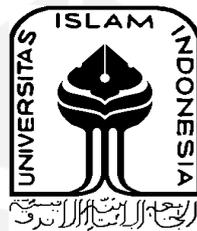


**ANALISIS KARAKTERISTIK PRODUK HASIL *SPIN*
CASTING MENGGUNAKAN *MASTER* CETAKAN YANG
DIBUAT DENGAN *3D PRINT RESIN*, *CNC* DAN *LASER*
*CUTTING***

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh :

**Nama : M Dicky Agus Prawira
No. Mahasiswa : 18525048
NIRM : 2018030899**

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

2022

PERNYATAAN KEASLIAN

Bismillahirrahmanirrahim, dengan ini saya menyatakan bahwa karya ini merupakan hasil kerja saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang telah saya cantumkan sumbernya sebagai referensi. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pengakuan saya tidak benar serta melanggar peraturan yang sah dalam hak kekayaan intelektual maka saya bersedia mengikuti hukuman maupun sanksi apapun sesuai hukum yang diberlakukan Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 30 November 2022



(M Dicky Agus Prawira)

18525048

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**ANALISIS KARAKTERISTIK PRODUK HASIL *SPIN*
CASTING MENGGUNAKAN *MASTER* CETAKAN YANG
DIBUAT DENGAN *3D PRINT RESIN, CNC* DAN *LASER*
*CUTTING***

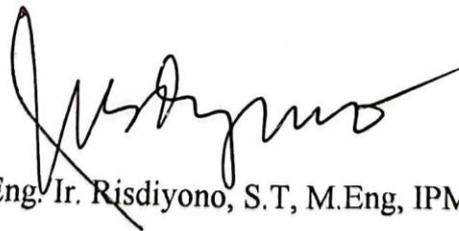
TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : M Dicky Agus Prawira
No. Mahasiswa : 18525048
NIRM : 2018030899

Yogyakarta, 14 November 2022

Pembimbing,



Dr. Eng. Ir. Risdiono, S.T, M.Eng, IPM

LĒMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

ANALISIS KARAKTERISTIK PRODUK HASIL *SPIN CASTING* MENGGUNAKAN *MASTER CETAKAN* YANG DIBUAT DENGAN *3D PRINT RESIN, CNC DAN LASER CUTTING*

TUGAS AKHIR

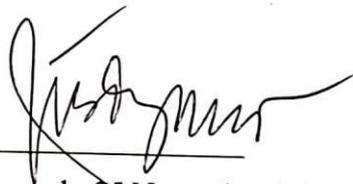
Disusun Oleh :

Nama : M Dicky Agus Prawira
No. Mahasiswa : 18525048
NIRM : 2018030899

Tim Penguji

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

Ketua


Tanggal : 25 November 2022

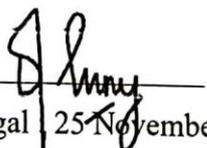
Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.

Anggota I


Tanggal : 25 November 2022

Finny Pratama Putera, S.T., M.Eng.

Anggota II


Tanggal : 25 November 2022

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP

HALAMAN PERSEMBAHAN

Laporan tugas akhir ini saya persembahkan kepada :

1. Kedua orang tua saya yang saya sayangi (bapak saya Bendriyadi dan ibu saya Eni Afnida) dan kedua adik saya yang saya sayangi azra dan safiq yang selalu mendukung dan mendo'akan saya dalam segala urusan.
2. Dosen pembimbing saya bapak Dr. Eng. Ir. Risdiyono, S.T, M.Eng, IPM yang selalu memberikan nasehat, motivasi, masukan, saran dan ilmu yang bermanfaat bagi saya. Dan dosen-dosen Teknik Mesin UII yang selalu mendukung dan memberikan ilmu kepada saya yang bermanfaat.
3. Teman saya yaitu ucup, reza, anang, rizky, andika, thariq dan geo yang selalu membantu saya dalam pembelajaran dan semangat kepada saya.
4. Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2018 saya banggakan yang selalu memberikan semangat dan nasehat-nasehat kepada saya.

HALAMAN MOTTO

"Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri."

(Q.S Ar-Ra'd: 11)

"Dan barangsiapa yang bertakwa kepada Allah, niscaya Allah menjadikan baginya kemudahan dalam urusannya."

(Q.S At-Talaq: 4)

"Bangunlah pagi hari untuk mencari rezeki dan kebutuhan-kebutuhanmu. Sesungguhnya pada pagi hari terdapat barakah dan keberuntungan."

- HR At-Thabrani dan Al-Bazzar-



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamiin Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan rahmatnya sehingga saya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir berjudul “Analisis Karakteristik Produk Hasil *Spin Casting* Menggunakan *Master* Cetakan yang Dibuak Dengan *3D Print Resin, CNC dan Laser Cutting*”

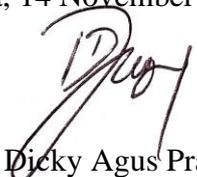
Berkat dukungan dari berbagai pihak Laporan Tugas Akhir dapat terselesaikan dengan baik dan lancar. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Keluarga tercinta Ayah, Ibu, dan Adik yang senantiasa selalu mendoakan dan memberikan dukungan dalam segala urusan.
2. Bapak Dr.Eng. Ir. Risdiyono, S.T., M.Eng., IPM sebagai dosen pembimbing yang telah membantu dan membimbing saya dalam melakukan penelitian dan menyelesaikan laporan tugas akhir.
3. Seluruh Dosen Teknik Mesin FTI UII yang telah banyak mengajarkan ilmunya dengan sepenuh hati.
4. Aziz, Faizhal, Yoga, Atta, Angga dan Rafi selaku teman satu penelitian *spin casting* yang telah membantu dalam proses menyelesaikan tugas akhir. Reza, anang, thariq dan ucup yang membantu menyusun laporan.
5. Teman-teman Angkatan 2018 Teknik Mesin UII yang telah memberi dukungan dan masukan dalam menyelesaikan tugas akhir

Akhirnya dengan selesainya penyusunan laporan ini, semoga dapat diterima dan menjadi sebuah karya yang dapat bermanfaat bagi yang berkepentingan. Aamiin.

Wassalamua'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 14 November 2022


M Dicky Agus Prawira

ABSTRAK

Kualitas dari produk yang dibuat dengan metode *spin casting* banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu material *master* cetakan, kualitas *master* cetakan, kualitas *silicon rubber mold* dan parameter *spin casting*. *Master* cetakan sebagai cetakan *silicone rubber* bisa dibuat dengan *3d print resin*, *cnc* dan *laser cutting*. Ketiga proses pembuatan *master* cetakan tersebut memiliki karakteristik yang berbeda, sehingga dapat mempengaruhi hasil *silicon rubber mold* dan mempengaruhi hasil *spin casting*. Pembuatan produk yang akan dicetak dalam penelitian ini yaitu menggunakan metode *spin casting*.

Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis karakteristik produk hasil *spin casting* menggunakan *master* cetakan yang dibuat dengan *3d print resin*, *cnc* dan *laser cutting*, serta mengetahui parameter yang paling optimal digunakan dalam proses *spin casting* untuk mendapat hasil yang terbaik dengan memvariasikan arah putar dan kecepatan putar.

Penelitian yang sudah dilakukan, didapatkan karakteristik hasil *spin casting* dari *master* cetakan yang dibuat dengan *3d print resin* memiliki hasil halus dan detil tetapi ada sebagian yang tidak halus/rata. Karakteristik hasil *spin casting* dari *master* cetakan yang dibuat dengan *cnc* memiliki hasil halus dan detil tetapi memiliki kontur. Karakteristik hasil *spin casting* dari *master* cetakan yang dibuat dengan *laser cutting* memiliki hasil kasar bergaris-garis dan detil tetapi sebagian detil yang kecil tidak detil. Parameter *spin casting* yang paling optimal yaitu dengan arah putar *clockwise* (CW) dan kecepatan putar 800 rpm.

Kata kunci: *Spin Casting*, Karakteristik, *Master* Cetakan, Parameter.

ABSTRACT

The quality of products made by the spin casting heavily influenced by several factors, namely the mold master material, mold master quality silicon rubber mold parameters spin casting. Master molds as silicone rubber can be made with 3d print resin, cnc and laser cutting. The three processes for making master have different characteristics, so that they can affect the results of silicon rubber molds and affect the results of spin casting. Making the product to be printed in this study is using the spin casting.

The purpose of this study is to analyze the characteristics of the spin casting using master made with 3d print resin, cnc and laser cutting, and to find out the most optimal parameters used in the spin casting to get the best results by varying the direction of rotation and rotation speed.

The research that has been done, so that the characteristics of the spin casting from master made with 3d print resin have smooth and detailed results, but there are some that are not smooth/even. The characteristics of the results of spin casting from master made with CNC have smooth and detailed results but have contours. The characteristics of the results of spin casting from master made by laser cutting have rough lines and details, but some small details are not detailed. parameter spin casting most optimal clockwise (CW) rotation direction and 800 rpm rotational speed.

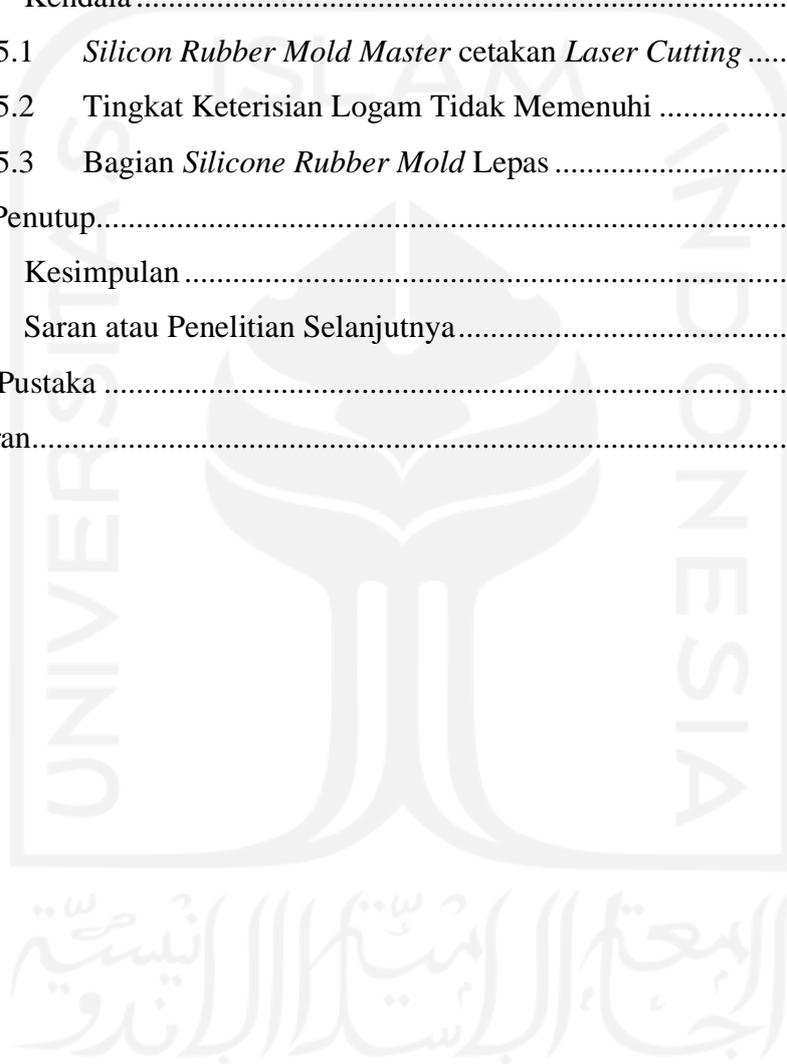
Keywords: Spin Casting, Characteristics, Master mold, Parameter.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iii
Halaman Persembahan	iv
Halaman Motto	v
Kata Pengantar	vi
Abstrak	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Tabel	xii
Daftar Gambar	xiii
Daftar Notasi	xv
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka	4
2.1 Kajian Pustaka	4
2.2 Dasar Teori	5
2.2.1 Gaya Sentrifugal	5
2.2.2 <i>Spin Casting</i>	6
2.2.3 Vulkanisasi	7
2.2.4 <i>Silicone Rubber Mold</i>	7
2.2.5 <i>Zinc Alloy</i>	8
2.2.6 Mesin <i>3D Print Resin</i>	8
2.2.7 Mesin <i>Laser Cutting</i>	9
2.2.8 Mesin <i>CNC</i>	10
Bab 3 Metode Penelitian	11

3.1	Alur Penelitian	11
3.2	Parameter Penelitian	12
3.2.1	Parameter Konstan.....	12
3.2.2	Parameter Proses	13
3.3	Peralatan dan Bahan.....	14
3.3.1	Peralatan	14
3.3.2	Bahan.....	16
3.4	Penentuan Produk <i>Spin Casting</i> dan Variasi Proses <i>Spin Casting</i>	17
3.4.1	Penentuan Kriteria Produk Hasil <i>Spin Casting</i>	17
3.4.2	Variasi Parameter <i>Spin Casting</i>	17
3.5	Konsep Desain	17
3.5.1	Model Lombok	18
3.5.2	Model Manchester City	19
3.6	Proses Pembuatan <i>Master</i> Cetakan.....	20
3.6.1	<i>Master</i> Cetakan <i>3D Print Resin</i>	20
3.6.2	<i>Master</i> Cetakan <i>CNC</i>	20
3.6.3	<i>Master</i> Cetakan <i>Laser Cutting</i>	21
3.7	Proses Vulkanisir <i>Silicon Rubber</i>	21
3.8	Proses Pengecoran Produk.....	22
Bab 4	Hasil dan Pembahasan	23
4.1	Proses Pembuatan <i>Master</i> Cetakan.....	23
4.1.1	<i>Master</i> Cetakan <i>3D Print Resin</i>	23
4.1.2	<i>Master</i> Cetakan <i>CNC</i>	25
4.1.3	<i>Master</i> Cetakan <i>Laser Cutting</i>	26
4.2	Vulkanisasi.....	28
4.2.1	Pengolesan <i>Resin</i> ke <i>Master</i> Cetakan <i>3D Print Resin</i>	28
4.2.2	Kondisi <i>Master</i> Cetakan Setelah Divulkanisasi	28
4.2.3	Pembentukan <i>Runner</i> pada <i>Silicone Rubber Mold</i>	31
4.2.4	Bentuk <i>Gate</i> pada <i>Runner</i>	33
4.3	<i>Spin Casting</i>	34
4.3.1	Hasil <i>Spin Casting</i>	34
4.3.2	Bentuk Karakteristik Produk Setelah <i>Spin Casting</i>	36

4.3.3	Hasil <i>Spin Casting</i> dengan 850 rpm	39
4.4	Hasil Pengukuran Massa Produk <i>Spin Casting</i>	39
4.4.1	Penentuan Parameter Terbaik.....	43
4.4.2	Bentuk Produk dengan Massa Rendah	45
4.4.3	Hasil <i>Spin Casting</i> dengan Parameter Terbaik.....	46
4.4.4	<i>Review Hasil Spin Casting</i>	47
4.5	Kendala	48
4.5.1	<i>Silicon Rubber Mold Master</i> cetakan <i>Laser Cutting</i>	48
4.5.2	Tingkat Keterisian Logam Tidak Memenuhi	48
4.5.3	Bagian <i>Silicone Rubber Mold</i> Lepas	49
Bab 5	Penutup.....	50
5.1	Kesimpulan	50
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya.....	51
Daftar Pustaka	52
Lampiran	55



DAFTAR TABEL

Tabel 3 - 1 Parameter Konstan	13
Tabel 3 - 2 Parameter Proses	13
Tabel 3 - 3 Peralatan.....	14
Tabel 3 - 4 Software	15
Tabel 3 - 5 Bahan	16
Tabel 4 - 1 Massa Produk <i>Spin Casting</i> Lombok (CNC)	39
Tabel 4 - 2 Massa Produk <i>Spin Casting</i> Lombok (3D Print Resin)	40
Tabel 4 - 3 Massa Produk <i>Spin Casting</i> Man City (3D Print Resin)	40
Tabel 4 - 4 Massa Produk <i>Spin Casting</i> Man City (Laser Cutting)	40
Tabel 4 - 5 Persentase Deviasi.....	43
Tabel 4 - 6 Contoh Salah Satu Produk Parameter Terbaik.....	46
Tabel 4 - 7 Review Produk <i>Spin Casting</i>	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2 - 1 Diagram Benda Bebas Gaya Sentrifugal.....	6
Gambar 2 - 2 Mesin <i>Spin Casting C-400 Matic</i>	7
Gambar 2 - 3 Mesin Vulkanisir <i>P-400 Matic</i>	7
Gambar 2 - 4 <i>Silicone Rubber Mold</i>	8
Gambar 2 - 5 <i>Zinc Alloy</i>	8
Gambar 2 - 6 Mesin <i>3D Print Resin</i>	9
Gambar 2 - 7 Mesin <i>Laser Cutting</i>	9
Gambar 2 - 8 Mesin <i>CNC</i>	10
Gambar 3 - 1 Alur Penelitian.....	12
Gambar 3 - 2 Konsep Desain Lombok	18
Gambar 3 - 3 Massa Lombok Solidwork	19
Gambar 3 - 4 Konsep Desain Man City	19
Gambar 3 - 5 Massa Man City Solidwork.....	20
Gambar 4 - 1 Proses Pencetakan <i>Master</i> Cetakan Lombok	23
Gambar 4 - 2 <i>Master</i> Cetakan Lombok.....	24
Gambar 4 - 3 Proses Pencetakan <i>Master</i> Cetakan Man City.....	24
Gambar 4 - 4 <i>Master</i> Cetakan Man City	25
Gambar 4 - 5 Proses Pencetakan <i>Master</i> Cetakan Lombok	25
Gambar 4 - 6 <i>Master</i> Cetakan Lombok.....	26
Gambar 4 - 7 Proses Pencetakan <i>Master</i> Cetakan Man City.....	26
Gambar 4 - 8 <i>Master</i> Cetakan Man City	27
Gambar 4 - 9 Pengolesan <i>Master</i> Cetakan dengan <i>Resin</i>	28
Gambar 4 - 10 Kondisi <i>Master</i> Cetakan Lombok	29
Gambar 4 - 11 Kondisi <i>Master</i> Cetakan Man City.....	29
Gambar 4 - 12 Kondisi <i>Master</i> Cetakan Lombok	30
Gambar 4 - 13 Kondisi <i>Master</i> Cetakan Man City.....	31
Gambar 4 - 14 Cetakan pada <i>Silicon Rubber</i>	31
Gambar 4 - 15 Arah <i>Runner</i> Cetakan Lombok	32
Gambar 4 - 16 Cetakan pada <i>Silicon Rubber</i>	32
Gambar 4 - 17 Bentuk <i>Gate</i>	33

Gambar 4 - 18 Hasil <i>Spin Casting</i> (CCW, 750 rpm).....	34
Gambar 4 - 19 Hasil <i>Spin Casting</i> (CW, 750 rpm)	35
Gambar 4 - 20 Hasil <i>Spin Casting</i> (CCW, 800 rpm).....	35
Gambar 4 - 21 Hasil <i>Spin Casting</i> (CW, 800 rpm)	36
Gambar 4 - 22 Karakter Produk <i>Spin Casting</i> Man City (<i>3D Print Resin</i>).....	37
Gambar 4 - 23 Karakter Produk <i>Spin Casting</i> Lombok (<i>3D Print Resin</i>).....	37
Gambar 4 - 24 Karakter Produk <i>Spin Casting</i> Lombok (<i>CNC</i>).....	38
Gambar 4 - 25 Karakter Produk <i>Spin Casting</i> Man City (<i>Laser Cutting</i>).....	38
Gambar 4 - 26 Hasil <i>Spin Casting</i> dengan 850 rpm.....	39
Gambar 4 - 27 Grafik Massa Produk <i>Spin Casting</i> Lombok (<i>CNC</i>).....	40
Gambar 4 - 28 Grafik Massa Produk <i>Spin Casting</i> Lombok (<i>3D Print resin</i>).....	41
Gambar 4 - 29 Grafik Massa Produk <i>Spin Casting</i> Man City (<i>3D Print Resin</i>) ..	41
Gambar 4 - 30 Grafik Massa Produk <i>Spin Casting</i> Man City (<i>Laser Cutting</i>)	42
Gambar 4 - 31 Grafik Persentase Deviasi	44
Gambar 4 - 32 Salah Satu Kecacatan dengan Massa Rendah	45
Gambar 4 - 33 Salah Satu Kecacatan dengan Massa Rendah	46
Gambar 4 - 34 Kendala Cetakan <i>Silicon Rubber</i>	48
Gambar 4 - 35 Kondisi Setelah <i>Spin Casting</i>	49
Gambar 4 - 36 Proses Penambalan Cetakan.....	49

DAFTAR NOTASI

CW	= <i>Clockwise</i>
CCW	= <i>Counter Clockwise</i>
S	= <i>Sekon</i>
RPM	= <i>Revolutions Per Minute</i>
<i>Original Size</i>	= Ukuran Asli (Massa Desain)
<i>Cast Size</i>	= Ukuran Pengecoran (Massa Produk)



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kualitas hasil pembuatan *souvenir* dengan cara proses *spin casting* dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu material *master* cetakan yang digunakan yang dipakai, kualitas *master* cetakan yang digunakan sebagai cetakan pada *silicone rubber*, kualitas *silicone rubber mold* sebagai cetakan pembuatan produk *spin casting* dan parameter *spin casting*. Terdapat juga faktor lain yang memengaruhi kualitas produk *spin casting*, seperti suhu bahan material, kecepatan putar mesin dan karakteristik ketelitian dimensi cetakan (Santoso & Suheryanto, 2018).

Master cetakan bisa dibuat dengan cara *3d print resin*, *cnc* dan *laser cutting*. Ketiga cara tersebut memiliki karakteristik yang mempengaruhi hasil cetakan *silicon rubber* dan hasil *spin casting*.

Souvenir merupakan buah tangan yang biasa dibawa ketika bepergian atau sebagai simbol kenangan karena telah mengunjungi pada suatu tempat. *Souvenir* bisa dalam bentuk gantungan kunci, stiker, tempelan kulkas, hiasan meja dll, serta dilengkapi desain yang rumit dan juga detilnya (Gordon, 1986).

Salah satu cara pembuatan *souvenir* bisa menggunakan dengan mesin *spin casting*. Mesin *spin casting* memiliki kemampuan untuk memproduksi *souvenir* dengan desain yang detil dan rumit serta permukaannya yang rata dan juga halus (Prasetyo dkk., 2010). Teknologi *spin casting* memiliki dua *element fundamental* yaitu *silicone rubber* dan gaya sentrifugal yang menjadi karakteristik pada teknologi tersebut (Vezzetti, 2008).

Berdasarkan penjelasan paragraf-paragraf di atas maka dari pada itu dilakukan analisis karakteristik produk hasil *spin casting* menggunakan *master* cetakan yang dibuat dari *3d print resin*, *laser cutting* dan *cnc*, serta mengetahui parameter *spin casting* yang paling optimal untuk digunakan dalam proses *spin casting* sehingga mendapat hasil yang terbaik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka dirumuskan masalah yaitu:

1. Bagaimana analisis karakteristik produk hasil *spin casting* menggunakan *master* cetakan yang dibuat dengan *3d print resin, cnc* dan *laser cutting*?
2. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan putar dan arah putar untuk mendapatkan hasil *spin casting* terbaik?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang meliputi dalam penelitian ini yaitu :

1. Bahan *master* cetakan menggunakan resin dan akrilik
2. Pembuatan *master* cetakan menggunakan metode *3d print resin, laser cutting* dan *cnc*
3. Variasi kecepatan putar *spin casting* yang dipakai pada kecepatan 750 rpm dan 800 rpm
4. Waktu putar *spin casting* yang dipakai yaitu 20 detik dan tekanan *spin casting* yang dipakai 40 psi
5. Material proses *spin casting* menggunakan *zinc alloy*

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui karakteristik produk hasil *spin casting* menggunakan *master* cetakan yang dibuat dengan *3d print resin, cnc* dan *laser cutting*.
2. Mengetahui pengaruh variasi kecepatan putar dan arah putar untuk mendapatkan hasil *spin casting* yang terbaik.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

Hasil penelitian ini diharapkan bisa menjadi panduan bagi pengguna untuk menentukan *master* cetakan yang tepat digunakan, dengan beberapa karakteristik produk *spin casting* yang sudah diketahui. Dengan *master* cetakan

yang terbuat dari proses pemesinan *3d print resin, laser cutting* dan *cnc*, yang digunakan untuk membuat cetakan, serta menjadi acuan sebagai parameter proses *spin casting*. Sehingga mempermudah bagi pengguna yang akan melakukan proses *spin casting* dalam pembuatan produk.

1.6 Sistematika Penulisan

Penyusunan laporan tugas akhir ini dilakukan berdasarkan urutan-urutan yang sudah ditentukan. Penulisan laporan tugas akhir ini terdiri dari lima bab sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan mengenai kajian Pustaka, dasar teori, sitasi yang digunakan untuk Tugas Akhir.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan mengenai metodologi penelitian, berisi langkah-langkah dan metode yang digunakan pada penelitian ini.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan mengenai hasil dari penelitian yang telah dilakukan dan membahas analisis tentang data-data pengujian yang telah didapatkan.

BAB 5 PENUTUP

Bab ini menjelaskan mengenai kesimpulan dan saran untuk penelitian selanjutnya agar lebih baik kedepannya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Seiring berkembangnya industri di bidang manufaktur sangat penting terutama dalam proses produksi dengan metode pengecoran. Perbaikan dalam proses pengecoran terus dilakukan untuk menghasilkan produk cor yang berkualitas (Hadi Mukhammad & Setyoko, 2019).

Pembuatan produk *souvenir* menggunakan metode *spin casting*. *Spin casting* merupakan pencetakan logam dengan prinsip gaya sentrifugal yang dimana proses penuangan sampai pembekuan logam yang memiliki sifat titik lebur rendah pada satu cetakan. *Spin casting* juga salah satu dari beberapa metode pengecoran yang memproduksi secara banyak (Sucahyono dkk., 2019). Prinsip dasar *spin casting* metode gaya sentrifugal yaitu cetakan diputar lalu dituangkan logam cair dan kemudian membeku (Suminto, 2017).

Proses vulkanisasi yang dilakukan oleh Yefry Valdano Untoro untuk parameter yang digunakan dalam proses vulkanisasi diberi tekanan 100 psi, serta suhu tertinggi 180° dalam waktu kurang lebih 3600 detik atau 1 jam (Untoro, 2015).

Penelitian yang dilakukan oleh LJ Barnard, DJ De Beer dan RI Campbell pada tahun 2009, dalam penelitiannya yaitu ada beberapa parameter yang digunakan dalam pencetakan *spin casting* seperti kecepatan putar mesin, posisi sudut *master* serta tekanan jepit mesin (Barnard dkk., 2009).

Penelitian yang dilakukan oleh Zainul Arifin, Risdiyono, Istihanah Nurul Eskani, dan Joni Setiawan pada tahun 2019 bahwa bentuk *runner* yang menentukan persentase keberhasilan lebih tinggi, yaitu dengan menggunakan arah *runner* lurus dibandingkan arah bentuk *runner* lainnya dimana resultan gaya sentrifugal tegak lurus dari pusat cetakan sehingga logam cair dengan mudah mengisi rongga-rongga yang kosong pada cetakan (Arifin & Eskani, 2019).

Penelitian yang dilakukan oleh Fahmi Fikri Hanafi pada tahun 2021 bahwa pada rentang 450 rpm sampai 750 rpm, kualitas produk semakin baik ketika pada rentang tinggi yaitu 750 rpm (Hanafi, 2021).

Penelitian dilakukan oleh Angga Alfhariza pada tahun 2021 bahwa tekanan yang paling optimal untuk digunakan pada saat proses *spin casting* yaitu pada tekanan 40 psi (Alfhariza, 2021).

Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Ginanjar Ridho Hasana pada tahun 2021 bahwa dalam waktu 20 detik yang digunakan dalam proses *spin casting* merupakan waktu yang optimal untuk proses *spin casting* (Hasana, 2021).

Parameter penelitian yang mengenai proses pencetakan dengan menggunakan mesin *spin casting* di atas merupakan acuan parameter dalam penelitian ini.

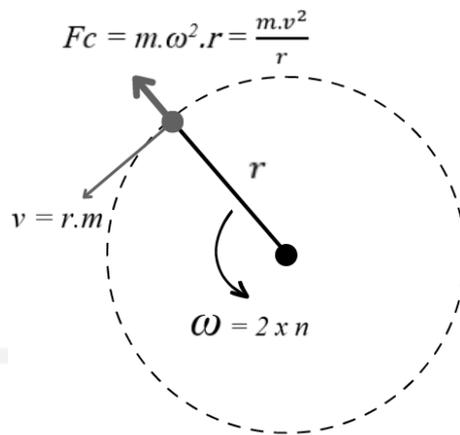
2.2 Dasar Teori

2.2.1 Gaya Sentrifugal

Gaya sentrifugal merupakan efek yang ditimbulkan oleh benda yang bergerak melingkar, dan sentrifugal muncul sebagai gaya yang menjauhi pusatnya.

Dalam bidang manufaktur, salah satu contohnya diimplementasikan menjadi proses pemesinan di bidang pengecoran, yaitu *centrifugal casting*. Gaya sentrifugal pada proses ini bertujuan untuk mendorong logam cair yang dituangkan ke dalam mesin agar terdorong pada dinding terluar cetakan dan melakukan proses pembekuan sesuai dengan pola pada cetakan (Yüzbaşı & Graule, 2021).

Menurut hukum fisika, gaya sentrifugal terjadi pada bagian yang berorientasi sebanding dengan jari-jari rotasi dan kuadrat dari kecepatannya (M. & Hafid, 2012). Dapat dilihat pada gambar 2-1 yaitu bentuk diagram benda bebas gaya sentrifugal.



Gambar 2 - 1 Diagram Benda Bebas Gaya Sentrifugal

Adapun persamaan gaya sentrifugal sebagai berikut:

$$F_c = m.\omega^2.r = \frac{m.v^2}{r}$$

Diketahui:

- Fc = gaya sentrifugal (N)
- m = massa (kg)
- v = kecepatan linear(m/s)
- r = jari jari (m)
- ω = kecepatan sudut (Rad/min)

2.2.2 Spin Casting

Spin casting atau yang dikenal sebagai *centrifugal rubber mold casting* (CRMC) yaitu proses penuangan logam yang memenuhi setiap detail bagian permukaan di lubang cetakan dengan cara menggunakan gaya sentrifugal sehingga menghasilkan produk yang diinginkan.

Ada beberapa faktor yang bisa mempengaruhi kualitas dari pada produk *spin casting* yaitu suhu cetakan, kecepatan, suhu bahan yang digunakan dan viskositas logam cair yang akan dicetak (Karpitschka dkk., 2015). Berikut contoh mesin *spin casting* bisa dapat dilihat pada gambar 2-1.



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

2.2.3 Vulkanisasi

Vulkanisasi yaitu proses pemasakan karet yang terjadi di tengah proses pembuatan cetakan yang memberikan sifat mekanik, seperti elastisitas dan kekuatan tarik (Mostoni dkk., 2019). Sebelum melakukan vulkanisasi, cetakan karet atau *silicone rubber mold* dibentuk terlebih dahulu sesuai bentuk dari pada model *master*. Berikut contoh mesin vulkanisir dapat dilihat pada gambar 2-2.



Gambar 2 - 3 Mesin Vulkanisir *P-400 Matic*

2.2.4 *Silicone Rubber Mold*

Cetakan karet atau *silicone rubber* digunakan sebagai cetakan, karena *silicone rubber* memiliki sifat bahan yang *fleksibel* sehingga mudah dibentuk di sekitar model *master* dan juga bisa diproduksi dengan cepat dan mudah. Selain itu, *silicone rubber mold* juga memiliki kelebihan dimana bisa membuat cetakan

atau produk yang sangat detil bentuknya serta memiliki sifat kimia, fisiologis yang stabil dan tahan dari korosi (Zheng dkk., 2016).



Gambar 2 - 4 *Silicone Rubber Mold*

2.2.5 *Zinc Alloy*

Zinc Alloy atau paduan seng ini memiliki sifat yang unggul dalam proses manufaktur seperti suhu leleh yang rendah sehingga menimbulkan konsumsi energi yang rendah dan memiliki sifat fluiditas yang tinggi, sehingga dapat mengisi rongga cetakan secara kompleks (Pola dkk., 2020).

Dalam penggunaan *zinc alloy* dalam *spin casting* ini memiliki paduan seng yang tahan terhadap korosi di berbagai kondisi dan cocok digunakan dalam proses produksi maupun pembuatan produk (Li dkk., 1995). Berikut contoh *zinc alloy* dapat dilihat pada gambar 2-4.



Gambar 2 - 5 *Zinc Alloy*

2.2.6 *Mesin 3D Print Resin*

Pembuatan *master* cetakan dengan metode *3D Print SLA* (*stereolithography*) ini memiliki keuntungan seperti memiliki tingkat ketelitian yang tinggi dan permukaan yang halus (Cahyandari, 2016). *Stereolithography* merupakan teknologi mencetak 3D dengan pola cetak layer demi layer menggunakan cahaya polimerisasi foto dimana cahaya menyebabkan rantai molekul dan akan membentuk polimer dalam membuat model dan *prototype*

(Rusianto & Huda, 2019). Berikut contoh mesin *3d print resin* dapat dilihat pada gambar 2-5



Gambar 2 - 6 Mesin *3D Print Resin*

2.2.7 Mesin *Laser Cutting*

Laser cutting bekerja dengan mengarahkan *output* dari daya *laser* yang tinggi, pada material yang akan dipotong (Chen dkk., 2011). Kemudian material yang sudah di *laser* akan meleleh, terbakar, menguap oleh gas sehingga menyebabkan material terpotong. *Laser cutting* ini memiliki keunggulan salah satunya pemotongan dapat diperintah dari komputer sesuai desain yang kita inginkan (Samarya dkk., 2013). Berikut contoh mesin *laser cutting* dapat dilihat pada gambar 2-6



Gambar 2 - 7 Mesin *Laser Cutting*

2.2.8 Mesin CNC

Proses pemesinan *CNC* dimulai dari mendesain *computer aided design* (CAD), kemudian dilanjutkan proses *computer aided manufacturing* (CAM) yaitu sebuah teknologi aplikasi dengan menggunakan perangkat lunak komputer & mesin untuk mengotomatisasi proses manufaktur (Prianto & Pramono, 2017). Berikut contoh mesin *cnc* dapat dilihat pada gambar 2-7



Gambar 2 - 8 Mesin CNC

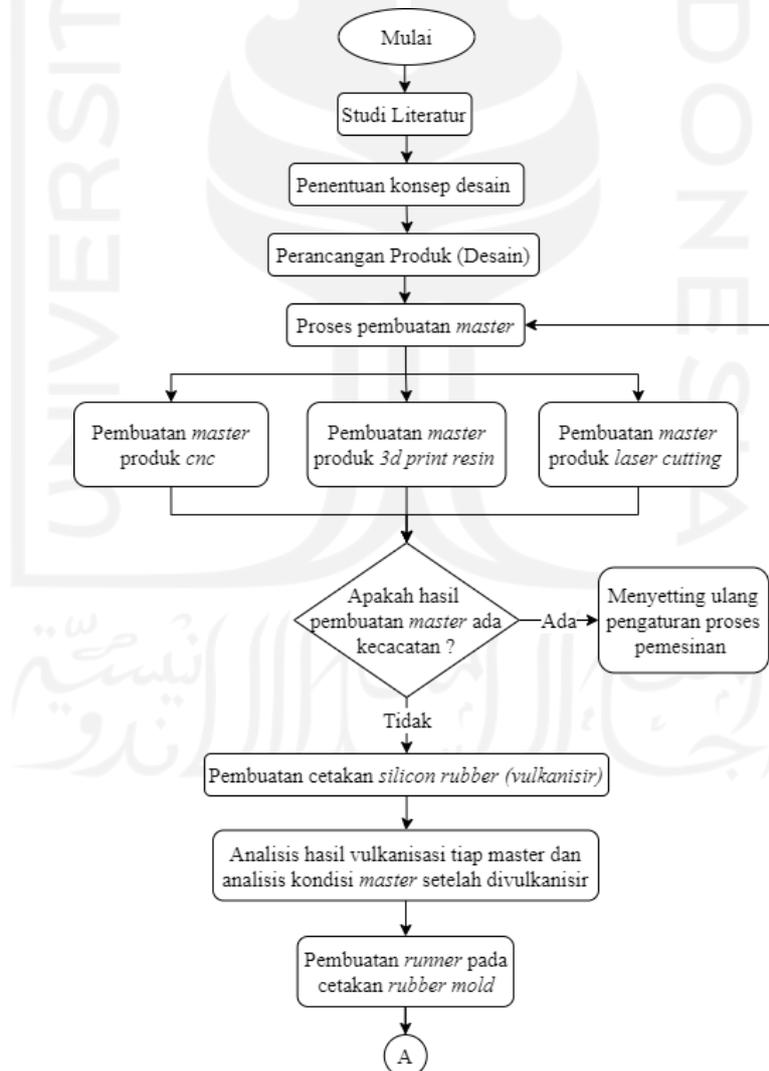
BAB 3

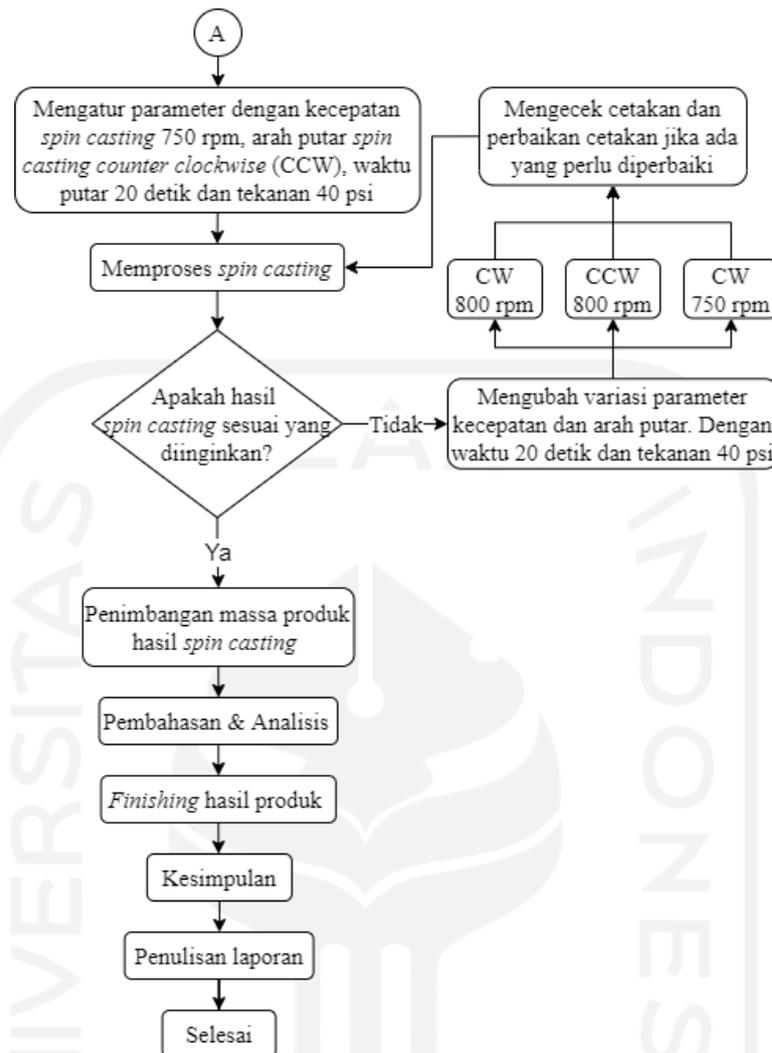
METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Penelitian dilakukan dengan cara eksperimen atau percobaan langsung, penelitian eksperimen adalah metode penelitian dengan menggunakan *treatment* khusus (Arifin & Eskani, 2019).

3.1 Alur Penelitian

Berikut adalah alur penelitian seperti pada gambar 3-1.





Gambar 3 - 1 Alur Penelitian

3.2 Parameter Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa parameter sebagai acuan untuk proses *spin casting*. Parameter yang digunakan yaitu ada parameter konstan dan parameter proses melakukan *spin casting* saat pengecoran.

3.2.1 Parameter Konstan

Penelitian ini memakai parameter konstan sebagai acuan. Parameter ini didapatkan dari penelitian terdahulu, dimana parameter yang terdahulu merupakan parameter yang terbaik. Parameter konstan yaitu parameter yang tidak divariasikan seperti tekanan, suhu vulkanisir, waktu vulkanisir dan sebagainya (Damayanti, 2017).

Tabel 3 - 1 Parameter Konstan

No	Variabel	Nilai	Satuan
1	Tekanan Vulkanisir	100	Psi
2	Suhu Vulkanisir	180	°C
3	Waktu Vulkanisir	3.600	s
4	Tekanan <i>Spin Casting</i>	40	Psi
5	Waktu Putar <i>Spin Casting</i>	20	s
6	Suhu Peleburan Logam	460-550	°C

3.2.2 Parameter Proses

Penelitian ini memakai juga parameter proses, dimana nilainya divariasikan seperti pada kecepatan dan arah putaran (Damayanti, 2017).

Tabel 3 - 2 Parameter Proses

No	Variabel	Nilai	Satuan
1	Arah Putaran	CW & CCW	-
2	Kecepatan	750 & 800	rpm

Pemilihan variasi yang dapat dilihat pada tabel 3-2 ini berdasarkan dengan metode penelitian eksperimen, dengan metode ini yaitu penelitian yang dilakukan terhadap variabel-variabel yang datanya belum ada sehingga perlu dilakukan proses manipulasi melalui pemberian *treatment*/perlakuan tertentu terhadap subjek penelitian yang kemudian diamati/diukur dampaknya (data yang akan datang) (Jaedun, 2011).

3.3 Peralatan dan Bahan

3.3.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian yaitu dapat dilihat pada tabel 3-3.

Tabel 3 - 3 Peralatan

No	Peralatan	Keterangan	Gambar
1.	Mesin <i>Spin Casting</i>	Mesin <i>spin casting c-400 matic</i> digunakan untuk melakukan proses pengecoran produk.	
2.	Mesin Vulkanisir	Mesin vulkanisir <i>p-400 matic</i> digunakan untuk membuat cetakan karet sesuai <i>master</i> yang sudah dicetak.	
3.	Mesin Pelebur Material	Mesin <i>f-120 matic</i> yang digunakan untuk melebur material/logam seperti material <i>zinc alloy</i> .	
4.	Mesin <i>3D Print Resin</i>	Mesin <i>3d print resin</i> dengan jenis <i>3d print stereolithography (SLA)</i> digunakan untuk pembuatan <i>master</i> cetakan sebagai cetakan <i>silicon rubber</i> .	

5.	Mesin <i>Laser Cutting</i>	<i>Laser cutting GWEIKE</i> digunakan untuk pembuatan produk <i>master</i> cetakan sebagai cetakan <i>silicon rubber</i> .	
6.	Mesin CNC	Mesin <i>Cedu CNC Jewelry</i> digunakan untuk pembuatan produk <i>master</i> cetakan sebagai cetakan <i>silicon rubber</i> .	

4. Penelitian ini menggunakan beberapa software, dapat dilihat pada tabel 3-

Tabel 3 - 4 Software

No	<i>Software</i>	Keterangan
1.	<i>Solidwork</i>	Digunakan untuk proses perancangan <i>master</i> produk <i>souvenir</i> yang di buat cetakannya.
2.	<i>ArtCAM 2011</i>	Digunakan untuk pembuatan <i>G_CODE</i> , <i>G_CODE</i> digunakan untuk proses pemesinan mesin <i>CNC</i> .
3.	<i>Photon Worksho</i>	Digunakan untuk pembuatan <i>sliced file</i> , <i>sliced file</i> digunakan untuk proses pemesinan <i>3D Print Resin</i> .
4.	<i>Laser 5.1</i>	Digunakan untuk proses pemesinan <i>laser cutting</i> , dengan <i>file</i> yang digunakan yaitu <i>dxf</i> .
5.	<i>CorelDRAW 2019</i>	Digunakan untuk mendesain <i>file dxf</i> , pada saat <i>laser cutting</i> .

3.3.2 Bahan

Penelitian ini menggunakan beberapa bahan yang digunakan, dapat dilihat pada tabel 3-5

Tabel 3 - 5 Bahan

No	Bahan	Gambar
1.	<i>Resin</i>	
2.	<i>Akrilik</i>	
3.	<i>Zinc Alloy</i>	
4.	<i>Silicon Rubber</i>	

3.4 Penentuan Produk *Spin Casting* dan Variasi Proses *Spin Casting*

3.4.1 Penentuan Kriteria Produk Hasil *Spin Casting*

Penentuan produk *spin casting*, harus memiliki unsur kriteria yaitu bentuk visual dan massa produk. Berikut produk yang di inginkan sebagai berikut:

1. Bentuk Visual

Bentuk visual produk sangat mempengaruhi dari keindahan produk hasil *spin casting*, seperti bentuk produknya terlihat lebih detil. Hasil *spin casting* terlihat baik dengan logam cair yang terisi penuh tanpa ada rongga dengan bentuk visual hasil *spin casting* yang sama dengan *master* cetakan.

2. Massa Produk *Spin Casting*

Massa produk sangat berpengaruh pada bentuk visual, jika massanya berat, maka logam cair terisi secara penuh pada cetakan.

3.4.2 Variasi Parameter *Spin Casting*

1. Kecepatan Putar *Spin Casting*

Kecepatan Putar *spin casting* ini bisa mempengaruhi kualitas hasil *spin casting*. Hal itu karena makin tinggi kecepatan *spin casting* maka tingkat persentase keterisian logam ke dalam cetakan makin tinggi (Hanafi, 2021).

2. Arah Putar *Spin Casting*

Arah putar *spin casting* bisa mempengaruhi kualitas *spin casting* pada arah *clockwise* dan *counter clockwise*. Hal itu karena *silicone rubber mold* memiliki *runner* untuk aliran logam masuk ke dalam cetakan, seperti bentuk *runner* yang lurus, bentuk *runner* yang melengkung dan bentuk *runner* yang miring, setiap bentuk *runner* pada *silicon rubber mold* mempengaruhi produk hasil *spin casting*.

3.5 Konsep Desain

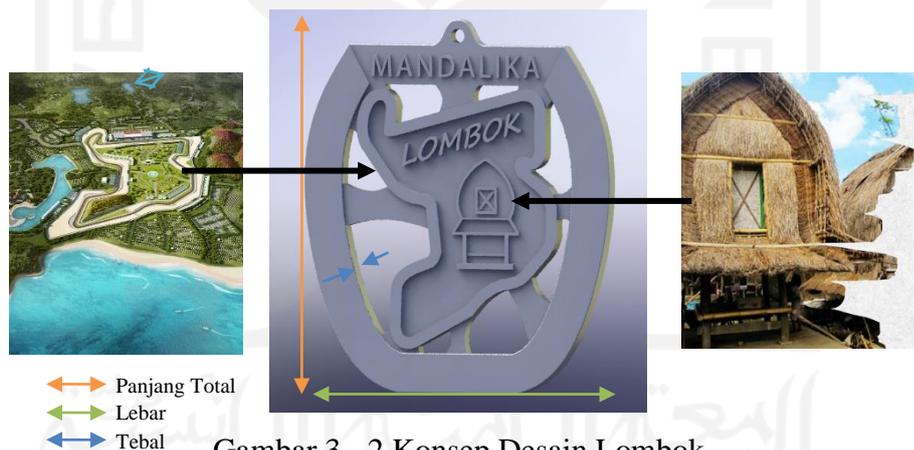
Objek yang digunakan dalam penelitian ini ada 2 model yang dipakai. Model pertama ada *icon* wisata Lombok seperti sirkuit Mandalika dan Rumah

Adat Suku Sasak yang dijadikan menjadi satu konsep dalam desain. Model kedua yaitu klub Manchester City dengan 2 variasi logo yaitu logo klub Manchester City dan logo Komunitas Suporter Manchester City Indonesia yang dijadikan menjadi satu konsep desain. Kedua objek penelitian ini yang akan digunakan dalam proses pembuatan produk *spin casting*.

Konsep desain dalam penelitian ini yaitu pembuatan desain souvenir Lombok dan Manchester City. Dimana konsep desain *souvenir* ini harus memiliki unsur yang berkaitan dengan ciri khas dari kedua *souvenir* tersebut. Seperti pada kedua konsep desain *souvenir* di antaranya:

3.5.1 Model Lombok

Ide dari konsep desain *souvenir* lombok yaitu terinspirasi dari tempat *icon* wisata yang terkenal di Lombok yaitu Mandalika dan Rumah Adat Suku Sasak. Dilihat pada gambar 3-2, yaitu bentuk desain *final souvenir* Lombok yang memiliki detil hanya satu sisi saja.



Gambar 3 - 2 Konsep Desain Lombok

Desain yang sudah dibuat yang memiliki ukuran pada desain, berikut dimensi desain lombok:

- Panjang Total : 65 mm
- Lebar : 56 mm
- Tebal : 3 mm

Massa pada desain dengan menggunakan material *zinc alloy*, dilihat pada gambar 3-3 massanya 44.22 gram.



Gambar 3 - 3 Massa Lombok Solidwork

3.5.2 Model Manchester City

Ide dari konsep desain *souvenir* Manchester City biasa disingkat Man City, terdiri dari 2 logo yaitu logo Klub Man City itu sendiri dan logo Suporter Klub Man City di Indonesia. Desain *final* memiliki detil 2 sisi. Dilihat pada gambar 3-4 yaitu bentuk desain *final* yang memiliki 2 sisi detilnya.



Gambar 3 - 4 Konsep Desain Man City

Desain yang sudah dibuat yang memiliki ukuran pada desain, berikut dimensi desain Man City:

- Panjang Total : 54 mm
- Diameter : 50 mm
- Tebal : 4 mm

Massa pada desain dengan menggunakan material *zinc alloy*, dilihat pada gambar 3-5 massanya 42.54 gram.



Gambar 3 - 5 Massa Man City Solidwork

3.6 Proses Pembuatan *Master* Cetakan

Proses pembuatan *master* cetakan *souvenir* Lombok dan Man City ini menggunakan 3 proses pemesinan, yaitu dengan mesin *cnc*, *laser cutting* dan *3d print resin*.

3.6.1 *Master* Cetakan *3D Print Resin*

Pembuatan *master* cetakan yang menggunakan mesin *3d print resin* yaitu *souvenir* Lombok dan Man City, dengan memakai bahan *resin*. Berikut langkah-langkah pembuatan *master* kedua *souvenir* tersebut.

1. Menyiapkan desain dengan format (.stl)
2. Memindahkan file (.stl) ke *software photon workshop*
3. Memyesuaikan pengaturan *software photon workshop* seperti pengaturan *support*, posisi desain pada *bad 3d print resin* dll.
4. Menyimpan *file* yang sudah pengaturan dengan *format* (sliced file)
5. Memindahkan *file* (sliced file) ke flashdisk untuk di *print* kan
6. Proses pencetakan *master* siap dilakukan
7. Membersihkan *master* dengan alkohol dan dikeringkan.
8. Melakukan *finishing* seperti melepaskan *support* dari *master* dan pembersihan bagian sisi *master*

3.6.2 *Master* Cetakan *CNC*

Pembuatan *master* cetakan yang menggunakan mesin *cnc* yaitu hanya *souvenir* Lombok dengan memakai bahan akrilik. Berikut langkah-langkah pembuatan *master* Lombok.

1. Menyiapkan desain dengan *format* (.stl)
2. Memindahkan *file* ke *software ArtCAM 2011* untuk pembuatan *G_CODE*

3. Mengatur posisi titik nol dari desain, pemilihan mata pahat untuk *roughing* dan *finishing* serta pemilihan strategi pemesinan.
4. Mensimulasikan *roughing* dan *finishing*
5. Menyimpan *file* dengan format (G_CODE), lalu memindahkan ke *flashdisk* untuk di proses ke mesin *cnc*
6. Menyalakan mesin *cnc* seperti menyalakan komputer dan mesin *cnc*
7. Memasang mata pahat ke mesin *cnc* dan memasang bahan akrilik ke *bed cnc* untuk dikencangkan dengan ragum.
8. Mencari titik nol dari pada akrilik
9. Proses pemesinan siap dilakukan
10. Setelah selesai, melakukan *finishing* seperti pembersihan *support* dll.

3.6.3 Master Cetakan Laser Cutting

Pembuatan *master* cetakan yang menggunakan mesin *laser cutting* yaitu hanya *souvenir* Man City dengan memakai bahan akrilik. Berikut langkah-langkah pembuatan *master* lombok.

1. Membuat *file* (dxf) desain dari *solidwork*, lalu mengedit *file* (dxf) dengan *software coreldraw* untuk memperbaiki desain 2D yang sudah di *export* dari *solidwork*.
2. Setelah selesai di edit dari *coreldraw*, menyimpan dengan *file* yang sama yaitu *file* (dxf)
3. memindahkan *file* (dxf) ke *flashdisk* untuk di proses ke mesin *laser cutting*
4. Melakukan proses *laser cutting* seperti pemotongan dan *engrave*
5. Setelah di laser ke dua *part*, lalu menempelkan kedua *part* menjadi 2 sisi dengan menggunakan lem
6. Melakukan finishing seperti pembersihan lem di pinggir-pinggir *master*

3.7 Proses Vulkanisir Silicon Rubber

Vulkanisir dilakukan untuk membuat cetakan pada *silicon rubber* dengan mesin vulkanisir *P-400 matic*. Berikut langkah-langkahnya:

1. Menyiapkan *master* cetakan sebagai cetakan

2. Melapisi *master* cetakan yang dicetak dengan *3D Print Resin* dengan resin, supaya tahan terhadap panas dan tekanan ketika divulkanisir
3. Menata *master* pada *silicon rubber mold*
4. Membuat coakan pada cetakan *silicon mold rubber* sesuai pola *master* cetakan, agar masternya tidak mudah bergeser.
5. Meletakkan *master* yang sudah di coak di cetakan, lalu memberi bedak pada cetakan *silicon rubber*, supaya mudah dilepas dari *metal mushroom*.
6. Meletakkan *metal mushroom* pada tengah *rubber*
7. Meletakkan *silicon rubber* atas ke *moulding frame*, lalu tekan sampai padat dan sayat bagian yang menonjol sampai rata
8. Menutup dan mengunci *moulding frame*
9. Memasukkan pada mesin vulkanisir *P-400 matic*
10. Setelah selesai, melakukan *finishing* pada *silicon rubber*
11. Lalu pembuatan *runner* pada *silicone rubber mold*

3.8 Proses Pengecoran Produk

Pengecoran produk dengan menggunakan mesin *C-400 matic* materialnya yaitu *zinc alloy* sebagai bahan coran. Berikut langkah-langkahnya:

1. Peleburan *zinc alloy* di mesin *F-120 matic*
2. Melakukan pengaturan pada mesin *C-400 matic* dengan parameter yang sudah ditentukan
3. Menuangkan logam cair kedalam mesin *C-400 matic*, penuangan dilakukan saat mesin *spin casting* dalam keadaan berputar
4. Setelah mesin *spin casting C-400 matic* berputar, lalu angkat cetakan *silicon mold rubber* keluar mesin.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

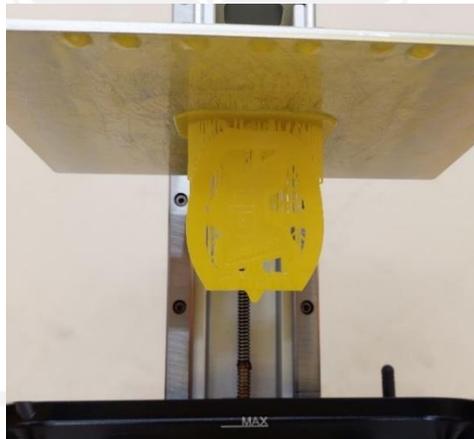
4.1 Proses Pembuatan *Master Cetakan*

3D Print Resin digunakan untuk mencetak *master cetakan* Lombok dan Man City, *CNC* digunakan untuk mencetak *master cetakan* Lombok dan *Laser Cutting* digunakan untuk mencetak *master cetakan* Man City.

4.1.1 *Master Cetakan 3D Print Resin*

Proses Pemesinan *3d print resin* mencetak *master cetakan* Lombok dan Man City.

1. *Master Cetakan Lombok*



Gambar 4 - 1 Proses Pencetakan *Master Cetakan* Lombok

Master cetakan Lombok yang menggunakan *3d print resin* memiliki detail yang sesuai pada desain di *solidwork*. Dengan posisi *print* yaitu tegak lurus atau 90^0 dan memiliki beberapa *support* dapat dilihat pada gambar 4-1. Proses pemesinan *3d print resin* menggunakan material *resin*. Adapun hasil *3d print resin* dapat dilihat gambar 4-2



Gambar 4 - 2 *Master Cetakan Lombok*

Dilihat pada gambar 4-2 hasil *3d print resin* bahwa hasilnya terlihat detil dan halus. Sedikit *finishing* pada bagian *support* di *master* cetakan.

2. *Master Cetakan Man City*



Gambar 4 - 3 Proses Pencetakan *Master Cetakan Man City*

Master cetakan Man City yang menggunakan *3d print resin* memiliki detil yang sesuai pada desain di solidwork dengan memiliki detil pada 2 sisi. Dengan posisi *print* sama dengan *master* cetakan Lombok yaitu tegak lurus atau 90^0 dan memiliki beberapa *support* dapat dilihat pada gambar 4-3. Proses pemesinan *3d print resin* menggunakan material *resin*. Adapun hasil *3d print resin* dapat dilihat pada gambar 4-4.



Gambar 4 - 4 *Master* Cetakan Man City

Dilihat pada gambar 4-4 hasil *3d print* resin bahwa hasilnya terlihat detail dan halus. Sedikit *finishing* pada bagian yang terkena *support* di *master* cetakan.

4.1.2 *Master* Cetakan CNC

Proses Pemesinan CNC hanya mencetak *master* cetakan Lombok.



Gambar 4 - 5 Proses Pencetakan *Master* Cetakan Lombok

CNC digunakan untuk pembuatan *master* cetakan Lombok menggunakan bahan akrilik dengan tebal 3 mm. Pada saat proses pemesinan dibuat *support* di solidwork bentuk *support* seperti pada gambar 4-5 ada 5 *support* yang dibuat sebagai pegangan *master* cetakan saat proses pemakanan. Sebelum melakukan pemesinan *cnc* yaitu membuat *G_CODE* dengan *software* ArtCAM sebagai program di *cnc*. Proses pemesinan ini memiliki detail sesuai pada desain solidwork, tetapi ada kemiringan atau kontur pada pemakanan akrilik karena memakai mata pahat *Conical 0.25 Flat – 15 degrees*. Hal itu karena mata pahat

tersebut tidak bisa pemakanan tegak lurus. Adapun hasil *3d print resin* dapat dilihat pada gambar 4-6.



Gambar 4 - 6 *Master Cetakan Lombok*

Dilihat pada gambar 4-6 hasil *cnc* bahwa hasilnya terlihat detil dan halus. Dengan sedikit pemotongan *support* pada bagian *master* cetakan dan sedikit *finishing* pada bagian pinggir *master* cetakan.

4.1.3 *Master Cetakan Laser Cutting*

Proses Pemesinan Laser Cutting hanya mencetak *master* cetakan Man City.



Gambar 4 - 7 Proses Pencetakan *Master Cetakan Man City*

Laser cutting yang digunakan untuk membuat *master* cetakan Man City memakai material akrilik dengan tebal 2 mm. Proses pembuatan *master* cetakan memiliki detail pada 2 sisi yaitu depan dan belakang. Tetapi pada proses pemesinan *laser cutting* hanya bisa 1 sisi saja, tidak bisa bolak dalam 1 material. Jadi pada proses pemesinan *laser cutting* mencetak satu-satu yaitu material pertama untuk sisi depan dan material kedua sisi belakang. Setelah semuanya dicetak kedua sisi, maka dilakukan proses penggabungan dengan menggunakan lem, sehingga *master* cetakan menjadi satu bagian setelah dilem/digabung serta tebalnya menjadi 4 mm. Pemesinan *laser cutting* hasil pemakanannya yaitu tegak lurus atau 90° . Adapun hasil *laser cutting* dapat dilihat pada gambar 4-8.



Gambar 4 - 8 *Master* Cetakan Man City

Dilihat pada gambar 4-8 hasil *laser cutting*. Hasil *master* cetakan menggunakan *laser cutting*, pada bagian yang di *engrave* terdapat garis-garis dan kasar. Namun memiliki detail yang sama pada desain solidwork hanya saja detail yang kecil tidak begitu terlihat seperti pada desain.

4.2 Vulkanisasi

4.2.1 Pengolesan Resin ke Master Cetakan 3D Print Resin



Gambar 4 - 9 Pengolesan *Master Cetakan* dengan *Resin*

Kelemahan pada *master cetakan* dari *3d print resin* yaitu melakukan pengolesan ulang *resin* pada *master cetakan* agar tahan ketika dimasukkan ke mesin vulkanisasi seperti pada gambar 4-9 (Hasana, 2021). Sedangkan dengan proses pemesinan *laser cutting* dan *cnc* yaitu tidak perlu lagi menambah atau mengoles apapun ke *master cetakan*, karena menggunakan material akrilik dimana lebih tahan terhadap panas dan tekanan ketika divulkanisasi.

4.2.2 Kondisi *Master Cetakan* Setelah Divulkanisasi

Beberapa kondisi *master cetakan* yang menggunakan proses pemesinan *3d print resin*, *cnc* dan *laser cutting* sebagai berikut:

1. *Master Cetakan (3D Print Resin)*

Kondisi *master cetakan* Lombok dan Man City yang menggunakan proses pemesinan *3d print resin* yaitu terdapat pecah-pecah dan retak.

Dapat dilihat pada gambar 4-10 yaitu *master cetakan* Lombok, bentuk dari pada *master cetakan* setelah divulkanisir terlihat ada bagian yang patah dan pecah, hal itu karena ada jarak antar bentuk desainnya seperti pada garis putih pada gambar 4-10. Walaupun sudah dioleskan lagi *resin* ke *master cetakan*, tetapi tetap tidak tahan divulkanisir. Dilihat dari bentuk *master cetakan*, setelah divulkanisir tidak ada yang meleot atau melengkung pada *master cetakan*.



Gambar 4 - 10 Kondisi *Master* Cetakan Lombok

Master cetakan Man City seperti pada gambar 4-11, dimana bentuk dari pada *master* cetakan setelah divulkanisir terlihat ada bagian retak-retak dan juga ada bagian yang terkelupas dari *master*, yang menyebabkan dari *master* cetakan Man City tidak pecah dan patah itu karena bentuk desain yang *solid* dan tidak ada jarak antar desain. Walaupun sudah dioleskan lagi *resin* ke *master*, tapi tetap tidak tahan terhadap panas dan tekanan ketika divulkanisir. Dilihat dari bentuk *master*, setelah divulkanisir tidak terjadinya meleot atau melengkung pada *master*, hal itu karena *master* cetakan tidak tipis.



Gambar 4 - 11 Kondisi *Master* Cetakan Man City

2. *Master* Cetakan (CNC)

Proses pemesinan *cnc* untuk mencetak *master* cetakan Lombok, setelah divulkanisir *master* cetakan kondisinya masih utuh tanpa adanya perubahan

bentuk, bentuknya sama seperti sebelum divulkanisir. Hal itu karena pada pemesinan *cnc* menggunakan bahan akrilik, jadi bahan akrilik tahan dari proses vulkanisasi dapat dilihat pada gambar 4-12 kondisi *master* cetakan setelah divulkanisir.



Gambar 4 - 12 Kondisi *Master* Cetakan Lombok

3. *Master* Cetakan (*Laser Cutting*)

Proses pemesinan *laser cutting* untuk membuat *master* cetakan Man City, setelah divulkanisasi terlihat *master* cetakan 2 sisi yang ditempelkan menggunakan lem terlepas setelah divulkanisir. Terjadi lem mencair karena tidak tahan terhadap suhu panas dan tekanan saat proses vulkanisir, sehingga *master* cetakan terlepas menjadi 2 bagian, yang sebelumnya bergabung 1 bagian. Dapat dilihat pada gambar 4-13 bentuk *master* cetakan yang kekuningan, itu dikarenakan bekas lem yang mencair. Tetapi tidak merubah bentuk kedua sisi *master* cetakan walaupun hanya terlepas, bentuknya *master* cetakan masih sama sebelum divulkanisir, karena memakai bahan akrilik yang tahan terhadap suhu panas dan tekanan saat proses vulkanisir.



Gambar 4 - 13 Kondisi *Master* Cetakan Man City

4.2.3 Pembentukan *Runner* pada *Silicone Rubber Mold*

Pembuatan *runner* pada *silicone rubber mold* ini berfungsi sebagai aliran cairan logam ke arah cetaknya. Bentuk *runner* yang persentase keberhasilannya lebih tinggi yaitu memakai bentuk *runner* yang lurus (Arifin & Eskani, 2019). Dapat dilihat pada gambar 4-14 ini yaitu menggunakan *runner* lurus.



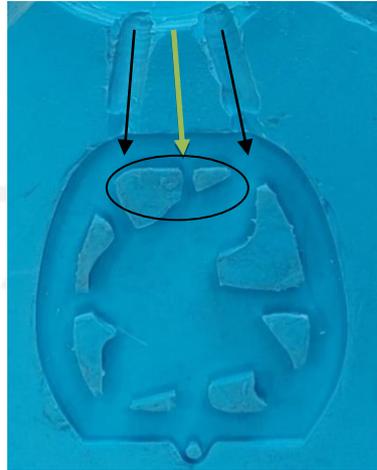
Gambar 4 - 14 Cetakan pada *Silicon Rubber*

Cetakan Lombok dan Man City di *silicon rubber mold* memiliki jumlah *runner* yang berbeda yaitu:

1. **Cetakan *Silicon Rubber* Lombok**

Cetakan model Lombok memiliki 2 *runner*, karena pada bentuk desain Lombok pada cetakan memiliki bentuk yang berjarak dan juga ada batasan tiap desain dapat dilihat pada gambar 4-15 garis hitam sebagai hambatan logam cair masuk cetakan. Memiliki 2 *runner* keterisian cairan logam akan memenuhi cetakan, dengan melalui 2 alur cairan. Jika memiliki 1 aliran saja seperti pada

garis hijau, akan memungkinkan keterisiannya hanya bagian tengah, sehingga pada bagian pinggir kanan kiri tidak terisi secara merata.



Gambar 4 - 15 Arah *Runner* Cetakan Lombok

2. Cetakan *Silicon Rubber Man City*

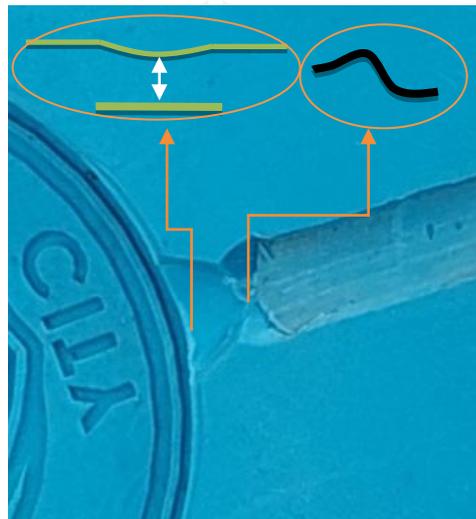
Cetakan model Man City hanya memiliki 1 *runner*, karena bentuk desain dari pada cetakan *silicone rubber* berbentuk *solid* atau tidak ada hambatan cairan logam memasuki cetakan, sehingga cairan logam leluasa mengisi cetakan secara merata dapat dilihat pada gambar 4-16.



Gambar 4 - 16 Cetakan pada *Silicon Rubber*

4.2.4 Bentuk *Gate* pada *Runner*

Gate pada *runner* berbentuk melancip dari arah cetakan, dapat dilihat pada gambar 4-17 garis hitam dimana, jika dilihat dari samping bentuk alirannya dari pusat penuangan cairan logam naik, terus sedikit turun sampai ke arah cetakan. Jika dilihat dari depannya cetakan pada garis hijau, bentuk alirannya tidak begitu dalam, bisa dilihat pada garis putih jarak kedalaman coakan ke permukaan bawah cetakan, hal ini karena untuk mempermudah melepaskan hasil cetakan dengan *runner*. Garis hitam dibikin naik ke atas supaya aliran dari pusat bisa deras masuk ke cetakan.

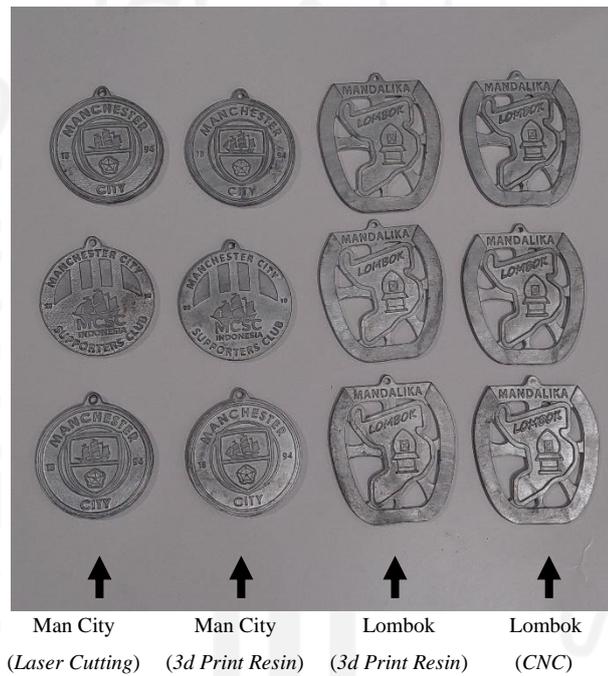


Gambar 4 - 17 Bentuk *Gate*

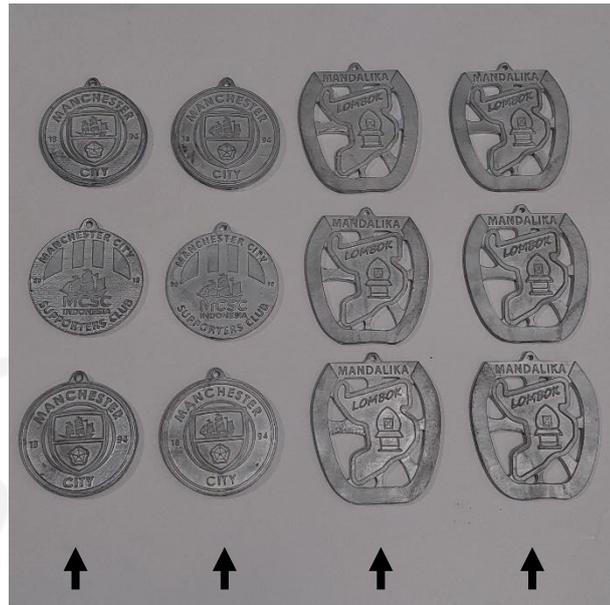
4.3 Spin Casting

4.3.1 Hasil Spin Casting

Berikut hasil *spin casting* dengan *master* cetakan yang dibuat dari *3d print resin, cnc*, dan *laser cutting*, dengan variasi kecepatan putar *spin casting* dan arah putar *spin casting*. Menggunakan waktu 20 s dan tekanan 40 psi yang dilakukan sebanyak 3 percobaan.



Gambar 4 - 18 Hasil *Spin Casting* (CCW, 750 rpm)



Man City Man City Lombok Lombok

(Laser Cutting) (3d Print Resin) (3d Print Resin) (CNC)

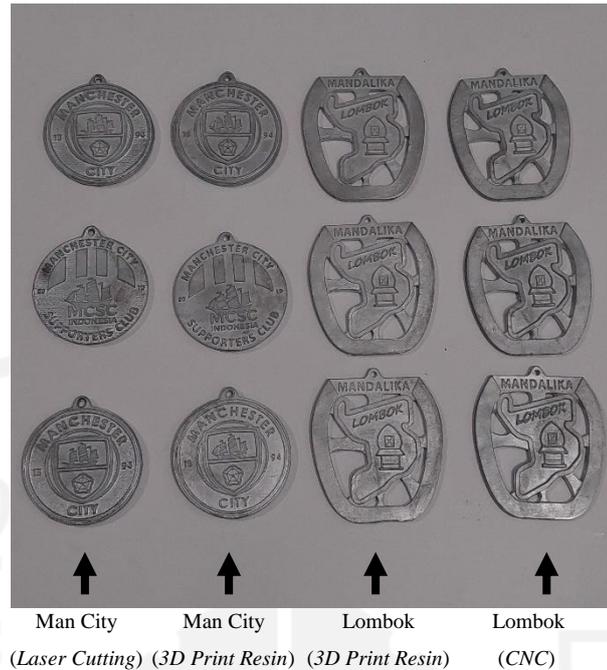
Gambar 4 - 19 Hasil *Spin Casting* (CW, 750 rpm)



Man City Man City Lombok Lombok

(Laser Cutting) (3D Print Resin) (3D Print Resin) (CNC)

Gambar 4 - 20 Hasil *Spin Casting* (CCW, 800 rpm)



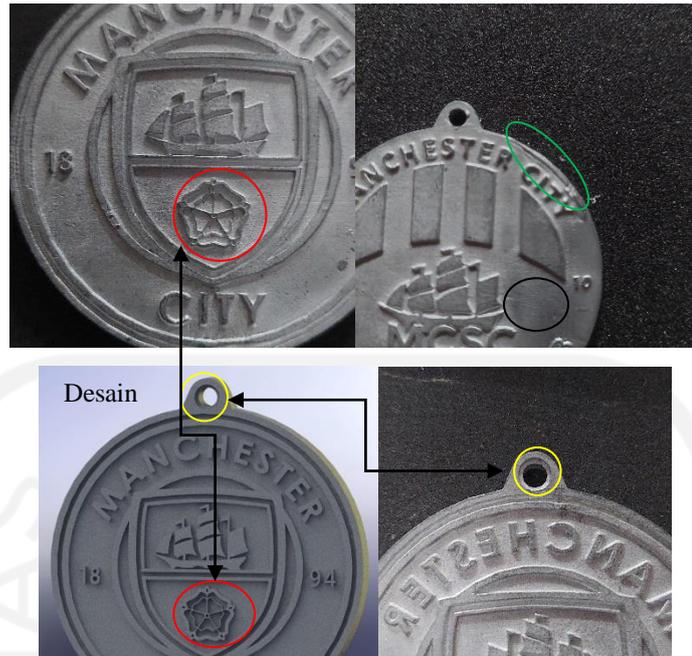
Gambar 4 - 21 Hasil *Spin Casting* (CW, 800 rpm)

4.3.2 Bentuk Karakteristik Produk Setelah *Spin Casting*

Subbab ini yaitu mengenai karakteristik produk setelah *spin casting* dengan menggunakan *master* cetakan *3d print resin*, *cnc* dan *laser cutting* sebagai berikut.

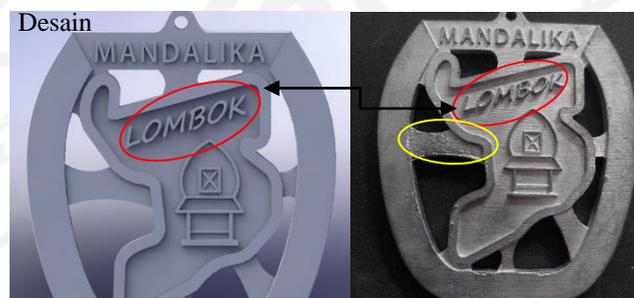
1. Produk *Spin Casting* dengan *Master* Cetakan (*3D Print Resin*)

Hasil *spin casting* dengan menggunakan *master 3d print resin*, dilihat pada gambar 4-22 hasil *spin casting* Man City terlihat salah satu bentuk produk *spin casting* seperti pada garis merah dan kuning detilnya sesuai dengan desain dan halus, akan tetapi dilihat pada garis hijau ada bagian yang tidak rata, hal tersebut disebabkan pada saat vulkanisir *master* cetakan tidak tahan terhadap suhu dan tekanan sehingga menyebabkan bagian hasil *spin casting* ada yang tidak rata.



Gambar 4 - 22 Karakter Produk *Spin Casting* Man City (*3D Print Resin*)

Dilihat pada gambar 4-23 hasil *spin casting* Lombok pada garis merah detilnya terlihat sama dengan desain. Jadi dengan menggunakan *master* cetakan *3d print resin*, didapatkan hasil yang sama dengan desain dengan hasil detil dan halus, tetapi dapat dilihat garis kuning ada bagian yang tidak halus, hal tersebut disebabkan pada saat vulkanisir *master* cetakan tidak tahan terhadap suhu dan tekanan sehingga menyebabkan bagian hasil *spin casting* tidak halus.

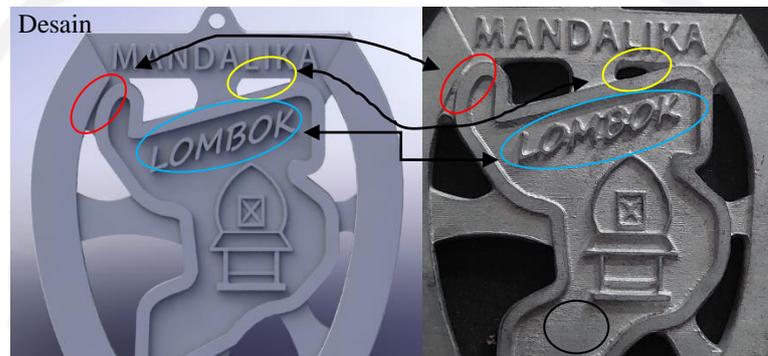


Gambar 4 - 23 Karakter Produk *Spin Casting* Lombok (*3D Print Resin*)

2. Produk *Spin Casting* dengan *Master* Cetakan (*CNC*)

Hasil Menggunakan *master* cetakan yang menggunakan pemesinan *cnc* dapat dilihat pada gambar 4-24 yaitu produk hasil *spin casting*, pada garis merah

bentuk tidak sama dengan desain, pada garis kuning bagian yang kontur dan pada bagian biru tulisan yang masih tersambung. Hal itu karena pada pembuatan *master* cetakan pemesinan *cnc* memakai mata pahat *conical flat* dimana mata pahatnya tidak bisa melakukan proses pemakanan 90^0 , sehingga sulit untuk melakukan pemakanan pada titik tersebut, akan tetapi permukaannya halus dan detil seperti pada desain hanya saja memiliki kontur.



Gambar 4 - 24 Karakter Produk *Spin Casting* Lombok (*CNC*)

3. Produk *Spin Casting* dengan *Master Cetakan (Laser Cutting)*

Produk hasil *spin casting* dari *master* cetakan yang menggunakan pemesinan *laser cutting* dapat dilihat pada gambar 4-25, dapat dilihat pada garis merah menunjukkan bagian yang tidak sama pada desain, hal ini disebabkan ketika pembuatan *master* dengan *laser cutting* dinilai terlalu rumit untuk membuat detil yang kecil, akan tetapi secara keseluruhan detilnya sama pada desain hanya saja kurang halus dan bergaris-garis seperti pada garis hitam.



Gambar 4 - 25 Karakter Produk *Spin Casting* Man City (*Laser Cutting*)

4.3.3 Hasil *Spin Casting* dengan 850 rpm

Saat proses *spin casting* dengan memakai parameter pada kecepatan 850 rpm, hasil *spin casting* logamnya meluber pada cetakan seperti di garis hitam pada gambar 4-26.



Gambar 4 - 26 Hasil *Spin Casting* dengan 850 rpm

4.4 Hasil Pengukuran Massa Produk *Spin Casting*

Beberapa hasil produk *spin casting* yang dilakukan 3 pengulangan dengan variasi kecepatan putar *spin casting* dan arah putar *spin casting* memiliki massa produk yang berbeda tiap variasi tersebut. Berikut produk hasil *spin casting* Lombok (*cnc*), Lombok (*3d print resin*), Man City (*3d print resin*) dan Man City (*laser cutting*) dengan massa yang berbeda.

Tabel 4 - 1 Massa Produk *Spin Casting* Lombok (CNC)

Parameter	Percobaan 1 (gram)	Percobaan 2 (gram)	Percobaan 3 (gram)	Rata-rata (gram)
CCW, 750 rpm	34.98	33.78	34.26	34.34
CW, 750 rpm	36.02	35.68	35.26	35.65
CCW, 800 rpm	36.14	38.24	38.06	37.48
CW, 800 rpm	38.68	41.26	40.24	40.06

Tabel 4 - 2 Massa Produk *Spin Casting* Lombok (*3D Print Resin*)

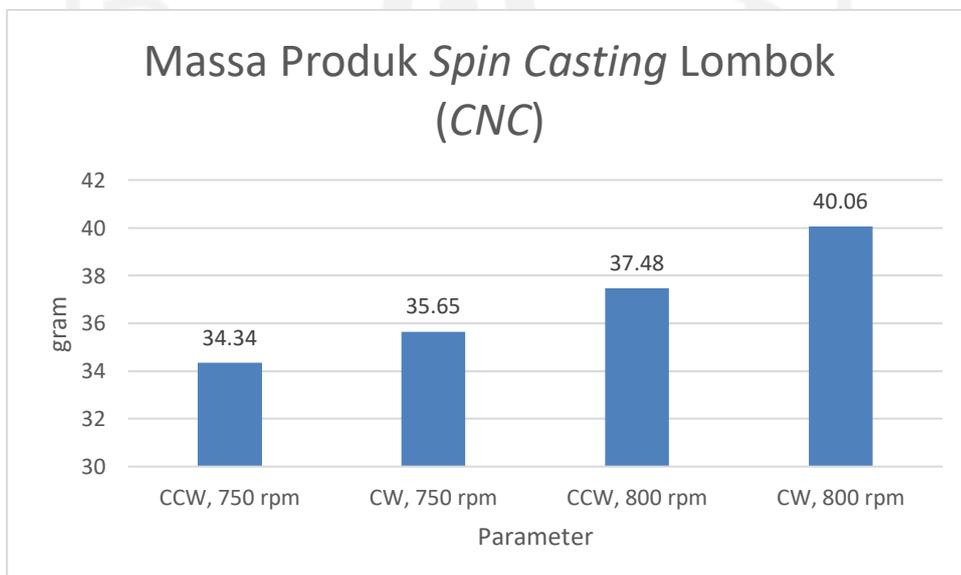
Parameter	Percobaan 1 (gram)	Percobaan 2 (gram)	Percobaan 3 (gram)	Rata-rata (gram)
CCW, 750 rpm	38.12	38.84	38.52	38.49
CW, 750 rpm	39.32	39.34	40.32	39.66
CCW, 800 rpm	41.68	40.52	42.1	41.43
CW, 800 rpm	42.18	42.11	42.52	42.27

Tabel 4 - 3 Massa Produk *Spin Casting* Man City (*3D Print Resin*)

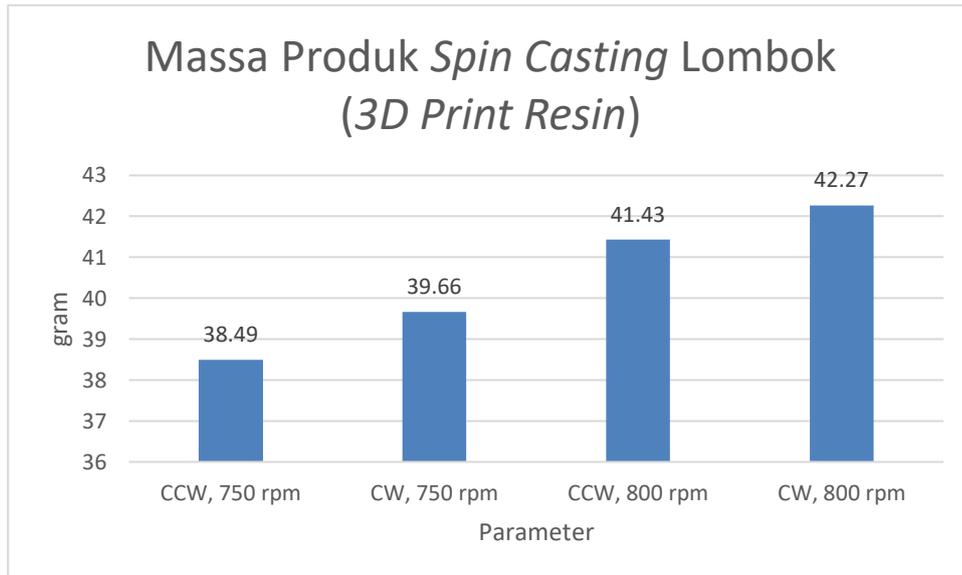
Parameter	Percobaan 1 (gram)	Percobaan 2 (gram)	Percobaan 3 (gram)	Rata-rata (gram)
CCW, 750 rpm	37.24	32.76	36.78	35.59
CW, 750 rpm	38.48	38.12	37.48	38.03
CCW, 800 rpm	39.26	40.34	39.96	39.85
CW, 800 rpm	40.1	41.02	39.98	40.37

Tabel 4 - 4 Massa Produk *Spin Casting* Man City (*Laser Cutting*)

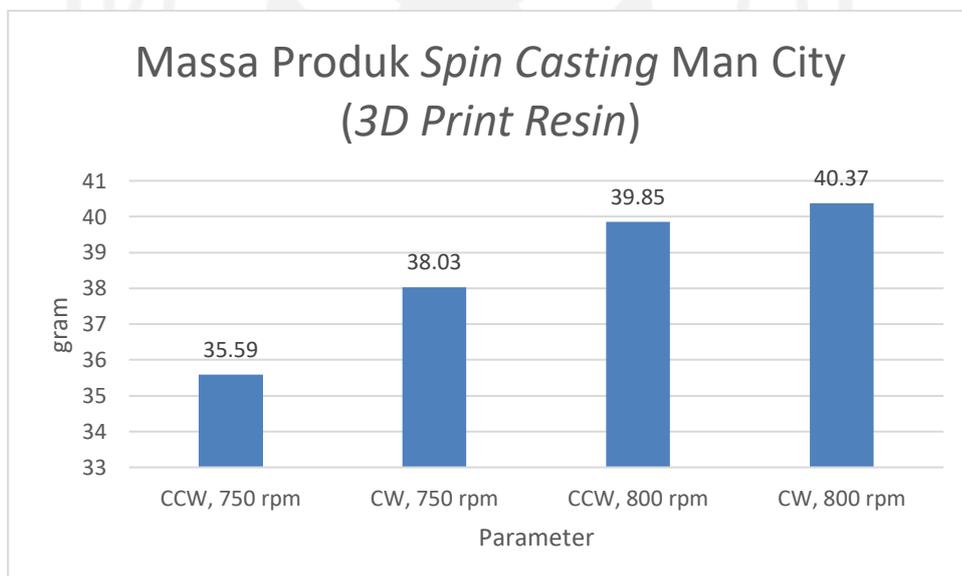
Parameter	Percobaan 1 (gram)	Percobaan 2 (gram)	Percobaan 3 (gram)	Rata-rata (gram)
CCW, 750 rpm	34.38	33.54	33.88	33.93
CW, 750 rpm	33.06	34.28	33.46	33.6
CCW, 800 rpm	37.98	36	37.43	37.13
CW, 800 rpm	36.31	36.24	37.09	36.54



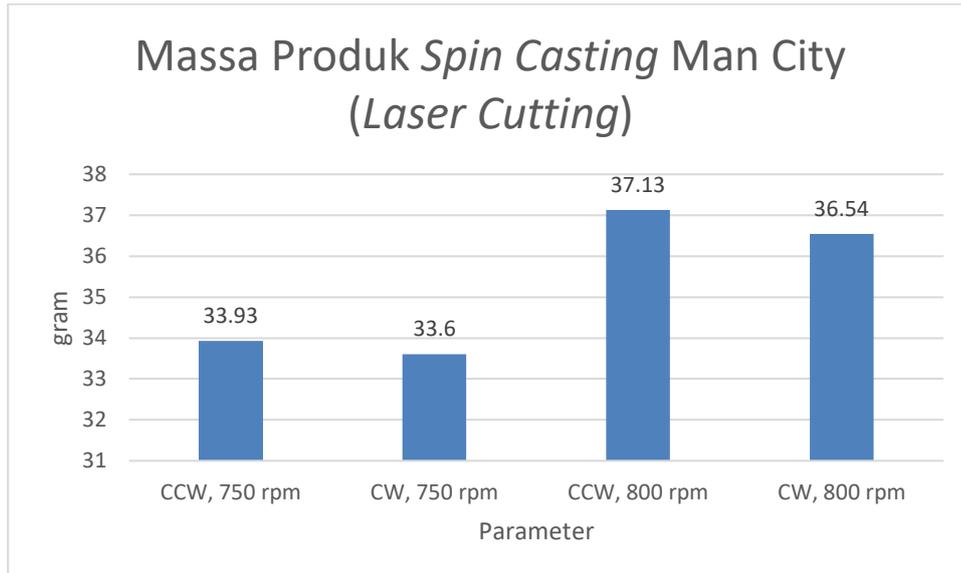
Gambar 4 - 27 Grafik Massa Produk *Spin Casting* Lombok (*CNC*)



Gambar 4 - 28 Grafik Massa Produk *Spin Casting* Lombok (3D Print resin)



Gambar 4 - 29 Grafik Massa Produk *Spin Casting* Man City (3D Print Resin)



Gambar 4 - 30 Grafik Massa Produk *Spin Casting* Man City (*Laser Cutting*)

Dilihat pada gambar 4-27, gambar 4-28, gambar 4-29 dan gambar 4-30 bahwa semakin cepat rpmnya maka massa produk *spin casting* makin meningkat hal itu dikarenakan efek gaya sentrifugal tinggi yang membuat logam cair mengisi cetakan dengan baik. Tetapi jika rpmnya terlalu tinggi seperti dengan 850 rpm bisa menyebabkan terjadi logam cairnya meluber di cetakan yang menimbulkan kecacatan pada produk *spin casting*.

Arah putar *spin casting* juga mempengaruhi hasil *spin casting*, bisa terlihat pada grafik di atas bahwa pada arah putar *clockwise* (CW), massa produk *spin casting* cenderung meningkat.

Dilihat pada gambar 4-30 dimana arah putar *spin casting counter clockwise* (CCW) massanya lebih tinggi dari pada arah putar *spin casting clockwise* (CW), hal itu karena dipengaruhi oleh *runner* pada *silicon rubber mold* dengan tingkat kelurusan *runner* dan dimensi *runner* tiap cetakan tidak sama, karena pembuatan *runner* dibuat secara manual atau dengan tangan yang mengakibatkan tingkat presisi dimensi dan bentuk *runner* antar cetakan yang lain tidak terlalu presisi, sehingga keterisiannya berpengaruh pada kualitas produk *spin casting*.

4.4.1 Penentuan Parameter Terbaik

Penentuan parameter terbaik dilihat dari perhitungan massa produk *spin casting* dan massa pada desain *software solidwork* serta dilihat dari bentuk visual produk *spin casting*.

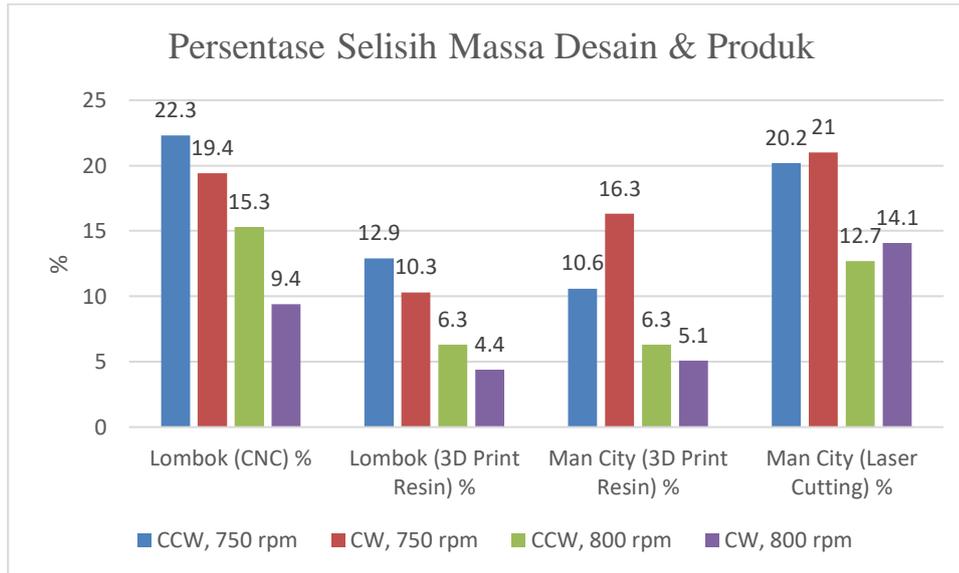
Penentuan parameter terbaik yang dilihat dari massa yaitu dengan melihat selisih massa desain *solidwork* dengan massa produk *spin casting*. Massa pada desain *solidwork* yang digunakan sebagai acuan pemilihan parameter terbaik dengan selisih massa produk *spin casting* dengan massa desain *solidwork* yang persentase deviasi paling kecil. Massa desain model Lombok yaitu 44.24 gram dan massa desain model Man City 42.54 gram yang digunakan sebagai *Original Size*, sedangkan massa produk *spin casting* sebagai *Cast Size*. Adapun rumus yang digunakan untuk mencari persentase deviasi yaitu:

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

(Barnard dkk., 2009)

Tabel 4 - 5 Persentase Deviasi

Parameter	Lombok (CNC) %	Lombok (3D Print Resin) %	Man City (3D Print Resin) %	Man City (Laser Cutting) %
CCW, 750 rpm	22.3	12.9	10.6	20.2
CW, 750 rpm	19.4	10.3	16.3	21
CCW, 800 rpm	15.3	6.3	6.3	12.7
CW, 800 rpm	9.4	4.4	5.1	14.1



Gambar 4 - 31 Grafik Persentase Deviasi

Dilihat pada gambar 4-31 parameter arah putar *spin casting clockwise* (CW) dan kecepatan putar *spin casting* 800 rpm yang persentase deviasi yang paling kecil. Massa produk *spin casting* dengan solidwork tidak sama karena setiap *master* cetakan yang digunakan memiliki proses pemesinan yang berbeda seperti dengan cara *3d print resin*, *cnc* dan *laser cutting* tentunya setiap proses pemesinan memiliki toleransi seperti dimensi hasil pencetakan *master* cetakan yang bisa mempengaruhi kualitas produk *spin casting* dan juga massa pada produk *spin casting*.

Massa pada *master* cetakan tidak digunakan sebagai acuan penentuan parameter terbaik karena material setiap *master* cetakan tidak memakai *zinc alloy* sedangkan produk *spin casting* menggunakan material tersebut, sehingga *master* cetakan tidak bisa dijadikan sebagai acuan, maka dari pada itu dipakai massa dari desain yang memakai material *zinc alloy*.

Dilihat pada gambar 4-14 pada garis hijau, bentuk *runner* terlihat miring jika dilihat lebih detil, tetapi kemiringan *runner* pada cetakan Man City (*laser cutting*) sangat signifikan yang mempengaruhi ke massa sampai ke kualitas produk *spin casting*.

Akan tetapi parameter terbaik tetap pada arah putar *spin casting clockwise* (CW) dan kecepatan putar *spin casting* 800 rpm karena selain pada model Man

City (*laser cutting*) arah putar *spin casting* yang terbaik pada arah *clockwise* (CW) rata-rata keterisian logamnya merata dan persentase deviasi kecil. Dicitak secara bersamaan dengan model lain, sehingga diambil rata-rata yang massanya besar karena ketiga model arah putar CW massanya besar.

Pada model Man City (*laser cutting*) selisih persentase tidak jauh berbeda dan bentuk visualnya sama-sama bagus pada kecepatan putar 800 rpm hanya beda di arah putar, kecuali pada kecepatan 750 rpm ada bagian yang cacat pada hasil *spin casting*.

4.4.2 Bentuk Produk dengan Massa Rendah

Produk *spin casting* dengan massa yang rendah seperti salah satu contoh produk dengan massa rendah yang mengakibatkan salah satu kecacatan dapat dilihat pada gambar 4-32 dimana terjadi kecacatan pada garis kuning, yang bagiannya tidak terisi logam cair hasil produk *spin casting*, yang terjadi kecacatan dengan massa rendah pada kecepatan putar *spin casting* 750 rpm. Dilihat pada gambar 4-33 dimana pada garis hijau bagian ujungnya ada bagian yang belum terisi secara sempurna, sehingga bentuk pada pinggirnya tidak bagus.



Gambar 4 - 32 Salah Satu Kecacatan dengan Massa Rendah

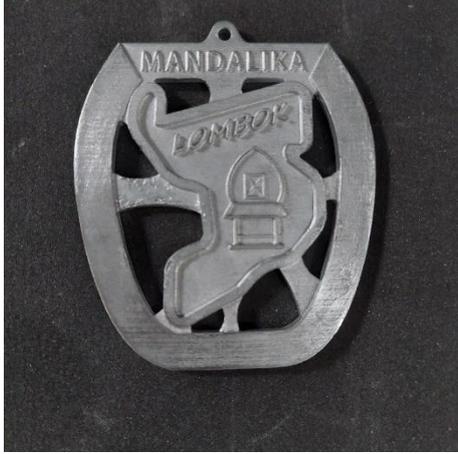


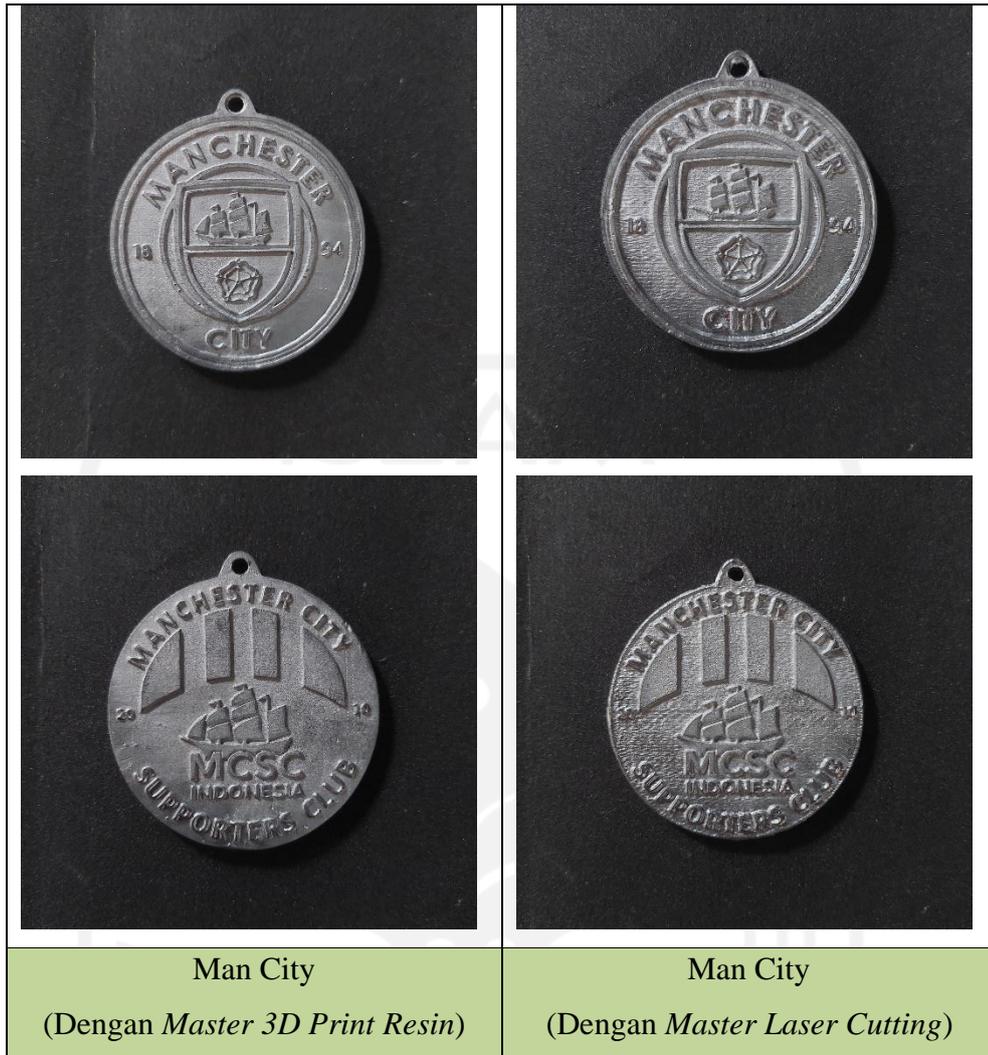
Gambar 4 - 33 Salah Satu Kecacatan dengan Massa Rendah

4.4.3 Hasil *Spin Casting* dengan Parameter Terbaik

Hasil *spin casting* dengan parameter yang terbaik yaitu parameter yang digunakan kecepatan putar *spin casting* 800 rpm dan arah putar *spin casting* *clockwise* (CW). Parameter ini hasil *spin casting* rata-rata bentuk visualnya bagus atau tingkat persentase keterisian logamnya merata. Berikut salah satu contoh produk dengan parameter yang terbaik setiap model yang digunakan Seperti pada tabel 4-6.

Tabel 4 - 6 Contoh Salah Satu Produk Parameter Terbaik

800 rpm & <i>clockwise</i> (CW)	
	
Lombok (Dengan <i>Master 3D Print Resin</i>)	Lombok (Dengan <i>Master CNC</i>)



4.4.4 *Review Hasil Spin Casting*

Review hasil *spin casting* ini memiliki beberapa faktor yang mempengaruhi dari bentuk produk hasil *spin casting*, seperti kualitas *silicon rubber mold*, kualitas *master*, parameter yang digunakan dan banyak faktor-faktor yang mempengaruhi dari hasil *spin casting*. Tabel 4-7 yaitu beberapa *review* hasil produk *spin casting*.

Tabel 4 - 7 Review Produk *Spin Casting*

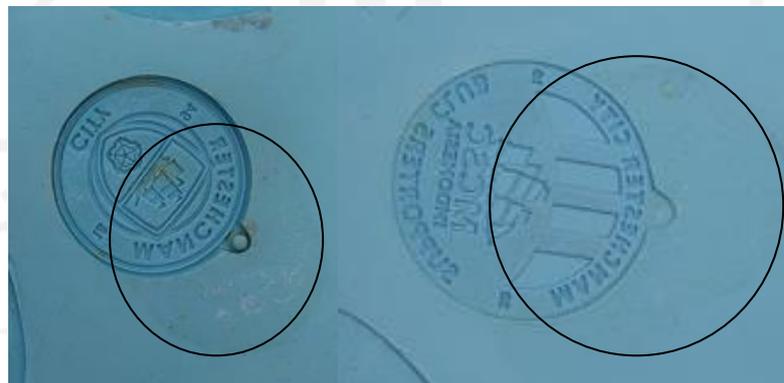
3D Print Resin	CNC	Laser Cutting
Bentuk visual detil halus	Bentuk visual detil halus	Bentuk visual detil kasar
Tidak bergaris	Tidak bergaris	Bergaris-garis
-	-	Sebagian detil yang kecil tidak terlihat
Terdapat sebgian yang tidak halus/rata	-	-
-	Memiliki kontur	-

4.5 Kendala

4.5.1 *Silicon Rubber Mold Master cetakan Laser Cutting*

Silicon rubber mold memiliki kendala setelah divulkanisir, terutama yang memakai *master* cetakan dari *laser cutting*. *Master* cetakan *laser cutting* yang memiliki 2 sisi, yang kedua sisi tidak jadi satu *part*, kedua *part* digabungkan dengan menggunakan lem. Karena memakai lem sebagai perekat untuk menggabungkan kedua *part*, ketika di vulkanisir lemnya mencair. Sehingga mengotori bagian cetakan *silicon rubber mold* seperti pada gambar 4-34.

Tetapi tidak mempengaruhi dari pada hasil *spin casting*, hanya saja bagian *silicon rubber mold* menjadi kotor akibat lelehan lem.



Gambar 4 - 34 Kendala Cetakan *Silicon Rubber*

4.5.2 Tingkat Keterisian Logam Tidak Memenuhi

Parameter terbaik dari peneliti pendahulu yang digunakan hasilnya tetap masih belum maksimal. Salah satu faktornya yaitu terlalu lama dalam proses

memasukkan cairan logam ke dalam *spin casting* yang sedang berputar. Salah satu solusinya dari kendala tersebut yaitu Ketika mesin *spin casting* dihidupkan harus cepat memasukkan cairan ke dalam *spin casting* dengan waktu berkisar kurang lebih 2 detik agar logam cairnya tidak cepat membeku.



Gambar 4 - 35 Kondisi Setelah *Spin Casting*

4.5.3 Bagian *Silicone Rubber Mold* Lepas

Bagian *silicone rubber mold* yang lepas ketika setelah *spin casting*, hal tersebut karena setelah *spin casting* *silicon rubber mold* dalam keadaan panas, tetapi tetap melakukan *spin casting*, tanpa menunggu cetakan dingin, sehingga menyebabkan ada bagian yang lepas pada *silicone rubber mold*. Salah satu solusinya yaitu dengan menambal dengan penambal. Terlepasnya bagian *silicone rubber mold*, tentunya mempengaruhi hasil dari pada *spin casting*. Gambar 4-37 yaitu proses menambal bagian cetakan yang lepas.



Gambar 4 - 36 Proses Penambalan Cetakan

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Hasil produk *spin casting* memiliki beberapa karakteristik menggunakan master cetakan yang dibuat dengan metode *3d print resin*, *cnc* dan *laser cutting* sebagai berikut:
 - a.) Produk *spin casting* dengan master cetakan *3d print resin* memiliki hasil detil dan halus, tetapi ada sebagian yang tidak rata disebabkan material master cetakan yang digunakan tidak bisa menahan suhu dan tekanan saat proses vulkanisir.
 - b.) Produk *spin casting* dengan master cetakan *cnc* memiliki hasil halus dan detilnya terlihat cukup jelas, namun ada bagian berkontur diakibatkan penggunaan master cetakan dibuat dengan mata pahat *conical-flat* yang tidak bisa melakukan pemakanan 90° .
 - c.) Produk *spin casting* dengan master cetakan *laser cutting* memiliki hasil kasar dan bergaris-garis serta cukup detil. Tetapi sebagian detil kecil yang tidak dapat dilihat karena master cetakan yang digunakan dibuat menggunakan *laser cutting* yang rumit membuat detil yang kecil.
2. Hasil percobaan *spin casting* diperoleh putaran paling optimal pada pada kecepatan 800 rpm, dengan produk yang dihasilkan memiliki persentase deviasi lebih kecil. Arah putar *spin casting* paling optimal yaitu *clockwise* (CW), dengan produk yang dihasilkan memiliki persentase deviasi lebih kecil.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

1. Perlu memanfaatkan *silicon rubber mold* yang bekas, agar tidak terbuang sia-sia, Dengan mendaur ulang kembali.
2. Memperhatikan pembuatan *master* cetakan yang menggunakan metode *3d print resin* agar *master* cetakan tidak rusak setelah divulkanisir. Dengan cara mempertimbangkan ketebalan *master* cetakan dan dari segi desain *master* cetakan.



DAFTAR PUSTAKA

- Alfhariza, A. (2021). Pengaruh Kecepatan Putar dan Tekanan pada *Souvenir Gantungan Kunci* dengan Metode *Spin Casting*. 55. Tugas Akhir, Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
- Arifin, Z., & Eskani, I. N. (2019). *The Effect of RTV Silicone Rubber Mold Runner, Speed and Direction of Spin Casting Machine on The Success and Quality of Pewter Craft Product*. 36(2), 12.
- Barnard, L., Beer, D. D., & Campbell, R. (2009). *Parameters Affecting Spin Casting of Decorativ and Mechanical Parts*. 7(2), 13.
- Cahyandari, D. (2016). *Review : Rapid Prototyping Technology untuk Aplikasi Pembuatan Implan Tulang dan Gigi*. 16(1), 7.
- Chen, M.-F., Ho, Y.-S., Hsiao, W.-T., Wu, T.-H., Tseng, S.-F., & Huang, K.-C. (2011). *Optimized Laser Cutting on Light Guide Plates Using Grey Relational Analysis*. *Optics and Lasers in Engineering*, 49(2), 222–228.
- Damayanti, M. K. (2017). *Desain Parameter Eksperimen untuk Optimasi Nilai Frangibility Factor Material Komposit dengan Metode Taguchi dan Neural Network*. 20.
- Gordon, B. (1986). *The Souvenir: Messenger of the Extraordinary*. *The Journal of Popular Culture*, 20(3), 135–146.
- Hadi Mukhammad, A. F., & Setyoko, B. (2019). Pengaruh Kecepatan Cetakan *Horizontal Centrifugal Casting* Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro pada *Radial Sliding Bearing Babbitt-Baja Karbon*. *T R A K SI*, 18(2), 61.
- Hanafi, F. F. (2021). Pengaruh Kecepatan, Tekanan Cetakan, dan Waktu Putar pada Mesin *Spin Casting* Terhadap Kualitas dan Keberhasilan Produk. 70. Tugas Akhir, Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
- Hasana, G. R. (2021). Pengaruh Kecepatan Putar dan Tekanan dari Mesin *Spin Casting C-400 Matic* dalam Pembuatan Suvenir Bertema UII. 90. Tugas Akhir, Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
- Jaedun, A. (2011). *Metodologi Penelitian Eksperimen*. 13.

- Karpitschka, S., Weber, C. M., & Riegler, H. (2015). *Spin casting of Dilute Solutions: Vertical Composition Profile During Hydrodynamic-Evaporative Film Thinning*. *Chemical Engineering Science*, 129, 243–248.
- Li, Y., Luo, J., Luo, Z., Xiao, Z., & Leo Ngai, T. (1995). *The Microstructure and Wear Mechanism of a Novel High-Strength, Wear-Resistant Zinc Alloy (ZMJ)*. *Journal of Materials Processing Technology*, 55(3–4), 154–161.
- M., F., & Hafid. (2012). Pengembangan Produk Cor Aluminium pada Proses Pengecoran *Centrifugal (Spinning Casting)*. 11.
- Mostoni, Milana, Credico, D'Arienzo, & Scotti. (2019). *Zinc-Based Curing Activators: New Trends for Reducing Zinc Content in Rubber Vulcanization Process*. *Catalysts*, 9(8), 664.
- Pola, A., Tocci, M., & Goodwin, F. E. (2020). *Review of Microstructures and Properties of Zinc Alloys*. *Metals*, 10(2), 253.
- Prasetyo, Y. E. B., Hanandoko, T. B., & Anggoro, P. W. (2010). Pengembangan Mesin *Spin Casting* untuk Produksi *Souvenir*. 8.
- Prianto, E., & Pramono, H. S. (2017). Proses Permesinan CNC dalam Pembelajaran Simulasi. 1(1), 7.
- Rusianto, T., & Huda, S. (2019). A Review: Jenis dan Pencetakan 3D (*3D Printing*) untuk Pembuatan *Prototipe*. *Jurnal Teknologi*, 12, 8.
- Samarya, Y. T., Sulianti, M. M., & Perangin-angin, B. (2013). Aplikasi *Laser CO2* untuk Pemotongan (*Cutting*) Material Menggunakan Mesin CNC (*Control Numeric Computer*). 5.
- Santoso, R. B., & Suheryanto, D. (2018). *The Effect of Rubber Mold Temperature in Spin Casting Process*. 5.
- Sucahyono, A. E., Nugraha, P., & Risdiyono, R. (2019). Pengaruh Suhu Tuang pada Kualitas Gantungan Kunci Berbahan Baku Pewter dengan Metode *Spin Casting*. *Dinamika Kerajinan dan Batik: Majalah Ilmiah*, 36(1), 47.
- Suminto, S. (2017). Rekayasa Alat Mesin Casting untuk Perajin Pewter. *Corak*, 4(1).
- Untoro, Y. V. (2015). Analisis Model Konstitutif Dari Material Viscoelastis Karet untuk Aplikasi *Spin Casting*. 12.

- Vezzetti, E. (2008). *Spin Casting Characterization: An Experimental Approach for the Definition of Runners Design Guidelines*. *Journal of Materials Processing Technology*, 196(1–3), 33–41.
- Yüzbaşı, N. S., & Graule, T. (2021). *Colloid Casting Processes: Slip Casting, Centrifugal Casting, and Gel Casting*. Dalam *Encyclopedia of Materials: Technical Ceramics and Glasses* (hlm. 146–153).
- Zheng, C., Wang, G., Chu, Y., Xu, Y., Qiu, M., & Xu, M. (2016). *RTV Silicone Rubber Surface Modification for Cell Biocompatibility by Negative-Ion Implantation*. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 370, 73–78.



LAMPIRAN

1. Penempatan Posisi *Master* cetakan pada *Silicon Rubber*



2. Kondisi *Silicone Rubber* Setelah Divulkanisir



3. Melakukan Proses Penuangan Logam Cair ke *Spin Casting*



4. Proses Pengukuran Massa Hasil Produk *Spin Casting*



5. Hasil Semua Produk *Spin Casting*



6. Spesifikasi Mesin *Spin Casting C-400 Matic*

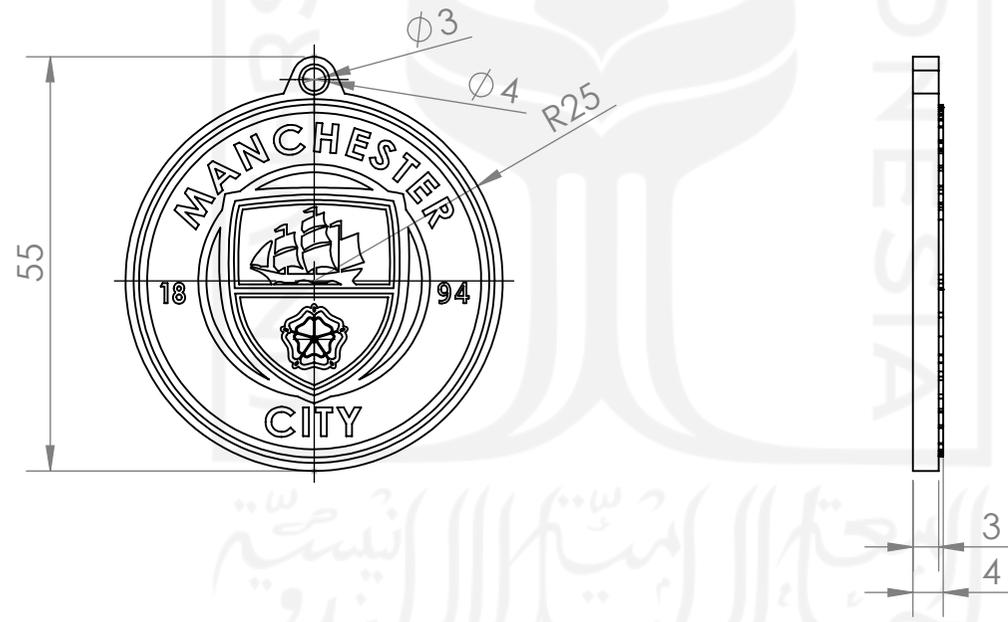
INSTRUCTION MANUAL

1.2 PROCESS INFORMATION

The moulds are positioned between the plates, after which the cover is closed and the cycle start button must be pressed by the operator. At this point, the lower plate raises until it gets in touch with the upper plate which starts to rotate automatically. Meanwhile, the operator pours the metal into the mould through a special opening in the upper part of the machine. At the end of the cycle, the lower plate stops, and comes back in its original position and it is possible to remove the used mould and replace it with a new one ready for the next production cycle.

1.3 TECHNICAL CHARACTERISTICS

DENOMINATION	UNIT	DIMENSIONS DATA
TECHNICAL CHARACTERISTICS OF THE MACHINE		C 400 MATIC
Total installed power	kW	2.5
Power supply voltage	V	230 / 400 threephase
Frequency	Hz	50 / 60
Centrifugal speed	r.p.m.	0 + 1500
Production	castings/hour	50 + 180
Mould diameter	mm	230 / 400
Mould thickness (max)	mm	60
Working pressure	bar	2 + 6
Dimensions	mm	700 x 865 x 1222
Weight	kg	330
Noise (continuous equivalent acoustic pressure level A measured at the work station)	Leq - db(A)	< 80
CENTRIFUGAL MOTOR CHARACTERISTICS		
Power	kW (HP)	2.2 (3)
Rotation speed	r.p.m.	1420
Power supply voltage	V	230 / 400 threephase
Frequency	Hz	50 / 60
Rated absorption	A	9.2 / 5.3
Degree of protection	IP	54



MATERIAL:	Zinc Alloy	DWG NO.	Model Man City	A4
WEIGHT:	42.54 gram	SCALE:	1:1	SATUAN: mm

6

5

4

3

2

1

D

D

C

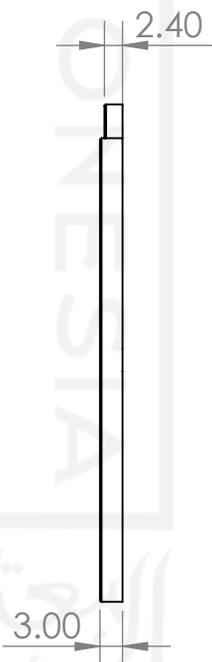
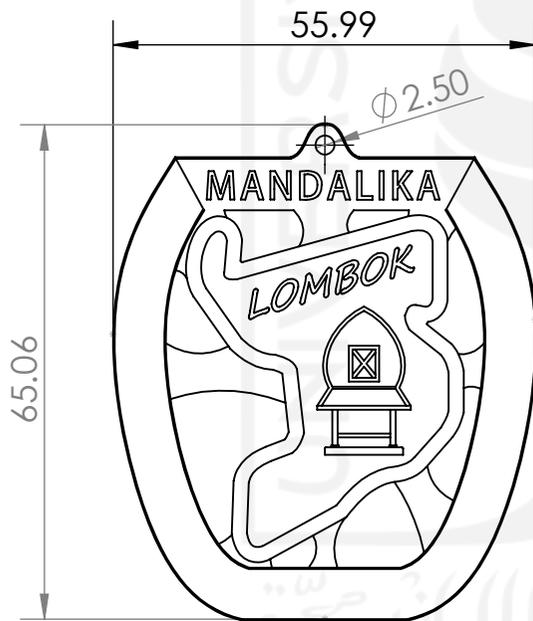
C

B

B

A

A



MATERIAL:	Zinc Alloy	DWG NO.	Model Lombok	A4
WEIGHT:	44.22 gram	SCALE:	1:1	SATUAN: mm

6

5

4

3

2

1