

**PEMBUATAN MODEL LILIN SUVENIR LOGO TEKNIK
MESIN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh :

Nama : Wisnu Adi Wijaya

No. Mahasiswa : 15525086

NIRM : 2015011762

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

2021

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Wisnu Adi Wijaya

Nim : 15525086

Topik Skripsi : PEMBUATAN MODEL LILIN SUVENIR LOGO TEKNIK
MESIN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 14 Desember 2021



(Wisnu Adi Wijaya)
15525086

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PEMBUATAN MODEL LILIN SUVENIR LOGO TEKNIK
MESIN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Wisnu Adi Wijaya

No. Mahasiswa : 15525086

NIRM : 2015011762

Yogyakarta, 16 Desember 2021

Pembimbing I,



Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M. Eng.

Pembimbing II,



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

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**PEMBUATAN MODEL LILIN SUVENIR LOGO TEKNIK
MESIN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Wisnu Adi Wijaya

No. Mahasiswa : 15525086

NIRM : 2015011762

Tim Penguji

Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M. Eng.

Ketua


Tanggal: 10 Januari 2022


Purtojo, S.T., M.Sc.

Anggota I


Tanggal: 8 Januari 2022

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

Anggota II


Tanggal: 8 Januari 2022

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin




Dr. Ir. Kisdiyono, S.T., M. Eng.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillah, saya persembahkan Tugas Akhir ini untuk:

1. Bapak dan Ibu, yang selalu memberikan doa, nasihat, dan kasih sayang yang membuat peneliti terus semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M. Eng. dan Bapak Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc. selaku pembimbing Tugas Akhir yang telah bersedia membimbing dan memberikan ilmunya kepada peneliti.
3. Segenap dosen program studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
4. Saudara Angkatan 2015 Teknik Mesin dan Keluarga Besar Tim Mobil Listrik yang telah menemani perjuangan peneliti selama menempuh perjalanan di bangku perkuliahan.
5. Irvan Pradikta yang merupakan teman seperjuangan dalam melaksanakan tugas akhir.
6. Sahabat-sahabat seperjuangan dalam menempuh kehidupan dikampus.

HALAMAN MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

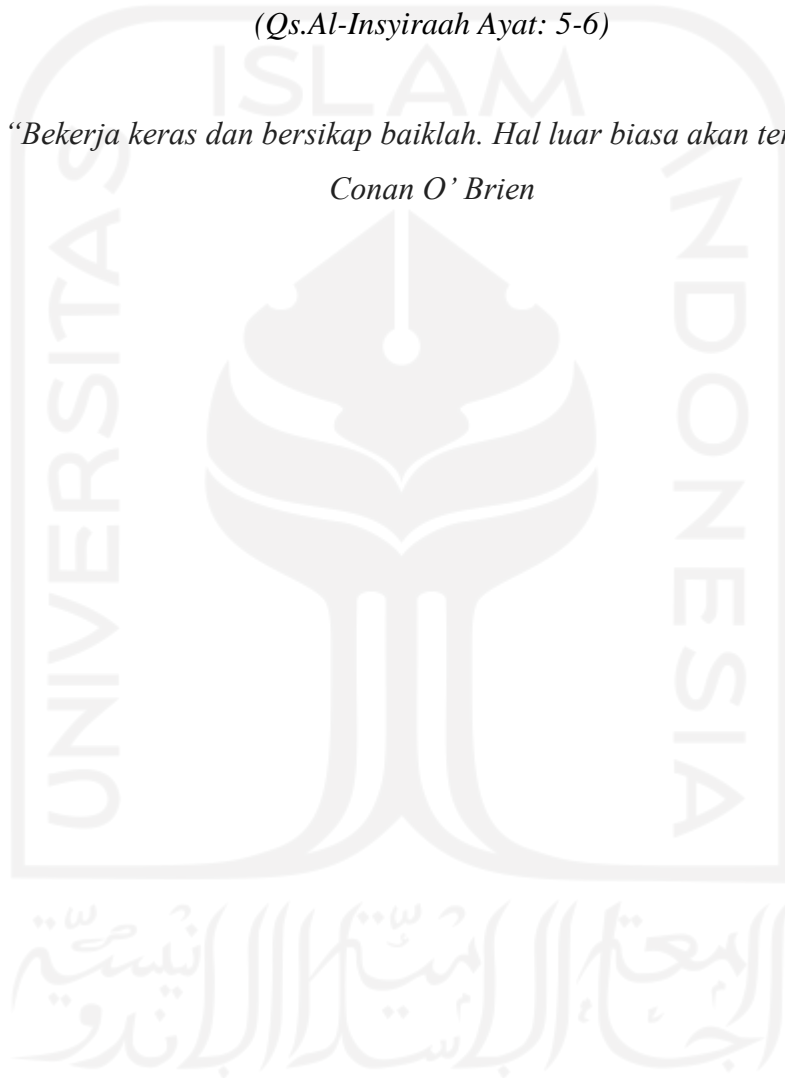
(Q.s. Al-Baqaroh: 286)

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(Qs.Al-Insyiraah Ayat: 5-6)

“Bekerja keras dan bersikap baiklah. Hal luar biasa akan terjadi”

Conan O' Brien



KATA PENGANTAR

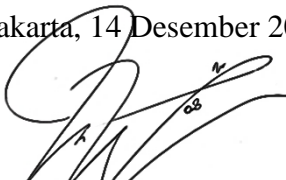
Puji syukur peneliti panjatkan atas kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Selama pelaksanaan tugas akhir, penulis banyak mendapat, dukungan, bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, untuk itu penulis ingin berterimakasih kepada:

1. Kedua orang tua yang selalu memberikan doa, nasihat, bimbingan, dan bantuan finansial.
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 1 dan Bapak Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc. selaku pembimbing 2 tugas akhir yang telah membimbing, mendampingi dan memberikan ilmu selama pelaksanaan hingga akhir tugas akhir ini dilakukan.
4. Rizky Wirantara selaku laboran yang telah banyak membantu dan memberi arahan dalam pengoperasian mesin CNC di laboratorium.
5. Saudara Irvan Pradikta yang telah membantu dan menjadi partner dalam mengerjakan Tugas Akhir.
6. Erlinda DL yang banyak mendukung dalam pelaksanaan tugas akhir ini.

Saya menyadari bahwa dalam pelaksanaan tugas akhir ini masih banyak kekeliruan dan kekurangan, maka dari itu peneliti memohon maaf sebesar-besarnya dan semoga hasil dari tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan di masa yang akan datang, Aaamin.

Yogyakarta, 14 Desember 2021



(Wisnu Adi Wijaya)
1525086

ABSTRAK

Suvenir dapat diartikan sebuah benda sebagai pengingat akan sebuah objek tertentu seperti tempat, peristiwa, event, dan juga instansi. Dalam penelitian ini pembuatan souvenir dilakukan untuk memperkenalkan logo Prodi Teknik Mesin UII. Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat ini telah mempengaruhi banyak hal, salah satunya adalah proses produksi souvenir menggunakan teknologi modern saat ini. Penelitian ini dimulai dengan pembuatan desain produk menggunakan software CAD (Computer Aided Design). Desain kemudian diwujudkan dengan proses pemesinan master menggunakan mesin Cedu CNC (Computer Numerical Control) dengan material akrilik ketebalan 8 mm. Proses pemesinan melalui dua tahapan yaitu proses roughing menggunakan pahat End Mill 3 mm dan proses finishing menggunakan pahat conical 0.2 10°. Tahapan selanjutnya yaitu pembuatan cetakan silikon menggunakan silicone rubber RTV-48. Tahap akhir dari penelitian ini yaitu proses injection wax menggunakan mesin Vacuum Wax Injector. Dari semua tahapan penelitian yang telah dilalui, didapatkan model lilin sesuai dengan desain yang telah dibuat, sehingga model lilin dapat digunakan untuk proses selanjutnya.

Kata Kunci: *Suvenir, Logo Teknik Mesin, 3design, CNC, Injection Wax*

ABSTRACT

Suvenirs can be interpreted as an object as a reminder of a certain object such as a place, event, and also an institution. In this study, souvenirs were made to introduce the UII Mechanical Engineering Study Program logo. Along with this increasingly rapid technological development, it has influenced many things, one of which is the process of producing souvenirs using today's modern technology. This research begins with making product designs using CAD (Computer Aided Design) software. The design is then realized by a master machining process using a Cedu CNC (Computer Numerical Control) machine with 8 mm thickness acrylic material. The machining process goes through two stages, namely the roughing process using a 3 mm End Mill chisel and the finishing process using a 0.2 10° conical chisel. The next stage is the manufacture of silicone molds using silicone rubber RTV-48. The final stage of this research is the injection wax process using a Vacuum Wax Injector machine. From all the research stages that have been passed, the wax model is obtained according to the design that has been made, so that the wax model can be used for the next process.

Keywords: *Suvenirs, Mechanical Engineering Logo, 3design, CNC, 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	vii
Abstrak	viii
Daftar Isi	ix
Daftar Tabel	xii
Daftar Gambar	xiii
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 Landasan Teori	5
2.2.1 CAD (<i>Computer Aided Design</i>)	5
2.2.2 CAM (<i>Computer Aided Manufacturing</i>)	5
2.2.3 CNC (<i>Computer Numerical Control</i>)	6
2.2.4 <i>Shank and Colet</i>	8
2.2.5 <i>CNC Tools</i>	8
2.2.6 <i>Silicone Rubber</i>	9
2.2.7 <i>Vacuum</i>	10
2.2.8 <i>Ijection Wax</i>	10

BAB 3 Metode Penelitian.....	12
3.1 Alur Penelitian	12
3.2 Peralatan dan Bahan.....	13
3.2.3 Alat dan bahan pembuatan <i>prototype</i>	13
3.2.4 Alat dan bahan pembuatan master.....	13
3.2.5 Peralatan dan bahan pembuatan cetakan silikon	13
3.2.6 Alat dan bahan pembuatan model lilin.....	14
3.3 Observasi	14
3.3.1 Logo.....	14
3.3.2 Produk Suvenir	15
3.4 Kriteria Desain Suvenir	15
3.5 Konsep Desain Suvenir.....	16
3.6 Proses Desain Suvenir	17
3.6.1 Desain 3D Logo Teknik Mesin UII.....	17
3.6.2 Konsep Desain 1	18
3.6.3 Konsep Desain 2.....	19
3.7 Proses 3D <i>Printing</i>	20
3.8 Proses Pemesinan.....	21
3.8.1 Simulasi pemesinan	21
3.8.2 Proses Pemesinan	22
3.9 Pembuatan Cetakan Silikon.....	23
3.10 Proses <i>Injection Wax</i>	26
BAB 4 Hasil dan Pembahasan.....	28
4.1 Hasil dan Pembahasan Pembuatan Desain	28
4.1.1 Transformasi Logo Teknik Mesin UII	28
4.1.2 Desain Suvenir.....	29
4.2 Hasil dan Pembahasan Proses Pemesinan	30
4.2.1 Percobaan Pertama Pemesinan Master	30
4.2.2 Percobaan Kedua Pemesinan Master.....	31
4.3 Pembuatan Cetakan Silikon	32
4.4 Hasil Pembuatan Pola Lilin	34
4.5 Gambaran Produk Suvenir/Prototipe	35

Bab 5 Penutup.....	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya.....	38
Daftar Pustaka	39
LAMPIRAN	40



DAFTAR TABEL

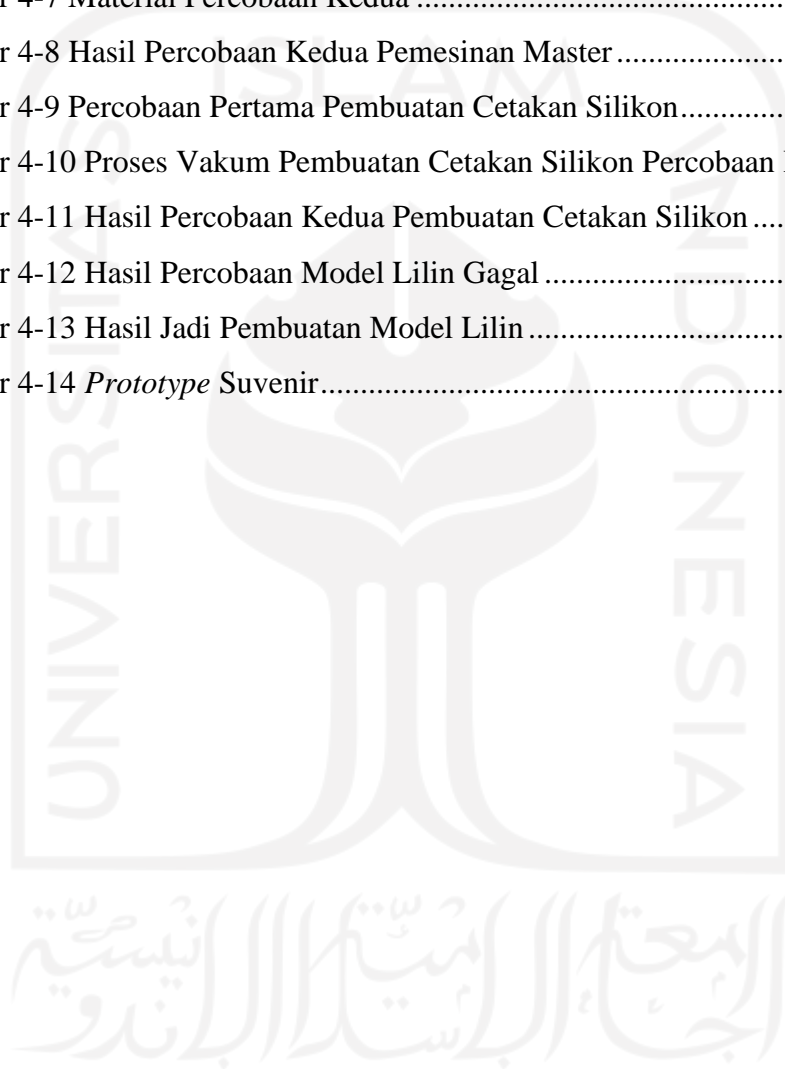
Tabel 3-1 Parameter Simulasi Pemesinan	21
Tabel 3-2 Parameter Pemesinan <i>Roughing</i>	22
Tabel 3-3 Parameter Pemesinan <i>Finishing</i>	23
Tabel 4-1 Waktu Pemesinan Master.....	30
Tabel 4-2 Hasil Percobaan <i>Injection Wax</i>	35



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1-1 Logo Teknik Mesin UII Beserta Filosofinya	1
Gambar 2-1 3Design.....	5
Gambar 2-2 ArtCAM Delcam	6
Gambar 2-3 Kaidah Tangan Kanan	7
Gambar 2-4 CNC 3 Axis	7
Gambar 2-5 <i>Shank and Colet</i>	8
Gambar 2-6 Pahat <i>End Mill</i>	8
Gambar 2-7 Pahat <i>Conical</i>	9
Gambar 2-8 <i>Silicone Rubber</i>	10
Gambar 2-9 Lilin Perhiasan.....	11
Gambar 3-1 Diagram Alir Penelitian.....	12
Gambar 3-2 Logo Teknik Mesin UII.....	14
Gambar 3-3 Contoh Suvenir Gantungan Kunci	15
Gambar 3-4 Contoh Suvenir Gantungan Spion Mobil.....	15
Gambar 3-5 Gantungan Spion Mobil	16
Gambar 3-6 Sketsa 3D Logo Teknik Mesin UII	17
Gambar 3-7 Kerangka 3D Logo Teknik Mesin UII	17
Gambar 3-8 Desain 3D Logo Teknik Mesin UII.....	18
Gambar 3-9 Konsep Desain 1	18
Gambar 3-10 <i>Prototype</i> Desain 1	18
Gambar 3-11 Konsep Desain 2.....	19
Gambar 3-12 Dimensi Desain 2	19
Gambar 3-13 Parameter Pemesinan 3D <i>Printing</i>	20
Gambar 3-14 Hasil Pemesinan 3D <i>Printing</i>	21

Gambar 4-1 Desain <i>Final</i> 3D Logo Teknik Mesin.....	28
Gambar 4-2 Dimensi Desain 3D Logo Teknik Mesin UII	28
Gambar 4-3 Desain <i>Skecth</i> Master Suvenir	29
Gambar 4-4 <i>Final</i> Desain Suvenir	29
Gambar 4-5 Material Akrilik Percobaan Pertama	30
Gambar 4-6 Hasil Percobaan Pertama Pemesinan Master	31
Gambar 4-7 Material Percobaan Kedua	32
Gambar 4-8 Hasil Percobaan Kedua Pemesinan Master	32
Gambar 4-9 Percobaan Pertama Pembuatan Cetakan Silikon.....	33
Gambar 4-10 Proses Vakum Pembuatan Cetakan Silikon Percobaan Kedua	33
Gambar 4-11 Hasil Percobaan Kedua Pembuatan Cetakan Silikon	33
Gambar 4-12 Hasil Percobaan Model Lilin Gagal	34
Gambar 4-13 Hasil Jadi Pembuatan Model Lilin	35
Gambar 4-14 <i>Prototype</i> Suvenir.....	35



BAB 1

PENDAHULUAN

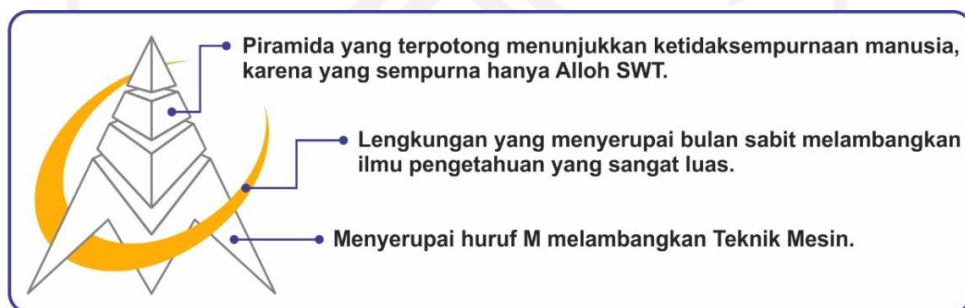
1.1 Latar Belakang

Menurut KBBI souvenir adalah tanda mata, cendera mata maupun kenang-kenangan. Souvenir mempunyai nilai artistik dan dalam proses pembuatan souvenir memerlukan kreatifitas agar disukai banyak orang (Nurnitasari, 2009). Seiring perkembangan teknologi saat ini souvenir juga mengalami perkembangan, souvenir dapat digunakan sebagai media dalam memperkenalkan sebuah nama brand, institusi, dan bahkan banyak digunakan untuk memperkenalkan nama perusahaan.

Menurut Timseo dikutip dari web yaitu erecoger.com mengatakan bahwa souvenir telah menjadi trend saat ini, banyak perusahaan yang membuat/memesan berbagai macam souvenir yang unik dengan kualitas yang bagus untuk keperluan *event* perusahaan.

Pembuatan souvenir dapat dijadikan sebagai iklan dan pengingat logo dari Teknik Mesin UII mengingat dari beberapa pendapat diatas bahwa media iklan menggunakan souvenir merupakan hal yang efektif. Souvenir akan menjadi benda maupun kenangan yang berharga bagi seseorang. Terlebih lagi apabila souvenir mempunyai desain menarik dan kualitas souvenir yang baik.

Logo dan filosofi dari Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia dapat dilihat pada gambar 1-1 dibawah ini:



Gambar 1-1 Logo Teknik Mesin UII Beserta Filosofinya

Pembuatan souvenir dengan tema logo Teknik Mesin UII di desain dengan menggunakan *software* 3DESIGN dan dilakukan pemesinan master menggunakan teknologi mesin CNC dalam proses pembuatannya. Sehingga dapat menghasilkan master dengan tingkat ketelitian yang baik untuk digunakan dalam proses

pembuatan model lilin. Keunggulan dari mesin CNC yaitu dapat bekerja lebih cepat, tepat, kompleks, mempunyai ketelitian yang baik, dan dapat diulang. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan terkait penggunaan teknologi CAD/CAM dan mesin CNC dalam proses pembuatan souvenir.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana cara merealisasikan sebuah produk souvenir dari desain hingga menjadi model lilin (*wax-pattern*) dengan bentuk souvenir dari logo Teknik Mesin UII.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah, yaitu:

- 1) Pembuatan desain menggunakan *software* 3DESIGN dan Solidworks.
- 2) Simulasi pemesinan dan pembuatan g-code menggunakan *software* ArtCam.
- 3) Proses pemesinan master menggunakan mesin CEDU CNC.
- 4) Penelitian dilakukan hanya sampai pembuatan model lilin, tidak sampai pengecoran logam.
- 5) Penelitian ini tidak membahas tentang ketahanan material.

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Tujuan dari perancangan ini yaitu merancang produk souvenir Teknik Mesin UII dari proses desain sampai tahap pembuatan model lilin (*wax-pattern*) dan mengamati kendala-kendala yang di alami dari semua proses perancangan yang telah dilakukan.

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu:

- 1) Menghasilkan sebuah desain souvenir dengan tema logo Teknik Mesin UII.
- 2) Menghasilkan master produk yang dibuat menggunakan mesin CNC.
- 3) Menghasilkan model lilin yang sesuai dengan master produk.

- 4) Memberikan pemahaman terhadap mahasiswa mengenai topik yang berkaitan dengan mesin CNC.
- 5) Dapat digunakan sebagai referensi dalam pembuatan desain, pemesinan master, pembuatan cetakan silikon, dan proses pembuatan model lilin (*wax-pattern*).

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini disusun secara berurutan untuk mempermudah dalam pembahasan. Bab 1 pendahuluan. Bab 1 berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan. Bab 2 tinjauan pustaka. Bab 2 berisi kajian pustaka dan dasar teori yang digunakan dalam penelitian. Bab 3 metodologi penelitian. Bab 3 menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini dan metode penelitian yang digunakan. Bab 4 hasil dan pembahasan. Bab 4 berisi tentang hasil dan pembahasan berdasarkan penelitian dan perancangan yang telah dilakukan. Bab 5 penutup. Bab 5 berisi kesimpulan dan saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Suvenir adalah benda atau perhiasan dekoratif yang dijadikan sebagai cinderamata atau simbol kenangan yang telah dialami. Ada berbagai macam jenis souvenir yang bisa ditemukan di era sekarang ini, namun pada penelitian ini produk souvenir yang dirancang adalah sebuah souvenir model gantungan.

Menurut KBBI, souvenir merupakan tanda mata, kenang-kenangan, atau cendera mata yang diberikan sebagai simbol kenang-kenangan terhadap sebuah peristiwa yang telah dialami.

Pada pelaksanaan penelitian ini ada beberapa hal yang mengacu pada penelitian sebelumnya, yaitu tentang proses produksi souvenir atau perhiasan pada tahun 2017, telah dilakukan penelitian dengan topik “Pembuatan Souvenir Bercorak UII” berupa jepitan dasi, plakat, dan logo kotak plakat dari bahan resin. Pada tahap pemesinan dalam penelitian tersebut dilakukan proses pemesinan CNC dua sisi secara manual (Purnomo, 2017). Teknik manual yang dilakukan yaitu membalik atau memutar benda objek 180° tanpa bantuan mesin. Proses pemesinan dua sisi dilakukan karena produk yang dirancang memiliki dua sisi yang saling bertolak-belakang.

Perancangan souvenir logo Teknik Mesin UII ini diawali dengan membuat desain menggunakan *software* 3DESIGN, kemudian melakukan simulasi pemesinan dan pembuatan *g-code* menggunakan *software* ArtCam. Tahap selanjutnya yaitu pembuatan master melalui pemesinan CNC menggunakan mesin CEDU CNC dengan bahan akrilik. Setelah itu dilanjutkan proses pembuatan cetakan silikon menggunakan bahan *silicone rubber* RTV-48, kemudian dilakukan tahapan akhir dari proses penelitian ini yaitu proses *injection wax* untuk menghasilkan model lilin (*wax-pattern*) souvenir Teknik Mesin UII.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 CAD (*Computer Aided Design*)

Computer Aided Design (CAD) secara singkat dapat diartikan yaitu “proses desain menggunakan komputer”. Dalam proses desain menggunakan komputer dapat digunakan dalam visualisasi gambar (*representation*) maupun analisis. Aplikasi CAD dalam representasi visual tidak hanya digunakan sebatas itu saja, CAD juga dapat digunakan untuk pembuatan model 3D, *wire-frame*, representasi *boundary*, model solid dan berbagai macam simulasi analisis seperti simulasi kinematik, dan analisis rangkaian (*circuit*).

3DESIGN

3DESIGN adalah software atau perangkat lunak CAD inovatif yang dirancang khusus untuk pencipta dan produsen perhiasan, jam tangan, aksesoris atau souvenir. 3DESIGN merupakan perangkat lunak CAD berbasis vektor yang dibuat khusus untuk membuat desain perhiasan dan ditujukan untuk produsen atau pengrajin perhiasan, pembuat jam, serta perancang aksesoris. 3DESIGN memungkinkan perancangan model perhiasan dalam membuat model 3D, kemudian mempresentasikannya, memvalidasi, menjual, serta memproduksi.



Gambar 2-1 3Design

2.2.2 CAM (*Computer Aided Manufacturing*)

Computer Aided Manufacturing (CAM) adalah sebuah teknologi aplikasi yang menggunakan perangkat lunak komputer dan mesin untuk 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 *software* CAD/CAM. 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).

ArtCam JewelSmith

ArtCAM (*Artistic Computer Aided Manufacturing*) adalah *software* CAD/CAM yang diciptakan perusahaan Delcam yang menjadi solusi untuk pembuatan desain produk seni berupa perhiasan dan lain sebagainya. ArtCAM memiliki keunggulan dalam membangkitkan *relief* 3 dimensi dari sebuah gambar atau foto secara cepat, sehingga ArtCAM memiliki potensi dalam memberikan nilai tambah pada desain produk yang membutuhkan seni artistik.



Gambar 2-2 ArtCAM Delcam

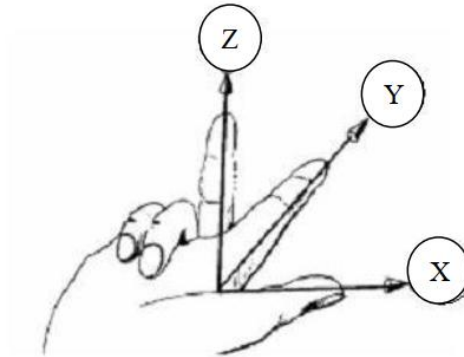
ArtCAM memiliki kemampuan untuk mengkalkulasi jalur *toolpath* yang dibutuhkan dalam melakukan proses pemesinan CNC. Proses pembuatan program *toolpath* dapat dilakukan pada *relief* 3D, program *toolpath* atau *g-code* yang telah dibuat oleh *software* ArtCAM dapat dikirim langsung ke mesin CNC dan mesin CNC akan langsung melakukan proses pemesinan pada material. Umumnya jenis file yang dapat di *import* ke dalam *software* ArtCAM JewelSmith memiliki format (.STL) untuk dapat dilakukan simulasi pemesinan dan pembuatan *toolpath/g-code*.

2.2.3 CNC (*Computer Numerical Control*)

Computer Numerical Control (CNC) didefinisikan sebagai satu komputer yang mengkonversikan rancangan menjadi sejumlah perintah dimana komputer memanfaatkan sebagai kendali control untuk menggerakkan mesin dalam pemesinan seperti memotong (*cutting*) dan membentuk (*shaping*) material. Perintah yang dikirimkan yaitu berupa kode-kode numerik yang berisi koordinat arah pergerakan mesin. CNC digunakan untuk melakukan proses pemesinan dan perancangan. Jumlah *Axis* pada mesin CNC pada umumnya memiliki 2 *Axis* dan 3 *Axis*, serta 4 *Axis* dan 5 *Axis*. Di banyak kasus sistem CAM akan bekerja dengan perancangan CAD yang dibuat di lingkungan 3 dimensi. *Programmer* CNC akan menentukan operasi mesin dan sistem CAM yang akan membuat program CNC (Ningsih, 2005).

CNC 3 Axis

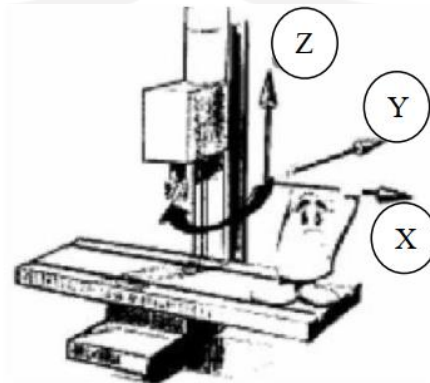
Mesin CNC 3 Axis adalah mesin CNC yang menggunakan 3 arah mata pahat sebagai arah pergerakan yaitu sumbu X, sumbu Y, dan Sumbu Z.



Gambar 2-3 Kaidah Tangan Kanan

Sumber : (Paryanto, 2012)

Sumbu mesin CNC menentukan gerakan pada pahat terhadap benda kerja. Pada mesin CNC standar yang digunakan pada sumbu mesin yaitu dengan menggunakan kaidah tangan kanan dapat dilihat pada gambar 2-3 diatas. *International Organization for Standardization* (ISO) telah mengeluarkan standar sumbu mesin yaitu gerakan sumbu Z dengan arah gerak vertikal orientasi bersama dengan gerak *spindle*, sumbu X dengan arah gerak horizontal, kemudian sumbu Y yang mengikuti kaidah tangan kanan sehingga membentuk sumbu X, Y, dan Z untuk menyatakan gerakan pahat.

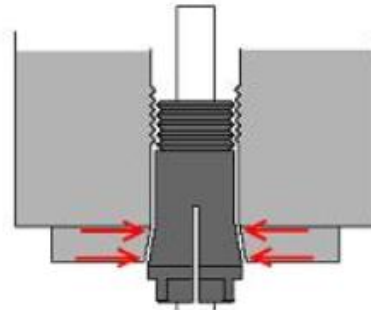


Gambar 2-4 CNC 3 Axis

Sumber : (Paryanto, 2012)

2.2.4 *Shank and Colet*

Shank merupakan bagian yang dipegang oleh mesin dan digunakan untuk menghubungkan dengan *collet* pemegang. Ukuran standar *collet* adalah 1/4", 1/8" dan untuk ukuran metrik 6 mm dan 3 mm (Roland University, 2008). *Shank* dan *collet* ditunjukkan pada gambar 2-5.



Gambar 2-5 *Shank and Colet*
Sumber : (Roland University 2008)

2.2.5 *CNC Tools*

Pahat merupakan salah satu bagian penting dalam proses pemesinan CNC. Material pahat harus lebih keras daripada benda kerja yang digunakan agar pada saat proses pemesinan pahat tidak patah.

2.2.5.1 *Pahat End Mill*

End Mill merupakan pahat *solid* dengan sisi dan gagang yang menjadi satu. *End Mill* dapat digunakan untuk frais permukaan bidang datar, frais *horizontal*, *vertikal*. Secara operasional *End Mill* digunakan untuk pembuatan alur, *keyways*, *pockets* (kantong), *shoulders* (tingkat), permukaan datar dan frais bentuk. Gambaran pahat *End Mill* seperti pada gambar 2-6.



Gambar 2-6 Pahat *End Mill*
Sumber : (Roland University, 2008)

2.2.5.2 Pahat *Conical*

Pahat *Conical* digunakan untuk memotong bentuk yang memiliki lekukan tajam serta *relief* yang berukuran kecil, namun mudah untuk mengalami kegagalan karena sudut yang sangat kecil dan rapuh. Pahat *conical* adalah pahat yang memiliki sudut paruh yang kecil dengan bentuk yang runcing. Sudut paruh pada pahat ini sangat berpengaruh terhadap detail profil dari permukaan produk. Semakin kecil sudut paruhnya maka akan semakin detail profil permukaannya (Roland University, 2008). Pahat *Conical* ditunjukkan pada gambar 2-7.



Gambar 2-7 Pahat *Conical*

Sumber : (Roland University, 2008)

2.2.6 *Silicone Rubber*

Silicone rubber merupakan bahan polimer yang tersusun dari monomermonomer silicilsiloxane yang membentuk polydimethylsiloxane. Secara kimia dituliskan dengan rumus $[\text{CH}_3\text{SiO}]_n$. Berdasarkan rumus kimia tersebut dapat terlihat pengulangan monomernya yang dinyatakan dengan derajat polimerisasi (n). Karet silikon memiliki berat molekul yang tinggi dan memiliki derajat polimerisasi antara 4.000 sampai 10.000. Satu atom silikon diperoleh dengan cara mereduksi SiO_2 dengan karbon melalui peristiwa pemanasan listrik (Yuniarti, 2012).

Silicone rubber RTV-48

Silicone rubber RTV-48 adalah jenis polymer sintetik yang memiliki fungsi dan kelebihan yang bagus, *Silicone rubber RTV-48* berupa cairan kental berwarna putih yang akan mengeras ketika dicampur dengan katalis dengan perbandingan yang tepat (1:25). *Silicone rubber RTV-48* dapat dilihat pada gambar 2-8.



Gambar 2-8 *Silicone Rubber*

2.2.7 *Vacuum*

Vakum berasal dari kata latin yaitu *Vacuus*, berarti kosong. Kata dasar dari kata *vacuum* tersebut merupakan vakum yang ideal atau vakum yang sempurna (*Vacuum perfect*), dalam dunia nyata Sistem Vakum tidak dapat dinyatakan tetapi merupakan suatu acuan dalam pengukuran tekanan.

Vakum merupakan suatu kondisi dari udara/gas sekitar lingkungan tertentu dimana tekanan udara berada dibawah tekanan atmosfer. Untuk menghasilkan keadaan vakum perlu untuk mengeluarkan udara dari suatu sistem, ini merupakan prinsip dasar dari cara kerja vakum.

Prinsip dasar dari vakum, dimana proses tetap pada ruang hampa, aliran cairan dan uap air sangat diperlukan pada langkah-langkah untuk mencapai keseimbangan dimana pada proses tersebut untuk menguapkan komponen yang mudah menguap dan uap air diperkaya pada destilasi dalam vakum, bagaimanapun tanki tidaklah terhubung ke atmosfer, tetapi pompa vakum atau mesin vakum bekerja memelihara sistem tekanan agar tetap di bawah tekanan atmosfer.

2.2.8 *Ijection Wax*

Proses *injection wax* adalah proses memasukkan cairan lilin ke dalam cetakan silikon. Pada proses ini mesin *injection wax* di isi dengan bijih lilin yang akan dilelehkan dengan temperatur $+84^{\circ}\text{C}$ menggunakan mesin *vacuum wax injector*, kemudian mesin akan mengeluarkan cairan dari nozzle ke dalam cetakan silikon dengan tekanan udara dari kompresor. Cara melakukan *injection wax* dapat dilakukan secara otomatis dengan pengaturan tekanan udara dan waktu yang ditentukan.

Jewellery Wax

Ferris File A Wax merupakan salah satu merek lilin yang digunakan khusus untuk aplikasi produk perhiasan. Komposisi *Ferris File A Wax* adalah senyawa kimia Petroleum Hydrocarbon yang merupakan kumpulan dari molekul-molekul alkana (linier atau cross parafin), sikloalkana (naphthenes), hidrokarbon aromatik, atau senyawa yang lebih rumit seperti asphaltenes. *Ferris File A Wax* memiliki 5 macam variasi yang dibedakan berdasarkan warnanya. Warna-warna tersebut terdiri dari biru, kuning emas, hijau, jingga, dan ungu. Selain itu bentuk yang disediakan juga bervariasi, terdapat blok batangan utuh, potongan batangan, silinder bulat dan silinder *oval*. Berat satu paket lilin *Ferris File A Wax* sebesar 1 pon atau sekitar 0,45 kg, seperti gambar yang ditunjukkan pada 2-9 (Shofia, 2014).

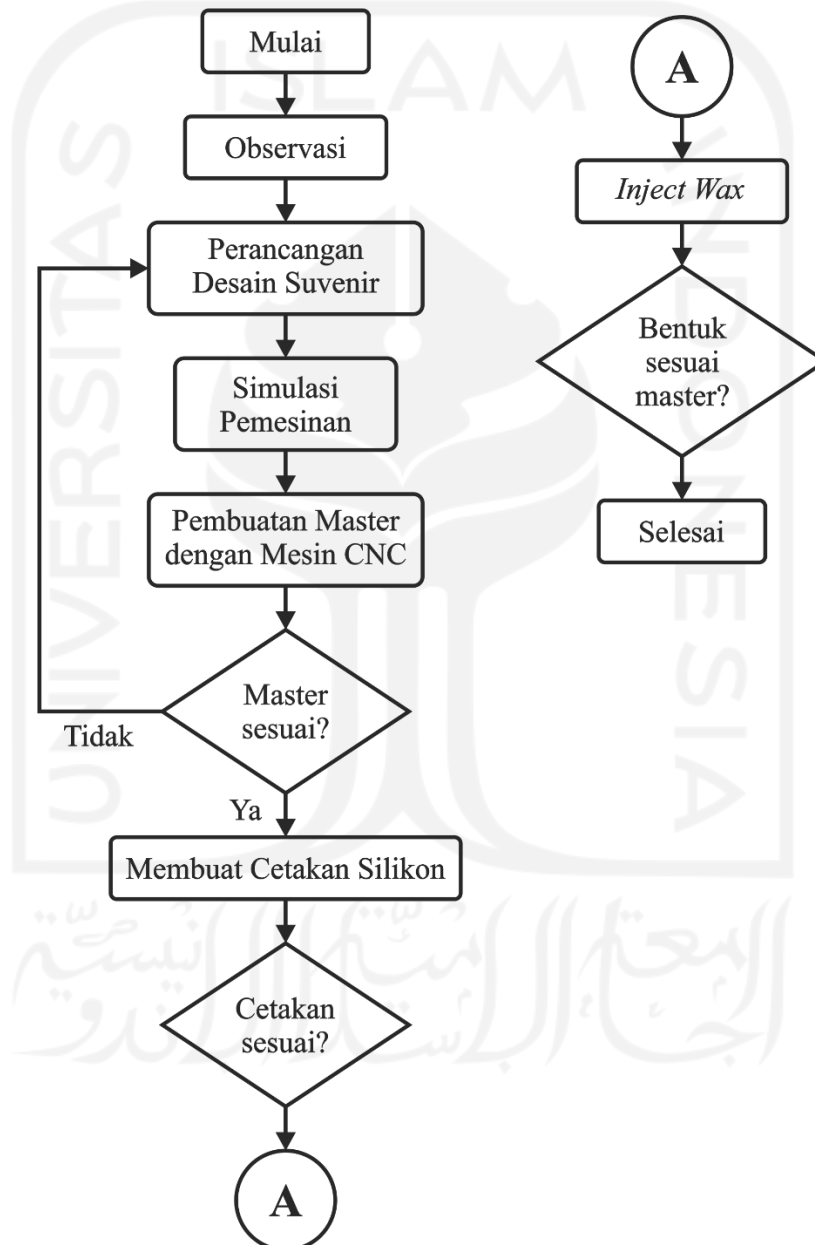


Gambar 2-9 Lilin Perhiasan

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Berikut ini adalah diagram alir dari penelitian dapat dilihat pada gambar 3-1 dibawah ini:



Gambar 3-1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Peralatan dan Bahan

3.2.3 Alat dan bahan pembuatan *prototype*

Peralatan dan bahan yang digunakan untuk pembuatan *prototype* yaitu sebagai berikut:

- 1) 3D Print
- 2) PLA Filament (diameter 1.75 mm)
- 3) Akrilik

3.2.4 Alat dan bahan pembuatan master

Peralatan dan bahan yang digunakan untuk pembuatan master yaitu sebagai berikut:

- 1) Komputer/Laptop
- 2) Mesin Cedu CNC
- 3) Kunci Pas 13 dan 17
- 4) *Collet*
- 5) Jig dan baut
- 6) Pahat *End Mill* 3 mm
- 7) Pahat *Conical* 0.2 10°
- 8) Akrilik 8 mm
- 9) Jangka sorong 0.02
- 10) Kayu balok

3.2.5 Peralatan dan bahan pembuatan cetakan silikon

Peralatan dan bahan yang digunakan untuk pembuatan cetakan silikon yaitu sebagai berikut:

- 1) Akrilik 3 mm
- 2) *Silicone Rubber* RTV-48
- 3) Katalis
- 4) Timbangan Digital
- 5) Kabel
- 6) *Mixer*
- 7) Mesin *Vacuum*

3.2.6 Alat dan bahan pembuatan model lilin

Peralatan dan bahan yang digunakan untuk pembuatan model lilin yaitu sebagai berikut:

- 1) Cetakan silikon
- 2) *Jewellery Wax*
- 3) Mesin *Vacuum Wax Injector*
- 4) Kompresor
- 5) *Cutter*

3.3 Observasi

3.3.1 Logo

Berikut adalah logo Teknik Mesin UII ditunjukkan pada gambar 3-2 sebagai berikut:



Gambar 3-2 Logo Teknik Mesin UII

Filosofi desain dari logo Teknik Mesin UII, yaitu gambar piramida yang terpotong menunjukkan ketidaksempurnaan manusia, karena yang sempurna hanya Allah SWT, lengkungan yang menyerupai bulan sabit melambangkan ilmu pengetahuan yang sangat luas, kemudian bagian bawah menyerupai huruf M melambangkan Teknik Mesin.

3.3.2 Produk Suvenir

Beberapa referensi produk souvenir yang menjadi pilihan peneliti dalam perancangan ini adalah sebagai berikut:

1) Gantungan Kunci



Gambar 3-3 Contoh Souvenir Gantungan Kunci

Sumber : <https://id.aliexpress.com/item/4000478893183.html>

2) Gantungan Spion Mobil



Gambar 3-4 Contoh Souvenir Gantungan Spion Mobil

Sumber : <https://www.tokopedia.com/blessingshine/gantungan-spion-mobil-ayat-muslim>

3.4 Kriteria Desain Souvenir

Desain souvenir mempunyai motif logo Teknik Mesin UII untuk menunjukkan suatu identitas Teknik Mesin UII dalam sebuah benda yang dijadikan sebagai kenang-kenangan. Berikut adalah kriteria desain yang di terapkan pada souvenir, yaitu:

- 1) Logo Prodi Teknik Mesin UII sebagai acuan utama yang lebih ditonjolkan dalam desainnya supaya lebih terlihat.
- 2) Bentuk desain yang mempunyai karakter tajam mengikuti karakter dari logo Prodi Teknik Mesin UII tapi tidak melukai tangan ketika dipegang.

- 3) Desain master dua sisi yaitu atas dan bawah dengan mempertimbangkan proses pemesinannya agar menjadi produk yang bagus dan dapat direalisasikan menggunakan Mesin Cedu CNC.
- 4) Dimensi yang tepat agar produk terlihat lebih proposional. Dimensi desain tidak lebih dari 50 mm x 50 mm dengan ketebalan maksimal 8 mm.
- 5) Ditambahkan tulisan yang menunjukkan Teknik Mesin UII sebagai identitas.

3.5 Konsep Desain Suvenir

Perancangan ini berawal dari munculnya ide untuk membuat sebuah suvenir yang dapat digunakan untuk menunjukkan identitas logo dari Teknik Mesin UII. Logo Teknik Mesin UII tersebut dijadikan sebagai acuan utama desain dan dikembangkan menjadi sebuah suvenir yang elegan. Untuk bisa membuat suvenir yang di inginkan diperlukan banyak referensi dari internet, dari suvenir intuisi pendidikan lainnya, dan melakukan beberapa uji coba pembuatan prototype suvenir untuk dijadikan pertimbangan dalam perancangan suvenir Teknik Mesin UII.

Terdapat beberapa pilihan model suvenir yang telah ditemukan saat observasi seperti gantungan kunci, gantungan pada spion mobil, hiasan dinding, dan lain sebagainya. Setelah melalui beberapa pertimbangan dan konsultasi dengan dosen pembimbing, akhirnya perancangan ini dilanjutkan membuat suvenir gantungan pada spion mobil, seperti referensi pada gambar 3-5. Bagian utama suvenir tersebut dapat berputar karna memiliki sumbu atas dan bawah yang ditopang oleh bingkai logam lingkaran.



Gambar 3-5 Gantungan Spion Mobil

Sumber : <https://www.tokopedia.com/checkoutcollect/terbaru-gantungan-spion-interior-dekorasi-mobil-lafad-allah-muhammad>

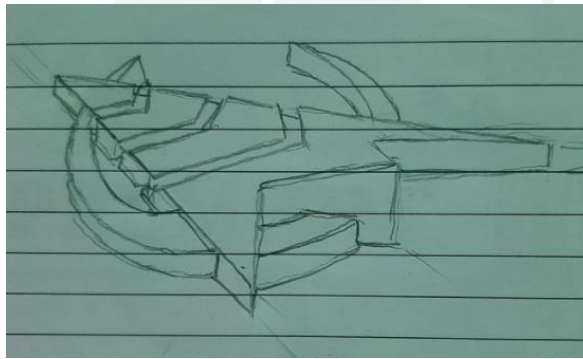
Suvenir Teknik Mesin UII mempunyai pin ditengah yang dapat berputar berupa logo Teknik Mesin UII. Logo Teknik Mesin UII dibuat menjadi bentuk 3D dan digunakan sebagai bagian utama pada souvenir dengan tujuan untuk menunjukkan identitas Teknik Mesin UII.

3.6 Proses Desain Suvenir

3.6.1 Desain 3D Logo Teknik Mesin UII

1) Pembuatan Sketsa untuk desain 3D logo Teknik Mesin UII

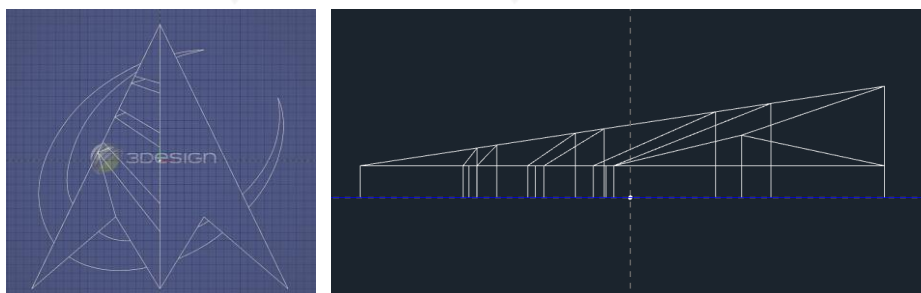
Membuat 3D logo Teknik Mesin UII diawali dengan membuat gambar sketsa terlebih dahulu supaya mempunyai gambaran desain yang bagus dan elegan untuk di aplikasikan menggunakan software 3Design. Sketsa 3D dari logo Teknik Mesin UII yang telah dibuat ditunjukkan pada gambar 3-6 berikut.



Gambar 3-6 Sketsa 3D Logo Teknik Mesin UII

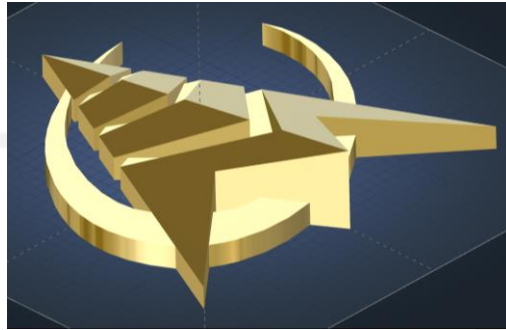
2) Pembuatan Desain 3D logo Teknik Mesin UII

Pembuatan desain 3D logo Teknik Mesin UII menggunakan software 3Design yaitu dengan cara menjiplak gambar logo Teknik Mesin UII menjadi sebuah kerangka berupa garis atau vector yang disusun saling menopang sesuai dengan gambar yang di jiplak, seperti yang di tunjukkan pada gambar 3-7 berikut.



Gambar 3-7 Kerangka 3D Logo Teknik Mesin UII

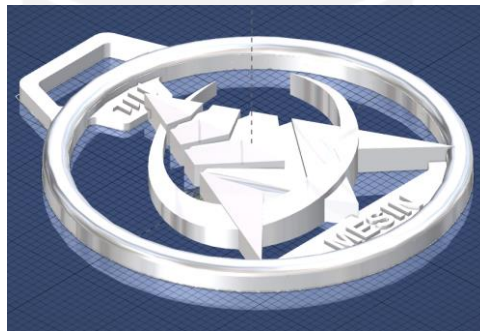
Dari gambar kerangka diatas kemudian dilakukan *surface* dengan menghubungkan garis atau vector tersebut hingga menjadi bentuk 3D logo Teknik Mesin UII seperti gambar 3-8 yaitu hasil dari desain 3D logo Teknik Mesin UII sebagai berikut.



Gambar 3-8 Desain 3D Logo Teknik Mesin UII

3.6.2 Konsep Desain 1

Konsep desain 1 yaitu membuat model souvenir berupa gantungan kunci kulit dengan imbuhan logam bertema logo Teknik Mesin UII yang simple dan elegan seperti terlihat pada Gambar 3-9.



Gambar 3-9 Konsep Desain 1

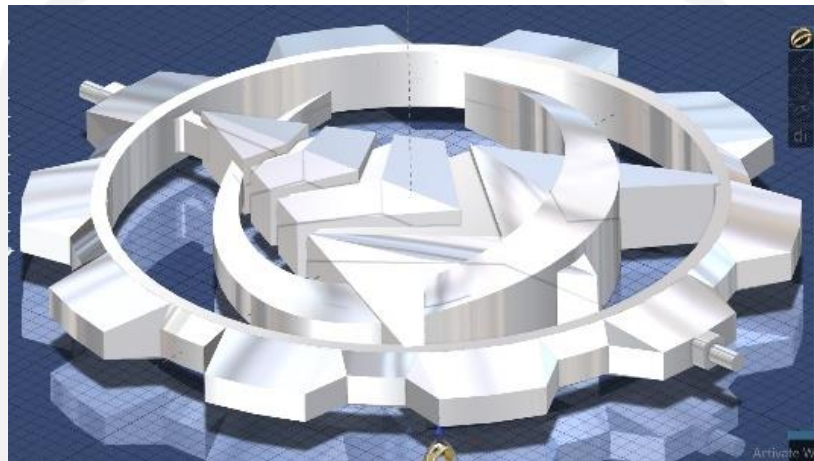
Desain ini diproduksi sampai ke tahap pembuatan *prototype* menggunakan 3D printing. Berikut adalah Gambar 3-10 prototype gantungan kunci.



Gambar 3-10 *Prototype* Desain 1

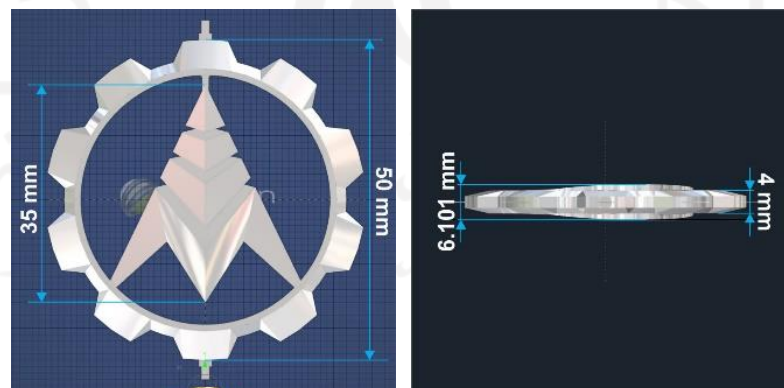
3.6.3 Konsep Desain 2

Konsep desain 2 yaitu membuat model suvenir berupa gantungan yang biasanya dipasang di kaca spion mobil tengah yang dapat menggantung dan mempunyai pin di tengah yang bisa berputar. Pin tersebut bertema logo Teknik mesin UII yang simple dan elegan. Selain itu suvenir ini mempunyai desain 2 sisi sehingga pada saat pin berputar akan tetap terlihat sisi utamanya yaitu logo Teknik Mesin UII. Desain ke 2 dapat di lihat pada Gambar 3-11 berikut.



Gambar 3-11 Konsep Desain 2

Desain mempunyai ukuran yang disesuaikan dengan produk-produk suvenir yang sudah ada sebelumnya dan juga mempunyai ukuran yang nyaman pada saat digenggam tangan. Berikut ukuran desain dapat di lihat pada Gambar 3-12.



Gambar 3-12 Dimensi Desain 2

3.7 Proses 3D Printing

3D *printing* pada penelitian ini dilakukan untuk pembuatan *prototype*. Mesin 3D *printing* yang di pakai yaitu Mesin 3D *printing* Ender 3 dengan ukuran meja kerja 235 mm x 235 mm dan ketinggian mencapai 250 mm. Jenis material 3D *printing* yang dipakai adalah PLA dengan diameter 1.75 mm.

Langkah-langkah mengoperasikan 3D *printing* yang pertama adalah menyiapkan sebuah program G-Code untuk proses pemesinan, yaitu dengan membuat desain ke dalam format STL agar dapat di masukkan ke *software* Cura untuk membuat G-Code. Kedua, pembuatan G-Code dengan cara *import* STL ke *software* Cura dan mengatur semua parameter pemesinan yang tepat agar hasil 3D *printing* bagus dan rapi. Parameter pemesinan 3D *printing* pada Cura dapat di lihat pada Gambar 3-13 berikut ini:



Quality		
Layer Height	0.15	mm
Initial Layer Height	0.15	mm
Line Width	0.4	mm
Wall Line Width	0.4	mm
Outer Wall Line Width	0.4	mm
Inner Wall(s) Line Width	0.4	mm
Top/Bottom Line Width	0.4	mm
Infill Line Width	0.4	mm
Skirt/Brim Line Width	0.4	mm
Support Line Width	0.4	mm
Initial Layer Line Width	100	%

Gambar 3-13 Parameter Pemesinan 3D *Printing*

Setelah selesai pembuatan G-Code, Langkah ketiga yaitu proses pemesinan 3D *printing* dengan cara memasukan program G-Code ke mesin 3D *printing* menggunakan micro sd untuk memulai proses pemesinan. Hasil pemesinan 3D *printing* digunakan untuk *prototype* agar dapat melihat bentuk souvenir sebelum dilakukan pemesinan CNC. Hasil dari proses pemesinan 3D *printing* dapat di lihat pada Gambar 3-14 berikut.



Gambar 3-14 Hasil Pemesinan 3D *Printing*

3.8 Proses Pemesinan

3.8.1 Simulasi pemesinan

Proses simulasi pemesinan menggunakan *software* ArtCAM JewelSmith dengan beberapa parameter *toolpath* yang telah ditentukan. Dari hasil simulasi, didapatkan G-Code untuk menjalankan proses CNC dengan format [mm] [*.*tap*]. Proses simulasi pemesinan dilakukan melalui dua tahap, yaitu proses *roughing* dan proses *finishing*. Masing-masing proses dilakukan pada dua sisi yang saling bertolak-belakang. Data parameter simulasi pemesinan yang digunakan dapat dilihat pada tabel 3-1.

Tabel 3-1 Parameter Simulasi Pemesinan

Parameter	Pemesinan Sisi Depan		Pemesinan Sisi Belakang	
	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>
<i>Tools</i>	<i>End Mill</i> 3 mm	<i>Conical 0.2</i> 10°	<i>End Mill</i> 3 mm	<i>Conical 0.2</i> 10°
<i>Stepover</i>	0.5 mm	0.05 mm	0.5 mm	0.05 mm
<i>Stepdown</i>	1.5 mm	0.5 mm	1.5 mm	0.5 mm
<i>Feedrate</i>	50 mm/sec	20 mm/min	50 mm/sec	20 mm/min
<i>Plunge Rate</i>	4 mm/sec	1 mm/sec	4 mm/sec	1 mm/sec
<i>Spindle</i> (<i>Clockwise</i>)	16500 rpm (275 Hz)	21000 rpm (350 Hz)	16500 rpm (275 Hz)	21000 rpm (350 Hz)
<i>Strategy</i>	Raster	Spiral	Raster	Spiral
<i>Material</i>	Akrilik	Akrilik	Akrilik	Akrilik
<i>Material Thickness</i>	8 mm	8 mm	8 mm	8 mm
<i>Material Length</i>	80 mm	80 mm	80 mm	80 mm
<i>Material Width</i>	70 mm	70 mm	70 mm	70 mm

3.8.2 Proses Pemesinan

Proses pemesinan dilakukan menggunakan Mesin Cedu CNC untuk pembuatan master. Material yang digunakan berupa akrilik dengan luas bidang kerja 70mm x 80mm dan ketebalan 8mm. Pemesinan dilakukan melalui 2 tahapan di setiap sisinya, yaitu *roughing* dan *finishing* pada bagian atas kemudian dilanjutkan pada bagian bawah juga melalui tahap *roughing* dan *finishing*. Gambar 3-15 dibawah ini adalah gambar mesin Cedu CNC dengan 3 axis.



Gambar 3-15 Mesin Cedu CNC (3 Axis)

1) Proses Roughing

Proses *Roughing* merupakan proses pemesinan awal yang dilakukan dengan menggunakan parameter pemesinan yang sudah dibuat untuk mengurangi material hingga menyerupai bentuk desain yang telah dibuat, tetapi hasilnya masih kasar. Parameter pemesinan Proses *Roughing* yang digunakan ada pada Tabel 3-2 berikut ini:

Tabel 3-2 Parameter Pemesinan *Roughing*

No	Parameter	
1.	Toolpath	End Mill 3 mm
2.	Diameter Collet	6 mm
3.	Strategy	Raster
4.	Stepover	0.5 mm
5.	Stepdown	1.5 mm
6.	Feedrate	50 mm/sec
7.	Plung rate	4 mm/sec
8.	Spindle	16.500 rpm

2) Proses Finishing

Proses Finishing merupakan proses pemesinan tahap ke 2 untuk membuat permukaan menjadi lebih halus dan sesuai dengan bentuk desain yang dibuat. Parameter pemesinan Proses *Finishing* yang digunakan ada pada Tabel 3-3 berikut ini:

Tabel 3-3 Parameter Pemesinan *Finishing*

No	Parameter	
1.	Toolpath	Conical 0.2 - 10°
2.	Diameter Collet	6 mm
3.	Strategy	Spiral
4.	Stepover	0.05 mm
5.	Stepdown	0.5 mm
6.	Feedrate	20 mm/min
7.	Plung rate	1 mm/sec
8.	Spindle	21.000 rpm

Pembuatan desain suvenir menggunakan *software* 3design dengan harapan mampu mengaplikasikan logo Teknik Mesin UII menjadi sebuah desain suvenir. Kemudian menggunakan *software ArtCam Jewelsmith* untuk melakukan simulasi pemesinan beserta pembuatan G-code yang dibutuhkan untuk pemesinan sebenarnya.

3.9 Pembuatan Cetakan Silikon

Pembuatan cetakan silikon ini dilakukan setelah proses pemesinan master. Hasil dari proses pemesinan master menggunakan CNC digunakan untuk membuat cetakan silikon yang nantinya akan digunakan dalam proses *Injection Wax*, yaitu pembuatan pola lilin sesuai dengan bentuk master. Bahan silikon yang digunakan adalah *Silicon Rubber RTV-48* dengan campuran *Catalys*. Pembuatan cetakan silikon dibuat melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

- 1) Pembuatan kotak wadah cetakan menggunakan akrilik. Ukuran wadah disesuaikan dengan ukuran master suvenir.

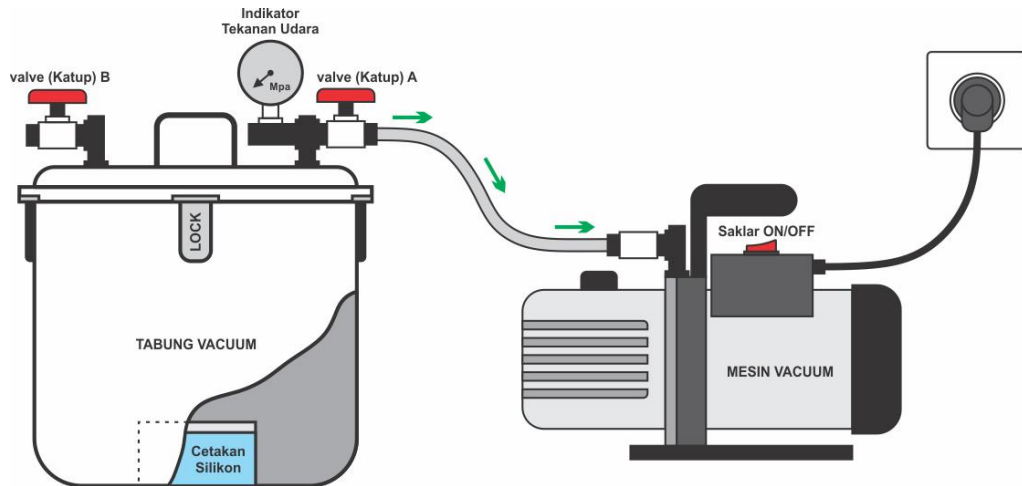
- 2) Pembuatan jalur inject wax menggunakan kabel dengan cara menentukan bagian yang paling tepat untuk buat aliran cairan lilin pada saat proses *inject wax* agar cairan tersebut dapat memenuhi seluruh rongga di dalam cetakan. Seperti pada Gambar 3-16 , jalur *inject wax* dibuat menggunakan kabel maupun batang kecil yang direkatkan pada master dan wadah cetakan menggunakan lem.



Gambar 3-16 Wadah Cetakan Silikon dan Jalur *Inject Wax*

- 3) Pengecoran ke dalam wadah cetakan menggunakan *Silicone Rubber* RTV-48 yang di campur dengan katalis dengan perbandingan 1:25. Perbandingan *Silicone Rubber* dengan katalis menentukan hasil dan lama waktu untuk mengering, semakin banyak campuran katalis maka akan semakin cepat mengering namun banyak gelembung udara yang terjebak di dalam. Jika campuran katalis terlalu sedikit akan butuh waktu yang lama untuk mengering, bahkan tidak kering sama sekali.
- 4) Setelah adonan *silicone rubber* dan katalis tercampur merata adonan dituangkan ke dalam wadah cetakan hingga master dan jalur inject wax tenggelam.
- 5) Wadah cetakan yang sudah berisi silicon rubber kemudian dimasukkan ke dalam mesin vakum untuk mengeluarkan gelembung udara yang terjebak di dalam. Tekanan yang digunakan pada mesin vakum untuk mengeluarkan gelembung udara adalah 0.8 MPa dengan waktu vakum 5 – 10 detik.

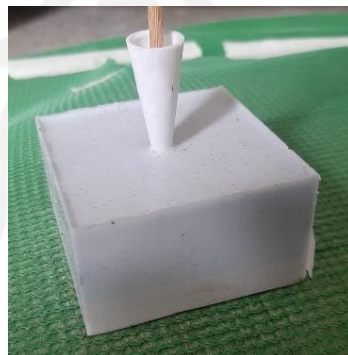
Cara kerja vakum dalam pembuatan cetakan silikon pada penelitian ini:



Gambar 3-17 Proses Vakum Cetakan Silikon

Mesin Vakum bekerja dengan cara menghisap udara dari dalam sistem. Langkah yang pertama yaitu memasukkan cetakan yang berisi cairan silikon rubber ke dalam tabung. Kemudian tutup katup B dan buka katup A, selanjutnya nyalakan mesin vakum, setelah tekanan pada indikator mencapai angka 0.8 MPa kemudian mesin vakum dimatikan dan katup A ditutup. Jika tekanan pada indicator tidak berubah maka proses vakum dapat dinyatakan berhasil.

- 6) Cetakan silikon kemudian di diamkan 1 – 2 hari sampai mengering.
- 7) Tahap terakhir yaitu membelah cetakan silikon untuk mengeluarkan master dan jalur *inject wax*.



Gambar 3-18 Cetakan Silikon

3.10 Proses *Injection Wax*

Proses *Injection Wax* merupakan proses untuk membuat master souvenir dari bahan lilin khusus untuk perhiasan menggunakan cetakan silikon yang telah dibuat kemudian lilin akan dimasukkan kedalam cetakan silikon tersebut menggunakan mesin *Vacuum Wax Injector* yang dibantu dengan tekanan udara dari kompresor. Berikut adalah Gambar 3-19 mesin *Vacuum Wax Injector* dan kompresor.



Gambar 3-19 Mesin *Vacuum Wax Injector* dan Kompresor

Proses *injection wax* dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

- 1) Material lilin dimasukkan ke dalam tabung pada mesin *vacuum wax injector* untuk dilelehkan.
- 2) Menyalakan mesin dan kompresor, kemudian atur wax pot temp menjadi 84°C dan valve temp menjadi 81°C. Besar temperatur tersebut adalah temperatur maksimal dari mesin *wax injector* agar lilin dapat lebih cepat mencair, lilin akan mencair dalam waktu kurang lebih 30 menit. Pengaturan temperatur pada mesin *wax injector* dapat dilihat pada Gambar 3-20 berikut ini:



Gambar 3-20 Pengatur Temperatur Mesin *Vacuum Wax Injector*

- 3) Keluarkan udara yang terjebak pada *valve* dengan cara menginjak pedal mesin *vacuum wax injector*.

- 4) Menyiapkan cetakan silikon yang akan digunakan pada proses *inject wax* dengan membersihkan dan menjepitnya menggunakan benda yang datar seperti akrilik agar tidak ada perubahan bentuk pada hasil *inject wax* nantinya.
- 5) Atur waktu dan tekanan udara dari kompresor untuk melakukan proses *inject wax*. Tekanan dan waktu sangat berpengaruh terhadap hasil model lilin, jika pengaturan waktu dan tekanan kurang maka lilin tidak memenuhi semua rongga dalam cetakan dan sebaliknya jika terlalu banyak maka hasilnya akan mengembang dari bentuk aslinya, bahkan cairan lilin akan meluap dari cetakan silikon.
- 6) Kemudian masukkan *nozzle vacuum wax injector* ke dalam cetakan silikon atau jalur masuk cairan lilin yang telah dibuat.
- 7) Injak pedal mesin *vacuum wax injector* 1 kali dan tunggu sampai cairan lilin masuk ke dalam cetakan silikon. Mesin *vacuum wax injector* akan berhenti sesuai dengan pengaturan waktu yang telah diatur sebelumnya. Pada mesin *vacuum wax injector* ini terdapat 2 mode *inject* yaitu mode manual dan mode *automatic*. Mode manual tidak memerlukan pengaturan waktu, hanya perlu menginjak pedal *inject* dan lilin akan keluar selama pedal masih di injak. Sedangkan mode *automatic* menggunakan pengaturan waktu, mode ini hanya perlu menginjak pedal *inject* 1 kali maka cairan lilin akan keluar dan berhenti selama waktu yang telah ditentukan.
- 8) Setelah proses *inject wax* selesai, tunggu sampai cairan lilin dingin dan mengeras lalu buka perlahan cetakan silikon agar model lilin tidak patah.

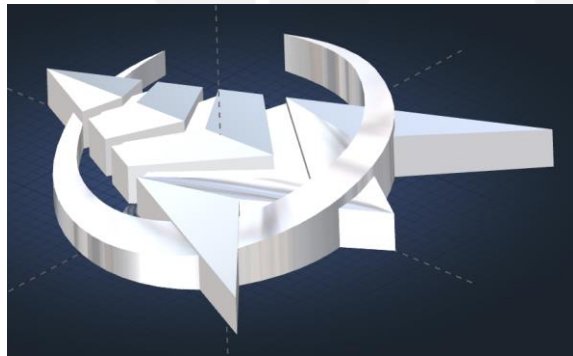
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Pembahasan Pembuatan Desain

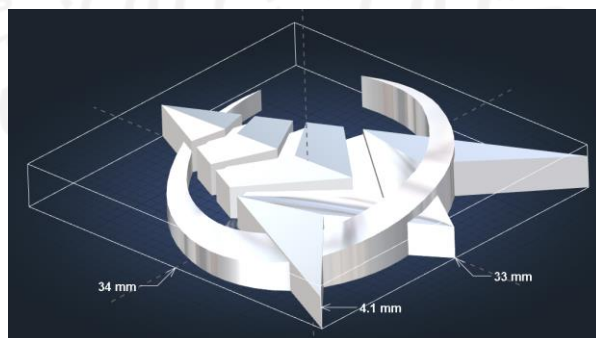
4.1.1 Transformasi Logo Teknik Mesin UII

Desain 3D logo Teknik Mesin UII dibuat dengan model menyerupai bentuk piramida menyesuaikan dengan logo yang sudah ada. Desain dibuat dengan menjiplak gambar logo Teknik Mesin UII, kemudian dibuatlah rangka vector yang disatukan menjadi bentuk 3D logo Teknik Mesin UII . Hasil Transformasi logo Teknik Mesin UII menjadi bentuk 3D dapat dilihat pada Gambar 4-1 sebagai berikut:



Gambar 4-1 Desain *Final* 3D Logo Teknik Mesin

Dimensi dari desain 3D logo Teknik Mesin UII memiliki ukuran terluar yaitu dengan panjang 34 mm, lebar 33 mm, dan ketebalan 4.1 mm. Berikut adalah gambar 3D logo Teknik Mesin UII dengan dimensinya dapat dilihat pada gambar 4-2.

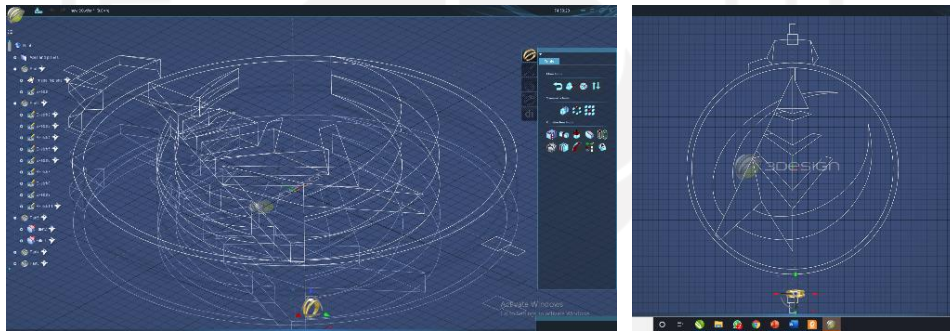


Gambar 4-2 Dimensi Desain 3D Logo Teknik Mesin UII

4.1.2 Desain Suvenir

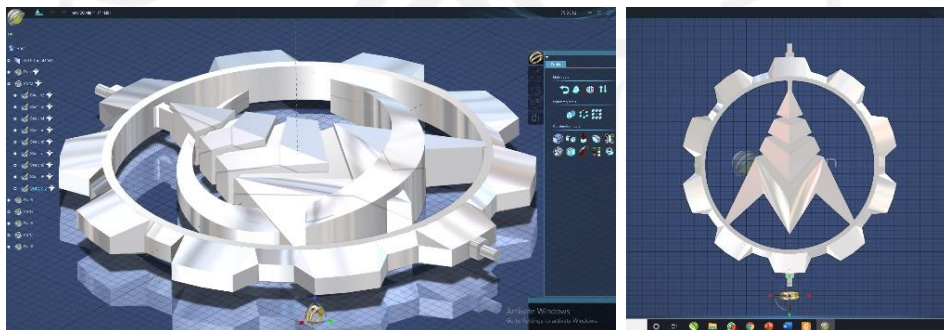
Desain souvenir dilakukan pembuatan desain 3D logo Teknik Mesin terlebih dahulu sebagai bagian utama souvenir, kemudian baru dibuat bingkai lingkaran berbentuk roda gigi. Souvenir di desain mempunyai 2 sisi dan pada bagian utama dari souvenir dapat berputar 360° dengan mekanisme sederhana yaitu ditambahkan poros pada bagian atas dan bawah.

Pembuatan desain souvenir dibuat dengan membuat kerangka terlebih dahulu menggunakan *sktech* yang bisa diatur titik koordinatnya dengan 3 *axis* yaitu *x,y*, dan *z* sehingga mempermudah dalam membuat *sketch* berbentuk 3D. Kemudian *sketch* tersebut digabungkan menjadi *surface* dan digabungkan menjadi bentuk *solid*. Berikut adalah gambar 4-3 kerangka *sketch* yang telah dibuat oleh peneliti:



Gambar 4-3 Desain *Sketch* Master Souvenir

Kemudian gambar 4-4 dibawah ini adalah gambar desain master yang sudah dijadikan bentuk *solid*:



Gambar 4-4 *Final* Desain Souvenir

4.2 Hasil dan Pembahasan Proses Pemesinan

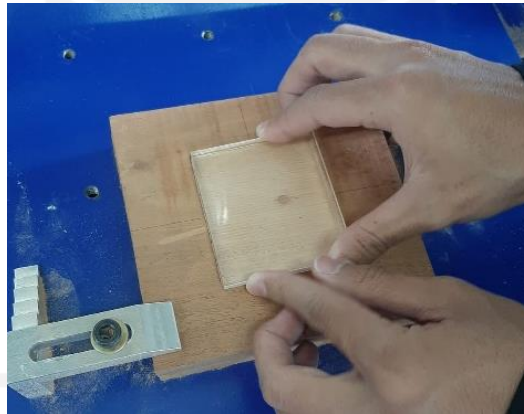
Dari dua kali percobaan pemesinan master menggunakan Mesin Cedu CNC 3 axis dengan bahan akrilik ketebalan 8 mm, peneliti telah mendapatkan hasil pemesinan terakhir yang bisa dibilang cukup baik.

Proses pemesinan saat percobaan pertama dan kedua menggunakan parameter pemesinan yang sama akan tetapi mempunyai lama waktu pemesinan yang berbeda. Hal tersebut dikarenakan peneliti terkadang mengubah kecepatan *feedrate* menyesuaikan dengan kondisi saat proses pemesinan. Perbedaan waktu pemesinan dapat dilihat pada Tabel 4-2 di bawah ini:

Tabel 4-1 Waktu Pemesinan Master

Pemesinan	Percobaan 1		Percobaan 2	
	Bagian Atas	Bagian Bawah	Bagian Atas	Bagian Bawah
Roughing	00:10:27	00:08:19	00:09:33	00:07:56
Finishing	02:10:35	02:11:17	02:07:54	02:15:08

4.2.1 Percobaan Pertama Pemesinan Master



Gambar 4-5 Material Akrilik Percobaan Pertama

Percobaan pertama dilakukan dengan menggunakan referensi parameter pemesinan dari penelitian sebelumnya. Hasil dari percobaan pertama menghasilkan master yang cukup baik namun bagian atas dan bawah tidak simetris, bergeser sekitar 0.5 mm antara pemesinan atas dan bawah. Hasil dari percobaan pertama dapat dilihat pada gambar 4-6 dibawah ini:



Gambar 4-6 Hasil Percobaan Pertama Pemesinan Master

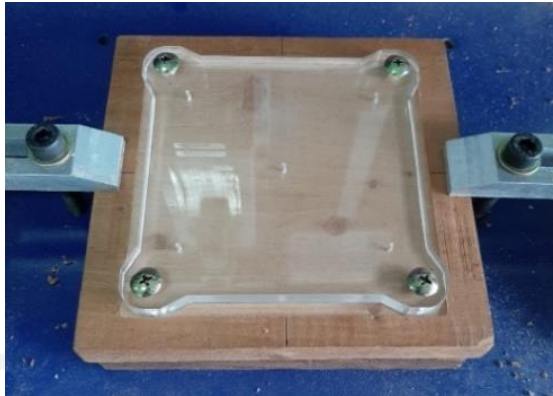
Dari percobaan pertama peneliti mengamati dan menemukan beberapa kendala saat pemesinan yang menyebabkan kegagalan tersebut, yaitu:

- 1) Kecepatan pemesinan mempengaruhi master yang dihasilkan.
- 2) Material yang digunakan saat pemesinan terlepas dari tatakan kayu.
- 3) Pengukuran ketebalan dalam pemesinan kurang akurat.
- 4) Membalik material untuk melakukan pemesinan bagian bawah dan menentukan kembali titik nol untuk memulai pemesinan membuat hasil yang tidak simetris karena kurang teliti.

4.2.2 Percobaan Kedua Pemesinan Master

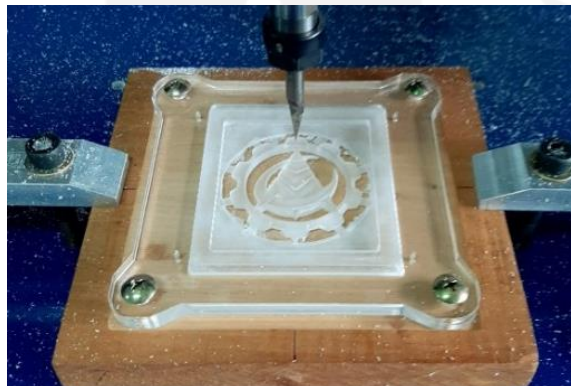
Percobaan kedua dilakukan dengan parameter pemesinan yang sama, hanya saja menggunakan persiapan yang lebih baik dan lebih teliti dari pada percobaan sebelumnya. Hasil dari percobaan kedua ini menghasilkan master yang lebih baik dan simetris antara bagian atas dan bagian bawah.

Peneliti melakukan modifikasi dan membuat cengkaman lebih kuat pada material yang digunakan agar tidak terlepas pada saat proses pemesinan, kemudian membuat tanda sebagai titik tengah sehingga dalam membalik material dan dalam mengatur titik nol untuk melakukan pemesinan bawah lebih mudah. Berikut adalah gambar 4-7 modifikasi material akrilik pada tatakan kayu yang digunakan pada pemesinan kedua:



Gambar 4-7 Material Percobaan Kedua

Dengan dilakukan lebih teliti dan pengukuran yang lebih baik menggunakan mistar ukur dan jangka sorong dalam percobaan kedua menghasilkan master yang lebih baik dan simetris antara bagian atas dan bawah. Hasil percobaan kedua dapat dilihat pada gambar 4-8 dibawah ini:



Gambar 4-8 Hasil Percobaan Kedua Pemesinan Master

4.3 Pembuatan Cetakan Silikon

Pembuatan cetakan silikon menggunakan bahan *Silicon Rubber* RTV-48 dengan perbandingan 1:25 antara *silicon rubber* dengan *catalys*. Perbandingan tersebut menentukan kecepatan untuk silikon memadat, apabila perbandingan *catalys* lebih banyak maka silikon akan lebih cepat memadat.

Masalah yang terjadi saat pembuatan cetakan silikon yaitu pada percobaan pertama terdapat banyak gelembung udara yang terjebak didalam cetakan silikon. sehingga peneliti melakukan percobaan kedua menggunakan metode vakum agar gelembung udara didalam silikon cepat hilang sebelum memadat. Hasil dari percobaan pertama dapat dilihat pada gambar 4-9 berikut.



Gambar 4-9 Percobaan Pertama Pembuatan Cetakan Silikon

Pada percobaan kedua dilakukan dengan lebih teliti dan menggunakan peralatan yang lebih baik dari pada percobaan sebelumnya. Percobaan kedua menggunakan mesin vakum dan menggunakan timbangan digital untuk mengukur perbandingan antara *silicon rubber* dengan katalis. Berikut adalah mesin *vacuum* yang digunakan pada saat pembuatan cetakan silikon dapat dilihat pada gambar 4-10 berikut.



Gambar 4-10 Proses Vakum Pembuatan Cetakan Silikon Percobaan Kedua

Tekanan pada indicator yang digunakan pada percobaan ini adalah 0.8 MPa dengan waktu 5-10 detik. Parameter tersebut didapatkan dari 4 kali percobaan yang telah dilakukan. Hasil dari pembuatan cetakan silikon percobaan kedua tidak ada gelembung udara yang terlihat pada cetakan silikon, dapat dilihat pada gambar 4-11 berikut.



Gambar 4-11 Hasil Percobaan Kedua Pembuatan Cetakan Silikon

4.4 Hasil Pembuatan Pola Lilin

Pada beberapa percobaan pembuatan pola lilin menggunakan Mesin *Vacuum Wax Injector* mengalami kegagalan yang disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu:

- 1) Waktu *inject* terlalu lama dan tekanan terlalu besar, menyebabkan cairan lilin masuk terlalu banyak dan bahkan sampai keluar dari cetakan. Hasilnya, pola lilin akan banyak serpihan pada bagian potongan cetakan silikon, selain itu ada juga hasil pola lilin yang mengembang dan tidak sesuai dengan ukuran master karena terlalu banyak cairan lilin yang masuk ke cetakan silikon.
- 2) Waktu *inject* singkat dan tekanan yang kurang, menyebabkan cairan lilin yang masuk tidak memenuhi semua rongga yang ada dalam cetakan silikon. Hasilnya, pola lilin akan berongga dan bentuknya tidak akan sempurna.
- 3) Cara memegang cetakan silikon pada saat melakukan proses *inject* lilin, posisi dan cara memegang cetakan silikon pada saat melakukan *Injection Wax* dapat mempengaruhi hasil. Dengan menggunakan alas yang datar pada bagian atas dan bawah seperti menggunakan akrilik agar cetakan tidak mengalami perubahan bentuk akibat tekanan yang tidak merata.



Gambar 4-12 Hasil Percobaan Model Lilin Gagal

Dari 8 kali hasil percobaan *inject wax* dilakukan dengan waktu dan tekanan udara yang berbeda, akhirnya berhasil mendapatkan hasil pola lilin yang cukup baik pada percobaan ke 8. Parameter yang digunakan pada percobaan ke 8 yaitu dengan waktu 5 detik dengan tekanan 25 MPa dapat memasukan lilin ke dalam semua rongga cetakan secara menyeluruh. Berikut ini adalah hasil dari percobaan *inject wax* pada table 4-2.

Tabel 4-2 Hasil Percobaan *Injection Wax*

No.	Tekanan (MPa)	Waktu <i>Inject</i> (detik)	Mode <i>Inject</i>	Keterangan
1	20	5	Auto	Gagal
2	25	7	Auto	Gagal
3	30	6	Auto	Gagal
4	28	5	Auto	Gagal
5	28	4	Auto	Gagal
6	25	4	Auto	Gagal
7	25	6	Auto	Gagal
8	25	5	Auto	Berhasil



Gambar 4-13 Hasil Jadi Pembuatan Model Lilin

4.5 Gambaran Produk Suvenir/Prototipe

Gambaran produk atau prototipe dari suvenir Teknik Mesin UII dapat dilihat pada gambar 4-14 dibawah ini:



Gambar 4-14 *Prototype* Suvenir

Prototipe menggunakan master dari pemesinan CNC dan menggunakan bahan akrilik dengan ketebalan 3 mm. Ditambahkan dengan pernik-pernik yang biasa dijual sebagai bahan aksesoris agar terlihat lebih menarik.

Prototipe sudah mempunyai bentuk dan ukuran yang sama dengan produk akhir dari souvenir. Selain itu bagian utama pada souvenir yang berbentuk logo Teknik Mesin UII juga dapat berputar 360° dan mempunyai 2 sisi depan belakang.



BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

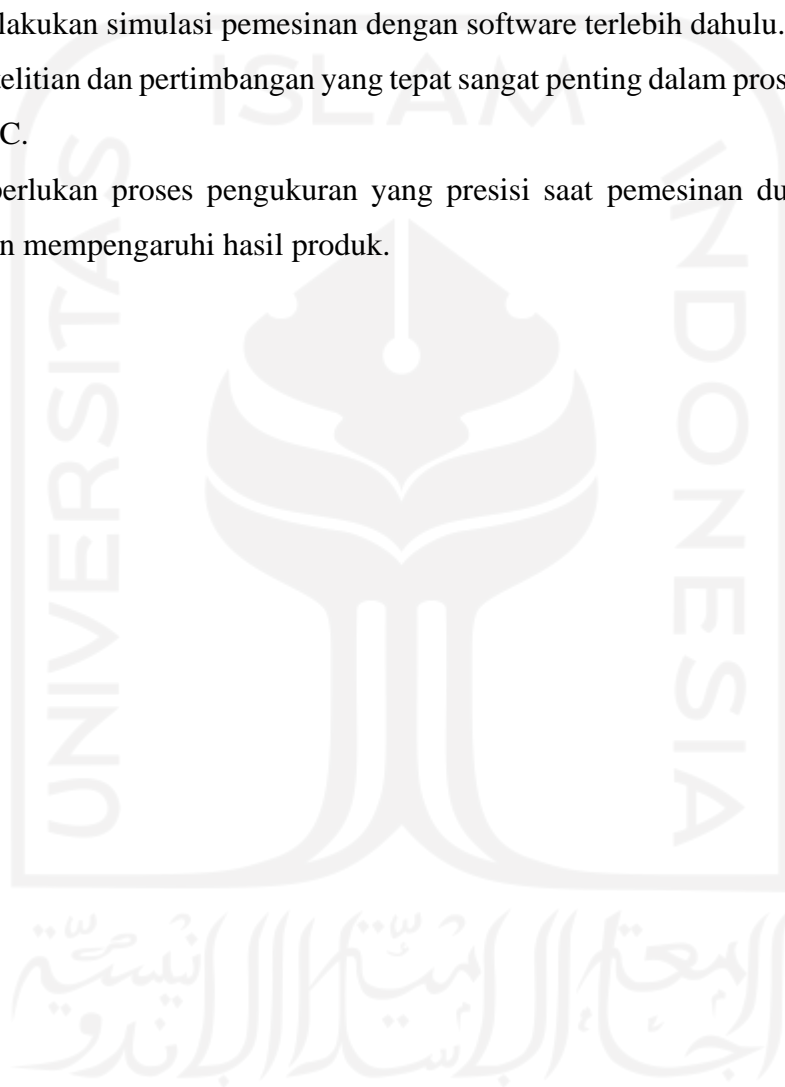
Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan yaitu pembuatan souvenir Teknik Mesin UII hanya sampai pada tahap pembuatan pola lilin. Hasil yang dapat disimpulkan adalah sebagai berikut:

- 1) Perancangan souvenir dengan tema logo Teknik Mesin UII telah dilakukan hingga tahapan pembuatan model pola lilin. Desain souvenir yang dibuat berupa gantungan.
- 2) Pembuatan master dilakukan dengan pemesinan CNC menggunakan bahan akrilik ketebalan 8 mm. Master yang dihasilkan dari pemesinan CNC tersebut menghasilkan master dengan tingkat ketelitian yang bagus hingga ke bagian yang mendetail. Hasil dari pemesinan CNC sangat berbeda jauh dengan hasil 3D printing yang mempunyai tekstur kasar dan tidak mendetail.
- 3) Pembuatan cetakan silikon menggunakan bahan dasar *silicone rubber* RTV-48 karena mempunyai kualitas yang cukup baik dengan hasil yang lembut dan halus sehingga dapat menempati semua ruang untuk membuat cetakan. Pada pembuatan cetakan silikon menggunakan mesin vacuum agar gelembung udara pada cairan *silicone rubber* tidak terjebak saat mulai mengering.
- 4) Pembuatan pola lilin dengan cetakan silikon dan menggunakan mesin *vacuum wax injector* didapatkan parameter dengan waktu 5 detik dan tekanan udara sebesar 25 MPa dengan hasil pola lilin yang baik pada penelitian ini.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

Dari penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti belum mencapai hasil yang sempurna dan masih banyak kekurangan, akan tetapi telah mengetahui beberapa faktor-faktor penting yang mungkin dapat menjadi pertimbangan oleh peneliti selanjutnya agar lebih baik. Faktor-faktor tersebut adalah sebagai berikut:

- 1) Membuat desain dengan mempertimbangkan proses pemesinan.
- 2) Melakukan simulasi pemesinan dengan software terlebih dahulu.
- 3) Ketelitian dan pertimbangan yang tepat sangat penting dalam proses pemesinan CNC.
- 4) Diperlukan proses pengukuran yang presisi saat pemesinan dua sisi karena akan mempengaruhi hasil produk.



DAFTAR PUSTAKA

- Ningsih, D. H. (2005). *Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing CAD/CAM*.
- Paryanto, M. (2012). *Mengoperasikan Mesin CNC Dasar*.
- Pramono, E. P. (2017). *Proses Pemesinan CNC dalam Pembelajaran Simulasi CNC*.
- Yuniarti, N. (2012). *Tinjauan Sifat Hidrofobik Bahan Isolasi Silicone Rubber*.
- Roland University. (2008). Protowizard Workshop.
- Prasetyo, F. D. (2017). *Desain dan Pembuatan Suvenir Berupa Gantungan Kunci Bermotif UII*. Yogyakarta : Teknik Mesin FTI UII.
- Kadar, M. (2019). *Pembuatan Aksesoris Cincin Bermotif Batik*. Yogyakarta : Teknik Mesin FTI UII.
- Purnomo, W. C. (2017). *Desain dan Pembuatan Suvenir Bercorak UII Jogja Berupa Jepitan Dasi Plakat dan Logo Kotak Plakat*. Yogyakarta : Teknik Mesin FTI UII.
- Shofia, N. (2014). *Pembuatan Master Cincin Complex Signet Menggunakan Roland JWX-10*. Yogyakarta : Teknik Mesin FTI UII.
- Anzdoc. *Sistem Vakum*. Di akses dari <https://adoc.pub/bab-ii-sistem-vakum-vakum-berasal-dari-kata-latin-vacuus-ber.html>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Parameter Simulasi Pemesinan

Parameter	Pemesinan Sisi Depan		Pemesinan Sisi Belakang	
	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>
<i>Tools</i>	<i>End Mill</i> 3 mm	<i>Conical 0.2</i> 10°	<i>End Mill</i> 3 mm	<i>Conical 0.2</i> 10°
<i>Stepover</i>	0.5 mm	0.05 mm	0.5 mm	0.05 mm
<i>Stepdown</i>	1.5 mm	0.5 mm	1.5 mm	0.5 mm
<i>Feedrate</i>	50 mm/sec	20 mm/min	50 mm/sec	22 mm/min
<i>Plunge Rate</i>	4 mm/sec	1 mm/sec	4 mm/sec	1 mm/sec
<i>Spindle</i> (<i>Clockwise</i>)	16500 rpm (275 Hz)	21000 rpm (350 Hz)	16500 rpm (275 Hz)	21000 rpm (350 Hz)
<i>Strategy</i>	Raster	Spiral	Raster	Spiral
<i>Material</i>	Akrilik	Akrilik	Akrilik	Akrilik
<i>Material Thickness</i>	8 mm	8 mm	8 mm	8 mm
<i>Material Length</i>	80 mm	80 mm	80 mm	80 mm
<i>Material Width</i>	70 mm	70 mm	70 mm	70 mm

Lampiran 2. Parameter Roughing Pemesinan CNC

No	Parameter	
1.	<i>Toolpath</i>	<i>End Mill 3 mm</i>
2.	<i>Diameter Collet</i>	3 mm
3.	<i>Strategy</i>	Raster
4.	<i>Stepover</i>	0.5 mm
5.	<i>Stepdown</i>	1.5 mm
6.	<i>Feedrate</i>	50 mm/sec
7.	<i>Plung rate</i>	4 mm/sec
8.	<i>Spindle</i>	16.500 rpm

Lampiran 3. Parameter Finishing Pemesinan CNC

No	Parameter	
1.	<i>Toolpath</i>	<i>Conical 0.2 - 10°</i>
2.	<i>Diameter Collet</i>	3 mm
3.	<i>Strategy</i>	Spiral
4.	<i>Stepover</i>	0.05 mm
5.	<i>Stepdown</i>	0.5 mm
6.	<i>Feedrate</i>	22 mm/min
7.	<i>Plung rate</i>	1 mm/sec
8.	<i>Spindle</i>	21.000 rpm

Lampiran 4. Waktu Pemesinan Master

Pemesinan	Percobaan 1		Percobaan 2	
	Bagian Atas	Bagian Bawah	Bagian Atas	Bagian Bawah
Roughing	00:10:27	00:08:19	00:09:33	00:07:56
Finishing	02:10:35	02:11:17	02:07:54	02:15:08

Lampiran 5. Hasil Percobaan *Injection Wax*

No.	Tekanan (MPa)	Waktu <i>Inject</i> (detik)	Mode <i>Inject</i>	Keterangan
1	20	5	Auto	Gagal
2	25	7	Auto	Gagal
3	30	6	Auto	Gagal
4	28	5	Auto	Gagal
5	28	4	Auto	Gagal
6	25	4	Auto	Gagal
7	25	6	Auto	Gagal
8	25	5	Auto	Berhasil