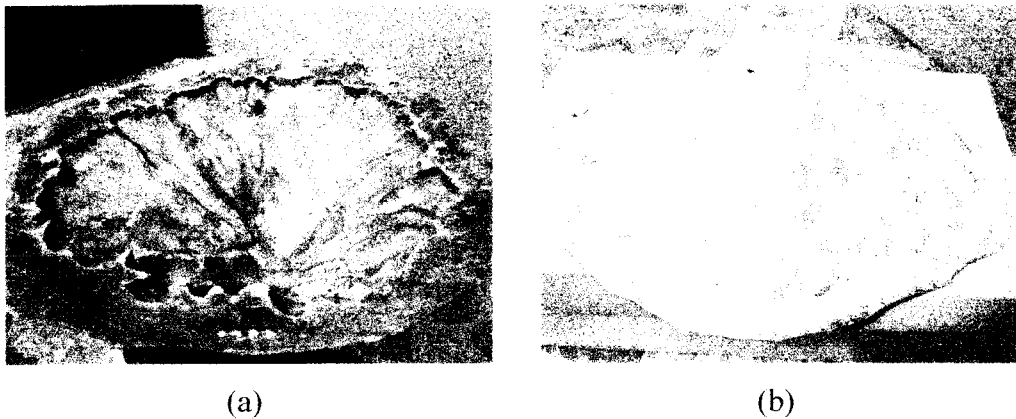
1. Menyediakan triplex sebagai alas model gunung, dan kotak atau bingkai untuk tempat model gunung.
2. Model gunung diberi alas dan diletakkan ke dalam kotak atau bingkai, untuk menutupi bagian sisi-sisi dan sudut digunakan vaselin.
3. Menyiapkan *Silicon Rhodorsil* RTV 585 ke dalam sebuah wadah dan mencampurnya dengan katalis kemudian mengaduknya dengan hati-hati hingga rata. Katalis akan membuat silikon tersebut menjadi kering dan karet.
4. Menuangkan RTV secara pelan-pelan pada model gunung dimulai dari bagian yang terendah hingga semua bagian tertutup secara merata. Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menjadi kering dan menjadi karet adalah 24 jam.

Setelah silikon *rubber* kering dan menjadi karet, dilanjutkan dengan pembuatan *fiberglass* langkah-langkah proses pembuatannya adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan resin (250 ml) dalam suatu wadah kemudian dimasukkan secara berurutan kobal (5 cc) dan *talk* (250 gr). Semua bahan tersebut diaduk hingga rata. Campuran terakhir adalah katalis yang berfungsi sebagai pengeras dan menjadikan bahan campuran tersebut kering.
2. Menuangkan bahan campuran secara pelan-pelan secara keseluruhan hingga merata. Kemudian di atas bahan campuran tadi diletakkan serat-serat yang

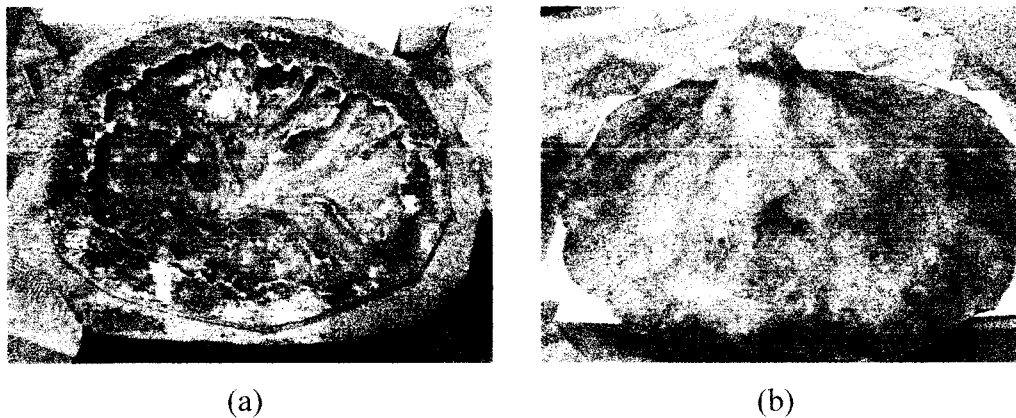
akan menambah kekuatan *fiberglass* diikuti penuangan kembali bahan campuran secara merata hingga serat-serat tadi tertutup semua. Lamanya proses pengeringan dan menjadi keras adalah 2 jam.

3. Selanjutnya dilakukan pelepasan cetakan silikon dan *fiberglass* dengan hati-hati.



Gambar 4.16 (a) Silikon *rubber* bagian luar

(b) Silikon *rubber* bagian dalam



Gambar 4.17 (a) Silikon *rubber* dan *fiberglass*

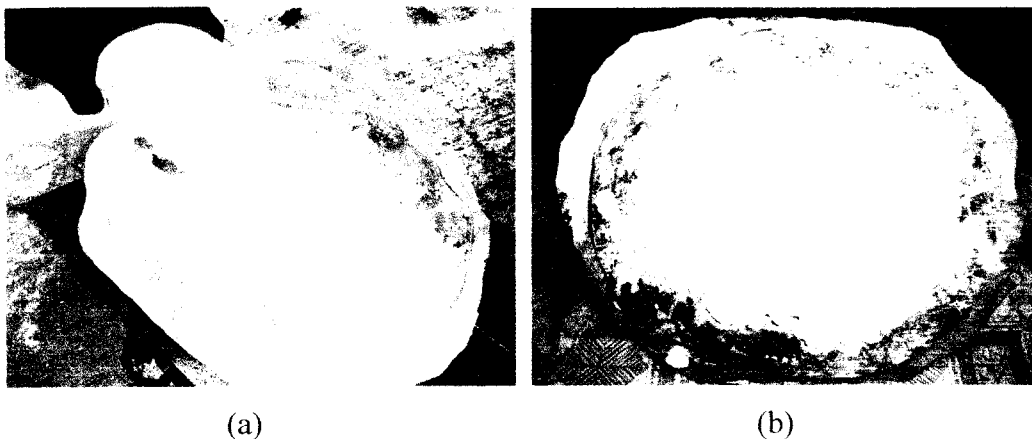
(b) *Fiberglass* bagian luar

4.3. Pembuatan Produk Model Gunung

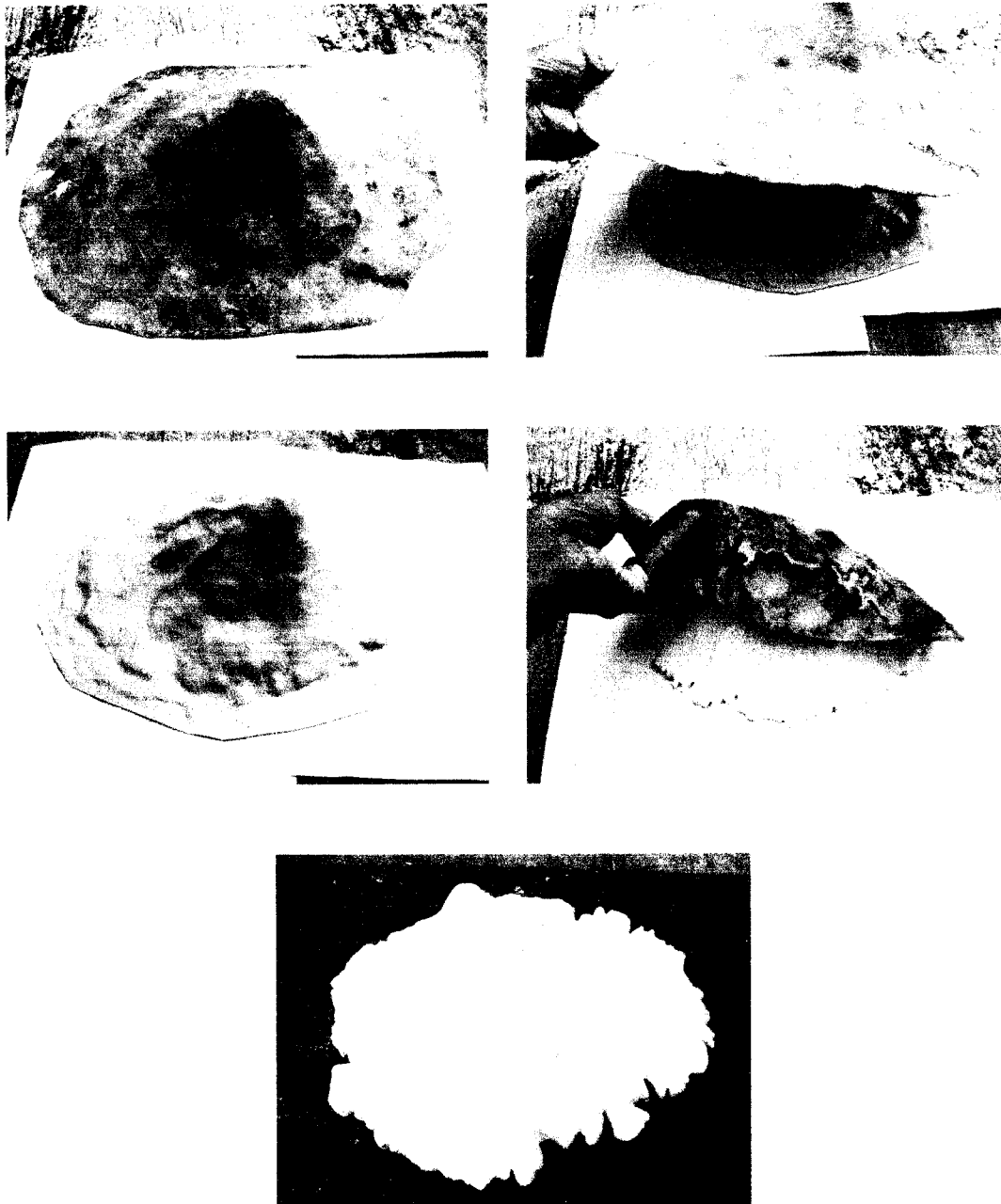
Dengan cetakan yang dibuat sebelumnya, material yang dipakai dapat dengan menggunakan *gypsum*, pasir gunung (batu gunung yang dihancurkan hingga menjadi butiran-butiran), semen, dan resin. Dalam pembuatan produk

model gunung bahan material yang digunakan adalah *gypsum* dan pasir gunung. Langkah-langkah pembuatannya dengan material *gypsum* adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan cetakan (silikon *rubber* dan *fiberglass*), agar cetakan dapat berdiri dengan kokoh maka bagian-bagian samping cetakan diberi kayu sebagai sandaran.
2. Menyiapkan *gypsum* (500 gr) didalam sebuah wadah dan dituang air hingga encer lalu diaduk hingga rata secara perlahan.
3. Menuang campuran (*gypsum* dan air) kedalam cetakan hingga penuh dan merata. Diamkan selama 30 – 45 menit.
4. Setelah 30 – 45 menit kemudian *gypsum* tersebut menjadi kering dan padat. Selanjutnya cetakan tersebut dibalik dan diberi alas, *fiberglass* diangkat secara perlahan diikuti dengan silikon *rubber*. Pelepasan ini dapat dengan mudah dilakukan.



Gambar 4.18 (a) Proses Penuangan *Gypsum* kedalam cetakan
(b) *Gypsum* menjadi kering dan padat



Gambar 4.19 Proses pelepasan model dari cetakan

Langkah-langkah pembuatan produk dengan material pasir gunung adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan cetakan (*silikon rubber* dan *fiberglass*), agar cetakan dapat berdiri dengan kokoh maka bagian-bagian samping cetakan diberi kayu sebagai sandaran.

2. Menyiapkan pasir gunung (1 kg) didalam sebuah wadah dan dituang resin (250 ml) serta katalis, kemudian semua bahan diaduk hingga rata.
3. Menuang campuran pasir, resin, dan katalis kedalam cetakan hingga penuh dan merata. Diamkan selama 45 - 60 menit.
4. Setelah 45 - 60 menit kemudian tersebut menjadi padat dan mempunyai bentuk seperti batu. Selanjutnya cetakan tersebut dibalik dan diberi alas, *fiberglass* diangkat secara perlahan diikuti dengan sikon *rubber*. Pelepasan ini dapat dengan mudah dilakukan.



Gambar 4. 20 Model gunung yang terbuat dari *gypsum*



Gambar 4. 21 Model gunung yang terbuat dari pasir gunung

BAB V

PEMBAHASAN

Dalam bab ini pembahasan akan dilakukan analisis untuk mengetahui ketepatan penggunaan metode *Layer Deposition Manufacturing* (LDM) dalam pembuatan model gunung, yaitu dengan cara membandingkan teknik pembuatan model gunung lainnya. Beberapa hal yang juga akan dianalisis adalah dalam pemilihan material, kesederhanaan teknik dalam pembuatan produk model gunung, kelebihan serta kekurangan dari penerapan metode LDM dalam pembuatan model gunung, dan juga kemiripan produk model gunung yang dibuat dengan gunung Merapi secara visual.

5.1. Proses Pemilihan Material yang Digunakan Dalam Pembuatan Model Gunung

Dalam pemilihan material, hal pertama yang ditentukan adalah bagaimana memilih material yang tepat dalam pembuatan produk model gunung agar dapat diterapkan dalam metode *Layer Deposition Manufacturing* (LDM). Berikut adalah material-material yang digunakan dalam setiap proses pembuatan:

a). Material lembaran lilin

Dalam memilih material yang tepat untuk pembuatan lembaran, material yang dipilih harus dapat cocok untuk pembuatan kontur gunung yang ada yaitu peta topografi gunung Merapi. Oleh karena itu, lilin dipilih karena material ini dapat dengan mudah dibentuk, mudah dalam pembuatan pola kontur, pemotongan, dan juga bahan ini dapat diterapkan untuk metode LDM dalam pembuatan *layer*. Lilin dapat dengan mudah didapatkan dipasaran, sebelum diolah lilin masih dalam bentuk bongkahan padat. Untuk membuatnya menjadi lembaran-lembaran, lilin dipanaskan sampai encer kemudian menuangnya kedalam cetakan yang telah disiapkan.

b). Material untuk model kontur gunung

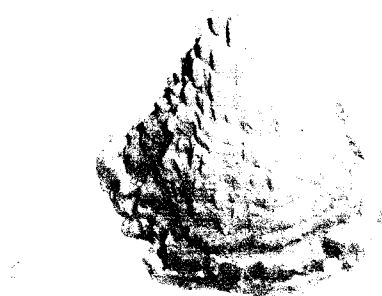
Untuk model kontur gunung bahan yang digunakan adalah *gypsum*. Bahan ini dipilih karena memiliki beberapa kelebihan dari pada material yang lain. Dalam penelitian ini, beberapa material yang dapat pilihan menjadi referensi adalah semen, *gypsum*, dan tanah liat. Berikut adalah alasan mengapa *gypsum* dipilih dibandingkan semen dan tanah liat :

- Semen

Material semen memiliki sifat getas, keras, dan mampu mengisi ruang-ruang kosong terutama bentuk kontur gunung dengan sempurna. Hanya saja bahan ini terlalu berat pada saat telah kering dan material ini terlalu mahal .

- Tanah liat

Tanah liat mempunyai sifat lembek dan mampu bentuk. Bahan ini banyak digunakan untuk pembuatan *handycraft* (kerajinan seni). Tanah liat tidak dipilih untuk pembuatan model kontur gunung, karena bahan ini tidak dapat mengisi ruang-ruang kosong dan bentuk kontur gunung dengan sempurna. Proses pengeringan dilakukan dengan menjemurnya dibawah sinar matahari kurang lebih sekitar 2 hari bahkan jika cuaca cerah atau dapat juga dibakar, hanya saja kedua cara tersebut dapat melelehkan lembaran-lembaran lilin. Maka diambil kesimpulan bahwa material ini tidak cocok untuk digunakan sebagai bahan untuk model kontur gunung dalam penelitian ini.



Gambar 5.1 Model kontur gunung dari bahan tanah liat

- *Gypsum*

Material *gypsum* adalah pilihan material yang terbaik, karena bahan ini mempunyai sifat yang cocok untuk pembuatan kontur gunung dan memiliki

kriteria yang diinginkan seperti mudah untuk dicetak, dapat mengisi bagian-bagian kosong serta mengikuti bentuk kontur gunung, cepat kering, ringan, dan murah.

c). Material untuk *finishing* master model gunung

Dalam tahap *finishing* ini material yang digunakan adalah lilin mainan untuk anak-anak (*wax*/plastisin), ini dikarenakan bahan ini sangat mudah bentuk dan dapat mengikuti bentuk kontur gunung pada model. Untuk mendapatkan sifat yang lebih liat, material ini dapat diberi pelumas. Ketika hasil *finishing* telah selesai, selanjutnya melakukan analisis untuk mengetahui apakah model mempunyai kemiripan dengan bentuk aslinya (gunung Merapi). Proses analisa dibantu dari dinas BPPTK Yogyakarta, dan melakukan perbandingan dengan menggunakan foto gunung Merapi. Apabila ditemukan kesalahan dari bentuk model gunung, maka dilakukan proses perbaikan.

d. Material untuk cetakan model gunung

Untuk mencetak atau membuat sebuah model sangat diperlukan sebuah cetakan yang fleksibel agar model dapat dicetak dengan mudah dan direproduksi tanpa kesulitan. Dengan cetakan yang terbuat dari *Silicon Rhodorsil* RTV 585 (untuk mencetak), dan *fiber* (sebagai penyangga atau dudukan dari silikon) akan diperoleh cetakan yang fleksibel yang kuat, hasil cetakan lebih detail, dan yang terpenting cetakan mudah dilepas sehingga mudah digunakan untuk mencetak kembali.

5.2. Perbandingan Beberapa Teknik dalam Pembuatan Model Gunung

Beberapa teknik lain selain LDM yang pernah digunakan dalam pembuatan miniatur gunung antara lain sebagai berikut :

a). Teknik pembuatan model gunung dengan menggunakan *styrofoam*

Dengan menggunakan *styrofoam*, model gunung yang dibuat dapat berukuran lebih besar. Tahapan pengerjaannya diawali dari proses pembuatan kerangka dari bambu. Kerangka ini berfungsi untuk mengikat *styrofoam* agar bagian dalam dari model gunung dapat dikosongkan tanpa material apapun. Setelah disusun, *styrofoam* ini akan membentuk model kontur gunung secara utuh

namun masih menyerupai bentuk susunan anak tangga, untuk proses *finishing* sebagai pelapis terakhir digunakan material *gypsum*. *Gypsum* merupakan material yang cepat sekali mengering dan mengeras, sehingga pengerjaan ini hanya untuk proses pelapisan dan belum termasuk proses pembentukan. Untuk proses pembentukannya dilakukan dengan cara memahat *gypsum* yang dituang diatas *styrofoam*. Proses memahat dilakukan ketika lapisan *styrofoam* tersebut seluruhnya telah dilapisi oleh *gypsum* dan telah mengering. Dalam proses pemahatan ini sebagai acuannya digunakan gambar atau foto gunung yang diambil dari beberapa lokasi.



Gambar 5.2 Model gunung yang terbuat dari *styrofoam*

b). Pembuatan model gunung dengan menggunakan semen

Untuk membuat model gunung seperti gambar 5.3, sangat dibutuhkan keahlian yang sangat tinggi, karena untuk membuatnya hanya dibantu foto atau gambar gunung dari beberapa lokasi. Material model gunung yang digunakan adalah semen yang dicampur dengan pasir.



Gambar 5.3 Model gunung yang terbuat dari semen

c). Teknik pembuatan model gunung dengan menggunakan lembaran karton

Pembuatan model gunung dengan bahan kertas karton yang biasanya dibuat adalah untuk model gunung berukuran kecil, dan ini telah disesuaikan dengan tebalnya bahan. Untuk pembuatan model gunung yang berukuran besar kertas karton bukanlah bahan yang cocok, karena untuk memenuhi ukuran elevasi gunung tersebut akan dibutuhkan banyak sekali lembaran-lembaran kertas karton. Untuk tingkat kemiripan dengan objek yang sebenarnya, bahan kertas karton ini relief permukaan model gunungnya menjadi kurang detail.



Gambar 5.4 Model Gunung yang terbuat dari kertas karton

5.3. Kelebihan dan Kekurangan Metode *Layer Deposition Manufacturing* (LDM) dalam Pembuatan Model Gunung

5.3.1 Kelebihan Metode LDM dalam Pembuatan Model Gunung

Kelebihan-kelebihan metode LDM dalam pembuatan model gunung adalah sebagai berikut:

- a). Pembuatan model kontur menggunakan data terukur yaitu peta topografi, sehingga kemiripan bentuk model gunung dapat mendekati dengan bentuk aslinya.
- b). Ketebalan untuk tiap-tiap *layer* dapat dibuat sesuai keinginan dan dapat bervariasi.
- c). Dapat diterapkan untuk pembuatan model gunung berukuran besar atau kecil.
- d). Jika telah mempunyai master, cetakan model gunung dapat dibuat untuk pembuatan model gunung secara massal.

5.3.2 Kekurangan Metode LDM dalam Pembuatan Model Gunung

Kekurangan-kekurangan metode LDM dalam pembuatan model gunung adalah sebagai berikut:

- a). Waktu pengerjaan lebih lama, yaitu dalam proses pembuatan dan proses pengeringan lilin. Ini dikarenakan cetakan lembaran lilin hanya dapat membuat satu lembar saja dalam sekali tuang.
- b). Biaya yang dihabiskan untuk pembuatan cetakan mahal.

BAB VI

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat diambil sebuah kesimpulan bahwa *Rapid Prototyping* dengan metode *Layer Deposition Manufacturing* (LDM) dapat diterapkan untuk pembuatan model gunung dengan skala 1 : 50.000 dengan tingkat kemiripan dapat mendekati objek aslinya, yaitu gunung Merapi. Ini diketahui dengan bantuan dari BPPTK (Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungapian) Yogyakarta dan juga membandingkan antara model gunung dengan foto atau peta topografi gunung Merapi.

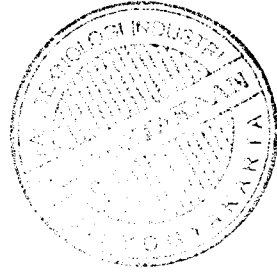
6.2. Saran

Saran-saran berikut dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya :

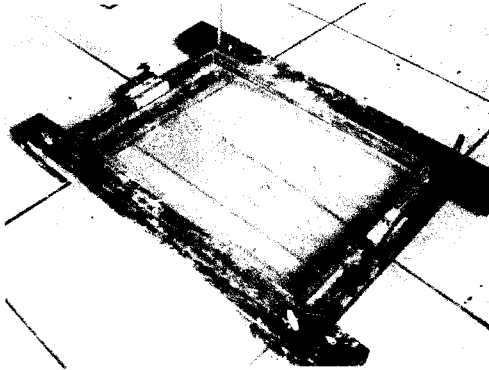
- a). Untuk meningkatkan kualitas produk gunung perlu diperhatikan dalam hal pemotongan pola kontur, agar lebih sesuai dengan gambar desain yang ada.
- b). Untuk melakukan pengeditan gambar desain dari garis-garis kontur yang tidak terpakai, dengan menggunakan *software* R2V32. Proses pengeditan dapat lebih cepat bila dibandingkan hanya dengan menggunakan *software corelDraw*.
- c). Dalam menentukan skala dan ketebalan tiap *layer* untuk model gunung harus cermat.

DAFTAR PUSTAKA

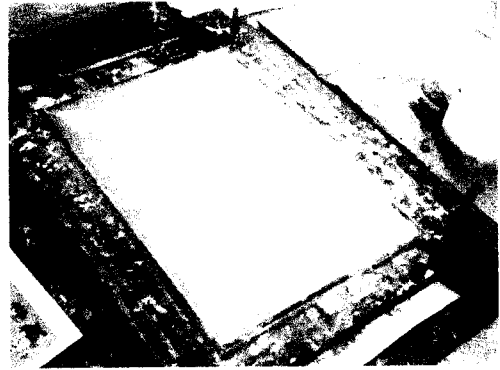
- [1]. Griffith, M. 1998. *Rapid Prototyping Technologies, Rapid Prototyping*. http://www.rapid-prototyping.com/rapid_prototyping.html. (03/05/07)
- [2]. http://www.rapid-prototyping.com/rapid_prototyping.html. (10/04/07)
- [3]. Izzudin. 2007. *Layer Manufacturing dengan metoda Layer Deposition Manufacturing*. Skripsi, tidak diterbitkan. Yogyakarta: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
- [4]. Ngasem Baru. 2004. *Mencetak Dengan Silikon*. Yogyakarta
- [5]. Palm, William. 1998. *The Learning Factory Rapid Prototyping Primer*. http://www.rapid-prototyping.com/rapid_prototyping.html. (03/05/07)
- [6]. Prinz, F. B. 1994. *Novel Applications and Implementations of Shape Deposition Manufacturing*. Mechanical Engineering, Carnegie Mellon University http://www.rapid-prototyping.com/rapid_prototyping.html. (10/04/07)
- [7]. Weiss, L. E. 1997. *Panel Report on Rapid Prototyping in Europe and Japan*. JTEC/WETC SFF Processes, http://www.rapid-prototyping.com/rapid_prototyping.html. (10/04/07)



LAMPIRAN

LAMPIRAN 1**Proses Pembuatan Cetakan Model Kontur Gunung**

(1)



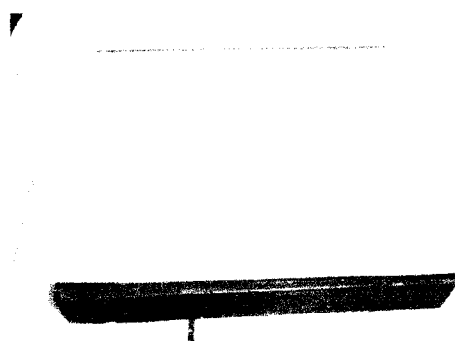
(2)



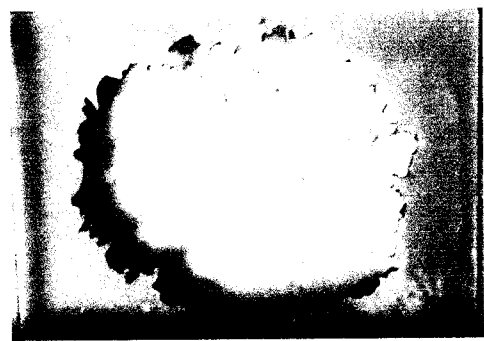
(3)



(4)



(5)



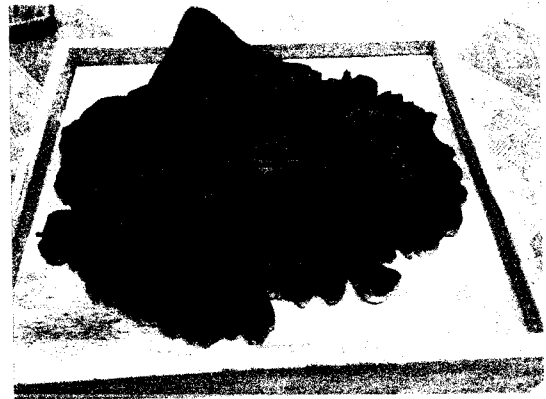
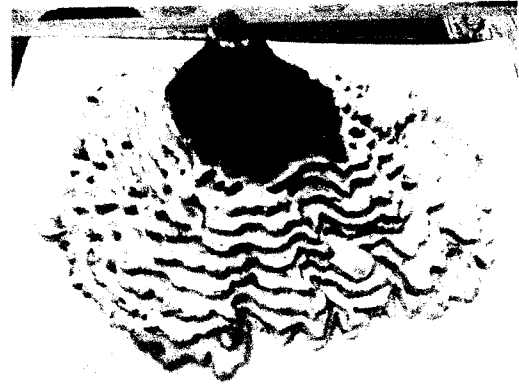
(6)

Keterangan :

- 1). Cetakan Lembaran lilin.
- 2). Proses pembuatan lembaran lilin.
- 3). Lembaran Lilin.
- 4). Proses penjiplakan kontur pada lembaran lilin.
- 5). Lembaran lilin yang telah berpola.
- 6). Lembaran lilin yang telah dipotong.

LAMPIRAN 2

Proses Pembuatan Master Model Gunung



Keterangan :

Melapisi permukaan model kontur gunung dengan menggunakan lilin mainan (*wax*).

LAMPIRAN 3**Pembuatan Produk Seni Model gunung**

(1)



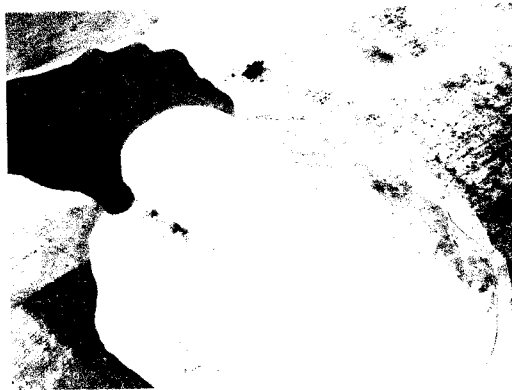
(2)



(3)



(4)



(5)



(6)



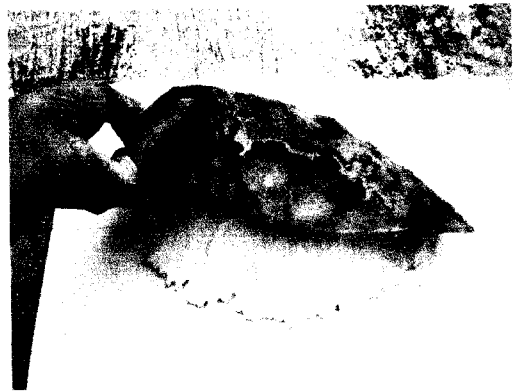
(7)



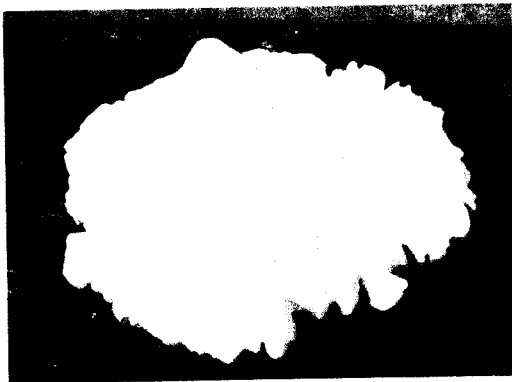
(8)



(9)



(10)



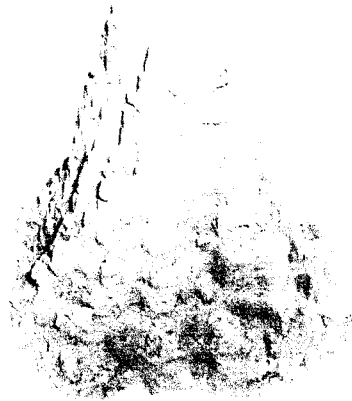
(11)



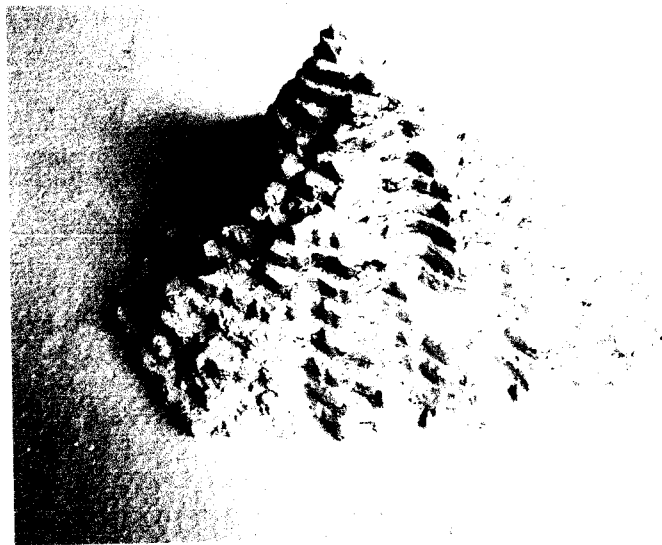
(12)

Keterangan :

- (1). Cetakan Model gunung yang terbuat dari silikon *rubber*.
- (2). Bagian dalam cetakan silikon *rubber*.
- (3). *Fiberglass* sebagai dudukan dari cetakan silikon *rubber*.
- (4). Cetakan silikon *rubber* dan dudukannya *Fiberglass*.
- (5). Proses pembuatan model gunung dengan bahan *gypsum*.
- (6). *Gypsum* yang telah mengeras.
- (7). Cetakan dibalik.
- (8). Proses pengangkatan *Fiberglass*.
- (9). Silikon *rubber*.
- (10). Silikon *rubber* dilepas.
- (11). Model gunung dari bahan *gypsum*.
- (12). Produk seni model gunung.

LAMPIRAN 4**Pembuatan Model Gunung Yang Gagal**

(1)

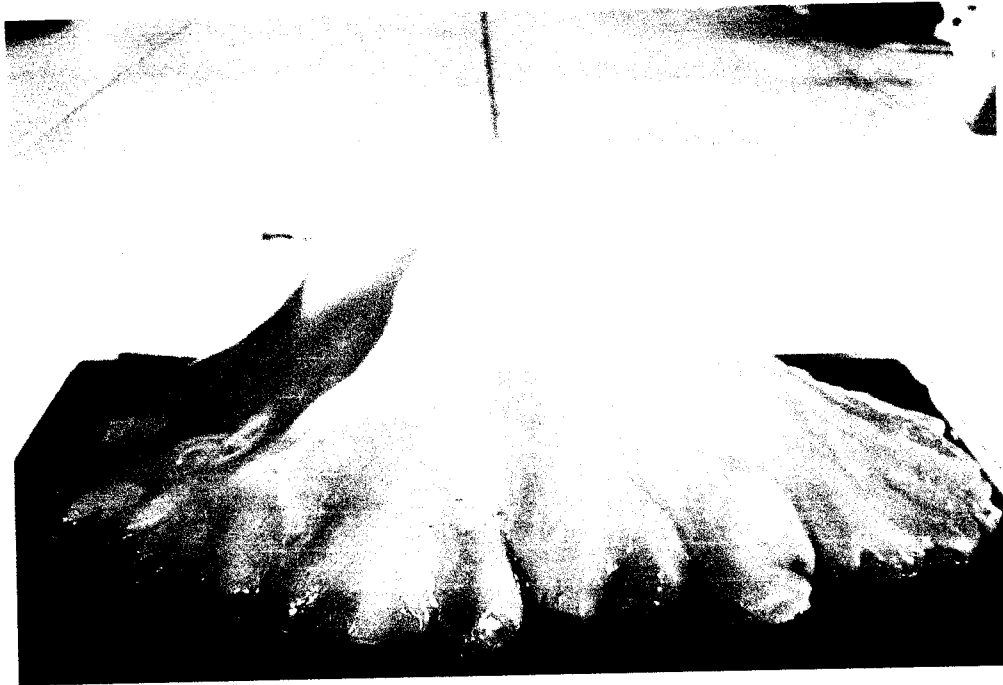


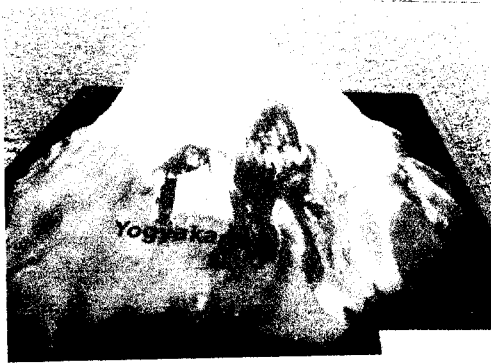
(2)

Keterangan :

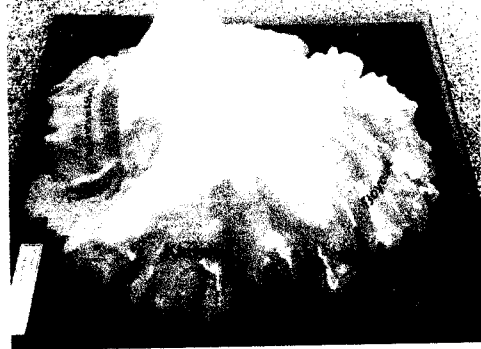
(1) Model kontur gunung dengan bahan tanah liat.

(2) Model kontur gunung dengan bahan *gypsum* (terlalu banyak air).

LAMPIRAN 5**Gunung merapi (asli dan model gunung) dilihat dari daerah kaliurang**

LAMPIRAN 6**Model Gunung Dilihat Dari Beberapa Daerah**

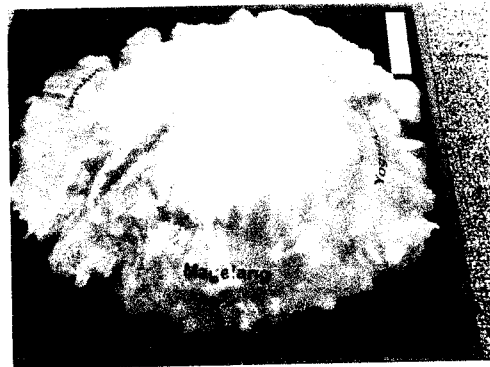
(a)



(b)



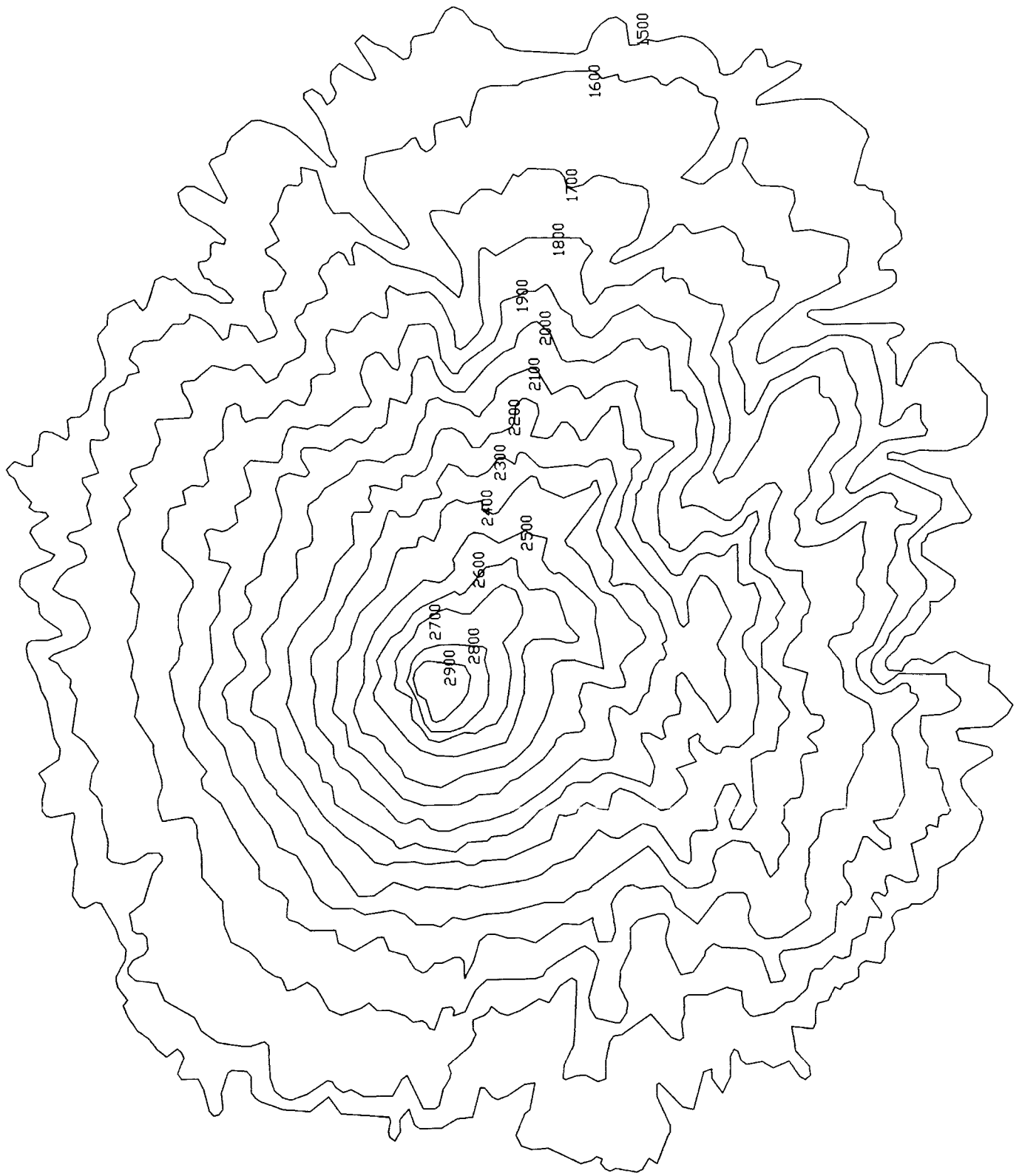
(c)

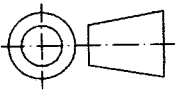


(d)

Keterangan :

- a). Dilihat dari Yogyakarta.
- b). Dilihat dari Klaten.
- c). Dilihat dari Boyolali.
- d). Dilihat dari Magelang.



	SKALA : 1 : 50 000	DIGAMBAR : KUSWANDI ARIFIN	PERINGATAN :
	UKURAN : CM	NO. MHS : 01525033	
	TANGGAL : 08 - 08 - 07	DILIHAT :	
UII	PETA TOPOGRAFI GUNUNG MERAPI		A4

LAMPIRAN 8

Biaya Pembuatan Model Gunung dan Analisis biaya untuk Produksi

Jenis Bahan/Alat	Jumlah	Harga Per satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Alat Pencetak Layer	1 buah	90.000	90.000
Parafin RRT	5 kg	13.000	65.000
Stearin	1 kg	9.000	9.000
Gypsum	7 kg	2.500	17.500
Plastisin/malam	1 bks	3.000	3.000
Vaslin putih	1 bks	2.500	2.500
Cutter	1 biji	5.000	5.000
Refill cutter	1 set	2.500	2.500
Lem Alteco	1 buah	3.500	3.500
Panci	1 buah	20.000	20.000
Kompor	1 buah	65.000	65.000
Meja	1 buah	10.000	10.000
Kotak kaca	1 buah	25.000	25.000
Kuas	1 buah	2.850	2.850
Korek api	1 buah	1.000	1.000
Minyak tanah	3 liter	3.000	9.000
Silicon RTV + katalis	1 kg	170.000	170.000
Resin Arindro+katalis	1 kg	25.100	25.100
Kobal	10 cc	2.500	2.500
Total			528.450

ANALISIS BIAYA PRODUKSI

Jenis Bahan	Jumlah	Harga per satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Gypsum	1 kg	2.500	2.500
Meja	1 buah	15.000	15.000
Kotak kaca	1 buah	25.000	25.000
Biaya pengecetan	1 model	30.000	30.000
Alas	1 lembar	2.500	2.500
Biaya Pengerjaan	1 model	50.000	50.000
Total			125.000