

**Pembuatan Aksesoris Liontin Bermotif Kerang Mutiara dan  
Ombak**

**TUGAS AKHIR**

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



**Disusun Oleh:**

**Nama : Anggit Kurniawan**

**No. Mahasiswa : 16525042**

**NIRM : 2016060852**

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

**2022**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya tulis ilmiah yang saya buat merupakan karya sendiri bukan hasil plagiarisme dari karya tulis yang dibuat oleh orang lain. Semua referensi dan kutipan yang saya tulis pada karya tulis ini saya cantumkan sitasi dari sumber pustakanya. Apabila dikemudian hari saya dianggap melakukan pelanggaran hak kekayaan intelektual dan yang saya tulis pada karya ilmiah ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi dan hukuman yang berlaku.

Yogyakarta, 7 Maret 2022



Anggit Kurniawan

NIM 16525042

## LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

### Pembuatan Aksesoris Liontin Bermotif Kerang Mutiara dan Ombak

#### TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Anggit Kurniawan  
No. Mahasiswa : 16525042  
NIRM : 2016060852

Yogyakarta, 04 Feb 2022

Pembimbing ,



Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M. Eng

# LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

## Pembuatan Aksesoris Liontin Bermotif Kerang Mutiara dan Ombak

### TUGAS AKHIR

Disusun Oleh:

Nama : Anggit Kurniawan

No. Mahasiswa : 16525042

NIRM : 2016060852

Tim Penguji

Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.

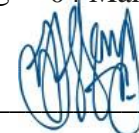
Ketua



Tanggal : 04 Maret 2022

Irfan Aditya Dharma, S.T., M.Eng., Ph.D.

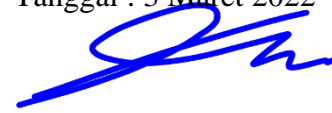
Anggota I



Tanggal : 3 Maret 2022

Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng.

Anggota II



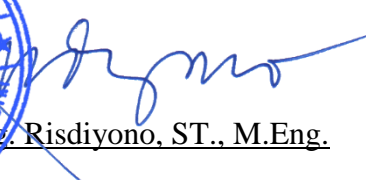
Tanggal : 1 Maret 2022

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng. Risdiyono, ST., M.Eng.



## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Saya persembahkan skripsi ini dan mengucapkan terimakasih kepada:

Bapak dan Ibu,

**Purwanto dan Syamsiyah**

Terimakasih telah memberi dukungan kepada saya hingga saat ini. Terimakasih atas segala perjuangan yang telah diberikan kepada saya. Semoga gelar yang saya peroleh ini dapat membanggakan.

Saya,

**Anggit kurniawan**

Terimakasih atas segalanya. Terimakasih atas semangatmu, terimakasih sudah cukup kuat bekerja keras selama ini. Perjalanan belum selesai, bekerja samalah sekali lagi, hingga akhir.

## **HALAMAN MOTTO**

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai kesanggupannya.”

(QS Al Baqarah 286)

“Jangan menilai saya dari kesuksesan, tetapi nilai saya dari seberapa sering  
saya jatuh dan berhasil bangkit kembali.”

(Nelson Mandela)

“Semua orang itu jenius. Tetapi jika Anda menilai ikan dengan  
kemampuannya untuk memanjat pohon, percayalah itu adalah bodoh.”

(Albert Einstein)

## KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul **“Pembuatan Aksesoris Liontin Bermotif Kerang Mutiara dan Ombak”**

Skripsi ini dibuat disusun untuk memenuhi kewajiban dalam menyelesaikan rangkaian tugas akhir serta memenuhi syarat untuk melaksanakan agenda berikutnya yaitu siding yang merupakan salah satu bagian penting dalam menempuh Strata 1 Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini penulis mendapatkan bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan ini. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Orang tua yang selalu mendukung dalam bentuk moral maupun materi.
2. Bapak Dr. Eng Risdiyono, ST., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik mesin Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng. selaku dosen Pembimbing yang telah memberikan banyak nasehat, memberikan ilmu, memberikan tantangan, dan memberikan saran selama proses tugas akhir dilakukan.
4. Risky Wirantara selaku laboran yang telah banyak membantu dalam memberi arahan dalam pengoperasian mesin CNC dan *injection wax*.
5. Ariadestela, Rafi Abdel Razak dan Aditya Ari Nugroho yang telah membantu saya atas saran-saran yang telah diberikan serta dukungan tempat selama proses pengerjaan tugas akhir.
6. Teman-teman teknik 16, yang selalu memberikan *support* serta memberikan bantuan moral kepada saya selama menyelesaikan tugas akhir.

Yogyakarta, 01 Januari 2022



Anggit Kurniawan

## **ABSTRAK**

*Industri perhiasan di Indonesia memiliki potensi yang besar dalam ekspor dan distribusi perhiasan. Selain memiliki industri perhiasan dengan potensi yang besar, Indonesia juga terkenal sebagai Negara maritim, dimana memiliki kawasan laut yang luas dan indah. Berdasarkan kedua hal tersebut, maka dirancanglah suatu perhiasan dengan desain berbentuk ombak dan kerang mutiara. Proses perancangan perhiasan diawali dengan melakukan proses desain menggunakan software Matrix V9. Proses berikutnya yaitu membuat modelling produk menggunakan 3D print resin guna mengetahui bentuk desain produk secara riil. Tahap berikutnya yaitu melakukan proses pemesinan menggunakan mesin CNC terhadap material akrilik agar menjadi suatu produk jadi sesuai dengan desain yang telah dirancang, lalu melakukan vacuum wax injection yang berfungsi untuk menghilangkan gelembung pada cetakan silicone, dilanjutkan dengan tahapan injection wax untuk membuat cetakan lilin. Selama proses perancangan produk terdapat beberapa kendala yang terjadi seperti benda kerja tidak center, desain produk terlalu tipis, penentuan feedrate mesin CNC yang tidak sesuai dan pemotongan cetakan silikon tidak teliti.*

*Kata kunci: Perhiasan, kerang mutiara, ombak, desain, CNC, Matrix V9, akrilik, resin, 3D print, injection wax.*

## **ABSTRACT**

*The jewelery industry in Indonesia has great potential in jewelery and jewelery exports. In addition to having industrial jewelery with great potential, Indonesia is also known as a maritime country, which has a large and beautiful sea area. Based on these two things, a jewelery with a design in the form of waves and pearl shells was designed. The jewelery design process begins with the design process using Matrix V9 software. The next process is making product modeling using 3D printed resin in order to find out the shape of the product design in real terms. The next stage is to do the machining process using a CNC machine on the above material to match the design that has been designed, then perform a vacuum wax injection which works to remove bubbles in the silicone concrete, followed by the injection wax stage to make wax. During the product design process, there are several obstacles that occur such as the workpiece is not centered, the product design is too thin, the CNC feedrate density is not suitable and the mold cutting is not accurate.*

*Keywords: Jewelry, pearl shells, waves, design, CNC, Matrix V9, beach, resin, 3D print, injection wax.*

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN .....	ii
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing .....	iii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji .....	iv
Halaman Persembahan .....	v
Halaman Motto .....	vi
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih .....	vii
Abstrak .....	viii
Abstract.....	ix
Daftar Isi .....	x
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar .....	xiv
Daftar Notasi.....	xvi
Bab 1 Pendahuluan .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan .....	2
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan .....	2
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka .....	4
2.1 Kajian Pustaka .....	4
2.2 CAD ( <i>Computer Aided Design</i> ).....	4
2.2.1 Matrix V9 .....	5
2.2.2 ArtCAM.....	5
2.3 CAM ( <i>Computer Aided Manufacturing</i> ) .....	6
2.3.1 3D Printing.....	7
2.3.2 CNC ( <i>Computer Numerical Controlled</i> ).....	7
2.4 <i>Injection Molding</i> (Wax) .....	8
2.5 <i>Silicon Rubber RTV-52</i> .....	9

Bab 3 Metode Penelitian .....	10
3.1 Alur Penelitian .....	10
3.2 Peralatan dan Bahan.....	12
3.2.1 Alat .....	12
3.2.2 Bahan .....	12
3.3 Kriteria Desain .....	12
3.4 Filosofi Desain Liontin .....	13
3.5 Proses 3D <i>Printing</i> .....	13
3.6 Proses Pemesinan.....	14
3.6.1 Proses <i>Roughing</i> Permukaan Atas.....	15
3.6.2 Proses <i>Roughing</i> Permukaan Bawah.....	15
3.6.3 Proses <i>Finishing</i> Permukaan Atas .....	15
3.6.4 Proses <i>Finishing</i> Permukaan Bawah .....	16
3.7 Proses Pembuatan Cetakan Silikon.....	16
3.8 Proses <i>Injection wax</i> .....	19
Bab 4 Hasil dan Pembahasan .....	21
4.1 Hasil Desain Liontin .....	21
4.1.1 Desain 1 .....	21
4.1.2 Desain 2 .....	22
4.1.3 Desain 3 .....	23
4.2 Hasil Desain 3D <i>printing</i> .....	24
4.2.1 Desain 1 .....	24
4.2.2 Desain 2 .....	25
4.3 Hasil Pemesinan CNC .....	27
4.4 Perbandingan Hasil CNC dan 3D <i>Print</i> .....	30
4.5 Hasil Cetakan Silikon .....	30
4.5.1 Pemotongan Cetakan Silikon. ....	31
4.6 Hasil <i>Injection wax</i> .....	32
Bab 5 Penutup.....	37
5.1 Kesimpulan .....	37
5.2 Saran .....	37
Daftar Pustaka .....	38

LAMPIRAN 1 .....	39
LAMPIRAN 2 .....	40

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Alat .....	12
Tabel 3. 2 Bahan .....	12
Tabel 3. 3 Parameter Pemesinan Cedu CNC .....	14
Tabel 4. 1 Parameter 3D Print .....	26
Tabel 4. 2 Tabel perbandingan hasil CNC dan 3D <i>Print</i> .....	30

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Software</i> Matrix V9 .....	5
Gambar 2. 2 <i>Software</i> ArtCAM JewelSmith .....	6
Gambar 2. 3 Mesin 3D <i>Print</i> .....	7
Gambar 2. 4 Mesin 109 - CNC 3 <i>Axis</i> .....	8
Gambar 2. 5 <i>Injection wax</i> .....	9
Gambar 2. 6 <i>silicon Rubber</i> RTV-52 dan <i>katalis</i> .....	9
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian .....	11
Gambar 3. 4 Proses <i>Software</i> PhotonWorkshop .....	14
Gambar 3. 5 <i>Roughing</i> Permukaan Atas .....	15
Gambar 3. 6 <i>Finishing</i> Permukaan Atas.....	16
Gambar 3. 7 Proses Silikon .....	17
Gambar 3. 8 Jalur Aliran lilin pada Master .....	17
Gambar 3. 9 Proses <i>Vacum</i> .....	18
Gambar 3. 10 Proses <i>Inject</i> Lilin .....	19
Gambar 3. 11 Pengaturan Wax Pot Temp dan Valve Temp .....	20
Gambar 4. 1 Desain 1 .....	21
Gambar 4. 2 Ukuran desain .....	22
Gambar 4. 3 Desain 2 .....	22
Gambar 4. 4 Desain 3 .....	23
Gambar 4. 5 Berat liontin dengan material silver.925 sterling.....	24
Gambar 4. 6 Desain 1 .....	25
Gambar 4. 7 Hasil Kegagalan 3D <i>Print</i> .....	25
Gambar 4. 8 Perbaikan Terhadap Desain Produk.....	26
Gambar 4. 9 Hasil 3D <i>Print</i> Dari Perbaikan Desain.....	26
Gambar 4. 10 Titik Tengan Produk Tidak <i>Center</i> .....	27
Gambar 4. 11 Produk Terlalu Tipis .....	28
Gambar 4. 12 Hasil Produk Patah dan Tidak Halus .....	28

Gambar 4. 13 Parameter CNC .....	29
Gambar 4. 14 Hasil Akhir Proses CNC .....	29
Gambar 4. 15 Hasil Cetakan Silikon .....	31
Gambar 4. 16 Hasil Pemotongan yang tidak rapi .....	31
Gambar 4. 17 Hasil Pemotongan Rapi .....	32
Gambar 4. 18 Hasil dengan tekanan (a)60MPa, (b)55 MPa, (c)50 MPa, (d)45 MPa dan (e)40MPa dengan waktu <i>inject</i> 3 detik .....	33
Gambar 4. 19 Hasil tekanan 47 MPa dengan waktu <i>inject</i> 3 detik.....	33
Gambar 4. 20 Hasil dengan tekanan (a)60MPa, (b)55 MPa, (c)50 MPa, (d)45 MPa dan (e)40MPa dengan waktu <i>inject</i> 7 detik .....	34
Gambar 4. 21 Hasil tekanan 45 MPa dengan waktu <i>inject</i> 7 detik.....	34
Gambar 4. 22 Hasil dengan tekanan (a)35 MPa, (b)40 MPa, (c)45 MPa dan (d)50 MPa dengan waktu <i>inject</i> 12 detik .....	35
Gambar 4. 23 Hasil tekanan 43 MPa dengan waktu <i>inject</i> 12 detik.....	35

## DAFTAR NOTASI

MPa	= Megapascal
Rpm	= Revolutions per minute
mm	= Milimeter
min	= Minute

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Industri perhiasan di Indonesia dapat dibidang memiliki potensi yang cukup besar dalam ekspor dan distribusi perhiasan. Berdasarkan data dari Biro Pusat Statistik (BPS) meunjukkan bahwa ekspor perhiasan perak khususnya didaerah Bali mencapai 78% dari total ekspor perhiasan yang ada diindonesia pada tahun 2011 diikuti oleh DKI Jakarta, Jawa Timur, dan Yogyakarta dengan nilai 19,24%, 2,64% dan 0,02% (Directorate General of National Export Development, 2012). Dapat dilihat data tersebut bahwa kota Yogyakarta memperoleh nilai yang paling kecil diantara kota lainnya.

Selain industri perhiasan, negara Indonesia adalah negara martitim dimana negara Indonesia memiliki kawasan laut yang cukup luas. Kawasan laut di Indonesia memiliki banyak keindahan di dalamnya, banyak biota laut dengan bentuk yang unik dan menarik, seperti ikan, kerang, anemon serta koral. Tidak dapat dipungkiri juga, bahwa keindahan laut Indonesia tidak hanya terdapat pada biota di dalamnya, namun terdapat juga pada laut itu sendiri. Ombak merupakan gerakan naik turun air laut atau air yang bergulung-gulung dan memecah di pantai. Ombak yang terdapat di Indonesia memiliki nilai keindahan dan filosofis nya tersendiri.

Berdasarkan dua hal di atas, dirancang liontin yang didasari oleh keindahan laut Indonesia khususnya kerang mutiara serta ombak. Dibuat perhiasan dengan motif kerang mutiara karena kerang mutiara memiliki makna pada proses pembentukan mutiara. Penulis juga menggunakan ombak sebagai tambahan aksen pada perhiasan liontin, hal ini berdasarkan filosofi dari ombak itu sendiri.

Untuk menghasilkan perhiasan dengan kualitas yang baik dan bernilai jual yang tinggi maka dilakukanlah proses yang melibatkan CAD, CAM, dan CNC. Hal ini bertujuan agar produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang tinggi dengan desain yang berbeda dari perhiasan pada umumnya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang ada didalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana membuat liontin dengan motif kerang mutiara serta ombak laut hingga terealisasikan menjadi cetakan lilin.
- 2) Bagaimana meminimalisir kendala yang terjadi pada saat proses pemesinan menggunakan mesin CNC dan *3D Print*.

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini meliputi hal-hal sebagai berikut:

- 1) Pembuatan desain menggunakan *Software Matrix V9*.
- 2) Simulasi permesinan menggunakan *software ArtCAM 2011*.
- 3) Proses pembuatan master produk menggunakan mesin CEDU CNC.
- 4) Proses pembuatan modelling menggunakan mesin *3D Print Photon MonoX*.
- 5) Simulasi pemesinan *3D Print* menggunakan *Software Photon workshop64*.
- 6) Material yang digunakan adalah Resin PLA, Akrilik dan Silikon.
- 7) Tidak membahas kekuatan material.
- 8) Penelitian hanya sampai pada tahap *injection wax*.

## **1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dirancang, maka tujuan dari penelitian atau perancangan ini adalah sebagai berikut:

- 1) Merancang *souvenir* perhiasan berupa liontin dengan motif kekayaan alam hingga ketahap *injection wax*.
- 2) Mengetahui kendala yang terjadi selama proses penelitian.

## **1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Meningkatkan *skill* mahasiswa dalam menggunakan *software Matrix V9*.
- 2) Memberikan pengetahuan terkait topik proses pemesinan kepada mahasiswa.
- 3) Memperkenalkan perhiasan dengan motif biota laut yaitu kerang mutiara dan ombak pada pengguna perhiasan.

- 4) Dapat menjadi referensi untuk perancangan produk perhiasan di Universitas Islam Indonesia.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Pada bagian ini dilakukan secara berurutan untuk mendapatkan hasil pembahasan dan kesimpulan pada penelitian ini. Adapun sistematika yang dibuat:

### **Bab 1 PENDAHULUAN**

Pada bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

### **Bab II TINJUAN PUSTAKA**

Pada bab ini membahas tentang dasar teori yang bersumber dari jurnal dan buku sebagai dasar penelitian ini.

### **Bab III METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini membahas tentang alur penelitian, alat dan bahan, serta tahapan-tahapan proses dalam perancangan.

### **Bab IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bagian ini meliputi pembahasan dari hasil yang telah diperoleh pada penelitian ini.

### **Bab V PENUTUP**

Pada bagian ini meliputi kesimpulan hasil penelitian serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

Jurnal yang berjudul “Kajian Desain Perhiasan Tulola Jewelry Dengan Inspirasi Budaya Bali” (Nugraha, 2016) membahas tentang potensi perhiasan di Indonesia dalam kancah internasional dengan desain berdasarkan salah satu budaya di Indonesia, yaitu budaya Bali. Dalam jurnal ini dinyatakan bahwa menciptakan perhiasan mengikuti perkembangan zaman, perkembangan tersebut digambarkan dengan desain perhiasan yang inovatif yang memiliki dasar kreatifitas serta terinspirasi berdasarkan pengamatan budaya.

Jurnal kedua yang digunakan pada penelitian ini berjudul “Pembuatan Aksesoris Cincin Bermotif Batik” (Muhammad Kadar, 2019). Pada penelitian ini membahas tentang perancangan aksesoris cincin dengan motif batik. Terdapat beberapa tahapan yang dilalui pada penelitian ini, pertama adalah proses *design* menggunakan *software* Matrix V8. Kedua proses pembuatan master dengan menggunakan Cedu CNC. Ketiga proses pembuatan lilin menggunakan mesin injeksi.

Liontin adalah salah satu dari souvenir perhiasan yang digantung menggunakan rantai kalung.

#### **2.2 CAD (*Computer Aided Design*)**

*Computer aided design* (CAD) secara sederhana dapat didefinisikan sebagai "komputer dalam proses desain". Pada proses desain, computer bisa dimanfaatkan baik untuk melakukan (representasion) penggambaran dan analisis. Aplikasi CAD pada representasi visual tidak hanya sebatas pada drafting. Model tiga dimensi, wire-frame, representasi boundary dan model solid adalah cara-cara menggambar yang ada bagi pengguna. Untuk membantu analisis, tersedia paket-paket untuk simulasi kinematic, analisis rangkaian (circuit) dan simulasi beserta

metode elemen hingga (Finite Element Method). System pada CAD biasanya terdiri dari kumpulan modul-modul aplikasi pada sebuah database (tidak selalu) dan editor grafik (Suhendra, 2015).

### 2.2.1 Matrix V9

Matrix V9 merupakan salah satu software desain perhiasan gemvision yang dapat digunakan untuk membuat berbagai jenis perhiasan seperti cincin, gelang dan kalung. Matriks V9 memiliki fitur unggulan untuk membuat buah perhiasan seperti ukuran cincin yang tersedia dan ukuran batu permata sudah tersedia. Matrix V9 juga menyediakan fungsi rendering untuk membuat hasil desain lebih realistis, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 *Software Matrix V9*

### 2.2.2 ArtCAM

Artcam merupakan *software* atau alat bantu yang dikembangkan untuk membantu para seniman dan desainer guna merancang apapun yang terdapat dalam imajinasi mereka. Artcam telah digunakan dalam berbagai macam sector salah satunya yaitu sector perhiasan, dimana *software* ini mampu untuk merancang bentuk dari perhiasan itu sendiri hingga proses pemesinannya (Medina, 2015).



**Gambar 2. 2 Software ArtCAM JewelSmith**

### **2.3 CAM (*Computer Aided Manufacturing*)**

*Computer Aided Manufacturing* (CAM) mengacu pada proses menggunakan komputer untuk mengubah bahan mentah menjadi produk jadi. Proses produksi adalah pembuatan perencanaan proses dan penjadwalan produksi, yang menjelaskan bagaimana suatu produk dibuat, sumberdaya apa yang diperlukan dan kapan serta dimana sumberdaya ini akan dikirimkan. Pengendalian dan koordinasi yang diperlukan untuk proses fisik, peralatan, materi, dan tenaga kerja dalam proses produksi. Insinyur teknik/manufaktur, dan pekerja produksi dengan tugas-tugas produksi secara otomatisasi, komputer membantu manajer, insinyur teknik/manufacturing, dan pekerja produksi dengan tugas-tugas produksi secara otomatis.

Integrasi *Computer Aided Manufacture* (CAM) dengan sistem *Computer-Aided Design* menghasilkan proses manufaktur yang lebih efisien dan cepat. Metode ini digunakan dalam berbagai situasi manufaktur. *Computer Numeric Control* (CNC) merupakan suatu alat mesin yang digunakan untuk melakukan operasi permesinan dan perancangan pada industri manufaktur. Dalam banyak kasus, sistem CAM akan bekerja dengan gambar CAD yang dibuat dalam lingkungan tiga dimensi. Programmer CNC akan menjelaskan operasi mesin dan sistem CAM yang akan digunakan untuk membuat program CNC (Dewi Handayani Untari Ningsih, 2005).

### 2.3.1 3D Printing

3D *Print* adalah teknologi baru yang berkembang pesat selama tahun terakhir. Pencetakan 3D adalah proses pencetakan objek yang memiliki tiga dimensi dari model digital menjadi objek nyata. Bahan untuk pencetakan hingga 3D menggunakan berbagai bahan termasuk plastik, kayu, kertas, kaca, dan logam.

Pencetakan 3D sangat berguna baik dalam pembuatan dan replikasi objek. Manufaktur adalah kegiatan industri yang mengubah bahan mentah menjadi produk jadi dengan nilai eceran, sedangkan replikasi adalah kemampuan untuk menduplikasi objek (Billy Silaen et al., 2019).



Gambar 2. 3 Mesin 3D Print

### 2.3.2 CNC (*Computer Numerical Controlled*)

*Computer Numerical Control* (CNC) didefinisikan sebagai komputer yang mengubah gambar menjadi serangkaian perintah (angka) di mana komputer menggunakan kontrol untuk memotong dan membentuk bahan.

*Computer Numerical Controlled* (CNC) digunakan untuk melakukan proses pemesinan dan desain. Dalam kebanyakan kasus, sistem CAM akan bekerja dengan desain CAD yang dibuat dalam bentuk 3D. Pemrogram CNC akan menentukan pengoperasian mesin dan system CAM akan memprogram CNC.



Gambar 2. 4 Mesin 109 - CNC 3 Axis

## 2.4 *Injection Molding (Wax)*

*Injection molding* adalah salah satu proses yang paling umum digunakan untuk memproduksi produk atau cetakan master. *Injection molding* adalah sebuah siklus proses pengisian cetakan diikuti dengan proses pendinginan dan ejeksi produk. Berbagai bahan baik plastik maupun non-plastik dapat digunakan sebagai bahan baku. Namun, mesin harus dikonfigurasi untuk jenis material yang akan digunakan (Goodship, 2004).

Keuntungan utama dari injeksi molding adalah suatu metode produksi massal yang sangat ekonomis. Untuk menjamin kualitas tinggi dari hasil produksi, berikut ini merupakan poin-poin yang harus dipertimbangkan:

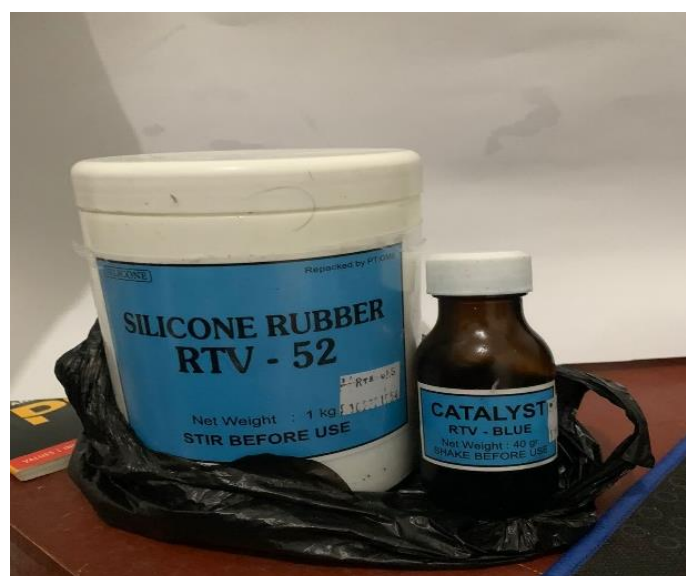
- Bahan harus diplastisasi dan disuntikkan dengan hati-hati.
- Pengaturan parameter (seperti tekanan dan suhu) terhadap mesin.
- Komponen dari mesin cetak injeksi.



**Gambar 2. 5 Injection wax**

## **2.5 Silicon Rubber RTV-52**

Silicone rubber adalah bahan polimer yang terdiri dari monomer silsesiloxane yang membentuk polydimethylsiloxane. Secara kimia ditulis dengan rumus  $[CH_2SiO]_n$ . Dari rumus kimia terlihat bahwa pengulangan monomer diwakili oleh derajat polimerisasi ( $n$ ). Karet silikon memiliki berat molekul tinggi dan derajat polimerisasi 4.000 hingga 10.000. Atom silikon diperoleh dengan mereduksi  $SiO_2$  dengan karbon dengan pemanasan listrik. (Yuniarti & Afandi, 2012). Seperti pada gambar 2.6.

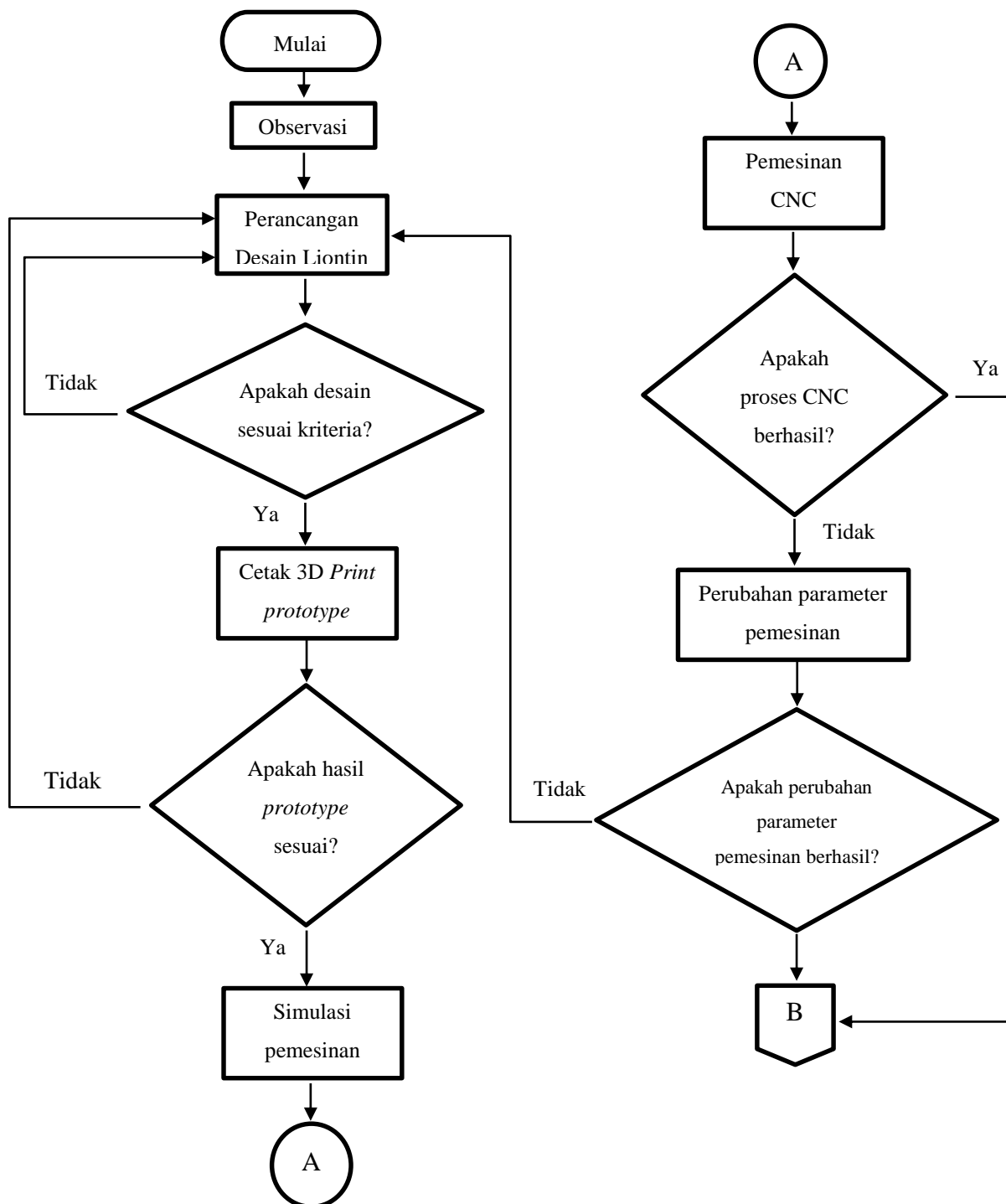


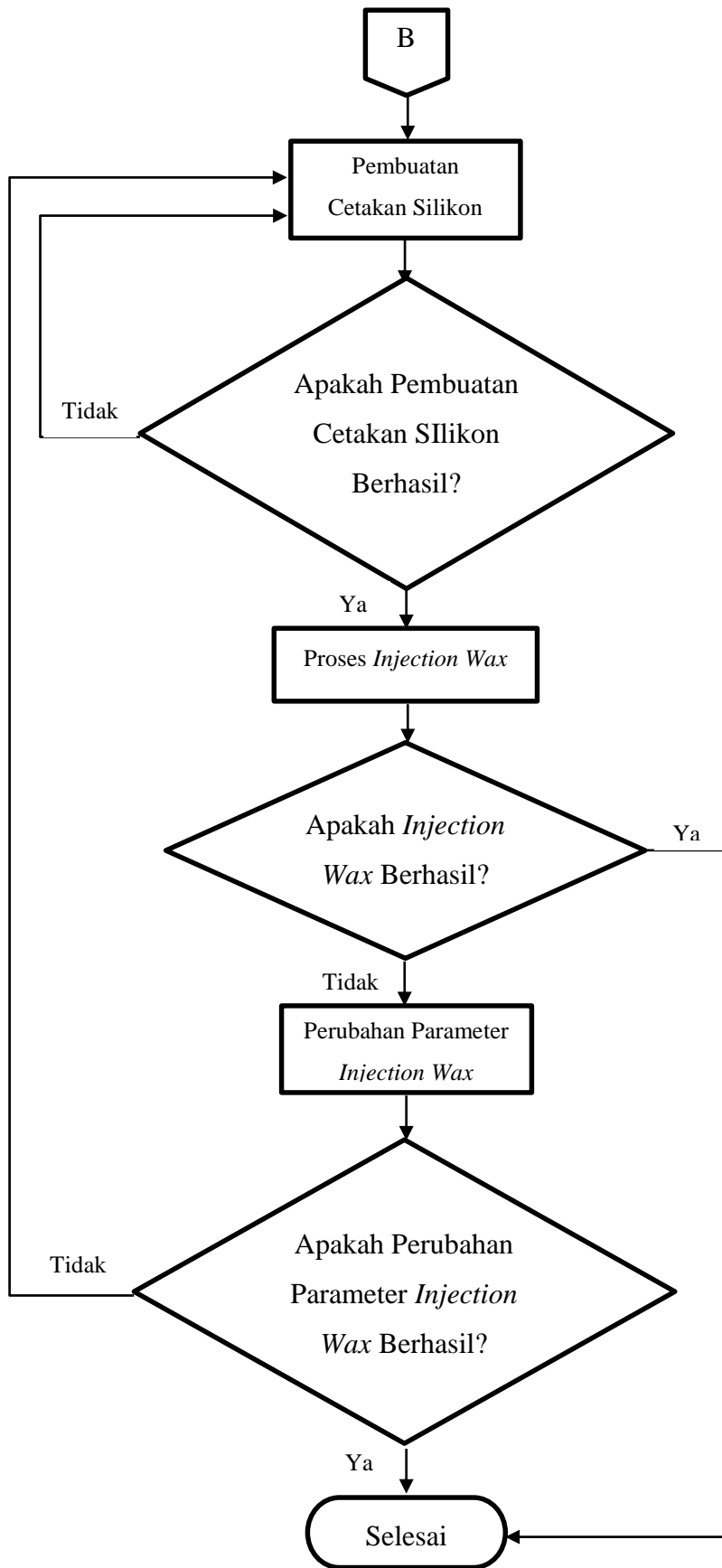
**Gambar 2. 6 silicon Rubber RTV-52 dan katalis**

# BAB 3

## METODE PENELITIAN

### 3.1 Alur Penelitian





Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian

## 3.2 Peralatan dan Bahan

### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian beserta fungsinya ditunjukkan pada tabel 3.1.

**Tabel 3. 1 Alat**

No	Alat	Fungsi
1	Laptop	Merancang desain master
2	109 CNC	Membuat master dari akrilik 10mm
3	<i>Injection wax</i>	Untuk melakukan pengisian lilin kedalam cetakan
4	<i>Vacuum injection</i>	Untuk menghilangkan gelembung pada <i>silicon</i>

### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada tabel 3.2.

**Tabel 3. 2 Bahan**

No	Nama Bahan
1	Akrilik 10mm
2	Silikon RTV-52
5	Resin PLA

## 3.3 Kriteria Desain

Desain liontin dengan motif kerang mutiara dan ombak yang bertujuan agar liontin tersebut mengandung filosofi yang sama dengan filosofi kerang serta ombak itu sendiri. Adapun kriteria desain dari liontin adalah sebagai berikut:

- 1) Bermotif kekayaan alam.

Bagian atas liontin berbentuk kerang yang memiliki filosofi makna dari suatu proses, bagian bawah liontin berbentuk ombak yang memiliki filosofi kesetiaan.

2) Tipis.

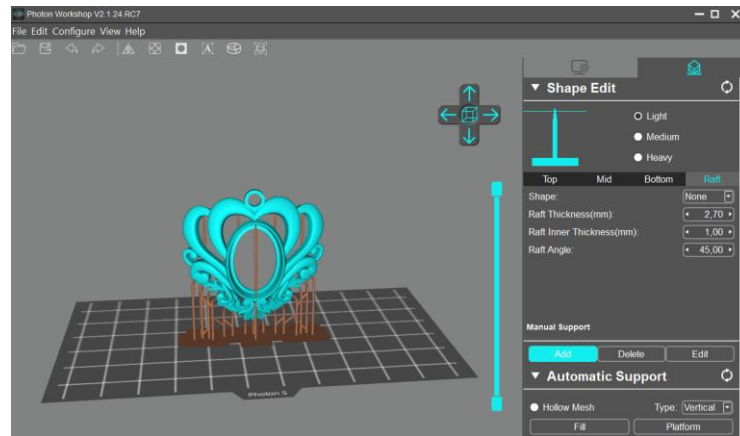
Ketebalan produk yang didesain sebesar 2mm, tujuannya agar ketika liontin di produksi tidak terlalu berat untuk penggunaannya.

### **3.4 Filosofi Desain Liontin**

Motif dari desain ini adalah bentuk dari kerang mutiara dan ombak. Kerang mutiara merupakan salah satu hewan laut yang mengkonsumsi hewan-hewan kecil disekitarnya. Dalam proses terbentuknya sebuah mutiara terdapat banyak akan makna dari mulai kerang mengkonsumsi hewan-hewan kecil hingga kerang mengalami kesakitan dikarenakan pasir yang ikut masuk saat kerang makan dan pada akhirnya menghasilkan mutiara yang indah. Dari proses tersebut terdapat hikmah yang dapat diambil yaitu dibalik kesabaran pasti akan indah pada akhirnya. Filosofi kedua yang diambil dari ombak yang memiliki makna kesetiaan. Hal ini diambil dari perilaku ombak yang mana ombak akan selalu membasahi dan bertemu dengan pantai.

### **3.5 Proses 3D Printing**

Pada penelitian ini dilakukan proses 3D *printing* untuk pembuatan *prototype* produk. Dilakukan menggunakan mesin Anycubic Foton Mono X dengan menggunakan bahan resin sebagai material utama 3D *Printing*. 3D *print* akan memproses file CAD yang telah dikonversi menjadi .STL. File yang sudah dikonversi tersebut lalu diinput ke dalam software PhotonWorkshop sebelum dimasukkan ke mesin 3D *print* untuk melakukan simulasi dan penentuan parameter. Setelah dilakukan pengaturan parameter file akan diinput ke mesin 3D *print* untuk melakukan proses pemesinan seperti terlihat pada gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Proses Software PhotonWorkshop

### 3.6 Proses Pemesinan

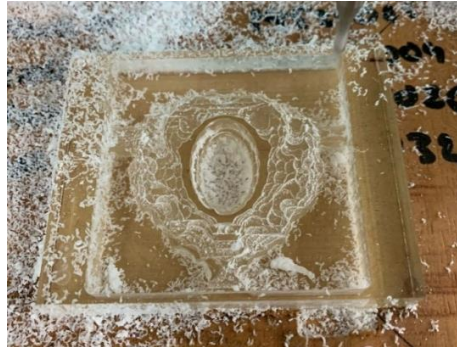
Proses pemesinan cetakan master dilakukan menggunakan mesin Cedu CNC dan material akrilik dengan tebal 10 mm sebagai bahan baku cetakan master. Proses pemesinan ini dilakukan dalam 4 tahapan yang terdiri dari *roughing* permukaan atas, *finishing* permukaan atas, *roughing* permukaan bawah serta *finishing* permukaan bawah.

Tabel 3. 3 Parameter Pemesinan Cedu CNC

<i>Parameter</i>	<i>Pemesinan Sisi Atas</i>		<i>Pemesinan Sisi Bawah</i>	
	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>
<i>Pahat</i>	<i>Endmill 3mm</i>	<i>Taper ballnose 0,25mm</i>	<i>Endmill 3mm</i>	<i>Ballnose 3mm</i>
<i>Strategy</i>	<i>Raster</i>	<i>Spiral</i>	<i>Raster</i>	<i>Spiral</i>
<i>Stepover</i>	<i>1,5mm</i>	<i>0,12mm</i>	<i>1,5mm</i>	<i>1mm</i>
<i>Stepdown</i>	<i>1mm</i>	<i>0,5mm</i>	<i>1mm</i>	<i>0,5mm</i>
<i>Feed rate</i>	<i>50 mm/min</i>	<i>20 mm/min</i>	<i>50 mm/min</i>	<i>20 mm/min</i>
<i>Spindle (Clock wise)</i>	<i>12.000 rpm (200)</i>	<i>24.000 rpm (400)</i>	<i>12.000 rpm (200)</i>	<i>24.000 rpm (400)</i>

### 3.6.1 Proses *Roughing* Permukaan Atas

Pada proses *roughing* permukaan atas ini, digunakan mata pahat endmill 3mm dengan diameter collet 6mm. pada proses ini menggunakan strategi raster. Strategi raster adalah strategi pemakanan permukaan dimana mata pahat bergerak maju mundur secara paralel sesuai sumbu X dan Y, hasil dari *roughing* ditunjukkan pada gambar 3.3.



Gambar 3. 3 *Roughing* Permukaan Atas

### 3.6.2 Proses *Roughing* Permukaan Bawah

Pada proses *roughing* permukaan bawah digunakan spesifikasi mata pahat serta strategi *roughing* sama seperti proses *roughing* permukaan atas. Mata pahat yang digunakan adalah endmill 3mm dengan diameter collet 6mm serta strategi *Roughing* yang digunakan adalah strategi raster. Pemilihan strategi raster berdasarkan gerak mata pahat dan pengerjaan yang lebih sederhana.

### 3.6.3 Proses *Finishing* Permukaan Atas

Pada proses *finishing* permukaan atas ini, digunakan mata pahat 0.25mm taper ballnose dengan diameter collet 4mm. pada proses ini menggunakan strategi spiral. Strategi spiral adalah strategi pemakanan mulai dari titik tertentu yang bergerak secara spiral, hasil dari *finishing* permukaan atas ditunjukkan pada gambar 3.4.



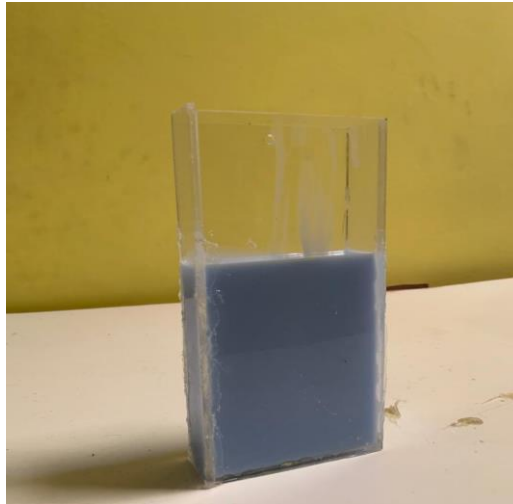
**Gambar 3. 4 Finishing Permukaan Atas**

### **3.6.4 Proses *Finishing* Permukaan Bawah**

Pada proses *finishing* permukaan bawah, digunakan mata pahat taper ballnose 3mm dengan diameter collet 4mm. pada proses ini menggunakan strategi spiral, Strategi ini sama dengan cara pemotongan saat *finishing*.

### **3.7 Proses Pembuatan Cetakan Silikon**

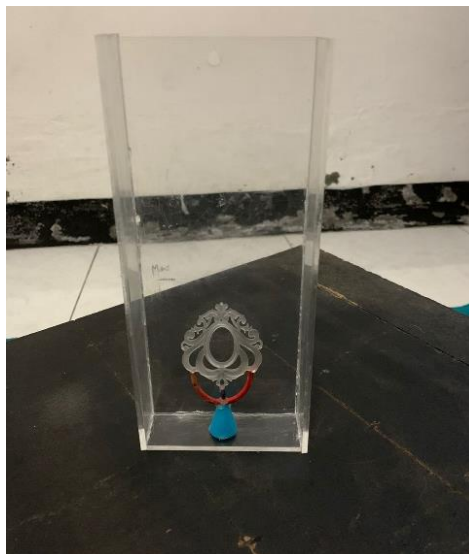
Tahap pembuatan cetakan silikon ini adalah tahap setelah melakukan proses pemesinan CNC. Cetakan ini dilakukan untuk proses *injection wax* dengan membuat model dari master liontin menjadi bentuk cetakan silikon. Dalam penelitian ini silikon yang digunakan adalah *silicone rubber* RTV-52 dan campuran *katalis*, seperti pada gambar 3.5.



**Gambar 3. 5 Proses Silikon**

Adapun beberapa tahapan dalam pembuatan cetakan silikon sebagai berikut:

- 1) Untuk Pembuatan wadah cetakan menggunakan bahan akrilik. Wadah cetakan ini dibuat dengan menyesuaikan ukuran dari master liontin.
- 2) Setelah wadah jadi, master liontin yang akan digunakan diberi 3 jalur aliran untuk *inject wax* dengan menggunakan kabel, hal ini bertujuan agar ketika lilin yang di*inject* kedalam cetakan akan mudah mengalir dan mengisi ke seluruh bagian cetakan, kemudian master yang sudah diberikan jalur *inject* direkatkan dengan lem pada wadah yang akan dipakai, Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.6.



**Gambar 3. 6 Jalur Aliran lilin pada Master**

- 3) Tahap selanjutnya yaitu mempersiapkan *Silicone rubber RTV-52* dan katalis dengan perbandingan 100:3, perbandingan campuran ini sangat berpengaruh terhadap hasil dari cetakan silikon dimana jika terlalu banyak mencampur katalis maka akan semakin cepat mengering begitu juga sebaliknya jika terlalu sedikit mencampur katalis maka akan membutuhkan waktu yang lama hingga silikon mengering. Kemudian campuran diaduk hingga merata.
- 4) Masukkan campuran silikon dan katalis yang sudah diaduk kedalam mesin *vacum* untuk menghilangkan gelembung yang akan muncul, proses *vacuum* terlihat pada gambar 3.7.



**Gambar 3. 7 Proses *Vacum***

- 5) Campuran silikon dan katalis yang sudah *divacum* kemudian dituangkan kedalam wadah cetakan hingga menutupi master cetakan.
- 6) Cetakan silikon akan mengering dalam waktu 1 hari. Setelah silikon mengering dilakukan pelepasan wadah untuk mengeluarkan cetakan, kemudian dilakukan pemtongan silikon menjadi 2 bagian untuk mengeluarkan master yang ada didalamnya.

### 3.8 Proses *Injection wax*

Proses ini adalah tahapan untuk membuat master liontin dengan berbahan dasar lilin khusus untuk perhiasan. Setelah cetakan silikon telah dibuat selanjutnya lilin akan di masukkan kedalam cetakan silikon menggunakan *vacuum injection wax*. Seperti ditunjukkan pada gambar 3.8.



Gambar 3. 8 Proses *Inject Lilin*

Proses *injection wax* melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

- 1) Lilin akan dimasukkan dan dipanaskan kedalam mesin *wax injector*.
- 2) Mengatur tekanan angin pada kompresor dan mengubah *wax pot temp* menjadi 84°C seperti yang terlihat pada gambar 3.9. Setelah lilin dipanaskan sekitar 30 menit. Dilakukan percobaan pada cetakan untuk memastikan lilin sudah mencair.



**Gambar 3. 9 Pengaturan Wax Pot Temp dan Valve Temp**

- 3) Sebelum melakukan proses *injection wax*, sebaiknya menginjak pedal *injection wax* terlebih dahulu untuk memastikan udara yang ada pada *valve* keluar.
- 4) Kemudian persiapkan cetakan silikon yang akan digunakan di *injection wax*. Cetakan silikon dijepit menggunakan akrilik hal ini untuk mengantisipasi cetakan silikon pada saat proses *inject* tidak mengembang.
- 5) Menentukan tekanan udara dan waktu *inject* yang akan digunakan saat proses percobaan.
- 6) Cetakan silikon yang akan digunakan kemudian dimasukkan ke *nozzle* pada *injection wax* dimana saat proses berlangsung lilin akan keluar melalui *nozzle* dan masuk mengisi cetakan silikon.
- 7) Untuk memulai proses *inject* injak pedal satu kali lalu tunggu hingga lilin masuk ke cetakan sesuai dengan waktu yang ditentukan. Pada mesin *injection wax* terdapat 2 mode yaitu *automatic* dan *manual*. Mode *automatic* pedal hanya diinjak sekali lalu lilin akan mengisi sesuai waktu yang ditentukan. Sedangkan mode *manual* lilin akan mengalir sesuai dengan lama menginjak pedal tidak tergantung dengan waktu.
- 8) Setelah proses *inject* selesai, biarkan lilin mengering didalam cetakan kemudian buka cetakan silikon secara perlahan agar lilin yang tercetak tidak rusak.

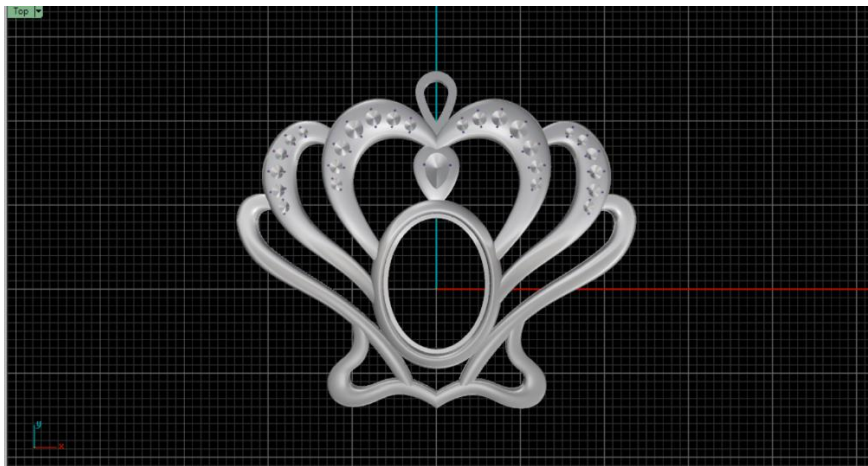
## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Desain Lontin

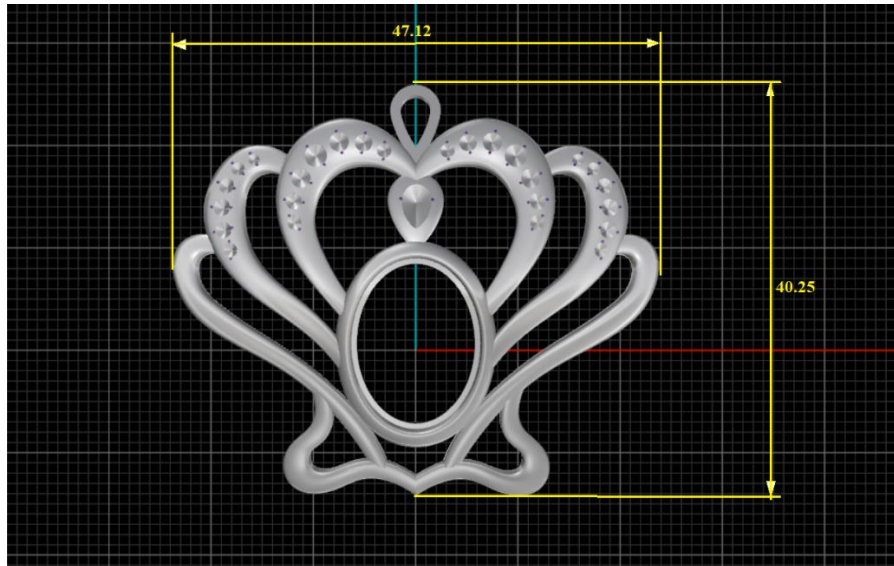
##### 4.1.1 Desain 1

Tahap pertama dalam proses desain produk lontin adalah menentukan bentuk dasar desain dari produk lontin. Dalam perancangan desain lontin ini digunakan *software* Matrix V9 dengan menerapkan bentuk dari kerang mutiara dan ombak sebagai dasar bentuk rancangan sebuah aksesoris lontin. Desain 1 dapat dilihat pada gambar 4.1 dibawah ini.



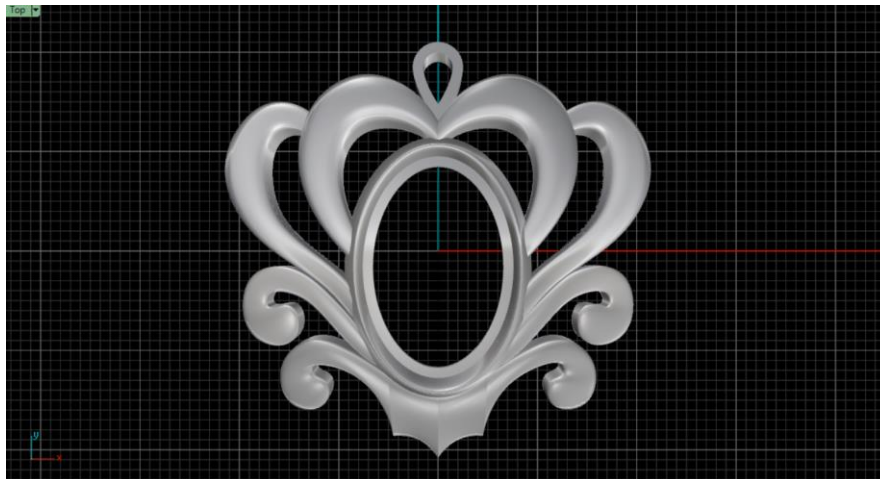
Gambar 4. 1 Desain 1

Pada konsep desain yang pertama menerapkan motif kerang mutiara pada seluruh bagian lontin tersebut, lalu terdapat beberapa aksesoris pernak pernik pada bagian atas lontin. Lalu pada bagian tengah dari lontin akan diberikan aksesoris berupa hasil resin dari sayap kupu-kupu. Pada desain awal lontin ini mendapatkan ketebalan sebesar 3mm, kemudian untuk lebar dan panjangnya dengan ukuran 47.12 x 40.25mm seperti pada gambar 4.2.



**Gambar 4. 2 Ukuran desain**

#### **4.1.2 Desain 2**

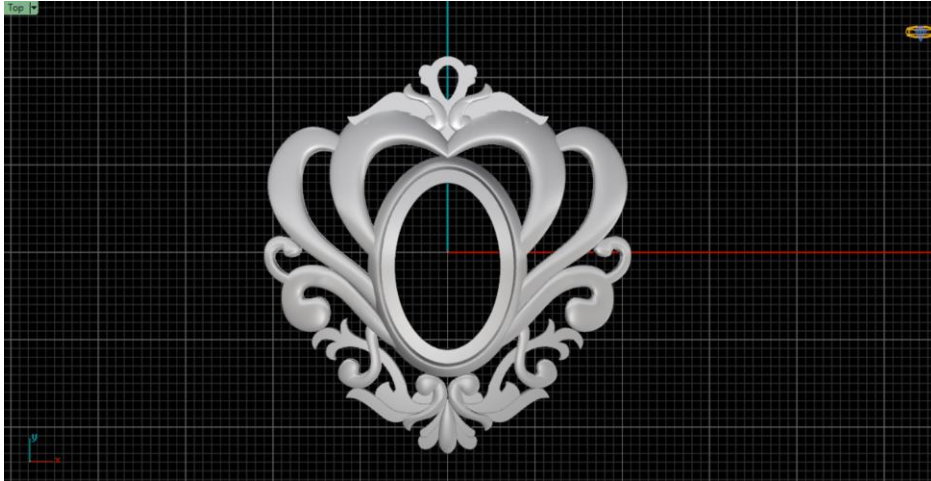


**Gambar 4. 3 Desain 2**

Pada desain kedua seperti pada gambar 4.3 ada beberapa perubahan bentuk yang diterapkan, yaitu pada bagian bawah liontin perubahan bentuk menjadi motif ombak, desain ombak yang dibuat ini lebih tebal dan terlihat kokoh agar bentuk dari ombak terlihat lebih jelas lagi. Pada kelopak kerang yang awalnya berjumlah 6 menjadi 4 hal ini bertujuan agar desain dari liontin terlihat lebih ringkas. Perubahan desain juga dilakukan terhadap ketebalan dan lebar produk rancangan, dimana ketebalan awal desain adalah 3mm ditambah menjadi 4.3mm, dan lebar

menjadi 45.00mm. Hal ini diharapkan mampu membuat keseluruhan desain dari liontin terlihat lebih jelas dan lebih kokoh.

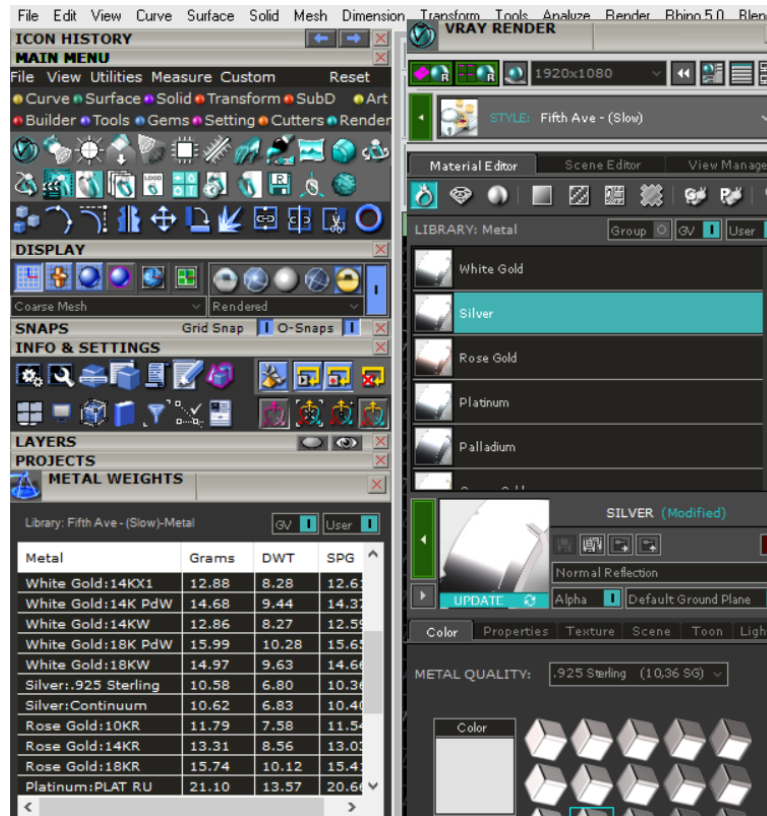
### 4.1.3 Desain 3



Gambar 4. 4 Desain 3

Revisi desain ketiga ditunjukkan pada gambar 4.4 perubahan desain dilakukan pada pola desain yang terdiri dari bagian atas, bagian bawah, ketebalan dan lebarnya dengan mempertimbangkan setiap lekukan yang ada didesain yang bertujuan saat proses pemesinan berlangsung tool yang digunakan bisa memproses lekukan yang ada pada setiap produk, untuk lekukan yang terkecil diberi jarak 0.3mm dimana ukuran terkecil ini lebih besar dari ukuran tool taper ballnose 0.25mm. Pada bagian atas terdapat perubahan bentuk dimana ditambahkan pula aksent ombak yang menyerupai mahkota, diharapkan mampu meningkatkan nilai visual dari produk. Pada bagian bawah perubahan desain ombak dibuat seperti membentuk suatu relief ombak. Hal ini bertujuan agar aksent dari ombak terlihat lebih nyata serta diharapkan mampu meningkatkan nilai kualitasnya. Kemudian untuk ketebalan akhir dari desain dirubah menjadi 2mm dan panjangnya menjadi 47.12mm yang bertujuan agar hasil akhir produk tidak terlalu berat.

Untuk mengasumsikan berat dari produk ketika sudah menjadi logam. Dilakukanlah simulasi pada *software* dengan memasukkan material silver menggunakan *quality* 925 sterling didapatkan berat dari produk liontin sebesar 10.58gram. terlihat pada gambar 4.5.

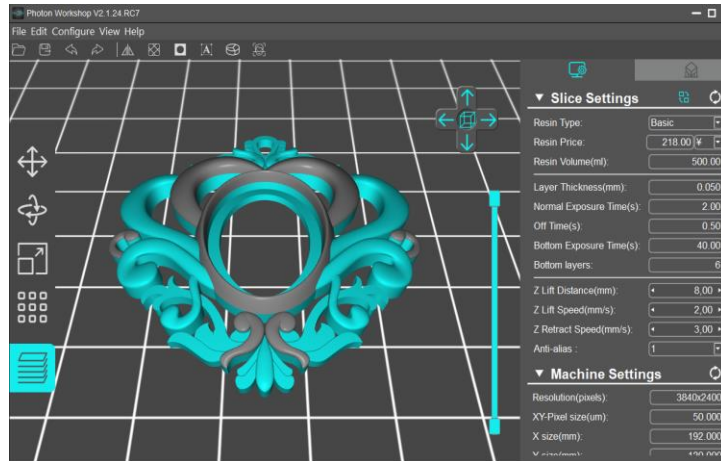


Gambar 4. 5 Berat liontin dengan material silver.925 sterling

## 4.2 Hasil Desain 3D printing

### 4.2.1 Desain 1

Pada proses penelitian desain 1, hasil produk mengalami kegagalan. Seperti terlihat pada gambar 4.7, terdapat kegagalan yang dialami yaitu hasil jadi produk tidak sempurna. Kegagalan disebabkan oleh hasil pada saat mendesain produk tidak solid yang mengakibatkan ketika file stl diimport ke *software* photon workshop64 akan terbaca yang solid saja. Hal ini kemudian berlanjut saat proses 3D Print, 3D Print hanya mampu mencetak bagian produk yang solid saja, sehingga hasil 3D Print tidak sempurna. Gambar 4.6 menunjukkan file yang telah diimport dan gambar 4.7 adalah produk jadi setelah proses 3D Print.



**Gambar 4. 6 Desain 1**

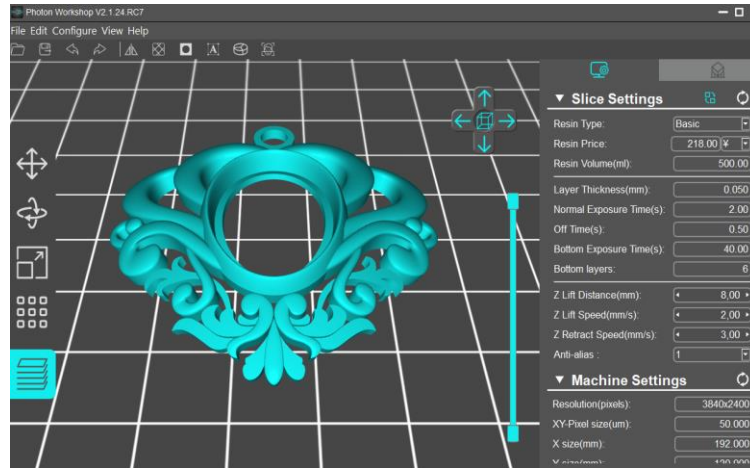


**Gambar 4. 7 Hasil Kegagalan 3D Print**

#### **4.2.2 Desain 2**

Tahap berikutnya yaitu membuat desain 2, pada tahapan ini memperbaiki dari hasil yang gagal pada penelitian sebelumnya. Adapun bagian yang diperbaiki yaitu mengubah beberapa bagian yang tidak terbaca pada desain pertama menjadi bagian solid, tujuannya agar pada saat proses 3D *Print* semua bagian dapat terbaca oleh *software*, untuk parameter dari proses 3D *Print* terlihat pada tabel 4.1.

Berikut hasil gambaran desain yang telah diperbaiki ditunjukkan pada gambar 4.8 dan produk hasil 3D *Print* dapat dilihat pada gambar 4.9 dibawah ini.



**Gambar 4. 8 Perbaikan Terhadap Desain Produk**



**Gambar 4. 9 Hasil 3D Print Dari Perbaikan Desain**

**Tabel 4. 1 Parameter 3D Print**

No	Parameter 3D print	
1	<i>Layer thickness</i>	0.05mm
2	<i>Type resin</i>	e-sun Resin PLA
3	<i>Waktu selesai 3D Print</i>	3 jam
4	<i>Waktu heating hasil 3D Print</i>	30 menit
5	<i>Waktu washing hasil 3D print</i>	20 menit

### 4.3 Hasil Pemesinan CNC

Pada tahapan penelitian ini hasil pemesinan mengalami beberapa kendala seperti pemakanan pada saat proses bagian bawah yang mana pemakanan tidak sesuai dengan proses simulasi, hal ini disebabkan peletakan benda kerja tidak tepat ditengah mesin sehingga titik tengah tidak *center* terhadap benda kerja. Gambar 4.10 menunjukkan hasil pemesinan 1, parameter pemesinan dilakukan menggunakan *feedrate* 45mm/min dan *spindle speed* 12.000 rpm.



**Gambar 4. 10 Titik Tengan Produk Tidak Center**

Solusi yang dilakukan untuk mengatasi kendala yang terjadi adalah dengan mendorong bagian atas benda kerja agar benda kerja tidak bergeser ketika sudah terpasang. Kendala yang terjadi berikutnya adalah pemakanan hasil ketebalan benda tidak sesuai saat simulasi dimana hasil dari proses ini mengakibatkan produk menjadi terlalu tipis yang membuat hasil benda patah, seperti ditunjukkan pada gambar 4.11, parameter pemesinan dilakukan menggunakan *feedrate* 45mm/min dan *spindle speed* 12.000 rpm.



**Gambar 4. 11 Produk Terlalu Tipis**

Solusi yang dilakukan untuk mengatasi kendala ini adalah saat menentukan titik Z, bagian atas benda kerja dilapisi dengan tisu bertujuan untuk menghindari pemakanan yang berlebihan.

Kendala terakhir yang dialami adalah produk patah dan tidak halus akibat kecepatan spindle dan *Feedrate* yang tidak sesuai, hal ini mengakibatkan benda akan patah dan hasil dari produk tidak halus, seperti ditunjukkan pada gambar 4.12. Parameter pemesinan dilakukan menggunakan *feedrate* 55mm/min dan *spindle speed* 12.000rpm.



**Gambar 4. 12 Hasil Produk Patah dan Tidak Halus**

Solusi yang dilakukan untuk mengatasi hal ini adalah dengan menyesuaikan kecepatan *spindle* dan *Feedrate*, untuk *spindle* sebesar 400 (24.000rpm) dan untuk *Feedrate* sebesar 35mm/min, seperti ditunjukkan pada gambar 4.13.



**Gambar 4. 13 Parameter CNC**

Berdasarkan parameter yang telah ditentukan pada gambar 4.12, hasil akhir proses cnc yang telah dilakukan ditunjukkan pada gambar 4.14.



**Gambar 4. 14 Hasil Akhir Proses CNC**

#### 4.4 Perbandingan Hasil CNC dan 3D Print

Proses pemesinan menggunakan CNC dan 3D *Print* menghasilkan dua produk dengan hasil yang berbeda. Perbedaan dari kedua produk hasil CNC dan 3D *Print* terdapat pada sudut lekukan kecil yang dihasilkan. Pada produk hasil CNC, lekukan kecil pada produk dapat diproses dengan baik, hal ini dikarenakan adanya proses finishing pada CNC, proses inilah yang membuat lekukan sudut pada produk yang dihasilkan sesuai dengan desain yang dibuat. Produk yang dihasilkan oleh 3D *Print* mempunyai sisa proses yang dihasilkan dari proses pemesinan, hal ini menyebabkan sisa yang ada di sudut lekukan kecil akan sangat susah untuk dibersihkan dan berpengaruh pada detail desain yang dibuat.

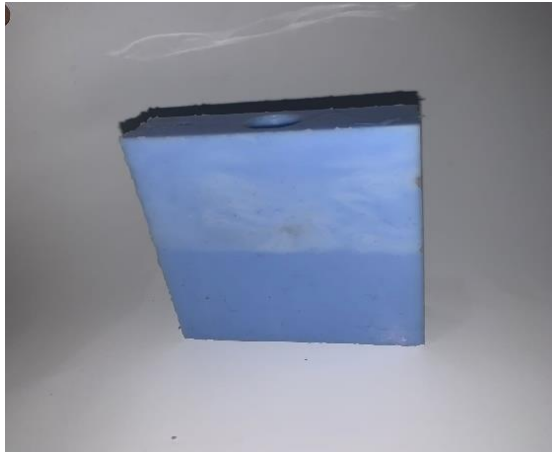
Tabel 4. 2 Tabel perbandingan hasil CNC dan 3D *Print*

	Perbandingan hasil CNC dan 3D <i>Print</i>	Penjelasan	kekurangan	Kelebihan
CNC	Lekukan kecil pada produk dapat diproses dengan baik	Dikarenakan adanya proses strategi <i>finishing</i> pada CNC.	Proses permesinan lama dan pengoperasian cukup sulit.	Adanya proses <i>finishing</i> pada cnc
3D <i>Print</i>	Lekukan kecil Hasil dari 3D <i>Print</i> mempunyai sisa dari proses pemesinan	Dikarenakan proses <i>finishing</i> dilakukan secara manual dan pada sudut kecil yang ada pada produk akan susah untuk dijangkau dan dibersihkan mengakibatkan kurangnya detail desain yang dibuat.	Masih memerlukan <i>finishing</i> secara manual	Pengoperasian mudah dan proses pemesinan cepat

#### 4.5 Hasil Cetakan Silikon

Pada proses pembuatan cetakan silikon pertama terdapat beberapa kendala yang ditemui yaitu perbandingan campuran katalis dan silikon yang tidak tepat dengan perbandingan silikon dan katalis 100:1. Hal ini menyebabkan campuran membutuhkan waktu hingga 2 hari untuk mendapatkan hasil kering. Kendala kedua yang terjadi yaitu pada saat mengaduk campuran silikon tidak merata. Hal

ini menyebabkan silikon pada saat mengering tidak merata keseluruh bagian, seperti terlihat pada gambar 4.15.



**Gambar 4. 15 Hasil Cetakan Silikon**

Solusi yang dilakukan adalah menambah takaran *katalis*. Yaitu takaran campuran silikon dan *katalis* dengan perbandingan 100:3 setelahnya mengaduk campuran hingga merata untuk mendapatkan hasil kering menyeluruh.

#### **4.5.1 Pemotongan Cetakan Silikon.**

Pada tahapan pemotongan cetakan terdapat kendala yang ditemui yaitu pada saat pemotongan tidak teliti mengakibatkan cetakan bentuk dari pola master tidak terpotong menjadi 2 bagian. Hal ini menyebabkan pada saat proses *injection*, cetakan lilin akan susah untuk dilepas dan membuat cetakan lilin akan patah saat dilepas dari cetakan. Tampak pada gambar 4.16.



**Gambar 4. 16 Hasil Pemotongan yang tidak rapi**

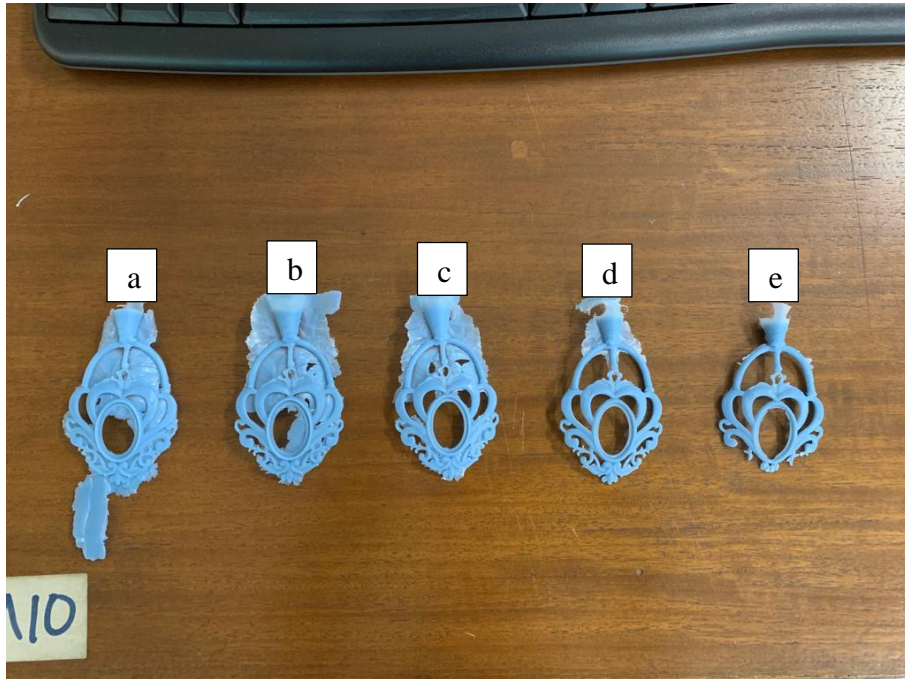
Solusi yang dilakukan adalah pada saat memotong cetakan harus teliti supaya cetakan dari bentuk pola terpotong rapi menjadi 2 bagian, seperti terlihat pada gambar 4.17.



**Gambar 4. 17 Hasil Pemotongan Rapi**

#### **4.6 Hasil *Injection wax***

Pada penelitian ini dilakukan beberapa percobaan dengan waktu *inject* yang sama dan menggunakan tekanan udara yang bervariasi hingga mendapati hasil yang sesuai. Percobaan pertama dilakukan dengan menggunakan tekanan udara 60,55,50,45,40 MPa dengan waktu *inject* 3 detik. Seperti terlihat pada gambar 4.18, tabel penelitian dapat dilihat pada lampiran. Didapati bahwa hasil yang sesuai dengan peneliti inginkan lilin terisi penuh dan tidak keluar dari pola cetakan yaitu ada diantara 45 hingga 50 MPa, hingga dilakukan percobaan dan mendapati hasil yang sesuai ada pada tekanan 47 MPa. Seperti terlihat pada gambar 4.19.



**Gambar 4. 18 Hasil dengan tekanan (a)60MPa, (b)55 MPa, (c)50 MPa, (d)45 MPa dan (e)40MPa dengan waktu *inject* 3 detik**



**Gambar 4. 19 Hasil tekanan 47 MPa dengan waktu *inject* 3 detik**

Pada percobaan *injection wax* kedua dilakukan dengan mengganti waktu *inject* menjadi 7 detik dengan tekanan udara yang sama. Seperti terlihat pada gambar

4.20. Didapati bahwa hasil yang sesuai dengan yang diinginkan yaitu pada tekanan 45 MPa. Seperti terlihat pada gambar 4.21.

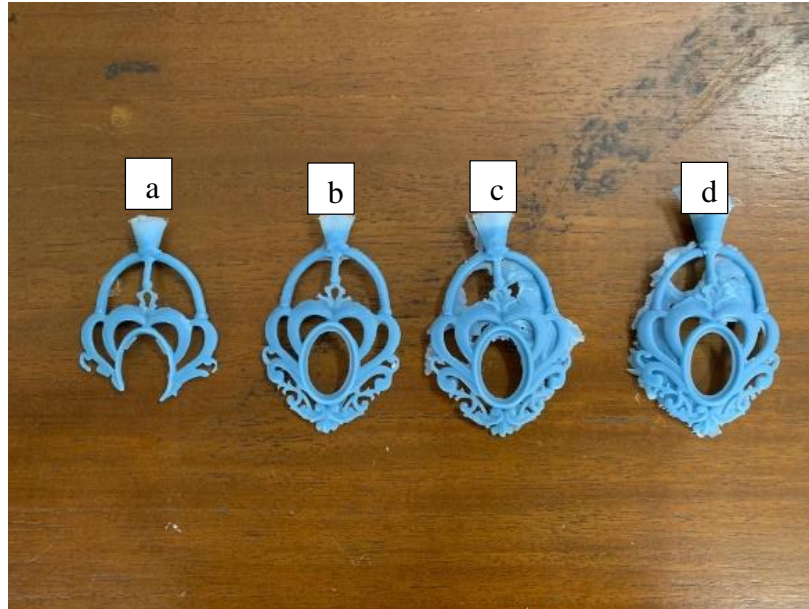


**Gambar 4. 20 Hasil dengan tekanan (a)60MPa, (b)55 MPa, (c)50 MPa, (d)45 MPa dan (e)40MPa dengan waktu *inject* 7 detik**



**Gambar 4. 21 Hasil tekanan 45 MPa dengan waktu *inject* 7 detik**

Pada percobaan ketiga dilakukan menggunakan waktu *inject* 12 detik dengan tekanan udara 35,40,45,50 MPa. Seperti terlihat pada gambar 4.22. Didapati bahwa hasil yang sesuai seperti yang diinginkan adalah ada diantara tekanan 40 hingga 45 MPa, setelah dilakukan percobaan diantara tekanan tersebut didapati bahwa hasil yang sesuai adalah pada tekanan 43 MPa. Seperti terlihat pada gambar 4.23.



**Gambar 4. 22 Hasil dengan tekanan (a)35 MPa, (b)40 MPa, (c)45 MPa dan (d)50 MPa dengan waktu *inject* 12 detik**



**Gambar 4. 23 Hasil tekanan 43 MPa dengan waktu *inject* 12 detik**

Dari beberapa percobaan diatas dapat diketahui bahwa untuk menentukan tekanan angin dan waktu *inject* yang sesuai pada saat proses *injection wax* adalah jika ingin menggunakan tekanan angin yang besar maka gunakan waktu *inject* yang kecil begitu juga sebaliknya jika ingin menggunakan tekanan angin yang kecil maka gunakan waktu *inject* yang besar.

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diambil. Hasil yang bisa disimpulkan dari proses awal hingga akhir yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Telah dirancang *souvenir* perhiasan berupa liontin dengan motif kerang mutiara dan ombak dari proses desain hingga pembuatan model lilin (*wax-pattern*).
2. Terdapat beberapa kendala yang terjadi selama proses penelitian seperti peletakkan benda kerja yang tidak *center*, kecepatan *spindle* dan *Feedrate* yang tidak tepat, mendorong pada saat peletakkan benda kerja yang tidak tepat dan pemotongan cetakan silikon yang tidak teliti.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, berikut ini beberapa saran yang dapat dilakukan guna meningkatkan penelitian selanjutnya:

1. Sebelum melakukan proses pemesinan diharapkan lebih teliti dalam melakukan kalibrasi terhadap mesin yang akan digunakan.
2. Optimasi proses pemesinan agar produk yang dihasilkan memiliki ketelitian yang lebih tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Billy Silaen, Yudo Prasetyo, & Nurhadi Bashit. (2019). ANALISIS KOMPARASI MODEL 3 DIMENSI FOTOGRAMETRI RENTANG DEKAT TERHADAP CETAKAN 3 DIMENSI DENGAN ALAT CETAK RAISE3D N2 PLUS. *Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro*, 8.
- Dewi Handayani Untari Ningsih. (2005). Computer Aided Design / Computer Aided Manufactur [CAD/CAM]. *Universitas Stikubank Semarang*, X.
- Directorate General of National Export Development. (2012). *MEMBEDAH POTENSI Industri Perak Di Indonesia*.
- Goodship, V. (2004). *Practical Guide to Injection Moulding*. Rapra Technology Limited and ARBURG Limited.
- Medina, joshua. (2015). *ArtCAM Software for Artists Rather Than Engineers*. AUTODESK UNIVERSITY.
- Muhammad Kadar. (2019). PEMBUATAN AKSESORIS CINCIN BERMOTIF BATIK. *UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA*.
- Nugraha, R. (2016). *Kajian Desain Perhiasan Tulola Jewelry Dengan Inspirasi Budaya Bali*. 01.
- Suhendra, B. (2015). PEMILIHAN SISTEM CAD/CAM DALAM INDUSTRI MANUFAKTUR STUDI KASUS: BRAKE DRUM. *Universitas Islam* 45, 30.
- Yuniarti, N., & Afandi, A. N. (2012). *TINJAUAN SIFAT HIDROFOBIAK BAHAN ISOLASI SILICONE RUBBER*.

## LAMPIRAN 1

### Hasil percobaan pertama *injection wax*

No	Tekanan (MPa)	Waktu <i>inject</i> (detik)	Mode <i>inject</i>	Waktu kering
1	60	3	Auto	03.18.62
2	55	3	Auto	03.18.62
3	50	3	Auto	02.42.21
4	45	3	Auto	02.30.33
5	40	3	Auto	02.08.21

### Hasil percobaan kedua *injection wax*

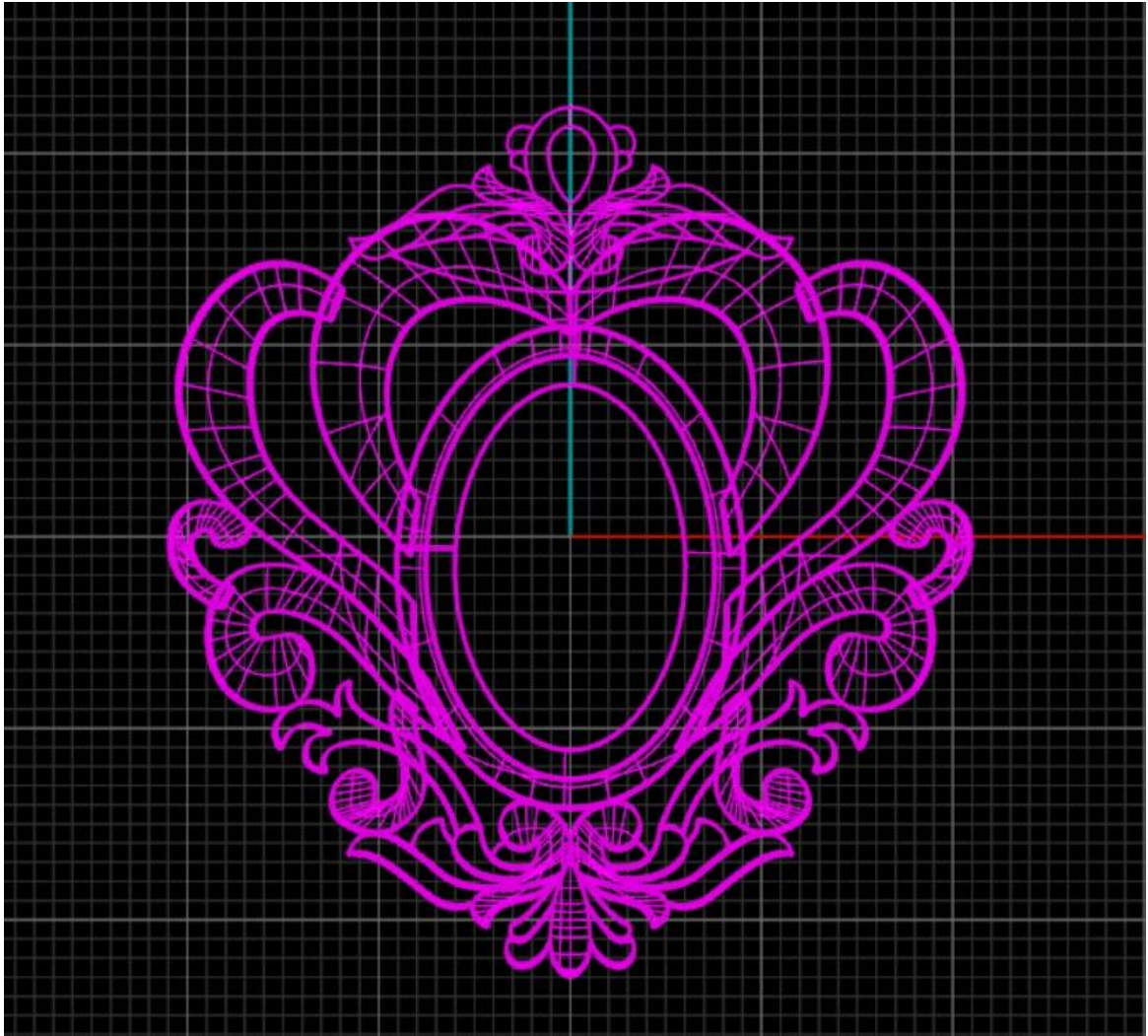
No	Tekanan (MPa)	Waktu <i>inject</i> (detik)	Mode <i>inject</i>	Waktu kering
1	60	7	Auto	03.42.96
2	55	7	Auto	03.32.10
3	50	7	Auto	03.30.15
4	45	7	Auto	02.47.10
5	40	7	Auto	02.20.35

### Hasil percobaan ketiga *injection wax*

No	Tekanan (MPa)	Waktu <i>inject</i> (detik)	Mode <i>inject</i>	Waktu kering
1	50	12	Auto	02.42.12
2	45	12	Auto	02.30.13
3	40	12	Auto	02.42.12
4	35	12	Auto	02.50.33

## LAMPIRAN 2

Desain tampak atas



## Desain tampak samping

