

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

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh :

Nama : Irvan Pradikta Suwasono

No. Mahasiswa : 15525016

NIRM : 2015020467

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

2021

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Irvan Pradikta Suwasono

NIM : 15525016

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

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan yang telah saya lakukan sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan produksi sesuai dengan yang tercantum pada diagram alur penelitian. Jika terdapat karya dari pihak lain, saya telah mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan oleh Universitas Islam Indonesia. Pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Yog 1977 2021



Irvan Pradikta Suwasono

15525016

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

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

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Irvan Pradikta Suwasono

No. Mahasiswa : 15525016

NIRM : 2015020467

Yogyakarta, 20 April 2021

Pembimbing I,



Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng

Pembimbing II,



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

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

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

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Irvan Pradikta Suwasono
No. Mahasiswa : 15525016
NIRM : 2015020467

Tim Penguji

Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.

Ketua


Tanggal : 11 Juni

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

Anggota I


Tanggal : 17 Juni

Dr. Muhammad Khafidh, S.T., M.

Anggota II


Tanggal : 31 Mei

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin




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

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT. atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini yang penulis persembahkan kepada :

1. Allah SWT. yang telah memberikan nikmat iman dan Islam kepada penulis dan Nabi Muhammad SAW. juga atas segenap keluarga, para sahabat, serta para pengikutnya hingga akhir zaman.
2. Ayah, Ibu, dan adik-adik penulis yang selalu mendoakan dan memberikan motivasi dalam menempuh pendidikan.
3. Segenap dosen program studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Wisnu Adi Wijaya dan Ressa Faelashofa yang merupakan teman seperjuangan dalam melaksanakan tugas akhir.

HALAMAN MOTTO

“Warriors aren’t trained to retire”

-Tyrone Woods-

“Reality is wrong, dreams are for real”

-2Pac-

“Keep your vision clear, cause only a coward lives in fear”

-Nas-

“I’d shoot for the moon, but I’m too busy gazin’ at stars”

-Eminem-

“Young men need more models, not critics”

-John Wooden-

“If you’re afraid of failure, you don’t deserve to be successful”

-Charles Barkley-

المعهد الإسلامي
الاستدلال والتدوينة

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul **“Pembuatan Model Suvenir Bros Logo Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia”**.

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

1. Orangtua yang selalu mendukung dalam bentuk moral maupun materi.
2. Bapak Dr. Eng. Risdiyono, ST., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng. selaku dosen pembimbing 1 dan Bapak Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan banyak nasehat, memberikan ilmu, memberikan tantangan, dan memberikan saran selama proses tugas akhir dilakukan.
4. Rizky Wirantara selaku laboran yang telah banyak membantu dan memberi arahan dalam pengoperasian mesin CNC.
5. Wisnu Adi dan Ressa Faelashofa sebagai *partner* tugas akhir yang memiliki banyak pengalaman dan selalu membantu saat penulis menemukan kesulitan.

Demikian yang dapat penulis sampaikan dalam laporan ini. Penulis mengetahui bahwa laporan ini jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran untuk kegiatan serta laporan penelitian selanjutnya. Akhir kata, semoga laporan ini dapat berguna dan bermanfaat.

Yogyakarta, 20 April 2021

Penulis,



Irvan Pradikta
15525016

ABSTRAK

Pembuatan model lilin adalah salah satu tahapan kerja dalam proses produksi sebuah souvenir. Model lilin dibuat dengan tujuan untuk menghasilkan produk dengan bentuk yang rumit dan tingkat keakurasian yang tinggi, serta memiliki permukaan yang lebih halus. Pada penelitian ini, dilakukan pembuatan model lilin dengan desain berupa bros logo Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia (UII). Proses perancangan diawali dari pembuatan desain produk menggunakan aplikasi 3DESIGN. Desain produk yang telah dibuat diwujudkan secara nyata dengan membuat master produk menggunakan mesin CEDU CNC. Material master produk adalah akrilik dengan ketebalan 8 mm. Proses pemesinan master produk dilakukan melalui dua tahap, yaitu proses roughing menggunakan pahat End Mill 3 mm dan proses finishing menggunakan pahat Conical 0.2 10°. Setelah master produk jadi, dilanjutkan dengan pembuatan cetakan silikon menggunakan siliconee rubber RTV-48. Master produk yang akan dicetak menggunakan silikon, diberi sedikit modifikasi untuk memberi jalur lilin saat proses terakhir dalam penelitian ini dilakukan, yaitu proses injection wax menggunakan vacuum wax injector. Dari serangkaian proses yang telah dilakukan pada penelitian ini, didapatkan model lilin yang telah terbentuk dengan baik sesuai dengan desain yang dibuat, sehingga model lilin ini dapat digunakan untuk proses selanjutnya.

Kata kunci : Bros, Model Lilin, CNC, Cetakan Silikon, Injection Wax

ABSTRACT

Making a wax pattern is one of the work stages in the production process of a souvenir. The wax model is made to produce a product with a complex shape and a high degree of accuracy, as well as having a smoother surface. In this research, a wax model was made with the design of the logo brooch for the Mechanical Engineering logo of the Islamic University of Indonesia (UII). The design process begins with making a product design using the 3DESIGN application. Product designs that have been made are realized by making product masters using CEDU CNC machines. The master material of the product is acrylic with a thickness of 8 mm. The master product machining process is carried out in two stages namely, the roughing process using the End Mill 3 mm chisel and the finishing process using the Conical 0.2 10° chisel. After mastering the finished product, it is followed by making siliconee molds using RTV-48 siliconee rubber. The master of the product to be printed using siliconee was given a slight modification to give the wax path when the last process in this study was carried out, namely the injection wax process using a vacuum wax injector. From a series of processes that have been carried out in this study, it is found that a candle model that has been formed properly is following the design made so that this wax model can be used for further processing.

Keywords : Brooch, Wax Pattern, CNC, Siliconee Mold, Injection Wax

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iii
Halaman Persembahan	iv
Halaman Motto	v
Kata Pengantar.....	vi
Abstrak	vii
<i>Abstract</i>	vii
Daftar Isi.....	viii
Daftar Tabel.....	xi
Daftar Gambar	xii
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Perancangan.....	2
1.5 Manfaat Perancangan.....	3
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 3DESIGN	5
2.3 CAM (<i>Computer Aided Manufacturing</i>)	6
2.3.1 3D <i>Printing</i>	6
2.3.2 ArtCAM JewelSmith	8
2.3.3 CNC (<i>Computer Numerical Control</i>).....	8
2.3.4 Pahat	9
2.4 <i>Silicone Rubber RTV-48</i>	11
2.5 <i>Injection Wax</i>	11
2.5.1 <i>Jewellery Wax</i>	12

BAB 3 Metode Penelitian.....	13
3.1 Alur Penelitian	13
3.2 Peralatan dan Bahan.....	15
3.3 Kriteria Desain Bros	15
3.4 Filosofi Logo Teknik Mesin UII.....	16
3.5 Konsep Desain Bros.....	16
3.5.1 Desain 3D Logo Teknik Mesin UII.....	17
3.6 Proses Desain Bros	18
3.6.1 Konsep Desain 1	18
3.6.2 Konsep Desain 2	19
3.6.3 Konsep Desain 3	19
3.6.4 Konsep Desain 4.....	20
3.6.5 Konsep Desain 5	21
3.7 Proses 3D <i>Printing</i>	21
3.8 Proses Pemesinan.....	22
3.8.1 Simulasi Pemesinan.....	22
3.8.2 Cara Pemesinan Dua Sisi Secara Manual.....	23
3.8.3 Pemesinan CNC.....	25
3.9 Pembuatan Cetakan Silikon	26
3.9.1 Proses Pembuatan Cetakan Silikon	26
3.10 Proses <i>Injection Wax</i>	28
Bab 4 Hasil dan Pembahasan	30
4.1 Transformasi Logo Teknik Mesin UII.....	30
4.2 Hasil 3D <i>Printing</i>	31
4.2.1 Desain 1	31
4.2.2 Desain 2	31
4.2.3 Desain 3	32
4.2.4 Desain 4 dan 5	32
4.3 Hasil Pemesinan CNC	33
4.3.1 Desain 3	33
4.3.2 Desain 4	33
4.3.3 Desain 5	34

4.4	Hasil Cetakan Silikon dan <i>Injection Wax</i>	35
4.4.1	<i>Injection Wax</i> Pada Cetakan Silikon Model 1	35
4.4.2	<i>Injection Wax</i> Pada Cetakan Silikon Model 2	36
4.4.3	<i>Injection Wax</i> Pada Cetakan Silikon Model 3	37
4.4.4	<i>Injection Wax</i> Pada Cetakan Silikon Model 4	39
Bab 5	Penutup	41
5.1	Kesimpulan	41
5.2	Saran	42
	Daftar Pustaka	43
	LAMPIRAN	44



DAFTAR TABEL

Tabel 3-1 Parameter Simulasi Pemesinan Bros.....	23
Tabel 3-2 Parameter Pemesinan CNC Master Bros	26



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1-1 Logo Teknik Mesin UII.....	2
Gambar 2-1 <i>Software 3DESIGN</i>	5
Gambar 2-2 <i>Interface Software 3DESIGN</i>	6
Gambar 2-3 Creality3D CR-10S Pro.....	7
Gambar 2-4 Mekanisme <i>Direct Printer 3D</i>	7
Gambar 2-5 <i>Software ArtCAM JewelSmith</i>	8
Gambar 2-6 Ilustrasi Mesin CNC 3 Axis	9
Gambar 2-7 Mesin CEDU CNC 3 Axis	9
Gambar 2-8 Pahat <i>End Mill</i>	10
Gambar 2-9 Pahat <i>Conical</i>	10
Gambar 2-10 <i>Collet</i>	10
Gambar 2-11 <i>Silicone Rubber RTV-48</i>	11
Gambar 2-12 <i>Vacuum Wax Injector</i>	11
Gambar 2-13 <i>Jewellery Wax</i>	12
Gambar 3-1 Diagram Alur Penelitian.....	14
Gambar 3-2 Logo Teknik Mesin UII.....	16
Gambar 3-3 Gantungan Kunci UNAIR	17
Gambar 3-4 Kerangka 3D Logo Teknik Mesin UII	17
Gambar 3-5 Konsep Desain 1.....	18
Gambar 3-6 Konsep Desain 2.....	19
Gambar 3-7 Konsep Desain 3.....	20
Gambar 3-8 Konsep Desain 4.....	20
Gambar 3-9 Konsep Desain 5.....	21
Gambar 3-10 Parameter <i>3D Printing</i>	22
Gambar 3-11 Proses Simulasi Pemesinan Master Bros	23
Gambar 3-12 Benda kerja terpasang di meja CNC	24
Gambar 3-13 Master diberi jalur aliran lilin.....	27
Gambar 3-14 Proses vakum cetakan silikon.....	27
Gambar 3-15 Pengaturan <i>Wax Pot Temp</i> dan <i>Valve Temp</i>	28
Gambar 3-16 Pengaturan Tekanan Udara	29

Gambar 4-1 Logo Teknik Mesin UII 3D.....	30
Gambar 4-2 Dimensi Logo Teknik Mesin UII 3D	30
Gambar 4-3 Hasil 3D Print Desain 1	31
Gambar 4-4 Hasil 3D Print Desain 2.....	32
Gambar 4-5 Hasil 3D Print Desain 3.....	32
Gambar 4-6 Hasil CNC Desain 3	33
Gambar 4-7 Hasil CNC Desain 4	34
Gambar 4-8 Hasil CNC Desain 5	35
Gambar 4-9 Cetakan Silikon Model 1	36
Gambar 4-10 Hasil Percobaan <i>Inject Wax</i> Silikon Model 1.....	36
Gambar 4-11 Cetakan Silikon Model 2.....	37
Gambar 4-12 Hasil Percobaan <i>Inject Wax</i> Silikon Model 2.....	37
Gambar 4-13 Cetakan Silikon Model 3	38
Gambar 4-14 Hasil Percobaan ke-6.....	38
Gambar 4-15 Hasil Percobaan <i>Inject Wax</i> Silikon Model 3.....	39
Gambar 4-16 Hasil Cetakan Silikon Model 4	40
Gambar 4-17 Hasil Percobaan <i>Inject Wax</i> Silikon Model 4.....	40

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Logo adalah lambang mengandung makna berupa tulisan maupun bentuk abstrak yang berfungsi menunjukkan identitas secara visual dari perusahaan, daerah, organisasi, produk, maupun lembaga. Termasuk institusi pendidikan seperti universitas pun menciptakan logo untuk mempermudah masyarakat mengingat identitas universitas. Logo universitas banyak dijadikan sebagai desain utama pembuatan souvenir resmi atau cinderamata dari universitas terkait. Contoh souvenir yang sering ditemukan berupa mug, stiker, jam, pin, gantungan kunci, dan lain-lain.

Salah satu universitas swasta yang terletak di Yogyakarta, Universitas Islam Indonesia (UII), memiliki program studi teknik mesin yang memiliki fokus pada bidang manufaktur. Teknik Mesin UII memiliki konsep identitas dan logo tersendiri yang dibuat dengan beberapa filosofi yang menggambarkan nilai-nilai luhur yang dibawa oleh Teknik Mesin UII.

Kebutuhan souvenir di Teknik Mesin UII tidak sedikit. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, Teknik Mesin UII sering mengadakan acara yang melibatkan pihak luar seperti instansi pendidikan, pemerintahan, perusahaan, atau instansi lainnya. Dalam pelaksanaannya, Teknik Mesin UII membutuhkan souvenir sebagai tanda kenangan. Dengan adanya logo Teknik Mesin UII, maka muncul ide untuk menyediakan kebutuhan souvenir dengan mewujudkan logo sebagai desain utama pada souvenir.

Produk souvenir yang dibuat berupa bros yang dirancang dengan unsur utama logo Teknik Mesin UII seperti yang terlihat pada Gambar 1-1. Proses perancangan diawali dengan pembuatan desain menggunakan *software* 3DESIGN. Untuk proses pencetakan produk dilakukan dengan dua teknologi yang berbeda, yaitu teknologi *3D Printing* dan teknologi *Computer Numerical Control (CNC)*. Dari kedua teknologi yang digunakan, akan dilakukan perbandingan pada hasil produknya. Hasil yang terbaik akan dijadikan master produk dan diproses ke tahap berikutnya. Tahap akhir dari penelitian ini adalah pembuatan cetakan silikon menggunakan

silicone rubber RTV-48, dilanjutkan dengan pembuatan model lilin (*wax-pattern*) menggunakan *jewellery wax*.



Gambar 1-1 Logo Teknik Mesin UII

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang disampaikan, rumusan masalah yang didapatkan yaitu bagaimana merealisasikan sebuah produk yang berawal dari desain hingga menjadi model lilin (*wax-pattern*) dengan bentuk bros logo Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

1.3 Batasan Masalah

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

- 1) Pembuatan desain menggunakan *software* 3DESIGN.
- 2) Proses pembuatan master produk menggunakan mesin CEDU CNC dan mesin Creality3D CR-10S Pro.
- 3) Simulasi pemesinan menggunakan *software* ArtCAM 2011.
- 4) Material yang digunakan akrilik ketebalan 8 mm, PLA *filament* berdiameter 1.75 mm, *silicone rubber* RTV-48, dan *jewellery wax*.
- 5) Penelitian ini tidak membahas ketahanan material.

1.4 Tujuan Perancangan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijabarkan di atas, maka tujuan penelitian atau perancangan ini adalah sebagai berikut :

- 1) Merancang produk souvenir berupa bros dengan logo Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia dari proses desain hingga pembuatan model lilin (*wax-pattern*).
- 2) Membandingkan produk yang dihasilkan dari teknologi 3D *printing* dan teknologi CNC.
- 3) Mengamati kendala-kendala yang terjadi pada setiap proses yang dilakukan selama penelitian.

1.5 Manfaat Perancangan

Adapun manfaat yang diharapkan dari perancangan produk ini antara lain :

- 1) Membuat suatu produk yang beridentitaskan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
- 2) Dapat digunakan sebagai referensi pembuatan master produk menggunakan teknologi 3D *printing* dan teknologi CNC.
- 3) Dapat digunakan sebagai referensi perancangan produk seni menggunakan teknologi CAD/CAM.
- 4) Dapat digunakan sebagai referensi untuk pengembangan produk souvenir Universitas Islam Indonesia.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan tugas akhir ini diuraikan dalam lima bab yang berurutan untuk mempermudah pembahasannya. Bab 1 berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan perancangan, manfaat perancangan, dan sistematika penulisan. Bab 2 berisi kajian pustaka dan teori-teori yang menjadi landasan untuk perancangan. Bab 3 berisi alur penelitian, alat dan bahan, serta tahapan-tahapan proses perancangan. Bab 4 berisi tentang pembahasan serta hasil yang telah diperoleh dari proses perancangan yang telah dilakukan. Bab 5 berisi tentang kesimpulan dari hasil perancangan dan saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Suvenir adalah benda atau perhiasan dekoratif yang dibuat untuk dijadikan sebagai cinderamata atau simbol kenangan atas peristiwa yang telah dialami. Ada berbagai jenis souvenir yang bisa ditemukan, namun pada penelitian ini desain produk yang dirancang berupa bros.

Menurut KBBI, bros adalah perhiasan yang terbuat dari emas, perak, dan sebagainya, bermata intan (berlian, mutiara, dan sebagainya) yang disematkan pada pakaian (biasanya di bagian dada). Bros bukan hanya berfungsi sebagai aksesoris, namun juga digunakan sebagai media untuk menunjukkan suatu identitas.

Pada pelaksanaannya, ada beberapa proses penelitian yang dilakukan dengan mengacu pada peneliti sebelumnya tentang proses produksi souvenir atau perhiasan. Tercatat 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 pemesanan dalam penelitian tersebut dilakukan proses pemesanan CNC dua sisi secara manual (Purnomo, 2017). Teknik manual yang dimaksud yaitu memutar benda objek 180° tanpa bantuan mesin. Proses pemesanan dua sisi dilakukan karena produk yang dirancang memiliki dua “wajah” yang ditampilkan dari dua sisi yang saling bertolak-belakang.

Pada tahap pembuatan cetakan silikon digunakan *silicone rubber* RTV-52 dan ketika cetakan silikon sudah kering, proses pembelahan cetakan silikon dilakukan menggunakan pola acak. Pola acak ini diterapkan dengan tujuan agar cetakan silikon yang telah dibelah dapat disatukan kembali dan saling mengait sehingga tidak ada pergeseran antar belahan tersebut.

Perancangan bros logo Teknik Mesin UII diawali dengan pembuatan desain menggunakan *software* 3DESIGN. Tahap selanjutnya yaitu pembuatan master berbahan akrilik yang diproses menggunakan mesin CEDU CNC, dilanjutkan dengan pembuatan cetakan silikon menggunakan *silicone rubber* RTV-48. Proses

terakhir yang dilakukan pada penelitian ini adalah proses *injection wax* yang menghasilkan model lilin (*wax-pattern*) dengan motif logo Teknik Mesin UII.

2.2 CAD (*Computer Aided Design*)

Secara singkat, *Computer Aided Design* (CAD) dapat diartikan sebagai penggunaan komputer dalam proses perancangan atau pengembangan suatu desain produk. Dalam proses desain tersebut, komputer dapat dimanfaatkan untuk melakukan visualisasi gambar terkait produk yang akan diwujudkan maupun analisis material produknya. Aplikasi CAD dalam pembuatan desain terbatas hanya pada *drafting* model 2 dimensi, model 3 dimensi, dan model solid.

2.2.1 3DESIGN

3DESIGN adalah 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 model 3D, kemudian mempresentasikannya, memvalidasi, menjual, serta memproduksinya.



Gambar 2-1 *Software* 3DESIGN

Seperti yang terlihat pada Gambar 2-2, 3DESIGN memberikan berbagai macam fitur yang berbeda untuk membuat suatu pemodelan karena *software* ini lebih mengutamakan pembuatan desain produk yang solid, bukan hanya sekedar pembuatan desain bagian permukaan saja. 3DESIGN juga mampu melakukan perubahan desain pada bentuk-bentuk perhiasan yang sudah ada, seperti gelang, anting, liontin, jam tangan, pin, serta cincin dan dapat dimodifikasi dengan menambahkan berbagai ornamen pada produknya.



Gambar 2-2 Interface Software 3DESIGN

2.3 CAM (Computer Aided Manufacturing)

Computer Aided Manufacturing (CAM) merupakan sebuah teknologi perangkat lunak komputer dan mesin untuk melakukan otomatisasi dalam proses manufaktur. Menurut Ningsih (2005), CAM adalah sebuah sistem desain yang mengkonversi suatu perancangan atau permodelan produk sampai produk akhir menggunakan komputer. Tujuan utama dari CAM yaitu menghasilkan produk dengan proses yang cepat serta ukuran yang presisi dan konsistensi material pada komponen dan *tools*.

Berdasarkan definisi tersebut, dibutuhkan tiga komponen utama agar sistem CAM dapat berfungsi :

- 1) *Software* yang berfungsi memberi perintah pada mesin *toolpaths* agar mesin dapat melakukan proses produksi.
- 2) Mesin yang dapat memproses produk dari bahan mentah hingga produk jadi.
- 3) *Post Processor* yang berfungsi untuk merubah *toolpaths* menjadi bahasa pemrograman yang dapat dimengerti oleh mesin sehingga mesin dapat berproses.

2.3.1 3D Printing

3D Printing atau dikenal juga sebagai *Additive Layer Manufacturing* menurut Excell, Jon (2013) adalah proses membuat objek 3 dimensi atau bentuk apapun dari model digital. Cara kerjanya hampir sama dengan printer laser dengan teknik membuat objek dari sejumlah lapisan (*layer*) yang masing-masing dicetak di

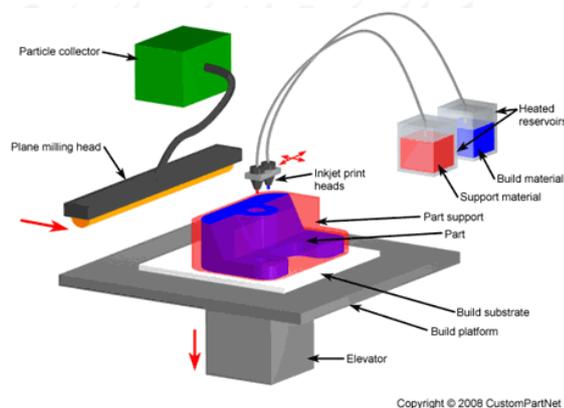
atas setiap lapisan lainnya. Sejak 1984, teknologi 3D *printing* semakin berkembang dan digunakan dalam purwarupa (model) maupun industri secara luas seperti dalam arsitektur, otomotif, militer, *fashion*, industri medis, sistem informasi geografis, hingga biotech (Sadana Kumara, 2018).

Pada industri perhiasan, teknologi 3D *printing* digunakan untuk membuat *prototype* sebuah produk sebelum diproduksi dalam jumlah besar. Dengan teknologi ini proses pembuatan *prototype* bisa menjadi lebih mudah, murah, dan cepat. Pada penelitian ini, digunakan Creality3D CR-10S Pro 3D printer seperti yang terlihat pada Gambar 2-3. Printer ini berjenis *Direct Printer* yang memiliki mekanisme kerja menggunakan teknologi inkjet yang bergerak maju mundur sambil mengeluarkan cairan. Inkjet yang dimaksud bukanlah tinta, melainkan lilin atau polimer plastik. Printer 3D inkjet memiliki arah pergerakan *nozzle* vertikal maupun diagonal.



Gambar 2-3 Creality3D CR-10S Pro

Sumber : (<https://creality3d.shop/>)



Copyright © 2008 CustomPartNet

Gambar 2-4 Mekanisme *Direct Printer 3D*

Sumber : (www.custompartnet.com)

2.3.2 ArtCAM JewelSmith

ArtCAM (*Artistic Computer Aided Manufacturing*) JewelSmith adalah *software* CAD/CAM yang diciptakan perusahaan Delcam yang menjadi solusi untuk pembuatan desain produk seni. ArtCAM memiliki keunggulan untuk 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 2-5 *Software* ArtCAM JewelSmith

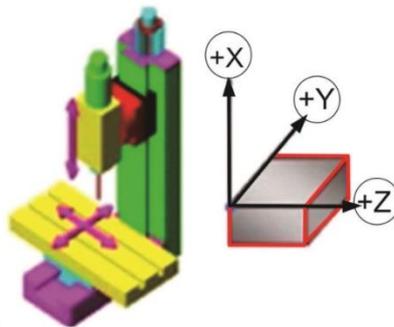
ArtCAM JewelSmith mampu memproses vektor 2D atau *bitmaps* menjadi relief 3D. Selain itu, *software* ArtCAM juga mampu memasukkan model 3D dari *software* lain untuk dibuat relief 3D kemudian dapat diatur pula ketajaman resolusi dari model 3D tersebut. Pengaturan resolusi akan mempengaruhi detail permukaan pada model 3D secara keseluruhan. Dengan ArtCAM JewelSmith, berbagai macam bentuk rumit seperti cincin, liontin, gelang, dan produk perhiasan lainnya dapat diproses secara terperinci hingga ke sudut-sudut yang sangat kecil sekalipun.

ArtCAM JewelSmith memiliki kemampuan untuk mengkalkulasi jalur *toolpath* yang dibutuhkan untuk melakukan proses pemesinan CNC atau *Rapid Prototyping*. Proses pembuatan jalur *toolpath* dapat dilakukan pada relief 3D yang telah dilakukan *assembly* secara utuh maupun relief 3D individu per bagian (belum *assembly*). Jalur *toolpath* yang telah dibuat oleh *software* ArtCAM JewelSmith dapat dikirim langsung ke mesin CNC dan mesin CNC akan langsung melakukan proses pemotongan pada material produk yang telah disiapkan. Umumnya jenis file yang dikirimkan dari *software* ArtCAM JewelSmith untuk diproses oleh mesin CNC memiliki format (.STL).

2.3.3 CNC (*Computer Numerical Control*)

Computer Numerical Control (CNC) dapat diartikan sebagai suatu perintah yang dikirimkan dari komputer menuju mesin untuk mengontrol mesin dalam

melakukan proses pemesinan. Perintah yang dikirimkan berupa kode-kode numerik yang berisi koordinat arah pergerakan mesin. Proses yang dilakukan mesin CNC berupa pemotongan (*cutting*) dan pembentukan (*shaping*) material. Pada mesin CNC, sumbu mesin CNC memegang peranan penting karena menentukan gerakan pahat relatif terhadap benda kerja. Pada penelitian ini, digunakan mesin CEDU CNC 3 axis dengan arah gerak sumbu Z sama dengan arah gerak *spindle*, sumbu X dengan arah gerak horizontal, dan sumbu Y dengan arah gerak vertikal.



Gambar 2-6 Ilustrasi Mesin CNC 3 Axis

Sumber : (Budi Wiratmo & Wisnu Suryaputra, 2017)



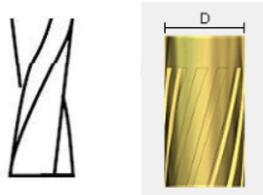
Gambar 2-7 Mesin CEDU CNC 3 Axis

2.3.4 Pahat

Pahat merupakan salah satu bagian terpenting dalam proses pemesinan. Sifat utama dari pahat yaitu harus lebih keras dari benda kerja yang akan dipotong atau dibentuk agar tidak mudah patah saat proses pemesinan berlangsung. Pahat yang digunakan pada penelitian ini yaitu pahat *End Mill* dan pahat *Conical* 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 pahat *end mill* yang digunakan adalah pahat *end mill* 3 mm.



Gambar 2-8 Pahat *End Mill*

Sumber : (Roland University, 2008)

2) Pahat *Conical*

Pahat *conical* adalah pahat yang digunakan untuk memotong bentuk-bentuk yang memiliki lekukan tajam serta relief yang berukuran kecil, namun pahat ini mudah patah karena sudut yang sangat kecil dan rapuh.



Gambar 2-9 Pahat *Conical*

3) Collet

Collet adalah komponen pada mesin CNC yang berfungsi menggenggam pahat. Ukuran standar *collet* adalah 1/4", 1/8", dan untuk ukuran metrik 6 mm dan 3 mm.



Gambar 2-10 *Collet*

2.4 *Silicone Rubber RTV-48*

Silicone rubber RTV-48 adalah silikon berwujud cairan berwarna putih semen yang termasuk dalam kategori *silicone rubber* teknik. Untuk membuat silikon menjadi keras harus dicampur dengan katalis. Jenis silikon seri RTV-48 dipilih karena dilihat dari segi penggunaan dimana silikon seri ini tidak terlalu padat atau kental, sehingga mudah digunakan untuk membuat cetakan dengan master yang memiliki area yang sempit dan memiliki sudut tajam.



Gambar 2-11 *Silicone Rubber* RTV-48

2.5 *Injection Wax*

Proses *injection wax* adalah proses memasukkan lilin cair ke dalam cetakan silikon. Pada proses ini mesin *injection wax* atau *vacuum wax injector* berisi bijih lilin yang telah dilelehkan pada temperatur $\pm 84^{\circ}\text{C}$. Besar temperatur ini diatur untuk mencegah lilin mengering sebelum memenuhi ruangan kosong di dalam cetakan silikon.



Gambar 2-12 *Vacuum Wax Injector*

2.5.1 Jewellery Wax

Ferris File A Wax (FFAW) merupakan salah satu brand lilin yang digunakan khusus untuk aplikasi produk perhiasan. Komposisi FFAW adalah senyawa kimia Petroleum Hydrocarbon yang merupakan kumpulan dari molekul alkana (linier atau cross parafin), sikloalkana (naphthenes), hidrokarbon aromatik, atau senyawa yang lebih rumit seperti asphalthenes.



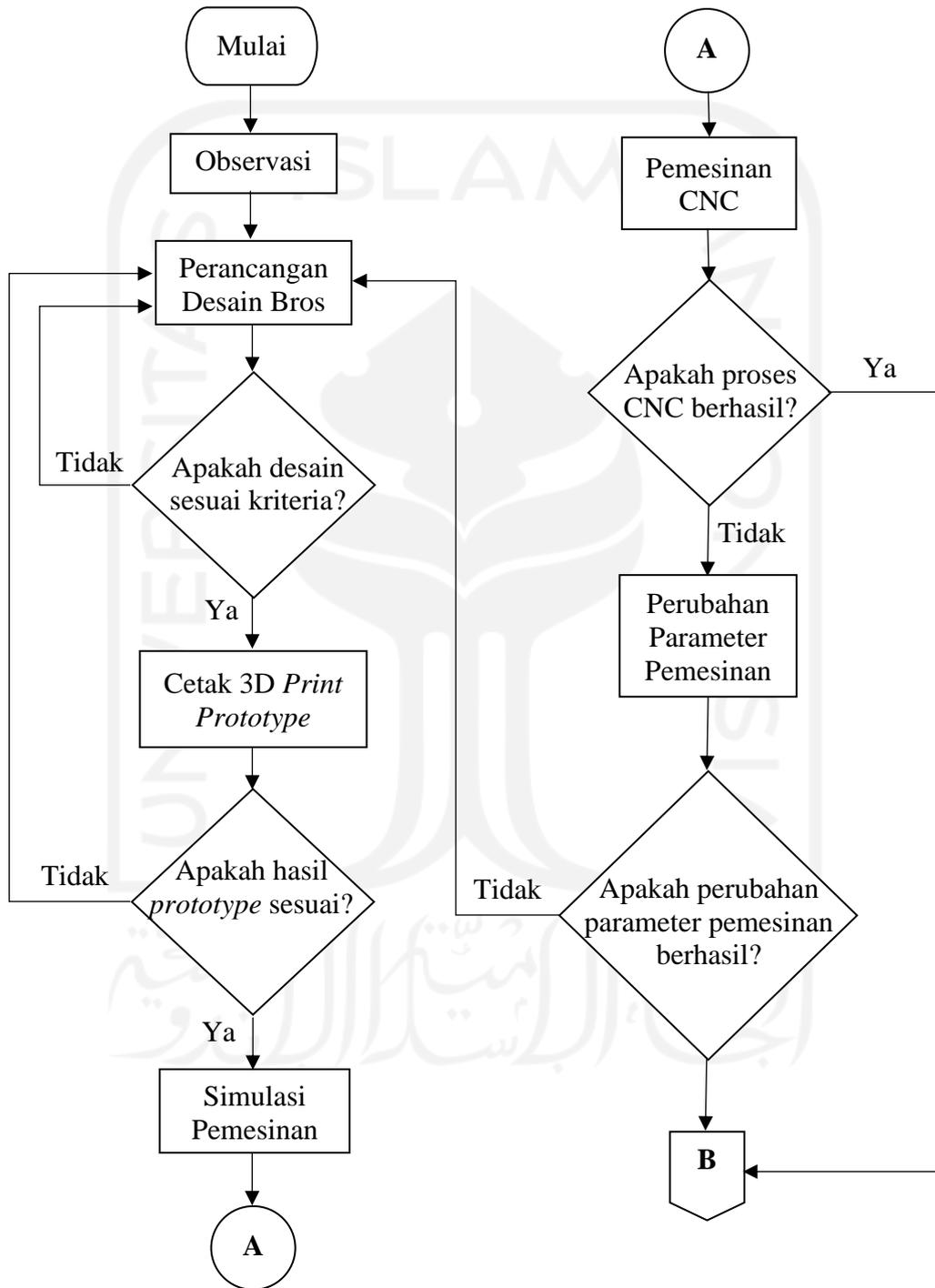
Gambar 2-13 *Jewellery Wax*

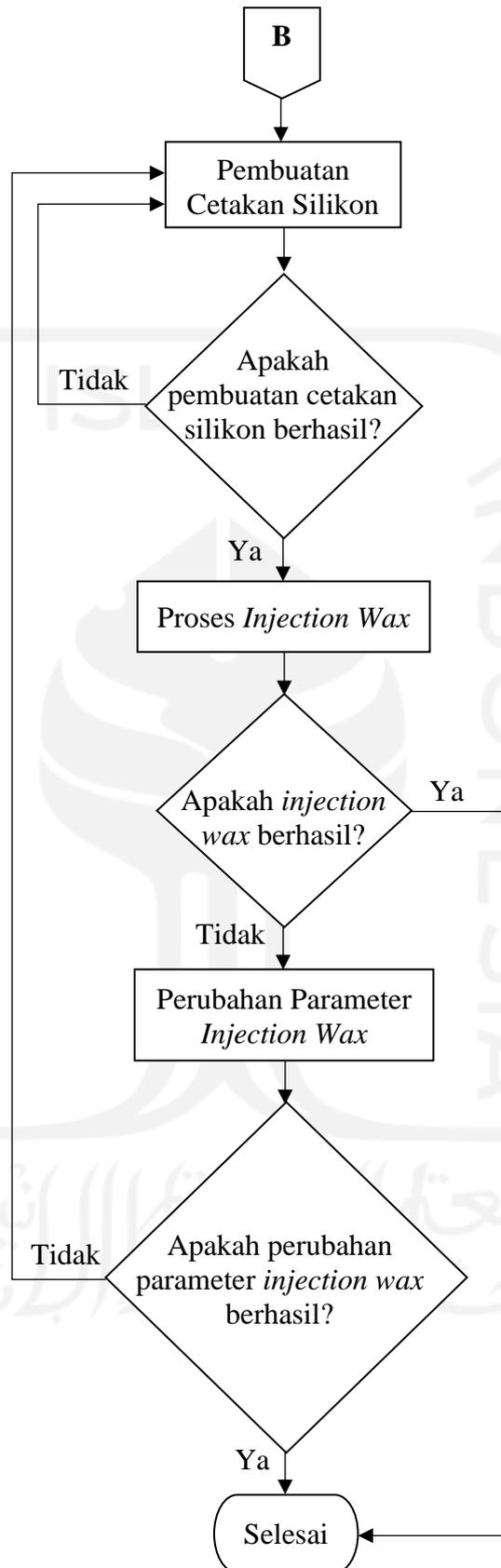
Sumber : (www.freemanwax.com)

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian





Gambar 3-1 Diagram Alur Penelitian

3.2 Peralatan dan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

A. Alat dan bahan pembuatan prototype :

- 1) 3D print Creality3D CR-10S Pro
- 2) PLA *filament* diameter 1.75 mm

B. Alat dan bahan pembuatan master :

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

C. Alat dan bahan pembuatan cetakan silikon :

- | | |
|----------------------------------|------------------------|
| 1) Akrilik | 5) Mesin <i>vacuum</i> |
| 2) <i>Silicone Rubber</i> RTV-48 | 6) Kabel |
| 3) Katalis | 7) <i>Mixer</i> |
| 4) Timbangan digital | |

D. Alat dan bahan pembuatan model lilin :

- 1) *Jewellery Wax*
- 2) *Vacuum Wax Injector*
- 3) Kompresor

3.3 Kriteria Desain Bros

Desain bros bermotif logo Teknik Mesin UII bertujuan untuk menunjukkan identitas Teknik Mesin UII dalam sebuah perhiasan atau aksesoris. Maka dari itu desain bros memiliki beberapa kriteria desain sebagai berikut :

- 1) Logo Teknik Mesin UII terletak di bagian depan sebagai “wajah” utama bros. Hal ini bertujuan untuk menunjukkan identitas Teknik Mesin UII.
- 2) Ukuran terluar bros tidak lebih dari 50 mm x 50 mm.
- 3) Ketebalan bros maksimal adalah 5 mm. Ketebalan bros serta ukurannya berperan penting agar ketika bros dikenakan tidak terlalu berat.
- 4) Hasil akhir produk berwujud model lilin atau *wax-pattern* (bukan logam).

3.4 Filosofi Logo Teknik Mesin UII



Gambar 3-2 Logo Teknik Mesin UII

Motif logo Teknik Mesin UII memiliki beberapa filosofi sebagai berikut :

- 1) Piramida yang terpotong menunjukkan ketidaksempurnaan manusia, karena kesempurnaan hanyalah milik Allah SWT.
- 2) Lengkungan yang menyerupai bulan sabit melambangkan ilmu pengetahuan yang sangat luas.
- 3) Kaki piramida berbentuk huruf M artinya penerapan disiplin ilmu mesin sebagai dasar kehidupan.

3.5 Konsep Desain Bros

Perancangan bros berawal dari munculnya ide untuk membuat souvenir yang dapat menunjukkan identitas Teknik Mesin UII. Teknik Mesin UII sebelumnya sudah memiliki identitas berupa logo. Dari logo tersebut, dikembangkan sebuah konsep untuk mewujudkan logo menjadi sebuah souvenir yang elegan, mudah diingat, dan bisa dikenakan di berbagai acara formal yang berkaitan dengan institusi pendidikan. Kemudian untuk bisa mendapatkan desain bros yang diinginkan, diperlukan beberapa kali uji coba serta melihat berbagai sumber referensi dari institusi pendidikan lainnya yang telah memiliki souvenir resmi untuk dijadikan inspirasi.

Terdapat berbagai wujud souvenir yang beredar dari beberapa referensi yang telah ditemukan. Salah satu contoh yang dapat diambil adalah gantungan kunci yang diproduksi oleh Universitas Airlangga (UNAIR), seperti yang terlihat pada Gambar 3-3. Bentuk gantungan kunci tidak kompleks, bentuk simetris, dan bobot produk ringan. Gantungan kunci ini berbentuk lingkaran dengan ukuran terluar sekitar 38 mm, terbuat dari bahan metal (perak).



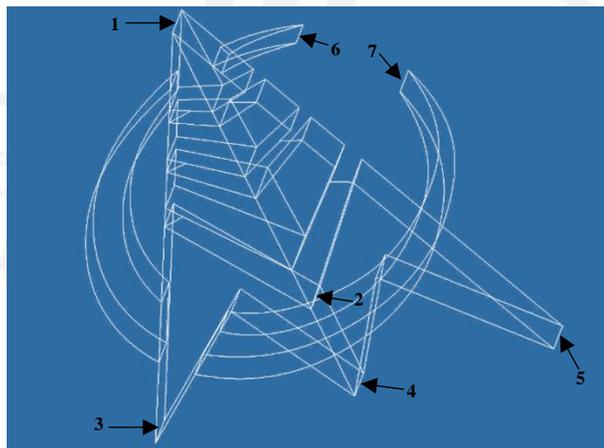
Gambar 3-3 Gantungan Kunci UNAIR

Sumber : (<https://unairstore.com/product/>)

3.5.1 Desain 3D Logo Teknik Mesin UII

Bros logo Teknik Mesin UII didesain dengan mengaplikasikan model 3D pada desain logo yang sebelumnya berupa 2D. Logo Teknik Mesin UII menjadi “wajah” utama dari bros dengan tujuan untuk menunjukkan identitas Teknik Mesin UII. Desain 3D logo Teknik Mesin UII dibuat dengan model prisma dan menyerupai piramida. Kerangka dibuat dengan cara menjiplak gambar 2D logo Teknik Mesin UII untuk membuat garis vektor pada bagian dasar, yang kemudian dijadikan sebagai pegangan utama untuk mewujudkan kerangka logo menjadi 3D.

Ukuran kerangka pada setiap bagian memiliki ukuran yang berbeda-beda, hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil model 3D yang tidak kaku dan terlihat nyata. Kerangka 3D logo Teknik Mesin UII dapat dilihat pada Gambar 3-4.



Gambar 3-4 Kerangka 3D Logo Teknik Mesin UII

Beberapa ukuran terluar dari kerangka logo adalah sebagai berikut :

- 1) Garis vertikal nomor 1 pada puncak prisma berukuran 3 mm.

- 2) Garis vertikal nomor 3, 4, dan 5 pada kaki logo berbentuk huruf M memiliki ukuran 3 mm. Garis tersebut dibuat dengan menarik garis lurus dari puncak prisma sehingga sehingga setiap sisi prisma memiliki ketinggian yang sama.
- 3) Garis vertikal nomor 2 adalah garis tertinggi yang ada pada desain logo dengan ukuran 4.5 mm. Jadi selisih ketinggian dari puncak prisma pada prisma pertama hingga ke prisma ketiga hanya 1,5 mm. Hal ini dilakukan agar tidak terjadi selisih ketinggian yang ekstrim pada desain prisma sehingga desain prisma dapat terlihat seimbang.
- 4) Pada garis vertikal nomor 6 dan nomor 7 masing-masing memiliki ketinggian 2,4 mm dan 2,8 mm. Garis ini dibuat sebagai tiang utama untuk membuat desain bulan sabit yang melilit prisma.

3.6 Proses Desain Bros

3.6.1 Konsep Desain 1

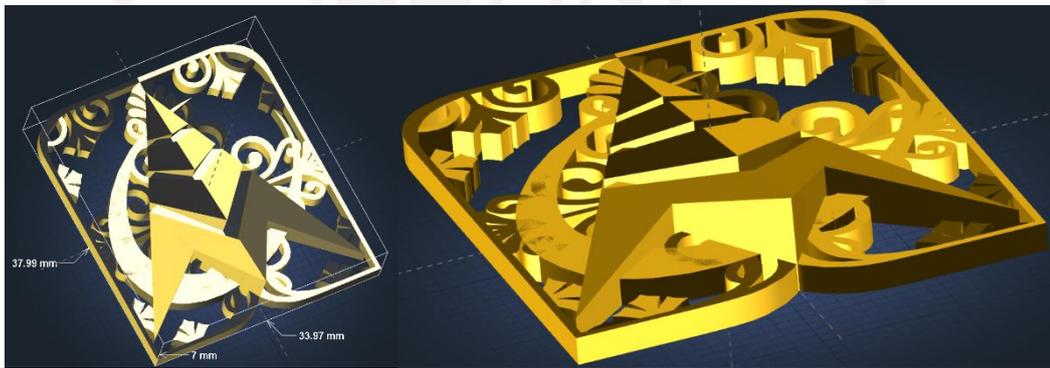
Konsep desain 1 mengambil tema tentang kebudayaan, yaitu wayang serta motif batik sebagai ornamen hiasan seperti terlihat pada Gambar 3-5. Desain ini diproduksi hingga tahap pembuatan *prototype* dengan *3D printing*, namun tidak dilanjutkan ke proses pemesinan. Desain ini dibuat sebelum kriteria desain ditentukan, dikarenakan dimensi bros yang melebihi kriteria dan desain bros terlihat tidak seimbang karena desain wayang yang hanya ada di sisi kiri. Sementara itu desain logo Teknik Mesin UII juga masih kaku dan memiliki variasi ketinggian yang ekstrim. Desain bros ini memiliki ukuran terluar panjang 60.92 mm, lebar 43.26 mm, dan tinggi 3.1 mm.



Gambar 3-5 Konsep Desain 1

3.6.2 Konsep Desain 2

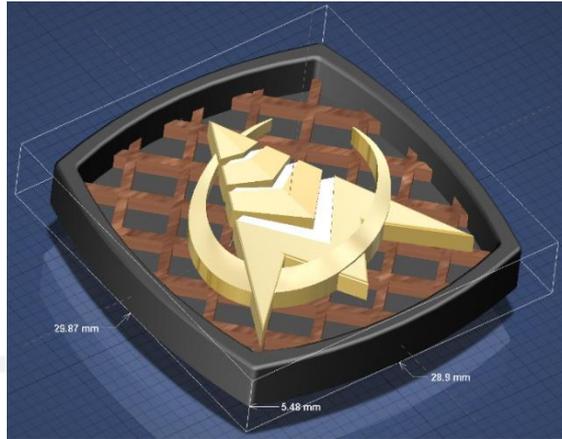
Pada konsep desain 2, dilakukan penggabungan desain logo Teknik Mesin UII dengan desain logo UII. Namun desain logo UII hanya digunakan sebagai frame. Untuk sekitar logo Teknik Mesin UII diberi ornamen motif batik. Sama halnya seperti konsep desain 1, konsep desain 2 dibuat sebelum kriteria desain ada. Seperti terlihat pada Gambar 3-6, desain logo Teknik Mesin UII memiliki variasi ketinggian yang ekstrim dan terlihat kaku. Desain bros ini memiliki ukuran terluar panjang 33.97 mm, lebar 37.99 mm, dan tinggi 7 mm.



Gambar 3-6 Konsep Desain 2

3.6.3 Konsep Desain 3

Pada konsep desain 3, produk yang didesain telah memenuhi kriteria desain. Terlihat dari ukuran terluar bros serta ketebalannya dan bentuknya yang simetris. Desain bros ini memiliki ukuran terluar panjang 28.9 mm, lebar 29.87 mm, dan tinggi 5.48 mm. Dapat dilihat pada Gambar 3-7, desain 3D logo Teknik Mesin UII sudah melalui proses *fillet* sehingga terlihat tidak kaku. Kemudian pada bagian bawah logo diberi ornamen jaring yang akan diberi tambahan aksesoris berupa potongan kertas birmet untuk parfum, sehingga bros dapat menyimpan aroma wangi ketika disemprot dengan parfum. Bingkai bros dirancang dengan bentuk segi empat namun diberi aksan melengkung agar terlihat lebih elegan dan indah. Desain bros ini dilanjutkan ke tahap pembuatan *prototype* dengan *3D print* hingga ke pembuatan master produk menggunakan mesin CNC.



Gambar 3-7 Konsep Desain 3

3.6.4 Konsep Desain 4

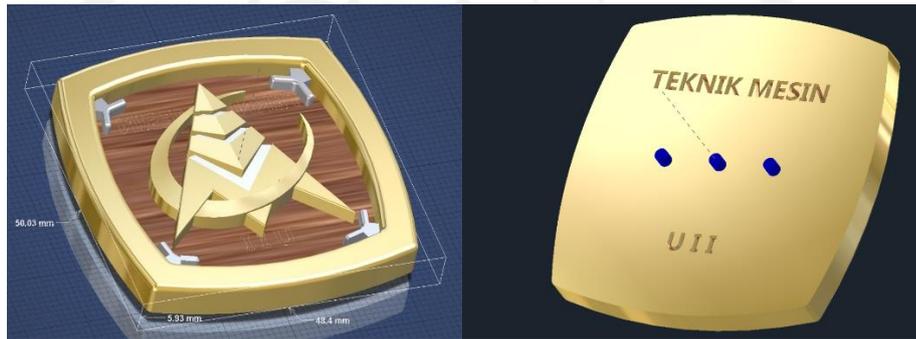
Konsep desain 4 berupa bros hasil dari modifikasi dari desain ke 3. Seperti yang terlihat pada Gambar 3-8, terdapat beberapa perubahan dari desain yang sebelumnya, seperti penambahan tulisan “TEKNIK MESIN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA” pada bagian bingkai bros dengan kedalaman 1 mm. Terdapat empat buah *bracket* berwarna perak (lingkaran merah) yang akan digunakan untuk meletakkan potongan kertas birmet dengan ukuran panjang 28 mm, lebar 3 mm, dan tebal 1 mm. Kemudian pada bagian belakang tidak diberi hiasan apapun, hanya diberi tiga buah *bracket* peniti dengan ketebalan 3 mm. Desain bros ini memiliki ukuran terluar panjang 48.4 mm, lebar 50.03 mm, dan tinggi 5.93 mm. Desain bros ini dilanjutkan ke tahap pemesinan CNC untuk dibuat master produknya menggunakan bahan akrilik.



Gambar 3-8 Konsep Desain 4

3.6.5 Konsep Desain 5

Konsep desain 5 berupa bros hasil dari modifikasi dari desain ke 4. Seperti yang terlihat pada Gambar 3-9, terdapat beberapa perubahan dari desain yang sebelumnya. Tulisan “TEKNIK MESIN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA” diganti menjadi “TEKNIK MESIN UII” dan posisi tulisan dipindah ke bagian belakang bros. Kedalaman tulisan tetep 1 mm. Desain bros ini memiliki ukuran terluar panjang 48.4 mm, lebar 50.03 mm, dan tinggi 5.93 mm.



Gambar 3-9 Konsep Desain 5

3.7 Proses 3D Printing

Proses 3D *printing* pada penelitian ini dilakukan untuk pembuatan *prototype* produk. Dilakukan menggunakan Creality3D CR-10S Pro 3D printer dan PLA *filament* berdiameter 1.75 mm sebagai material utama 3D *printing*. 3D printer memproses file CAD yang telah dikonversi ke format .STL. Setelah file di-*input* ke dalam 3D printer, dilakukan pengaturan parameter 3D *printing* untuk memproses desain yang telah dibuat. Seperti yang terlihat pada Gambar 3-10, kecepatan 3D *printing* adalah 100 mm/s, temperatur *nozzle* diatur sebesar 200°C, dan temperatur *hot-bed* diatur sebesar 50°C. Selain itu, juga diperlukan pengaturan strategi arah gerak *nozzle* dan posisi produk yang akan dihasilkan (horizontal atau vertikal). Hasil *prototype* dari proses 3D *printing* dijadikan perbandingan dengan produk hasil pemesinan CNC.



Gambar 3-10 Parameter 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, dan proses simulasi pemesinan dapat dilihat pada Gambar 3-11.

Tabel 3-1 Parameter Simulasi Pemesinan Bros

Parameter	Pemesinan Sisi Depan		Pemesinan Sisi Belakang	
	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>
<i>Tool</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>)	15000 rpm (250 Hz)	45000 rpm (750 Hz)	15000 rpm (250 Hz)	45000 rpm (750 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



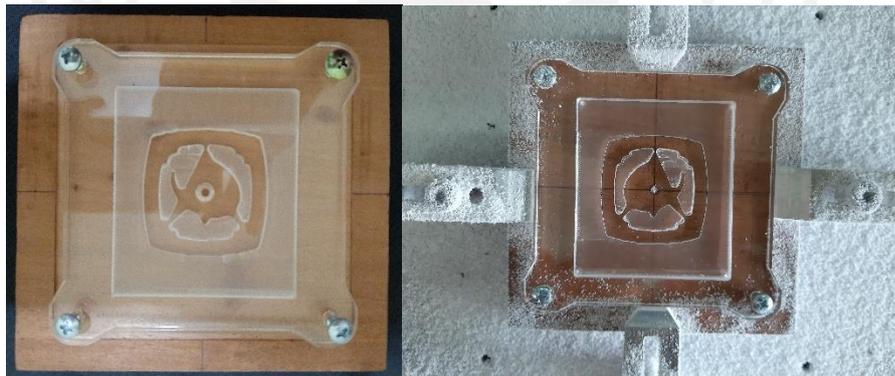
Gambar 3-11 Proses Simulasi Pemesinan Master Bros

3.8.2 Cara Pemesinan Dua Sisi Secara Manual

Pada penelitian ini pemesinan master bros dilakukan pada dua sisi yang berbeda pada material akrilik, yaitu sisi depan dan sisi belakang. Pemesinan dilakukan menggunakan mesin CEDU CNC 3 *axis*, sehingga untuk melakukan pemesinan pada dua sisi yang saling membelakangi dibutuhkan cara untuk membalikkan akrilik secara manual namun juga harus tepat dalam menentukan titik

tengah agar hasil akhir pembuatan master bagian depan dan bagian belakang presisi. Berikut adalah cara yang digunakan untuk melakukan pemesinan dua sisi secara manual :

- 1) Material akrilik yang akan digunakan sebagai benda kerja dipotong menggunakan mesin *laser-cut*. Akrilik dipotong dengan ukuran 120 mm x 120 mm, kemudian pada tiap sudutnya diberi lubang untuk baut dengan diameter 5 mm.
- 2) Untuk meletakkan benda kerja pada meja kerja CNC diperlukan alas yang permukaannya rata dan halus. Seperti yang terlihat pada Gambar 3-12, alas yang digunakan adalah balok kayu. Balok kayu diletakkan di atas meja kerja dan ditahan menggunakan jig dan baut, kemudian balok kayu dihaluskan permukaannya dengan kedalaman 1 mm menggunakan pahat *end mill* 3 mm. Pada tiap sudutnya balok kayu juga diberi lubang baut, kemudian akrilik diletakkan di atas balok kayu lalu dikencangkan dengan baut.



Gambar 3-12 Benda kerja terpasang di meja CNC

- 3) Atur titik X 0, Y 0, dan Z 0 lalu operasikan mesin CNC sesuai *G-Code* yang telah diinput. Untuk pahat *end mill* 3 mm dan pahat *conical* 0.2 10° memiliki titik Z yang berbeda, namun untuk titik X dan titik Y sama.
- 4) Setelah proses *roughing* dan *finishing* bagian depan selesai, pahat dikembalikan ke titik X 0, Y 0, dan Z 0.
- 5) Dari posisi titik X 0, Y 0, dan Z 0, ubah titik Z agar posisi pahat tidak berdekatan dengan benda kerja (akrilik) dan benda kerja bisa diambil. Untuk titik X dan titik Y tidak perlu dirubah.

- 6) Lepas baut-baut yang ada pada tiap sudut benda kerja, kemudian benda kerja dibalik dan diatur posisinya sesuai dengan posisi lubang baut dan dikencangkan kembali bautnya.
- 7) Setelah benda kerja terpasang lagi dengan sisi yang berbeda, kembalikan posisi pahat ke titik X 0, Y 0, dan Z 0.
- 8) Atur kembali titik Z 0. Titik Z 0 perlu diatur kembali karena adanya penggantian pahat. Untuk titik X dan titik Y tidak perlu dirubah.

3.8.3 Pemesinan CNC

Proses pemesinan master bros dilakukan menggunakan mesin CEDU CNC. Material utama yang digunakan adalah akrilik dengan ketebalan 8 mm. Proses pemesinan dilakukan dengan dua tahap, yaitu proses *roughing* dan proses *finishing*. Proses *roughing* dilakukan dengan menggunakan pahat *End Mill* 3 mm, sedangkan untuk proses *finishing* dilakukan dengan menggunakan pahat *Conical* 0.2 10°. Data parameter pemesinan yang digunakan dapat dilihat pada tabel 3-2.

Tabel 3-2 Parameter Pemesinan CNC Master Bros

Parameter	Pemesinan Sisi Depan		Pemesinan Sisi Belakang	
	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>
<i>Tool</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>Collet Diameter</i>	3 mm	3 mm	3 mm	3 mm
<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>	33 mm/sec	14 mm/min	33 mm/sec	16 mm/min
<i>Plunge Rate</i>	4 mm/sec	1 mm/sec	4 mm/sec	1 mm/sec
<i>Spindle</i> (<i>Clockwise</i>)	19980 rpm (333 Hz)	21000 rpm (350 Hz)	19980 rpm (333 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
<i>Time</i>	00:42:52	06:23:30	00:42:31	06:36:01

3.9 Pembuatan Cetakan Silikon

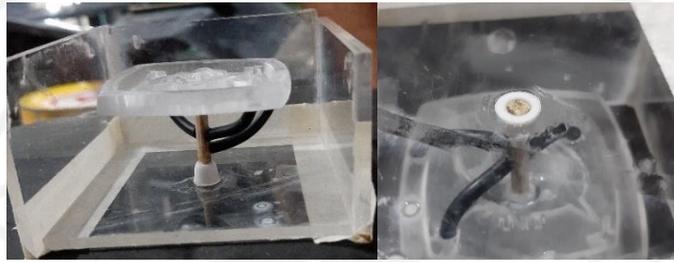
Pembuatan cetakan silikon dilakukan setelah proses pemesinan. Cetakan silikon sangat dibutuhkan untuk melakukan *injection wax* dengan membuat model lilin yang sesuai dengan bentuk master bros. Silikon yang digunakan pada penelitian ini adalah *silicone rubber* RTV-48 beserta campuran katalis.

3.9.1 Proses Pembuatan Cetakan Silikon

Cetakan silikon dibuat melalui beberapa tahapan sebagai berikut :

- 1) Pembuatan wadah cetakan berbentuk kubus dari material akrilik. Wadah cetakan silikon dibuat dengan ukuran yang disesuaikan dengan ukuran master bros.

- 2) Master yang akan dijadikan cetakan dimodifikasi terlebih dahulu dengan ditambahkan jalur aliran *inject wax* menggunakan kabel, kemudian diletakkan di dalam wadah cetakan dan direkatkan menggunakan lem. Jalur *inject wax* dibuat sebanyak 4 jalur untuk memudahkan lilin mengalir di dalam cetakan dan tersebar merata. Seperti yang terlihat pada Gambar 3-13, jalur *inject wax* dibuat menggunakan kabel dengan tujuan agar jalur yang tercetak mulus serta tidak kaku sehingga lilin dapat mengalir dengan lancar.



Gambar 3-13 Master diberi jalur aliran lilin

- 3) *Silicone Rubber* RTV-48 dan katalis dicampur dengan rasio 1:25. Kemudian campuran tersebut diaduk hingga merata. Ukuran perbandingan silikon dengan katalis sangat menentukan hasil cetakan silikon. Jika katalis yang dicampur terlalu banyak, silikon akan kering dengan sangat cepat lalu menjadi sangat keras dan akan sulit sekali untuk dibelah. Namun jika campuran katalis terlalu sedikit, silikon akan kering dalam waktu lama atau bahkan tidak kering sama sekali.
- 4) Campuran silikon dan katalis dituangkan ke dalam wadah cetakan hingga penuh.
- 5) Silikon dimasukkan ke dalam mesin vakum untuk mengeluarkan gelembung udara yang terjebak di dalam silikon. Tekanan mesin vakum yang digunakan untuk mengeluarkan gelembung udara adalah 11 MPa dengan waktu vakum selama 6 detik.



Gambar 3-14 Proses vakum cetakan silikon

- 6) Cetakan silikon akan mengering dalam waktu 1-2 hari. Setelah kering, cetakan silikon dibelah menjadi dua bagian untuk mengeluarkan master yang ada di dalamnya.

3.10 Proses *Injection Wax*

Injection wax adalah proses memasukkan lilin ke dalam cetakan silikon sehingga membentuk pola sesuai master bros. Pada proses ini diperlukan tekanan udara untuk membantu lilin masuk ke dalam cetakan silikon. Pada penelitian ini, proses *injection wax* dilakukan menggunakan mesin *vacuum wax injector* dengan tekanan udara serta waktu *inject* yang bervariasi. Proses *injection wax* dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut :

- 1) Lilin dimasukkan ke dalam mesin *vacuum wax injector*.
- 2) Menyalakan mesin dan kompresor udara, lalu atur wax pot temp menjadi 84°C dan valve temp menjadi 81°C seperti yang terlihat pada Gambar 3-15. Tunggu lilin dipanaskan hingga mencair sekitar 30 menit. Temperatur-temperatur tersebut adalah temperatur paling maksimal yang bisa digunakan pada mesin *vacuum wax injector*, apabila kurang dari temperatur tersebut lilin membutuhkan waktu lebih lama lagi untuk mencair.



Gambar 3-15 Pengaturan *Wax Pot Temp* dan *Valve Temp*

- 3) Sebelum melakukan *injection wax*, injak pedal *vacuum wax injector* terlebih dahulu untuk mengeluarkan udara yang ada pada *valve*.
- 4) Mempersiapkan cetakan silikon yang akan diproses *inject wax*. Silikon dijepit menggunakan akrilik karena akrilik adalah benda yang memiliki penampang datar. Silikon dijepit dengan tujuan agar tidak mengembang ketika diproses

inject wax, karena jika silikon mengembang maka lilin cair akan tumpah dan keluar dari cetakan silikon.

- 5) Atur tekanan udara dari kompresor dan atur waktu yang dibutuhkan lilin untuk melakukan proses *inject*. Tekanan dan waktu sangat berpengaruh terhadap hasil akhir model lilin yang terbentuk.



Gambar 3-16 Pengaturan Tekanan Udara

- 6) Jika silikon sudah siap diproses, *nozzle vacuum wax injector* dimasukkan ke dalam lubang cetakan yang berfungsi sebagai jalur masuk lilin.
- 7) Kemudian injak pedal *vacuum wax injector* satu kali dan tunggu lilin masuk ke dalam cetakan silikon sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Pada *vacuum wax injector* terdapat dua mode *inject*, yaitu *automatic* dan *manual*. Mode *automatic* akan mengeluarkan lilin secara otomatis sesuai waktu yang telah ditentukan hanya dengan menginjak pedal *vacuum wax injector* satu kali. Sedangkan mode *manual* tidak perlu mengatur waktu, hanya perlu menginjak pedal dan lilin akan keluar selama pedal diinjak.
- 8) Apabila proses *inject wax* telah selesai, tunggu lilin mengering lalu buka cetakan silikon secara perlahan agar model lilin tidak patah.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

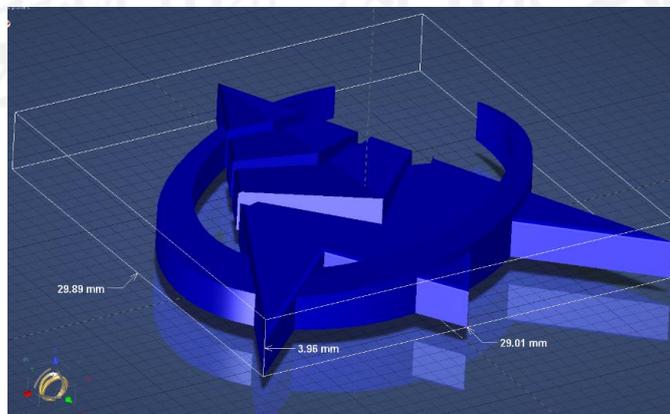
4.1 Transformasi Logo Teknik Mesin UII

Desain 3D logo Teknik Mesin UII dibuat dengan model prisma dan menyerupai piramida. Kerangka dibuat dengan cara menjiplak gambar 2D logo Teknik Mesin UII untuk membuat garis vektor pada bagian dasar yang kemudian dijadikan sebagai pegangan utama untuk mewujudkan kerangka logo menjadi 3D. Hasil transformasi logo Teknik Mesin UII yang sudah menjadi 3D dapat dilihat pada Gambar 4-1.



Gambar 4-1 Logo Teknik Mesin UII 3D

Gambar 4-2 menunjukkan hasil akhir 3D logo Teknik Mesin UII beserta ukura terluarnya. Ukuran terluar pada garis sumbu X memiliki ukuran 29.01 mm, untuk ukuran terluar pada garis sumbu Y adalah 29.89 mm, dan untuk ukuran tertinggi pada garis sumbu Z adalah 3.96 mm. Ukuran-ukuran ini didapatkan setelah proses 3D dilakukan model 3D telah melalui proses *fillet* sebesar 0.3 mm pada setiap rusuk terluar yang ada pada prisma.



Gambar 4-2 Dimensi Logo Teknik Mesin UII 3D

4.2 Hasil 3D Printing

4.2.1 Desain 1

Pada proses 3D *printing* desain 1, hasil produk tidak sempurna. Seperti terlihat pada Gambar 4-3, terdapat beberapa kecacatan salah satunya terletak di kepala wayang. Desain mata wayang tidak dapat tercetak dikarenakan ukuran mata terlalu kecil, posisi yang berhimpitan, dan perbedaan ketinggian yang terlalu tipis. Hal ini menyebabkan penuangan filamen tidak menghasilkan cetakan yang baik. Pada bagian bingkai yang bermotif batik juga tidak dapat tercetak dengan rapi dan hasilnya sangat tipis. Pada desain logo Teknik Mesin UII, terlihat jelas ada perbedaan ketinggian yang cukup ekstrim dan membuat desain logo terlihat kaku. Desain 1 tidak dilanjutkan ke tahap pemesinan CNC.



Gambar 4-3 Hasil 3D Print Desain 1

4.2.2 Desain 2

Pada proses 3D *printing* desain 2, hasil produk tidak sesuai dengan desain. Seperti terlihat pada Gambar 4-4, desain logo Teknik Mesin UII seperti tenggelam dan menyatu dengan bingkai. Hasil yang seharusnya didapatkan sesuai dengan desain, dimana pada bagian bingkai terdapat motif batik dan di sekitar logo Teknik Mesin UII memiliki celah atau lubang yang bentuknya menyesuaikan motif batik. Tidak tertutup rapat seperti yang terlihat pada hasil 3D *printing*. Hal ini disebabkan desain bingkai dan motif batik memiliki perbedaan ketinggian yang sangat tipis. Posisi motif batik dan bingkai juga terlalu sempit. Jika dilihat dari jarak dekat, motif batik sudah tercetak pada hasil 3D *printing*, namun ketinggiannya menyatu dengan ketinggian bingkainya. Desain 2 tidak dilanjutkan ke tahap pemesinan CNC.



Gambar 4-4 Hasil 3D Print Desain 2

4.2.3 Desain 3

Pada proses 3D *printing* desain 3, hasil produk yang didapatkan mendekati konsep desain yang telah dibuat. Namun masih terdapat beberapa detail kecil yang tidak dapat dicetak menggunakan 3D *printing*. Seperti terlihat pada Gambar 4-5, bagian permukaan terdapat alur atau goresan material PLA sehingga permukaannya kasar. Kemudian ada beberapa detail yang tidak dapat tercetak dengan rapi oleh 3D print, seperti sudut-sudut kecil, *fillet* pada bagian bingkai yang tidak terbentuk. Beberapa bagian memiliki perbedaan ketinggian yang tipis, tetapi hasil dari 3D printing tidak bisa mencetaknya sesuai desain. Hampir semua permukaan tercetak rata. Desain 3 dilanjutkan ke tahap pemesinan CNC.



Gambar 4-5 Hasil 3D Print Desain 3

4.2.4 Desain 4 dan 5

Pada desain 4 dan desain 5 tidak dilakukan pembuatan *prototype* dengan 3D *printing*, dikarenakan hasil 3D *printing* pada beberapa desain sebelumnya tidak

dapat menghasilkan produk yang detail sesuai dengan desain. Produk yang dihasilkan dari proses 3D *printing* terlihat kaku, dan di beberapa bagian yang memiliki perbedaan ketinggian yang tipis dan sudut-sudut kecil tidak dapat tercetak dengan baik. Desain 4 dan desain 5 langsung dilanjutkan ke tahap pemesinan CNC.

4.3 Hasil Pemesinan CNC

4.3.1 Desain 3

Pada konsep desain ini, proses produksi dilanjutkan ke tahap pemesinan CNC. Proses pemesinan yang dilakukan yaitu proses *roughing* dan proses *finishing*. Proses *roughing* pada produk ini berjalan lancar, namun proses *finishing* mengalami kegagalan. Kegagalan terjadi karena pada desain ini terdapat banyak sudut kecil dan sudut-sudut tersebut berada di posisi yang berhimpitan. Dengan parameter pemesinan yang telah ditentukan, pahat *Conical* patah saat melakukan proses *finishing*. Hal ini diakibatkan pahat *Conical* tidak dapat menjangkau sudut-sudut yang kecil, dan *feedrate* yang diatur terlalu kencang. Perubahan parameter pemesinan telah dilakukan untuk memproses produk ini, namun kegagalan yang sama terulang kembali, sehingga diputuskan untuk melakukan perubahan desain.



Gambar 4-6 Hasil CNC Desain 3

4.3.2 Desain 4

Konsep desain 4 adalah hasil perubahan dari desain 3 karena desain sebelumnya tidak dapat dilakukan proses pemesinan. Pada desain 4 ini, proses pemesinan melalui dua tahap, yaitu proses *roughing* dan proses *finishing*. Kedua

tahapan tersebut berhasil dilalui dan tidak terjadi kegagalan pemesinan. Hasil produk yang didapatkan memiliki bentuk yang utuh sesuai dengan desain, namun belum bisa dikatakan sempurna untuk dijadikan sebagai master produk. Terdapat dua kecacatan pada produk seperti yang dapat dilihat pada gambar 4-7. Kegagalan yang terjadi pada hasil pemesinan disebabkan oleh alas kayu penopang objek bergeser saat proses pemesinan berlangsung. Alas kayu bergeser diakibatkan oleh getaran yang dihasilkan oleh *spindle* saat berputar dan jig pencengkram alas kayu kurang kuat menahan. Ketika alas kayu bergeser, objek menjadi ikut bergeser dan posisinya sedikit berubah, sehingga ketika pahat menyentuh objek, objek menjadi tidak stabil dan tidak rata. Seperti yang terlihat pada gambar 4-7, hasil produk terlihat tidak rata pada bagian permukaan depan. Kemudian untuk tulisan “TEKNIK MESIN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA” seperti diukir (*engrave*), tidak sesuai dengan desain dimana seharusnya tulisan tersebut dipotong dengan kedalaman 1 mm.



Gambar 4-7 Hasil CNC Desain 4

4.3.3 Desain 5

Tampak pada Gambar 4-8, konsep desain 5 ini dibuat sebagai bentuk revisi dari desain yang sebelumnya. Proses revisi dilakukan dengan mengganti tulisan “TEKNIK MESIN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA” menjadi “TEKNIK MESIN UII” dan posisi tulisan dipindah ke sisi belakang. Desain tulisan tetap dibuat dengan kedalaman 1 mm. Ukuran terluar pada desain brosur ini juga masih sama seperti desain sebelumnya, yaitu panjang 48.4 mm, lebar 50.03 mm, dan tinggi 5.93 mm. Proses selanjutnya yaitu proses pemesinan dengan beberapa perubahan parameter, yaitu memperbesar putaran *spindle* dan memperkecil

feedrate. Putaran *spindle* diperbesar untuk mendapatkan hasil produk dengan permukaan yang halus dan rata, sedangkan *feedrate* diperkecil agar tidak menimbulkan getaran yang besar saat proses pemesinan berlangsung.



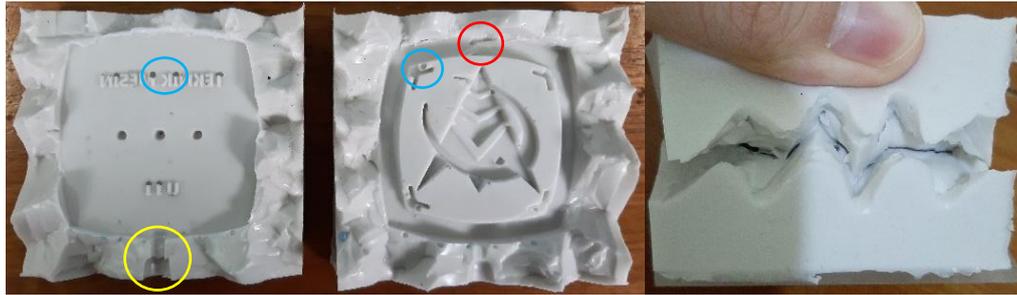
Gambar 4-8 Hasil CNC Desain 5

4.4 Hasil Cetakan Silikon dan *Injection Wax*

Proses *injection wax* pada penelitian ini dilakukan beberapa kali dengan menggunakan 4 cetakan silikon yang berbeda. *Inject wax* dilakukan dengan *wax pot temp* dan *valve temp* yang sama, namun tekanan udara dan waktu *inject* bervariasi.

4.4.1 *Injection Wax* Pada Cetakan Silikon Model 1

Tampak pada Gambar 4-9, cetakan silikon model 1 dibuat dengan memberi satu jalur aliran lilin (lingkaran kuning) yang terletak di bagian bawah dari master. Cetakan silikon ini tidak melalui proses vakum, sehingga masih terdapat gelembung udara yang terjebak di dalam cetakan (lingkaran biru). Perbandingan silikon dan katalis pada cetakan ini juga belum tepat, katalis yang dicampurkan terlalu sedikit sehingga silikon butuh waktu lama untuk kering dan hasil cetakan masih lunak. Hal ini menyebabkan kesulitan pada saat proses pemotongan cetakan. Tampak pada Gambar 4-9, alur pemotongan silikon terlihat berantakan dan cetakan pada bagian master juga ikut tergores (lingkaran merah).



Gambar 4-9 Cetakan Silikon Model 1

Dari 10 hasil percobaan *inject wax* pada cetakan silikon model 1, *inject wax* dilakukan dengan menggunakan tekanan udara serta waktu *inject* yang bervariasi, namun belum menghasilkan pola lilin sesuai master bros. Seperti terlihat pada Gambar 4-10, percobaan banyak dilakukan dengan mode *inject* auto, namun pada percobaan ke-8 dilakukan menggunakan mode manual. Tetapi hasilnya juga tidak lebih baik dari *inject* mode auto. Hal ini disebabkan karena cetakan silikon hanya memiliki satu jalur lilin sehingga mempersulit lilin untuk menyebar secara merata di dalam cetakan. Tabel hasil percobaan pada cetakan silikon model 1 terdapat pada lembar lampiran.

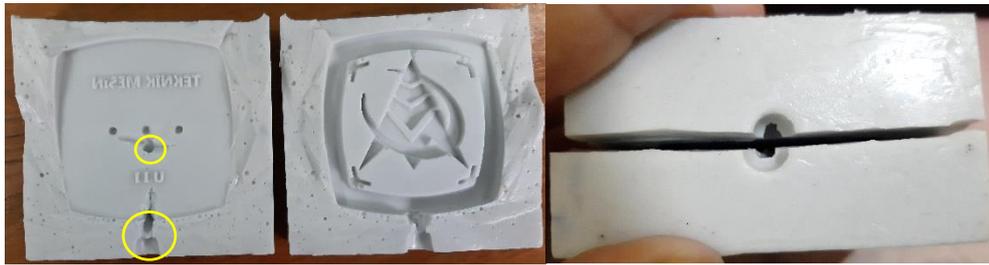


Gambar 4-10 Hasil Percobaan *Inject Wax* Silikon Model 1

4.4.2 *Injection Wax* Pada Cetakan Silikon Model 2

Tampak pada Gambar 4-11, cetakan silikon model 2 dibuat dengan diberi dua jalur aliran lilin yang terletak di bawah master dan di sisi master bagian belakang (lingkaran kuning). Cetakan silikon ini sudah melalui proses vakum untuk mengeluarkan gelembung udara yang terjebak di dalam cetakan. Perbandingan cairan silikon dan katalis juga sudah tepat, yaitu 1:25 sehingga hasil akhir dari

cetakan tidak terlalu lunak maupun tidak terlalu keras. Pemotongan cetakan silikon dapat dengan mudah dilakukan.



Gambar 4-11 Cetakan Silikon Model 2

Dari 10 hasil percobaan *inject wax* pada cetakan silikon model 2, *inject wax* dilakukan dengan menggunakan tekanan udara serta waktu *inject* yang bervariasi berkisar dari 3 hingga 6 detik. Semua percobaan dilakukan dengan mode *inject auto*. Seperti terlihat pada Gambar 4-12, pada cetakan yang kedua ini juga belum menghasilkan pola lilin sesuai master bros. Jalur aliran lilin masih kurang jumlahnya dan alur potongan dari silikon terlalu halus, sehingga pada saat dilakukan proses *inject* banyak lilin yang keluar dari cetakan karena cetakkannya bergeser terkena tekanan yang cukup besar. Tabel hasil percobaan pada cetakan silikon model 2 terdapat pada lembar lampiran.

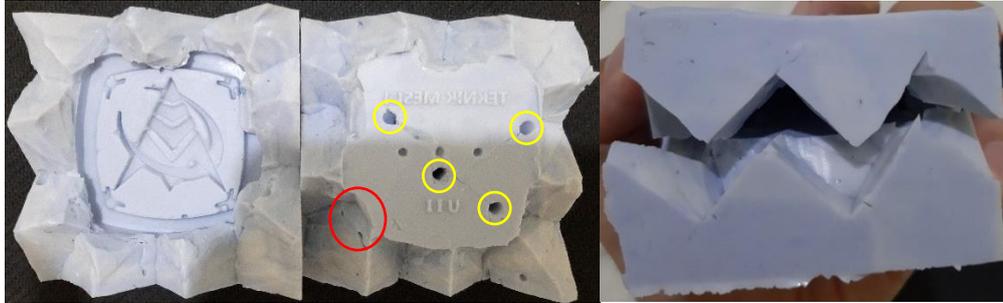


Gambar 4-12 Hasil Percobaan *Inject Wax* Silikon Model 2

4.4.3 *Injection Wax* Pada Cetakan Silikon Model 3

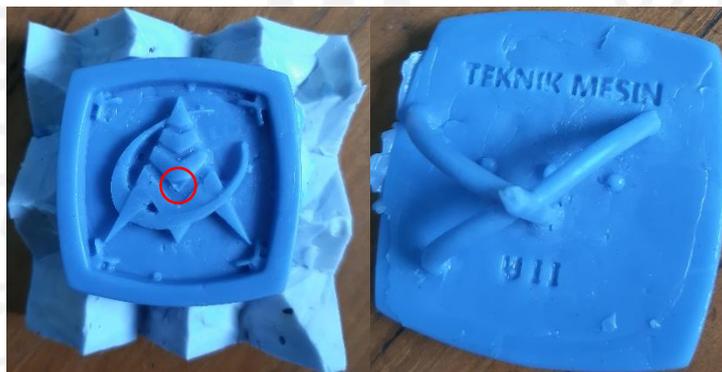
Tampak pada gambar 4-13, cetakan silikon model 3 dibuat dengan memberi empat jalur aliran lilin (lingkaran kuning) yang semua letaknya berada di sisi belakang master. Cetakan silikon telah melalui proses vakum, sehingga tidak ada gelembung udara yang terjebak di dalam cetakan. Perbandingan cairan silikon dan

katalis pada cetakan ini tidak tepat, katalis yang dicampurkan terlalu banyak sehingga cetakan mengering dengan sangat cepat, hasil cetakan sangat keras, dan menjadi sulit untuk dipotong. Alur pemotongan silikon terlihat sangat ekstrim dengan lekukan yang tajam dan cetakan pada bagian master juga ikut terpotong (lingkaran merah).



Gambar 4-13 Cetakan Silikon Model 3

Dari 10 hasil percobaan *inject wax* pada cetakan silikon 3, *inject wax* dilakukan dengan menggunakan tekanan udara berkisar dari 49 hingga 53 MPa serta waktu *inject* berkisar 3 hingga 4 detik. Semua percobaan dilakukan dengan mode *inject* auto. Pada percobaan kali ini, didapatkan hasil pola lilin yang bentuknya mendekati bentuk master, yaitu pada percobaan ke-6 seperti yang terlihat pada Gambar 4-14. Tekanan udara yang digunakan adalah 49 MPa, waktu *inject* 4 detik, mode *inject* auto, dan waktu kering 7 menit 48 detik.



Gambar 4-14 Hasil Percobaan ke-6

Namun masih ada bagian yang belum terbentuk oleh lilin, yaitu pada bagian motif logo Teknik Mesin UII (lingkaran merah). Kemudian untuk bagian permukaan terlihat belum halus dan rata. Proses *inject wax* dengan parameter yang sama dilakukan kembali sebanyak empat kali tetapi belum bisa didapatkan hasil

yang sama. Hasil percobaan yang lainnya dapat dilihat pada Gambar 4-15. Tabel hasil percobaan pada cetakan silikon model 3 terdapat pada lembar lampiran.



Gambar 4-15 Hasil Percobaan *Inject Wax* Silikon Model 3

4.4.4 *Injection Wax* Pada Cetakan Silikon Model 4

Tampak pada Gambar 4-16, cetakan silikon model 4 dibuat dengan metode yang sedikit berbeda. Pembuatan cetakan diawali dengan memasang *sprue* dan *area nozzle injection wax*. Cetakan silikon diberi tujuh jalur aliran lilin (lingkaran kuning), dimana 6 jalur diletakkan di sisi belakang master dan 1 jalur diletakkan di bagian bawah master. Ketika master sudah siap dan silikon sudah dituangkan ke dalam wadah cetakan, silikon digetarkan dan divakum secara bersamaan untuk menghilangkan gelembung yang terjebak di dalam cetakan. Hasil akhir dari cetakan silikon model 4 dipotong dengan pola lokator, yaitu pola yang berbentuk seperti gelombang ombak. Proses pemotongan menggunakan *cutter pen* (pisau bedah) sehingga ketika cetakan sudah dipotong hasilnya sangat halus. Pada pola master yang terdapat di dalam cetakan juga tidak ditemukan adanya gelembung udara yang terjebak dan pola juga tidak terpotong oleh pisau.



Gambar 4-16 Hasil Cetakan Silikon Model 4

Dari 10 hasil percobaan *inject wax* pada cetakan silikon model 4, *inject wax* dilakukan dengan menggunakan tekanan udara serta waktu inject yang bervariasi berkisar dari 3 hingga 5 detik. Semua percobaan dilakukan dengan mode *inject auto*. Pada cetakan yang keempat ini tidak menghasilkan pola lilin sesuai master bros. Seperti terlihat pada gambar 4-17, masih terdapat kecacatan pada hasil *inject wax*. Tabel hasil percobaan pada cetakan silikon model 4 terdapat pada lembar lampiran.



Gambar 4-17 Hasil Percobaan *Inject Wax* Silikon Model 4

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Selama proses penelitian ini dilaksanakan terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diambil. Hasil yang bisa disimpulkan dari proses awal (proses desain) hingga proses terakhir yang dilakukan (proses *injection wax*) adalah sebagai berikut :

1. Proses perancangan souvenir telah dilakukan hingga mencapai tahap pembuatan model lilin (*wax-pattern*) dengan desain berupa bros logo Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
2. Pembuatan master yang tepat digunakan pada penelitian ini adalah master berbahan akrilik yang diproses menggunakan mesin CNC. Master yang dihasilkan memiliki tingkat ketelitian yang tinggi hingga ke sudut-sudut yang kecil dan tajam serta memiliki permukaan yang halus. Berbeda jauh dari produk yang dihasilkan melalui proses 3D *print* dengan filamen PLA. Hasil produk 3D *print* memiliki tekstur permukaan yang kasar dan berpori-pori. Pada bagian sudut-sudut kecil dan *fillet* pada bingkai bros tidak dapat terproses dengan baik dan hasilnya tidak sesuai dengan desain.
3. Pembuatan cetakan silikon menggunakan bahan utama *silicone rubber* RTV-48 karena memiliki karakter yang lembut dan dapat menempati detail relief master dengan ukuran serta sudut yang kecil. Hasil dari cetakan silikon sangat berpengaruh terhadap hasil *injection wax*. Untuk menghasilkan model lilin dengan detail paling mendekati master bros, digunakan mesin *vacuum wax injector* dengan tekanan udara 49 MPa, waktu *inject* 4 detik, mode *inject* auto, dan waktu kering 7 menit 48 detik.
4. Dengan dibuatnya model lilin (*wax-pattern*) pada penelitian ini, dapat dilanjutkan ke proses pembuatan cetakan gipsum dan penuangan logam pada penelitian selanjutnya.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, masih terdapat kekurangan yang memungkinkan untuk dilakukan peneliti selanjutnya. Berikut adalah beberapa saran yang dapat dilakukan, diantaranya :

1. Sebelum melakukan proses pemesinan, perlu diteliti terlebih dahulu parameter apa saja yang cocok digunakan agar sesuai dengan desain yang dibuat. Hal ini sangat penting dilakukan agar tidak terjadi kesalahan dan melakukan pemesinan berulang-ulang.
2. Pada pembuatan cetakan silikon diperlukan analisis tentang pembuatan jalur aliran lilin yang tepat dikarenakan cetakan silikon berperan penting dalam menentukan hasil dari *inject wax*.



DAFTAR PUSTAKA

- Adiyaksa, R. (2017). *Desain dan Pembuatan Gelang Bermotif UII Menggunakan Mesin CNC Roland JWX-10*. Yogyakarta : Teknik Mesin FTI UII.
- Kadar, M. (2019). *Pembuatan Aksesoris Cincin Bermotif Batik*. Yogyakarta : Teknik Mesin FTI UII.
- Ningsih, D. H. (2005). *Computer Aided Design / Computer Aided Manufacture [CAD/CAM]*. 143.
- Prasetyo, F. D. (2017). *Desain dan Pembuatan Suvenir Berupa Gantungan Kunci Bermotif UII*. 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.
- Ramadhoni, R. (2016). *Desain dan Pembuatan Bros Wanita Bermotif UII*. Yogyakarta : Teknik Mesin FTI UII.
- Sadana, Kumara. (2018). *Pemanfaatan Teknologi 3D Printing Dalam Proses Desain Produk Gaya Hidup*. Seminar Nasional Sistem Informasi dan Teknologi Informasi 2018.
- Wibowo, P. A. (2016). *Pembuatan Desain Cangkir Bermotif UII dengan Desain yang Terpisah*. Yogyakarta : Teknik Mesin FTI UII.

LAMPIRAN

Parameter Permesinan CNC Master Bros Desain 4

Parameter	Permesinan Sisi Depan		Permesinan Sisi Belakang	
	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>
<i>Tool</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>Collet Diameter</i>	3 mm	3 mm	3 mm	3 mm
<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>)	18000 rpm (300 Hz)	19500 rpm (325 Hz)	18000 rpm (300 Hz)	19800 rpm (330 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
<i>Time</i>	00:37:49	06:40:13	00:35:51	05:54:28

Hasil Percobaan *Inject Wax Silikon 1*

No.	Tekanan (MPa)	Waktu <i>inject</i> (detik)	Mode <i>inject</i>	Waktu kering
1.	62	3	Auto	6 menit 41 detik
2.	53	5	Auto	7 menit 8 detik
3.	57	5	Auto	7 menit 25 detik
4.	61	6	Auto	6 menit 10 detik
5.	64	3	Auto	6 menit 12 detik
6.	52	3	Auto	7 menit 11 detik
7.	46	4	Auto	7 menit 52 detik

8.	17	57	Manual	5 menit 7 detik
9.	44	4	Auto	7 menit 7 detik
10.	45	5	Auto	6 menit 12 detik

Hasil Percobaan *Inject Wax Silikon 2*

No.	Tekanan (MPa)	Waktu <i>inject</i> (detik)	Mode <i>inject</i>	Waktu kering
1.	37	4	Auto	4 menit 30 detik
2.	39	5	Auto	4 menit 35 detik
3.	29	6	Auto	4 menit 55 detik
4.	33	6	Auto	2 menit 38 detik
5.	34	5	Auto	5 menit 11 detik
6.	46	3	Auto	7 menit 10 detik
7.	43	4	Auto	6 menit 42 detik
8.	45	4	Auto	4 menit 33 detik
9.	35	4	Auto	6 menit 50 detik
10.	55	3	Auto	6 menit 25 detik

Hasil Percobaan *Inject Wax Silikon 3*

No.	Tekanan (MPa)	Waktu <i>inject</i> (detik)	Mode <i>inject</i>	Waktu kering
1.	53	4	Auto	8 menit 38 detik
2.	52	4	Auto	15 menit 26 detik
3.	50	4	Auto	7 menit 36 detik
4.	53	3	Auto	9 menit
5.	50	4	Auto	13 menit 7 detik
6.	49	4	Auto	7 menit 48 detik
7.	49	4	Auto	9 menit 32 detik
8.	49	4	Auto	8 menit 20 detik
9.	48	4	Auto	10 menit 20 detik
10.	49	4	Auto	10 menit 9 detik

Hasil Percobaan *Inject Wax Silikon 4*

No.	Tekanan (MPa)	Waktu <i>inject</i> (detik)	Mode <i>inject</i>	Waktu kering
1.	52	5	Auto	5 menit
2.	60	4	Auto	8 menit 10 detik
3.	56	4	Auto	6 menit 36 detik
4.	49	4	Auto	9 menit 21 detik
5.	49	4	Auto	9 menit 13 detik
6.	50	4	Auto	10 menit 26 detik
7.	43	5	Auto	8 menit 28 detik
8.	39	5	Auto	7 menit
9.	44	4	Auto	9 menit 11 detik
10.	59	3	Auto	9 menit 1 detik