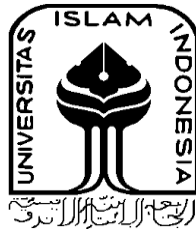


PEMBUATAN LIONTIN BERMOTIF TANAMAN DAN GUCI

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh :

Nama : Arfian Nugroho

No. Mahasiswa : 16525011

NIRM : 2016020447

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

2022

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : ARFIAN NUGROHO

NIM : 16525011

Menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul “PEMBUATAN LIONTIN BERMOTIF TANAMAN DAN GUCI” adalah hasil penelitian, pemikiran dan tulisan saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang saya cantumkan sumbernya sebagai referensi. Apabila dikemudian hari terbukti tidak benar, saya siap menerima sanksi/hukuman sesuai hukum yang berlaku di Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 02 Januari 2022



Arfian Nugroho

NIM 16525011

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

PEMBUATAN LIONTIN BEMOTIF TANAMAN DAN GUCI

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Arfian Nugroho
No. Mahasiswa : 16525011
NIRM : 2016020447

Yogyakarta, 18 Februari 2022

Pembimbing,


Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M. Eng.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PEMBUATAN LIONTIN BEMOTIF TANAMAN DAN GUCI

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Arfian Nugroho

No. Mahasiswa : 16525011

NIRM : 2016020447

Tim Penguji

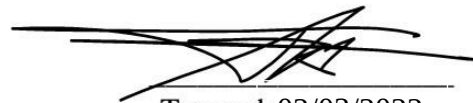
Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.
Ketua


Tanggal : 04/03/2022

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


Tanggal : 03/03/2022

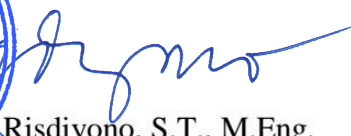
Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc.
Anggota II


Tanggal: 02/03/2022

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin




Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahin skripsi ini penulis persembahkan untuk:

1. Allah SWT, yang telah memberikan nikmat islam dan kehidupan bagi penulis dan Nabi Muhammad SAW juga atas keluarga, para sahabat serta pengikutnya hingga akhir zaman.
2. Orang tua penulis yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan dalam menempuh pendidikan.
3. Bapak Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M. Eng yang selalu memberikan nasihat ilmu dunia maupun akhirat dan selalu memberikan tantangan dalam pengerjaan tugas akhir.
4. Segenap dosen program studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
5. Saudara Angkatan 2016 Teknik Mesin UII.
6. Anggit Kurniawan yang merupakan teman seperjuangan dalam melaksanakan tugas akhir.
7. Sahabat- sahabat seperjuangan yang selalu mendukung dan membantu saya didalam kehidupan perkuliahan.

HALAMAN MOTTO

“Kau gagal tetapi masih bisa mampu bangkit kembali, karena itu menurutku arti dari kuat yang sebenarnya”

Hinata Hyuga

“Tanpa tindakan, pengetahuan tidak ada gunanya dan pengetahuan tanpa tindakan itu sia-sia”

Abu Bakar As-Siddiq

“Kegagalan adalah bumbu kehidupan. Kegagalan membuat kita bisa menjadi manusia yang tangguh”

Bob Sadino

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang atas rahmat dan karunia Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “Pembuatan Liontin Bermotif Tanaman dan Guci”. *Shalawat serta salam* semoga senantiasa tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan seluruh pengikutnya.

Pada kesempatan ini, peneliti ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu dan mendukung selama penulisan laporan tugas akhir ini. Ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya disampaikan kepada :

1. Allah Subhanahu wa Ta’ala atas ridho dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir.
2. Orangtua yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan dalam menempuh pendidikan.
3. Bapak Dr. Eng, Risdiyono., ST., M.Eng. selaku ketua program studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M. Eng yang selalu memberikan nasihat ilmu dunia maupun akhirat dan selalu memberikan tantangan dalam pengerjaan tugas akhir.
5. Rizky Wirantara selaku laboran yang telah membantu dalam pengoperasian mesin CNC.
6. Anggit Kurniawan selaku teman seperjuangan dalam melaksanakan tugas akhir.
7. Teman saya Tri Setyo Putro yang banyak membantu dalam penulisan tugas laporan tugas akhir.
8. Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan

demi kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan semua pihak yang memerlukannya.

Yogyakarta, 02 Januari 2022

Penulis,

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

Arfian Nugroho
16525011

ABSTRAK

Berdasarkan data Kementrian Perindustrian tahun 2020 dimana Indonesia menduduki peringkat ke-14 dalam ekspor perhiasan. Pada penelitian ini, peneliti membuat sebuah liontin dengan tema kemakmuran dan kekayaan Indonesia, bentuk liontin yang dibuat memiliki motif tanaman dan guci dengan dimensi 55mm x 43mm dengan ketebalan tidak lebih dari 1mm. Metode yang digunakan dalam pembuatan perhiasan ini dimulai dari proses desain menggunakan *software Rhinoceros5*, kemudian dilanjutkan dengan pembuatan master menggunakan mesin *3D Printing Anycubic Photon Mono X* dan dilanjutkan pembuatan master menggunakan mesin CEDU CNC. Setelah master produk jadi kemudian dilanjutkan dengan pembuatan cetakan silikon menggunakan *silicone rubber RTV52* dan kemudian dilanjutkan dengan proses *injection wax* menggunakan *vacuum wax injector*. Dari proses yang telah dilakukan maka didapatkan model lilin yang baik dan mirip dengan master liontin dan dapat digunakan untuk proses selanjutnya. Hasil pembuatan master yang diperoleh dari proses CNC lebih detail dan halus dibandingkan dengan proses *3D printing*.

Kata kunci : Perhiasan,CNC, *3D Printing*

ABSTRACT

Based on data from the Ministry of Industry in 2020 where Indonesia was ranked 14th in jewelry exports. In this study, researchers made a pendant with the theme of prosperity and wealth in Indonesia, a pendant made with plant motifs and jars with dimensions of 55mm x 43mm with a thickness of not more than 1mm. The method used in making this jewelry starts from the design process using the Rhinoceros5 software, then continues with the manufacture of the master using the Anycubic Photon Mono X 3D Printing machine and continues with the manufacture of the master using the CEDU CNC machine. After the master finished product, then proceed with the manufacture of concrete using silicone rubber RTV52 and continued with the injection wax vacuum wax injector process. From the process that has been carried out, a good wax model is obtained which is similar to the main pendant and can be used for the next process. The master production results obtained from the CNC process are more detailed and smoother than the 3D printing process..

Keywords: Jewelry, CNC, 3D Printing

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Pernyataan Keaslian Tugas Akhir	ii
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	iii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	ii
Halaman Persembahan	iv
Halaman Motto	v
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih	vi
Abstrak	viii
Daftar Isi	x
Daftar Tabel	xiii
Daftar Gambar	xiv
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>)	5
2.2.1 <i>ArtCAM</i>	5
2.2.2 <i>Rhinoceros 5</i>	5
2.3 CAM (<i>Computer Aided Manufacturing</i>)	6
2.3.1 3D Printing Resin	6
2.3.2 Mesin CNC (<i>Computer Numerical Control</i>)	7
Pahat	8
2.4 <i>Silicone Rubber RTV 52</i>	10
2.5 <i>Jewellery Wax</i>	10
2.6 <i>Investment Casting</i>	11

Bab 3 Metode Penelitian.....	12
3.1 Alur Penelitian	12
3.2 Alat.....	13
3.3 Desain	13
3.3.1 Kriteria Desain.....	14
3.3.2 Fungsi perhiasan.....	14
3.3.3 Filosofi Desain.....	14
3.4 Proses Perancangan.....	14
3.4.1 Desain 1	15
3.4.2 Desain 2	15
3.5 Proses 3D Printing Resin	16
3.6 Proses Pemesinan.....	16
3.6.1 Simulasi Pemesinan.....	16
3.7 Proses Pemesinan CNC	17
3.7.1 Proses <i>Roughing</i>	18
3.7.2 Proses <i>Finishing</i>	18
3.7.3 Pemesinan Dua Sisi Secara Manual	18
3.7.3.1 Pemasangan Jig Tanpa Menggunakan Baut	19
3.7.3.2 Pemasangan Jig Menggunakan Baut	19
3.8 Pembuatan Cetakan Silikon	20
3.8.1 Proses Pembuatan Cetakan Silikon	21
3.9 Proses <i>Injection Wax</i>	22
Bab 4 Hasil dan Pembahasan	25
4.1 Hasil Perancangan Desain Liontin.....	25
4.2 Hasil 3D <i>Printing</i> Resin.....	25
4.2.1 Hasil 3D <i>Printing</i> Pertama	25
4.2.2 Hasil 3D <i>Printing</i> Kedua	27
4.2.3 Hasil 3D <i>Printing</i> Ketiga.....	28
4.3 Hasil Pemesinan CNC	29
4.3.1 Hasil Pemesinan Desain 1	29
4.3.2 Hasil Pemesinan Desain 2	30
4.4 Kendala Saat Proses Pemesinan.....	32

4.4.1	Pemesinan Master Gagal	32
4.5	Hasil Pembuatan Cetakan Silikon.....	33
4.6	Hasil <i>Injection Wax</i> dan Pola Lilin	35
Bab 5	Penutup.....	38
5.1	Kesimpulan	38
5.2	Saran	38
Daftar Pustaka		39
LAMPIRAN 1		40
LAMPIRAN 2		41
LAMPIRAN 3		42
LAMPIRAN 4		43

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Alat	13
Tabel 3.2 Bahan.....	13
Tabel 3.3 Parameter Simulasi Pemesinan.....	17
Tabel 4.1 Parameter 3D <i>Printing</i> Pertama.....	26
Tabel 4.2 Parameter 3D <i>Printing</i> Ketiga	27
Tabel 4.3 Parameter 3D Print Ketiga.....	28
Tabel 4.4 Parameter Pemesinan Desain 1	29
Tabel 4.5 Parameter Pemesinan Desain 2	30
Tabel 4.6 Parameter Pemesinan Gagal.....	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>ArtCam</i>	5
Gambar 2.2 <i>Software Rhinoceros5</i>	6
Gambar 2.3 Mesin 3D <i>Printing Resin</i>	7
Gambar 2.4 Mesin CEDU CNC 3 Axis.....	8
Gambar 2.5 Pahat <i>End Mill</i>	8
Gambar 2.6 Pahat <i>Ball Nose</i>	9
Gambar 2.7 Pahat <i>Conical</i>	9
Gambar 2.8 <i>Collet</i>	10
Gambar 2.9 <i>Silicone Rubber RTV52</i>	10
Gambar 2.10 <i>Jawellery Wax</i>	11
Gambar 3.1 Alur Penelitian	12
Gambar 3.2 Desain 1	15
Gambar 3.3 Desain 2	15
Gambar 3.4 3D <i>Printing Resin</i>	16
Gambar 3.5 Simulasi Pemesinan <i>ArtCam</i>	17
Gambar 3.6 Mesin CEDU CNC	18
Gambar 3.7 Jig Tanpa Baut	19
Gambar 3.8 Jig Menggunakan Baut	20
Gambar 3.9 Cetakan Silikon.....	21
Gambar 3.10 Sprue dan Nozzle Injection.....	21
Gambar 3.11 Mesin <i>Vacuum</i>	22
Gambar 3.12 <i>Wax Pot Temperature</i>	22
Gambar 3.13 Penjepit Akrilik.....	23
Gambar 3.14 Tekanan Udara Kompresor	23
Gambar 3.15 Proses <i>Injection</i>	23
Gambar 3.16 Pedal <i>Vacuum Injection</i>	24
Gambar 4.1 Desain Lontin	25
Gambar 4.2 Hasil 3D Print Pertama	26
Gambar 4.3 Hasil 3D <i>Printing Kedua</i>	27
Gambar 4.4 Hasil 3D <i>Printing Ketiga</i>	28

Gambar 4.5 Hasil Pemesinan Desain 1	30
Gambar 4.6 Hasil Pemesinan Desain 2	31
Gambar 4.7 Master Liontin Setelah Dipotong	31
Gambar 4.8 Hasil Pemesinan Gagal	33
Gambar 4.9 <i>Sprue dan Nozzle</i>	34
Gambar 4.10 Hasil Cetakan Silikon	34
Gambar 4.11 Hasil Cetakan Bagian Dalam.....	35
Gambar 4.12 Hasil Injection Wax 50-90 Mpa	35
Gambar 4.13 Hasil <i>Injection Wax</i> 30-35 Mpa.....	36
Gambar 4.14 Hasil Injection 36-40 Mpa.....	36

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut data Kementerian Perindustrian, sepanjang Januari-September 2020, nilai ekspor dari industri perhiasan di Indonesia mencapai USD 1,1 juta. Adapun lima negara tujuan utama ekspor perhiasan nasional, yaitu Singapura dengan porsi nilai 33%, kemudian Hongkong (24%), Amerika Serikat (19%), Swiss (11%), dan Uni Emirat Arab (9%). Dari capaian tersebut, Indonesia menduduki peringkat ke-14 dengan nilai *market share* ekspor sebesar 1,56% (Gati, 2020).

Selain industri perhiasan sebagai pendukung perekonomian, Indonesia juga memiliki wilayah yang luas dengan berbagai hasil alam yang melimpah. Hal ini menggambarkan bahwa Indonesia merupakan negeri yang makmur. Selain hasil alam yang melimpah Indonesia juga memiliki berbagai suku bangsa dan kebudayaan yang menjadikannya negeri yang kaya. Berdasarkan kedua hal tersebut penulis merancang sebuah perhiasan dengan filosofi yang menggambarkan kemakmuran dan kekayaan alam Indonesia. Dimana kemakmuran dilambangkan dengan tanaman dan kekayaan dilambangkan dengan sebuah guci.

Besarnya peningkatan permintaan pasar akan perhiasan, menjadikan perlunya mempercepat produktivitas. Melihat peluang tersebut, penulis mencoba untuk membuat liontin dengan motif guci dan tanaman dengan menggunakan teknologi CAD, CAM, dan CNC. Pembuatan liontin dengan teknologi tersebut diharapkan dapat meningkatkan produktivitas, serta menghasilkan perhiasan dengan kualitas dan nilai jual yang tinggi.

Produk perhiasan yang dibuat berupa liontin dengan motif tanaman dan guci. Proses awal yaitu perancangan dengan pembuatan desain menggunakan *software Rhinoceros 5*. Untuk pembuatan master menggunakan dua teknologi yang berbeda yaitu *3D Printing* dan (*Computer Numerical Control*) CNC. Dari kedua teknologi tersebut akan dibandingkan hasilnya produknya. Hasil yang terbaik yang

akan dijadikan master produk dan dilanjutkan ke proses berikutnya. Tahap akhir dari penelitian ini adalah pembuatan cetakan silikon menggunakan *silicone rubber* RTV52 dan dilanjutkan pembuatan model lilin menggunakan *jawellery wax*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang didapat adalah bagaimana merealisasikan sebuah produk yang berawal dari desain hingga menjadi model lilin berupa liontin dengan motif tanaman dan guci.

1.3 Batasan Masalah

1. Desain menggunakan *software Rhinoceros 5*.
2. Simulasi pemesinan menggunakan *Artcam Jewelsmith 2011*.
3. Proses pemesinan menggunakan mesin 109-CEDU CNC.
4. Material yang digunakan akrilik 5mm.
5. Hasil akhir adalah model lilin.
6. Tidak membahas kekuatan material.

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui proses pembuatan master liontin dari proses desain hingga menjadi pola lilin.
2. Membandingkan hasil pembuatan master menggunakan *3D Printing* dan mesin CNC.
3. Mengetahui kendala-kendala yang terjadi ketika proses permesinan master perhiasan.

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Meningkatkan skill mahasiswa dalam pembuatan desain menggunakan *software Rhinoceros5*.

2. Memberikan pemahaman kepada mahasiswa terkait permesinan CNC.
3. Dapat digunakan sebagai referensi pembuatan master menggunakan teknologi CNC.
4. Dapat digunakan sebagai referensi untuk pembuatan cetakan silikon, pembuatan pola lilin.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini diuraikan kedalam lima bab untuk mempermudah pembahasannya yaitu bab 1 berisikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian atau perancangan, manfaat penelitian atau perancangan dan sistematika penelitian. Bab 2 kajian pustaka dan dasar teori yang digunakan dalam penelitian dan perancangan yang dilakukan. Bab 3 metodologi penelitian yang menjelaskan langkah-langkah penelitian. Bab 4 berisikan hasil dari proses penelitian yang dilakukan. Bab 5 berisikan kesimpulan dari penelitian dan saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Penelitian ini membahas tentang pembuatan liontin bermotif tanaman dan guci dari proses desain hingga menjadi model lilin yang melibatkan CAD dan CNC. Pada pelaksanaannya terdapat beberapa proses penelitian yang mengacu pada penelitian sebelumnya tentang produksi perhiasan.

Melakukan penelitian tentang pembuatan master cincin *complex signet* menggunakan *Roland Jwx 10* yang bertujuan untuk mendapatkan bentuk *fixture* yang sesuai dalam pembuatan master perhiasan. Dari hasil penelitian Nurul Shofia menghasilkan *fixture* yang dapat digunakan untuk pemesinan 2 sisi dan pemesinan *rotary*. Hasil pengujian ini adalah terbentuknya master cincin *complex signet*. (Shofia, 2014)

Melakukan penelitian tentang pembuatan souvenir bercorak UII berupa jepitan dasi berupa jepitan dasi, plakat, dan logo kotak plakat dari bahan resin. Pada penelitian tersebut dilakukan permesinan dua sisi secara manual yaitu memutar benda 180° secara manual tanpa bantuan mesin. Proses permesinan dua sisi dilakukan karena produk yang telah dirancang memiliki dua permukaan yang sama dan ditampilkan dari dua sisi yang saling bertolak belakang. (Purnomo, 2017)

Melakukan penelitian tentang pembuatan bros dengan motif dua layer menghasilkan master perhiasan dengan motif dua layer. Pada penelitian tersebut dilakukan pemesinan dua sisi secara manual yaitu pemesinan bagian atas dan bawah. (Syarifudin, 2021)

Perancangan liontin bermotif tanaman dan guci diawali dengan pembuatan desain dengan menggunakan *software Rhinoceros5*, kemudian dilanjutkan dengan pembuatan master dengan menggunakan bahan akrilik diproses menggunakan mesin CEDU CNC, dilanjutkan dengan pembuatan cetakan silikon, dan diakhiri dengan pembuatan model lilin menggunakan proses *injection wax*.

2.2 CAD (*Computer Aided Design*)

Computer-Aided Design (CAD) digunakan secara luas di perangkat yang berbasis komputer yang membantu insinyur teknik, arsitek, profesional perancangan yang banyak bekerja dengan aktivitas rancangan. Perangkat otoritas utama geometri dalam proses Siklus hidup Manajemen Produksi yang meliputi perangkat lunak dan perangkat keras. Paket yang ada dari vektor 2 Dimensi berdasarkan gambaran sistem ke permukaan parametrik 3 Dimensi dan pemodelan perancangan *solid* (Ningsih, 2005).

2.2.1 ArtCAM

ArtCAM (*Artistic Computer Aided Manufacturing*) merupakan *software* CAD/CAM yang diciptakan oleh perusahaan Delcam yang menjadi solusi pembuatan desain produk seni. *ArtCAM* memiliki keunggulan membangkitkan relief 3D sebuah gambar atau foto secara cepat, sehingga memiliki potensi besar dalam memberikan nilai tambah pada desain produk yang membutuhkan seni artistik.



Gambar 2.1 ArtCam

(Sumber : www.google.com)

2.2.2 Rhinoceros 5

Rhinoceros 5 merupakan *software* komputer grafis 3D dan *software* aplikasi CAD (*Computer Aided Design*) yang berbasis model matematika NURBS (*Non-Uniform Rational Base Splines*) yang fokus menciptakan representasi kurva dan permukaan bebas yang presisi pada komputer grafis yang berlawanan dari aplikasi berbasis *Poligon-mesh*.



Gambar 2.2 Software Rhinoceros5
(Sumber : www.google.com)

2.3 CAM (*Computer Aided Manufacturing*)

Computer Aided Manufacturing (CAM) yaitu sebuah teknologi aplikasi yang menggunakan perangkat lunak komputer dan mesin untuk memfasilitasi dan mengotomatisasi proses manufaktur. *Computer Aided Manufacturing* (CAM) sering digunakan bersama dengan *Computer Aided Design* (CAD). Perangkat lunak berupa integrasi bersama antara CAD dan CAM disebut sebagai CAD/CAM *software* sebagai contoh MaterCAM. Selain persyaratan bahan, sistem *Computer Aided Manufacturing* (CAM) modern meliputi kontrol *real time* dan robotika. Simulasi proses *cutting*/pembentukan benda kerja dalam *software* CAD/CAM dapat disimulasikan (Pramono, 2017).

2.3.1 3D Printing Resin

3D *Printing* ini adalah jenis 3D *Print DLP (Digital Light Processing)* sistem kerjanya adalah dengan memadatkan cairan resin menggunakan pencahayaan sinar UV. Kelebihan dari 3D *Printing* jenis ini adalah hasil pencetakannya memiliki akurasi dan presisi yang tinggi. Proses mencetak 3D menjadi produk memanfaatkan proses additif, yaitu dengan ditamhkannya bahan-bahan dasar secara berangsur-angsur berdasarkan model digital yang diinginkan (Seprianto dkk, 2021).



Gambar 2.3 Mesin 3D *Printing* Resin

2.3.2 Mesin CNC (*Computer Numerical Control*)

Mesin CNC (*Computer Numerical Control*) definisikan sebagai satu komputer (*computer*) yang mengkonversikan rancangan menjadi sejumlah perintah (*numbers*) dimana komputer memanfaatkan kendali (*control*) untuk memotong (*cutting*) dan membentuk (*shaping*) material.

Pada mesin CNC sumbu mesin CNC memegang peranan penting karena menentukan gerakan pahat relatif terhadap benda kerja. Untuk mempermudah pembuatan program CNC, ISO telah mengeluarkan standar sumbu mesin yaitu gerakan sumbu Z orientasi bersama dengan gerak spindle, sumbu X dengan arah gerak horizontal, kemudian sumbu Y yang mengikuti kaidah tangan kanan sehingga membentuk sumbu X,Y,Z untuk menyatakan gerakan translasi pahat. (Paryanto, 2012)

Mesin CNC dibedakan menjadi 2 dan 3 *axis* serta 4 dan 5 *axis*. Pada penelitian ini menggunakan mesin CEDU CNC 3 *axis*, dengan arah gerak sumbu Z sama dengan arah gerak *spindle*, Sumbu X dengan arah gerak horizontal dan sumbu Y arah gerak vertical.



Gambar 2.4 Mesin CEDU CNC 3 Axis

Pahat

Dalam proses permesinan salah satu bagian terpenting adalah pahat. Pahat memiliki sifat kuat,ulet,tahan panas dan tahan aus sehingga dapat menghasilkan produk yang berkualitas baik. Pada penelitian ini pahat yang digunakan adalah pahat *endmill* dan *ball nose* dengan material HSS (*High Speed Steel*).

1. Pahat *End Mill*

Pahat *end mill* merupakan pahat *solid* dengan sisi dan gagang yang menjadi satu. *End mill* dapat digunakan untuk melakukan proses *frais* bagian permukaan baik secara horizontal maupun vertikal, serta menyudut atau melingkar. Secara operasional, pahat *end mill* digunakan untuk pembuatan alur, *keyways*, *pockets* (kantong), dan *shoulders* (tingkat) (Prasetyo, 2017). Pada penelitian ini menggunakan pahat *end mill* 3mm.



Gambar 2.5 Pahat *End Mill*

2. Pahat *Ball Nose*

Ball nose digunakan untuk memotong permukaan yang melengkung dan bergelombang. *Ball nose* memiliki struktur yang lebih kuat dari *flat nose* sehingga lebih aman digunakan. Pahat ini digunakan untuk membuat *fillet* pada permukaan,

alur bulat, lubang dan untuk pengerjaan bentuk bulat. Biasanya digunakan untuk *3D milling*.



Gambar 2.6 Pahat *Ball Nose*

3. Pahat *Conical*

Pahat conical adalah pahat yang digunakan untuk proses *finishing*, karena pahat *conical* memiliki sudut yang sangat kecil sehingga bisa memotong bagian lekukan tajam, relief berukuran kecil. Namun pahat ini mudah patah karena memiliki sudut sangat kecil dan rapuh.



Gambar 2.7 Pahat *Conical*

4. *Collet*

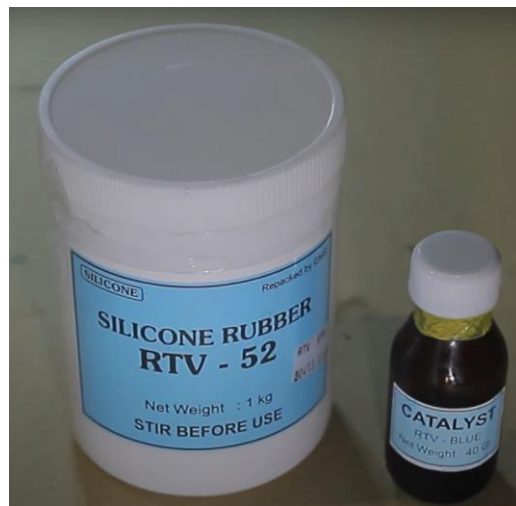
Collet merupakan bagian dari mesin CNC yang berguna untuk mencengkram pahat. Ukuran standard *collet* adalah 1/4", 1/8" dan untuk ukuran metrik 6mm dan 3mm.



Gambar 2.8 Collet

2.4 *Silicone Rubber RTV 52*

Silicone rubber merupakan salah satu alternatif bahan baku pembuat karet cetakan dan murah dalam biaya produksi. Secara garis besar karet silikon dibedakan menjadi dua jenis yaitu (HTV) *High Temperatur Vulcanizing* (HTV) dan (RTV) *Room Temperatur Vulcanizing* (Yuniarti 2012). *Silicone rubber* memiliki sifat lentur dan tidak mudah sobek sehingga sangat cocok dijadikan tempat *jawellery wax* dan dapat mengering pada suhu ruangan.



Gambar 2.9 Silicone Rubber RTV52

2.5 *Jewellery Wax*

Lilin perhiasan digunakan untuk membuat model seperti bentuk perhiasan yang dibuat. *Ferris File A Wax* (FFAW) adalah salah satu merk lilin yang digunakan untuk aplikasi produk perhiasan. Komposisi FFAW adalah senyawa kimia *Petroleum Hydrocarbon* yang merupakan kumpulan dari molekul *alkana*

(linier atau *cros parafin*), sikloalkana (*naphthenes*), hidrokarbon aromatik, atau senyawa yang lebih rumit seperti *asphalthenes*.



Gambar 2.10 Jewelry Wax

(Sumber : www.freemanwax)

2.6 Investment Casting

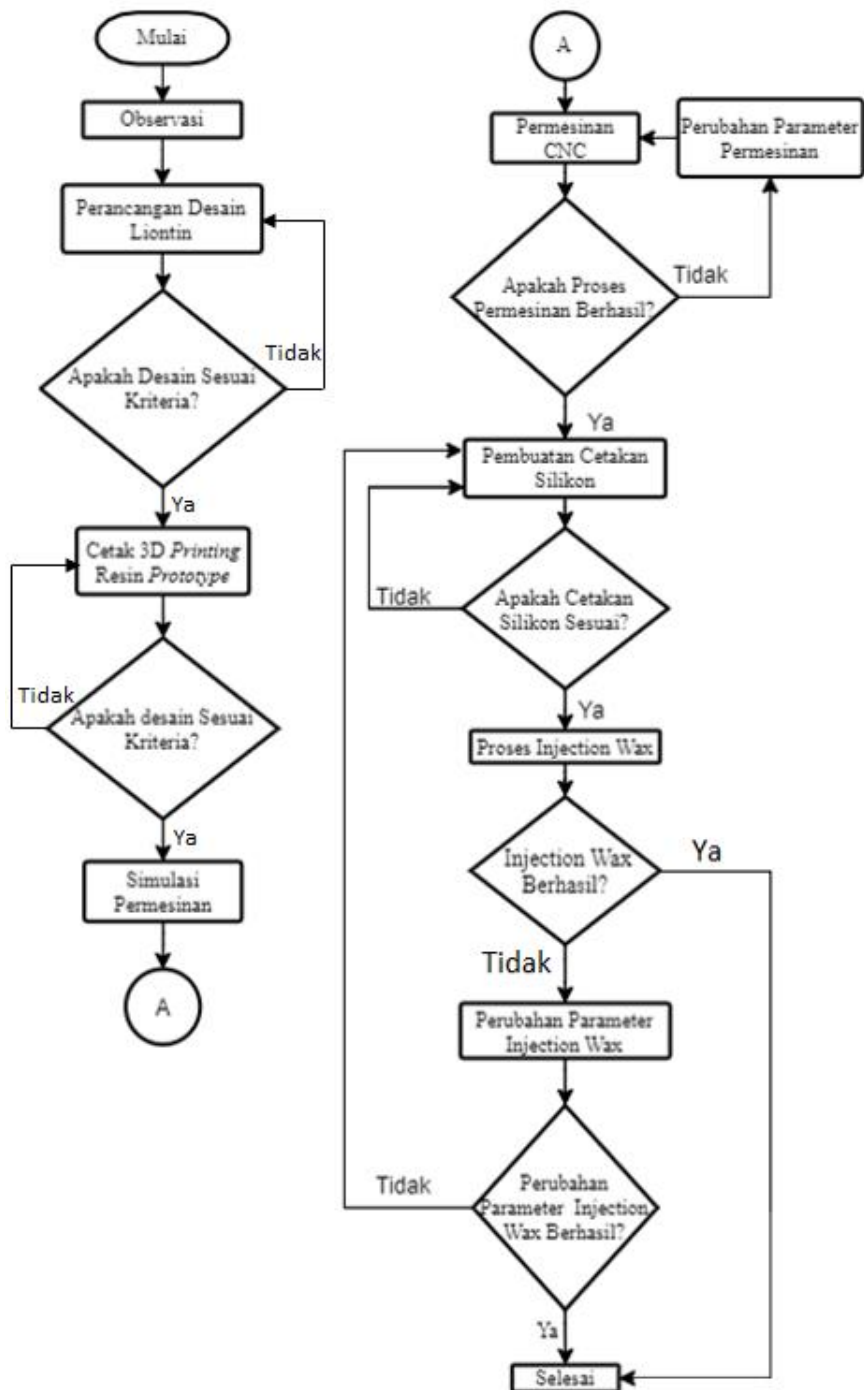
Investment casting juga dikenal sebagai *lost wax process* adalah salah satu jenis teknologi pengecoran presisi yang dapat menghasilkan suatu produk coran yang memiliki bentuk geometri yang kompleks, misalnya : tipis, kemiringan dan kelengkungan dengan variasi radius yang kecil, kehalusan permukaan produk cor, dan mensyaratkan tingkat kepresisian bentuk dan dimensi (Hafid, 2012).

Pengecoran digunakan untuk membentuk logam dalam kondisi panas sesuai dengan bentuk cetakan yang telah dibuat. Pengecoran dapat berupa material logam cair atau plastik yang bisa meleleh (*termoplastik*), juga material yang terlarut air misalnya beton atau gips. Proses pengecoran dibagi menjadi dua, yaitu : *expandable* (dapat diperluas) dan *non expandable* (tidak dapat diperluas)(Widarto dkk,2008).

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian



Gambar 3.1 Alur Penelitian

3.2 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Alat

No	Alat	Fungsi
1.	<i>3D Printing Resin</i>	Pembuatan model master.
2.	Mesin CEDU CNC	Pembuatan master liontin.
3.	<i>Injection wax</i>	Menginjek lilin kedalam cetakan silikon.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.2

Tabel 3.2 Bahan

No	Nama Bahan
1.	Akrilik 5mm
2.	<i>Silicone Rubber RTV52</i>
3.	Lilin Perhiasan
4.	<i>Esun eResin-PLA Biophotopolymer Resin.</i>

3.3 Desain

Pembuatan desain liontin menggunakan *software Rhinoceros5*. Pada penelitian ini desain liontin mengadopsi pola dasar dari sebuah guci dan sebuah tanaman.

3.3.1 Kriteria Desain

Desain liontin bermotif tanaman dan guci memiliki beberapa kriteria desain sebagai berikut :

1. Motif guci berada dibagian tengah liontin dan motif tanaman berada di sisi luar motif guci.
2. Ukuran liontin tidak lebih dari 55mm x 45mm.
3. Ketebalan liontin kurang dari 1mm. Ketebalan liontin dan ukurannya berperan penting agar ketika bros dikenakan tidak terlalu berat.
4. Hasil akhir produk adalah model lilin.

3.3.2 Fungsi perhiasan

Perhiasan sebagai penghias dan pembentuk citra pribadi sudah sejak jaman dulu digunakan bahkan sejak jaman primitif. Perhiasan memiliki fungsi memperkuat citra dan identitas penggunanya. Perhiasan memiliki fungsi lain sebagai fungsi magis, fungsi kesenangan atau estetis. Lebih dari itu perhiasan dapat memberikan rasa percaya diri bagi penggunanya dan membangun persepsi orang lain terhadap orang yang menggunakannya.

3.3.3 Filosofi Desain

Indonesia memiliki hasil alam yang melimpah sehingga menjadikannya negeri yang makmur ditambah dengan keberagaman suku budaya yang menjadikan Indonesia negeri yang kaya. Motif liontin yang dibuat menggambarkan kemakmuran dan kekayaan yang ada di Indonesia. Dimana kemakmuran digambarkan melalui motif tanaman, dan kekayaan digambarkan melalui motif guci.

3.4 Proses Perancangan

Proses perancangan bertujuan untuk membuat desain liontin berdasarkan kriteria yang telah ditentukan sebelumnya.

3.4.1 Desain 1

Desain 1 motif tanaman dan guci yang dibuat masih terlihat kaku dan terdapat struktur kecil yang rawan patah. Pada desain 1 memiliki dimensi panjang 50mm, lebar 40mm dan ketebalan 2mm. Berdasarkan kriteria yang telah ditentukan, desain liontin tersebut masih terlalu tebal. Sehingga pada desain tersebut perlu dilakukan perubahan.



Gambar 3.2 Desain 1

3.4.2 Desain 2

Pada desain 2 merupakan perbaikan dari desain 1. Perubahan yang dilakukan terdapat pada motif guci dan tanaman. Pada bagian pola guci dibagian tengah diubah menjadi bentuk elips, hal tersebut bertujuan agar mempermudah proses permesinan dan ketika ditambah dengan aksesoris lain menjadi lebih mudah dibentuk. Pada bagian bawah ditambahkan pola tanaman yang bertujuan agar liontin menjadi lebih kuat. Pada desain 2 ini memiliki ukuran panjang 55mm, lebar 43mm dan ketebalan 0.7mm.



Gambar 3.3 Desain 2

3.5 Proses 3D Printing Resin

Proses 3D *Printing* pada penelitian ini dilakukan untuk pembuatan model produk. Dilakukan menggunakan 3D *Printing Anycubic Photon Mono X* dengan *Esun eResin-PLA Biophotopolymer Resin*. 3D *Printer* memproses *file* CAD yang telah dikonversi ke *format .STL*. Setelah *file* diinput dalam mesin 3D *Printing*, dilakukan pengaturan parameter 3D *Printing* untuk memproses desain yang telah dibuat.



Gambar 3.4 3D *Printing* Resin

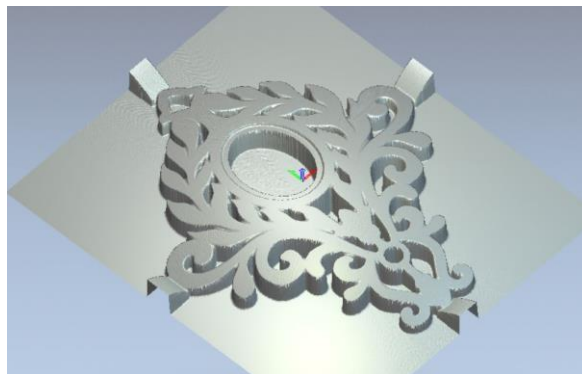
3.6 Proses Pemesinan

3.6.1 Simulasi Pemesinan

Simulasi pemesinan menggunakan *software ArtCAM 2011* dengan menggunakan parameter dan *toolpath* yang telah ditentukan. Setelah melakukan simulasi kemudian didapatkan *G-Code* untuk menjalankan proses pemesinan CNC dengan *format (mm)(*Tap)*. Terdapat dua tahap pada saat melakukan simulasi pemesinan yaitu proses *roughing* dan *finishing*. Untuk proses *roughing* menggunakan pahat *Endmill 3mm* dan *finishing* menggunakan pahat *Ball Nose 0.25mm 5°*, masing masing proses dilakukan pada sisi atas dan sisi bawah. Data parameter pemesinan bisa dilihat pada tabel 3.3 dan proses simulasi pemesinan bisa dilihat pada gambar 3.6

Tabel 3.3 Parameter Simulasi Pemesinan

PARAMETER	PEMESINAN ATAS		PEMESINAN BAWAH	
	<i>ROUGHING</i>	<i>FINISHING</i>	<i>ROUGHING</i>	<i>FINISHING</i>
<i>TOOLS</i>	Endmill 3 mm	Ball Nose 0.25, 5°	Endmill 3mm	Ball Nose 0.25, 5°
<i>STEPOVER</i>	1.5 mm	0.05 mm	1.5 mm	0.05 mm
<i>STEPDOWN</i>	0.5 mm	1 mm	0.5 mm	1 mm
<i>FEEDRATE</i>	17 mm/sec	83 mm/min	17 mm/sec	83 mm/min
<i>PLUNGERATE</i>	4 mm/sec	83 mm/min	4 mm/sec	83 mm/min
<i>SPINDLE</i>	15000 r.p.m	12000 r.p.m	15000 r.p.m	12000 r.p.m
<i>STRATEGY</i>	Offside start from outside	Spiral In Box	Offside start from outside	Spiral In Box
<i>Material Thickness</i>	4.6mm	4.6mm	3.7mm	3.7mm
<i>TIME</i>	40 menit	3 jam 50 menit	40 menit	3 jam 50 menit



Gambar 3.5 Simulasi Pemesinan ArtCam

3.7 Proses Pemesinan CNC

Proses Pemesinan master liontin dilakukan menggunakan mesin CEDU CNC. Dengan material akrilik dengan ketebalan 5mm, terdapat dua tahap dalam melakukan proses pemesinan, yaitu proses *roughing* dan *finishing*. Proses *roughing* menggunakan pahat *endmill* 3mm dan proses *finishing* menggunakan pahat *Ball Nose* 0.25mm 5°.



Gambar 3.6 Mesin CEDU CNC

3.7.1 Proses *Roughing*

Pada proses *Roughing* menggunakan pahat *End Mill* 3mm dengan *collet* diameter 6mm. Pada proses ini menggunakan strategi *Offset outset* dengan cara pemotongan dimulai dari sisi luar menuju sisi dalam produk. Pada proses *roughing* ini bentuk produk cenderung masih kasar sehingga harus dilakukan proses selanjutnya yaitu proses *finishing*.

3.7.2 Proses *Finishing*

Pada proses *Finishing* menggunakan pahat *Ballnose* 0.25mm 5° dengan strategi *Spiral In box*. Strategi ini memiliki pola pergerakan melakukan pemakanan pada bidang material dengan pergerakan *cutter* bergerak secara *spiral* hingga membentuk suatu model. Untuk hasil dari proses *finishing* produk cenderung sudah halus.

3.7.3 Pemesinan Dua Sisi Secara Manual

Proses pembuatan master dilakukan pada sisi yang berbeda yaitu sisi atas dan bawah. Sehingga pada proses ini perlu dilakukan pemesinan secara bolak-balik, proses pemesinan ini menggunakan mesin CEDU CNC 3axis dan akrilik yang dibalik secara manual, tetapi dalam menentukan titik tengah harus tepat, agar hasil pemesinan atas dan bawah presisi. Pemasangan *jig* dilakukan pada permesinan dua sisi secara manual.

3.7.3.1 Pemasangan Jig Tanpa Menggunakan Baut

Pemasangan *jig* dilakukan dengan membuat takikan pada kayu dan dikikis menggunakan pahat sedalam 1-2mm kemudian akrilik ditempelkan pada kayu. Kekurangan dari *jig* ini adalah ketika digunakan berulang kali takikan akan menjadi longgar sehingga ketika dilakukan permesinan akrilik akan mudah terlepas dan permesinan menjadi gagal.

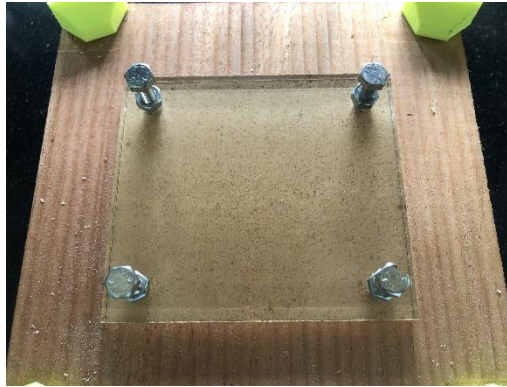


Gambar 3.7 *Jig* Tanpa Baut

3.7.3.2 Pemasangan Jig Menggunakan Baut

Pemasangan *jig* menggunakan baut lebih efisien dan lebih presisi dibandingkan *jig* tanpa menggunakan baut. Berikut merupakan langkah – langkah pemesinan dua sisi secara manual menggunakan *jig* menggunakan baut :

1. Akrilik dipotong menggunakan *lasser cutting* dengan ukuran 9mm x 8mm kemudian diberi lubang baut pada setiap sudut dengan diameter 5mm.
2. Balok kayu diletakan pada meja kerja CNC dan ditahan menggunakan *jig* dan baut, kegunaan balok kayu adalah sebagai alas dan sebagai tempat baut untuk mencengkram benda kerja agar tidak bergeser. Kemudian permukaan balok kayu dihaluskan sedalam 1mm agar permukaan balok kayu menjadi rata, kemudian diberi lubang baut disetiap sudut. Selanjutnya akrilik diletakan pada permukaan balok kayu dan dikencangkan menggunakan baut.



Gambar 3.8 Jig Menggunakan Baut

2. Atur titik X0,Y0 dan Z0 kemudian *input G-Code*. untuk proses *roughing* menggunakan pahat *endmill* 3mm.
3. Setelah proses *roughing* selesai dilanjutkan dengan proses *finishing* menggunakan pahat *Ballnose* 0.25mm 5° dengan titik X0,Y0 sama dengan proses *roughing* dan posisi Z0 berbeda.
4. Setelah pemesinan bagian atas selesai kemudian benda diambil dan dibalik secara manual.
5. Setelah benda terpasang lagi dengan sisi yang berbeda, kemudian kembalikan pahat ke titik X0,Y0, dan Z0.
6. Atur kembali titik Z0, dikarenakan ada pergantian pahat.

3.8 Pembuatan Cetakan Silikon

Setelah master selesai dibuat, langkah selanjutnya adalah pembuatan cetakan silikon. Pada penelitian ini silikon yang digunakan adalah RTV52 dicampur dengan *catalys*. Cetakan silikon digunakan untuk proses *injection wax*, yaitu membuat pola lilin yang sesuai dengan bentuk master.

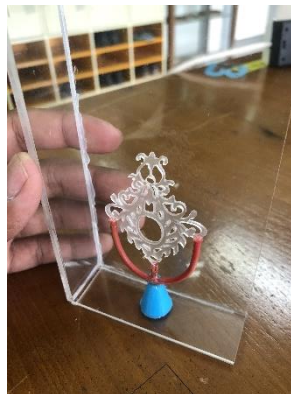


Gambar 3.9 Cetakan Silikon

3.8.1 Proses Pembuatan Cetakan Silikon

Pembuatan cetakan silicon dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu :

1. Akrilik digunakan sebagai wadah cetakan dengan ukuran disesuaikan dengan master liontin.
2. Master yang digunakan sebagai cetakan dipasang *sprue* dan *nozzel* injection dengan lem tembak. Kegunaan *sprue* adalah sebagai jalur masuknya lilin kedalam cetakan silikon



Gambar 3.10 Sprue dan Nozzle Injection

3. Campurkan silikon cair dengan *catalys* dengan perbandingan 100% : 4%, kemudian aduk secara merata agar silikon dan *catalys* tercampur sempurna. Sebaiknya campuran silikon dan *catalys* harus sesuai agar hasil cetakan tidak lembek atau terlalu getas.
4. Setelah silikon dan *catalys* tercampur kemudian tuangkan ke wadah akrilik dan kemudian masukan kedalam mesin *vacuum*. Kegunaan mesin *vacuum* adalah mengeluarkan udara yang terjebak dalam silikon.



Gambar 3.11 Mesin Vacuum

5. Cetakan silikon mengering dalam waktu 1-2 hari. Setelah mengering cetakan dibelah menjadi 2 untuk mengeluarkan master yang ada didalamnya.

3.9 Proses *Injection Wax*

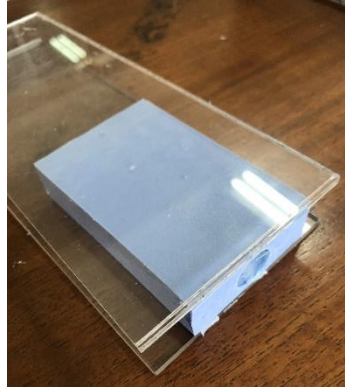
Injection Wax adalah proses memasukan lilin kedalam cetakan silikon dan menghasilkan bentuk sesuai dengan master liontin. Proses *injection wax* menggunakan mesin *vacuum wax injector* dan kompresor sebagai alat untuk memberikan tekanan udara dengan waktu *inject* bervariasi. Berikut merupakan proses *injection wax* :

1. Lilin dimasukan kedalam mesin *vacuum wax injector*.
2. Menyalakan mesin dan kompresor, kemudian atur *wax pot temperature* menjadi 80°C. Kemudian ditunggu waktu sekitar 20-30 menit agar lilin mencair.



Gambar 3.12 Wax Pot Temperature

3. Persiapkan cetakan silikon yang akan dilakukan proses *inject*. Cetakan silikon dijepit menggunakan akrilik agar pada saat proses *injection* cetakan silikon tidak mengembang dan lilin tidak keluar dari cetakan silikon.



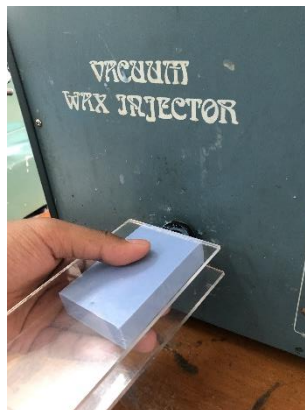
Gambar 3.13 Penjepit Akrilik

4. Atur tekanan udara dari kompresor. Tekanan udara sangat berpengaruh terhadap hasil akhir proses *injection* lilin.



Gambar 3.14 Tekanan Udara Kompresor

5. *Nozzle vacuum wax injector* dimasukan kedalam lubang cetakan yang berfungsi untuk memasukan lilin.



Gambar 3.15 Proses Injection

6. Kemudian pedal *vacuum injection wax* diinjak dan tunggu hingga lilin masuk kedalam cetakan silikon sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.



Gambar 3.16 Pedal Vacuum Injection

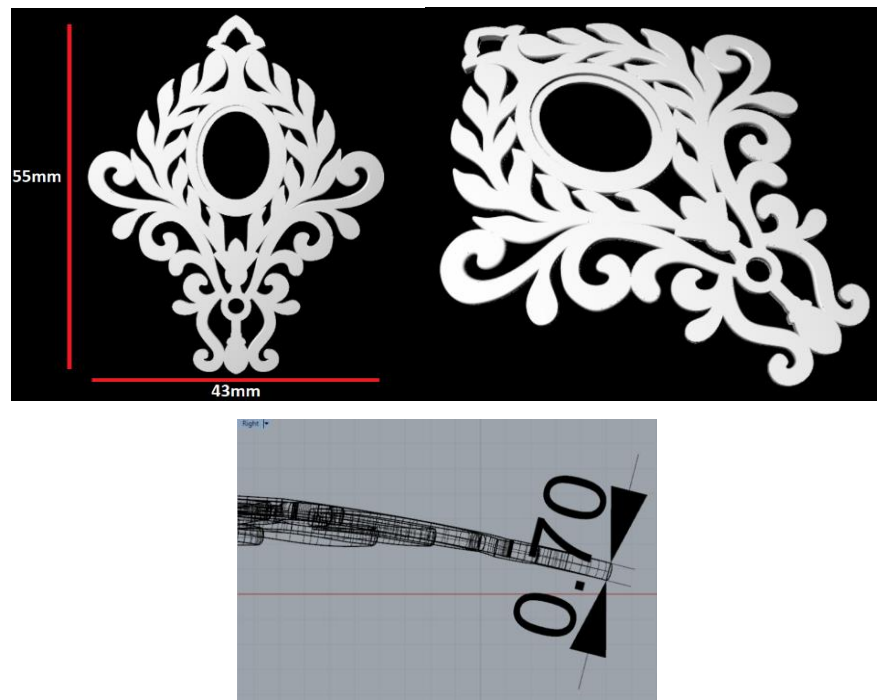
7. Setelah proses injection selesai, tunggu lilin hingga mengering kemudian cetakan silikon dibuka untuk mengeluarkan model lilin.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan Desain Liontin

Liontin bermotif tanaman dan guci ini mengikuti pola dasar dari sebuah guci dan tanaman merambat, desain dari liontin ini mempunyai nilai filosofis dimana pola guci melambangkan kekayaan dan pola tanaman melambangkan kemakmuran. Pola tersebut kemudian dikombinasikan kedalam sebuah perhiasan yang mempunyai nilai seni dan keindahan. Desain liontin ini memiliki ukuran 55mm x 43mm dengan ketebalan 0.7mm.



Gambar 4.1 Desain Liontin

4.2 Hasil 3D *Printing* Resin

4.2.1 Hasil 3D *Printing* Pertama

Hasil 3D *Printing* pertama model tercetak tidak sempurna. hasil 3D *Printing* pertama dapat dilihat pada gambar 4.2 Terdapat kecacatan yaitu hasil

tidak tercetak dengan sempurna. Hal tersebut dikarenakan pada saat proses printing posisi model dibuat vertikal dan kekurangan *support*. Untuk parameter yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4.1



Gambar 4.2 Hasil 3D Print Pertama

Tabel 4.1 Parameter 3D Printing Pertama

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	<i>Layer Thickness</i>	0.05	mm
2	<i>Normal Exposure Time</i>	2	s
3	<i>Off Time</i>	0.5	s
4	<i>Bottom Exposure Time</i>	4	s
5	<i>Bottom Layers</i>	6	
6	<i>Z Lift Distance</i>	8	mm
7	<i>Z Lift Speed</i>	2	Mm/s
8	<i>Z Retract Speed</i>	3	Mm/s
9	Posisi Model Vertikal		
10	<i>Time</i>	6 jam 34 menit	

4.2.2 Hasil 3D *Printing* Kedua

Hasil 3D *Printing* kedua model berhasil tercetak dengan sempurna. Tetapi pada permukaan model masih kasar, hasil 3D *Printing* kedua dapat dilihat pada gambar 4.3 Untuk parameter yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4.2



Gambar 4.3 Hasil 3D *Printing* Kedua

Tabel 4.2 Parameter 3D *Printing* Ketiga

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	<i>Layer Thickness</i>	0.05	mm
2	<i>Normal Exposure Time</i>	2	s
3	<i>Off Time</i>	0.5	s
4	<i>Bottom Exposure Time</i>	4	s
5	<i>Bottom Layers</i>	6	
6	<i>Z Lift Distance</i>	8	mm
7	<i>Z Lift Speed</i>	2	Mm/s
8	<i>Z Retract Speed</i>	3	Mm/s
9	Posisi Model Horizontal		
10	<i>Time</i>	3 jam 34 menit	

4.2.3 Hasil 3D Printing Ketiga

Hasil 3D Printing ketiga model berhasil tercetak sempurna dengan permukaan model yang halus. Tetapi untuk permukaan bagian bawah kasar, hal tersebut dikarenakan adanya sisa hasil pemotongan *support* sehingga pada permukaan bagian bawah menjadi kasar. Sehingga menjadikan model tersebut kurang cocok digunakan sebagai master perhiasan. Untuk hasil 3D Printing ketiga dapat dilihat pada gambar 4.4 Untuk parameter 3D Printing ketiga dapat dilihat pada tabel 4.3



Gambar 4.4 Hasil 3D Printing Ketiga

Tabel 4.3 Parameter 3D Print Ketiga

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	<i>Layer Thickness</i>	0.01	mm
2	<i>Normal Exposure Time</i>	2	s
3	<i>Off Time</i>	0.5	s
4	<i>Bottom Exposure Time</i>	4	s
5	<i>Bottom Layers</i>	6	
6	<i>Z Lift Distance</i>	8	mm
7	<i>Z Lift Speed</i>	2	Mm/s
8	<i>Z Retract Speed</i>	3	Mm/s
9	Posisi Model Vertikal		

10	<i>Time</i>	6 jam 30 menit
----	-------------	----------------

4.3 Hasil Pemesinan CNC

4.3.1 Hasil Pemesinan Desain 1

Pada konsep desain 1 tahap pertama yang dilakukan adalah proses *roughing* dan *finishing* pada permukaan atas kemudian dilanjutkan dengan proses *roughing* dan *finishing* pada permukaan bawah dengan cara dibalik secara manual. Proses *roughing* menggunakan pahat *Endmill* 3mm dan untuk proses *finishing* menggunakan pahat *Ballnose* 0.25mm 5°. Untuk hasil dari pemesinan desain 1 dapat dilihat pada gambar 4.5 Dan parameter yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4.4 Produk yang dihasilkan dari desain 1 tidak memenuhi kriteria desain karena memiliki ketebalan lebih dari 2mm sehingga kurang cocok digunakan sebagai master perhiasan.

Tabel 4.4 Parameter Pemesinan Desain 1

PARAMETER	PEMESINAN ATAS		PEMESINAN BAWAH	
	<i>ROUGHING</i>	<i>FINISHING</i>	<i>ROUGHING</i>	<i>FINISHING</i>
TOOLS	Endmill 3 mm	Ball Nose 0.25, 5°	Endmill 3mm	Ball Nose 0.25, 5°
STEPOVER	1.5 mm	0.05 mm	1.5 mm	0.05 mm
STEPDOWN	1 mm	1 mm	1 mm	1 mm
FEEDRATE	17 mm/sec	83 mm/min	17 mm/sec	83 mm/min
PLUNGERATE	4 mm/sec	83 mm/min	4 mm/sec	83 mm/min
SPINDLE	15000 r.p.m	12000 r.p.m	15000 r.p.m	12000 r.p.m
STRATEGY	Offside start from outside	Spiral In Box	Offside start from outside	Spiral In Box
Material Thickness	5 mm	5 mm	3.6 mm	3.6 mm
TIME	40 menit	3 jam 30 menit	40 menit	3 jam 30 menit



Gambar 4.5 Hasil Pemesinan Desain 1

4.3.2 Hasil Pemesinan Desain 2

Konsep desain 2 merupakan perubahan dari konsep desain 1 karena desain sebelumnya kurang cocok digunakan sebagai master perhiasan karena memiliki ketebalan lebih dari 2 mm dan tidak sesuai dengan kriteria desain. Tahap pemesinan untuk konsep desain 2 adalah proses *roughing* dan *finishing* bagian atas kemudian dilanjutkan proses *roughing* dan *finishing* bagian bawah dengan dibalik secara manual. Untuk parameter yang digunakan dapat dilihat pada tabel. Untuk hasil pemesinan desain 2 dapat dilihat pada gambar 4.6 dan master liontin setelah dipotong dapat dilihat pada gambar 4.7.

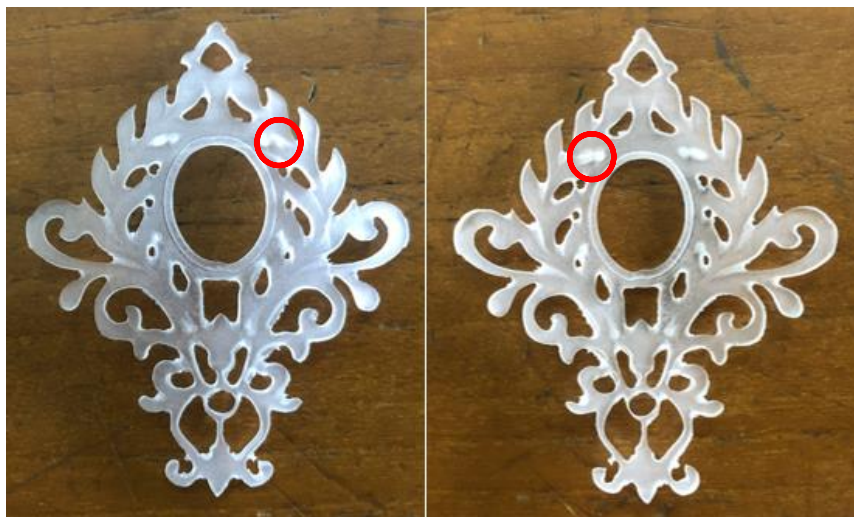
Tabel 4.5 Parameter Pemesinan Desain 2

PARAMETER	PEMESINAN ATAS		PEMESINAN BAWAH	
	<i>ROUGHING</i>	<i>FINISHING</i>	<i>ROUGHING</i>	<i>FINISHING</i>
TOOLS	Endmill 3 mm	Ball Nose 0.25, 5°	Endmill 3mm	Ball Nose 0.25, 5°
STEPOVER	1.5 mm	0.05 mm	1.5 mm	0.05 mm
STEPDOWN	0.5 mm	1 mm	0.5 mm	1 mm
FEEDRATE	17 mm/sec	83 mm/min	17 mm/sec	83 mm/min
PLUNGERATE	4 mm/sec	83 mm/min	4 mm/sec	83 mm/min
SPINDLE	15000 r.p.m	12000 r.p.m	15000 r.p.m	12000 r.p.m

STRATEGY	Offside start from outside	Spiral In Box	Offside start from outside	Spiral In Box
Material Thickness	4.6mm	4.6mm	3.7mm	3.7mm
TIME	40 menit	3 jam 50 menit	40 menit	3 jam 50 menit



Gambar 4.6 Hasil Pemesinan Desain 2



Gambar 4.7 Master Lontin Setelah Dipotong

Hasil pemesinan desain 2 memiliki ketebalan kurang dari 1mm tetapi pada hasil permesinan desain 2 masih terdapat bagian yang tidak terpahat dikarenakan bagian tersebut terlalu kecil sehingga pahat tidak dapat masuk pada bagian tersebut.

4.4 Kendala Saat Proses Pemesinan

4.4.1 Pemesinan Master Gagal

Terdapat kegagalan dalam proses pembuatan master. Dimana kegagalan ini dapat dijadikan referensi bagi peneliti selanjutnya agar mendapatkan hasil terbaik. Berikut parameter pemesinan yang gagal, dapat dilihat pada tabel 4.6

Tabel 4.6 Parameter Pemesinan Gagal

PARAMETER	PEMESINAN ATAS		PEMESINAN BAWAH	
	<i>ROUGHING</i>	<i>FINISHING</i>	<i>ROUGHING</i>	<i>FINISHING</i>
<i>TOOLS</i>	Endmill 3 mm	Ball Nose 0.25, 5°	Endmill 3mm	Ball Nose 0.25, 5°
<i>STEPOVER</i>	1.5 mm	0.05 mm	1.5 mm	0.05 mm
<i>STEPDOWN</i>	1 mm	1 mm	1 mm	1 mm
<i>FEEDRATE</i>	17 mm/sec	83 mm/min	17 mm/sec	83 mm/min
<i>PLUNGERATE</i>	4 mm/sec	83 mm/min	4 mm/sec	83 mm/min
<i>SPINDLE</i>	15000 r.p.m	12000 r.p.m	15000 r.p.m	12000 r.p.m
<i>STRATEGY</i>	Offside start from outside	Spiral In Box	Offside start from outside	Spiral In Box
<i>Material Thickness</i>	4.6mm	4.6mm	3.7mm	3.7mm
<i>TIME</i>	40 menit	3 jam 30 menit	40 menit	3 jam 30 menit

Hasil dari beberapa pemesinan yang gagal dikarenakan master liontin memiliki ketebalan kurang dari 1 mm dan kesalahan dalam mengatur *stepdown* dan pemasangan *jig* secara manual pada mesin cnc dan. Sehingga hal ini mengakibatkan permukaan atas dan bawah master tidak presisi.

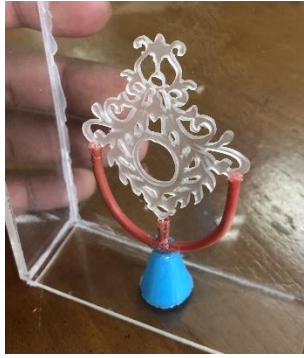
. Beberapa contoh kegagalan terjadinya patah pada master liontin. Sehingga pada proses pemesinan dihentikan lebih awal karena terjadi kecacatan pada master liontin.



Gambar 4.8 Hasil Pemesinan Gagal

4.5 Hasil Pembuatan Cetakan Silikon

Pembuatan cetakan silikon diawali dengan memasang *sprue* dan area *nozzle injection wax* dengan lem tembak. Campurkan silikon RTV52 dengan *catalys*. Kadar *catalys* sangat berpengaruh terhadap hasil cetakan silikon, apabila *catalys* kurang maka cetakan lembek dan lama mengering apabila terlalu banyak maka cetakan menjadi getas.



Gambar 4.9 Sprue dan Nozzle



Gambar 4.10 Hasil Cetakan Silikon

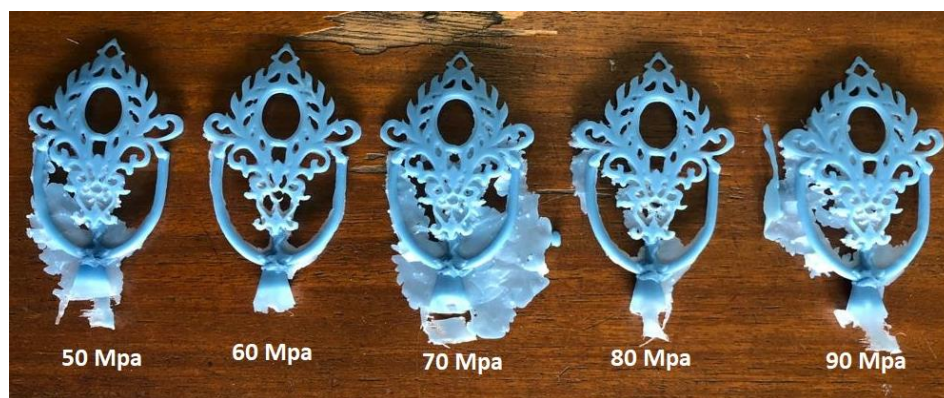
Walaupun sudah dilakukan proses *vacuum*. Namun masih banyak gelembung udara yang terjebak dalam silikon. Hal tersebut disebabkan oleh wadah cetakan yang kurang rapat sehingga dalam proses *vacuum* udara masuk melalui rongga – rongga yang terdapat pada wadah cetakan. Tetapi gelembung tidak terdapat pada relief master sehingga tidak mengganggu bentuk master saat proses *injection wax* dan cetakan silikon dapat digunakan.



Gambar 4.11 Hasil Cetakan Bagian Dalam

4.6 Hasil *Injection Wax* dan Pola Lilin

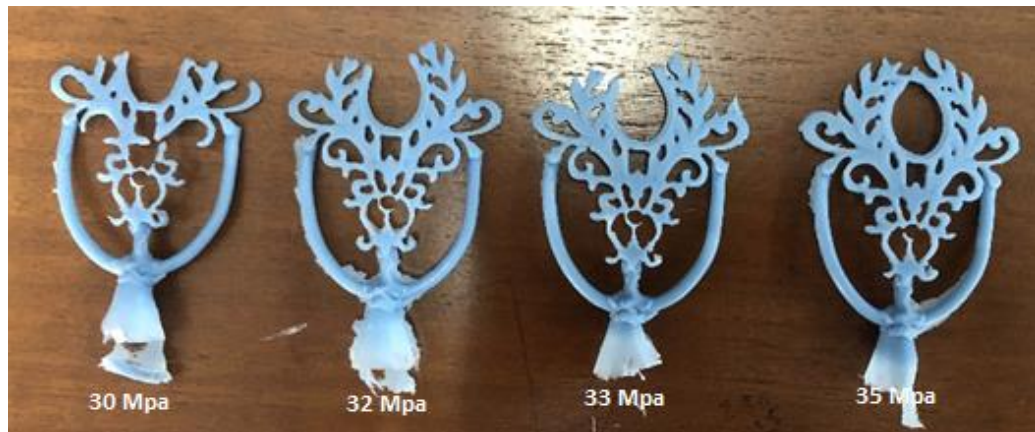
Pembuatan pola lilin dengan cara menginject lilin menggunakan mesin *injection wax*. Suhu yang digunakan saat proses *inject* berkisar antara 80-100°C dengan mengatur tekanan dan lama proses *injection*. 3 parameter tersebut sangat mempengaruhi hasil dari pola lilin tersebut. Pada penelitian ini dilakukan proses *inject* secara berulang dengan parameter yang berbeda. Untuk hasil *injection wax* dapat dilihat pada gambar 4.11, 4.12, dan 4.13.



Gambar 4.12 Hasil *Injection Wax* 50-90 Mpa

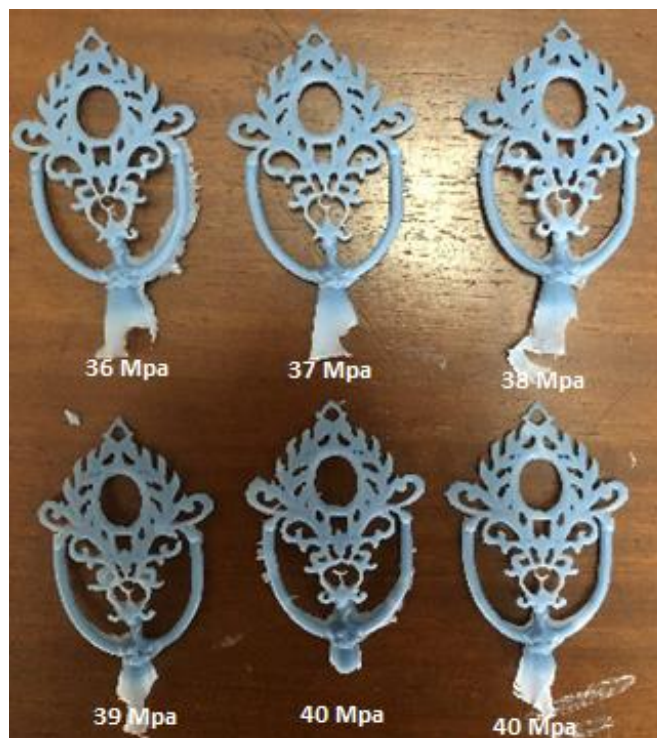
Pada gambar 4.12 pola lilin tercetak dengan sempurna, tetapi terdapat selaput disekitar pola lilin. Hal tersebut dikarenakan tekanan yang terlalu tinggi dan mengakibatkan lilin keluar dari relief pada cetakan silikon dan membentuk

selaput. Parameter yang digunakan adalah waktu *inject* 2 detik dengan tekanan 50-90Mpa.



Gambar 4.13 Hasil *Injection* Wax 30-35 Mpa

Pada gambar 4.13 Pola lilin tidak tercetak secara sempurna, lilin tidak masuk ke semua rongga cetakan hal tersebut dikarenakan tekanan yang kurang tinggi. Parameter yang digunakan adalah waktu *inject* 3 detik dengan tekanan 30-35 Mpa.



Gambar 4.14 Hasil *Injection* Wax 36-40 Mpa

Pada gambar 4.12 Menggunakan parameter berbeda dari sebelumnya yaitu waktu inject 3 detik dengan tekanan 36-40 Mpa menghasilkan pola lilin mirip seperti master, tetapi terdapat bagian yang cacat pada hasil injection wax. Kecacatan tersebut diakibatkan bagian master liontin terlalu tipis dan karakter silikon yang lentur sehingga pada bagian yang tipis silikon menyusut mengakibatkan jalur lilin tersumbat dan pola lilin menjadi cacat.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Selama penelitian ini dilakukan terdapat beberapa kesimpulan yang diambil. Hasil yang dapat disimpulkan dari proses desain hingga proses injection wax adalah sebagai berikut :

1. Dimensi, ketebalan, keruncingan dan lekukan pada desain sangat berpengaruh terhadap hasil dan kerumitan parameter permesinan.
2. Master yang paling tepat digunakan adalah master hasil permesinan CNC yang memiliki ketelitian tinggi dan permukaan yang halus. Untuk master hasil 3D Printing menghasilkan produk yang kurang detail dan permukaan bawah kasar sehingga kurang cocok digunakan untuk master perhiasan.
3. Desain produk yang terlalu tipis mengakibatkan master mudah patah saat proses permesinan walaupun menggunakan *feed rate*, *step down* yang relatif kecil.

5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan dan masih terdapat banyak kekurangan yang mungkin dapat dilakukan penelitian selanjutnya. Berikut beberapa untuk penelitian selanjutnya :

1. Pertimbangkan kerumitan desain yang dibuat, semakin rumit desain maka parameter pemesinan memerlukan parameter yang rumit.
2. Pertimbangkan tebal tipis desain agar pada pembuatan cetakan silikon, cetakan yang dihasilkan sesuai dengan bentuk master.
3. Perlu dilakukan analisis jalur saat *injection wax* agar pola lilin yang dihasilkan sesuai dengan master.

DAFTAR PUSTAKA

- Hafid, (2012). *Penelitian Bahan Substitusi Import Untuk Pembuatan Cetakan Keramik Pada Teknologi Proses Investment Casting*. Bandung
- Irvan, P.S. (2021). *Pembuatan Model Suvenir Bros Logo Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia*. D. I. Yogyakarta ; Universitas Islam Indonesia
- Kadar, M. (2019). *Pembuatan Master Cincin Complex Signet Menggunakan*. D. I. Yogyakarta ; Universitas Islam Indonesia.
- Ningsih, D. H. U. (2005). Computer Aided Design / Computer Aided Manufactur [CAD/CAM]. *Computer Aided Design*, 3, 7.
- Paryanto, M. (2012). Mengopersikan Mesin CNC Dasar.
- Pramono, E. P. (2017). Proses Permesinan CNC dalam Pembelajaran Simulasi CNC.
- Purnomo, W. C. (2017). Desain dan Pembuatan Suvenir Bercorak UII Jogja Berupa Jepitan Dasi Plakat dan Logo Kotak Plakat.
- Seprianto, D., Hidayat, N., & Wilza, R. (2021). *PENYIMPANGAN DIMENSI PROSES PRODUKSI GEAR DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI DLP (DIGITAL LIGHT PROCESSING) 3D PRINTER*. 5.
- Shofia, N. (2014). *Pembuatan Master Cincin Complex Signet Menggunakan*. D. I. Yogyakarta ; Universitas Islam Indonesia.
- M. Syarifudin. (2021). *Pembuatan Bros Dengan Motif Dua Layer*. D. I. Yogyakarta ; Universitas Islam Indonesia
- Widarto, dkk (2008). Teknik Permesinan untuk SMK. Jakarta
- Yuniarti, N., & Afandi, A. N. (n.d.). *TINJAUAN SIFAT HIDROFOBIK BAHAN ISOLASI SILICONE RUBBER*. 8.

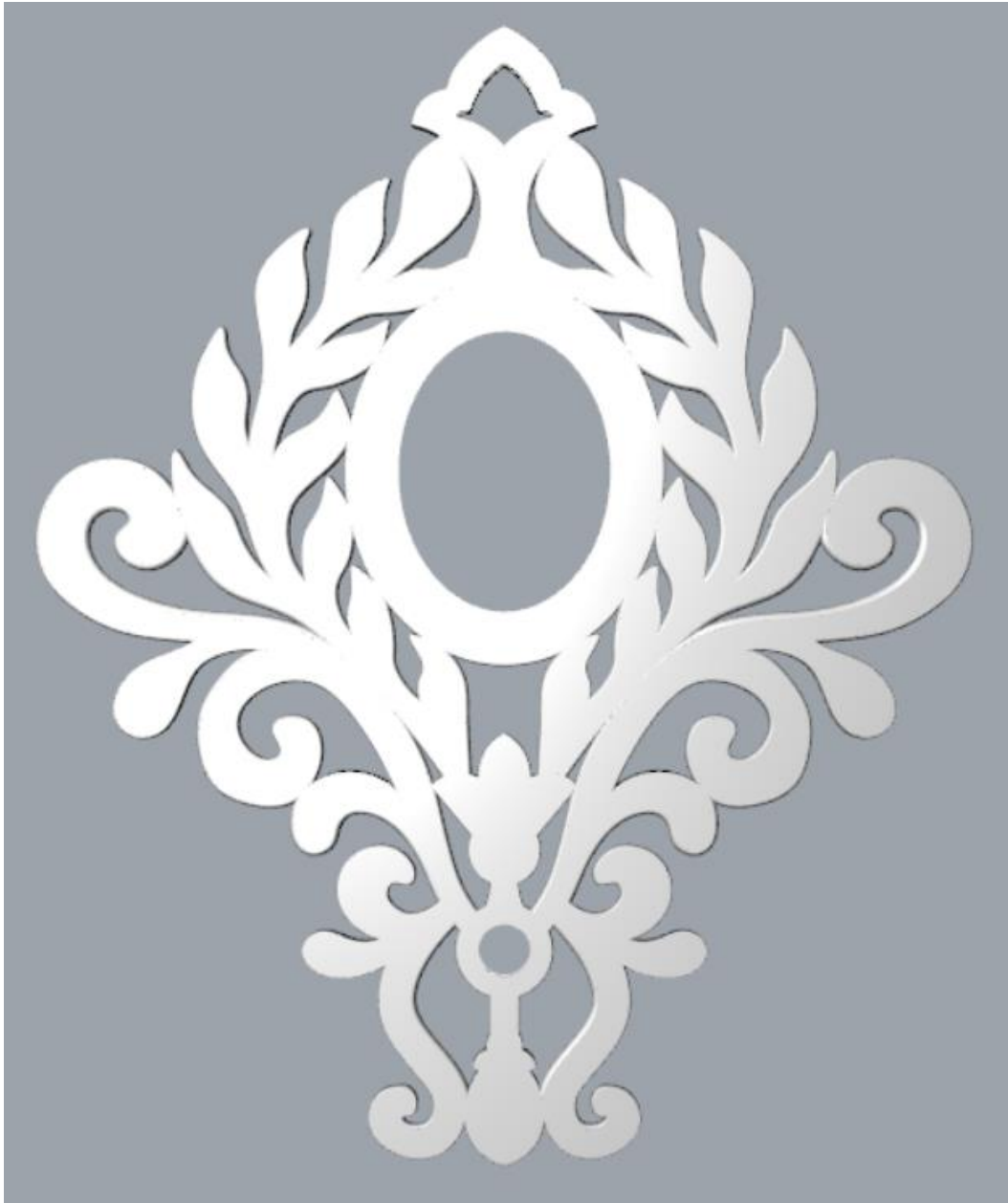
LAMPIRAN 1

Parameter Pemesinan Desain 2

PARAMETER	PEMESINAN ATAS		PEMESINAN BAWAH	
	<i>ROUGHING</i>	<i>FINISHING</i>	<i>ROUGHING</i>	<i>FINISHING</i>
<i>TOOLS</i>	Endmill 3 mm	Ball Nose 0.25, 5°	Endmill 3mm	Ball Nose 0.25, 5°
<i>STEPOVER</i>	1.5 mm	0.05 mm	1.5 mm	0.05 mm
<i>STEPDOWN</i>	0.5 mm	1 mm	0.5 mm	1 mm
<i>FEEDRATE</i>	17 mm/sec	83 mm/min	17 mm/sec	83 mm/min
<i>PLUNGERATE</i>	4 mm/sec	83 mm/min	4 mm/sec	83 mm/min
<i>SPINDLE</i>	15000 r.p.m	12000 r.p.m	15000 r.p.m	12000 r.p.m
<i>STRATEGY</i>	Offside start from outside	Spiral In Box	Offside start from outside	Spiral In Box
<i>Material Thickness</i>	4.6mm	4.6mm	3.7mm	3.7mm
<i>TIME</i>	40 menit	3 jam 50 menit	40 menit	3 jam 50 menit

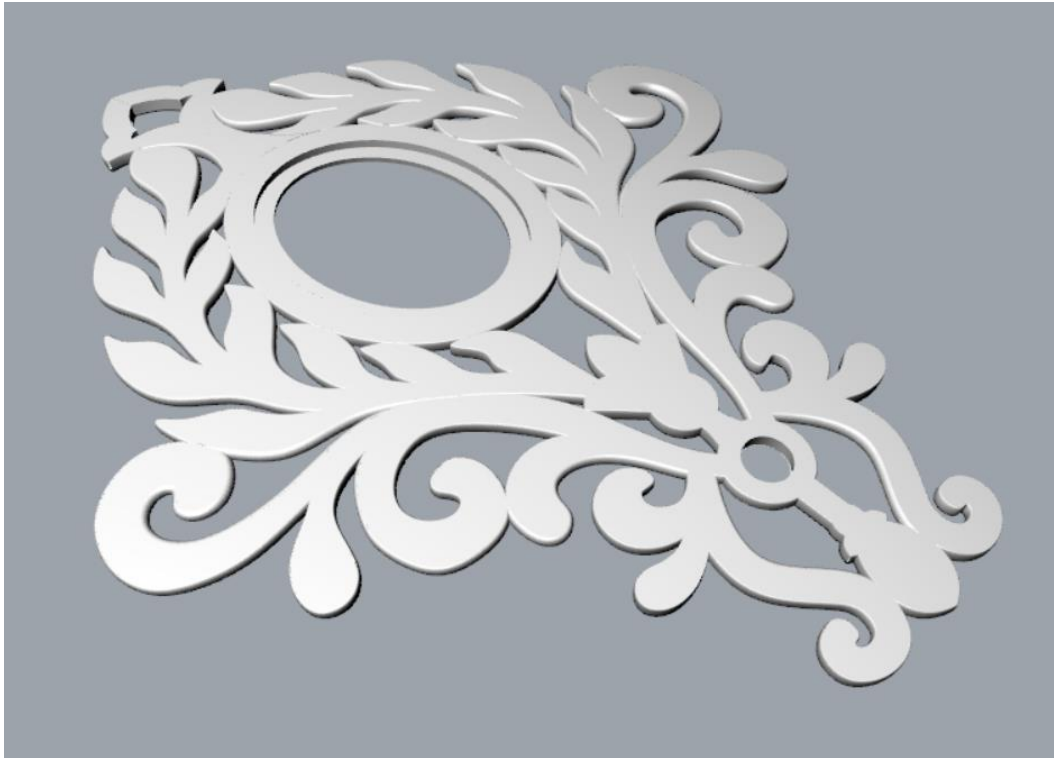
LAMPIRAN 2

Liontin Tampak Atas



LAMPIRAN 3

Liontin Tampak Prespektif



LAMPIRAN 4

Liontin Tampak Samping

