

**PENGARUH KECEPATAN PUTAR DAN TEKANAN  
CETAKAN METODE *SPIN CASTING* TERHADAP KUALITAS  
PRODUK *SOUVENIR* BERCORAK UII JOGJA**

**TUGAS AKHIR**

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



**Disusun Oleh :**

**Nama : Singgih Maulana Ismail**

**No. Mahasiswa : 17525082**

**NIRM : 2017040602**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2021**

## **PERNYATAAN ORISINALITAS TUGAS AKHIR**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, Singgih Maulana Ismail menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul “Pengaruh Kecepatan Putar Dan Tekanan Cetakan Metode *Spin Casting* Terhadap Kualitas Produk *Souvenir Bercorak UII Jogja*” adalah hasil tulisan saya sendiri. Dengan ini saya menyatakan bahwa sesungguhnya dalam tugas akhir ini tidak terdapat tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan, pendapat atau pemikiran dari penulis lain yang saya akui sebagai tulisan saya sendiri atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis lainnya.

Yogyakarta, 17 Januari 2022



Singgih Maulana Ismail

NIM 17525082

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**

**PENGARUH KECEPATAN PUTAR DAN TEKANAN  
CETAKAN METODE *SPIN CASTING* TERHADAP KUALITAS  
PRODUK *SOUVENIR* BERCORAK UII JOGJA**

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh :**

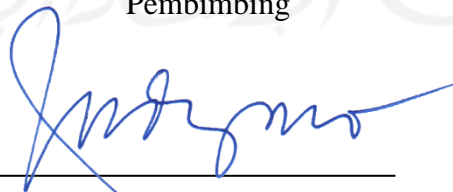
**Nama : Singgih Maulana Ismail**

**No. Mahasiswa : 17525082**

**NIRM : 2017040602**

Yogyakarta, 20 Desember 2021

Pembimbing



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

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI**

**PENGARUH KECEPATAN PUTAR DAN TEKANAN  
CETAKAN METODE *SPIN CASTING* TERHADAP KUALITAS  
PRODUK *SOUVENIR* BERCORAK UII JOGJA**

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh :**

**Nama : Singgih Maulana Ismail**

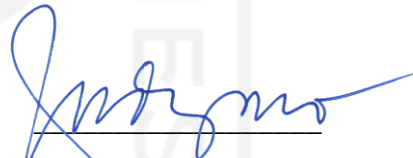
**No. Mahasiswa : 17525082**

**NIRM : 2017040602**

Tim Penguji

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

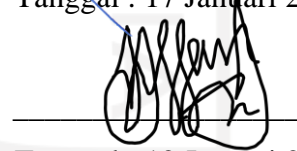
Ketua



Tanggal : 17 Januari 2022

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

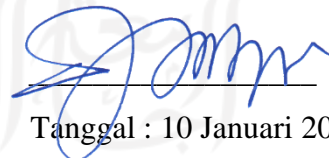
Anggota I



Tanggal : 12 Januari 2022

Santo Ajie Dhewanto, S.T., M.M.

Anggota II



Tanggal : 10 Januari 2022

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



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



## HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan segala puji syukur dari Allah Subhanahu Wata'ala, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, serta doa dan dukungan dari orang-orang tercinta, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tanpa mengurangi rasa hormat, penulis persembahkan karya ini kepada:

1. Kedua orang tua saya, Bapak Carno dan Ibu Carti yang telah memberikan dukungan secara moril ataupun materil.
2. Kakak-kakak saya, Nur Aisyah, Kusyanto dan Reni Retnowati yang telah banyak berkorban demi kelancaran pendidikan saya.
3. Dosen pembimbing dan dosen Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia lainnya, yang telah memberikan ilmu, arahan, dan pelajaran yang berharga bagi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir.
4. Teman-teman dan saudara yang selalu memberikan kebahagiaan, keceriaan, dan bantuan-bantuan kecil maupun besar kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
5. Semoga kebaikan-kebaikan kalian akan dibalas oleh Allah Subhanahu Wata'ala, dan mendapatkan pahala yang berlimpah dari-Nya. Jazakallahu Khairan.

## HALAMAN MOTTO

*“Ketika anda melakukan sesuatu yang mulia dan indah dan tidak ada yang memperhatikan, jangan bersedih. Karena matahari setiap pagi adalah tontonan yang indah, namun sebagian besar penonton masih tidur.”*

**(John Lennon)**

*"Saya tidak bekerja untuk menjadi biasa."*

**(Paul McCartney)**

*“Jenis kebebasan yang paling penting adalah menjadi diri anda yang sebenarnya. Anda menukar realitas anda untuk sebuah peran, anda memperdagangkan perasaan anda untuk suatu tindakan, anda melepaskan kemampuan anda untuk merasakan dan sebagai gantinya, mengenakan topeng. Tidak akan ada revolusi skala besar sampai ada revolusi pribadi, pada tingkat individu. Itu harus terjadi di dalam dulu.”*

**(Jim Morrison)**

*“Matahari telah pergi, tapi aku masih punya cahaya”*

**(Kurt Donald Cobain)**

*"Bergerak, jadilah nomaden, buat setiap hari menjadi cakrawala baru."*

**(Alexander Supertramp)**

## KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

*“Assalamu’alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh”*

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena berkat rahmatnya penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir yang berjudul **“Pengaruh Kecepatan Putar Dan Tekanan Cetakan Metode *Spin Casting* Terhadap Kualitas Produk *Souvenir* Bercorak UII Jogja”** dengan tepat waktu.

Tugas akhir merupakan salah satu syarat wajib mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia untuk menyelesaikan jenjang studi (SI).

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, baik bantuan moril maupun materil, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh sebab itu penulis ingin mengungkapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan jasmani dan rohani sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar, dan Rasulullah Muhammad SAW yang menjadi teladan hingga akhir zaman.
2. Bapak Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng. selaku pembimbing tugas akhir sekaligus Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan arahan dalam setiap pengerjaan tugas akhir.
3. Kepada kedua orang tua, kakak dan segenap keluarga yang selalu mendoakan, mendukung, dan memotivasi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir.
4. Teman-teman seperjuangan tugas akhir *Spin Casting* yang telah memberikan bantuan dan masukan baik dalam pengambilan data maupun diskusi dalam penulisan laporan.
5. Seluruh mahasiswa Teknik Mesin FTI UII Angkatan 2017 yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung yang belum disebutkan.

Semoga bantuan yang telah diberikan kepada penulis mendapat imbalan yang sesuai dari Allah SWT. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa laporan ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna, untuk itu segala macam kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan guna menyempurnakan laporan ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan di masa depan.

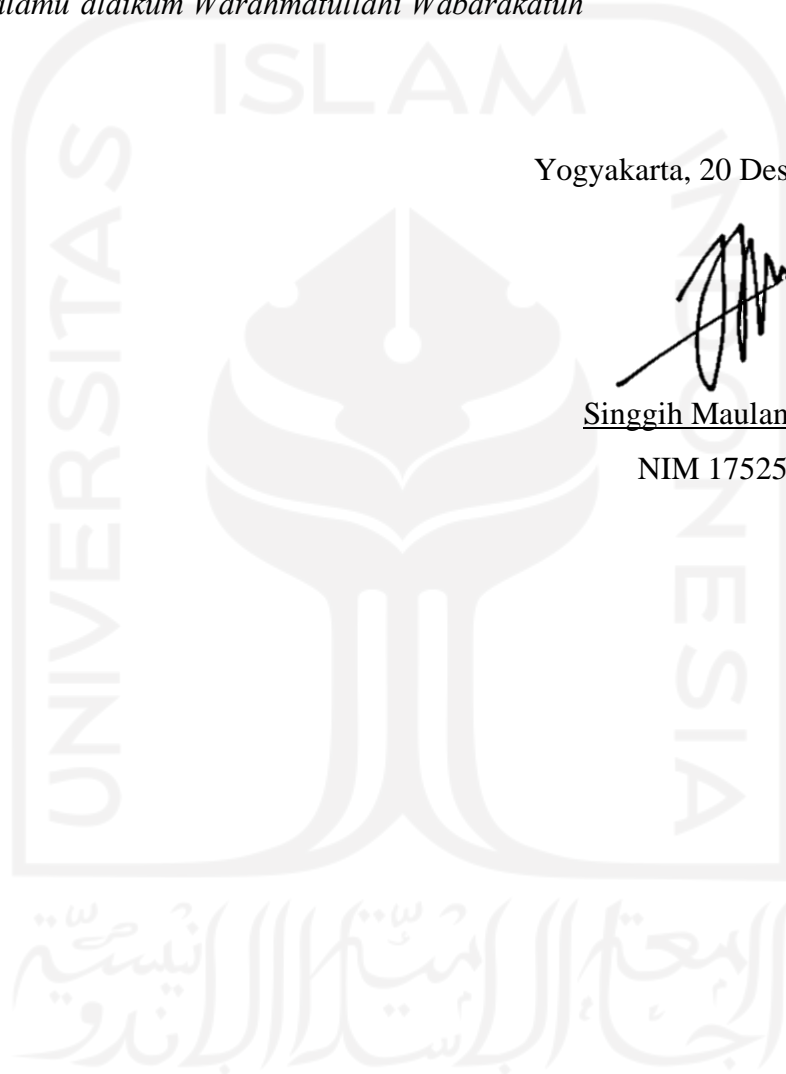
*“Wassalamu’alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh”*

Yogyakarta, 20 Desember 2021



Singgih Maulana Ismail

NIM 17525082





## ABSTRAK

*Souvenir* merupakan salah satu media pemasaran yang menunjukkan eksistensi dari berbagai hal yang berkaitan dengan Universitas Islam Indonesia, seperti logo, tempat dan identitas personal. Salah satu metode pembuatan *souvenir* yang ekonomis serta produksi massal yang singkat ialah *Spin Casting*. *Spin Casting* merupakan metode pengecoran yang memanfaatkan gaya sentrifugal untuk mendorong logam cair memenuhi rongga cetakan. Dalam prosesnya *Spin Casting* dipengaruhi beberapa faktor yang menentukan kualitas hasil pengecoran, beberapa di antaranya, yaitu kecepatan putar dan tekanan cetakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh parameter kecepatan putar dan tekanan cetakan terhadap kualitas *souvenir* tempelan kulkas dan gantungan kunci. Kecepatan putar divariasikan dari rentang 450 rpm – 750 rpm dengan peningkatan 100 rpm, di mana pengujian ini menggunakan 2 arah putaran, yaitu arah putar searah jarum jam (*clockwise*) dan berlawanan jarum jam (*counter clockwise*). Sedangkan tekanan cetakan divariasikan antara 25 Psi – 45 Psi dengan peningkatan sebesar 5 Psi. Dari hasil variasi pengujian tersebut, diketahui bahwa keterisian dan dimensi produk meningkat seiring bertambahnya nilai kecepatan putar, disebabkan gaya sentrifugal yang semakin besar meningkatkan fluiditas logam cair untuk dapat mengisi rongga cetakan dengan hasil yang lebih baik. Sedangkan arah putaran tidak terdapat perbedaan yang signifikan di keduanya serta tekanan cetakan yang meningkat, menyebabkan perubahan bentuk rongga cetakan, sehingga didapatkan hasil pengecoran yang lebih tipis.

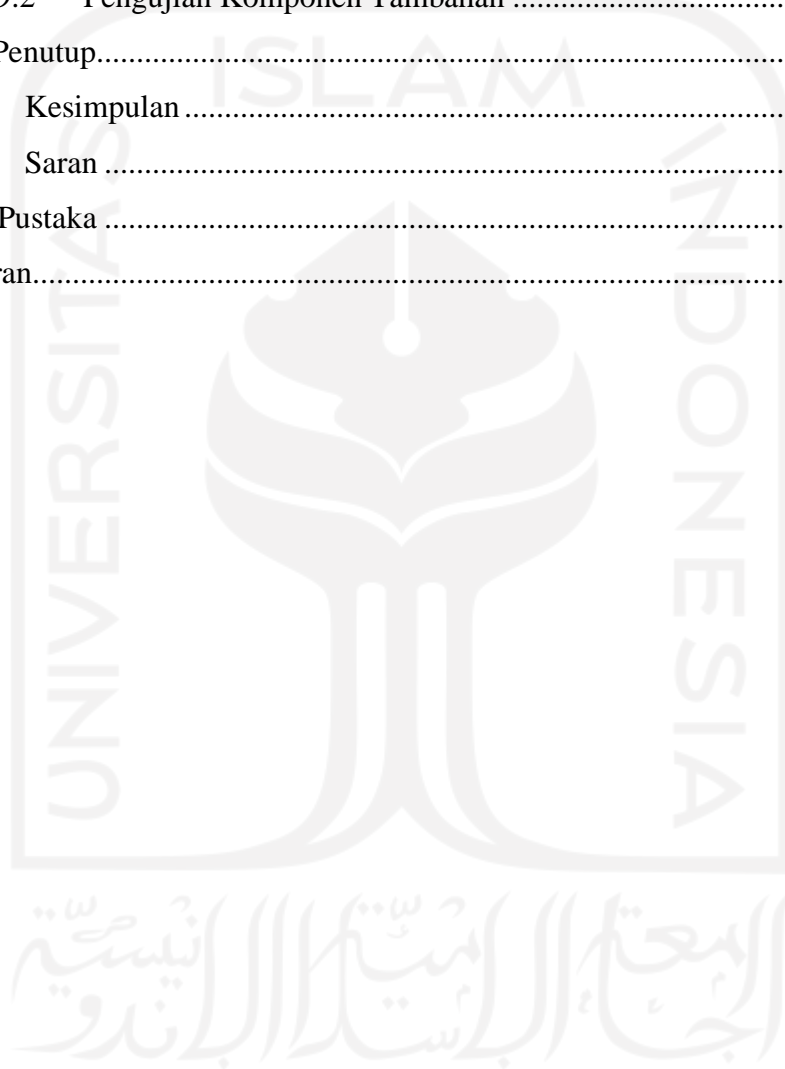
Kata kunci : *Souvenir*, *spin casting*, gaya sentrifugal, kecepatan putar, tekanan cetakan

## DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Pernyataan Orisinalitas Tugas Akhir.....	ii
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing.....	iii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji.....	iv
Halaman Persembahan.....	v
Halaman Motto.....	vi
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih.....	vii
Abstrak.....	ix
Daftar Isi.....	x
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar.....	xiv
Daftar Notasi.....	xvii
Bab 1 Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan.....	3
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
Bab 2 Tinjauan Pustaka.....	5
2.1 Kajian Pustaka.....	5
2.2 Dasar Teori.....	7
2.2.1 <i>Spin Casting</i> .....	7
2.2.2 Gaya Sentrifugal.....	7
2.2.3 Vulkanisir.....	8
2.2.4 <i>Zinc Alloy</i> .....	8
2.2.5 <i>Silicone Rubber</i> .....	9
Bab 3 Metode Penelitian.....	10
3.1 Alur Penelitian.....	10
3.2 Peralatan dan Bahan.....	11

3.2.1	Alat .....	11
3.2.2	Bahan .....	11
3.3	Desain Produk .....	12
3.3.1	Pemilihan Produk .....	12
3.3.2	Konsep Desain .....	12
3.3.3	Pembuatan Desain .....	13
3.3.4	Survei .....	15
3.4	Pembuatan Master .....	15
3.5	Pembuatan Cetakan .....	16
3.5.1	Vulkanisasi cetakan .....	16
3.5.2	Pembuatan <i>Runner</i> dan <i>In-gate</i> .....	18
3.6	Proses Pengujian .....	19
3.7	<i>Finishing</i> .....	19
3.7.1	Pengerjaan Pendahuluan ( <i>Pretreatment</i> ) .....	20
3.7.2	Pelapisan .....	21
3.7.3	Komponen Tambahan <i>Souvenir</i> .....	23
Bab 4	Hasil dan Pembahasan .....	24
4.1	Hasil Survei .....	24
4.1.1	Produk dan Desain Terpilih .....	24
4.1.2	Evaluasi Desain .....	25
4.1.3	Desain Alternatif .....	26
4.2	Hasil dan Pembahasan Pembuatan Master Produk .....	28
4.2.1	Hasil Pembuatan Master terbaik .....	28
4.2.2	Kendala Pembuatan Master .....	29
4.3	Hasil dan Pembahasan Pembuatan Cetakan .....	30
4.4	Hasil dan Pembahasan Pengujian Cetakan .....	32
4.4.1	Penambahan Ventilator .....	32
4.4.2	Hasil Pengujian Cetakan Terbaik .....	32
4.5	Hasil Variasi Kecepatan .....	33
4.5.1	Hasil Pengecoran Variasi Kecepatan .....	34
4.5.2	Hasil pengukuran Variasi Kecepatan .....	39
4.6	Analisis dan Pembahasan Variasi Kecepatan Putar Terbaik .....	42

4.7	Hasil Variasi Tekanan.....	51
4.7.1	Hasil Pengecoran Variasi Tekanan.....	52
4.7.2	Hasil Pengukuran Variasi Tekanan .....	56
4.8	Analisis dan Pembahasan Variasi Tekanan Terbaik.....	58
4.9	Hasil <i>Finishing</i> Produk <i>Souvenir</i> .....	62
4.9.1	Pelapisan ( <i>Electroplating</i> ).....	62
4.9.2	Pengujian Komponen Tambahan .....	64
Bab 5	Penutup.....	65
5.1	Kesimpulan .....	65
5.2	Saran .....	65
Daftar Pustaka	.....	66
Lampiran	.....	69



## DAFTAR TABEL

Tabel 3-1 Alat yang digunakan .....	11
Tabel 3-2 Bahan yang digunakan .....	11
Tabel 4-1 Parameter proses pemesinan master cetakan .....	28
Tabel 4-2 Perubahan dimensi ukuran master tempelan kulkas .....	31
Tabel 4-3 Perubahan dimensi ukuran master gantungan kunci.....	31
Tabel 4-4 Parameter konstan pengujian kecepatan cetakan .....	33
Tabel 4-5 Hasil pengecoran dengan kecacatan tempelan kulkas CW dan CCW .	34
Tabel 4-6 Hasil pengecoran dengan kecacatan gantungan kunci CW dan CCW .	36
Tabel 4-7 Rata-rata pengukuran panjang variasi kecepatan.....	39
Tabel 4-8 Rata-rata pengukuran lebar variasi kecepatan.....	40
Tabel 4-9 Rata-rata pengukuran tebal variasi kecepatan.....	40
Tabel 4-10 Detail <i>runner</i> .....	45
Tabel 4-11 Deviasi variasi kecepatan tempelan kulkas CW .....	46
Tabel 4-12 Deviasi variasi kecepatan tempelan kulkas CCW.....	46
Tabel 4-13 Deviasi variasi kecepatan gantungan kunci CW.....	47
Tabel 4-14 Deviasi variasi kecepatan gantungan kunci CCW .....	47
Tabel 4-15 Dimensi gantungan kunci 700 rpm .....	51
Tabel 4-16 Deviasi gantungan kunci 700 rpm .....	51
Tabel 4-17 Parameter konstan variasi tekanan.....	51
Tabel 4-18 Hasil pengecoran tempelan kulkas variasi tekanan.....	52
Tabel 4-19 Hasil pengecoran gantungan kunci variasi tekanan .....	54
Tabel 4-20 Rata-rata pengukuran panjang variasi tekanan .....	56
Tabel 4-21 Rata-rata pengukuran lebar variasi tekanan .....	56
Tabel 4-22 Rata-rata pengukuran tebal variasi tekanan .....	56
Tabel 4-23 Deviasi variasi tekanan tempelan kulkas .....	59
Tabel 4-24 Deviasi variasi tekanan gantungan kunci.....	60
Tabel 4-25 Parameter proses pelapisan .....	62

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Mesin <i>Spin Casting Nicem C 400 Matic</i> .....	7
Gambar 2-2 Mesin vulkanisir .....	8
Gambar 2-3 <i>Zinc alloy</i> .....	9
Gambar 2-4 <i>Silicone rubber</i> .....	9
Gambar 3-1 Diagram alur penelitian .....	10
Gambar 3-2 Representasi desain .....	12
Gambar 3-3 Gesper desain 1 dan 2.....	13
Gambar 3-4 Tempelan kulkas desain 1 dan 2 .....	13
Gambar 3-5 Gantungan kunci desain 1 dan 2 .....	14
Gambar 3-6 3D <i>print resin photon anycubic mono x</i> .....	15
Gambar 3-7 Cairan resin .....	16
Gambar 3-8 Peletakan master dan pemberian bedak .....	16
Gambar 3-9 Menutup master.....	17
Gambar 3-10 Memasang penutup <i>mold frame</i> .....	17
Gambar 3-11 Memasukkan <i>mold frame</i> ke dalam mesin vulkanisir.....	17
Gambar 3-12 Pembuatan <i>runner</i> .....	18
Gambar 3-13 Proses <i>degreasing</i> .....	20
Gambar 3-14 Proses pencucian asam .....	21
Gambar 3-15 Proses <i>rinsing</i> .....	21
Gambar 3-16 <i>Electroplating copper</i> .....	22
Gambar 3-17 <i>Electroplating</i> nikel.....	22
Gambar 3-18 <i>Electroplating chrome</i> .....	23
Gambar 3-19 a) magnet <i>neodymium</i> dan b) <i>ring</i> gantungan .....	23
Gambar 4-1 Hasil kuesioner status dan pekerjaan responden .....	24
Gambar 4-2 Hasil kuesioner produk.....	25
Gambar 4-3 Hasil kuesioner desain.....	25
Gambar 4-4 Masukan dari responden.....	26
Gambar 4-5 Desain alternatif tempelan kulkas .....	26
Gambar 4-6 Desain gantungan kunci tampak depan.....	27
Gambar 4-7 Desain gantungan kunci tampak belakang .....	27

Gambar 4-8 Master tempelan kulkas .....	28
Gambar 4-9 Master gantungan kunci .....	29
Gambar 4-10 Permasalahan pencetakan master .....	30
Gambar 4-11 Hasil vulkanisir <i>silicone rubber</i> tanpa <i>runner</i> dan <i>gate</i> .....	30
Gambar 4-12 Hasil <i>silicone rubber</i> dengan <i>runner</i> dan <i>gate</i> .....	31
Gambar 4-13 Lubang udara (ventilator).....	32
Gambar 4-14 Hasil terbaik pengujian cetakan .....	32
Gambar 4-15 Metode pengukuran.....	39
Gambar 4-16 Grafik perubahan panjang variasi kecepatan dan arah putaran.....	41
Gambar 4-17 Grafik perubahan lebar variasi kecepatan dan arah putaran.....	41
Gambar 4-18 Grafik perubahan tebal variasi kecepatan dan arah putaran.....	42
Gambar 4-19 Status responden pemilihan kecepatan dan arah putaran terbaik...	43
Gambar 4-20 Hasil survei pemilihan variasi kecepatan .....	44
Gambar 4-21 Hasil survei pemilihan arah putaran.....	44
Gambar 4-22 <i>Runner</i> tidak sempurna (melebar) dan <i>gate</i> tidak simetris.....	45
Gambar 4-23 Grafik deviasi panjang variasi kecepatan tempelan kulkas.....	47
Gambar 4-24 Grafik deviasi lebar variasi kecepatan tempelan kulkas.....	48
Gambar 4-25 Grafik deviasi tebal variasi kecepatan tempelan kulkas.....	48
Gambar 4-26 Grafik deviasi panjang variasi kecepatan gantungan kunci .....	49
Gambar 4-27 Grafik deviasi lebar variasi kecepatan gantungan kunci .....	49
Gambar 4-28 Grafik deviasi tebal variasi kecepatan gantungan kunci .....	50
Gambar 4-29 Grafik perubahan panjang variasi tekanan .....	57
Gambar 4-30 Grafik perubahan lebar variasi tekanan.....	57
Gambar 4-31 Grafik perubahan tebal variasi tekanan .....	58
Gambar 4-32 Status responden pemilihan tekanan .....	59
Gambar 4-33 Hasil survei pemilihan variasi tekanan cetakan .....	59
Gambar 4-34 Grafik deviasi panjang variasi tekanan .....	60
Gambar 4-35 Grafik deviasi lebar variasi tekanan .....	60
Gambar 4-36 Grafik deviasi tebal variasi tekanan .....	61
Gambar 4-37 Hasil pelapisan tembaga.....	62
Gambar 4-38 Hasil pelapisan nikel .....	63
Gambar 4-39 Hasil pelapisan <i>chrome</i> .....	63

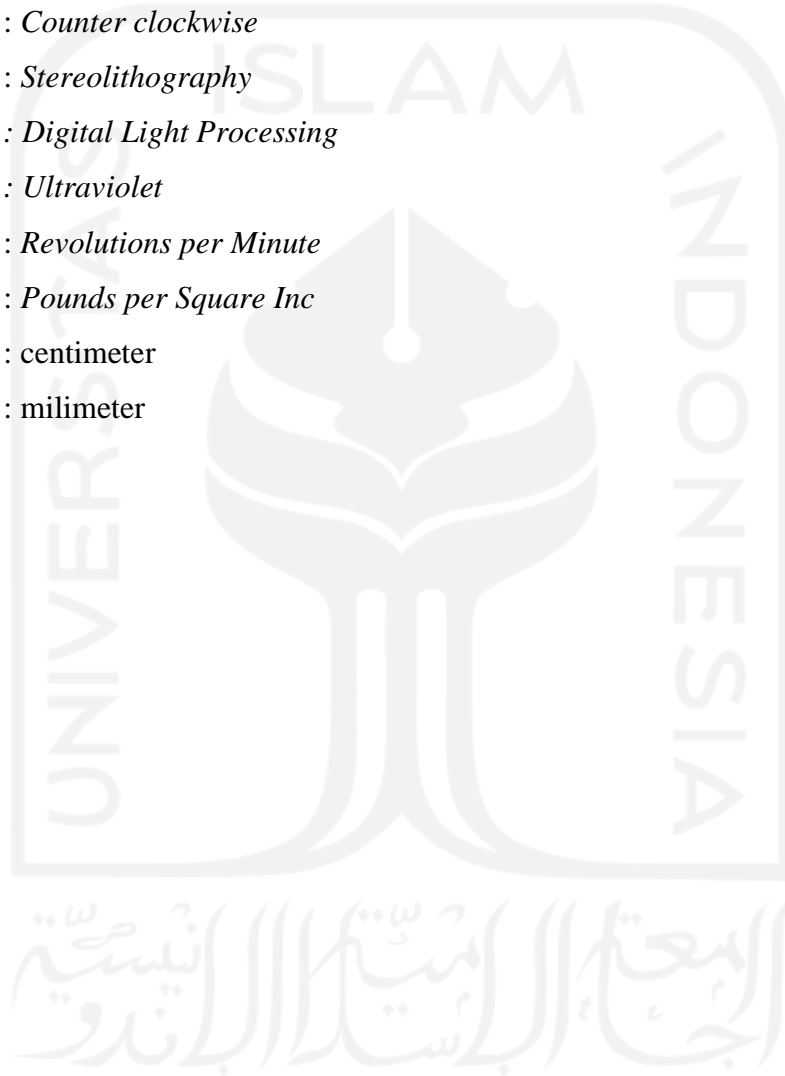
Gambar 4-40 Hasil pemasangan magnet tempelan kulkas ..... 64  
Gambar 4-41 Hasil pemasangan *ring* gantungan kunci ..... 64





## DAFTAR NOTASI

UII	: Universitas Islam Indonesia
FTI	: Fakultas Teknologi Industri
CAD	: <i>Computer Aided Design</i>
CW	: <i>Clockwise</i>
CCW	: <i>Counter clockwise</i>
SLA	: <i>Stereolithography</i>
DLP	: <i>Digital Light Processing</i>
UV	: <i>Ultraviolet</i>
Rpm	: <i>Revolutions per Minute</i>
Psi	: <i>Pounds per Square Inc</i>
cm	: centimeter
mm	: milimeter



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Berkembang pesatnya institusi pendidikan di kota Yogyakarta, menuntut setiap lembaga pendidikan untuk selalu melakukan peningkatan dalam setiap kompetensinya, berdasarkan data statistik PDDIKTI mengenai persebaran pendidikan tinggi pada tahun 2020, tercatat sebanyak 135 unit perguruan tinggi di kota Yogyakarta, baik perguruan tinggi negeri dan swasta, tidak mengherankan kota Yogyakarta didapuk sebagai kota pelajar di Indonesia.

Universitas Islam Indonesia (UII) merupakan salah satu dari sekian banyaknya institusi pendidikan di kota Yogyakarta. Salah satu program studi yang menjadi unggulannya ialah Program Studi Teknik Mesin yang merupakan jurusan termuda di Fakultas Teknologi Industri. Teknik Mesin UII berdiri pada tahun 1999 dan berkonsentrasi pada bidang teknologi manufaktur, keberhasilan Teknik Mesin dibuktikan dengan didapatkannya akreditasi A sejak tahun 2016 oleh Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi. Sebagai program studi unggulan, Teknik Mesin UII memiliki mitra kerja dengan pihak lain sebagai sarana promosi kepada masyarakat luas. Dimana salah satu metode promosinya ialah pembuatan *souvenir*.

*Souvenir* diartikan sebagai simbol rasa terima kasih dan kenang-kenangan kepada pengunjung setelah menghadiri suatu acara dengan desain mempresentasikan acara yang dihadiri, tujuannya agar pengunjung terkesan dan mudah mengingat kegiatan yang pernah dihadiri, diungkapkan oleh Poerwa (2018). *Souvenir* merupakan salah satu media pemasaran untuk menunjukkan eksistensi dari berbagai hal yang berkaitan dengan Universitas Islam Indonesia, seperti logo, tempat, dan identitas personal. Sedangkan Program Studi Teknik Mesin UII berperan sebagai penyedia *souvenir* tersebut. Medali, piala, plakat, miniatur bangunan dan gantungan kunci merupakan beberapa contoh *souvenir*. Berdasarkan semakin meningkatnya permintaan pasar dalam kebutuhan *souvenir*, Teknik Mesin UII terus berupaya melakukan inovasi untuk dapat meningkatkan proses produksinya dalam pembuatan *souvenir*, baik berupa waktu produksi

maupun biaya produksi yang dapat dipangkas secara signifikan, salah satu metode yang memiliki kemampuan untuk mencapai hal tersebut ialah *Spin Casting*. *Spin Casting* merupakan metode pengecoran yang memanfaatkan gaya sentrifugal untuk mendorong logam cair memenuhi rongga cetakan dengan detail yang rumit dan berdinding tipis, serta termasuk salah satu metode pengecoran yang ekonomis dengan tingkat produksi massal yang singkat. (Asim, 2015)

Menurut Barnard (1999), Kecepatan putar cetakan, tekanan cetakan, temperatur cetakan dan temperatur material *casting* merupakan beberapa faktor penting untuk mendapatkan hasil pengecoran yang optimal dengan metode *spin casting*. Selain itu bahan yang digunakan juga mempengaruhi tingkat keakuratan pengujian. Bahan yang digunakan untuk pengecoran *spin casting* umumnya berbasis material paduan yang memiliki suhu leleh rendah, seperti timah dan *zinc* serta beberapa material plastik. (Bajčićák and Šuba, 2014)

Meskipun dalam pembuatan *souvenir*, penampilan produk mempunyai peranan penting dibandingkan akurasi produk, tetapi faktor-faktor tersebut perlu dikaji lebih dalam untuk dapat meningkatkan produktivitas dan menstabilkan kualitas dari produk *souvenir*. Maka perlu dilakukannya penelitian mengenai pengaruh kecepatan putar dan tekanan cetakan dalam metode *spin casting* menggunakan material paduan *zinc* terhadap kualitas produk *souvenir*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh kecepatan putar dan tekanan cetakan mesin *spin casting* terhadap kualitas produk?
2. Berapakah kecepatan putar dan tekanan cetakan optimal untuk mendapatkan hasil produk terbaik?

### **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah bertujuan untuk memaksimalkan penelitian, pembatasan masalah penelitian ini meliputi hal – hal sebagai berikut:

1. Proses desain menggunakan *software CAD Autodesk Inventor 2018*.
2. Proses pemesinan Master menggunakan *3D Print Resin Anycubic Photon*.
3. Penelitian ini tidak membahas mengenai parameter proses *3D Print Resin*.
4. Menggunakan mesin *Spin Casting Nicem C 400 Matic*.
5. Material pengecoran menggunakan *zinc alloy*.

### **1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan**

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan yang ingin dicapai oleh penulis, yaitu:

1. Mengetahui pengaruh kecepatan putar dan tekanan cetakan terhadap kualitas hasil pengecoran.
2. Mengetahui parameter optimal dengan hasil produk yang paling baik.

### **1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan**

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat secara teoritis dan praktis sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh kecepatan putar dan tekanan cetakan terhadap kualitas produk *souvenir* dengan metode *spin casting*.
2. Mendapatkan parameter optimal dengan kualitas hasil pengecoran terbaik.
3. Menjadi pedoman dan referensi bagi penelitian selanjutnya.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Penulisan laporan tugas akhir ini diuraikan bab demi bab secara berurutan untuk mempermudah proses pembahasannya. Pokok permasalahan penulisan laporan ini terbagi menjadi lima bab yang tersusun secara berkaitan

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab I merupakan pendahuluan yang memuat latar belakang dilakukannya penelitian ini serta terdapat rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, Batasan masalah dan sistematika penulisan laporan

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab 2 berisikan mengenai tinjauan pustaka dan dasar teori yang melandasi proses pemecahan masalah dalam penelitian ini.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab 3 berisikan tentang uraian kerangka penelitian, alat dan bahan serta tahapan dalam proses penelitian.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bagian ini berisikan mengenai hasil dari data pengujian serta membahas analisa yang didapat sehingga dapat ditarik sebuah kesimpulan

### **BAB V PENUTUP**

Bab 5 menjelaskan mengenai kesimpulan yang didapat dari analisa pengujian serta merumuskan saran terkait permasalahan yang ditemukan, agar dapat dikaji ulang pada penelitian berikutnya.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kajian Pustaka

Penelitian dan pengembangan dalam bidang teknologi manufaktur, terutama pada produksi pengecoran sampai pada titik meningkatkan sifat material dan pemrosesannya. Menurut Beznák et al., (2010) salah satu metode pengecoran yang mampu mencetak bagian struktural dengan kekuatan dan presisi tinggi serta tidak hanya bertumpu pada produksi perhiasan dan coran artistik ialah *spin casting*. metode ini sangat efektif dalam pembuatan *rapid prototyping*, di mana bahan yang digunakan memiliki tingkat leleh rendah karena cetakan yang dipakai berupa sebuah karet khusus yang dikembangkan untuk pengecoran ini. Bahan - bahan yang digunakan, seperti paduan seng, timah, paduan timbal, logam putih, polimer dan paduan aluminium.

Kemudian masih dalam penelitian yang sama, dengan judul “*The Possibilities Of Runner Placements For Castings Produced By Spin Casting Into Silicone Rubber Mould*”, Beznák bereksperimen untuk mengetahui bentuk *runner* yang paling baik tingkat keterisiannya, dengan menggunakan 2 buah bentuk *runner* yaitu *runner* lurus dan *runner* melengkung. Dari hasil penelitiannya ditetapkan bahwa bentuk *runner* lurus memiliki tingkat keberhasilan yang tinggi dengan panjang *runner* dibuat sependek mungkin, sedangkan untuk *runner* melengkung hanya dapat terbentuk pada kecepatan putaran yang tinggi, namun hal tersebut menyebabkan timbulnya sirip pada bagian tepi rongga cetakan.

Pada penelitian mengenai pengaruh tegangan termal terhadap hasil cetakan *silicone* oleh Bajčićák and Šuba, (2014) disebutkan bahwa tegangan termal dapat mempengaruhi dimensi dan bentuk rongga cetakan secara signifikan, dengan peningkatan 2% - 3,2% pada suhu proses 200°–250°C. Selain itu waktu proses juga menyebabkan perubahan massa, maksimal mencapai -0,7% setelah 2 jam proses pembakaran. Penurunan tersebut disebabkan pembakaran secara bertahap, di mana secara visual dapat terlihat pada permukaan *silicone* yang cenderung memiliki warna lebih gelap. Tegangan termal dan waktu proses tersebut perlu diatur

sedemikian rupa untuk menghindari penurunan akurasi dimensi dan hasil pengecoran *spin casting* dengan karet *silicone*.

Berdasarkan penelitian Barnard et al., (2009) mengenai pengaruh parameter *spin casting* terhadap akurasi bagian dekoratif dan mekanik suatu material, dengan 2 material uji coba yang berbeda yaitu timah dan paduan *zinc*. Posisi sudut master, kecepatan rotasi, suhu cetakan dan tekanan penjepitan ditentukan sebagai parameter yang memiliki potensi terbesar terhadap kualitas produk. Dari penelitian tersebut didapatkan fakta bahwa posisi sudut master terbaik adalah pada sudut 90° dari pusat cetakan dengan persentase pengisian rongga cetakan mencapai 100%. Hasil uji coba kecepatan putar yang tinggi meminimalisir penyusutan dimensi pada *area* tegak lurus, tetapi berisiko terjadi kebocoran material secara berlebihan melalui garis pemisah cetakan, untuk mengurangi risiko tersebut kecepatan putar harus diuji dengan tekanan penjepitan cetakan yang sesuai. Sedangkan Suhu cetakan yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan fatal pada cetakan, namun pada suhu rendah juga mengakibatkan timbulnya sekrap terhadap hasil coran. Kemudian untuk memberikan rongga pengisian yang konsisten pengaturan parameter di atas secara umum dapat diatur pada nilai terendah dengan pemilihan material yang memberikan akurasi paling baik ialah timah, sedangkan paduan *zinc* lebih memiliki karakteristik mekanik yang lebih unggul.

Penulis mengungkapkan bahwa pada penelitian ini, secara garis besar metode yang digunakan sama dengan penelitian – penelitian sebelumnya, yaitu menggunakan metode *spin casting* dengan pengujian secara visual dan pengukuran dimensi produk. Sedangkan perbedaannya ada pada mesin *Spin Casting Nicem C 400 Matic* yang lebih mumpuni serta material yang digunakan berupa *zinc* paduan, di mana kebanyakan kasus penelitian sebelumnya menggunakan material *pewter* yang telah dijelaskan memiliki tingkat akurasi yang baik, sedangkan untuk material *zinc* paduan lebih cenderung tidak konsisten, untuk itu penulis ingin mengetahui perbedaannya dengan mesin yang berbeda serta desain produk yang lebih kompleks dengan penggunaan master resin *SLA* untuk mendapatkan hasil rongga cetakan yang lebih baik dan halus akan menghasilkan pengujian yang lebih baik atau tidak.

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Spin Casting

*Spin casting* merupakan jenis *centrifugal casting* dengan prinsip kerja sebuah cetakan karet berputar yang mengakibatkan gaya sentrifugal mendorong logam cair (setelah proses penuangan) menjauhi pusat putaran untuk memenuhi rongga cetakan dan berkontak sampai pembekuan terjadi, sehingga menghasilkan pengecoran berkualitas. (Suminto, 2015)

Cetakan karet yang digunakan berbentuk seperti cakram yang terdiri dari 2 bagian, atas dan bawah. Karena faktor cetakan tersebut, *spin casting* hanya diperuntukkan untuk material yang memiliki nilai viskositas rendah, seperti timah dan paduan *zinc*.



Gambar 2-1 Mesin *Spin Casting Nicem C 400 Matic*

### 2.2.2 Gaya Sentrifugal

Gaya sentrifugal merupakan gaya yang timbul akibat sebuah benda mengalami gerak melingkar menjauhi pusat lingkaran. Gaya sentrifugal dilambangkan sebagai berikut:

$$F_s = m \cdot \omega^2 \cdot r \quad (2.1)$$



Di mana,  $F_s$  = gaya sentrifugal  
 $m$  = massa  
 $\omega$  = kecepatan sudut  
 $r$  = jarak dari pusat lingkaran

### 2.2.3 Vulkanisir

Vulkanisasi adalah proses pemanasan cetakan menggunakan pelat panas yang menekan *mold frame* untuk membentuk *silicone rubber* yang bersifat lembut dan lentur menjadi tekstur yang keras. Selain perubahan bentuk, proses vulkanisir berguna untuk membangun rongga cetakan sesuai bentuk yang diinginkan, karena pada saat proses ini master produk diletakan di antara 2 cetakan karet, sehingga begitu cetakan keras maka wujud dari master akan otomatis terbentuk. (Suminto, 2015)



Gambar 2-2 Mesin vulkanisir

### 2.2.4 Zinc Alloy

Teknologi pengecoran telah menggunakan material paduan seng lebih dari 60 tahun lalu, paduan seng yang sering digunakan berada pada komposisi hipoeutektik dengan komposisi aluminium sekitar ( $\pm 4\%$ ). tetapi saat ini untuk mendapatkan kekuatan material yang lebih besar, banyak digunakan paduan seng dengan komposisi aluminium ( $>5\%$ ), yang biasa disebut sebagai seng paduan komposisi hipereutektik. (ASM Handbook Volume 2, 1990)

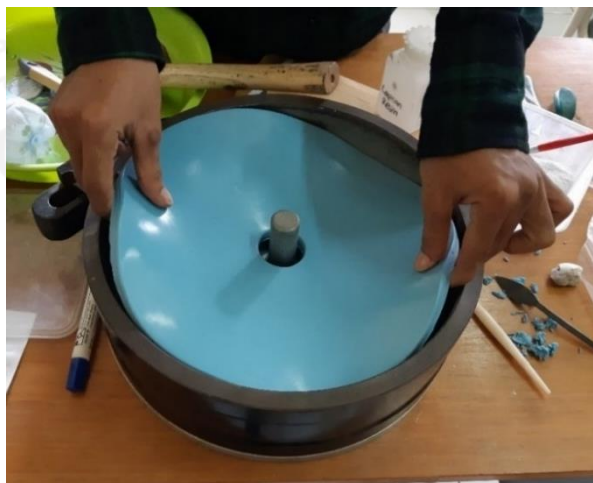
Secara umum *zinc alloy* memiliki temperatur leleh rendah serta fluiditas tinggi sehingga mampu cetak pada dinding yang tipis berkisar antara 0,13 - 0,75 mm dengan bentuk rongga cetakan yang kompleks. Pengecoran paduan seng tidak menimbulkan polusi dengan laju pendinginan material yang cepat serta karakteristik mekanik yang lebih baik dibandingkan paduan tembaga, pada pembuatan produk dekoratif *zinc* menawarkan tingkat estetika yang baik, berdasarkan kemampuannya mudah dilakukan pelapisan, sehingga membuatnya lebih tahan terhadap korosi dan keausan. (Pola et al., 2020)



Gambar 2-3 *Zinc alloy*

### 2.2.5 *Silicone Rubber*

Karet silikon merupakan polimer sintesis dengan struktur molekul mirip dengan ikatan di kurasa, sehingga berimbas pada ketahanan panas yang lebih unggul dibanding elastomer lainnya, struktur molekul tersebut adalah atom silikon dan oksigen. Suhu proses *silicone rubber* tetap stabil terjadi pada rentang  $-75^{\circ}\text{F}$  sampai  $500^{\circ}\text{F}$  dengan tidak menimbulkan konduktivitas serta tetap mempertahankan kekuatan dielektrik pada temperatur yang jauh lebih tinggi atau lebih rendah daripada bahan isolasi konvensional lain. (Vesta, 2015)

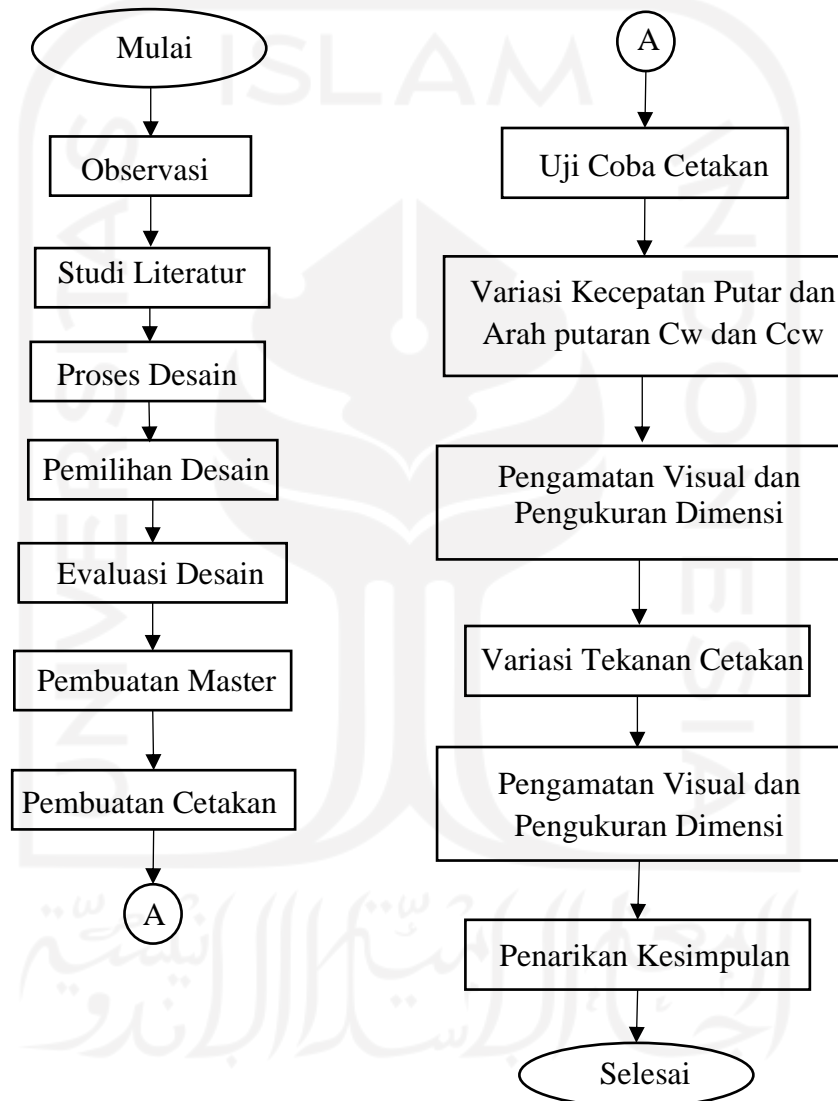


Gambar 2-4 *Silicone rubber*

## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Alur Penelitian

Rangkaian penelitian yang dilakukan disusun dalam diagram alir berikut :



Gambar 3-1 Diagram alur penelitian

### 3.2 Peralatan dan Bahan

Peralatan dan Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan beserta fungsinya pada penelitian ini ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 3-1 Alat yang digunakan

No.	Alat	Fungsi
1	Perangkat Lunak <i>Autodesk Inventor 2018</i>	Pembuatan desain master produk
2	<i>3D Printing Resin Anycubic Photon Mono X</i>	Pemesinan master dari resin
3	Vulkanisir <i>Rubber P-400 Matic</i>	Pembuatan cetakan
4	<i>Spin Casting Nicem C-400 Matic</i>	Pemesinan pengecoran produk
5	<i>Electric Furnace F-120 Matic</i>	Untuk melebur material
6	Jangka sorong	Untuk mengukur dimensi produk (Panjang dan lebar)
7	<i>Micrometer</i>	Untuk mengukur ketebalan produk

#### 3.2.2 Bahan

Bahan-bahan pada penelitian ini ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 3-2 Bahan yang digunakan

No	Bahan	Fungsi
1	<i>Resin E-sun boi-photopolymer</i>	Bahan master
2	<i>Silicone rubber</i>	Bahan cetakan
3	<i>Zinc alloy</i>	Bahan pengecoran

### 3.3 Desain Produk

#### 3.3.1 Pemilihan Produk

Ketentuan produk pada penelitian ini merupakan sebuah *souvenir* yang memiliki ukuran kecil, dengan alasan agar dapat diaplikasikan sesuai ukuran *rubber* dan tidak memakan banyak tempat dalam sekali pembuatan cetakan. produk–produk tersebut di antaranya:

1. Kepala gesper
2. Tempelan kulkas
3. Gantungan kunci

#### 3.3.2 Konsep Desain

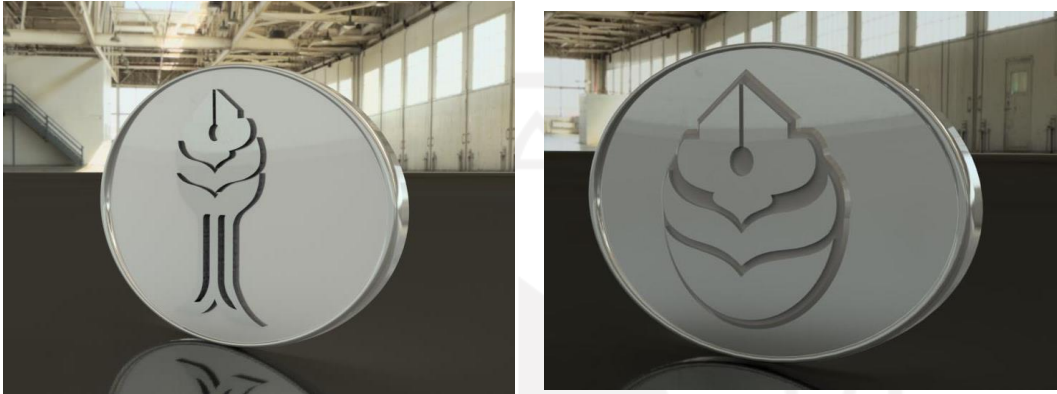
Desain yang dibuat, setiap bentuknya merepresentasikan segala hal yang berkaitan dengan UII dan Kota Yogyakarta, seperti logo UII, gedung FTI UII, gedung Perpus UII, gunung dan *tagline* Jogja Istimewa. Konsep tersebut diyakini memiliki keunggulan untuk diketahui oleh masyarakat Kota Yogyakarta maupun di luar Kota Yogyakarta, sehingga sudah memiliki penikmat tersendiri, tanpa perlu mengenalkan terlebih dahulu.



Gambar 3-2 Representasi desain

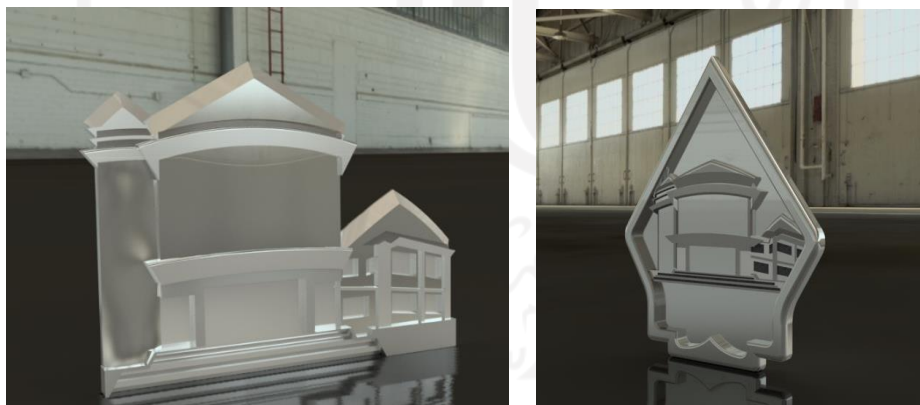
### 3.3.3 Pembuatan Desain

Pembuatan desain 3D *souvenir* pada penelitian ini menggunakan *software Autodesk Inventor 2018*, di mana dari ketiga produk yang dipilih memiliki 2 alternatif desain yang dibuat. desain alternatif produk dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 3-3 Gesper desain 1 dan 2

Kedua desain yang tepat berada di tengah, merupakan sebagian kecil dari bentuk logo UII, di mana yang diambil adalah bagian setangkai bunga berpolakan pena, buku dan lunas kapal. Di mana arti dari simbol-simbol tersebut erat kaitannya dengan umat muslim dan NKRI.



Gambar 3-4 Tempelan kulkas desain 1 dan 2

Desain 1 merepresentasikan gedung FTI UII secara utuh, sedangkan desain 2 merupakan penggabungan antara gedung FTI UII dan gunung, di mana gunung merupakan corak yang identik dengan budaya jawa. Tujuan dari penggabungan tersebut yaitu pembuat *souvenir* ingin memberi kesan kepada

penikmat *souvenir* bahwa UII berada di kota Yogyakarta yang merupakan pusat kebudayaan di pulau Jawa.



Gambar 3-5 Gantungan kunci desain 1 dan 2

Desain 1 gantungan kunci merupakan penggambaran Perpustakaan UII yang dikenal sampai ke luar kota Yogyakarta dengan keindahannya serta letaknya yang berbagi dengan Candi Kimpulan. Desain tersebut diapit oleh gunung yang merupakan unsur dari pewayangan dan identik dari kota Yogyakarta. Sedangkan desain 2 merupakan gantungan kunci dua muka dengan penggabungan bentuk antara logo UII dengan *tagline* Jogja Istimewa dengan konsep pikir bahwa penggabungan unsur tidak hanya berfokus pada budaya klasik, tetapi juga merambah ke budaya modern yaitu *tagline* Jogja Istimewa.

Meskipun logo/*tagline* Jogja Istimewa masih belum milik umum, tetapi dijelaskan dalam “Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 10 Tahun 2015 tentang *Brand/Logo* Daerah Istimewa Yogyakarta,” (2015). *Brand* tersebut dapat dipakai oleh masyarakat Kota Yogyakarta dengan memperhatikan ketentuan yang berlaku, berkaitan dari segi kemiripan dengan bentuk aslinya, seperti penggunaan huruf, posisi logo, pemberian ornamen lain serta menggunakan ikon lain di luar ikon yang telah diatur dalam peraturan tersebut.

### 3.3.4 Survei

Sebuah produk *souvenir* tentunya tak lepas dari keinginan dan kebutuhan *customer*, untuk itu diperlukan survei pemilihan produk dan desain alternatif yang sesuai dengan keinginan pelanggan/responden. Survei disebarakan terhadap >30 responden yang merupakan warga/mahasiswa UII, warga/mahasiswa di Kota Yogyakarta dan warga/mahasiswa di luar Kota Yogyakarta. Sebelum pemilihan produk, responden diperlihatkan gambaran terkait representasi desain yang ada serta diberikan kesempatan untuk memilih produk yang mereka inginkan berdasarkan kebutuhan, dengan 2 alternatif desain untuk setiap produk agar responden lebih leluasa dalam memilih desain yang cocok.

### 3.4 Pembuatan Master

Master produk dibuat menggunakan *3D Print Anycubic Photon Mono X* yang termasuk ke dalam jenis *3D print Stereolithography (SLA)* dengan sistem kerja saat resin *photopolymer* cair terkena sinar *ultraviolet (UV)*, bagian model 3D yang terdefinisi mulai memadat secara berurutan berdasarkan layer demi layer. proses tersebut dinamakan *Digital Light Processing (DLP)*. (Voet et al., 2018)

Menurut (Cahyandari, 2016) kelebihan dari *3D print* jenis ini ialah hasil produk yang didapatkan lebih halus dengan tingkat akurasi dan presisi tinggi.



Gambar 3-6 *3D print resin photon anycubic mono x*



## 3.5 Pembuatan Cetakan

### 3.5.1 Vulkanisasi cetakan

Proses *spin casting* dapat dikatakan memiliki cetakan yang paling sederhana dibanding dengan pengecoran lain. Hal ini berdasarkan cetakan yang digunakan berupa sebuah *silicone rubber* yang nantinya akan di vulkanisir untuk mendapatkan tekstur yang lebih keras. Sebelum melakukan vulkanisir ada beberapa tahapan yang perlu dilakukan untuk menghasilkan rongga cetakan yang sesuai dengan master, yaitu:

1. Menyiapkan master produk dan 2 buah *silicone rubber* sebagai bahan cetakan.
2. Melapisi master dengan cairan resin agar saat proses pengerasan cetakan, tidak ada bagian master yang menempel dengan *rubber*.



Gambar 3-7 Cairan resin

3. Membuat rongga pada *rubber* bawah dengan kedalaman setengah dari ketebalan master, hal ini dimaksudkan untuk membentuk rongga bagian pencetakan.
4. Meletakkan master pada rongga pencetakan dan melapisinya dengan bedak tabur.



Gambar 3-8 Peletakan master dan pemberian bedak

5. Meletakkan *rubber* bagian atas sehingga menutupi seluruh permukaan master.



Gambar 3-9 Menutup master

6. Memasang penutup  *mold frame*.



Gambar 3-10 Memasang penutup  *mold frame*

7. Memasukkan  *mold frame* ke dalam mesin vulkanisir



Gambar 3-11 Memasukkan  *mold frame* ke dalam mesin vulkanisir

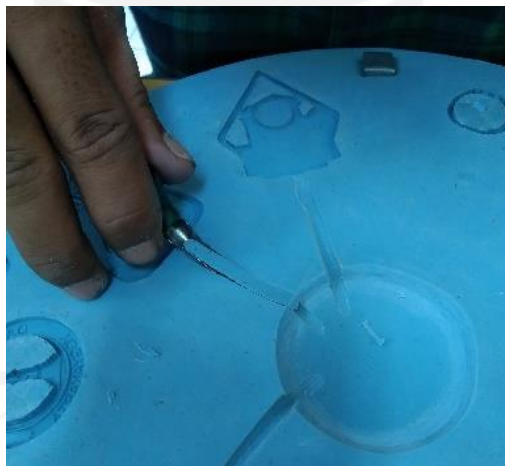
8. Setelah didapatkan rongga pencetakan, maka dilanjutkan pembuatan *runner* dan *in-gate*.

### 3.5.2 Pembuatan *Runner* dan *In-gate*

*Runner* merupakan sebuah jalan larinya logam cair saat terjadi gaya sentrifugal, sehingga logam cair tersebut dapat memenuhi rongga cetakan.

Pemilihan *runner* sangat penting karena dapat mempengaruhi tingkat keberhasilan pengecoran. *Runner* dengan tingkat keberhasilan yang paling baik adalah *runner* lurus. Hal tersebut karena pusat cetakan tegak lurus dengan gaya sentrifugal saat mesin beroperasi, sehingga rongga cetakan dapat dengan mudah terisi oleh logam cair. tidak hanya itu logam cair akan lebih cepat menuju rongga cetakan bila dibandingkan dengan *runner* melengkung (*centrifugal*). (Arifin et al., 2019).

*In-gate* atau saluran masuk ialah saluran kecil yang menjadi penghubung antara *runner* dan rongga cetakan yang memiliki bentuk segitiga, persegi, persegi panjang, setengah lingkaran dan trapesium, dengan bentuk irisan membesar ke arah rongga cetakan dengan tujuan mencegah kerusakan hasil pengecoran saat dibongkar. (Suprpto, 2017)



Gambar 3-12 Pembuatan *runner*

### 3.6 Proses Pengujian

Langkah–langkah yang dilakukan pada penelitian ini untuk mengetahui pengaruh kecepatan putar dan tekanan cetakan terhadap kualitas produk adalah sebagai berikut:

1. Pemanasan *zinc* paduan dilakukan pada *furnace* sampai pada suhu 450-500 °C di atas nilai *melting point*.
2. Penuangan logam cair dilakukan saat mesin mulai berputar.
3. Variasi kecepatan putar diujikan pertama kali pada 450 rpm, 500 rpm 650 rpm dan 750 rpm, di mana setiap nilai parameter terdiri dari 2 arah putaran mesin, yaitu searah jarum jam (CW) dan berlawanan jarum jam (CCW).
4. Parameter lain, nilainya dijaga tetap konstan, seperti tekanan, waktu proses dan suhu logam cair.
5. Parameter kecepatan yang telah ditetapkan sebagai hasil terbaik, digunakan sebagai data pendukung pengujian tekanan cetakan.
6. Variasi tekanan yang diujikan berkisar dari antara 25 Psi, 30 Psi, 35 Psi, 40 Psi dan 45 Psi.
7. Setiap variasi pengujian dilakukan sebanyak 3 kali percobaan untuk mendapatkan nilai rerata.
8. Pengambilan data produk dilakukan secara visual dan pengukuran dimensi (panjang, lebar dan tebal) dengan menggunakan alat ukur jangka sorong dan *micrometer*.

### 3.7 Finishing

*Finishing* yang dilakukan dalam pembuatan *souvenir* pada penelitian ini adalah *Electroplating*. *Electroplating* merupakan pelapisan logam yang bertujuan untuk menambah estetika, sifat mekanik dan nilai jual logam. Pelapisan logam secara listrik sangat bergantung pada logam pelapis dan logam dasar (benda kerja) yang direndam dalam larutan elektrolit. Prinsip kerja elektroplating yaitu larutan elektrolit yang dialiri arus searah akan menyebabkan perpindahan ion dari logam pelapis sebagai anodik (+) menuju benda kerja yang berfungsi sebagai katodik (-), ion–ion tersebut kemudian teroksidasi dan mengendap pada permukaan benda kerja. (Goa and Fathurrahman, 2020)

### 3.7.1 Pengerjaan Pendahuluan (*Pretreatment*)

Sebelum dilakukan pelapisan, benda kerja yang akan dielektroplating terlebih dahulu melewati proses *Pretreatment*, proses ini digunakan untuk meningkatkan daya ikat logam ketika dilapisi, tahapan proses *Pretreatment* di antaranya:

1. Pembersihan secara mekanik

Berupa pengampelasan dan *polishing* untuk menghilangkan karat, goresan serta mendapatkan permukaan yang rata dan halus.

2. Pembersihan lemak secara listrik (*Electro Degreasing*)

*Electro degreasing* merupakan proses pembersihan untuk menghilangkan lemak, minyak dan gemuk pada permukaan produk pengecoran. Cara kerjanya yaitu benda kerja digunakan sebagai katoda, dimasukkan ke dalam larutan *degreaser* pada gelas *stainless* yang difungsikan sebagai anoda dan dialiri arus listrik searah dengan tegangan 3 volt pada temperatur 60–70 °C selama 2 menit, namun waktu tersebut dapat bertambah tergantung dari seberapa kotor benda kerja. (Habibi, 2017)



Gambar 3-13 Proses *degreasing*

3. *Pickling* Asam

Pencucian dengan asam bertujuan untuk menghilangkan kerak, karat dan sisa oksida setelah pembersihan *degreasing* pada permukaan benda kerja melalui proses perendaman asam, selain itu *pickling* asam juga berguna untuk membuka pori-pori benda kerja, sehingga saat proses pelapisan, lapisan yang diinginkan dapat terbentuk dengan sempurna. Asam yang digunakan untuk proses *pickling* pada material *zinc* adalah asam sulfat yang dicampur air bersih dengan konsentrasi 1%. (Darmawi, 2018)



Gambar 3-14 Proses pencucian asam

#### 4. *Rinsing*

*Rinsing* merupakan tahap akhir proses pembersihan untuk menghilangkan sisa reaksi bahan kimia dari proses pembersihan yang telah dilakukan. Tahapan proses pembersihan *rinsing* yaitu benda kerja dilakukan pembilasan menggunakan *aquadest*, kemudian dibilas menggunakan alkohol 96% dan setelahnya dilakukan pembilasan dengan air bersih, lalu dikeringkan. (Manurung, 2014)



Gambar 3-15 Proses *rinsing*

### 3.7.2 Pelapisan

Pelapisan benda kerja pada material *zinc* paduan memiliki tiga tahapan dengan fungsinya masing-masing untuk menghasilkan pelapisan yang sempurna, tahapan-tahapan tersebut adalah:

### 1. Pelapisan tembaga

Pelapisan tembaga atau *copper* pada material *zinc* paduan digunakan sebagai pelapisan dasar untuk dapat menghasilkan lapisan nikel yang sempurna, hal tersebut berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan, untuk produk material *zinc* ketika langsung menuju proses nikel, maka akan menimbulkan kerak atau gosong pada permukaan produk pengecoran yang dilapisi.



Gambar 3-16 *Electroplating copper*

### 2. Pelapisan nikel

Pelapisan ini digunakan sebagai pendukung pelapisan final (*chrome*), pelapisan krom dekoratif umumnya terlebih dahulu melalui proses pelapisan nikel, fungsi dari lapisan dasar nikel tersebut menjadikan logam yang dilapisi memberikan hasil yang mengkilap. Hal tersebut didapatkan dari *brightener* (pengkilap) yang terkandung dalam larutan elektrolit nikel, sedangkan larutan elektrolit *chrome* tidak mengandung *brightener*. (Saleh, 1995)



Gambar 3-17 *Electroplating nikel*

### 3. Pelapisan *chrome*

Pelapisan *chrome* merupakan pelapisan dekoratif untuk mencegah korosi dan memberikan keindahan pada permukaan benda kerja dengan tampilan *silver* yang mengkilap, sehingga mendapatkan nilai estetika yang lebih dibandingkan lapisan lain.



Gambar 3-18 *Electroplating chrome*

#### 3.7.3 Komponen Tambahan *Souvenir*

Pada produk tempelan kulkas, *part* tambahan yang dibutuhkan ialah magnet *neodymium* dengan ukuran 15 mm x 1,5 mm, magnet tersebut dipilih karena memiliki daya rekat kuat dengan bentuk yang tipis, sehingga sangat cocok diaplikasikan pada produk tersebut yang memiliki dimensi kecil. Sedangkan untuk produk gantungan kunci, hanya membutuhkan *ring* gantungan sebagai komponen tambahan untuk melengkapi produk agar konsumen dapat menggunakannya dengan mudah.



Gambar 3-19 a) magnet *neodymium* dan b) *ring* gantungan



## BAB 4

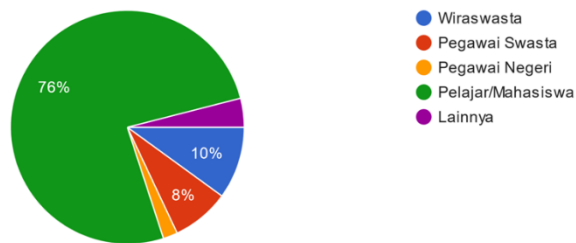
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Survei

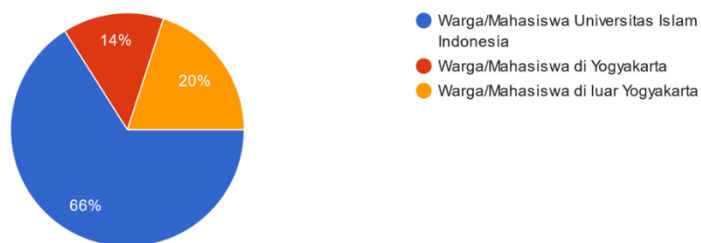
##### 4.1.1 Produk dan Desain Terpilih

Dari kuesioner survei yang telah disebar, didapatkan 50 responden yang telah melakukan pengisian kuesioner. Data tersebut digunakan sebagai pokok utama dalam pemilihan produk dan desain yang akan dibuatkan master cetakan. Hasil produk yang paling diinginkan *customer* tertera pada gambar 4-2 dan hasil pemilihan desain tertera pada gambar 4-3 sebagai berikut.

Pekerjaan  
50 jawaban



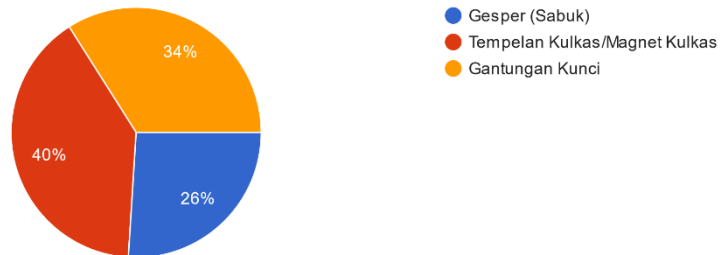
Status  
50 jawaban



Gambar 4-1 Hasil kuesioner status dan pekerjaan responden

Pada penelitian ini saya berfokus pada 3 produk yang nantinya akan dibuat menggunakan Spin Casting, dari 3 produk tersebut manakah yang paling anda inginkan?

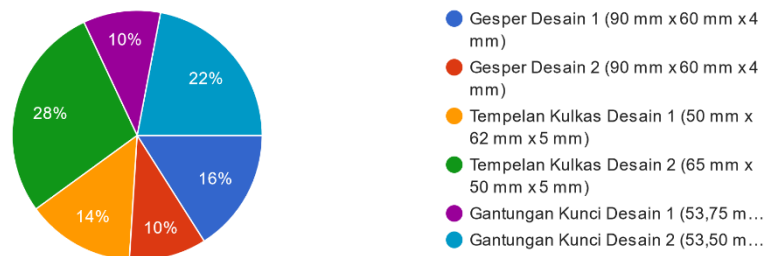
50 jawaban



Gambar 4-2 Hasil kuesioner produk

3 produk tersebut masing-masing memiliki desain alternatif. Dengan adanya 2 desain tersebut anda diharapkan dapat memilih desain terbaik menurut pandangan pribadi.

50 jawaban



Gambar 4-3 Hasil kuesioner desain

Dari hasil survei di atas, dapat ditentukan produk serta desain yang akan dibuat. Menurut hasil survei kepada responden, produk yang paling diinginkan adalah tempelan kulkas sebanyak 20 tanggapan (40%), sedangkan desain yang cocok untuk produk tersebut ialah Desain ke-2 berupa gabungan antara gunung dan gedung FTI UII dengan perolehan sebanyak 14 tanggapan (28%).

#### 4.1.2 Evaluasi Desain

Selain pemilihan produk dan desain, penulis juga menyiapkan umpan balik terhadap responden guna menyempurnakan desain yang sudah ada. Berikut ini merupakan tanggapan yang paling banyak dan masuk akal untuk diterapkan dalam desain.

Apakah terdapat masukan ataupun Ornamen lain yang dapat ditambahkan ke dalam desain yang telah anda pilih agar lebih sempurna?

50 jawaban

Tidak ada
Tidak
Mungkin bagian atas dan bawah gedung fti yang kosong bisa diisi dengan tulisan atau sebagainya
Cukup, karena di desain tersebut tingkat kerumitannya juga lumayan dan apabila di tambah ornamen lain akan kurang menarik karena terlalu rumit
Menghilangkan bagian yang kosong agar tampilan lebih estetik dan memperkecil pengeluaran bahan
Tidak ada sudah kerenn
Ditambahkan tulisan UII nya
Mungkin ditambahkan sedikit tulisan seperti "FTI UII" sehingga masyarakat diluar sana tau bahwa itu adalah gedung dari FTI UII ketika hendak membeli nantinya

Gambar 4-4 Masukan dari responden

Penambahan masukan dari responden berupa nama gedung dan asal gedung, menurut penulis nama yang paling cocok untuk produk dan desain terpilih ialah FTI UII serta menghilangkan bagian yang tidak memiliki ornamen agar material tidak banyak terbuang saat proses pengecoran. Evaluasi tersebut kemudian diaplikasikan pada desain alternatif yang dapat dilihat pada gambar 4-5.

### 4.1.3 Desain Alternatif



Gambar 4-5 Desain alternatif tempelan kulkas

Selain produk tempelan kulkas, untuk mengoptimalkan pemakaian *silicone rubber*, penulis berinisiatif menambahkan produk kedua untuk melengkapi data penelitian ini. Dengan acuan produk dan desain tersebut merupakan tanggapan paling banyak pada kuesioner setelah produk terpilih, yaitu gantungan kunci desain kedua. Hasil desain gantungan kunci dapat dilihat pada gambar 4-6 dan 4-7.

Terkait konsep desain pada produk tempelan kulkas dan gantungan kunci yang menggabungkan unsur budaya di dalamnya, baik budaya klasik (gunungan) dan modern (*tagline*), bertujuan untuk memberi kesan kepada penikmat *souvenir* bahwa UII terletak di Kota Yogyakarta yang kental dengan budaya.



Gambar 4-6 Desain gantungan kunci tampak depan



Gambar 4-7 Desain gantungan kunci tampak belakang

## 4.2 Hasil dan Pembahasan Pembuatan Master Produk

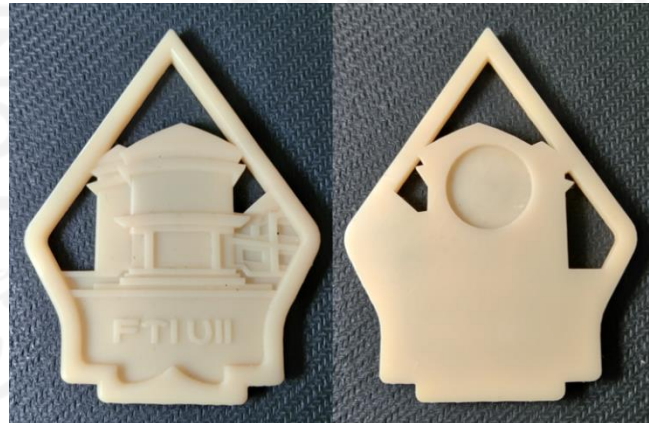
### 4.2.1 Hasil Pembuatan Master terbaik

Pada proses pemesinan pembuatan master cetakan dengan 3D *Print* Resin menggunakan parameter-parameter pemesinan, seperti yang tercantum pada tabel 4-1.

Tabel 4-1 Parameter proses pemesinan master cetakan

<i>Layer height</i>	0,05 mm
<i>Bottom layer</i>	3
<i>Exposure time</i>	5 second
<i>Speed Printing</i>	80 mm/min

Hasil yang didapatkan setelah proses pemesinan master perlu dilakukan pengampelasan pada bagian sisi kanan, sisi kiri dan sisi bawah master produk. Hal tersebut dilakukan untuk menghilangkan sisa-sisa support yang masih menempel, sehingga hasil rongga cetakan setelah vulkanisir terbentuk dengan rata. Berikut ini merupakan gambar hasil proses pemesinan master terbaik.



Gambar 4-8 Master tempelan kulkas



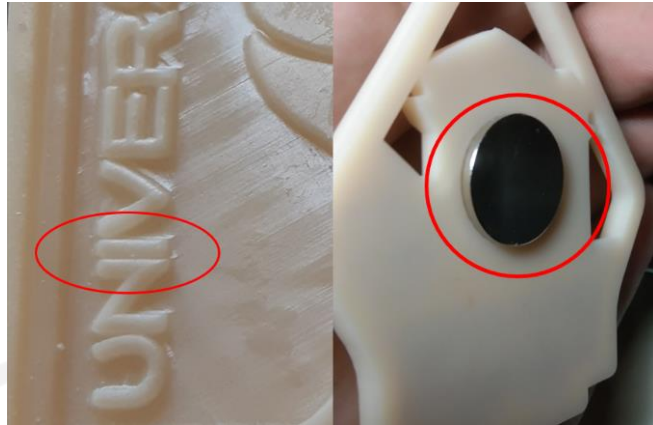
Gambar 4-9 Master gantungan kunci

#### 4.2.2 Kendala Pembuatan Master

Hasil yang didapatkan setelah proses pembuatan master perlu diamati dari segi visualnya, sebelum melanjutkan ke proses pembuatan cetakan. Hal tersebut berkaitan dengan penyusutan ukuran pada saat proses pembuatan master, yang meliputi:

1. Jarak antar huruf dan relief-relief yang saling berdekatan, sehingga saat dilakukan vulkanisir, dikhawatirkan *silicone rubber* tidak dapat menjangkau celah tersebut dan mendapatkan hasil cetakan yang tidak sesuai keinginan.
2. Penyusutan ukuran pada bagian desain yang akan dipasang sebuah komponen tambahan, yaitu magnet. Penyusutan tersebut terjadi baik pada diameter dan kedalaman, penyusutan diameter menyebabkan magnet tidak dapat masuk ke bagian tersebut, sedangkan penyusutan kedalaman mengakibatkan permukaan magnet lebih tinggi daripada permukaan master (tidak rata). Maka dari itu, ukuran desain untuk suatu komponen tambahan tidak hanya berfokus pada ukuran benda tersebut, tetapi juga harus mempertimbangkan penyusutan ini.

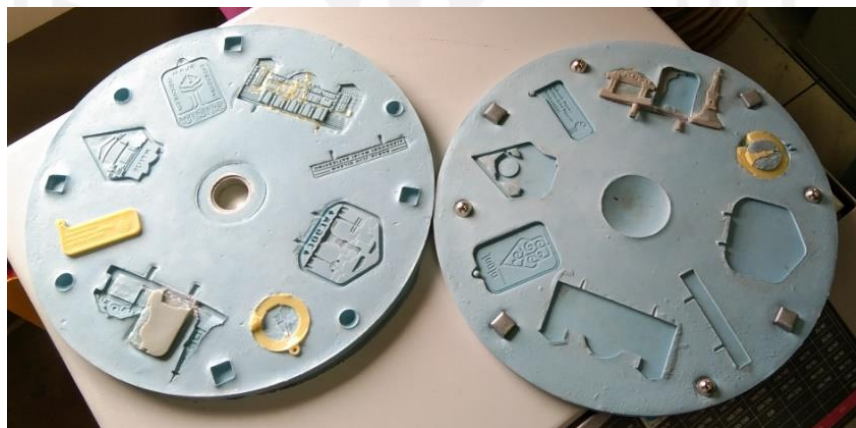
Berkaca dari permasalahan itu, ukuran desain sangat menentukan bentuk produk master, karena jarak yang dilihat dalam *software* desain sangat berbeda dengan hasil akhir master tersebut. Sehingga solusinya, yaitu dengan cara melebihkan ukuran pada jarak antar huruf atau relief dan ukuran tempat untuk komponen tambahan sekitar  $\pm 0.1$  mm agar didapatkan hasil yang sesuai.



Gambar 4-10 Permasalahan pencetakan master

### 4.3 Hasil dan Pembahasan Pembuatan Cetakan

Jenis *silicone rubber* yang digunakan adalah *Nicem blue silicone rubber mold* dengan ukuran 23 cm x 3 cm. Parameter proses vulkanisir menggunakan nilai yang dianjurkan oleh produsen *silicone rubber*, yaitu pada temperatur proses 180°C dengan tekanan 100 Psi serta waktu pemanasan selama 60 menit. Hasil proses vulkanisir *silicone rubber* dapat dilihat pada gambar 4-11.



Gambar 4-11 Hasil vulkanisir *silicone rubber* tanpa *runner* dan *gate*



Gambar 4-12 Hasil *silicone rubber* dengan *runner* dan *gate*

Setelah dilakukan pembuatan cetakan diketahui bahwa hasil dari rongga cetakan mengalami penyusutan, hal tersebut karena mulai dari 3D desain mengalami penyusutan setelah dilakukan pembuatan master, di mana 3D *print* memiliki toleransi dimensi hasil *printing*. Penyusutan tersebut semakin bertambah setelah dilakukan vulkanisir, karena master dikenai panas dan tekanan, sehingga sangat berpengaruh terhadap dimensi hasil rongga cetakan. Berikut ini merupakan hasil pengukuran master setelah sisa residu dibersihkan, dengan metode pengukuran seperti pada gambar 4-15.

Tabel 4-2 Perubahan dimensi ukuran master tempelan kulkas

Pengukuran Dimensi Master Produk Tempelan Kulkas						
Hasil Ukur Setelah	Panjang (mm)	Persentase (%)	Lebar (mm)	Persentase (%)	Tebal (mm)	Persentase (%)
3D desain	65	0%	50	0%	4	0%
3D printing	64,97	-0,05%	49,93	-0,14%	3,88	-3,09%
Vulkanisir	64,80	-0,26%	49,60	-0,67%	3,55	-9,30%

Tabel 4-3 Perubahan dimensi ukuran master gantungan kunci

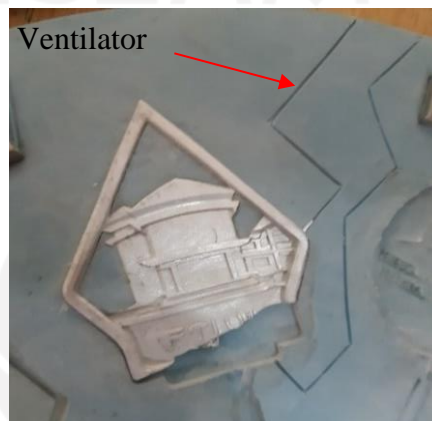
Pengukuran Dimensi Master Produk Gantungan Kunci						
Hasil Ukur Setelah	Panjang (mm)	Persentase (%)	Lebar (mm)	Persentase (%)	Tebal (mm)	Persentase (%)
3D desain	63	0%	40	0%	4	0%
3D printing	62,95	-0,08%	39,91	-0,23%	3,90	-2,56%
Vulkanisir	62,76	-0,30%	39,58	-0,83%	3,55	-9,86%



## 4.4 Hasil dan Pembahasan Pengujian Cetakan

### 4.4.1 Penambahan Ventilator

Permasalahan umum saat pertama kali pengujian cetakan ialah terdapat udara yang terjebak dalam cetakan saat proses pengecoran. Hal tersebut mengakibatkan produk tidak dapat terbentuk secara sempurna. Untuk itu, maka dilakukan pembuatan jalur udara atau ventilator pada bagian yang tidak terbentuk dengan tujuan agar udara yang terjebak dapat keluar dari rongga cetakan.



Gambar 4-13 Lubang udara (ventilator)

### 4.4.2 Hasil Pengujian Cetakan Terbaik

Setelah dibuatkan saluran udara hasil cetakan diujikan kembali untuk mendapatkan hasil yang sempurna terlebih dahulu, sebelum melanjutkan ke pengujian parameter proses pengecoran.



Gambar 4-14 Hasil terbaik pengujian cetakan

## 4.5 Hasil Variasi Kecepatan

Parameter pertama yang diujikan adalah kecepatan putar cetakan, kecepatan putar divariasikan sebesar 450 rpm, 550 rpm, 650 rpm dan 750 rpm dengan arah putaran searah jarum jam (CW) dan berlawanan jarum jam (CCW). Sedangkan parameter lain digunakan sebagai pendukung pengujian dan nilainya dijaga konstan, seperti pada tabel 4-4.




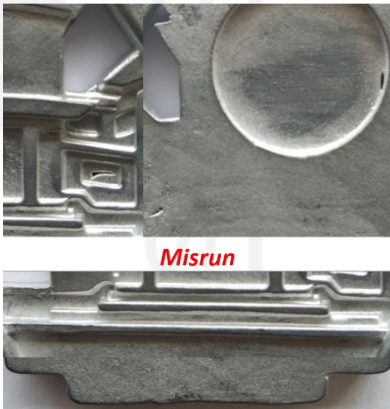


Tabel 4-4 Parameter konstan pengujian kecepatan cetakan

No	Jenis Parameter	Nilai
1	Tekanan cetakan	40 Psi
2	Suhu material	450°C
3	Waktu proses atau putar cetakan	20 detik

Parameter-parameter tersebut merupakan parameter terpilih dari penelitian Barnard et al., (2009) dan Vrabec et al., (2013). Kemudian Barnard juga menjelaskan temperatur logam cair dijaga  $>15^{\circ}\text{C}$  di atas *melting point zinc alloy*, apabila material tidak cukup panas menyebabkan viskositas yang tinggi, sehingga logam cair akan sulit mengisi rongga cetakan, karena mengental dan menuju ke arah fasa padat. Sedangkan jika temperatur logam cair terlalu tinggi dapat menyebabkan kualitas cetakan berkurang drastis atau dapat merusak cetakan.

### 4.5.1 Hasil Pengecoran Variasi Kecepatan

Tabel 4-5 Hasil pengecoran dengan kecacatan tempelan kulkas CW dan CCW

450 Rpm CW	450 Rpm CCW
	
Kecacatan 450 rpm CW	Kecacatan 450 Rpm CCW
	
550 Rpm CW	550 Rpm CCW
	

Kecacatan 550 Rpm CW	Kecacatan 550 Rpm CCW
<p data-bbox="464 344 603 383"><i>Cold Shut</i></p>  <p data-bbox="475 602 580 636"><i>Misrun</i></p> 	<p data-bbox="1043 344 1203 383"><i>Cold Shut</i></p>  <p data-bbox="1067 631 1187 669"><i>Misrun</i></p> 
650 Rpm CW	650 Rpm CCW
	
Kecacatan 650 CW	Kecacatan 650 CCW
<p data-bbox="443 1518 571 1556"><i>Cold Shut</i></p> 	<p data-bbox="1067 1518 1219 1556"><i>Cold Shut</i></p> 



Kecacatan 750 Rpm CW



Tabel 4-6 Hasil pengecoran dengan kecacatan gantungan kunci CW dan CCW



<p style="text-align: center;">Kecacatan 450 Rpm CW</p>	<p style="text-align: center;">Kecacatan 450 Rpm CCW</p>
<p style="text-align: center;"><i>Misrun</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Misrun</i></p> 
<p style="text-align: center;">550 Rpm CW</p>	<p style="text-align: center;">550 Rpm CCW</p>
	
<p style="text-align: center;">Kecacatan 550 Rpm CW</p>	<p style="text-align: center;">Kecacatan 550 Rpm CCW</p>
<p style="text-align: center;"><i>Cold Shut</i></p>  <p style="text-align: center;"><i>Misrun</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Cold Shut</i></p> 

650 Rpm CW	650 Rpm CCW
	
Kecacatan 650 Rpm CW	Kecacatan 650 Rpm CCW
<p style="text-align: center;"><b>Cold Shut</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>Cold Shut</b></p> 
750 Rpm CW	750 Rpm CCW
	

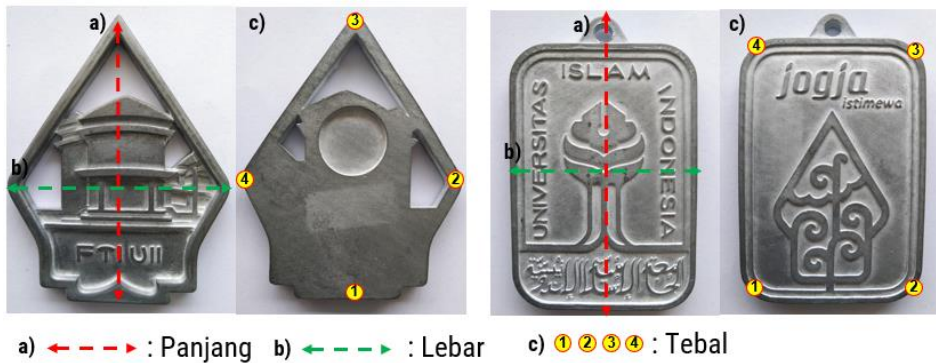
Kecacatan 750 Rpm CW

### Cold Shut



#### 4.5.2 Hasil pengukuran Variasi Kecepatan

Setiap pengujian parameter kecepatan dilakukan pengecoran sebanyak tiga kali untuk mendapatkan nilai rata-rata setelah dilakukan pengukuran dimensi produk, seperti panjang, lebar dan tebal dengan metode pengukuran sebagai berikut.



Gambar 4-15 Metode pengukuran

Tabel 4-7 Rata-rata pengukuran panjang variasi kecepatan

RATA-RATA PENGUKURAN PANJANG (mm)				
Rpm	Tempelan Kulkas		Gantungan Kunci	
	CW	CCW	CW	CCW
450	64,03	64,06	62,12	62,07
550	64,33	64,36	62,35	62,39
650	64,56	64,58	62,61	62,62
750	64,69	64,71	62,83	62,81



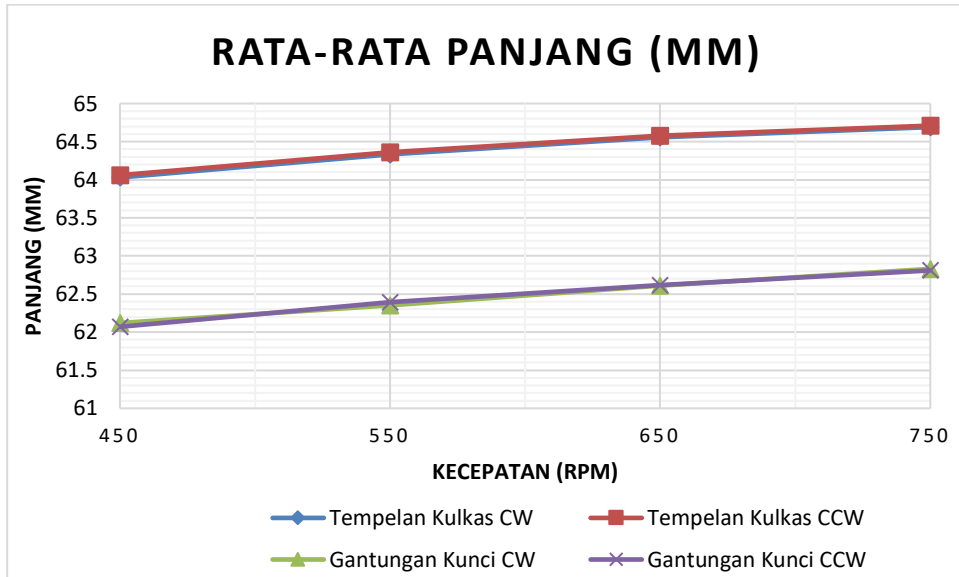
Tabel 4-8 Rata-rata pengukuran lebar variasi kecepatan

<b>RATA-RATA PENGUKURAN LEBAR (mm)</b>				
Rpm	<b>Tempelan Kulkas</b>		<b>Gantungan Kunci</b>	
	CW	CCW	CW	CCW
450	48,90	48,94	38,96	39,89
550	49,09	49,11	39,13	39,19
650	49,33	49,36	39,43	39,45
750	49,48	49,5	39,65	39,64

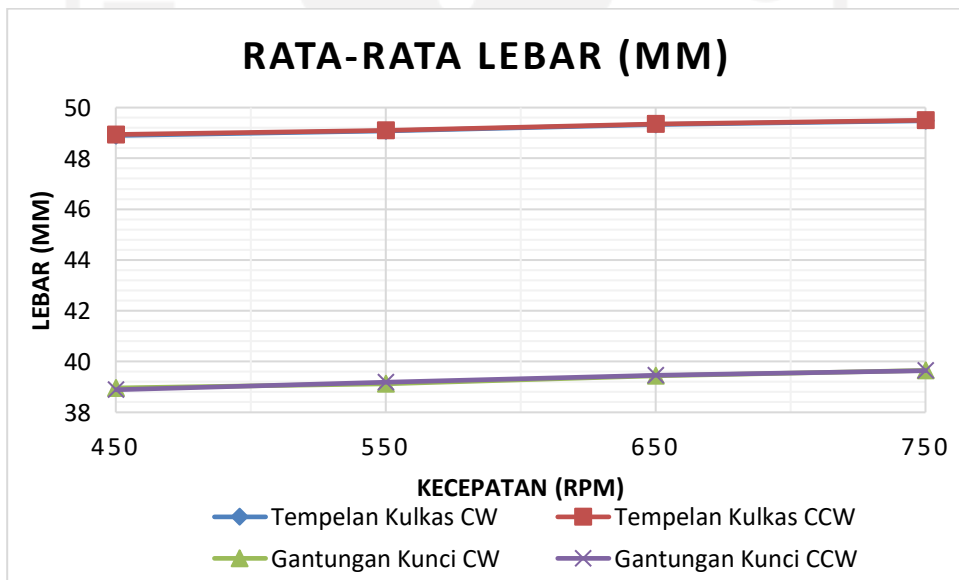
Tabel 4-9 Rata-rata pengukuran tebal variasi kecepatan

<b>RATA-RATA PENGUKURAN TEBAL (mm)</b>				
Rpm	<b>Tempelan Kulkas</b>		<b>Gantungan Kunci</b>	
	CW	CCW	CW	CCW
450	3,30	3,32	3,32	3,31
550	3,33	3,34	3,33	3,35
650	3,38	3,39	3,38	3,37
750	3,40	3,42	3,42	3,43

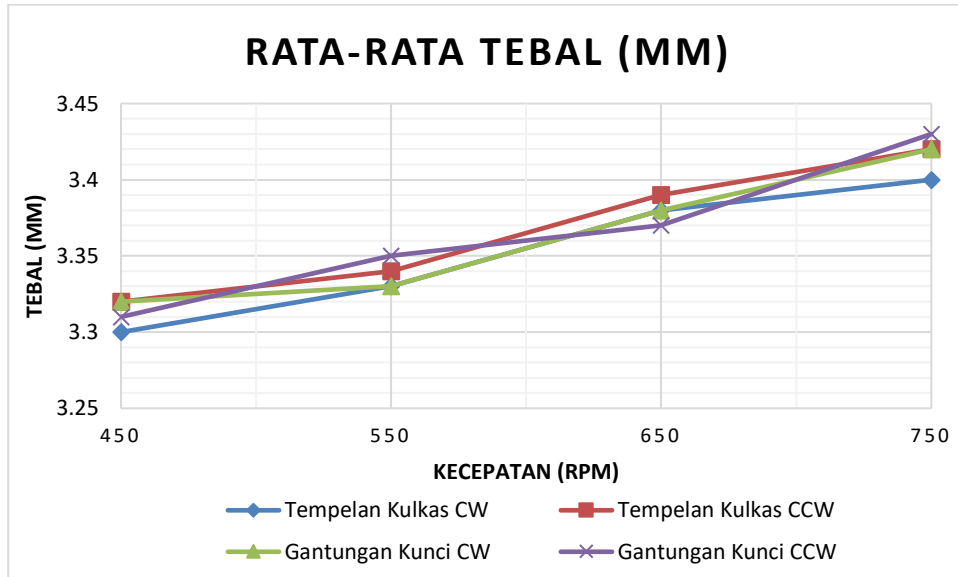
Data pengukuran panjang dan lebar merupakan hasil dari nilai rata-rata pengukuran langsung terhadap 3 produk pengecoran disetiap variasi kecepatan, sedangkan untuk data pengukuran tebal merupakan data yang diambil dari nilai rata-rata 3 produk (pengukuran tidak langsung), di mana sebelumnya untuk setiap 1 produk didapatkan ketebalan rata-rata dari keempat titik pengukuran, seperti pada gambar 4-15. Nilai rata-rata tersebut diaplikasikan terhadap grafik untuk melihat perubahan yang terjadi setelah mengubah nilai parameter.



Gambar 4-16 Grafik perubahan panjang variasi kecepatan dan arah putaran



Gambar 4-17 Grafik perubahan lebar variasi kecepatan dan arah putaran



Gambar 4-18 Grafik perubahan tebal variasi kecepatan dan arah putaran

Dari grafik di atas diketahui bahwa semakin tinggi nilai kecepatan putar maka dimensi produk akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan semakin besar gaya sentrifugal menyebabkan logam cair yang masuk ke rongga cetakan semakin meningkat dan menimbulkan ekspansi (pelebaran) pada *rubber*. Sedangkan arah putaran tidak terdapat perbedaan yang signifikan untuk hasil pengukuran, tetapi didapatkan fakta bahwa produk pengecoran dengan arah putar berlawanan jarum jam (CCW) lebih besar daripada arah putar searah jarum jam (CW), meskipun perbedaannya cukup kecil  $<0,1$  mm.

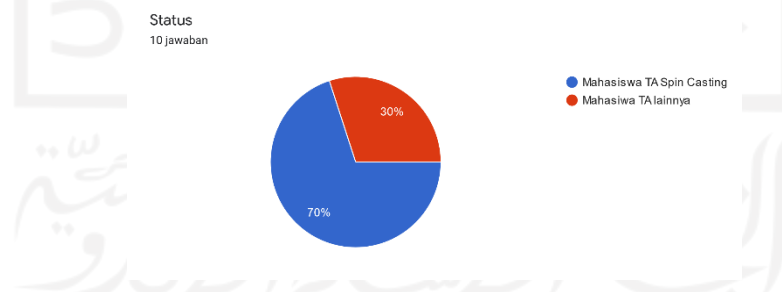
#### 4.6 Analisis dan Pembahasan Variasi Kecepatan Putar Terbaik

Berdasarkan hasil pengecoran pada tabel 4-5 dan 4-6, baik untuk produk tempelan kulkas maupun gantungan kunci secara visual dengan meningkatnya nilai kecepatan putar, tingkat keterisian produk semakin baik. Hal tersebut disebabkan gaya sentrifugal yang semakin besar meningkatkan fluiditas logam cair untuk dapat mengisi rongga cetakan dengan hasil yang lebih baik, fluiditas juga merupakan faktor penting untuk menghindari kecacatan pada hasil pengecoran. (Sutanto et al., 2018)

Pada kecepatan putar 450 rpm, 550 rpm dan 650 rpm dari kedua produk pengecoran didapatkan hasil kecacatan *Misrun* dan *Cold shut* yang ditunjukkan pada tabel 4-5 dan 4-6. *Misrun* merupakan fenomena logam cair tidak mampu mengisi rongga cetakan dengan sempurna. Salah satu penyebab cacat tersebut ialah *Cold shut* atau pertemuan dingin yang disebabkan oleh pertemuan 2 aliran logam yang memiliki suhu berbeda dan tidak menyatu akibat pembekuan terlalu cepat, sehingga membentuk kerutan. (Kurniawan et al., 2013).

Seiring dengan penambahan nilai kecepatan putar, cacat coran tersebut semakin mengecil atau hilang, maka dapat disimpulkan bahwa kecepatan putar cetakan tidak sebanding dengan proses pembekuan logam cair, di mana logam cair mengalami pembekuan dini sebelum rongga cetakan terisi secara sempurna.

Hasil terbaik untuk kedua produk berada pada kecepatan 750 rpm, pemilihan tersebut berdasarkan tingkat kecacatan produk yang paling sedikit dan hasil visual mendekati sempurna. Selain itu, untuk memperkuat pemilihan tersebut dan mendapatkan arah putaran mesin terbaik, dilakukan survei dengan ketentuan responden dari mahasiswa kelompok tugas akhir *spin casting* dan tugas akhir lain untuk menentukan hasil produk terbaik berdasarkan pengamatan visual. Penilaian ini, meliputi bentuk produk dengan tingkat kecacatan rendah serta detail produk (tulisan dan permukaan) hasil pengecoran. Berikut ini merupakan hasil dari penilaian visual kecepatan putar dan arah putaran mesin.



Gambar 4-19 Status responden pemilihan kecepatan dan arah putaran terbaik



Gambar 4-20 Hasil survei pemilihan variasi kecepatan

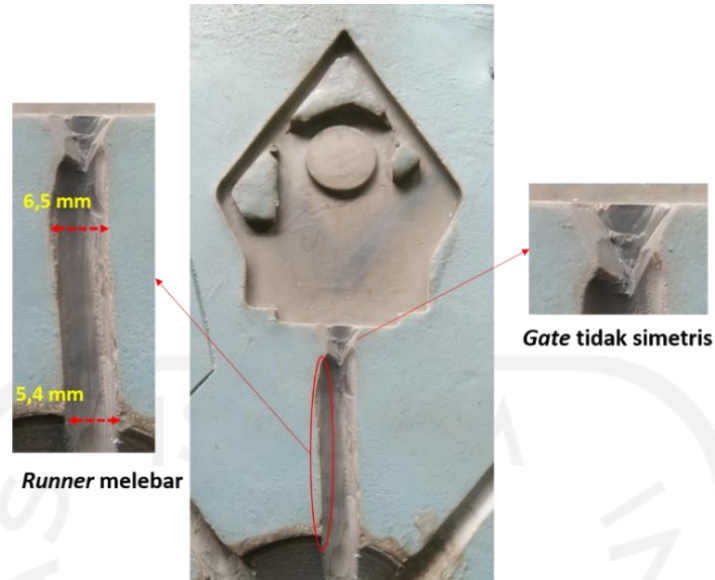


Gambar 4-21 Hasil survei pemilihan arah putaran

Berdasarkan hasil penilaian pada gambar 4-20 dan 4-21, didapatkan produk terbaik berada pada kecepatan 750 rpm dengan arah putaran mesin berlawanan jarum jam (CCW). Meskipun secara kasat mata untuk arah putaran mesin searah (CW) dan berlawanan jarum jam (CCW) tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Namun, pada arah putar berlawanan jarum jam (CCW) sedikit lebih baik dari segi tampilan serta memiliki tingkat kecacatan yang lebih rendah dibanding arah putar searah jarum jam (CW). Hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

1. *Runner* tidak sempurna

Pada penelitian ini *runner* yang digunakan berupa *runner* lurus dengan bentuk setengah lingkaran. Berdasarkan pembuatannya, *runner* dibuat ketika *silicone rubber* sudah mengeras menggunakan alat arsir karet dengan ujung tajam yang dapat dilihat pada gambar 3-12, sehingga memungkinkan ukurannya tidak sesuai, yaitu tidak 100% lurus serta melebar dari dimensi alat tersebut, apabila terjadi tidak kontinyu saat penekanan. Pada gambar 4-21 dapat dilihat bahwa bentuk *runner* yang tidak lurus dan melebar sebelum mencapai *gate*.



Gambar 4-22 *Runner* tidak sempurna (melebar) dan *gate* tidak simetris

Tabel 4-10 Detail *runner*

<b>Produk</b>	<b>Jenis <i>Runner</i></b>	<b>Panjang <i>Runner</i></b>	<b>Kedalaman <i>Runner</i></b>	<b>Lebar <i>Runner</i></b>
Tempelan Kukas	<i>Runner</i> lurus	34 mm	3,5 mm	5,4 mm
Gantungan Kunci	<i>Runner</i> lurus	36,4 mm	3,5 mm	5,1 mm

## 2. *Gate* yang tidak simetris

*Gate* dibuat menggunakan pisau vulkanisir, berdasarkan dari pembuatannya *gate* ini dibuat hanya berdasarkan perkiraan dari penulis. Di mana *gate* yang dibuat memiliki dimensi yang berbeda, yaitu lebih besar pada bagian kiri, dapat dilihat pada gambar 4-22. Sehingga saat dilakukan putaran berlawanan jarum jam (CCW) hasilnya lebih baik, karena logam lebih mudah masuk ke rongga cetakan, dibandingkan arah putaran searah jarum jam (CW) dengan dimensi potongan yang jauh lebih kecil, maka memungkinkan logam cair terjebak dalam *gate* tersebut sebelum masuk ke rongga cetakan.

Sedangkan dari detail *runner*, seperti pada tabel 4-10 berdasarkan hasil pengecoran tidak terdapat perbedaan yang signifikan, karena pada dasarnya ukuran *runner* pada kedua produk tidak jauh berbeda, yang membedakan hanyalah dari ketebalan produk, di mana produk tempelan kulkas lebih tipis pada bagian tengah

ornamen, sehingga lebih rawan terhadap cacat *cold shut*, karena logam cair sulit menjangkau area tersebut dan mengalami pembekuan dini.

Selanjutnya, untuk memvalidasi hasil pemilihan berdasarkan hasil visual, maka perlu dilakukan perhitungan untuk mengetahui produk yang paling mendekati ukuran master setelah vulkanisir (rongga cetakan pada *rubber*) dengan deviasi terkecil, sehingga dalam pemilihan arah putaran ini data yang dipilih akan lebih meyakinkan. Deviasi produk didapatkan melalui persamaan di bawah ini. Kemudian hasil dari perhitungan tersebut dikali -1 untuk membalikan nilai positif dan negatif, sehingga memudahkan dalam pembacaan.

$$\text{Percentage Deviation} = 100 - \left( \frac{\text{Cast Size}}{\text{Original Size}} \right) \times 100 \quad (2.2)$$

(Barnard et al., 2009)

Tabel 4-11 Deviasi variasi kecepatan tempelan kulkas CW

<b>Deviasi Kecepatan Tempelan Kulkas Searah Jarum Jam (CW)</b>			
Kecepatan (Rpm)	Panjang (%)	Lebar (%)	Tebal (%)
450	-1,17	-1,39	-6,93
550	-0,72	-1,02	-6,00
650	-0,37	-0,54	-4,78
750	-0,16	-0,23	-3,96

Tabel 4-12 Deviasi variasi kecepatan tempelan kulkas CCW

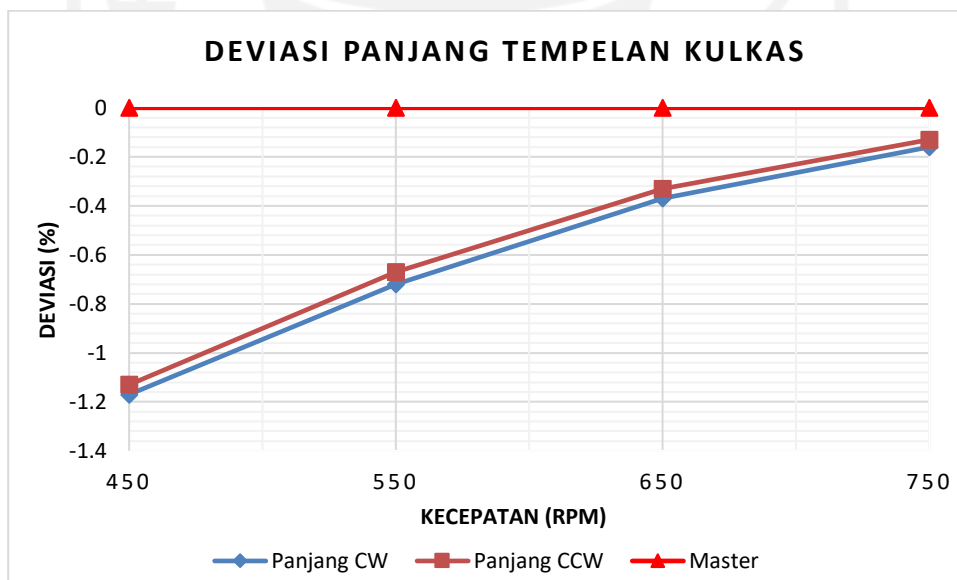
<b>Deviasi Kecepatan Tempelan Kulkas Berlawanan Jarum Jam (CCW)</b>			
Kecepatan (Rpm)	Panjang (%)	Lebar (%)	Tebal (%)
450	-1,01	-1,55	-6,47
550	-0,67	-0,98	-5,79
650	-0,33	-0,47	-4,50
750	-0,13	-0,19	-3,47

Tabel 4-13 Deviasi variasi kecepatan gantungan kunci CW

<b>Deviasi Kecepatan Gantungan Kunci Searah Jarum Jam (CW)</b>			
Kecepatan (Rpm)	Panjang (%)	Lebar (%)	Tebal (%)
450	-1,01	-1,55	-6,43
550	-0,64	-1,12	-5,98
650	-0,23	-0,37	-4,71
750	0,11	0,19	-3,40

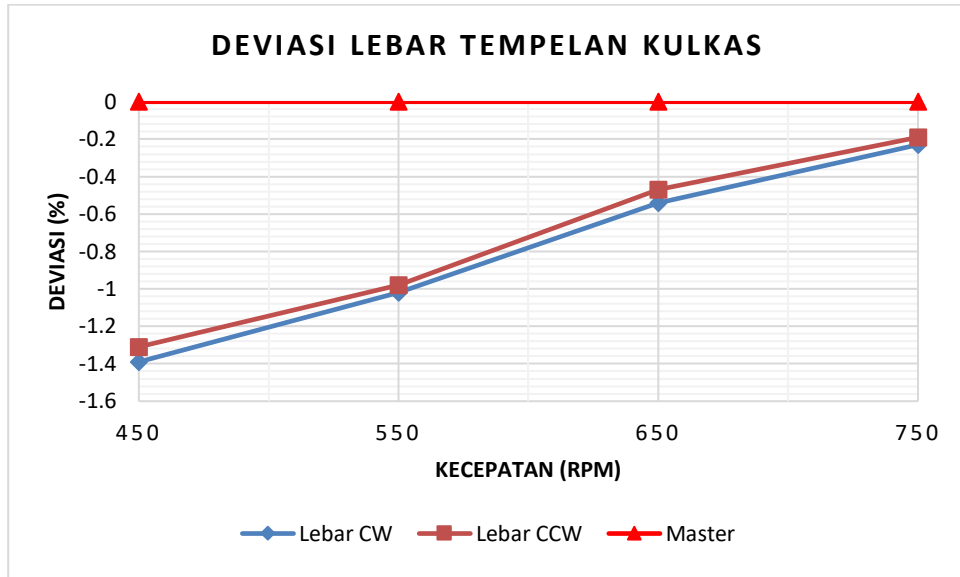
Tabel 4-14 Deviasi variasi kecepatan gantungan kunci CCW

<b>Deviasi Kecepatan Gantungan Kunci Berlawanan Jarum Jam (CCW)</b>			
Kecepatan (Rpm)	Panjang (%)	Lebar (%)	Tebal (%)
450	-1,09	-1,73	-6,69
550	-0,57	-0,97	-5,63
650	-0,21	-0,32	-4,95
750	0,07	0,16	-3,19

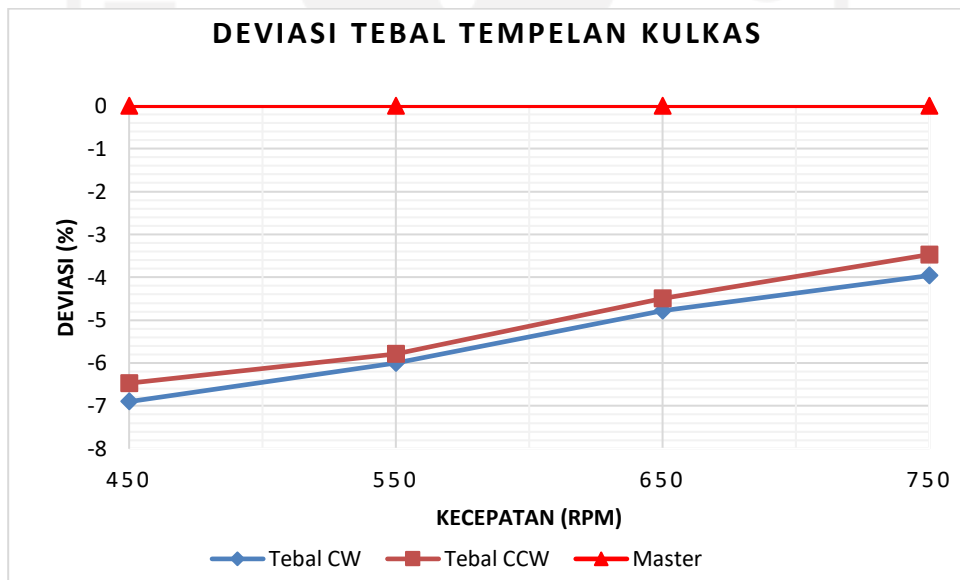


Gambar 4-23 Grafik deviasi panjang variasi kecepatan tempelan kulkas



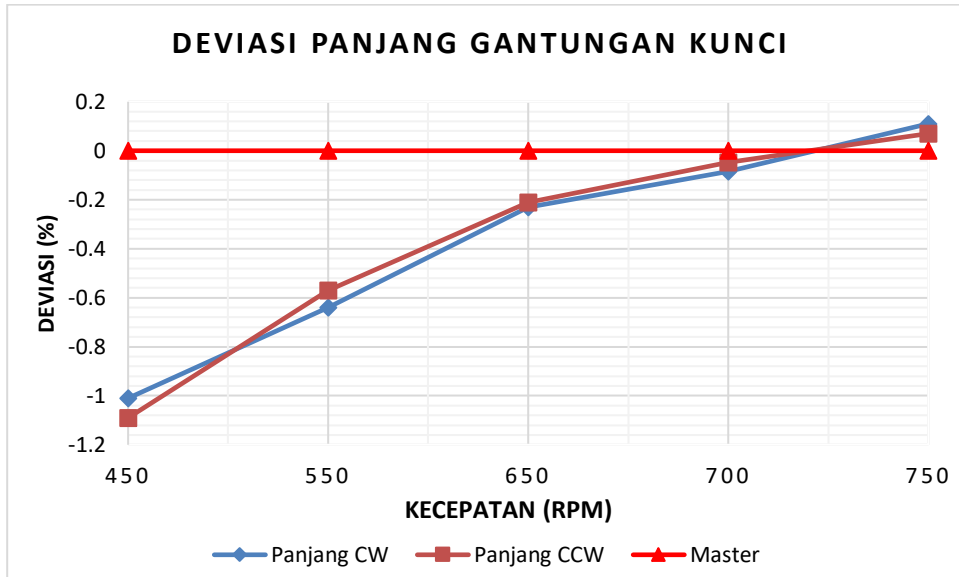


Gambar 4-24 Grafik deviasi lebar variasi kecepatan tempelan kulkas

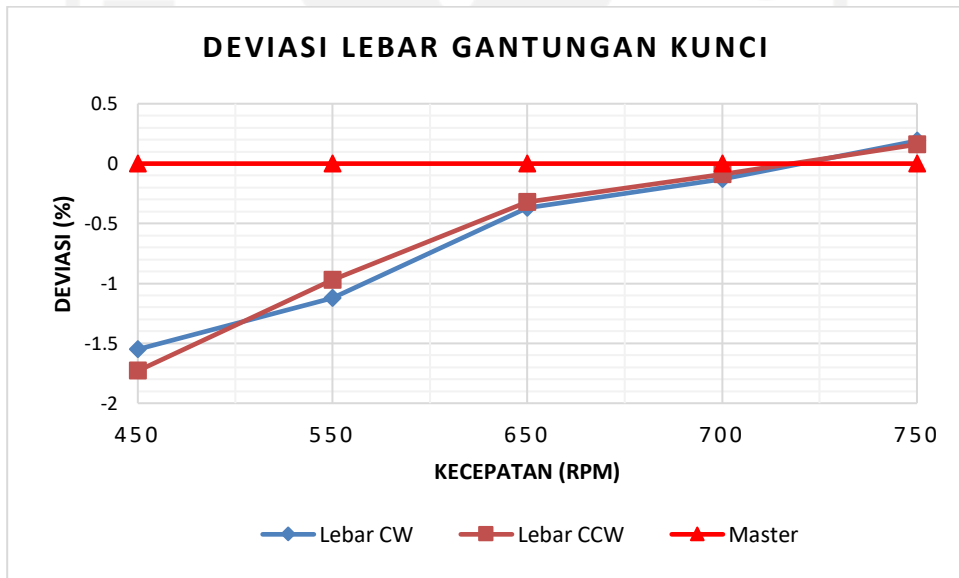


Gambar 4-25 Grafik deviasi tebal variasi kecepatan tempelan kulkas

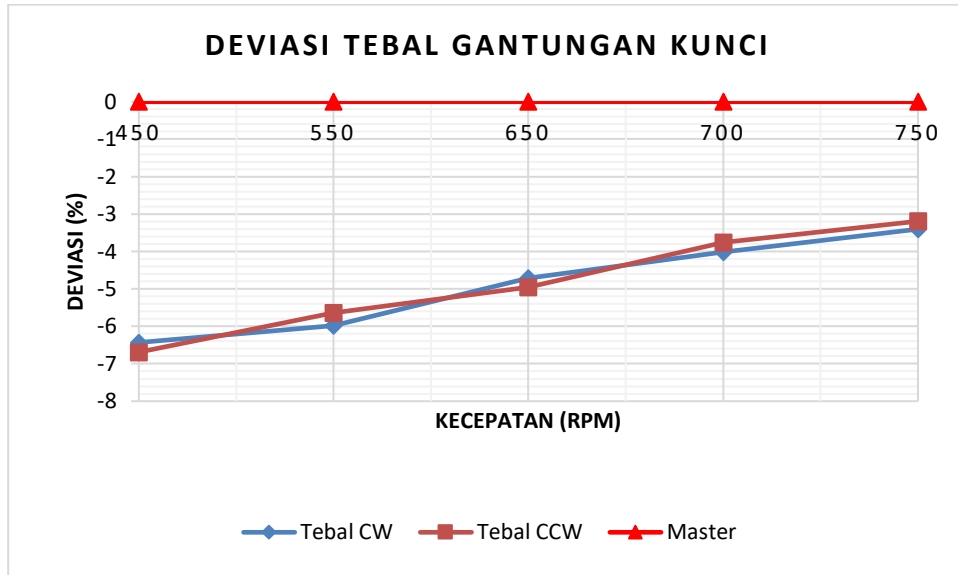
Dari grafik 4-23 sampai 4-25 semakin tinggi kecepatan putar, maka dimensi produk semakin meningkat dan mendekati ukuran master yang digambarkan sebagai garis merah (nol), berdasarkan hal itu untuk kecepatan dengan deviasi yang paling kecil dibandingkan kecepatan yang lain ialah 750 rpm.



Gambar 4-26 Grafik deviasi panjang variasi kecepatan gantungan kunci



Gambar 4-27 Grafik deviasi lebar variasi kecepatan gantungan kunci



Gambar 4-28 Grafik deviasi tebal variasi kecepatan gantungan kunci

Pada grafik 4-26 sampai 4-28 produk gantungan kunci semakin tinggi kecepatan putar, maka dimensi produk semakin meningkat dan pada kecepatan 750 rpm nilai deviasi berada diatas garis merah (panjang dan lebar) yang menandakan pada kecepatan tersebut produk mengalami ekspansi sehingga dimensi produk pengecoran lebih besar dari ukuran master atau rongga cetakan yang ada.

Berdasarkan hasil perhitungan dan hasil grafik di atas, didapatkan penyimpangan terkecil dengan dimensi mendekati master untuk produk tempelan kulkas berada pada kecepatan putar 750 rpm berlawanan jarum jam (CCW), dengan penyimpangan panjang sebesar -0,13%, lebar -0,19% dan tebal -3,47%. Sedangkan produk gantungan kunci terjadi di antara kecepatan 650 rpm dan 750 rpm, yaitu pada kecepatan 700 rpm yang dapat dilihat pada tabel 4-15 dibawah ini.

Meskipun pada kecepatan tersebut didapatkan nilai yang lebih kecil, namun dalam pembuatan souvenir visual produk merupakan hal yang sangat penting, maka produk terpilih tetap pada kecepatan 750 rpm dengan arah putar berlawanan jarum jam (CCW) yang dimensi hasil pengecorannya melebihi ukuran master dengan nilai penyimpangan panjang sebesar 0,07%, lebar 0,16% serta ketebalannya -3,19%.

Tabel 4-15 Dimensi gantungan kunci 700 rpm

<b>Pengukuran Dimensi 700 Rpm</b>			
Arah Putar	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)
CW	62.70	39.52	3.40
CCW	62.73	39.54	3.41

Tabel 4-16 Deviasi gantungan kunci 700 rpm

<b>Perhitungan Deviasi 700 Rpm</b>			
Arah Putar	Panjang (%)	Lebar (%)	Tebal (%)
CW	-0.08	-0.13	-0.13
CCW	-0.04	-0.09	-3.75

#### 4.7 Hasil Variasi Tekanan




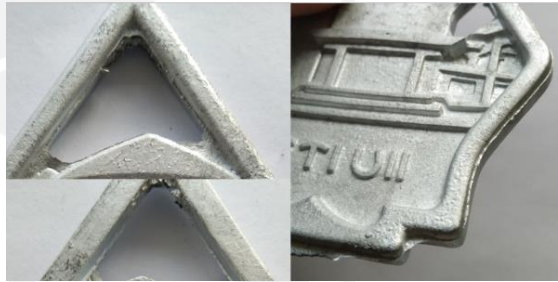


Pengujian parameter tekanan cetakan yang digunakan yaitu 25 Psi, 30 Psi, 35 Psi, 40 Psi dan 45 Psi. setelah didapatkan hasil kecepatan putar dan arah putaran paling optimal dari pengujian sebelumnya, maka parameter tersebut difungsikan sebagai parameter tetap pada pengujian variasi tekanan cetakan kedua produk. Berikut ini merupakan tabel dari parameter yang nilainya dijaga konstan.

Tabel 4-17 Parameter konstan variasi tekanan

No	Jenis Parameter	Nilai
1	Kecepatan putar	750 rpm
2	Arah putaran	Berlawanan jarum jam (CCW)
3	Suhu material	450°C
4	Waktu proses atau putar cetakan	20 detik

### 4.7.1 Hasil Pengecoran Variasi Tekanan

Tabel 4-18 Hasil pengecoran tempelan kulkas variasi tekanan

25 Psi	30 Psi
	
Kecacatan 25 Psi	Kecacatan 30 Psi
<p style="text-align: center;"><i>Flash</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Flash</i>      <i>Parting line</i></p> 
35 Psi	40 Psi
	

Kecacatan 35 Psi

*Parting line*



45 Psi



Kecacatan 45 Psi

*Cold Shut*



Tabel 4-19 Hasil pengecoran gantungan kunci variasi tekanan

25 Psi	30 Psi
	
Kecacatan 25 Psi	Kecacatan 30 Psi
<p style="text-align: center; color: red;"><i>Flash</i></p> 	<p style="text-align: center; color: red;"><i>Flash</i></p>  <p style="text-align: center; color: red;"><i>Parting line</i></p>
35 Psi	40 Psi
	

Kecacatan 35 Psi

*Parting line*



45 Psi



Kecacatan 45 Psi

*Cold Shut*



Pengujian tekanan cetakan dilakukan pengecoran sebanyak tiga kali untuk mendapatkan nilai rata-rata setelah dilakukan pengukuran dimensi, seperti panjang, lebar dan tebal.



#### 4.7.2 Hasil Pengukuran Variasi Tekanan

Data pengukuran panjang dan lebar produk didapatkan dari hasil pengukuran langsung pada 3 sampel produk pengecoran, sedangkan untuk ketebalan berupa hasil pengukuran tidak langsung, yaitu dari nilai rata-rata ketebalan setiap 1 produk, yang sebelumnya dilakukan pengukuran ketebalan pada keempat titik dan didapatkan nilai rata-rata, seperti pada gambar 4-15.

Tabel 4-20 Rata-rata pengukuran panjang variasi tekanan

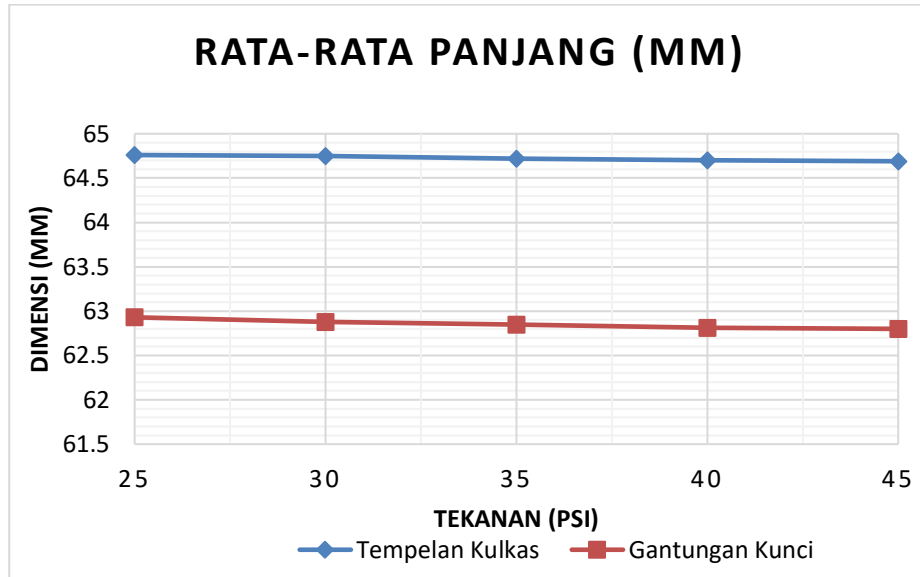
<b>RATA-RATA PENGUKURAN PANJANG (mm)</b>		
<b>Psi</b>	<b>Tempelan Kulkas</b>	<b>Gantungan Kunci</b>
25	64,76	62,93
30	64,75	62,88
35	64,72	62,85
40	64,70	62,81
45	64,69	62,80

Tabel 4-21 Rata-rata pengukuran lebar variasi tekanan

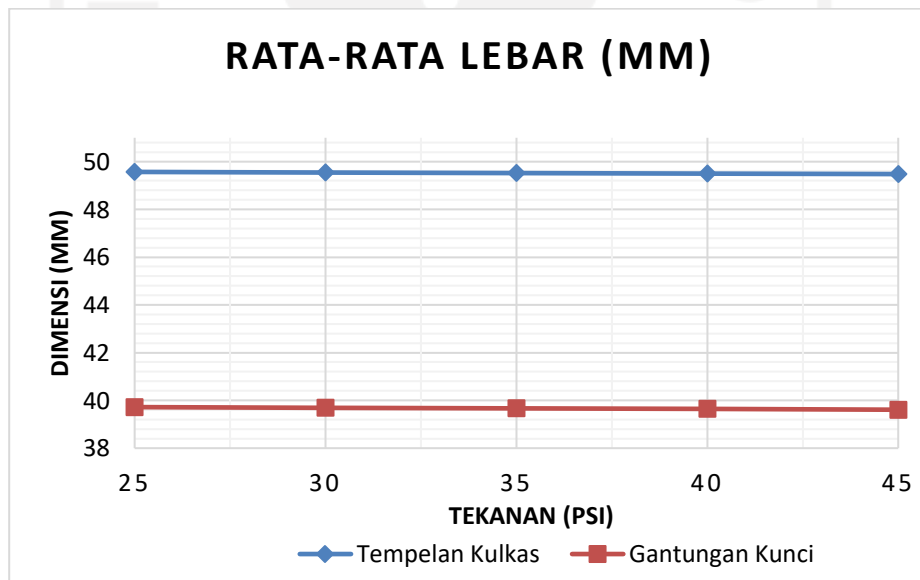
<b>RATA-RATA PENGUKURAN LEBAR (mm)</b>		
<b>Psi</b>	<b>Tempelan Kulkas</b>	<b>Gantungan Kunci</b>
25	49,57	39,72
30	49,54	39,69
35	49,52	39,66
40	49,50	39,64
45	49,48	39,61

Tabel 4-22 Rata-rata pengukuran tebal variasi tekanan

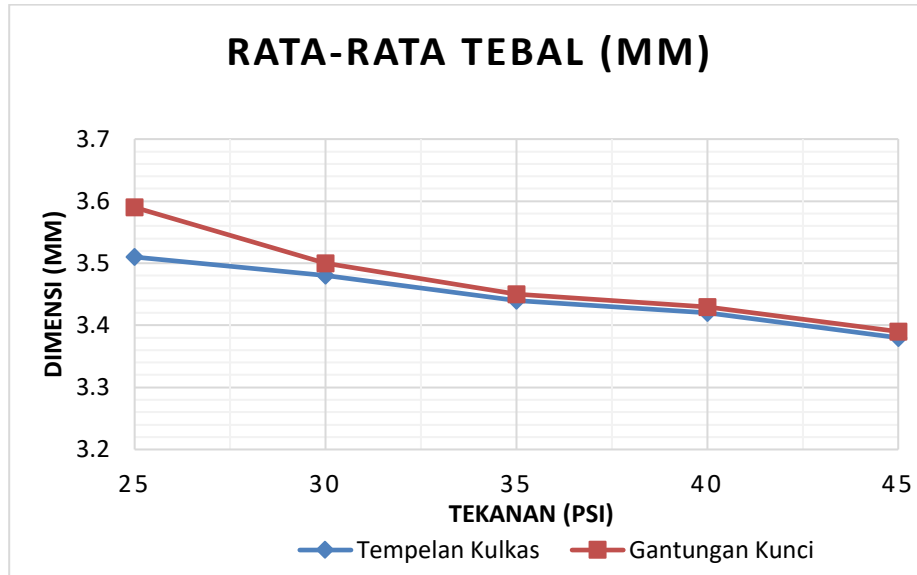
<b>RATA-RATA PENGUKURAN TEBAL (mm)</b>		
<b>Psi</b>	<b>Tempelan Kulkas</b>	<b>Gantungan Kunci</b>
25	3,51	3,59
30	3,48	3,50
35	3,44	3,45
40	3,42	3,43
45	3,38	3,39



Gambar 4-29 Grafik perubahan panjang variasi tekanan



Gambar 4-30 Grafik perubahan lebar variasi tekanan



Gambar 4-31 Grafik perubahan tebal variasi tekanan

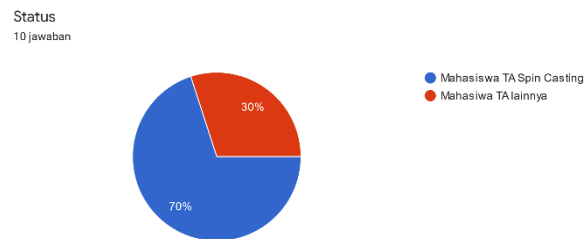
Berdasarkan hasil grafik di atas, diketahui bahwa semakin tinggi nilai tekanan menyebabkan ketebalan produk semakin berkurang. Hal tersebut disebabkan penambahan nilai tekanan menyebabkan rongga cetakan akan berubah bentuk, mengakibatkan berkurangnya ketebalan bagian, sehingga didapatkan hasil yang lebih tipis.

#### 4.8 Analisis dan Pembahasan Variasi Tekanan Terbaik

Pada pengujian tekanan ditemukan kecacatan produk yang disebabkan oleh pengaturan tekanan cetakan yang tidak sesuai dengan kecepatan putar, baik pada tekanan rendah menyebabkan cetakan tidak rapat, sehingga banyak material keluar dari rongga cetakan dan menghasilkan cacat sirip (*flash*) serta *parting line* yang terdapat di sebagian besar garis pemisah rongga cetakan. Sedangkan pada tekanan tinggi menyebabkan rongga cetakan menyempit, sehingga logam cair sulit untuk masuk dan mengisi seluruh rongga cetakan, akibatnya menghasilkan permukaan tidak rata yang disebabkan oleh *cold shut*. Kecacatan tersebut dapat dilihat pada tabel 4-18 dan 4-19.

Secara visual hasil pengecoran variasi tekanan dengan kualitas terbaik, untuk kedua produk hanya pada tekanan 40 Psi, pemilihan ini berdasarkan tingkat kehalusan produk di seluruh bagian dengan tingkat kecacatan yang paling rendah

serta kedetailan produk yang paling sempurna di antara variasi tekanan lain. Pemilihan untuk tekanan 40 Psi juga diperkuat dengan semua responden memilih variasi tekanan terbaik pada nilai tersebut. Di mana penilaian yang dilakukan berdasarkan pengamatan visual, meliputi bentuk produk dan detail produk. Hasil survei pemilihan variasi tekanan dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4-32 Status responden pemilihan tekanan



Gambar 4-33 Hasil survei pemilihan variasi tekanan cetakan

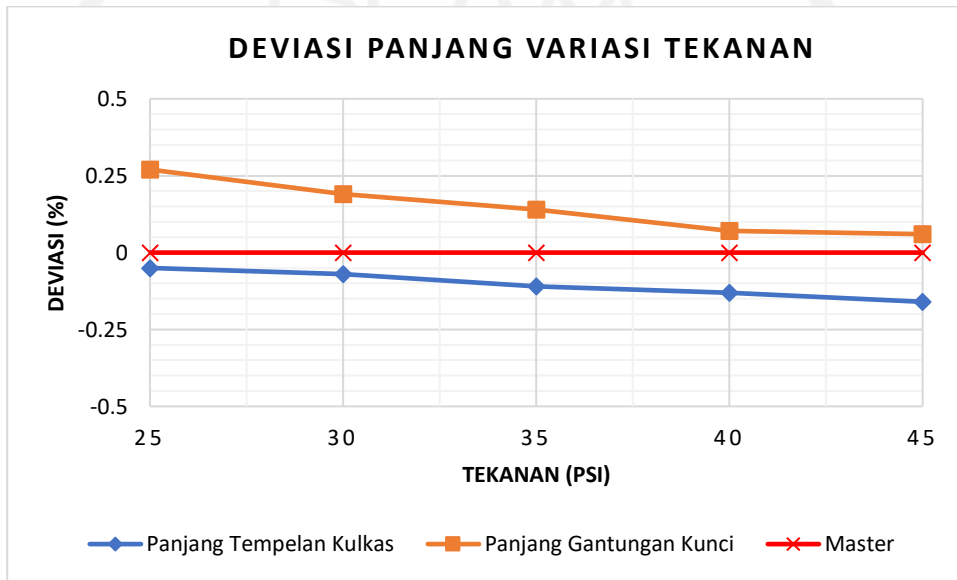
Selanjutnya setelah dilakukan pengamatan visual terhadap hasil pengecoran, juga dilakukan analisa berdasarkan pengukuran dimensi untuk mengetahui nilai penyimpangan produk, dengan tujuan agar mengetahui estimasi bahan yang dikeluarkan untuk setiap kali pengecoran, sehingga meminimalisir material terbuang secara berlebihan.

Tabel 4-23 Deviasi variasi tekanan tempelan kulkas

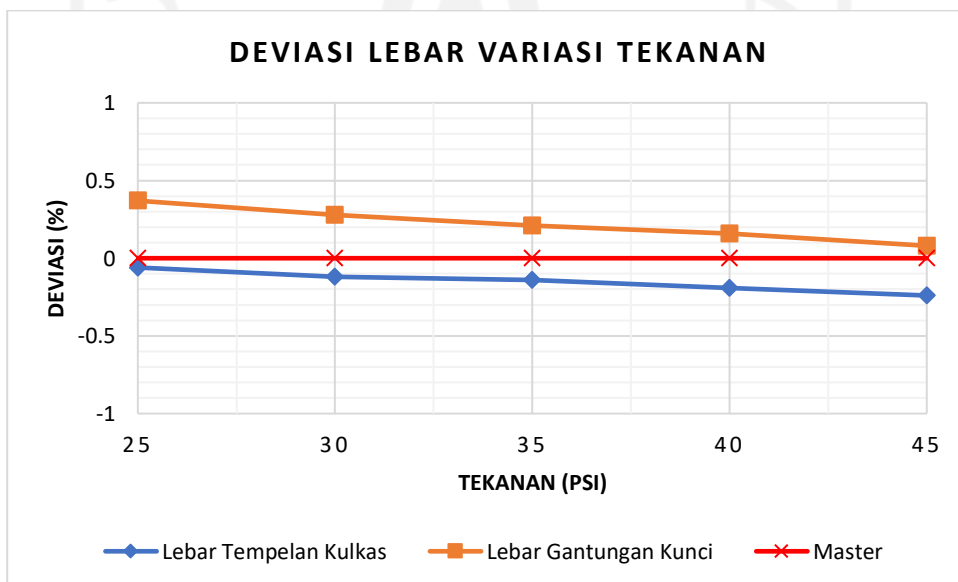
Deviasi Tekanan Tempelan Kulkas			
Tekanan (Psi)	Panjang (%)	Lebar (%)	Tebal (%)
25	-0,05	-0,06	-1,00
30	-0,07	-0,12	-1,97
35	-0,11	-0,14	-3,02
40	-0,13	-0,19	-3,47
45	-0,16	-0,24	-4,62

Tabel 4-24 Deviasi variasi tekanan gantungan kunci

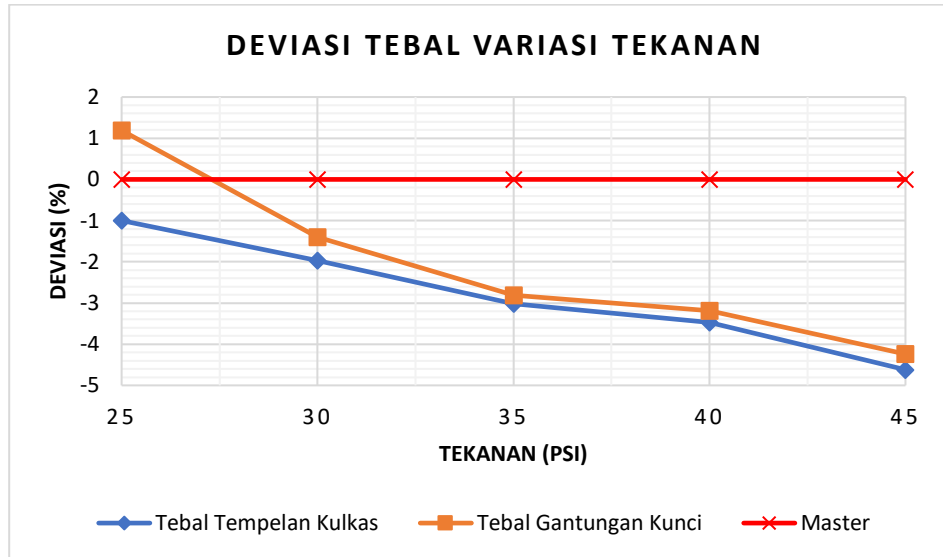
Deviasi Tekanan Gantungan Kunci			
Tekanan (Psi)	Panjang (%)	Lebar (%)	Tebal (%)
25	0,27	0,37	1,19
30	0,19	0,28	-1,40
35	0,14	0,21	-2,81
40	0,07	0,16	-3,19
45	0,06	0,08	-4,24



Gambar 4-34 Grafik deviasi panjang variasi tekanan



Gambar 4-35 Grafik deviasi lebar variasi tekanan



Gambar 4-36 Grafik deviasi tebal variasi tekanan

Berdasarkan hasil grafik 4-34, 4-35 dan 4-36 untuk kedua produk seiring dengan penambahan nilai tekanan menyebabkan dimensi produk semakin berkurang, hal ini bisa dilihat bahwa beberapa nilai berada di atas ukuran master atau garis merah dan beberapa di bawah master, dampak paling signifikan terletak pada dimensi ketebalan pada kedua produk yang diakibatkan karena penekanan *rubber* dalam pengujian variasi tekanan ini, sehingga mengakibatkan ketebalan rongga cetakan semakin berkurang.

Meskipun di beberapa variasi tekanan, khususnya dalam variasi yang lebih kecil dari produk terpilih berdasarkan hasil visualnya memiliki nilai deviasi atau penyimpangan yang jauh lebih baik. Namun, faktor terpenting dalam pembuatan *souvenir* adalah penampilan produk, maka hasil pemilihan paling utama sesuai dengan pengamatan visual produk, yaitu pada tekanan 40 psi, di mana untuk produk tempelan kulkas didapatkan penyimpangan panjang sebesar -0,13%, lebar sebesar -0,19% dan ketebalannya sebesar -3,47%. Namun, untuk hasil produk gantungan kunci pada tekanan 40 Psi didapatkan penyimpangan yang lebih kecil, yaitu panjang sebesar 0,07%, lebar sebesar 0,16% dan tebal sebesar -3,19%. Tekanan 40 Psi secara visual hasil pengecorannya memiliki kecacatan yang rendah serta permukaan yang rata. Sedangkan nilai deviasi ini digunakan sebagai data pendukung untuk mengetahui tingkat estimasi bahan cair yang dibutuhkan agar dapat digunakan secara optimal pada saat proses pengecoran secara berkala di kemudian hari.

## 4.9 Hasil *Finishing* Produk *Souvenir*

### 4.9.1 Pelapisan (*Electroplating*)

*Finishing* produk *souvenir* pada penelitian ini menggunakan *electroplating*, di mana *electroplating* ini sangat dipengaruhi oleh parameter-parameter dalam setiap prosesnya. parameter tersebut ialah sebagai berikut:

Tabel 4-25 Parameter proses pelapisan

No	Jenis Parameter	Nilai
1	Tegangan	2 Volt
2	Suhu Cairan	60 C
3	Waktu	5–15 menit

Saat proses pelapisan, parameter-parameter tersebut dijaga tetap konstan agar bentuk permukaan produk dapat terlapisi dengan sempurna. Kemudian diusahakan untuk beberapa menit sekali produk diangkat dan dilihat hasilnya, hal ini untuk menghindari lapisan yang terlalu tebal, sehingga meminimalisir terjadinya pengelupasan pada saat proses pelapisan selanjutnya, karena penumpukan endapan pada permukaan logam yang dilapisi. Untuk mendapatkan hasil berupa tampilan *chrome*, maka yang dilakukan pertama kali ialah pelapisan tembaga, kemudian dilanjutkan dengan pelapisan nikel dan sebagai hasil akhirnya, berupa pelapisan *chrome*. Berikut ini merupakan hasil dari setiap pelapisan untuk menghasilkan hasil akhir berupa warna *chrome* sesuai urutan.



Gambar 4-37 Hasil pelapisan tembaga



Gambar 4-38 Hasil pelapisan nikel



Gambar 4-39 Hasil pelapisan *chrome*

Ketiga proses pelapisan di atas, baik pelapisan tembaga, nikel dan *chrome* dengan menggunakan parameter proses pada tabel 4-25 menghasilkan ketebalan yang relatif aman (tidak mengalami pengelupasan), hal tersebut karena dengan bertambahnya waktu proses, maka akan menambah ketebalan lapisan yang dihasilkan dengan tingkat kecerahan yang semakin tinggi, tetapi pada waktu proses >20 menit rawan terjadi pengelupasan lapisan *plating* dan menghasilkan permukaan yang buram pada saat proses pelapisan nikel. Proses pelapisan nikel tersebut merupakan proses yang paling menentukan hasil akhir, sehingga perlu diatur secara sedemikian rupa dalam waktu proses pelapisan. (Sumual, 2012)

Kemudian dengan pengaturan tegangan yang lebih tinggi dari 2 volt, maka proses pelapisannya akan menjadi semakin cepat, tetapi hal tersebut dapat menyebabkan permukaan produk yang kasar, serta menghasilkan warna yang tidak kilap (buram).



#### 4.9.2 Pengujian Komponen Tambahan

Pada produk tempelan kulkas, magnet *neodymium* yang telah disiapkan, ditempelkan pada bagian belakang produk menggunakan lem besi. Berikut ini merupakan hasil dari pemasangan komponen tambahan dan pengujiannya. Pada gambar di bawah dapat dilihat bahwa produk tempelan kulkas, tidak terjatuh saat ditempelkan pada pintu kulkas dengan posisi vertikal, berdasarkan hal tersebut komponen magnet yang dipasang bekerja dengan sempurna dan menempel dengan kuat.



Gambar 4-40 Hasil pemasangan magnet tempelan kulkas

Kemudian untuk produk gantungan kunci, *ring* gantungan dipasang secara manual, baik menggunakan tangan ataupun dengan tang sebagai alat bantu, *ring* gantungan ini nantinya dipasangkan sebagai penyangga antara kunci dengan produk gantungan kunci ini. Berikut ini merupakan hasil setelah proses pemasangan *ring* gantungan pada produk *souvenir* gantungan kunci.



Gambar 4-41 Hasil pemasangan *ring* gantungan kunci

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Semakin tinggi nilai kecepatan putar mengakibatkan dimensi produk semakin meningkat, peningkatan nilai kecepatan juga berpengaruh terhadap tingkat keterisian yang semakin baik. Sedangkan semakin tinggi nilai tekanan menyebabkan ketebalan produk semakin berkurang. Penambahan nilai tekanan menyebabkan rongga cetakan akan berubah bentuk, mengakibatkan berkurangnya ketebalan bagian, sehingga didapatkan hasil yang lebih tipis.
2. Hasil terbaik pada penelitian ini untuk kedua produk *souvenir* berada pada kecepatan 750 rpm dengan arah putar mesin berlawanan jarum jam (CCW) serta tekanan cetakan sebesar 40 Psi.

#### **5.2 Saran**

1. Memperhatikan masa pakai cetakan untuk menghindari hasil pengecoran yang buruk
2. Memberi jeda waktu setelah pengecoran, untuk mendinginkan cetakan terlebih dahulu, sekitar 10-15 menit agar cetakan tidak mengalami panas berlebihan, sehingga cetakan tidak cepat gosong atau terbakar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Z., Risdiyono, Eskani, I., Setiawan, J., 2019. Pengaruh Bentuk Runner Cetakan Rtv Silicone Rubber Terhadap Tingkat Keberhasilan Dan Kualitas Produksi Kerajinan Pewter. *Din. Kerajinan Dan Batik Maj. Ilm.* Vol. 36 No. 2, Desember 2019, Hal 113-122.
- Asim, U., 2015. Optimization of Quality and Productivity of Zinc Alloy Casting by Using Advanced Simulation Techniques. King Fahd Univ. Pet. Miner. Dhahran Saudi Arab.
- ASM Handbook Volume 2, 1990. ASM Handbook Volume 2: Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials. ASM International. Handbook Committee. United States of America.
- Bajčičák, M., Šuba, R., 2014. Study of Thermal Stress Influence on Dimensional Stability of Silicone Molds. *Fac. Mater. Sci. Technol. Trnava Slovak Univ. Technol. Bratisl.* 22 (34), 15–19.
- Barnard, L.J., 1999. Spin casting as a tool in rapid prototyping. *Solid Free. Fabr.* 1999 Univ. Tex. Austin 719–725.
- Barnard, L.J., Beer, D.J.DEE., Campbell, R.I., 2009. Parameters Affecting Spin Casting Of Decorative And Mechanical Parts. *J. New Gener. Sci.* 7 (2), 23–35.
- Beznák, M., Bajčičák, M., Šuba, R., 2010. The Possibilities Of Runner Placements For Castings Produced By Spin Casting Into Silicon Rubber Moulds. *Dep. Cast. Inst. Prod. Technol. Fac. Mater. Sci. Technol. Trnava Slovak Univ. Technol. Bratisl.* 1–7.
- Cahyandari, D., 2016. Rapid Prototyping Technology Untuk Aplikasi Pembuatan Implan Tulang dan Gigi. *TRAKSI Prodi Tek. Mesin Univ. Muhammadiyah Semarang Vol.* 16 No. 1, 35–41.
- Darmawi, 2018. Buku Pendukung Perkuliahan Pengendalian Korosi Dan Perlakuan Permukaan Pelapisan Logam, 2nd ed. Universitas Sriwijaya, Palembang, Sumatera Selatan.
- Goa, Y.L., Fathurrahman, 2020. Alat Pelapis Baja Karbon Dengan Metode Elektroplating Hard Chrome Untuk Praktik Siswa. *J. BASA Barom. Sains*

- Inov. Pembelajaran IPA Prodi Tek. Kim. Fak. Sains Dan Teknol. Univ. Pendidik. Muhammadiyah Sorong 1 (2), 8–15.
- Habibi, S., 2017. Pembuatan Cetakan Logo Bermotif UII Menggunakan Gel Aquabides Pada Teknik Electroplating. Jur. Tek. Mesin Fak. Teknol. Ind. Univ. Islam Indones.
- Kurniawan, A., Widyanto, S., Umardhani, Y., 2013. Pengaruh Temperatur Cetakan pada Cacat Visual Produk Piston dengan Metode Die Casting. J. Tek. Mesin -1 Univ. Diponegoro Vol. 1, No. 3.
- Manurung, C., 2014. Pengaruh Kuat Arus Terhadap Ketebalan Lapisan Dan Laju Korosi (Mpy) Hasil Elektroplating Baja Karbon Rendah Dengan Pelapis Nikel. Prodi Tek. Mesin Univ. HKBP Nommensen Medan.
- Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 10 Tahun 2015 tentang *Brand/Logo Daerah Istimewa Yogyakarta*, 2015.
- Poerwa, Y., 2018. Analisis Desain Produk Souvenir di Home Industry Burat Kriasta Bantul. Program Studi Pendidik. Kriya Jurusan Pendidikan Seni Rupa Fak. Bhs. Dan Seni Univ. Negeri Yogyakarta.
- Pola, A., Tocci, M., Goodwin, F., 2020. Review of Microstructures and Properties of Zinc Alloys. [www.mdpi.com/journal/metals](http://www.mdpi.com/journal/metals) 10, 235.
- Saleh, A., 1995. Buku Pegangan Industri Elektroplating, Pelapisan Logam. Balai Besar Pengembangan Industri Logam dan Mesin, Bandung.
- Suminto, 2015. Rekayasa Alat Mesin Casting untuk Perajin Pewter. CORAK J. Seni Kriya Inst. Seni Indones. Yogyakarta. 14 (1), 13–22.
- Sumual, H.M., 2012. Optimasi Pelapisan Tembaga Nikel Dan Krom Dekoratif Pada Aluminium Dengan Metode Elektroplating. Proceeding Semin. Nas. Tah. Tek. Mesin XI SNTTM XI Thermofluid IV Univ. Gadjah Mada.
- Suprpto, W., 2017. Teknologi Pengecoran Logam, 1st ed. UB PRESS, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia.
- Sutanto, A., Fatra, W., Helwani, Z., 2018. Pengaruh Variasi Kecepatan Putar, Temperatur Cetakan dan Temperatur Tuang Terhadap Fluiditas Pengecoran Aluminium Kaleng Minuman Menggunakan Metode Qudong. Jom FTEKNIK Lab. Penguji. Bahan Jur. Tek. Mesin Fak. Tek. Univ. Riau Volume 5 Edisi 2.

- Vesta, 2015. Silicone Rubber Material Benefits and Fabrication Advantages. Vesta Lubrizol Co. Frankl. USA.
- Voet, V.S.D., Strating, T., Schnelting, G.H.M., Loos, K., Jager, J., Folkersma, R., 2018. Biobased Acrylate Photocurable Resin Formulation for Stereolithography 3D Printing. ACS Omega 3, 1403–1408. <https://doi.org/10.1021/acsomega.7b01648>
- Vrabec, J., Bajčičák, M., Beznák, M., Šuba, R., 2013. The Influence Of Spin Casting Parameters On Dimensional Accuracy Of Castings Cast Into Silicon Moulds. Slovak Univ. Technol. Fac. Mater. Sci. Technol. Trnava Slovak Repub. 20 (3), 519–524.



# LAMPIRAN

