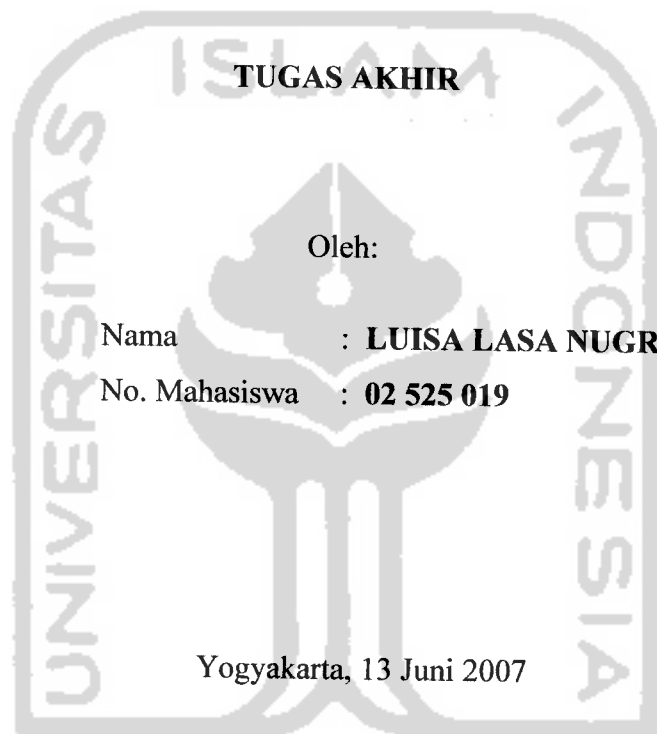


LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**APLIKASI METODE *LAYER DEPOSITION MANUFACTURING*
DALAM PEMBUATAN MINIATUR GUNUNG**



TUGAS AKHIR

Oleh:

Nama : **LUISA LASA NUGRAHA**

No. Mahasiswa : **02 525 019**

Yogyakarta, 13 Juni 2007

Menyetujui,

Pembimbing

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Muhammad Ridwan', is written over a horizontal line.

Muhammad Ridwan, ST., MT.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**APLIKASI METODE *LAYER DEPOSITION MANUFACTURING*
DALAM PEMBUATAN MINIATUR GUNUNG**

TUGAS AKHIR

Oleh:

Nama : LUISA LASA NUGRAHA

No. Mahasiswa : 02 525 019

**Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**

Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

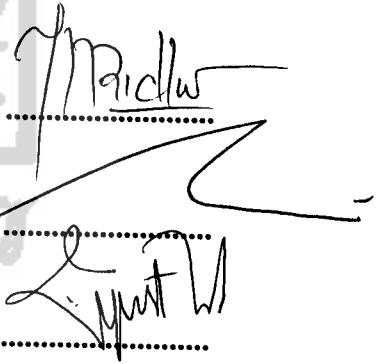
Yogyakarta, Juli 2007

Tim Penguji

Muhammad Ridlwan, ST., MT.
Ketua

Risdiyono, ST., M.Eng.
Anggota I

Yustiasih Purwaningrum, ST., MT.
Anggota II

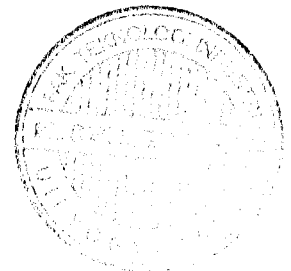


.....
.....



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin
Universitas Islam Indonesia

Muhammad Ridlwan, ST., MT.



LEMBAR PERSEMBAHAN

Ibu do'akanlah . . .

Ku akan melangkah menyusuri waktu menjemput citaku

Ibu lepaskanlah ku kelaut biru

Akan ku arungi, akan ku sebrangi

Ibu do'akanlah ku sedang melangkah

Menjalani hari menjemput citaku

Ibu lepaskanlah ku dengan maafmu

Yang terangkan hati untuk Menempuh hidupku

Do'amu ibu selalu ku nanti

Tulus dan suci dari relung hati

Mohonkanlah allah rabbi bersertaku selalu

(Seismic)

MOTTO

*Ketika kumohon pada Allah kekuatan
Allah memberiku kesulitan agar aku jadi kuat*

*Ketika kumohon pada Allah kebijaksanaan
Aku diberi masalah untuk aku selesaikan*

*Ketika aku memohon kepada Allah keberanian
Allah memberiku kondisi bahaya untuk kupecahkan*

*Ketika aku memohon kesejahteraan kepadanya
Aku diberi akal untuk berpikir*

*Ketika aku memohon pada Allah bantuan
Allah memberi kesempatan kepadaku*

*Ketika aku memohon pada Allah untuk sebuah cinta
Aku diberi orang-orang yang bermasalah untuk kutolong*

*Aku tidak pernah mendapatkan apa yang aku inginkan
Tapi aku mendapatkan apa yang aku butuhkan*

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Segala puji dan syukur hanya bagi Allah SWT semata atas rahmat dan hidayahnya. Shalawat dan salam tercurahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarganya, sahabat dan pengikutnya hingga akhir masa.

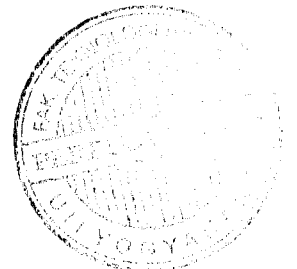
Alhamdulillahirobbil'alamin, atas kekuatan dan kemudahan yang diberikannya akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul *"APLIKASI METODE LAYER DEPOSITION MANUFACTURING DALAM PEMBUATAN MINIATUR GUNUNG"*.

Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan guna memperoleh gelar sarjana kurikulum Strata satu (S-1) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari bahwa segala daya upaya yang telah penulis lakukan tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

- 1) Bapak Muhammad Ridlwan, ST., MT. Kepala Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, juga selaku Dosen Pembimbing.
- 2) Orang-orang tercinta, Ayah dan ibu yang selalu tak henti mendo'akan segala kebaikan-kebaiakan bagi ananda.

Saudara-saudaraku, Mbak Heni, Mbak Ida, Mas Iwan (Alm), kedua adekku Widya dan Pepi dan semua keluarga besarku tercinta terima kasih banyak atas dukungannya.



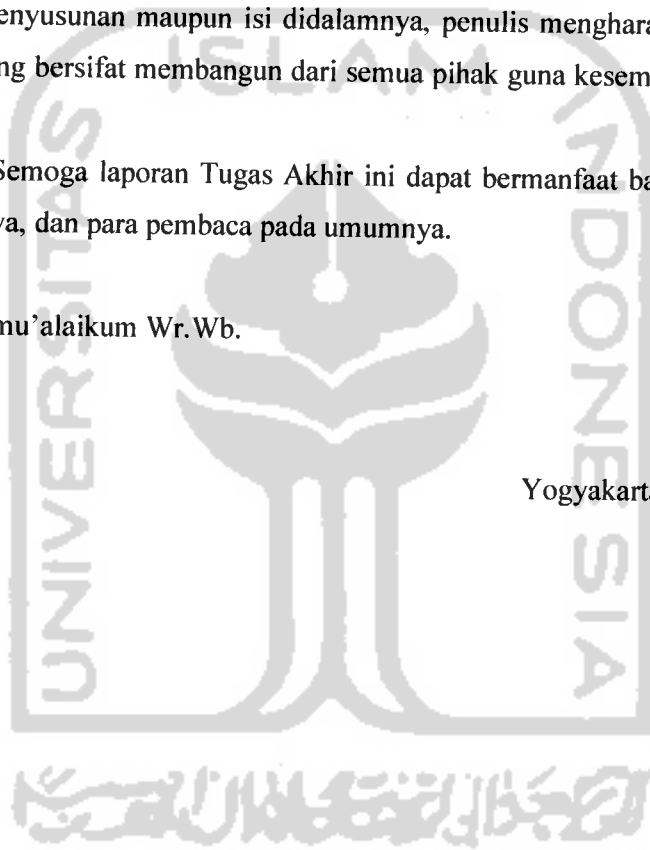
- 3) Bapak-Ibu Dosen Jurusan Teknik Mesin beserta Staff Karyawan.
- 4) Bapak-Ibu penguji yang juga telah memberikan masukannya.
- 5) Instansi Pemerintah, BAKOSURTANAL dan BPPTK YOGYAKARTA.
- 6) *River Side Design Team.*
- 7) Mas Wandi '01, selaku rekan satu tim, *T' B – Game '02 Community.*
- 8) Semua pihak yang telah banyak membantu dalam proses penelitian ini.

Jika Laporan Tugas Akhir ini terdapat kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan maupun isi didalamnya, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak guna kesempurnaan laporan ini.

Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya, dan para pembaca pada umumnya.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 1 juni 2007



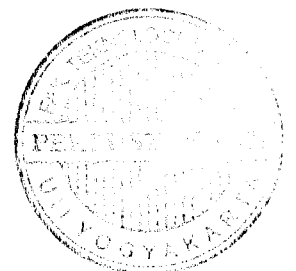
Abstrak

Penerapan Teknologi Rapid Prototyping dengan metode Layer Deposition Manufacturing (LDM) adalah untuk memberikan alternatif cara atau proses dalam pembuatan sebuah model, prototype atau produk jadi bagi kalangan industri kerajinan dan industri manufaktur.

Implementasi metode LDM bagi industri kerajinan salah satunya adalah pada pembuatan miniatur gunung. Miniatur gunung dibuat dengan teknik lapisan demi lapisan (layer), disusun mulai dari lapisan paling bawah hingga terakhir puncaknya. Seluruh lapisan model kontur yang telah tersusun ini akan tampak seperti susunan anak tangga membentuk sebuah kubah. Untuk membuat relief permukaan miniatur gunungnya maka harus dilakukan finishing, caranya dengan melapisi seluruh bagian permukaan kubah itu dengan menggunakan lilin mainan. Untuk mengikat dan mengeraskan bagian relief permukaannya ini bisa menggunakan dempul cair Epoxy, dengan cara menyemprotkannya dengan air brush. Agar miniatur gunung ini terlihat lebih menarik lagi, maka setelah proses pendempulan selesai dilanjutkan dengan proses pengecatan pada seluruh bagian permukaan miniatur gunung tersebut.

Dari seluruh rangkaian proses penelitian ini menyebutkan bahwa, metode LDM bisa diterapkan untuk membuat miniatur gunung yang berukuran besar maupun kecil. Kemudian dengan menggunakan data terukur berupa peta topografi akan menghasilkan miniatur gunung yang memiliki tingkat kemiripan bentuk secara visual mendekati dengan bentuk aslinya.

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



DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Penguji	iii
Halaman Persembahan	iv
Halaman Motto	v
Kata Pengantar	vi
Abstrak	viii
Daftar isi	ix
Daftar Gambar	xii
Daftar Lampiran	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1 Kajian singkat <i>Rapid Prototyping</i>	4
2.1.1 <i>Stereolithography (SLA)</i>	4
2.1.2 <i>Laminated Object Manufacturing (LOM)</i>	5
2.1.3 <i>Sintering Laser Selective (SLS)</i>	6
2.1.4 <i>Fused Deposition Modelling (FDM)</i>	7
2.1.5 <i>Solid Ground Curing</i>	7
2.1.6 <i>3-D Printing</i>	8
2.1.7 <i>Shape Deposition Manufacturing (SDM)</i>	9
2.2 Peta Topografi	10

2.3	<i>Metode Layer Deposition Manufacturing (LDM)</i>	15
2.3.1	LDM secara manual	15
2.3.2	LDM dengan memanfaatkan mesin CNC	16
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	20
3.4	Proses pembuatan miniatur gunung dengan metode LDM	21
3.4.1	Persiapan gambar pola	21
3.4.2	Membuat cetakan layer	22
3.4.3	pembuatan layer model gunung	23
3.4.4	Tahap penyusunan material produk	24
3.4.5	Tahap <i>finishing</i>	25
BAB IV	PROSES PEMBUATAN MINIATUR GUNUNG	27
4.1	Persiapan gambar desain	27
4.2	Membuat alat bantu cetakan lilin	29
4.3	Membuat lembaran lilin	30
4.4	Membuat pola kontur pada lembaran lilin	31
4.5	Proses pemotongan pola kontur pada lembaran lilin	32
4.6	Teknik pembuatan layer-layer model kontur gunung	33
4.7	Tahap penyusunan layer-layer model kontur gunung	36
4.8	Tahap <i>finishing</i>	38
BAB V	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	40
5.1	Proses membandingkan beberapa teknik dalam pembuatan miniatur gunung	40
5.2	Kelebihan metode LDM dalam pembuatan miniatur gunung	

.....	44
5.3 Kekurangan metode LDM dalam pembuatan miniatur gunung	45
BAB VI PENUTUP	46
6.1 Kesimpulan	46
6.2 Saran	46

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

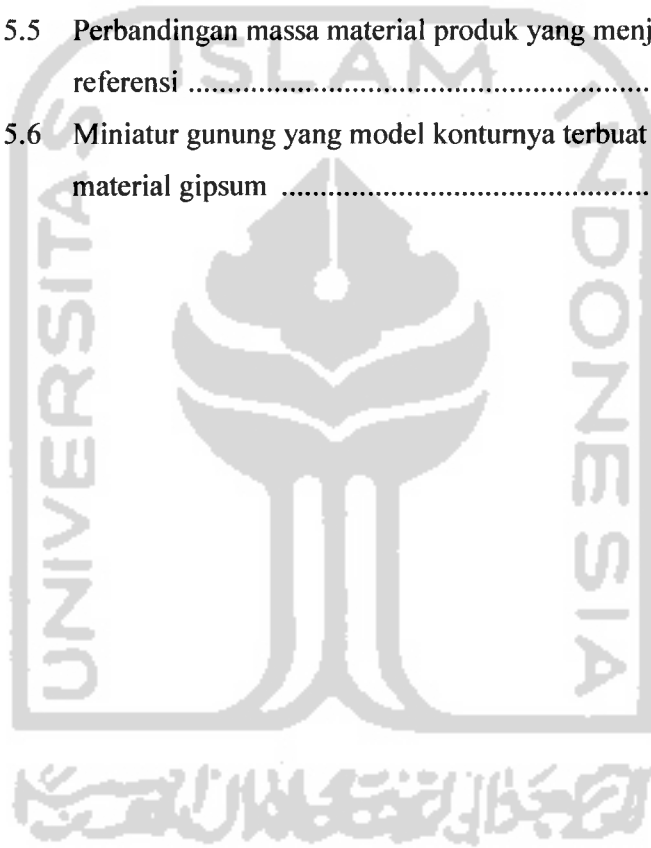


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Metode <i>Stereolithography</i>	5
Gambar 2.2	Metode <i>Laminated Object Manufacturing</i>	5
Gambar 2.3	Metode <i>Sintering Laser Selective</i>	6
Gambar 2.4	Metode <i>Fused Deposition Modelling</i>	7
Gambar 2.5	Metode <i>Solid Ground Curing</i>	7
Gambar 2.6	Metode <i>3-D Ink Jet printing</i>	8
Gambar 2.7	Metode <i>Shape Deposition Manufacturing</i>	9
Gambar 2.8	Metode <i>Shape Deposition Manufacturing</i>	9
Gambar 2.9	Tahapan <i>Deposition</i> dan <i>Shaping</i>	10
Gambar 2.10	Struktur Multilateral dengan menyisipkan komponen	10
Gambar 2.11	Peta Topografi	11
Gambar 2.12	Punggungan Gunung	13
Gambar 2.13	Lembah dan Sungai	13
Gambar 2.14	Daerah landai	14
Gambar 2.15	Daerah terjal	14
Gambar 2.16	Langkah kerja <i>Layer Deposition Manufacturing</i>	15
Gambar 2.17	Desain gambar produk menggunakan perangkat lunak	16
Gambar 2.18	Langkah kerja pembuatan produk LDM dengan CNC	17
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	19
Gambar 3.2	Cetakan Lilin	21
Gambar 3.3	Peta Topografi	22
Gambar 3.4	Proses pembuatan pola kontur pada lembaran lilin	22
Gambar 3.5	Lembaran lilin telah berpola	23
Gambar 3.6	Lembaran lilin yang telah dipotong	23
Gambar 3.7	Pembuatan layer model kontur – material gipsum belum dituang	23
Gambar 3.8	Pembuatan layer model kontur – material gipsum setelah dituang	24

Gambar 3.9	Potongan model kontur	24
Gambar 3.10	Proses penyusunan layer model kontur	25
Gambar 3.11	Layer model kontur yang sudah tersusun	25
Gambar 3.12	Salah satu bagian model kontur yang akan di- <i>finishing</i> ...	25
Gambar 3.13	Permukaan yang telah di- <i>finishing</i> dengan lilin mainan ...	26
Gambar 4.1	Gambar desain / Peta Topografi	28
Gambar 4.2	Duplikat gambar desain	28
Gambar 4.3	Potongan gambar desain dengan <i>CorelDraw</i>	29
Gambar 4.4	a) Cetakan lilin yang sudah ada sebelumnya	30
	b) Alat bantu cetakan lilin yang baru	30
Gambar 4.5	Lembaran lilin hasil cetak	31
Gambar 4.6	a) Proses pembuatan pola kontur pada lembaran lilin	32
	b) lembaran lilin yang telah berpola	32
Gambar 4.7	a) Proses pemotongan pola kontur pada lembaran lilin ...	32
	b) Lembaran lilin hasil proses pemotongan	32
Gambar 4.8	Alat pemotongan pola untuk lembaran lilin	33
Gambar 4.9	a) Lembaran lilin didalam alat bantu cetakan lilin	34
	b) Material produk (warna kuning) siap dilepas dari material pendukungnya	34
Gambar 4.10	Membuat model kontur per satu layer penuh – material produk belum dituang	35
Gambar 4.11	Membuat model kontur per satu layer penuh – material produk sudah dituang	35
Gambar 4.12	Proses pelepasan satu layer penuh material pendukung dari model kontur	36
Gambar 4.13	Proses pemberian tanda berupa pola kontur pada model kontur	36
Gambar 4.14	Model kontur yang telah berpola	37
Gambar 4.15	Susunan model kontur gunung	37
Gambar 4.16	Tahap pelapisan permukaan model kontur dengan lilin mainan	39

Gambar 4.17	Produk miniatur gunung	39
Gambar 5.1	Miniatur gunung yang model konturnya terbuat dari kertas karton	40
Gambar 5.2	Miniatur gunung yang model konturnya terbuat dari <i>styrofoam</i>	41
Gambar 5.3	Potongan model kontur yang dibuat dari tanah liat	42
Gambar 5.4	Potongan model kontur yang dibuat dari semen	43
Gambar 5.5	Perbandingan massa material produk yang menjadi referensi	43
Gambar 5.6	Miniatur gunung yang model konturnya terbuat dari material gipsum	44



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Proses pembuatan cetakan model kontur	47
Lampiran 2. Susunan model kontur	49
Lampiran 3. Miniatur gunung dengan lapisan lilin mainan	50
Lampiran 4. Miniatur gunung Merapi dan arah daerah	51
Lampiran 5. Miniatur gunung Merapi dilihat dari beberapa daerah	52
Lampiran 6. Gunung Merapi (asli dan miniatur) dilihat dari kaliurang ...	53
Lampiran 7. Gambar kontur gunung Merapi	54
Lampiran 8. Teknik pembuatan model kontur yang gagal	55
Lampiran 9. Ukuran skala horizontal dan vertikal miniatur gunung Merapi	56
Lampiran 10. Biaya pembuatan miniatur gunung	57

BAB I

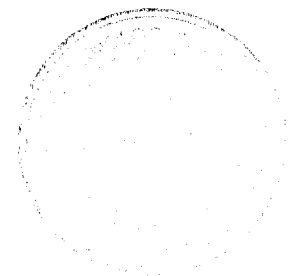
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Miniatur gunung selain sebagai barang seni dilihat dari manfaat lainnya adalah sebagai media yang bisa secara langsung memberikan bantuan dalam proses pengenalan alam dalam bentuk 3D. Visualisasi dalam bentuk 3D seperti miniatur ini bukan merupakan hal yang sekedar hanya bisa dibayangkan seperti peta topografi dalam bentuk 2D, tapi dengan bentuk 3D segala proses pengenalan relief permukaan bumi bisa lebih detail dan menarik.

Dibalik dari penampilan menarik sebuah miniatur gunung, ada suatu peranan pendukung yang lebih penting untuk diketahui oleh para pembuat miniatur gunung, yaitu pemilihan penggunaan teknik pembuatan dan pemilihan bahannya. Sebelumnya sudah diketahui beberapa teknik dan jenis bahan yang pernah digunakan, seperti menggunakan bahan kertas karton, dan lembaran *styrofoam* / gabus. Kaitannya dalam pembuatan miniatur gunung yang berukuran besar ditemukan beberapa kendala, dengan kertas karton pembuatan layer-layer model kontur yang berukuran sama harus dibuat berkali-kali, kemudian dengan *styrofoam* ketika proses *finishing*-nya membutuhkan teknik pemahatan yang lebih dominan dikerjakan orang berseni.

Berdasarkan hal tersebut diatas didapatkan sebuah pemikiran untuk mencari metode lain dalam pembuatan miniatur gunung. Metode tersebut adalah *Layer Deposition Manufacturing* (LDM), yaitu metode *multilayer casting* yang bisa digunakan untuk membuat sebuah produk yang dibagi dan dicetak menjadi beberapa layer. Dengan LDM diharapkan pembuatan miniatur gunung bisa lebih sederhana dan mudah serta mampu menghasilkan miniatur yang lebih menarik.



1.2 Rumusan Masalah

Agar penulisan Tugas Akhir ini lebih terarah dan mudah dipahami sesuai dengan tujuan serta untuk memperjelas ruang lingkup permasalahan, maka perlu dilakukan perumusan masalah, yaitu apakah metode LDM dapat diterapkan dalam pembuatan miniatur gunung yang berukuran besar?

1.3 Batasan Masalah

Pada tahap ini, penyelesaian masalah secara mendasar dilakukan dengan batas-batas sebagai berikut :

- Menggunakan metode LDM
- Menggunakan peta kontur Gunung Merapi

Garis ketinggian / elevasi dimulai dari ketinggian 1500 meter dan puncaknya berakhir pada ketinggian 2900 meter. Hal tersebut disebabkan dari gambar kontur yang didapat ternyata tidak semua garis kontur / elevasi gunung lengkap tergambar, yaitu seperti pada ketinggian 1300 dan 1400 meter diatas permukaan air laut.

- Skala yang digunakan 1 : 9.000

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menerapkan *Layer Deposition Manufacturing* dalam pembuatan miniatur gunung dengan skala 1 : 9.000.

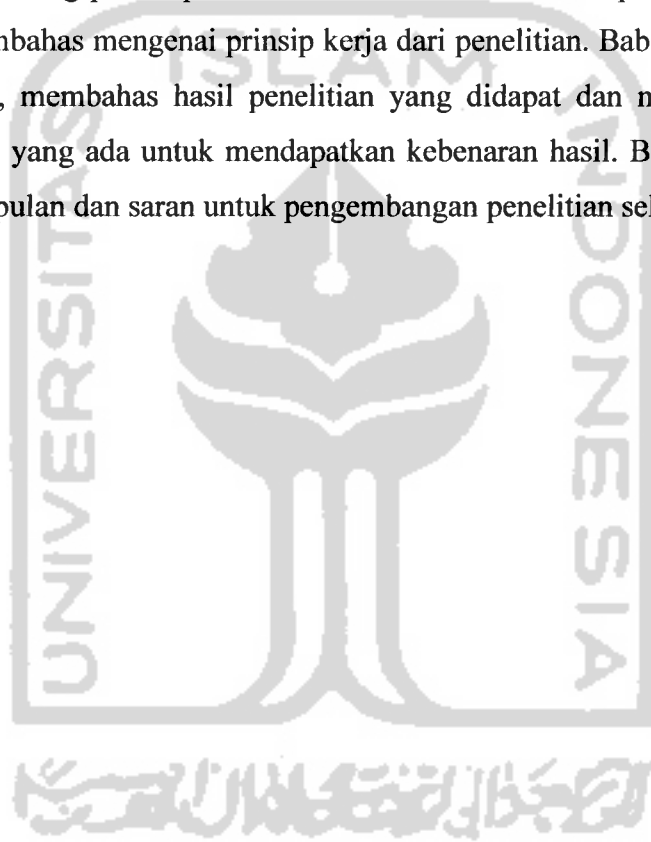
1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Memberikan alternatif cara pembuatan miniatur gunung.
- Dengan membuat miniatur gunung yang besar (1: 9.000) bisa memberikan detail tekstur yang lebih jelas.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini dibagi menjadi beberapa bab yaitu: Bab I Pendahuluan, berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan manfaat dari tugas akhir ini. Bab II Landasan Teori, memuat teori-teori yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan dalam tugas akhir ini. Bab III Metodologi penelitian, berisikan penjelasan tentang proses penelitian secara umum. Bab IV proses pembuatan produk, membahas mengenai prinsip kerja dari penelitian. Bab V Analisis dan Pembahasan, membahas hasil penelitian yang didapat dan membandingkan dengan teori yang ada untuk mendapatkan kebenaran hasil. Bab VI Penutup, berisi kesimpulan dan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Kajian Singkat Rapid Prototyping

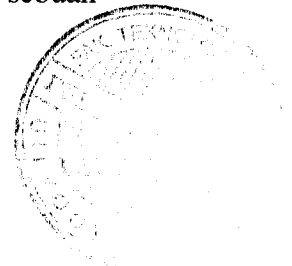
Istilah *rapid prototyping* (RP) merujuk pada suatu kelas teknologi yang secara otomatis mampu menyusun model fisik. Dengan teknologi ini memungkinkan para perancang untuk secara cepat menciptakan sebuah *prototype* riil dari rancangannya, ketimbang hanya gambar dua dimensi. Model seperti ini memiliki berbagai manfaat. Mereka memberikan bantuan visual yang sempurna di dalam mengkomunikasikan gagasan dengan pelanggan atau rekan kerja. Di samping itu, *prototype* dapat digunakan untuk pengujian rancangan, untuk membuat peralatan (disebut sebagai *rapid tooling*) dan bahkan suku cadang yang berkualitas produksi (*rapid manufacturing*). Untuk operasi produksi kecil dan objek yang rumit, *rapid prototyping* seringkali menjadi proses manufaktur yang terbaik. [2]

Rapid prototyping merupakan proses “aditif”, menggabungkan lapisan kertas, *wax*, atau plastik untuk menciptakan suatu objek padat. Sebaliknya, dalam kebanyakan proses menggunakan mesin (pembubutan, pengeboran, dsb) adalah proses “subtraktif” yang menghilangkan material dari blok padat. Sifat yang aditif dari RP memungkinkannya menciptakan objek dengan fitur internal yang rumit yang tidak dapat diolah oleh alat atau sarana lain. [2]

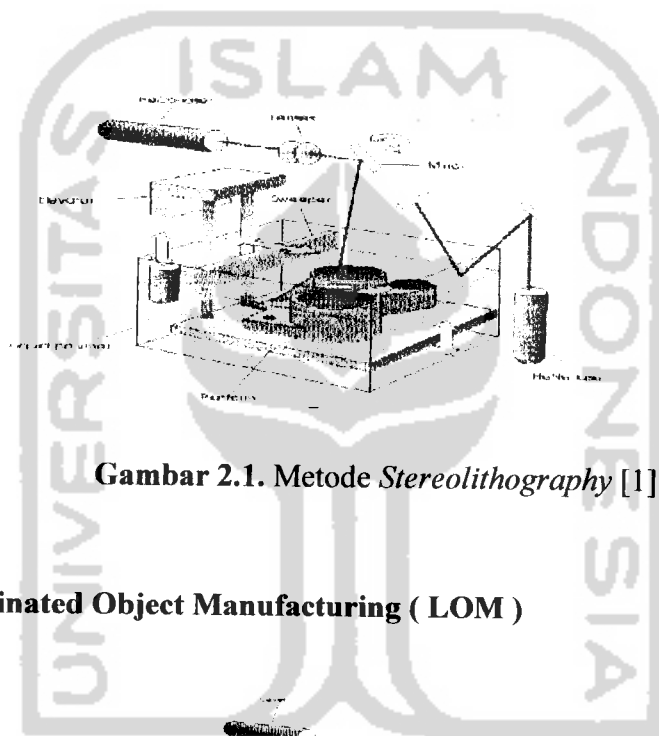
Setidaknya ada tujuh teknik *Rapid Prototyping* berbeda yang telah tersedia secara komersial, masing-masing memiliki kekuatannya sendiri, yaitu:

2.1.1. Stereolithography (SLA)

Teknik ini membangun model tiga dimensi dari cairan polimer fotosensitif yang memadat ketika diberi cahaya ultraviolet. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1. Model rupa-rupa dibangun diatas sebuah

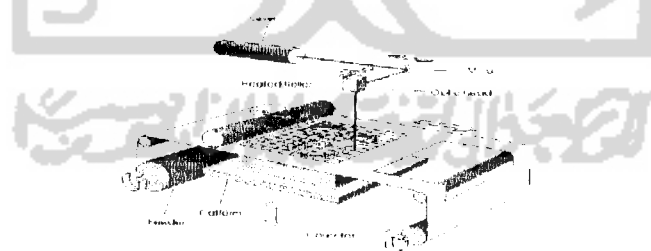


UV bertenaga rendah difokuskan ke lapisan pertama, memadatkan polimer cair pada lapisan pertama sesuai disain produk yang akan dibentuk. Kemudian elevator menurunkan platform sejauh tebal satu lapisan. Pemangkas melapis ulang lapisan yang telah memadat dengan cairan, dan sinar laser menuju ke lapisan 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 2.1. Metode *Stereolithography* [1]

2.1.2. Laminated Object Manufacturing (LOM)



Gambar 2.2. Metoda 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,

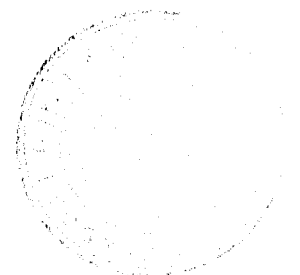
seperti pada gambar 2.2 Sinar laser kemudian juga memotong lembaran di bagian luar produk dengan bentuk kotak-kotak kecil sebagai material pendukung. Tujuan dari pemotongan ini adalah untuk memudahkan pemisahan produk dengan material pendukung setelah produk terbentuk seluruhnya. Setelah lapisan pertama selesai dikerjakan, *platform* diturunkan sejauh tebal satu lapisan dan lembaran baru dilapiskan pada lembaran sebelumnya. Proses ini diulangi hingga lapisan terakhir selesai dikerjakan. [1]

2.1.3. Sintering Laser Selective (SLS)

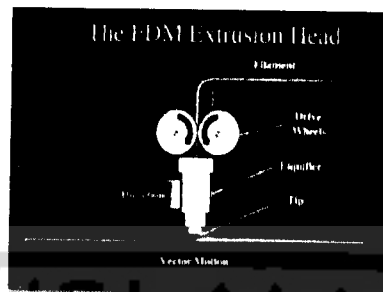


Gambar 2.3. Metode SLS [1]

Pada metoda 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 2.3. 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]



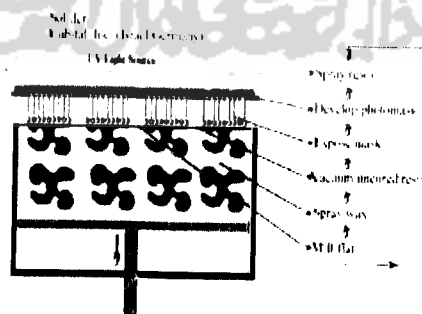
2.1.4. Fused Deposition Modelling (FDM)



Gambar 2.4. Metoda FDM [1]

Pada gambar 2.4 metoda ini filamen termoplastik atau lilin dilewatkan nosel panas, meleleh keluar nosel dan menetes pada *platform*. Cairan lilin ini 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]

2.1.5. Solid Ground Curing (SGC)

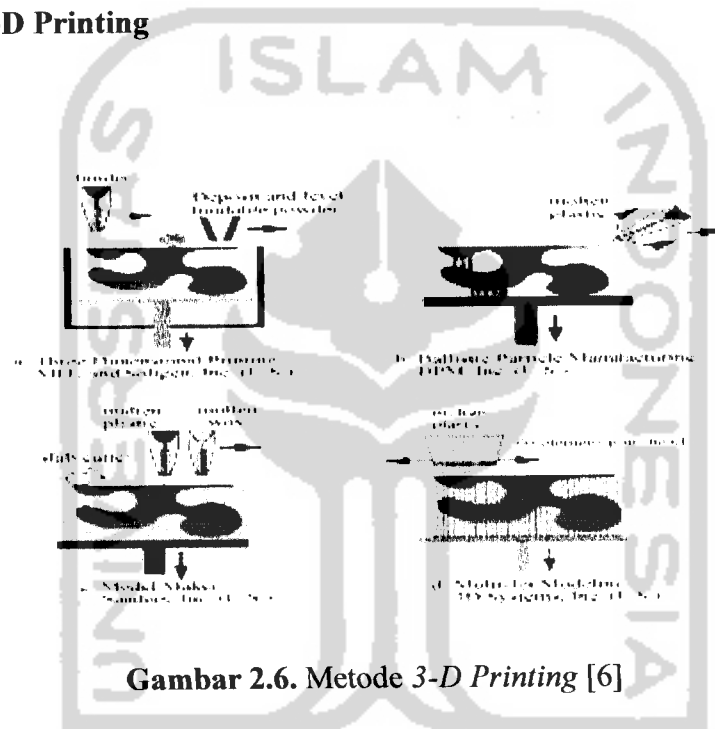


Gambar 2.5. Metode SGC [6]

Pada metoda ini, pertama resin fotosensitif disemprotkan pada *platform*. Kemudian mesin menyusun suatu pola pada pelat kaca dengan

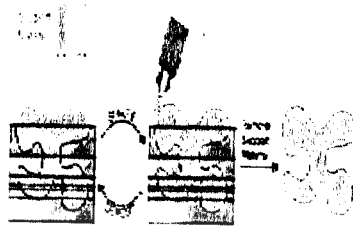
proses elektrostatik yang mirip dengan fotokopi. Sinar ultraviolet dilewatkan melalui pola mengenai resin fotosensitif menyebabkan resin tersebut menjadi padat pada bagian yang terkena sinar, gambar 2.5. Kemudian resin yang masih berbentuk cair dihisap dan lilin dituangkan untuk digunakan sebagai material pendukung. Proses freis dilakukan untuk meratakan permukaan atas lapisan. Langkah tersebut diulang-ulang hingga lapisan terakhir selesai dikerjakan. [6]

2.1.6. 3-D Printing



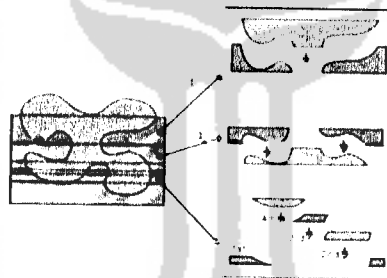
Pada metoda ini material serbuk ditaburkan di atas *platform* dan diratakan dengan roller, kemudian nosel meneteskan perekat secara selektif sesuai dengan bentuk penampang produk, seperti pada gambar 2.6. Serbuk yang terkena perekat akan saling berikatan, dan serbuk yang tidak terkena perekat berfungsi sebagai material pendukung. Setelah satu lapisan selesai dikerjakan, *platform* diturunkan sejauh tebal satu lapisan. Langkah tersebut diulang-ulang hingga lapisan terakhir selesai dikerjakan. [6]

2.1.7. Shape Deposition Manufacturing (SDM)



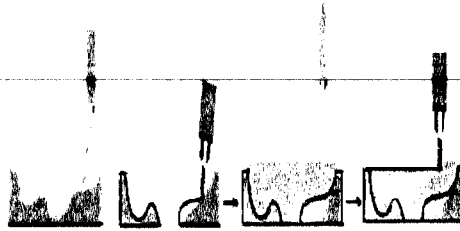
Gambar 2.7. SDM [5]

Metoda *shape deposition manufacturing* (SDM) pada dasarnya sama dengan metoda lainnya dalam *layer manufacturing*. Metoda SDM merupakan gabungan dari proses *additive* (menggabungkan material lapis demi lapis) dan proses *subtractive* (pengurangan material) seperti pada gambar 2.7 [5]

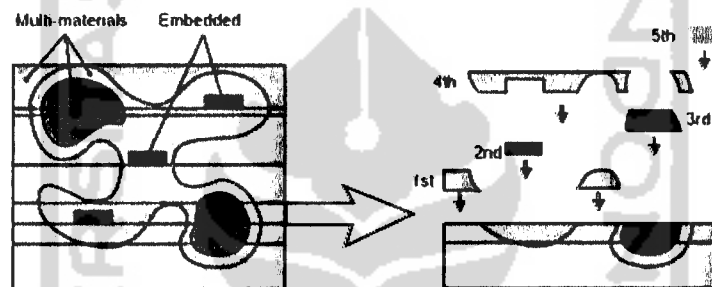


Gambar 2.8. SDM [5]

Pada gambar 2.8c *support material* dibangun, setelah itu proses *CNC milling* untuk membentuk rongga cetak, setelah rongga cetak terbentuk, material produk dituang penuh, seperti pada gambar 2.8a. pada proses ini terjadi proses *subtractive material*, yaitu menghilangkan material (warna kuning). Pada gambar 2.8b *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. [5]



Gambar 2.9. Tahapan *deposition* dan *shaping* [5]



Gambar 2.10. Struktur multimaterial dengan menyisipkan komponen. [5]

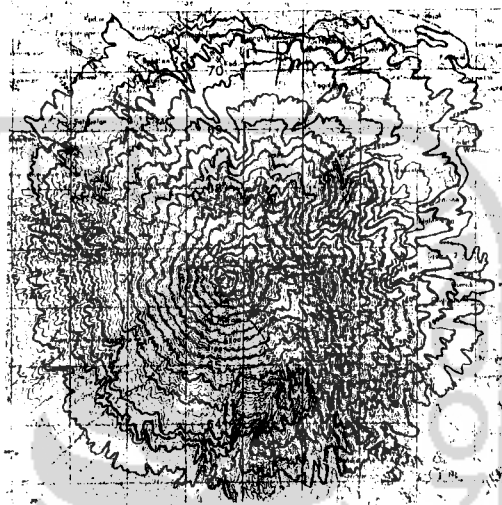
Membuat *prototype* dengan bentuk yang kompleks dan material *additive*, memungkinkan proses pembuatan multi material dan bentuk setengah jadi ditempelkan didalam material produk tersebut, seperti pada gambar 2.10. [5]

2.2 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 tertentu. Peta yang digunakan untuk kegiatan alam bebas adalah Peta Topografi. [3]

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. [3]



Gambar 2.11. Peta Topografi

Peta Topografi kaitannya dalam proses pembuatan miniatur gunung mensyaratkan mengenai beberapa hal kelengkapannya, diantaranya seperti: [3]

- 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. 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

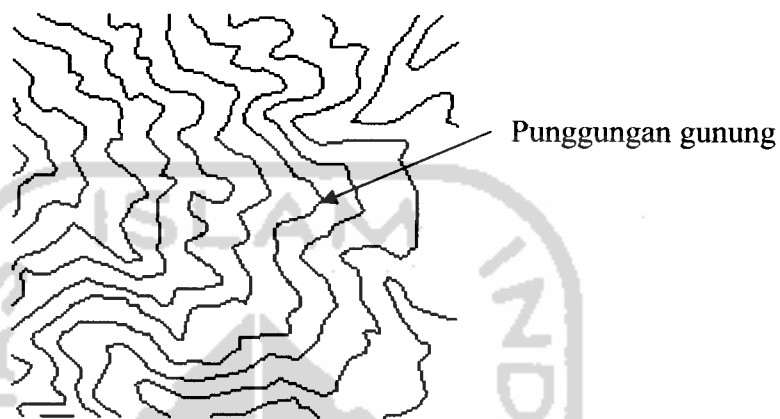
Salah satu unsur yang penting lainnya pada peta adalah informasi tinggi suatu tempat terhadap rujukan tertentu. Unsur ini disebut dengan elevasi, yaitu ketinggian sebuah titik di atas muka bumi dari permukaan laut. Kartograf menggunakan teknik yang berbeda untuk menggambarkan ketinggian, misalnya permukaan 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).

Sifat-sifat garis Kontur: [3]

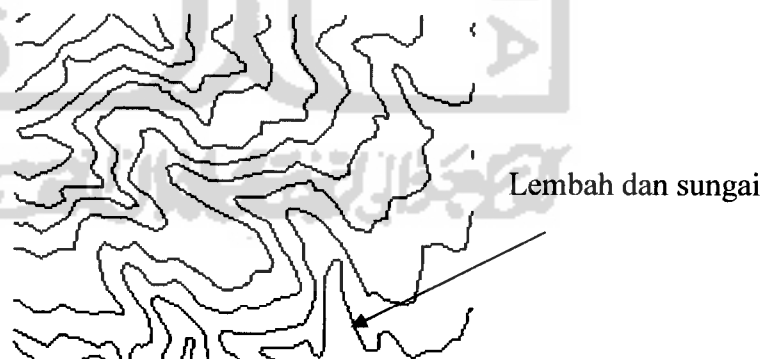
- Garis kontur merupakan kurva tertutup sejajar yang tidak akan memotong satu sama lain dan tidak akan bercabang.
- Garis kontur yang berada didalam selalu menunjukan posisi yang lebih tinggi dari garis yang berada diluarnya.
- Interval / elevasi kontur selalu merupakan kelipatan yang sama
- Indek kontur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

Membaca garis kontur [4]– **Punggungan gunung**

Punggungan gunung merupakan rangkaian garis kontur berbentuk huruf U.

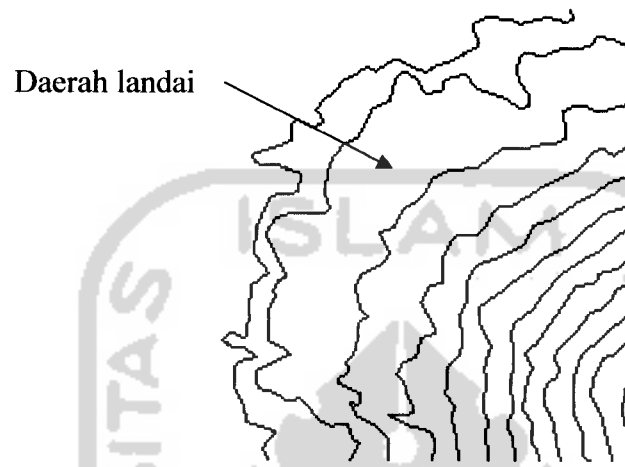
**Gambar 2.12. Punggungan gunung**– **Lembah dan sungai**

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

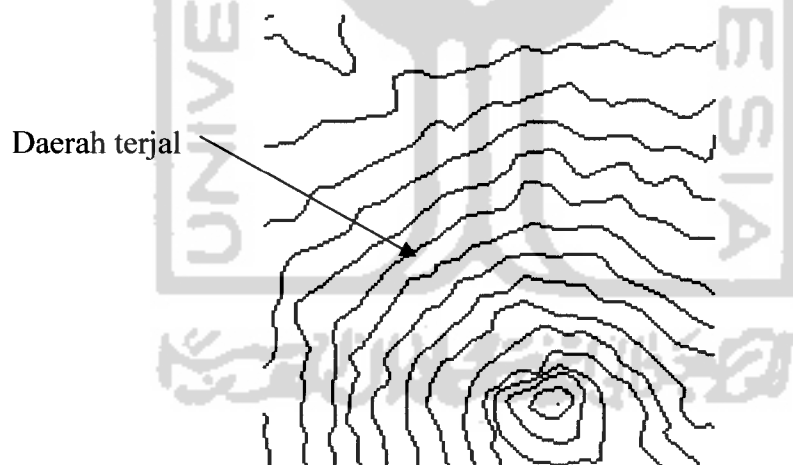
**Gambar 2.13. Lembah dan Sungai**

- Daerah landai datar dan terjal curam

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



Gambar 2.14. Daerah landai



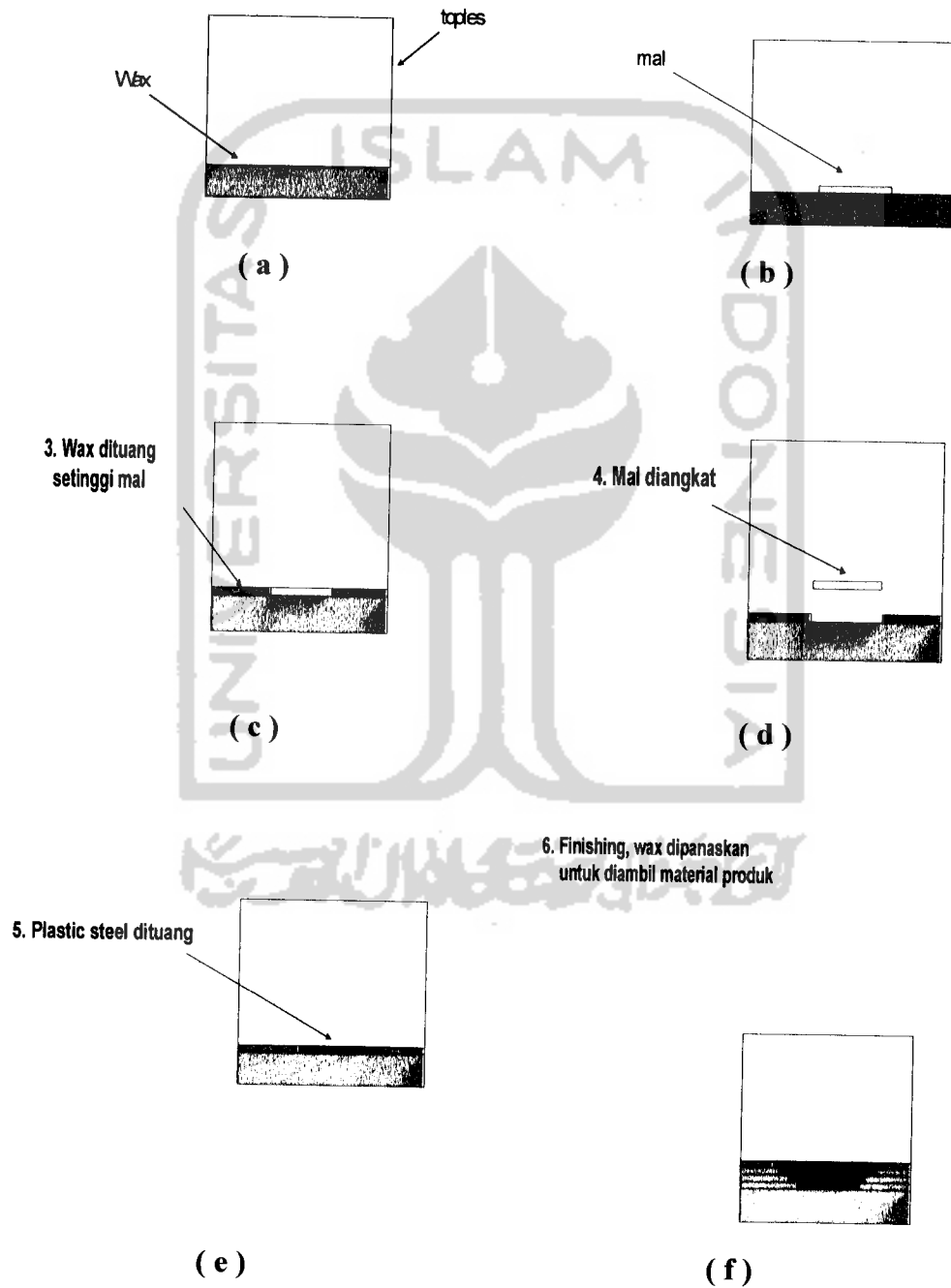
Gambar 2.15. Daerah terjal

2.3 Metoda *Layer Deposition Manufacturing* (LDM)

2.3.1 LDM secara manual

1. Wax dituang setinggi 10 mm pada toples

2. Mal ditaruh diatas wax kering

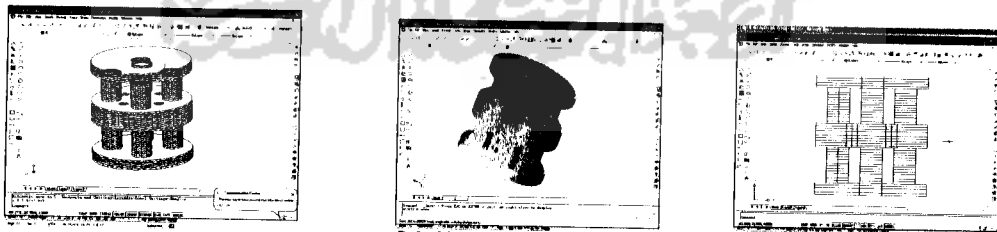


Gambar 2.16 Langkah Kerja *Layer Deposition Manufacturing*

Keterangan: 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 karton, 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. [4]

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 *support material* (lilin) dengan cara dipanaskan atau dilelehkan lilinnya dari material produknya, biasanya proses pemanasan bisa dilakukan memakai kompor atau oven dengan syarat pemanasan sampai titik cair lilin. [4]

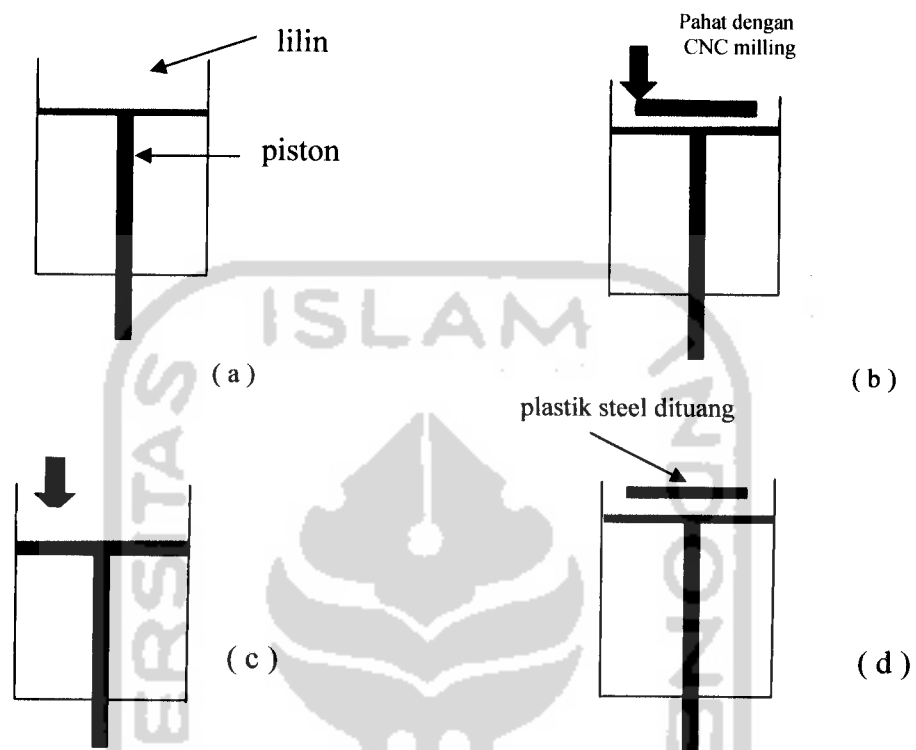
2.3.2 LDM dengan memanfaatkan mesin CNC



Gambar 2.17 Disain gambar produk menggunakan perangkat lunak

Dari gambar 2.17 produk dapat dibuat dengan metoda LDM dengan memanfaatkan mesin CNC, metoda ini pada prinsipnya sama dengan metoda

LDM secara manual, yang membedakan hanya pada pembuatan pola atau rongga cetak untuk *support materialnya*. [4]



Gambar 2.18 Langkah kerja pembuatan produk LDM dengan CNC

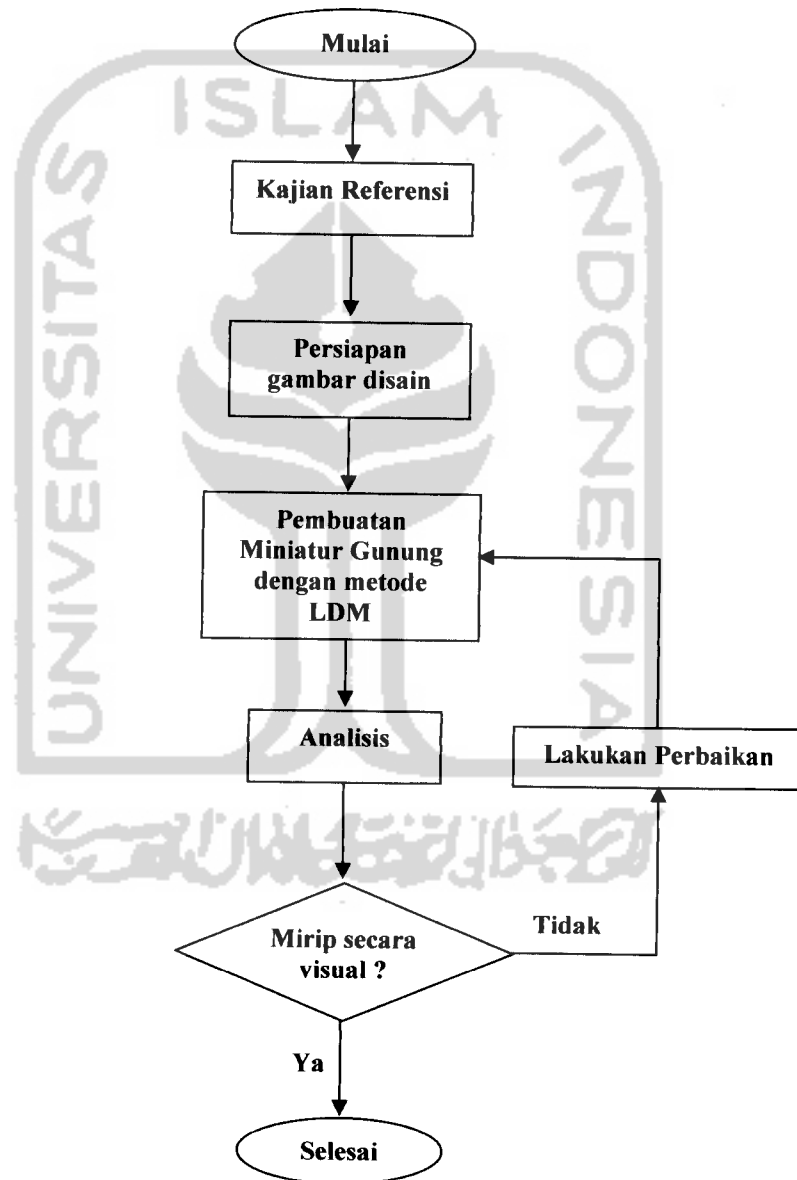
Langkah kerja dari proses pembuatan produk dengan metoda ini adalah seperti pada gambar 2.18a dimana lilin cair sebagai material pendukung dituang secara tipis ke suatu lubang silinder dan didiamkan hingga membeku membentuk satu lapisan lilin. Pada lapisan lilin tersebut kemudian dibuat lubang cetak 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. [4]



BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram alir penelitian



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian



3.2 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Sebagian data diambil dari penelitian sebelumnya.
2. Studi Kepustakaan
Mempelajari literatur-literatur serta dokumen yang berhubungan dengan materi yang dibahas.
3. Konsultasi dengan pihak-pihak terkait, seperti BPPTK, *river side design team* (pembuat model gunung merapi), dan Bakosurtanal.

3.3 Bahan dan alat

3.3.1 Bahan yang digunakan

- a) Material pendukung
 - Lilin / parafin Padat
 - Stearin
- b) Material produk
 - Gypsum
 - Lilin malam
 - Air

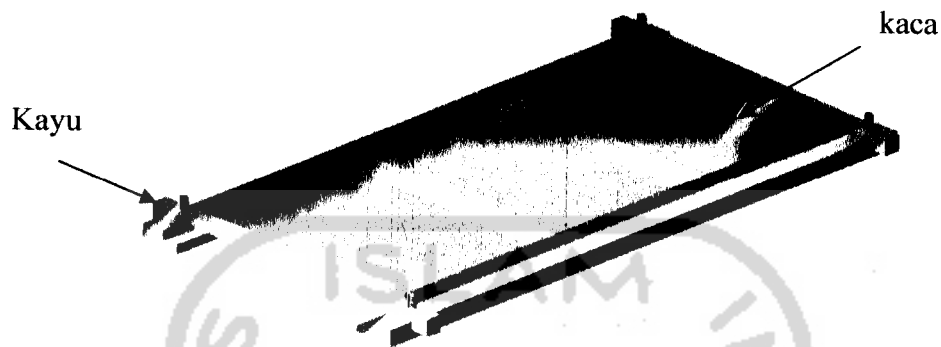
3.3.2 Alat yang digunakan

- a) Alat utama cetakan lilin

Alat ini terdiri dari potongan-potongan kaca dan kayu. Apabila akan digunakan, potongan-potongan kaca dan kayu ini harus dirangkai terlebih dahulu (lihat gambar 3.2). Ada tiga ruang cetak didalamnya dan semuanya memiliki ukuran panjang dan lebar yang sama, sedangkan untuk ukuran ketinggiannya bisa dilakukan pengaturan ukuran sesuai keperluan.

Kaca adalah sebagai cetakannya, alasan penggunaan kaca adalah karena memudahkan dalam proses pelepasan lembaran-lembaran lilin (dengan bantuan vaselin), kemudian kaca tidak akan pernah berkarat seperti besi, merupakan penghantar panas yang baik dan permukaannya halus serta rata.

Sedangkan kayu disini digunakan untuk menyangga potongan-potongan kaca agar posisinya tidak bergeser.



Gambar 3.2. Cetakan lilin

b) Alat dan bahan pendukung

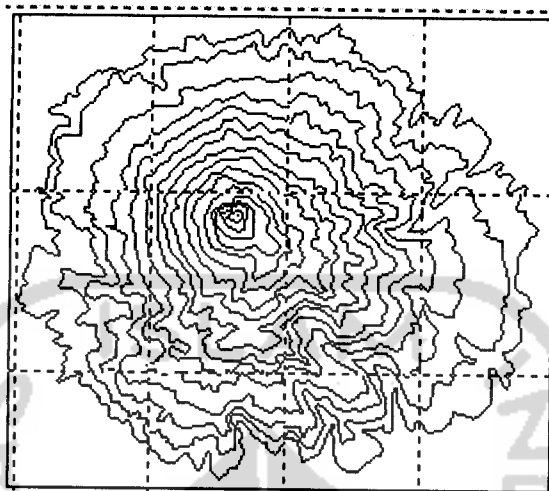
- Kompor / oven
- Panci
- *Scrub*
- Mistar
- Pena / spidol
- *Cutter*
- Lem kayu Fox
- Lem gipsium
- *Epoxy*
- Cat

3.4. Proses pembuatan miniatur gunung dengan metode LDM

3.4.1 Persiapan gambar pola

Gambar desain yang digunakan berupa peta topografi berukuran kertas A₄ (29.7x21 cm). Karena miniatur gunung yang akan dibuat berukuran 83x75x30 cm, maka perlu untuk memperbesar ukuran gambar desain seperti ukuran yang diinginkan. Pada akhirnya nanti gambar desain yang telah

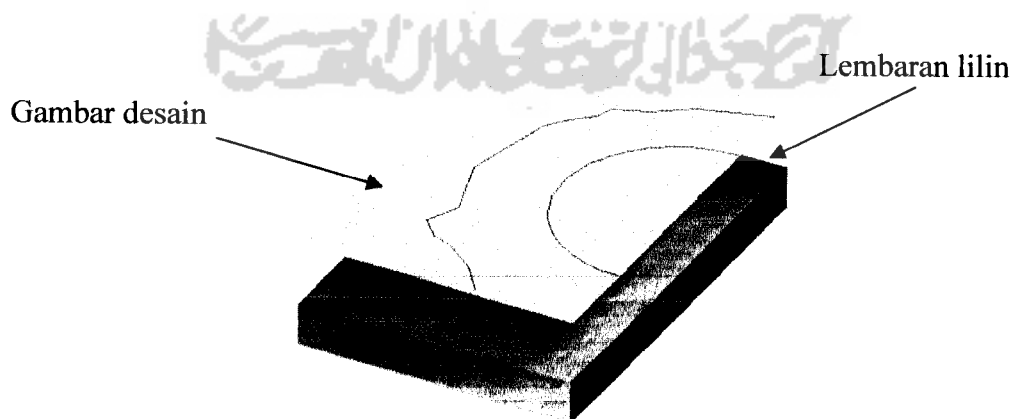
diperbesar itu akan kembali berupa potongan-potongan kertas ukuran A_4 tapi dengan pola kontur yang lebih besar.



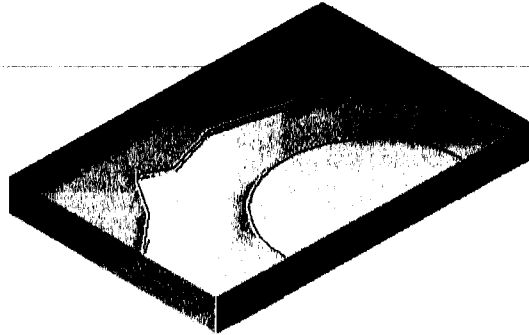
Gambar 3.3. Peta topografi hasil pembesaran

3.4.2 Membuat cetakan layer model kontur

Material pendukung / lembaran lilin dibuat dengan campuran bahan lilin dan stearin (lihat gambar 3.4, berwarna hitam). Pola kontur pada lilin kemudian dibuat dengan menggunakan teknik jiplak, yaitu dengan menggunakan pena ikuti garis kontur pada gambar desain yang telah diletakan diatas lembaran lilin. Setelah itu lembaran lilin yang telah berpola kemudian dipotong mengikuti pola tersebut.



Gambar 3.4. Proses pembuatan pola kontur pada lembaran lilin

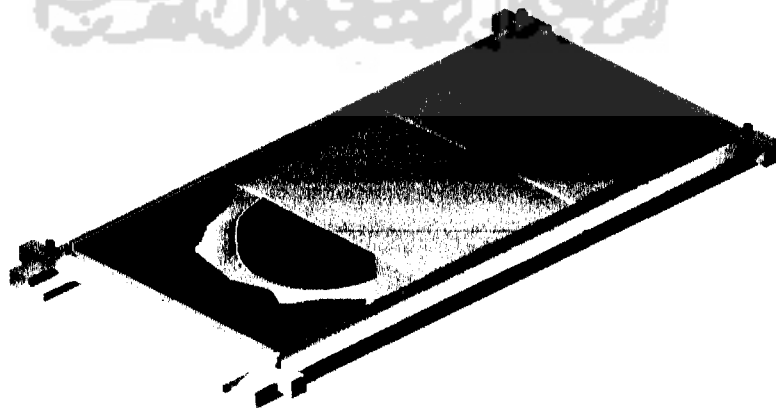


Gambar 3.5. Lembaran lilin telah berpola



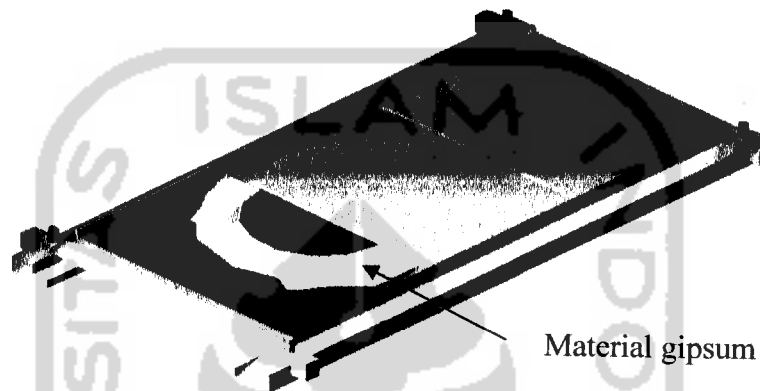
Gambar 3.6. Lembaran lilin yang telah dipotong

3.4.3 Pembuatan layer model kontur gunung



Gambar 3.7. Pembuatan layer model kontur – material gipsum belum dituang

Dalam pembuatan layer model kontur masih tetap menggunakan bantuan alat cetakan lilin. Cetakan ini hanya digunakan sebagai penyangga bagi lembaran-lembaran lilin yang telah berpola dan yang telah dipotong (lihat gambar 3.7). Setelah itu proses penuangan material produk berupa campuran gipsum dan air ke dalam cetakan pola model kontur.



Gambar 3.8. Pembuatan layer model kontur – material gipsum setelah dituang

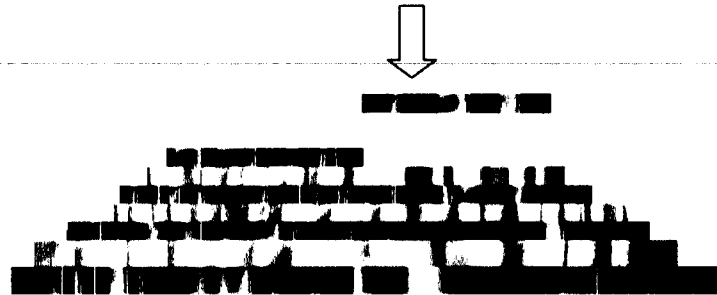
3.4.4 Tahap penyusunan material produk

Setelah layer-layer model kontur berhasil dicetak, selanjutnya masuk pada tahap penyusunan layer-layer model konturnya. Proses penyusunan tersebut menggunakan bantuan gambar desain.

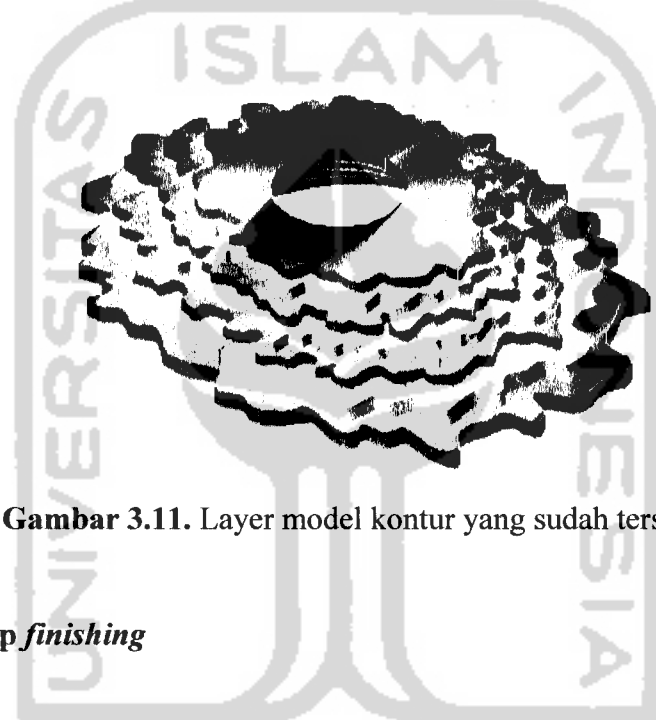


Gambar 3.9. Potongan model kontur



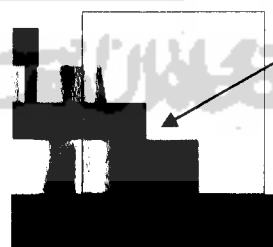


Gambar 3.10. Proses penyusunan layer model kontur



Gambar 3.11. Layer model kontur yang sudah tersusun

3.4.5 Tahap *finishing*

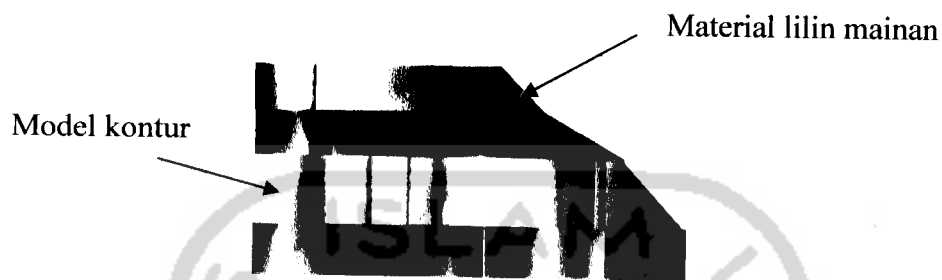


Bagian yang akan di-*finishing* dengan lilin mainan

Gambar 3.12. Salah satu bagian model kontur yang akan di-*finishing*

Disini tahap *finishing*-nya adalah proses pembentukan permukaan miniatur gunung dengan menggunakan material lilin mainan. Material ini termasuk material yang mudah dibentuk karena terbuat dari lilin. Ketika hasil *finishing*-nya sudah terlihat, selanjutnya tahap analisa bentuk pendekatan

kemiripan dengan bentuk aslinya (proses analisa dibantu dari dinas BPPTK yogyakarta). Apabila ditemukan kesalahan dari bentuk miniatur, maka ada proses perbaikan.



Gambar 3.13. Permukaan yang telah di-*finishing* dengan lilin mainan



BAB IV

PROSES PEMBUATAN MINIATUR GUNUNG

Proses pembuatan miniatur gunung ini dibuat menggunakan metode LDM. Miniatur tersebut dibuat bertahap lapisan demi lapisan mulai dari lapisan gunung paling bawah hingga lapisan terakhir yang merupakan puncaknya. Dari semua proses ini, selanjutnya diharapkan bisa diketahui dengan jelas bentuk-bentuk keunggulan dan kelemahan dari metode LDM ini.

4.1 Persiapan gambar desain

Persiapan gambar desain adalah hal pertama yang harus dilakukan sebelum memulai proses pembuatan miniatur gunung. Selain dari internet, gambar desain / peta topografi yang memiliki data terukur ini bisa didapatkan di instansi terkait, seperti Bakosurtanal dan BPPTK, Kedua instansi tersebut menyediakan bermacam-macam informasi mengenai peta topografi.

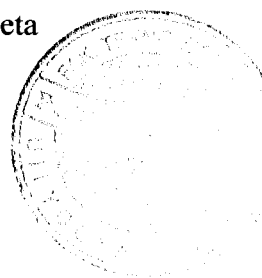
Awalnya, gambar desain masih dalam ukuran kertas A₄ (29.7x21 cm). karena miniatur gunung yang akan dibuat disini adalah berukuran besar (83x75x30 cm), maka dari itu perlu kiranya untuk memperbesar ukuran gambar desain tersebut seperti ukuran yang diinginkan.

Proses pembesaran gambar desain

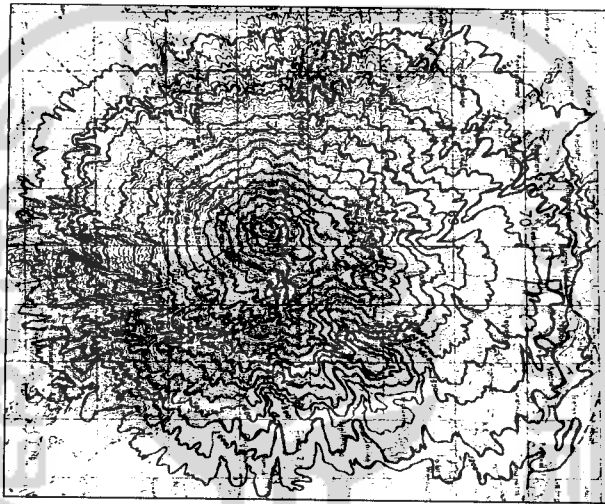
Ada beberapa cara untuk memperbesar ukuran gambar desain:

1. *Photo copy*, dan
2. menggunakan *software CorelDraw*

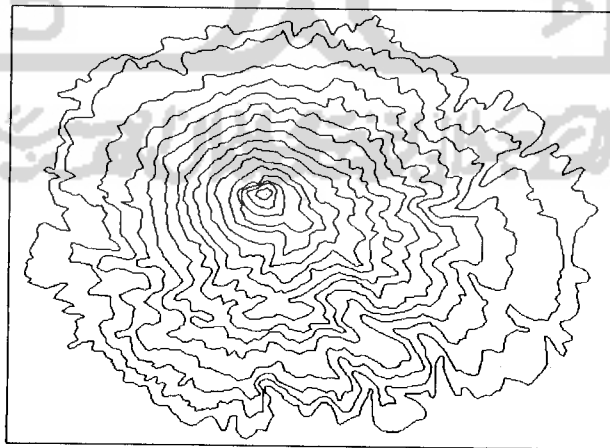
Dari kedua cara diatas, teknik pembesaran gambar desain yang lebih bisa mendukung untuk proses selanjutnya dalam pembuatan miniatur gunung ini adalah dengan menggunakan cara nomor 2. Dengan *CorelDraw* bukan hanya proses pembesaran gambar desain saja yang bisa dilakukan tapi perangkat lunak ini juga bisa digunakan untuk membuat duplikat dari peta



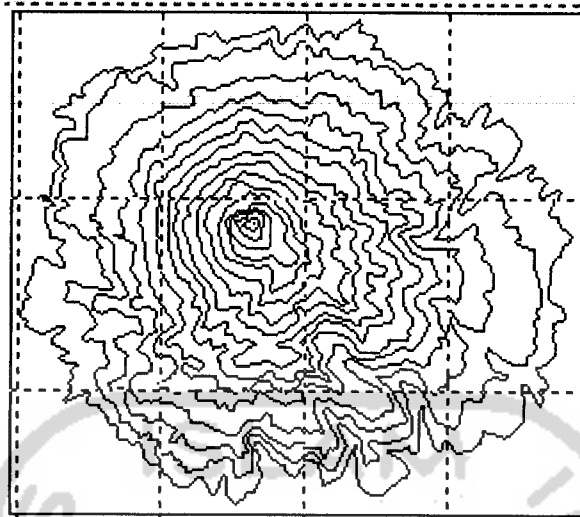
topografi, hal ini maksudnya adalah untuk membantu mempermudah saat proses pembuatan pola kontur pada lilin, yaitu dengan cara menghilangkan garis kontur yang tidak dipakai dari gambar desain. Untuk membuat duplikat ini caranya adalah *import* gambar desain kedalam *CorelDraw*, lalu dengan bantuan *Pen Tool* duplikatlah garis kontur yang akan digunakan, setelah semua diduplikat kemudian hapuslah peta topografi yang asli. Hasilnya bisa dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.1. Gambar desain / peta topografi (awal)



Gambar 4.2. Duplikat gambar desain



Gambar 4.3. Potongan gambar desain dengan *corelDraw*

Setelah gambar desain itu diduplikat, lalu di *CorelDraw* dilakukan pengaturan ukuran modelnya, setelah itu di cetak / *print* menggunakan kertas ukuran A₄, hasil dari *print*-nya nanti akan seperti pada gambar 4.3.

Dengan cara nomor 1 dinilai kurang efektif, karena gambar hasil pembesaran tersebut masih memperlihatkan garis kontur tipis yang tidak akan digunakan (lihat gambar 4.1), padahal garis-garis kontur tipis ini hampir saling berhimpitan dengan garis kontur indeks, sehingga dikhawatirkan dapat mengganggu proses pemolaan garis kontur pada lilin.

4.2 Membuat alat bantu cetakan Lilin

Pembuatan alat cetakan lilin yang sederhana ini sebenarnya karena disebabkan oleh perbandingan jumlah cetakan yang ada yang tidak sebanding dengan banyaknya pemakai. Penjadwalan / pembagian waktu pemakaian pun menjadi rumit dan tidak akan menjadi lebih baik, karena semuanya saling berkepentingan. Oleh karena itu dicarilah cara lain guna mengatasi hal ini, yaitu dengan cara membuat sendiri alat bantu cetakan lilin. Alat ini dibuat lebih sederhana dan murah dengan konsep kerja yang sama dengan cetakan sebelumnya.



Gambar 4.4. (a) Cetakan lilin yang sudah ada sebelumnya
(b) Alat bantu cetakan lilin yang baru

Kelebihan dari alat ini (gambar 4.4b) utamanya adalah dalam hal jumlah, sekali proses cetak bisa sampai tiga lembar lilin sekaligus dibuat. Adapun kekurangannya, yaitu kondisi cetakannya, pada bagian samping-samping kacanya tidak dapat 100% rapat atau bisa saling menempel, pada bagian atau sudut-sudut tertentu ada bagian kaca yang berongga, lebarnya kurang lebih sebesar 0.1 – 1 milimeter. Untuk menyiasati hal ini bisa digunakan vaselin atau yang sejenisnya dengan cara dioleskan pada bagian cetakan yang berongga.

4.3 Membuat lembaran lilin

Untuk membuat lembaran lilin yang harus diperhatikan adalah mengenai campuran parafin / lilin dan stearin. Komposisi campuran antara parafin dan stearin adalah 1 kg untuk parafin dan $\frac{1}{4}$ kg untuk stearin. Semakin banyak stearin yang digunakan, berarti semakin keras pula lembaran lilinnya.

Lembaran lilin dibuat ketika cetakannya telah dirangkai dan siap digunakan, tidak ada lagi cetakan yang masih berongga dengan melapisi seluruh bagian cetakan dengan vaselin. Cara membuat lembaran-lembaran lilin ini adalah dengan mengolah wujud lilin yang masih berbentuk padat /

bongkahan ini menjadi cair yang dimasak menggunakan kompor. Setelah wujudnya berubah menjadi cair lalu bubuk stearin ditaburkan, fungsinya adalah agar lilin tidak terlalu lembek. Cairan lilin yang sudah diberikan campuran stearin tadi kemudian diangkat dan ditiiskan, agar panasnya cairan lilin tersebut tidak akan merusak lapisan vaselin pada cetakan, setelah itu cairan lilin dituang ke dalam cetakan, cara menuangnya pun dilakukan sedikit demi sedikit. Setelah kurang lebih dari 4 jam, material pendukung tersebut menjadi beku (lihat gambar 4.5).

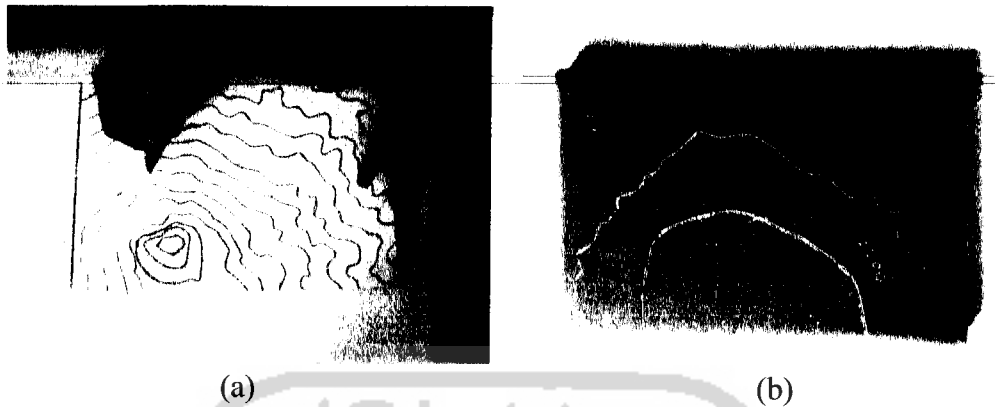


Gambar 4.5. Lembaran lilin hasil cetak

4.4 Membuat pola kontur pada lembaran lilin

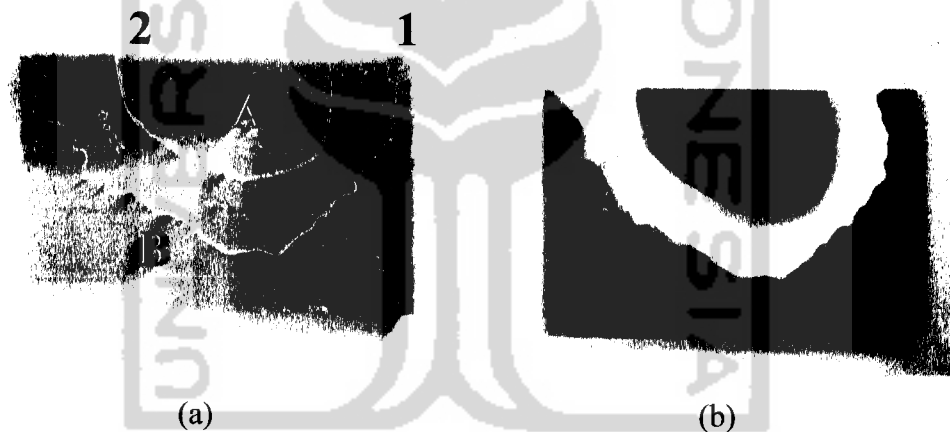
Tahapan pembuatan pola kontur pada lembaran lilin, sebagai berikut :

- Gambar desain diletakan tepat diatas lembaran lilin.
- kemudian dengan bantuan pena atau sejenisnya, lakukan proses penjiplakan dengan cara mengikuti alur kontur yang sudah ada (lihat gambar 4.6). Untuk satu lembar lilin kadang dibuat hanya untuk satu garis kontur saja, namun kadang juga digunakan untuk beberapa garis kontur tergantung dari besar atau kecilnya garis kontur pada potongan-potongan gambar desain.
- hasilnya, dilembaran lilin tadi akan terlihat pola kontur hasil jiplakan pena.



Gambar 4.6. (a) Proses pembuatan pola kontur pada lilin
(b) lilin yang telah berpola

4.5 Proses pemotongan pola kontur pada lembaran lilin



Gambar 4.7. (a) Proses pemotongan pola kontur pada lilin
(b) Lembaran lilin hasil proses pemotongan

Setelah lembaran-lembaran lilin ini memiliki pola kontur, proses selanjutnya adalah memotong pola-pola kontur tersebut. Caranya dengan mengikuti alur pola kontur yang sudah ada. Posisi pemotongan meski diperhatikan, bagian lilin mana yang akan dipakai dan bagian mana yang akan dibuang, karena semuanya akan berhubungan dengan masalah geram / sampah hasil proses pemotongan. Posisi yang dimaksud adalah posisi putaran pemotongan, jika menghendaki bagian B sebagai cetaknya maka arah

putaran pemotongan harus searah jarum jam dimulai dari ujung no.1. Bagian B sebut saja sebagai bagian bawahnya, karena letaknya yang berada dibawah garis kontur pada lembaran lilin dan sebaliknya apabila menghendaki lembaran lilin bagian A sebagai cetakan model konturnya, maka arah putaran pemotongan harus dimulai dari ujung titik no.2. Bagian A sebut saja sebagai bagian atasnya, karena letaknya yang berada diatas dari garis kontur pada lembaran lilin (lihat gambar 4.7).

Pada saat proses pemotongan kerap masih sering terjadi kesalahan-kesalahan, yang biasa adalah melencengnya alur pemotongan pola pada lembaran lilin. Bukan disebabkan karena alat pemotong yang bermasalah, namun kesalahan ini sering lebih disebabkan oleh faktor manusia.

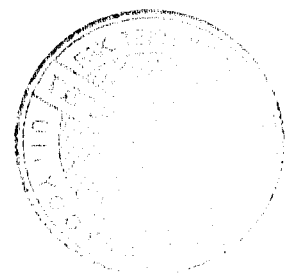
Alat pemotong lilin yang digunakan adalah alat yang dirancang sendiri oleh mahasiswa teknik mesin UII. Alat pemotong ini merupakan gabungan dari beberapa jenis komponen alat seperti Drill, Dinamo, belt, dan pedal yang berfungsi menghubungkan arus listrik ke dinamo.



Gambar 4.8. Alat Pemotong pola untuk lembaran lilin

4.6 Teknik pembuatan layer-layer model kontur gunung

Dalam proses pembuatan layer-layer model kontur gunung ternyata masih tetap menggunakan bantuan alat cetakan lilin.



Teknik pembuatannya adalah sebagai berikut :

- Pertama, memasang lembaran-lembaran lilin yang telah dipotong kedalam cetakan. Pastikan semuanya telah sesuai dengan prosedur artinya tidak ada lagi bagian dari setiap sisi-sisi dan sudut-sudut cetakan yang masih berongga.
- Kedua, Setelah semuanya terpasang secara rapih, baru material produk berupa campuran gipsum dan air dituang kedalam cetakan.
- Ketiga, tunggu hingga mengering. Disini lamanya proses pengeringan biasanya kurang lebih selama 2 jam atau bisa juga tergantung dari besar kecilnya produk yang akan dicetak. Semakin kecil bentuknya maka semakin cepat pula proses pengeringannya.
- Keempat, setelah kering lembaran-lembaran lilin tersebut diangkat dari cetakan. Untuk melepas gipsum dari lembaran lilin tadi bisa dilakukan dengan cara mendorong material produk sedikit demi sedikit.



(a)

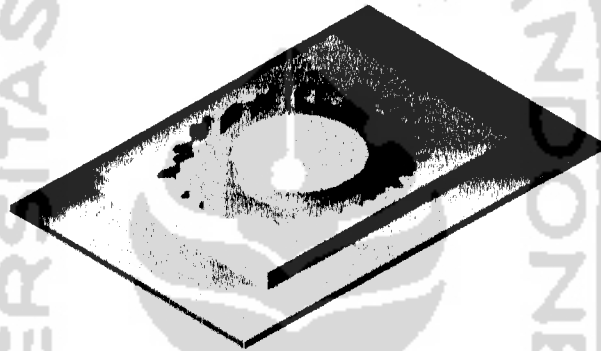
(b)

Gambar 4.9. (a) Lembaran lilin didalam alat Bantu cetakan lilin

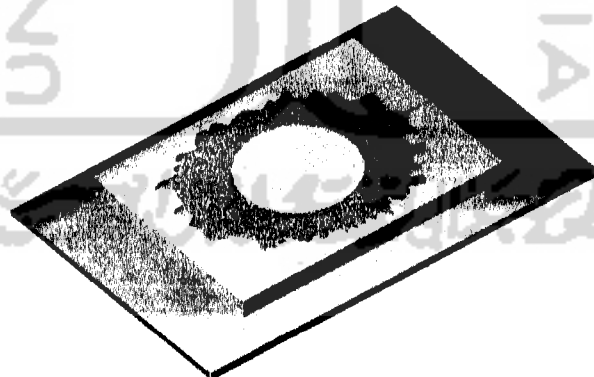
(b) Material produk (warna kuning) siap dilepas dari material pendukungnya (warna hitam).

Sebelum menggunakan alat cetakan lilin, proses pembuatan model kontur gunungnya ini pernah mencoba dengan teknik lain, yaitu dengan cara menuang gipsum kedalam cetakan model kontur sebesar satu layer penuh

(lihat gambar 4.10). Misalnya layer yang akan dibuat adalah layer dengan elevasi 1500 meter, maka lilin yang harus disiapkan pun harus sebesar diameter layer itu. kemudian, karena pada setiap layer akan dibuat rongga, maka sebelum campuran material produk itu dituang letakan *styrofoam* / benda lain yang sejenisnya yang berbentuk lingkaran disimpan ditengah layer tadi. Setelah semuanya siap, campuran gipsum tadi dituang hingga memenuhi seluruh bagian cetakan sampai kecelah-celah sempitnya, lalu ketika campuran material produk telah sejajar dengan permukaan bagian atas lilin, proses penuangan campuran material produk dihentikan.



Gambar 4.10. Membuat model kontur per satu layer penuh - material produk belum dituang

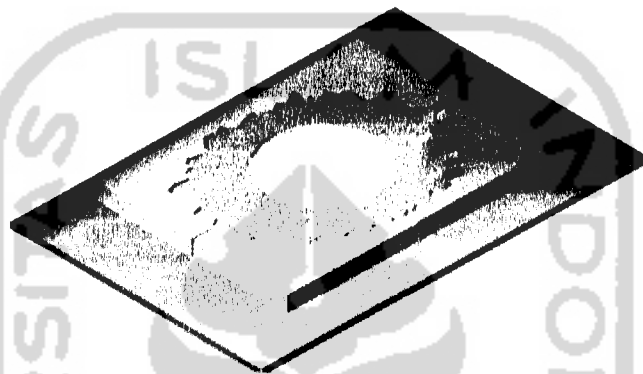


Gambar 4.11. Membuat model kontur per satu layer penuh - material produk sudah dituang

Ada beberapa masalah yang kemudian muncul pada teknik ini, yaitu proses pelepasan material pendukung dari material produknya. Ketika proses pelepasan tersebut dilakukan dengan menggunakan *scrub*, posisi cetakannya

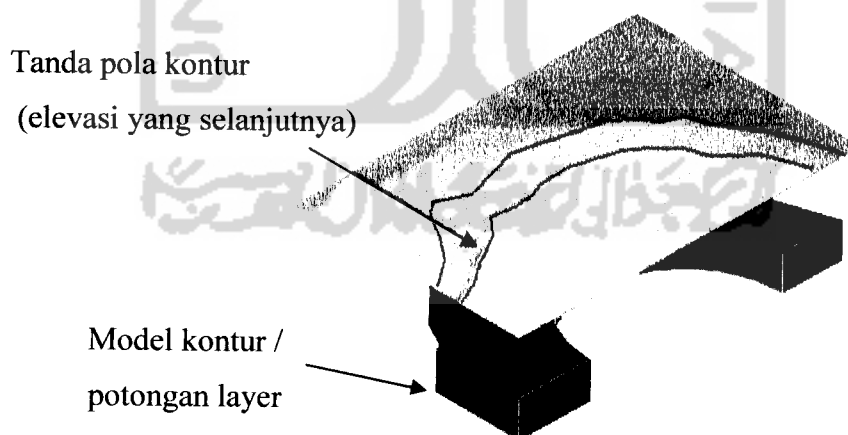
bergeser naik tapi tidak lurus vertikal keatas namun bergerak membentuk sudut (lihat gambar 4.12) hal ini mungkin disebabkan oleh dorongan yang tidak seimbang, ketika dipaksa didorong mengakibatkan banyak dari bagian material produk yang patah.

Berbeda ketika menggunakan cetakan lilin. Dengan membuat model kontur perpotongan dapat menghasilkan cara yang lebih mudah dalam proses pelepasan material pendukung dengan material produknya.



Gambar 4.12. Proses pelepasan satu layer penuh material pendukung dari model kontur

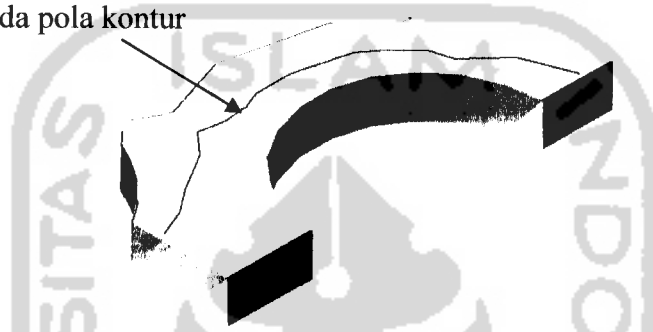
4.7 Tahap penyusunan layer-layer model kontur gunung



Gambar 4.13. Proses pemberian tanda berupa pola kontur pada model kontur

Dalam proses penyusunan untuk layer-layer model kontur gunung tetap mengacu pada gambar desain. Pada permukaan bagian atas untuk semua produk / model kontur harus diberikan penanda atau ciri berupa pola kontur gunung untuk layer selanjutnya, contoh layer dengan elevasi 1500 meter akan memiliki pola kontur elevasi 1600 meter. Begitu selanjutnya hingga layer terakhir (elevasi 2900 meter dari permukaan air laut).

tanda pola kontur



Gambar 4.14. Model kontur yang telah berpola

Setelah model kontur memiliki pola, selanjutnya proses penyusunan, caranya dengan menyusun seluruh model kontur mengikuti pola yang sudah ada (lihat gambar 4.15), begitu selanjutnya sampai layer terakhir. Pada setiap susunannya diberikan perekat berupa lem gipsum agar model kontur tetap pada posisinya.



Gambar 4.15. Susunan model kontur gunung

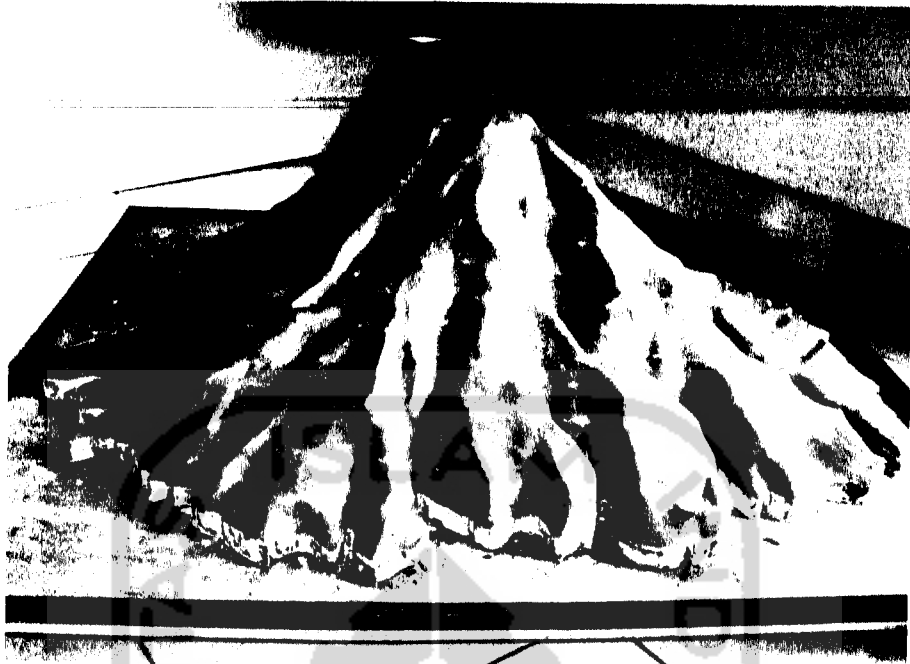
Apabila dihitung secara keseluruhan jumlah potongan dari model kontur gunung ini berjumlah 59 potongan. Layer paling bawah adalah bagian layer yang memiliki jumlah potongan paling banyak, jumlahnya ada sekitar 10 bagian potongan. Selanjutnya semakin keatas jumlahnya akan semakin sedikit, contohnya puncak hanya memiliki satu bagian potongan layer.

4.8 Tahap *finishing*

Setelah seluruh layer-layer model kontur gunung tersusun rapih (lihat gambar 4.15), tahapan selanjutnya adalah masuk pada proses *finishing*.

Proses *finishing* dijelaskan sebagai berikut :

- Pertama, layer-layer model kontur gunung harus sudah tersusun rapih diatas dudukan papan / meja. Agar posisi dari tiap potongan layer-layer ini tetap atau diusahakan jangan sampai bergeser, pada setiap bagian potongan model kontur tersebut diberikan perekat berupa lem gipsum.
- Kedua, setelah dipastikan posisi model kontur tersebut telah saling merekat, tahap selanjutnya yaitu melapisi bagian permukaan model kontur dengan menggunakan material lain, material yang digunakan adalah lilin mainan (lihat gambar 4.16). Lilin mainan hanyalah salah satu pilihan dari beberapa material yang menjadi referensi. Proses pelapisannya adalah dengan cara saling menghubungkan antara permukaan relief model kontur yang satu dengan yang lainnya.
- Ketiga, setelah proses pelapisan permukaan selesai, selanjutnya masuk pada tahap pengerasan lapisan lilin mainan. Pengerasan dilakukan dengan cara melapisi permukaan lilin mainan tersebut dengan Epoxy. Epoxy dapat diaplikasikan dalam bentuk *liquid* / cairan yang berfungsi meratakan dan mengerasakan atau mengikat permukaan suatu objek benda yang akan dicat.
- Keempat, adalah proses pengecatan. Proses ini merupakan bagian terakhir dari tahap *finishing* (lihat gambar 4.17).



Gambar 4.16. Tahap pelapisan permukaan model kontur dengan material lilin mainan



Gambar 4.17. Produk miniatur gunung

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis dan pembahasan ditujukan untuk mengetahui ketepatan penggunaan metode *Layer Deposition Manufacturing* (LDM) dalam pembuatan miniatur gunung dengan cara membandingkan dengan teknik lainnya. Aspek-aspek yang dianalisis, seperti pemilihan material produk, kesederhanaan teknik dalam pembuatan miniatur gunung berukuran besar, dan kemiripan produk dengan bentuk aslinya. Kemudian selain hal-hal diatas, pembahasan juga akan ditujukan untuk membahas mengenai kelebihan dan kekurangan dari metode LDM.

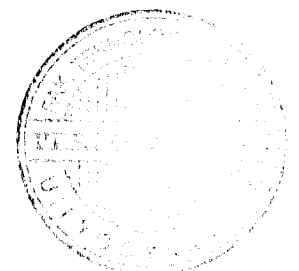
5.1 Proses membandingkan beberapa teknik dalam pembuatan miniatur gunung

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

- a) Teknik pembuatan miniatur gunung menggunakan lembaran kertas karton



Gambar 5.1. Miniatur gunung yang model konturnya terbuat dari kertas karton



Biasanya dengan bahan kartas karton miniatur yang dibuat adalah yang berukuran kecil, karena memang telah disesuaikan dengan tebalnya bahan tersebut. Untuk membuat miniatur gunung yang lebih besar, kertas karton bukanlah bahan yang cocok sebab untuk memenuhi ukuran elevasi gunung tersebut dibutuhkan banyak sekali lembaran-lembaran kertas karton. Kemudian untuk tingkat kemiripan dengan objek yang sebenarnya, relief permukaan miniatur gunungnya menjadi kurang detail sehingga proses analisa pun menjadi sulit.

b) Teknik pembuatan miniatur gunung menggunakan lembar *Styrofoam*



Gambar 5.2. Miniatur gunung yang model konturnya terbuat dari *styrofoam*

Dengan menggunakan *styrofoam*, miniatur gunung yang dibuat bisa berukuran lebih besar (lihat gambar 5.2). Tahapannya diawali dari proses pembuatan kerangka dari bambu. Kerangka ini digunakan untuk mengikat *styrofoam* agar bagian dalam dari miniatur gunung bisa dikosongkan tanpa material apapun. Setelah disusun, *styrofoam* ini akan membentuk model kontur gunung secara utuh namun masih menyerupai bentuk susunan anak tangga, sebagai pelapis terakhir / *finishing* barulah digunakan material produk lain, yaitu gipsum. Gipsum merupakan material yang cepat sekali mengeras dan mengering, sehingga ketika itu hanya sekedar proses pelapisan belum termasuk proses pembentukan. Untuk proses pembentukannya memerlukan

sebuah teknik lain yaitu teknik memahat. Proses memahat dilakukan ketika lapisan *styrofoam* tersebut seluruhnya sudah dilapisi oleh lapisan gipsum yang dipastikan harus sudah mengering. Dalam proses pemahatan ini sebagai acuannya bisa menggunakan gambar / foto gunung yang diambil dari beberapa lokasi.

c) teknik pembuatan miniatur gunung menggunakan metode LDM

Metode LDM bisa diterapkan untuk membuat miniatur gunung yang berukuran besar. Material yang digunakan adalah gipsum. Proses pemilihan gipsum ini berdasarkan pertimbangan dari besarnya massa dari beberapa material yang menjadi referensi, dijelaskan seperti dibawah ini:

- **Tanah liat**

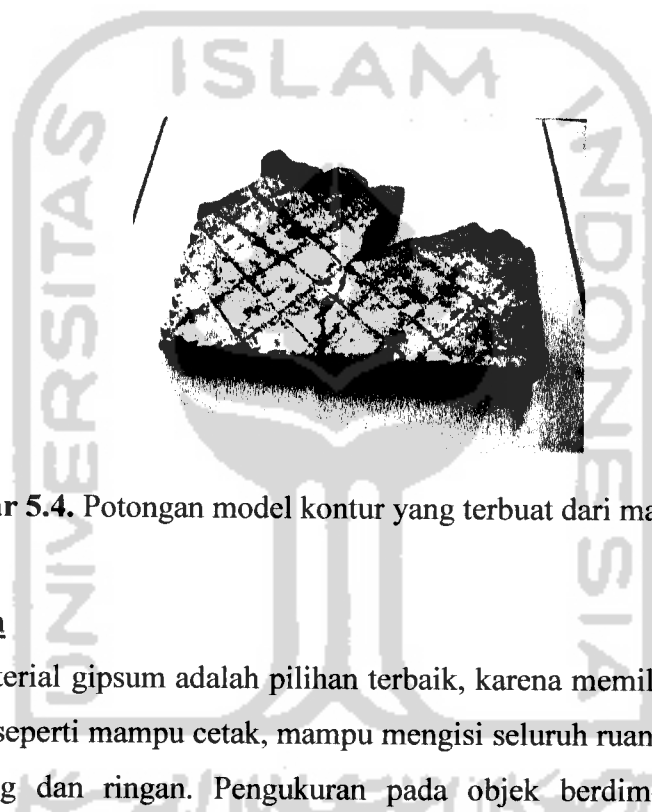


Gambar 5.3. Potongan model kontur yang dibuat dari material tanah liat

Tanah liat sifatnya lembek dan mampu bentuk, tapi tidak dapat mengisi ruang-ruang yang kosong secara sempurna. Proses pengeringannya pun sedikit agak lama kurang lebih sekitar satu hari. Bila dibandingkan dengan bentuk yang sama (ukuran 2x2x2cm, lihat gambar 5.5), material tanah liat mempunyai massa yang sedikit lebih besar dari material yang lainnya, yaitu sekitar 15.88 gr. Disimpulkan bahwa, material ini tidak cocok untuk digunakan sebagai material produk.

- **Semen**

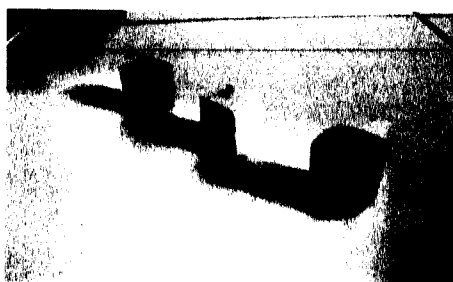
Material semen sifatnya keras, getas, cepat kering dan mampu mengisi ruang-ruang kosong secara sempurna. Bila dibandingkan dengan bentuk dimensi yang sama (ukuran 2x2x2 cm), material semen mempunyai massa yang sedikit lebih kecil dari material tanah liat namun masih sedikit lebih besar dari material gipsum, yaitu sekitar 12.09 gr. Maka diambil kesimpulan bahwa, material ini juga tidak cocok digunakan sebagai material produk.



Gambar 5.4. Potongan model kontur yang terbuat dari material semen

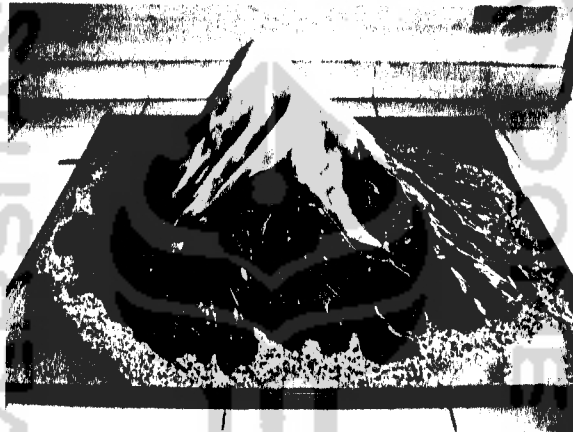
- **Gipsum**

Material gipsum adalah pilihan terbaik, karena memiliki kriteria yang diinginkan seperti mampu cetak, mampu mengisi seluruh ruang-ruang kosong, cepat kering dan ringan. Pengukuran pada objek berdimensi 2x2x2 cm menunjukkan bahwa, massa gipsum tersebut hanya sebesar 8.39 gr, sehingga ini mencatatkan sebagai material teringan dari ketiga material yang menjadi referensi.



Gambar 5.5. Perbandingan massa material produk yang menjadi referensi

Bila dibandingkan dengan ketiga material diatas, *styrofoam* adalah material yang massanya masih paling kecil. Namun material produk ini tidak digunakan, karena bila dihubungkan dengan material *finishing*-nya, yaitu lilin mainan, ternyata styrofoam tidak dapat mengikat bahan *finishing* itu karena permukaannya yang berpori-pori. Sedangkan dengan material gipsum lilin mainan tersebut bisa menempel, hal ini disebabkan permukaan gipsum yang padat / solid. Kemudian dari metode ini dihasilkan miniatur gunung yang tingkat kemiripannya hampir mendekati bentuk aslinya.



Gambar 5.6. Miniatur gunung model konturnya terbuat dari material gipsum

5.2 Kelebihan metode LDM dalam pembuatan miniatur gunung

Beberapa kelebihan metode LDM dalam pembuatan miniatur gunung adalah sebagai berikut :

- Untuk membuat miniatur gunung yang berukuran besar, metode LDM bisa diterapkan.
- Layer-layer model kontur yang dibuat bisa dengan ketebalan yang bervariasi.
- Bagian dalam dari miniatur bisa dibuat berongga.
- Pembuatan model kontur menggunakan data terukur peta topografi, sehingga kemiripan bentuk miniatur akan mendekati dengan bentuk aslinya.

5.3 Kekurangan metode LDM dalam pembuatan miniatur gunung

- Waktu pengerjaan lebih lama, disebabkan adanya proses pembuatan lilin dan proses pengeringannya, pembuatan model kontur dengan material gipsum dan proses pengeringannya, terakhir proses pelapisan permukaan model kontur dengan lilin mainan.
- Dari segi biaya, pembuatan miniatur gunung dengan metode LDM dirasa masih sangat mahal, hal ini disebabkan oleh mahalnya harga parafin, gipsum dan lilin mainan.



BAB VI

PENUTUP

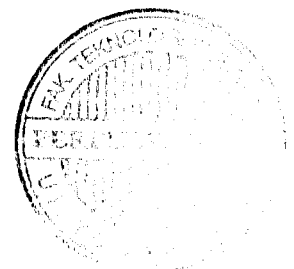
6.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa, *Rapid Prototyping* dengan metode *Layer Deposition Manufacturing (LDM)* bisa diterapkan dalam pembuatan miniatur gunung yang berskala 1:9.000, selain itu layer-layer model kontur yang dibuat bisa dengan ketebalan yang bervariasi, bagian dalam dari miniatur bisa dibuat berongga, pembuatan model kontur menggunakan data terukur peta topografi, sehingga kemiripan bentuk miniatur akan mendekati dengan bentuk aslinya. Adapun beberapa kekurangannya, yaitu dengan metode LDM waktu yang dibutuhkan untuk membuat miniatur yang berukuran besar akan menghabiskan waktu yang cukup lama dan kemudian biaya yang harus dikeluarkan untuk pembelian material baik material pendukung maupun produk dirasa masih begitu besar.

6.2 Saran

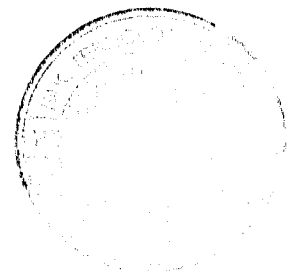
Saran-saran berikut dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya :

- Pemilihan kembali material produk lain selain gipsum, karena dirasa massanya masih sangat besar ketika harus membuat model yang besar.
- Untuk melakukan pengeditan gambar desain dari garis-garis kontur yang tidak terpakai, gunakanlah *software* R2V32. Proses pengeditan bisa lebih cepat bila dibandingkan hanya dengan menggunakan *corelDraw* atau *software* sejenisnya.
- Penghitungan skala harus cermat.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Griffith M, *Rapid Prototyping Technologies, Rapid Prototyping*
<http://www.me.psu.edu/lamancusa/me415/rpintro2.pdf>, 1998.
- [2] <http://www.google.com/RapidPrototyping> (3/05 07)
- [3] <http://www.gappla.or.id/petatopografi/artikel-pengetahuandasarnavigasi-darat.htm>. (10/4 07)
- [4] Izzudin, *Layer Manufacturing dengan metoda Layer Deposition Manufacturing*. Skripsi, tidak diterbitkan. Yogyakarta: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, 2007.
- [5] Prinz, FB,. *Novel Applications and Implementations of Shape Deposition Manufacturing*. Mechanical Engineering, Carnegie Mellon University
<http://www.cs.cmu.edu/~sdm/opener.htm>, 1994
- [6] Weiss LE, *Panel Report on Rapid Prototyping in Europe and Japan*. JTEC/WETC SFF Processes, http://itri.loyola.edu/rp/02_02.htm, 1997



Lampiran 1

Proses pembuatan cetakan model kontur



(1)



(2)



(3)



(4)



(5)



(6)



(7)

Keterangan :

- 1) Lembaran lilin hasil cetak
- 2) Proses penjiplakan pola kontur pada lembaran lilin
- 3) Lembaran lilin yang telah berpola
- 4) Proses pemotongan lembaran lilin yang berpola
- 5) Lembaran lilin yang telah dipotong (potongannya sebelum dilepas)
- 6) Lembaran lilin yang telah dipotong (potongannya setelah dilepas)
- 7) Lembaran lilin yang telah dipotong disimpan didalam cetakan lilin, digunakan untuk membuat model kontur miniatur gunung.



Lampiran 2

Susunan model kontur



(1)

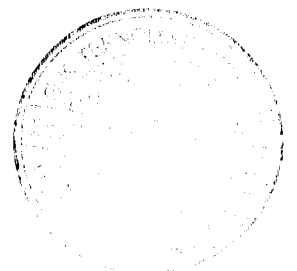
(2)



(3)

Keterangan :

- 1) Susunan model kontur miniatur gunung tampak samping atas
- 2) Susunan model kontur miniatur gunung tampak atas
- 3) Susunan model kontur miniatur gunung tampak samping



Lampiran 3

Miniaturn gunung dengan lapisan lilin mainan



Keterangan :

Lapisan permukaan model kontur gunung dengan menggunakan lilin mainan

Lampiran 4

Miniatur gunung merapi dan arah daerah

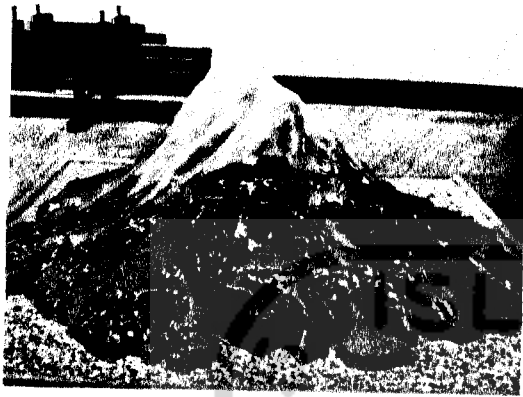


Keterangan :

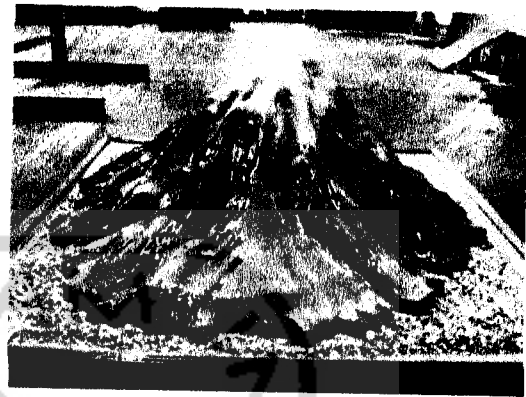
- A : K arah Magelang**
- B : K arah Selo**
- C : K arah Boyolali**
- D : K arah kaliurang**

Lampiran 5

Miniaturn gunung merapi dilihat dari beberapa daerah



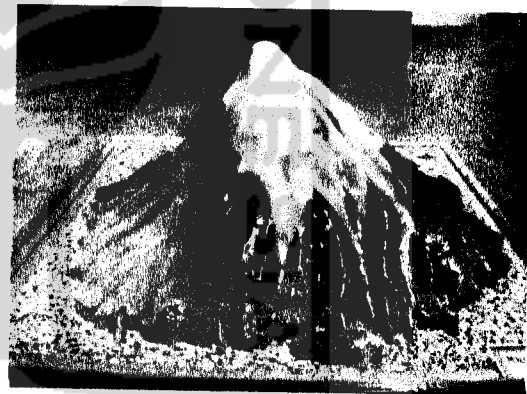
(a)



(b)



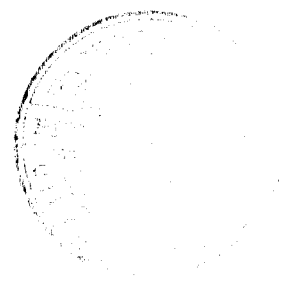
(c)

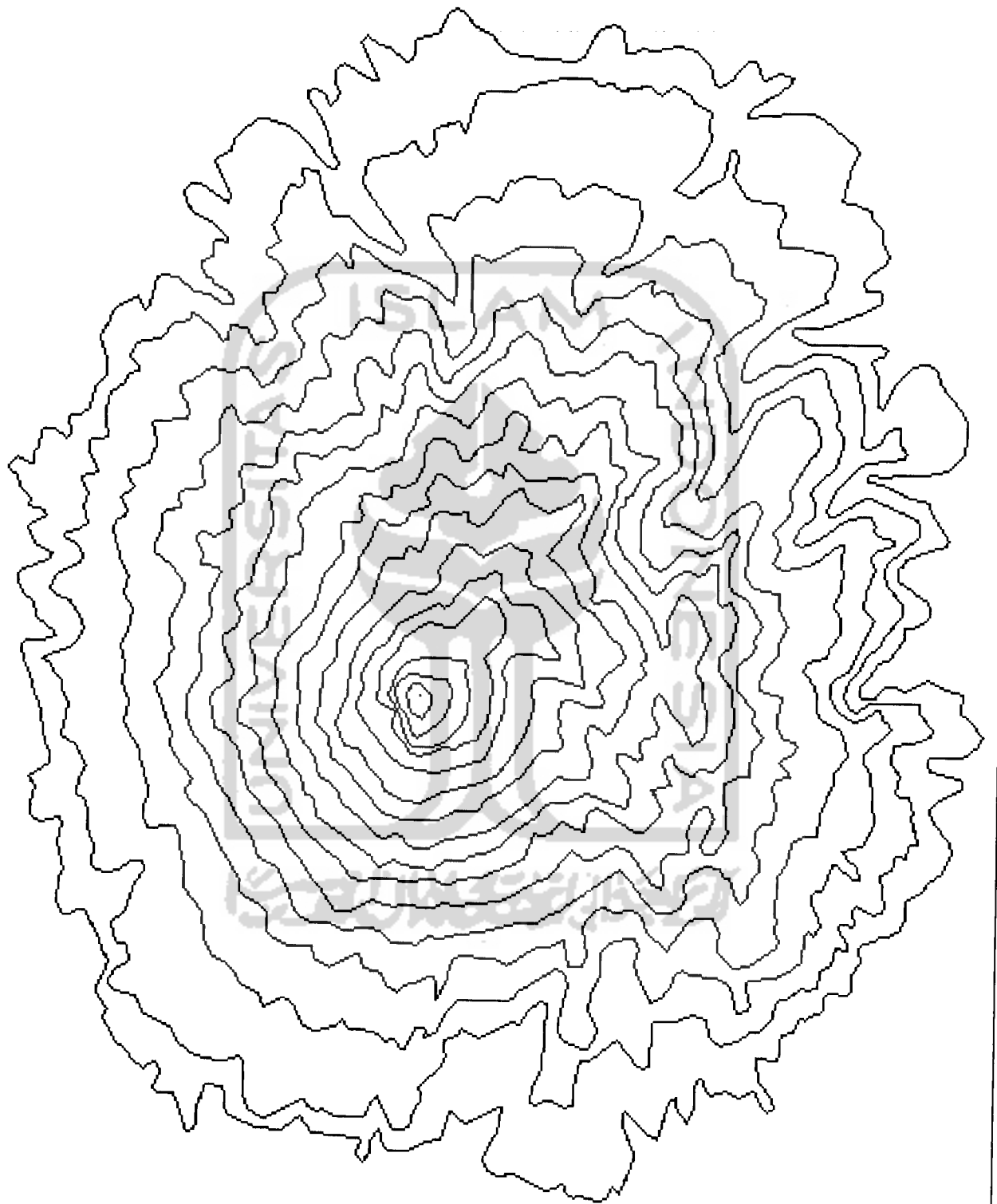


(d)

Keterangan :

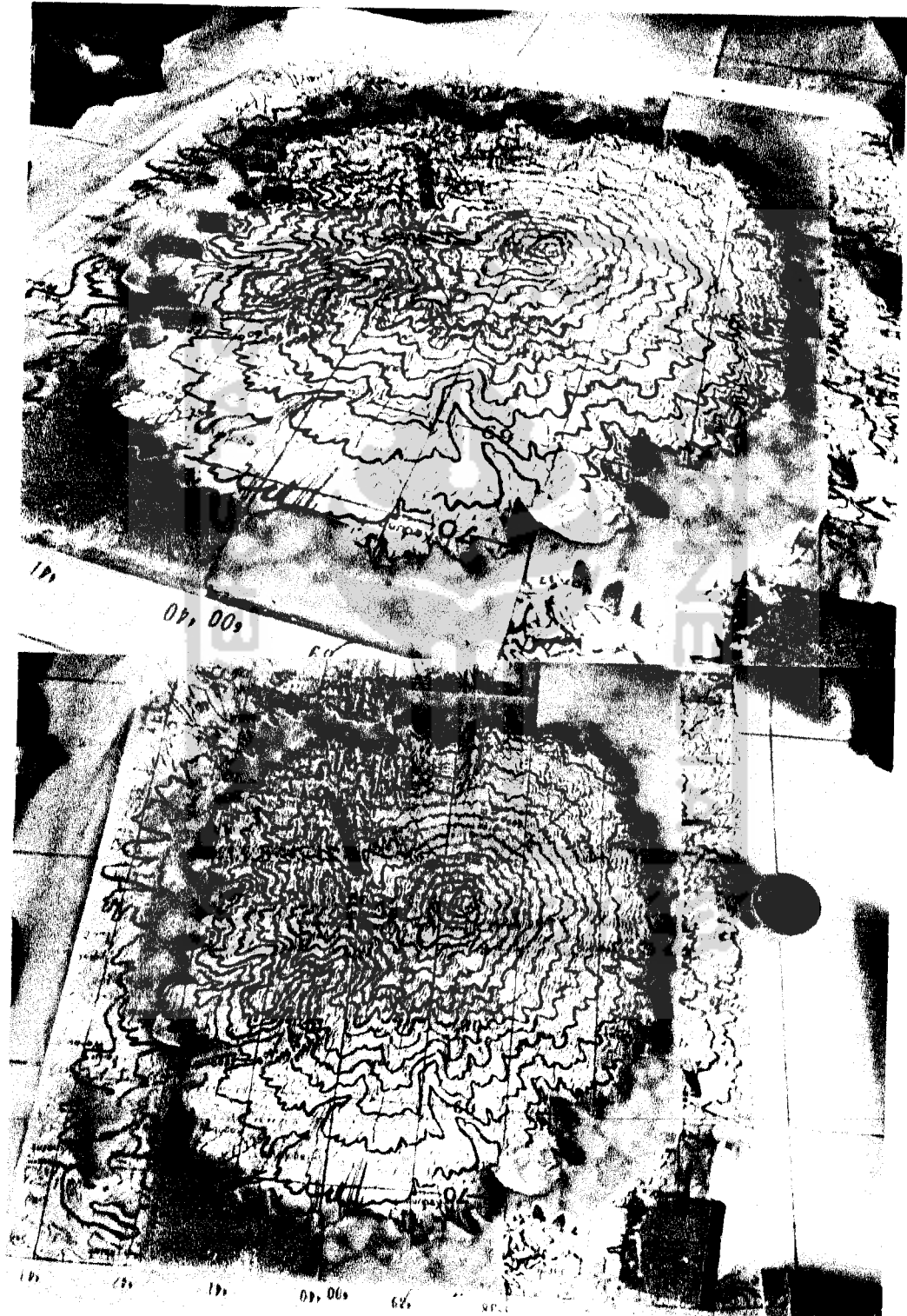
- (a) : Dilihat dari boyolali
- (b) : Dilihat dari Selo
- (c) : Dilihat dari Magelang
- (d) : Dilihat dari Kaliurang

Lampiran 6**Gunung merapi (asli dan miniatur) dilihat dari daerah kaliurang**



Lampiran 8

Teknik pembuatan model kontur yang gagal



Lampiran 9

Proses penghitungan skala horizontal dan vertikal miniatur gunung merapi

Diketahui: Gambar desain (A_4) menggunakan Skala 1 : 50.000

: Diameter kontur gunung pada gambar desain elevasi 1500 m = 14.9 cm

Ditanyakan : a) Ukuran diameter yang sebenarnya untuk elevasi 1500 meter.

b) Ukuran skala untuk miniatur gunung berdiameter 83 cm

c) Ukuran tinggi model

jawab :

a) Ukuran diameter yang sebenarnya untuk elevasi 1500 meter.

Ukuran diameter gambar desain x skala = ukuran diameter yang sebenarnya

$$14.9 \text{ cm} \times 50.000 = 747.000 \text{ cm}$$

Jadi, ukuran diameter gunung yang sebenarnya untuk elevasi 1500 meter dari permukaan air laut adalah 747.000 cm atau 7.47 km.

b) Ukuran skala untuk miniatur gunung berdiameter 83 cm

$\frac{\text{ukuran diameter gunung yang sebenarnya}}{83} = \text{skala}$

$$\frac{747.000 \text{ cm}}{83 \text{ cm}} = 9.000$$

Jadi, ukuran skala untuk miniatur yang akan dibuat adalah 1 : 9.000

c) Ukuran tinggi miniatur

$\frac{\text{ketinggian gunung keseluruhan}}{\text{skala}} = \text{ukuran tinggi model}$

$$\frac{290.000 \text{ cm}}{9.000} = 32 \text{ cm} \quad (\text{salah})$$

Perhitungan yang benar adalah $\frac{140.000 \text{ cm}}{9.000} = 16 \text{ cm} \quad (\text{benar})$

Lampiran 10

Biaya pembuatan miniatur gunung dan analisis biaya untuk produksi

Biaya pembuatan miniatur gunung

Jenis Bahan/Alat	Jumlah	Harga per satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Alat pencetak layer	1 buah	90.000	90.000
Lilin parafin	10 kg	13.000	130.000
Stearin	1 kg	9.000	9.000
gypsum	20 kg	2.500	50.000
Lem gypsum	1 kg	5.000	5.000
Lilin mainan	12 bks	6.000	72.000
Vaselin putih	2 bks	2.500	5.000
Biaya pengecatan	1 miniatur	60.000	60.000
Epoxy	1 kg	21.000	21.000
Scrub	1 set	4.000	4.000
Cutter	1 buah	7.500	7.500
Refill cutter	1 set	2.500	2.500
Amplas	5 lembar	2.000	10.000
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	40.000	40.000
Kotak kaca	1 kotak	225.000	225.000
Kuas	1 buah	2.850	2.850
Korek api	1 buah	1.000	1.000
Minyak tanah	1.5 liter	3.000	4.500
Total			827.850

Analisis biaya untuk produksi

Analisa disini dilakukan untuk mengetahui seberapa besarkah biaya produksi untuk memenuhi permintaan konsumen. Biaya produksi dihitung seluruhnya dari bahan-bahan habis pakai (BHP) dibagi jumlah model ditambah bahan-bahan tidak habis pakai (BTHP).

Berikut ini adalah perincian bahan-bahan habis pakai (BHP) :

Jenis Bahan/Alat	Jumlah	Harga per satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
gypsum	20 kg	2.500	50.000
Lem gypsum	1 kg	5.000	5.000
Lilin mainan	12 bks	6.000	72.000
Vaselin putih	2 bks	2.500	5.000
Amplas	5 lembar	2.000	10.000
Lem alteco	1 buah	3.500	3.500
Biaya pengecatan	1 miniatur	60.000	60.000
Epoxy	1 kg	21.000	21.000
Meja	1 buah	40.000	40.000
Kotak kaca	1 kotak	225.000	225.000
Korek api	1 buah	1.000	1.000
Minyak tanah	1.5 liter	3.000	4.500
Total Biaya BHP			497.000

Jadi biaya untuk penambahan bahan habis pakai adalah **Rp. 497.000**

Perincian bahan / alat yang tidak habis pakai (BTHP), yaitu :

Jenis Bahan/Alat	Jumlah	Harga per satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Alat pencetak layer	1 buah	90.000	90.000
Panci	1 buah	20.000	20.000
Lilin parafin	10 kg	13.000	130.000
Stearin	1 kg	9.000	9.000
Cutter	1 buah	7.500	7.500
Kompore	1 buah	65.000	65.000
Kuas	1 buah	2.850	2.850
Refill cutter	1 set	2.500	2.500
Scrub	1 set	4.000	4.000
Total Biaya BTHP			330.850

Dengan begitu dapat diketahui berapa besar biaya produksi miniatur gunung merapi per satuannya, yaitu :

$$\text{Biaya produksi persatuannya} = \frac{\text{Biaya BHP}}{\text{jumlah model}} + \text{Biaya BTHP}$$

Keterangan :

BTHP : Bahan tidak habis pakai

BHP : Bahan habis pakai

:

Diketahui : - Biaya BTHP = Rp.330.850

- Biaya BHP = Rp.497.000

- Lamanya produksi = 1 bulan, jadi biaya jasa (UMR) Rp.500.000

Ditanya : nilai jual miniatur gunung per satuannya ?

Jawab :

$$\begin{aligned}\text{Biaya produksi per satuannya} &= \frac{\text{Biaya BHP}}{\text{Jumlah model}} + \text{biaya BTHP} \\ &= \frac{\text{Rp.497.000}}{1} + 330.850 \\ &= \underline{\underline{\text{Rp.827.850}}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Nilai jual per satuannya} &= \text{biaya jasa} + \text{biaya produksi} \\ &= 500.000 + 827.850 \\ &= \underline{\underline{\text{Rp.1.327.850}}}\end{aligned}$$

