

**PROSES MANUFAKTUR CETAKAN SOUVENIR
IKATAN ALUMNI POLMAN TIMAH
BANGKA BELITUNG**

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan
Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Diusulkan Oleh

Garro Apero.M NIM :1042239

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2024 / 2025**

LEMBAR PENGESAHAN

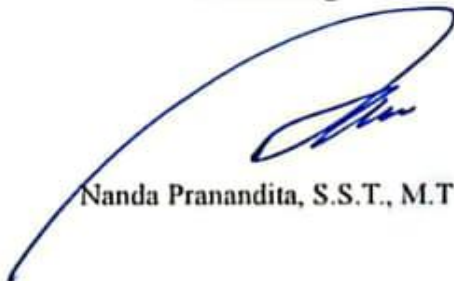
PROSES MANUFAKTUR CETAKAN *SOUVENIR* IKATAN ALUMNI POLMAN TIMAH-BANGKA BELITUNG

Oleh :
Garo Apero.M/1042239

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Program Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Menyetujui

Pembimbing 1



Nanda Pranandita, S.S.T., M.T

Pembimbing 2



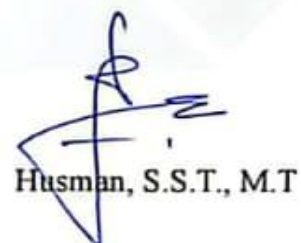
Boy Rohastin, S.Tr., M.T

Penguji 1



Juanda, S.S.T., M.T

Penguji 2



Husman, S.S.T., M.T

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Garo Apero.M NIM : 1042239
Dengan Judul : Proses Manufaktur Cetakan *Souvenir* Ikatan Alumni
Polman Timah-Bangka Belitung

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan apabila di kemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 29 Juli 2025

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

Garo Apero.M

ABSTRAK

Meningkatnya permintaan terhadap produk *souvenir* sebagai media identitas organisasi mendorong dilakukannya penelitian ini. Tujuan penelitian ini untuk membuat cetakan *souvenir* gantungan kunci berlogo Ikatan Alumni Polman Timah–Bangka Belitung. Metode yang digunakan yaitu metode eksperimental. Proses manufaktur dilakukan menggunakan mesin *CNC Milling Lagun MC-750*, sedangkan simulasi pemesinan berbasis *SolidWorks CAM Student Version 2020*. *Software* tersebut digunakan untuk menghasilkan luaran berupa G-Code. Proses manufaktur cetakan berhasil membuat cetakan *souvenir* dengan dimensi 100 mm x 85 mm dengan ketebalan 30 mm, sesuai dengan rancangan. Pengujian fungsi cetakan dilakukan secara manual menggunakan metode *gravity casting*. Hasil pengujian dengan menggunakan material *souvenir* plastik *PET* yang dicairkan pada suhu 250 °C, 255 °C, 260 °C, dan suhu pada cetakan 240 °C, 245 °C, 250 °C belum menghasilkan produk jadi secara optimal. Hal ini dikarenakan cetakan dirancang khusus untuk proses pencetakan menggunakan sistem *mini injection molding*.

Kata Kunci: Aluminium 6061, *CNC*, Cetakan *Souvenir*.

ABSTRACT

The increasing demand for souvenir products as a medium of organizational identity encouraged this research. The purpose of this research is to make a souvenir mold for a key chain bearing the logo of the Polman Timah Alumni Association–Bangka Belitung. The method used is an experimental method. The manufacturing process is carried out using a CNC Milling machine Lagun MC-750, while the machining simulation is based on SolidWorks CAM Student Version 2020. The software is used to produce output in the form of G-Code. The mold manufacturing process succeeded in producing a souvenir mold with dimensions of 100 mm x 85 mm with a thickness of 30 mm, according to the design. Mold function testing was carried out manually using the gravity casting method. The results of testing using PET plastic souvenir material melted at temperatures of 250°C, 255°C, 260°C, and temperatures in the mold of 240°C, 245°C, 250°C have not produced an optimal finished product. This is because the mold is specifically designed for the molding process using a mini injection molding system.

Keywords: *Aluminum 6061, CNC, Souvenir Mold.*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh. Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan hidayah-Nya, Laporan Proyek Akhir yang berjudul Proses Manufaktur Cetakan *Souvenir* Ikatan Alumni Polman Timah-Bangka Belitung ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan dalam menyelesaikan program pendidikan Sarjana Terapan di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, serta sebagai bentuk penerapan ilmu dan keterampilan yang telah diperoleh selama masa perkuliahan.

Dalam proses penyusunan laporan ini, penulis menyadari bahwa terselesaikannya laporan ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, ucapan terima kasih sebesar-besarnya kami sampaikan kepada:

1. Ibu Silawati yang selalu memberikan doa dan dukungan, juga keluarga yang selalu memberikan semangat dan bantuan penuh dalam penyusunan serta perbaikan proyek akhir ini.
2. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D., selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
3. Bapak Dr. Ilham Ary Wahyudie, M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
4. Bapak Boy Rollastin S.Tr., M.T., selaku Kepala Program Studi D-IV Teknik Mesin dan Manufaktur di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Bapak Nanda Pranandita, S.S.T., M.T selaku Pembimbing I yang telah banyak memberikan saran dan solusi dari masalah yang dihadapi selama proses penyusunan laporan ini.
6. Bapak Boy Rollastin S.Tr., M.T. selaku Pembimbing II yang telah banyak memberikan pengarahan dalam penulisan laporan ini.
7. Seluruh dosen dan staff di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

8. Adeztiandi, Alfian, Ferzy Ersandy, Zio Eldi Mahdan yang telah banyak membantu dari awal hingga terselesaikan laporan ini.
9. Seluruh teman kelas 3 TMM B yang banyak membantu menyelesaikan laporan.
10. Seluruh pihak yang memberikan bantuan secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian laporan yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulisan laporan ini masih jauh dari kata sempurna, maka dari itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan agar lebih baik untuk selanjutnya. Semoga laporan ini dapat berguna bagi pribadi dan orang lain serta dipergunakan sebagaimana mestinya.

Akhir kata, semoga Allah SWT. membalas kebaikan semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian laporan ini. Atas perhatiannya, penulis mengucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Sungailiat , 29 Juli 2025

Garo Apero.M

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB 2 DASAR TEORI	4
2.1 Cetakan.....	4
2.1.1 Jenis – Jenis Cetakan	4
2.1.2 Volume Cetakan	6
2.1.3 <i>Shrinkage</i>	6
2.2 Permesinan.....	7
2.2.1 <i>CNC Milling</i>	7
2.2.2 Prinsip Kerja <i>CNC Milling</i>	8
2.2.3 Program <i>CNC</i>	9
2.2.4 Gerak pemakanan.....	11
2.3 Parameter Permesinan	11
2.3.1 Kedalaman Pemotongan (<i>a</i>).....	12
2.3.2 Kecepatan Pemotongan (<i>vc</i>)	12
2.3.3 Kecepatan Putaran Mesin (<i>Rpm</i>).....	13
2.3.4 <i>Feedrate (Vf)</i>	14

2.4	<i>Milling Fehlman p18s</i>	15
2.5	Alumunium 6061	15
2.6	Alat potong	16
2.6.1	<i>Cutter Carbide</i>	17
2.6.2	Jenis <i>Cutter Carbide</i>	19
2.6.3	<i>End Mill</i>	19
2.6.4	<i>Ball End Mill</i>	19
2.6.5	<i>Face Mill</i>	20
2.6.6	<i>Single lip 90 Derajat</i>	20
2.6.7	<i>Drill</i>	20
2.7	<i>Guide Pin</i>	21
2.8	Plastik <i>Polyethylene Terephthalate (PET)</i>	22
BAB III METODE PELAKSANAAN		24
3.1	Study Literatur.....	25
3.2	Rencana Penelitian.....	25
3.3	Persiapan Alat Dan Bahan.....	26
3.3.1	Alat	26
1.	Laptop.....	26
2.	<i>Software Computer Aided Manufacturing (CAM)</i>	27
3.	Mesin <i>CNC Milling Lagun MC-750</i>	27
4.	Mesin Gergaji Potong	28
5.	Cetakan.....	29
6.	<i>Mini Ragum</i>	29
7.	<i>Skrap</i>	30
8.	Kuas	30
9.	<i>Cutter</i>	30
10.	Gerinda Tangan Kecil	31
11.	Jangka Sorong	31
12.	Timbangan	32
13.	Kikir dan Amplas	32
14.	<i>Face Mill</i>	32
15.	<i>End Mill</i>	33

16.	<i>Single Lip 90 Derajat</i>	34
17.	<i>Drill</i>	34
18.	<i>Ball End Mill</i>	35
19.	<i>DNC Device</i>	35
20.	Kabel RS-232 db 9 <i>Female to Female</i>	36
21.	<i>Flash Disk</i>	36
22.	Mesin <i>Milling Fehlman P18s</i>	36
23.	Palu Karet.....	37
24.	Kunci L 12	37
25.	<i>Pararel Pet 12 x 30</i>	37
26.	<i>Collet</i>	38
27.	Kunci <i>Collet</i>	38
28.	<i>Holder BT-40</i>	39
29.	<i>Centre Finder</i>	39
30.	<i>Thermogun Industri</i>	39
3.3.2	Bahan.....	40
1.	Alumunium 6061	40
2.	Limbah Plastik <i>Polyethylene Terephthalate (PET)</i>	40
3.	Minyak Kelapa Sawit	41
3.4	Proses Manufaktur	41
3.5	<i>Assembly</i>	42
3.6	Uji Coba	42
3.7	Kesimpulan	43
BAB 4	PEMBAHASAN	44
4.1	Desain Cetakan Souvenir IAPT-Bangka Belitung.....	44
4.2	Pembuatan <i>G-Code CAM di Solidworks</i>	45
4.3	Proses Permesinan.....	51
4.3.1	Proses Pemotongan Awal dengan Gergaji Potong <i>DoALL C-916</i>	52
4.3.2	Pemotongan Lanjutan menggunakan <i>Milling Fehlman P18s</i>	53
4.3.3	Parameter permesinan <i>CNC Milling</i>	54
4.3.3.1	Pemotongan <i>Pocket CNC Milling Lagun MC-750</i>	61
1.	Proses penyetingan titik nol X dan Y <i>Cavity</i>	62

2.	<i>Facing permukaan Core</i>	62
3.	Pemakanan <i>Pocket Cavity</i>	63
4.	Proses pemakanan Profile	65
5.	Pengeboran <i>Guide Pin</i> dan <i>Pin</i> Penepat	66
6.	Proses pemakanan Lubang Pembuangan.....	67
7.	Pemakanan <i>Runner</i>	67
8.	<i>Facing Core</i>	68
9.	Pengeboran <i>Core</i>	69
10.	Pembuangan <i>Core</i>	70
11.	<i>Runner Core</i>	71
4.3.4	<i>Finishing</i> ukuran bakal di Mesin Milling <i>Fehlman P18s</i>	71
4.3.5	Pemotongan <i>Pin</i> di Mesin Gerinda	72
4.4	<i>Assembly</i>	73
4.5	Uji Coba	74
4.5.1	Menentukan Volume Cetakan	74
4.5.2	Uji Coba Cetakan	75
BAB 5	PENUTUP.....	78
5.1	Kesimpulan	78
5.2	Saran	78
DAFTAR PUSTAKA		79

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel Massa Jenis plastic/Densitas.....	6
Tabel 2. 2 Macam-Macam Kode G dan M Serta Kegunaan	10
Tabel 2. 3 Kecepatan Potong Bahan	13
Tabel 2. 4 <i>Feed per tooth</i>	17
Tabel 2. 5 Spesifikasi <i>Milling Fehlman P18S</i>	16
Tabel 2. 6 Paduan Kimia Alumunium 6061	16
Tabel 2. 7 Klasifikasi Alat Potong <i>Carbide</i>	19
Tabel 2. 8 Karakteristik plastik <i>Polyethylene Terephthalate</i>	23
Tabel 3.1 Spesifikasi Mesin <i>Milling Lagun MC-750</i>	28
Tabel 4. 1 Hasil Uji Coba Cetakan.....	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Mold Two Plate</i>	5
Gambar 2. 2 <i>Mold Tree Plate</i>	5
Gambar 2. 3 <i>CNC Miliing Lagun MC-750</i>	8
Gambar 2. 4 <i>Milling Fehlman P18s</i>	15
Gambar 2. 5 <i>Pahat Insert Carbide</i>	18
Gambar 2. 6 <i>End Mill</i>	19
Gambar 2. 7 <i>Ball Nose</i>	19
Gambar 2. 8 <i>Face Mill</i>	20
Gambar 2. 9 <i>Single Lip 60 Derajat</i>	20
Gambar 2. 10 <i>Drill</i>	21
Gambar 2. 11 <i>Guide Pin Stenless Steel SUS440C</i>	21
Gambar 2. 12 <i>Plastik Polyethylene Terephthalate (PET)</i>	22
Gambar 3. 1 <i>Diagram Alir Penelitian</i>	24
Gambar 3. 2 <i>Laptop</i>	27
Gambar 3. 3 <i>Software Solidworks</i>	27
Gambar 3. 4 <i>Mesin CNC Milling Lagun MC-750</i>	28
Gambar 3. 5 <i>Mesin Gergaji Do AL Model C-916</i>	29
Gambar 3. 6 <i>Cetakan Core dan Cavity</i>	29
Gambar 3. 7 <i>Clamp C</i>	29
Gambar 3. 8 <i>Skrap</i>	30
Gambar 3. 9 <i>Kuas</i>	30
Gambar 3. 10 <i>Cutter</i>	31
Gambar 3. 11 <i>Gerinda Tangan Kecil</i>	31
Gambar 3. 12 <i>Jangka Sorong</i>	31
Gambar 3. 13 <i>Timbangan</i>	32
Gambar 3. 14 <i>Timbangan</i>	32
Gambar 3. 15 <i>Face Mill Cutter</i>	33
Gambar 3. 16 <i>End Mill Cutter</i>	33
Gambar 3. 17 <i>Single Lip 90 derajat</i>	34
Gambar 3. 18 <i>Drill</i>	34
Gambar 3. 19 <i>Ball Nose End Mill</i>	35
Gambar 3. 20 <i>DNC Device Titan</i>	36
Gambar 3. 21 <i>Kabel RS-232 db 9 Female to Female</i>	36
Gambar 3. 22 <i>Flash Disk</i>	36
Gambar 3. 23 <i>Mesin Milling Fehlman P18s</i>	37
Gambar 3. 24 <i>Palu karet</i>	37
Gambar 3. 25 <i>Kunci L 12</i>	37
Gambar 3. 26 <i>Pararel pet</i>	38
Gambar 3. 27 <i>Collet</i>	38
Gambar 3. 28 <i>Kunci collet</i>	38
Gambar 3. 29 <i>Holder BT 40</i>	39
Gambar 3. 30 <i>Center Finder</i>	39
Gambar 3. 31 <i>Thermogun Industri</i>	40

Gambar 3. 32 Alumunium 6061	40
Gambar 3. 33 Limbah Plastik <i>Polyethylene Terephthalate (PET)</i>	41
Gambar 3. 34 Minyak Kelapa Sawit	41
Gambar 4. 1 Desain Cetakan <i>Souvenir IAPT-Bangka Belitung</i>	44
Gambar 4. 2 Drawing Cetakan <i>Souvenir IAPT-Bangka Belitung</i>	45
Gambar 4. 3 Tampilan Desain Cetakan <i>Souvenir IAPT-Bangka Belitung</i>	45
Gambar 4. 4 Tampilan fitur <i>Solidworks CAM Student Version 2020</i>	46
Gambar 4. 5 setingan mesin <i>Solidworks CAM Student Version 2020</i>	46
Gambar 4. 6 setingan <i>pos prosesor Solidworks CAM Student Version 2020</i>	46
Gambar 4. 7 setingan <i>stock manager Solidworks CAM Student Version 2020</i>	47
Gambar 4. 8 Setingan titik nol <i>Solidworks CAM Student Version 2020</i>	47
Gambar 4. 9 Proses <i>scanning Solidworks CAM Student Version 2020</i>	48
Gambar 4. 10 Hasil <i>Scanning Solidworks CAM Student Version 2020</i>	48
Gambar 4. 11 Setingan <i>tool Solidworks CAM Student Version 2020</i>	48
Gambar 4. 12 Setingan <i>Custom Tool Solidworks CAM Student Version 2020</i>	49
Gambar 4. 13 Setingan <i>Rpm dan Feedrate Solidworks CAM Student Version 2020</i>	49
Gambar 4. 14 seting kedalaman <i>contour Solidworks CAM Student Version 2020</i>	50
Gambar 4. 15 Setingan <i>Feature Option Solidworks CAM Student Version 2020</i>	50
Gambar 4. 16 Hasil <i>Generate Toolpath Solidworks CAM Student Version 2020</i>	50
Gambar 4. 17 simulasi <i>Solidworks CAM Student Version 2020</i>	51
Gambar 4. 18 Proses <i>G-Code Solidworks CAM Student Version 2020</i>	51
Gambar 4. 19 <i>G- Code</i> yang dihasilkan <i>Solidworks CAM Student Version 2020</i>	51
Gambar 4. 20 Proses marking sebelum dilakukan pemotongan	52
Gambar 4. 21 Proses pemotongan benda kerja di Mesin Gergaji DoAL C-916	52
Gambar 4. 22 Proses pengukuran hasil pemotongan menggunakan Jangka Sorong.....	53
Gambar 4. 23 Hasil akhir pemotongan di mesin gergaji potong DoAL C-916.....	53
Gambar 4. 24 Proses pemotongan sisi di <i>Milling Fehlman P18s</i>	54
Gambar 4. 25 Hasil pemotongan sisi di <i>Milling Fehlman P18s</i>	54
Gambar 4. 26 Penyetingan titik nol X dan Y Cavity	62
Gambar 4. 27 <i>Facing permukaan</i>	63
Gambar 4. 28 Proses Penyetingan titik nol Z (H).....	64
Gambar 4. 29 pemindahan File <i>G-Code</i> dari <i>Flasdisk</i> menggunakn <i>DNC Device</i>	64
Gambar 4. 30 Proses pemakanan <i>Pocket 1 (Roughing)</i>	64
Gambar 4. 31 Proses pemakanan <i>1 (Contour) Finishing</i>	64
Gambar 4. 32 Hasil Pemakanan <i>Pocket 1</i>	65
Gambar 4. 33 Proses pemesinan Profil 1 menggunakan <i>End Mill 4 mm</i>	65
Gambar 4. 34 Proses pemesinan Profil 1 menggunakan <i>Single Lips 90 derajat</i>	65
Gambar 4. 35 Hasil pemakanan Profil	66
Gambar 4. 36 Proses Pengeboran.....	66
Gambar 4. 37 Hasil pengeboran.....	66
Gambar 4. 38 Pemakanan Lubang Pembuangan	67
Gambar 4. 39 Hasil Pemakanan lubang Pembuangan	67
Gambar 4. 40 Proses pemakanan <i>Runner</i>	68
Gambar 4. 41 Proses pengecekan dimensi setelah dilakukan proses manufaktur.....	68
Gambar 4. 42 Hasil pemakanan <i>Runner</i>	68
Gambar 4. 43 Facing permukaan <i>Core</i>	69
Gambar 4. 44 Proses Pengeboran <i>Core</i>	69

Gambar 4. 45 Hasil Pengeboran <i>Core</i>	70
Gambar 4. 46 Seting titik Nol Z (H).....	70
Gambar 4. 47 Proses pemakanan pembuangan <i>Core</i>	70
Gambar 4. 48 Seting titik nol Z(H)	71
Gambar 4. 49 Proses pemakanan Runner <i>Core</i>	71
Gambar 4. 50 Hasil Pemakanan <i>Runner</i>	71
Gambar 4. 51 Finishing ukuran bakal di Mesin <i>milling Fehlman P18s</i>	72
Gambar 4. 52 Pemotongan pin menggunakan mesin gerinda.....	73
Gambar 4. 53 Hasil pemotongan <i>pin</i>	73
Gambar 4. 54 Proses pengikiran pada <i>pin</i> sebelum di <i>assembly</i>	73
Gambar 4. 55 Proses pemasangan pin di <i>Core</i> cetakan	74
Gambar 4. 56 Hasil <i>pin</i> setelah terpasang	74
Gambar 4. 57 Cetakan Ketika Ter- <i>Assembly</i>	74
Gambar 4. 58 Penimbangan material plastik <i>PET</i>	76
Gambar 4. 59 Pemasangan cetakan di Ragum.....	76
Gambar 4. 60 Proses pencairan material plastik <i>PET</i> dan pemanasan cetakan.....	76
Gambar 4. 61 Penuangan material langsung ke cetakan.....	76

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 :	DAFTAR RIWAYAT HIDUP
Lampiran 2 :	DAFTAR <i>G-CODE</i>
Lampiran 3 :	<i>DRAWING</i>
Lampiran 4 :	KATALOG MATERIAL CETAKAN
Lampiran 5 :	KATALOG STANDAR <i>PIN</i>
Lampiran 6 :	FORM MONITORING PROYEK AKHIR
Lampiran 7 :	FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR
Lampiran 8 :	POSTER
Lampiran 9 :	HASIL PENGECEKAN <i>PLAGIARISME</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Souvenir merupakan produk khas yang umumnya dijadikan sebagai kenang-kenangan atau oleh-oleh dari suatu tempat, instansi, komunitas, organisasi, maupun lembaga tertentu. Permintaan terhadap souvenir yang unik dan berkualitas terus meningkat, khususnya di sektor pariwisata dan *event organizer*. Menurut laporan *Straits Research* (2024), nilai pasar global untuk produk *souvenir*, hadiah, dan *novelty* diperkirakan tumbuh dari USD 13,79 miliar pada tahun 2024 menjadi sekitar USD 19,4 miliar pada tahun 2033, dengan tingkat pertumbuhan tahunan gabungan (*CAGR*) sebesar 3,9%. Kenaikan ini menunjukkan bahwa souvenir memiliki potensi besar, termasuk sebagai sarana promosi dan identitas organisasi.

Salah satu organisasi yang dapat memanfaatkan peluang ini adalah Ikatan Alumni Polman Timah Bangka Belitung, yang merupakan wadah bagi para lulusan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Organisasi ini memiliki peran strategis sebagai penghubung antara alumni dengan almamater, serta memperkuat hubungan antara dunia pendidikan vokasi dan industri. Dalam upaya memperkuat identitas dan memperkenalkan eksistensinya secara luas. Ikatan Alumni Polman Timah Bangka Belitung memerlukan simbol yang dapat merepresentasikan kebanggaan dan jati diri organisasi. Salah satu bentuk representasi tersebut adalah melalui *souvenir* gantungan kunci yang mengusung logo organisasi. *Souvenir* ini tidak hanya berfungsi sebagai kenang-kenangan, tetapi juga memiliki nilai simbolik dalam mempererat kebersamaan antarlumni.

Salah satu komponen penting dalam pembuatan *souvenir* adalah cetakan. Cetakan berfungsi sebagai media pembentuk produk dengan bentuk, ukuran, dan detail sesuai yang diinginkan. Dalam proses implementasinya, cetakan digunakan dalam berbagai proses produksi seperti pengecoran logam, *injection molding*, dan *thermoforming*, terutama untuk pembuatan produk massal yang menuntut tingkat keseragaman tinggi (Firmansyah et al, 2023). Namun, penggunaan cetakan juga memiliki beberapa kelemahan, antara lain umur cetakan yang terbatas terutama jika

digunakan dalam proses tekanan tinggi, biaya pembuatan cetakan yang relatif tinggi untuk produksi dalam jumlah kecil, serta kebutuhan perawatan dan perbaikan cetakan secara berkala untuk menjaga kualitas hasil cetakan. Kualitas cetakan sangat berpengaruh terhadap hasil akhir produk, baik dari segi ketelitian dimensi maupun tampilan visual. Oleh karena itu, proses pembuatan cetakan memerlukan ketelitian dan perencanaan yang matang, mulai dari tahap desain, pemilihan material, hingga metode manufaktur yang digunakan.

Sebagai solusi dalam meningkatkan kualitas cetakan, pemilihan proses manufaktur yang tepat seperti menggunakan *CNC machining* dalam proses pembuatan cetakan menjadi pilihan strategis yang sangat relevan. *CNC machining* mampu menghasilkan cetakan dengan tingkat presisi yang tinggi, sehingga dapat meminimalkan kesalahan produksi, mengurangi cacat produk, dan mempercepat siklus manufaktur (Eko Prianto dan Herlambang Sigit Pramono, 2017). Dengan ketepatan gerakan dan kontrol komputerisasi, teknologi ini memungkinkan pembuatan cetakan yang lebih kompleks, rinci, dan seragam, yang sangat penting dalam industri kreatif.

Selain itu, pemanfaatan *CNC machining* tidak hanya meningkatkan kualitas produk tetapi juga memperkuat posisi pelaku industri kreatif dalam menghadirkan *souvenir* yang memiliki nilai jual lebih tinggi, terutama ketika dikombinasikan dengan konsep *branding* berbasis kearifan lokal (Koniherawati at al, 2024). Di sisi lain, penerapan teknologi manufaktur modern ini penting di lingkungan akademik, khususnya di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung dengan harapan akan memperkaya pengalaman mahasiswa dalam bidang teknik manufaktur, mendorong inovasi produk, serta menumbuhkan keterampilan industri 4.0 yang berorientasi pada pengembangan industri kreatif nasional (Rahman at al, 2024).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah Bagaimana merealisasikan rancangan cetakan *souvenir* Ikatan Alumni Polman Timah Bangka Belitung melalui proses manufaktur.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut maka tujuan dari penelitian ini adalah membuat cetakan *souvenir* Ikatan Alumni Polman Timah Bangka Belitung sesuai rancangan sehingga menghasilkan produk sesuai dengan logo Ikatan Alumni Polman Timah Bangka Belitung.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini yaitu :

1. Tugas akhir ini berfokus pada proses manufaktur pembuatan cetakan *souvenir* gantungan kunci Ikatan Alumni Polman Timah Bangka Belitung.
2. Material cetakan yang digunakan dalam Tugas akhir ini menggunakan material Aluminium 6061.
3. Menggunakan mesin *CNC Milling Milling Lagun MC-750* yang ada di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 Cetakan

Cetakan (*mold*) adalah suatu alat atau perangkat yang digunakan untuk membentuk suatu part sesuai dengan desain yang diinginkan, baik dalam hal bentuk maupun dimensi. Cetakan memiliki rongga dengan bentuk tertentu yang berfungsi untuk mencetak produk sesuai dengan desainnya. Dalam proses pembentukan plastik menggunakan metode *injection molding*, cetakan merupakan bagian yang sangat penting karena bentuk akhir produk plastik bergantung pada bentuk cetakan yang digunakan. Oleh karena itu, dalam perancangan cetakan *injection molding*, terdapat banyak faktor yang perlu diperhatikan agar cetakan yang telah didesain mampu menghasilkan produk yang sempurna setelah melalui proses manufaktur (Siregar dan rangkuti, 2018).

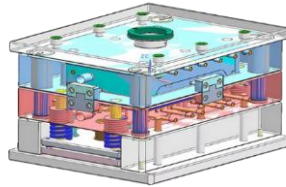
2.1.1 Jenis – Jenis Cetakan

Menurut (Permana at al., 2021) berdasarkan struktur dan fungsinya, cetakan dalam proses *injection molding* umumnya dibagi menjadi dua jenis utama, yaitu *Mold 2 Plate* dan *Mold 3 Plate*, yaitu :

1. *Mold 2 Plate*

Mold 2 Plate adalah jenis cetakan yang terdiri dari dua bagian utama, yaitu *cavity plate* dan *core plate*. Dalam sistem ini, produk yang dihasilkan masih menyatu dengan *runner* (saluran aliran material dari *sprue bush*), sehingga setelah proses pencetakan, produk harus dipisahkan dari *runner* menggunakan *nipper cutting* atau tang potong agar hasilnya rapi dan halus. Untuk menghindari pemisahan manual *Mold 2 Plate* dapat dilengkapi dengan sistem *submarine gate*, dimana *runner* dapat terlepas secara otomatis setelah cetakan dibuka. Alternatif lainnya adalah penggunaan *hot runner system*, yang memungkinkan hanya produk yang keluar tanpa *runner*, sehingga mengurangi limbah plastik dan meningkatkan efisiensi produksi. *Mold 2 Plate* memiliki beberapa keunggulan, seperti desain yang lebih sederhana dan lebih murah dibandingkan *Mold 3 Plate*, proses pencetakan

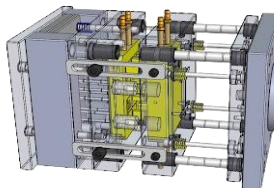
lebih cepat karena jumlah bagian cetakan lebih sedikit, serta cocok untuk produksi massal dengan efisiensi tinggi. Namun, kekurangannya adalah membutuhkan pemisahan manual antara produk dan *runner* jika tidak menggunakan *submarine gate* atau *hot runner*, serta kurang cocok untuk produk dengan bentuk yang lebih kompleks (Permana et al., 2021). Gambar *Mold Two Plate* dapat dilihat pada 2.1.



Gambar 2. 1 *Mold Two Plate*
(Sumber : <https://prototool-com>)

2. *Mold 3 Plate*

Mold 3 Plate memiliki satu bagian tambahan dibandingkan *Mold 2 Plate*, yaitu *runner plate*, yang berfungsi untuk memastikan produk dapat terpisah secara otomatis dari *runner* saat cetakan terbuka. Sistem ini biasanya menggunakan *pin point gate*, di mana saat cetakan terbuka, runner tetap melekat pada *runner plate* melalui mekanisme *runner lock pin* pada setiap *gate*-nya. Keunggulan dari *Mold 3 Plate* adalah *runner* dapat terpisah secara otomatis dari produk tanpa perlu pemotongan manual, lebih cocok untuk produk dengan desain yang lebih kompleks, serta menghasilkan produk yang lebih rapi dan presisi karena tidak ada sisa *runner* yang menempel. Namun, desainnya lebih kompleks dan lebih mahal dibandingkan *Mold 2 Plate*, waktu siklus produksi sedikit lebih lama karena ada tahapan tambahan dalam proses pelepasan *runner*, serta memerlukan perawatan yang lebih teliti agar mekanisme pemisahan berjalan dengan baik (Permana et al., 2021). Gambar *Mold Tree Plate* dapat dilihat pada 2.2.



Gambar 2. 2 *Mold Tree Plate*
(Sumber : www-immould-com)

2.1.2 Volume Cetakan

Volume cetakan adalah ukuran ruang atau kapasitas rongga cetakan yang akan diisi oleh material plastik saat proses pencetakan berlangsung (Nugraha et al., 2022). Adapun Rumus Persamaannya pada 2.1 dan nilai masa jenis atau *densitas* plastik bisa dilihat di Tabel 2.1:

$$m = v \times p \quad (2.1)$$

m = massa material (*gram*)

v = massa jenis material plastik (*gram /mm*)

p = volume produk (*mm*)

Tabel 2. 1 Tabel Massa Jenis plastik/Densitas

Polymer Type	Density (g/cm ³)	Crystallinity
Natural rubber	0.92	Low
Polyethylene – low density	0.91–0.93	45–60%
Polyethylene – high density	0.94–0.97	70–95%
Polypropylene	0.85–0.94	50–80%
Polystyrene	0.96–1.05	Low
Polyamide (PA6 and PA66)	1.12–1.14	35–45%
Polycarbonate	1.20	Low
Cellulose acetate	1.28	High
Polyvinyl chloride	1.38	High
Polylactic acid	1.21–1.43	37%
Polyethylene terephthalate (PET)	1.34–1.39	Described as high in [76] and 30–40% in [77]
Polyoxymethylene	1.41	70–80%

(Sumber : <https://ishakoktasagita.com>)

2.1.3 Shrinkage

Shrinkage adalah persen penyusutan volume material yang terjadi pada saat keadaan plastik kembali pada suhu normal setelah dipanaskan. Material plastik akan memuai pada saat dipanaskan pada suhu meleleh, akan tetapi pada saat dingin sesuai suhu normal akan menyusut sesuai dengan tingkat penyusutan volume berdasarkan jenis plastik. Adapun Rumus Persamaan pada 2.2 (Siregar dan Rangkui, 2018) :

$$S = \frac{L_m - L_p}{L_m} \times 100\% \quad (2.2)$$

Keterangan :

S = *shrinkage* (%)
 Lm = panjang *mold* (mm)
 Lp = panjang produk (mm)

2.2 Permesinan

Permesinan merupakan teknik manufaktur yang digunakan untuk membentuk suatu benda kerja dengan cara menghilangkan sebagian materialnya menggunakan alat potong yang digerakkan oleh mesin yang bertujuan untuk menghilangkan sebagian material dari benda kerja awal guna menghasilkan geometri akhir yang diinginkan (Mudmainah et al., 2023). Dalam praktiknya, permesinan dilakukan secara sistematis melalui tahapan-tahapan tertentu untuk memperoleh bentuk, dimensi, dan kualitas permukaan yang sesuai dengan kebutuhan fungsional produk. Permesinan juga berperan penting dalam peningkatan nilai tambah material, karena selain membentuk komponen sesuai desain, proses ini juga meningkatkan presisi, akurasi, dan kehalusan permukaan. Secara umum, permesinan dibedakan ke dalam tiga kelompok utama berdasarkan metode pemotongannya, yaitu: permesinan menggunakan mesin pres seperti pengguntingan dan pengepresan, permesinan konvensional dengan mesin perkakas seperti bubut, frais, dan sekrup, serta permesinan non-konvensional seperti *Electrical Discharge Machining (EDM)* dan pemotongan laser (Ratlalan, 2019). Dalam teknik permesinan konvensional, proses penghilangan material menghasilkan geram yang terbentuk dari bagian benda kerja yang tidak dibutuhkan, sehingga menciptakan bentuk akhir yang diinginkan secara presisi (Nasution et al., 2021).

2.2.1 CNC Milling

CNC (Computer Numerical Control) milling adalah suatu proses pemesinan yang menggunakan mesin perkakas otomatis dengan sistem kontrol

berbasis komputer untuk melakukan pemotongan material secara presisi sesuai dengan desain yang telah diprogram (Mashinton et al., 2021). Dalam proses ini, mesin menerima instruksi digital berupa kode numerik (*G-code*) yang mengatur pergerakan alat potong secara sistematis melalui tiga sumbu utama: X, Y, dan Z. Ketiga sumbu ini memungkinkan mesin untuk bergerak dalam arah *horizontal*, *vertikal*, dan kedalaman, sehingga mampu membentuk permukaan dan kontur yang kompleks pada benda kerja (Parmadhika et al., 2021). *CNC milling* bekerja dengan prinsip dasar menghilangkan sebagian material dari benda kerja menggunakan alat potong berputar (*cutter*), dan keunggulannya terletak pada kemampuannya untuk menghasilkan komponen dengan tingkat akurasi, konsistensi dan efisiensi tinggi (Aziz & Saraswati, 2022). Mesin ini berbeda dari mesin konvensional karena semua proses dikendalikan secara otomatis dan minim intervensi manual, sehingga mengurangi kemungkinan kesalahan manusia dan meningkatkan produktivitas. *CNC milling* mampu menghasilkan produk dengan toleransi hingga $\pm 0,1$ mm, menjadikannya pilihan ideal dalam berbagai aplikasi manufaktur presisi (Saputra & Yudiyanto, 2024). Gambar *CNC Milling Lagun MC-750* dapat dilihat pada 2.3.



Gambar 2. 3 *CNC Miliing Lagun MC-750*

2.2.2 Prinsip Kerja *CNC Milling*

Prinsip kerja mesin *CNC (Computer Numerical Control) milling* didasarkan pada sistem otomatisasi yang mengendalikan pergerakan alat potong melalui perintah numerik yang diprogram dalam komputer (Jufrizaldy et al., 2020). Proses ini dimulai dengan penyusunan program berbasis *G-code* yang memuat instruksi pemotongan, kecepatan spindle, arah gerakan, dan kedalaman pemotongan. Instruksi tersebut kemudian diterjemahkan oleh kontroler mesin

menjadi gerakan mekanis yang mengatur posisi pahat secara presisi pada tiga sumbu utama, yaitu X, Y, dan Z. Selama proses pemesinan, benda kerja dijepit kuat di atas meja mesin, sedangkan alat potong berputar dan bergerak mengikuti jalur yang telah ditentukan untuk menghilangkan material secara bertahap hingga membentuk produk akhir yang diinginkan. *CNC milling* memungkinkan pemesinan dengan tingkat akurasi tinggi, pengulangan yang konsisten, serta efisiensi waktu produksi karena minimnya intervensi manusia. Kemampuan ini menjadikan teknologi *CNC* sebagai solusi ideal dalam proses manufaktur modern, terutama dalam pembuatan komponen teknik dengan toleransi ketat dan geometri kompleks(Sutarman at al., 2017).

2.2.3 Program CNC

Sebelum melakukan pemrograman pada mesin *CNC*, penting untuk memahami terlebih dahulu kode-kode yang menjadi dasar perintah kerja mesin. Gerakan mesin sepenuhnya dikendalikan oleh instruksi ini, khususnya dalam mengatur posisi pada sumbu X, Y, dan Z. Sumbu X umumnya menunjukkan arah *horizontal* (kanan dan kiri), sumbu Y menunjukkan gerakan dari depan ke belakang atau atas ke bawah, tergantung jenis mesin yang digunakan, dan sumbu Z berfungsi mengatur gerakan naik turun secara vertikal. Penguasaan terhadap ketiga koordinat ini sangat diperlukan agar hasil pemrosesan mesin akurat sesuai rancangan yang diharapkan(Syahbilla, 2023). Adapun penjelasan terkait macam-macam kode G dan M serta kegunaannya dalam Tabel 2.2

A. Penentuan Sumbu X

Sumbu X biasanya ditetapkan sejajar dengan arah memanjang meja mesin dan berada dalam posisi horizontal. Sebelum menentukan arah sumbu ini, terlebih dahulu perlu dilihat orientasi dari sumbu Z. Bila mesin menggunakan pahat berputar, maka arah sumbu X akan mengarah ke kanan benda kerja. Namun, jika benda kerja yang berputar, maka sumbu X berada sejajar dengan arah gerak radial pahat dan mengarah menjauhi *spindle* (Syahbilla, 2023).

Tabel 2. 2 Macam-Macam Kode G dan M Serta Kegunaan

No.	Kode	Kegunaan
1.	G00	Gerak pemosisian bebas.
2.	G01	Gerak pahat memotong benda kerja secara lurus.
3.	G02	Perintah pemakanan melingkar searah jarum jam.
4.	G03	pemakanan melingkar berlawanan arah jarum jam.
5.	G10	Perintah memprogram data <i>input</i> .
6.	G15	Pembatalan perintah polar
7.	G16	Perintah koordinat polar.
8.	G17	Pemililihan pada bidang X-Y (<i>interpolasi helical</i>).
9.	G48	Menurunkan ganda <i>offset tool</i> .
10.	G52	<i>Seting local</i> koordinat benda kerja.
11.	G69	Pembatalan sumbu koordinat.
12.	G94	Kecepatan potong permenit/mm.
13.	G99	Kembali titik R.
14.	G18	Perintah memilih pada bidang Y-Z.
15.	G19	Perintah memilih pada bidang X-Z.
16.	G20	Perintah input pada satuan inch.
17.	M00	Pemberhentian program.
18.	M01	Progam opsional berhenti. 19.
19.	M05	<i>Spindle OFF</i> (spindel stop).
20.	M28	Kembali kerefrensi <i>spindle</i> .
21.	M29	Proses <i>typing</i> .
22.	M30	Akhirkan program/ <i>reset</i> .
23.	M98	Panggil sub program.
24.	M99	Akhiri sub program.

(Sumber : Syahbilla, 2023)

B. Penentuan Sumbu Y

Arah dan orientasi sumbu Y ditentukan menggunakan aturan tangan kanan setelah sumbu Z dan X telah ditetapkan. Apabila yang digunakan adalah sistem koordinat baru (Z dan X), maka penentuan sumbu Y mengikuti kaidah tangan kiri(Syahbilla, 2023).

C. Penentuan Sumbu Z

Sumbu Z merupakan arah pergerakan *spindle* yang tegak lurus terhadap permukaan meja mesin. Jika *spindle* dapat dimiringkan atau berputar mengikuti sumbu lain, maka sumbu Z dipilih pada posisi di mana spindle sejajar dengan salah

satu sumbu utama mesin, dengan prioritas posisi yang tegak lurus terhadap meja kerja(Syahbilla, 2023).

2.2.4 Gerak pemakanan

Gerak pemakanan merupakan pergerakan yang harus dilakukan oleh pahat agar dapat mengenai benda kerja. Tanpa adanya gerak pemakanan, proses pemotongan tidak akan terjadi karena pahat tidak dapat menyentuh material yang akan diproses. Gerak ini dikendalikan oleh *G-Code* atau kode program yang mengatur pergerakan alat potong, salah satunya adalah gerak *translasi* alat potong menuju permukaan benda kerja(Afriany et al., 2018).

G-Code adalah perintah yang mengatur gerak alat potong pada mesin *CNC*, termasuk perintah G02 dan G03 yang mengontrol arah putaran alat potong saat pemotongan. Perbedaan utama antara G02 dan G03 terletak pada arah putaran alat potong, G02 menyebabkan putaran searah jarum jam mendekati benda kerja, sedangkan G03 berputar berlawanan arah jarum jam. Penggunaan G02 biasanya lebih ringan secara mekanis karena sudut pemotongan yang lebih sempit, sehingga menghasilkan permukaan benda kerja yang lebih halus. Sebaliknya, G03 menghasilkan sudut pemotongan yang lebih lebar, menyebabkan pengikisan yang lebih kasar dan permukaan yang kurang halus. Penelitian pada proses *turning* dan *contour turning* bahan aluminium menunjukkan bahwa G02 cenderung memberikan hasil *surface finish* yang lebih baik dengan nilai kekasaran permukaan (*surface roughness*) yang lebih rendah dibandingkan G03, yang menghasilkan kekasaran permukaan lebih tinggi akibat arah putaran yang berlawanan jarum jam dan sudut pemotongan yang lebih besar(Abhyankar et al., 2016).

2.3 Parameter Permesinan

Dalam proses pemesinan menggunakan mesin *CNC milling*, terdapat sejumlah parameter yang berperan penting dalam menentukan kualitas hasil akhir benda kerja. Salah satu aspek kualitas yang perlu diperhatikan adalah tingkat kebulatan, terutama pada bagian cetakan yang memiliki bentuk melingkar atau kontur berbentuk bulat. Parameter yang memengaruhi hal tersebut meliputi

kedalaman potong, kecepatan potong, putaran *spindle*, dan gerak pemakanan. Pengaturan parameter-parameter ini harus dilakukan secara tepat dan sesuai dengan karakteristik material serta geometri produk, agar hasil pemesinan dapat mencapai tingkat presisi dan akurasi dimensi yang diinginkan (Syahbilla, 2023).

2.3.1 Kedalaman Pemotongan (a)

Kedalaman potong atau *depth of cut* merupakan selisih antara ketebalan awal dan akhir benda kerja, yang menjadi salah satu parameter penting dalam proses pemesinan. Semakin besar kedalaman potong yang digunakan, semakin besar pula daya yang dibutuhkan mesin untuk melakukan pemotongan, sehingga perlu dilakukan perhitungan secara tepat. Selain itu, kedalaman potong juga dipengaruhi oleh kecepatan pemakanan dan diameter pahat yang digunakan. Pada kecepatan pemakanan yang tinggi, biasanya digunakan pahat berdiameter kecil untuk menjaga kestabilan proses, sehingga kedalaman potong pun disesuaikan menjadi lebih kecil (Syahbilla, 2023). Adapun Rumus Persamaan pada 2.3 yaitu:

$$a = \frac{d_0 - d_m}{2} \quad (2.3)$$

Keterangan :

- a = Kedalamam pemakanan (mm)
- d₀ = Diameter awal (mm)
- d_m = Diameter akhir (mm)

2.3.2 Kecepatan Pemotongan (vc)

Kecepatan potong (*cutting speed*) merupakan salah satu parameter penting dalam proses pemesinan yang menentukan seberapa cepat permukaan benda kerja bersentuhan dengan pahat. Nilai kecepatan potong diperoleh dari perkalian antara keliling benda kerja dengan putaran *spindel* per menit (RPM). Dalam praktiknya, pemilihan kecepatan potong tidak hanya berdasarkan perhitungan teoritis, tetapi juga mempertimbangkan jenis material, kondisi mesin, serta karakteristik pahat yang digunakan. Pada penelitian ini digunakan pahat berbahan *Carbide*, yang dikenal memiliki ketahanan terhadap panas dan keausan yang lebih tinggi

dibandingkan pahat yang lain seperti *High Speed Steel (HSS)*, sehingga memungkinkan proses pemesinan dilakukan dengan kecepatan potong yang lebih tinggi (Syahbilla, 2023). Hal ini mendukung efisiensi dan kualitas hasil pengerjaan pada proses milling cetakan. Adapun Rumus Persamaan pada 2.4 dan kecepatan potong bahan dijelaskan pada Tabel 2.3

$$v_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (2.4)$$

Keterangan :

V_c	= Kecepatan Potong	(m/min)
π	= 3,14 nilai konstan	
d	= Diameter benda kerja	(mm)
n	= Putaran <i>spindel</i> mesin	(Rpm)

Tabel 2. 3 Kecepatan Potong Bahan
(Sumber : Syahbilla, 2023)

Bahan	Cutter Frais HSS		Cutter Frais Karbida	
	<i>m/min</i>	<i>f/min</i>	<i>m/min</i>	<i>f/min</i>
Baja lunak (<i>Mild Steel</i>)	18-21	60-70	30-250	100-800
Besi Tuang (<i>Cast Iron</i>)	14-17	45-55	45-150	150-500
Perunggu	21-24	70-80	90-200	300-700
Tembaga	45-90	150-300	150-450	500-1500
Kuningan	30-120	100-400	120-300	400-1000
Alumunium	90-150	300-500	90-180	- 600

2.3.3 Kecepatan Putaran Mesin (*Rpm*)

Sebelum menentukan kecepatan putaran mesin, terlebih dahulu perlu dihitung kecepatan potong dan keliling benda kerja. Penting untuk menyamakan satuan dari masing-masing parameter. Kecepatan potong (*Cs*) umumnya dinyatakan dalam satuan meter per menit, sementara diameter benda kerja menggunakan satuan milimeter. Oleh karena itu, untuk menyamakan satuan dalam perhitungan,

kecepatan potong dikalikan dengan 1.000 agar sesuai dalam formula perhitungan putaran mesin. Adapun rumus persamaannya pada 2.5:

$$n = \frac{1000.Cs}{\pi.d} \quad (2.5)$$

Keterangan :

- Cs = *Cutting Speed* (meter/ menit)
- a = Nilai konstanta (3,14)
- d = Diameter mata potong (mm)
- n = Putaran mesin (Rpm)

2.3.4 *Feedrate (Vf)*

Feed rate adalah laju pergerakan alat potong terhadap permukaan benda kerja selama proses pemesinan, yang diukur dalam satuan milimeter per menit (mm/menit). Nilai *feed rate* ditentukan oleh jumlah gigi pada alat potong, besarnya pemakanan per gigi, serta kecepatan putaran *spindle*. Meningkatnya *feed rate* akan mempercepat jalannya proses pemesinan. Namun demikian, apabila tidak disesuaikan secara tepat dengan parameter lain seperti kecepatan potong (*cutting speed*) dan kedalaman potong (*depth of cut*), maka tingginya *feed rate* dapat menyebabkan keausan alat potong terjadi lebih cepat, sehingga menurunkan efisiensi dan kualitas hasil pemesinan (Diki et al., 2020). Adapun rumus persamaan pada 2.6 dan rekomendasi untuk *feed per tooth* dijelaskan pada Tabel 2.4 :

$$Vf = Fz . z . n \quad (2.6)$$

Keterangan :

- Vf = *Feed rate* (mm/menit)
- Fz = *Feed per tooth* (mm)
- Z = Jumlah mata potong
- n = Rpm

2.4 Milling Fehlman p18s

Milling Fehlman p18s adalah alat yang presisi biasanya digunakan untuk memproduksi satu atau lebih alat pemotong. Mesin ini bertujuan untuk menghasilkan permukaan benda kerja yang rata dan tepat. Proses pemesinan dilakukan dengan menempatkan benda kerja di atas meja mesin atau menggunakan alat pencekam khusus, kemudian benda kerja didekatkan pada pemotong yang bergerak maju mundur untuk proses pemotongan (Ansyori, 2015). Adapun gambar *Milling Fehlman P18S* dapat dilihat pada 2.4 dan spesifikasi dijelaskan dalam Tabel 2.5



Gambar 2. 4 *Milling Fehlman P18s*

2.5 Alumunium 6061

Aluminium 6061 adalah paduan aluminium serba guna yang memiliki kekuatan tinggi dan sering digunakan dalam pembuatan cetakan. Material ini dikenal memiliki ketahanan korosi yang baik serta konduktivitas termal yang tinggi, sehingga sangat cocok untuk aplikasi cetakan injeksi plastik. Aluminium 6061 termasuk dalam kelompok paduan 6XXX, dengan komponen utama berupa aluminium, magnesium, dan silikon, yang memberikan sifat mekanis unggul serta ketahanan terhadap panas dan keausan. Selain itu, material ini sangat reaktif terhadap oksigen, membentuk lapisan pelindung alami yang mencegah korosi. Beberapa produsen juga menambahkan unsur krom dan tembaga untuk meningkatkan kekuatan serta daya tahannya terhadap kondisi ekstrem. Karakteristik ini menjadikan Aluminium 6061 pilihan utama dalam industri manufaktur, khususnya dalam pembuatan cetakan yang membutuhkan material

dengan ketahanan tinggi dan stabilitas termal yang baik(Shieddieque et al., 2023). Secara umum paduan kimia alumunium 6061 ditunjukkan Tabel 2.6

Tabel 2.6 Paduan Kimia Alumunium 6061

KOMPOSISI KIMIA	NILAI	SATUAN
Aluminium (Al)	95.65 - 98.65	%
Magnesium (Mg)	0.65 - 1.05	%
Silikon (Si)	0.25 - 0.7	%
Tembaga (Cu)	0.15 - 0.6	%
Mangan (Mn)	≤ 0.15	%
Kromium (Cr) %	0.15 - 0.25	%
Besi (Fe)	≤ 0.35	%

(Sumber : Shieddieque et al., 2023)

Tabel 2.5 Spesifikasi *Milling Fehlman P18S*

Spesifikasi	keterangan
<i>Number of axes</i>	3
<i>Min. distance spindle nose / table</i>	5 mm
<i>Max. distance spindle nose / table</i>	575 mm
<i>Table length</i>	640 mm
<i>Table width</i>	300 mm
<i>Orientable table</i>	No
<i>Digital read out</i>	ACU-RITE type 100S
<i>Number of axes Digital Read Out</i>	2
<i>Automatic tool clamping</i>	Yes
<i>Supply voltage</i>	400 V
<i>Dimensions</i>	1250 x 1100 x 185
<i>Weight</i>	650 Kg

(*Manual Milling Machine Fehlman P18S*, 2016)

2.6 Alat potong

Alat potong (*cutting tool*) adalah perangkat yang digunakan untuk menyayat atau memotong benda kerja dalam berbagai proses manufaktur (teknikmesinmanufaktur.blogspot). Alat ini berfungsi untuk menghilangkan lapisan material berlebih dari benda kerja guna mencapai bentuk, ukuran, dan akurasi yang

diinginkan. Alat potong ini biasanya digunakan pada berbagai mesin produksi, seperti mesin bubut (*turning*), mesin frais (*milling*), mesin sekrup (*shaping*), dan mesin bor (*drilling*).

Tabel 2. 4 *Feed per tooth*

Material	End mill Face Cutting Depth Max 6 mm			Shell End Mill Face Mill	Form Cutter	Slotting & Side Mill
Diameter	<12	12-25	>25	>40	-	-
Plain carbon steel	0.025	0.075	0.1	0.1-0.3	0.125	0.05-0.2
Alloy steel	0.025	0.05	0.075	0.1-0.3	0.1	0.05-0.2
Tool Steel CS 18–25 m/mnt	0.025	0.05	0.05	0.075-0.25	0.1	0.05-0.15
Tool Steel CS 05–17 m/mnt	0.025	0.05	0.05	0.075-0.2	0.075	0.05-0.125
Spring Steel	0.025	0.05	0.05	0.075-0.2	0.075	0.05-0.125
Stainless Steel						
304, 304L, 316, 316L	0.025	0.05	0.075	0.0125-0.2	0.1	0.05-0.175
410, 416	0.025	0.05	0.075	0.1-0.15	0.1	0.05-0.175
420C, 420F	0.025	0.05	0.05	0.075-0.5	0.075	0.05-0.175
440C, 440F	0.013	0.05	0.05	0.05-0.015	0.075	0.05-0.125
Copper	0.05	0.01	0.125	0.1-0.5	0.1	0.05-0.25
Lead Bronze	0.05	0.01	0.125	0.1-0.5	0.1	0.05-0.25
Phospor Bronze	0.05	0.075	0.1	0.075-0.3	0.1	0.05-0.20
Pure Aluminum	0.075	0.1	0.125	0.125-0.5	0.125	0.1-0.3
Aluminum Alloy	0.05	0.075	0.1	0.125-0.5	0.1	0.1-0.3
Cast Iron						
GG20,25	0.025	0.075	0.1	0.125-0.4	0.125	0.05-0.25
GG 30,45,60	0.025	0.05	0.075	0.1-0.3	0.1	0.05-0.2
GGs 65,80	0.025	0.05	0.05	0.05-0.2	0.075	0.05-0.125

(Sumber : Mulyadi at Al, 2022)

2.6.1 Cutter Carbide

Dalam proses pemesinan menggunakan mesin *CNC milling*, *cutter* berbahan *carbide* merupakan alat potong dengan tingkat presisi tinggi yang dibuat dari material komposit yang disebut *cemented carbide*. Material ini merupakan kombinasi antara partikel keras seperti *tungsten carbide (WC)* dengan logam pengikat, biasanya *kobalt (Co)*. Karakteristik utama dari bahan ini adalah kekerasannya yang tinggi, daya tahan aus yang sangat baik, serta kemampuannya untuk tetap tajam meskipun bekerja pada suhu tinggi selama proses pemotongan, sehingga sangat cocok digunakan untuk pemesinan cepat maupun pada material yang sulit diproses seperti baja tahan karat dan logam paduan (Vornberger et al., 2020). Mikrostruktur dari alat ini terdiri dari butiran karbida yang dipadatkan (*disinter*) dalam matriks logam, di mana ukuran butiran *WC* serta persentase

kandungan *kobalt* secara langsung memengaruhi sifat mekanik seperti kekerasan, ketangguhan, serta umur pemakaian alat(Singh Parihar et al., 2021).

Cutter carbide memiliki keunggulan yang signifikan dibandingkan alat potong dari baja kecepatan tinggi (*HSS*), terutama dalam hal kemampuan pemotongan pada kecepatan tinggi, hasil akhir yang lebih halus, dan masa pakai yang lebih lama. Untuk meningkatkan performa alat, cutter jenis ini sering diberikan lapisan pelindung seperti *Titanium Aluminium Nitride (TiAlN)*, yang berfungsi untuk meningkatkan ketahanan terhadap panas dan oksidasi selama proses kerja(Zamri et al., 2024). Saat ini, *cutter carbide* telah menjadi elemen penting dalam industri manufaktur modern karena mampu mendukung efisiensi produksi dan menjaga presisi dimensi dalam berbagai jenis operasi pemesinan berbasis *CNC*. Gambar pahat *Insert Carbide* dapat dilihat pada 2.5.



Gambar 2. 5 Pahat *Insert Carbide*
(Sumber : <http://www.eg-hardmetal.com>)

Pengembangan *cutter carbide* sesuai *International Organization for Standardization (ISO)*, seperti pada Tabel 2.6:

Tabel 2.7 Klasifikasi Alat Potong *Carbide*

Kode ISO		Keterangan
P	Biru	Untuk memotong material yang umum, membentuk tatal panjang seperti baja karbon dan baja paduan rendah
M	Kuning	Untuk memotong logam-logam ferro yang membentuk tatal panjang dan pendek, seperti baja tahan karat
K	Merah	Untuk memotong logam-logam ferr,logam-logam non ferro dan material bukan logam yang membentuk tatal pendek seperti besi tuang, kuningan dan lain-lain

(Sumber : Arfendi, 2021)

2.6.2 Jenis Cutter Carbide

Dalam kegiatan pemesinan menggunakan mesin *CNC milling*, *cutter* berbahan *carbide* tersedia dalam berbagai desain dan tipe, masing-masing disesuaikan dengan kebutuhan spesifik dari proses pemotongan yang dijalankan. Pemilihan jenis *cutter* yang sesuai tidak hanya berpengaruh terhadap kecepatan dan efisiensi kerja, tetapi juga berdampak pada masa pakai alat serta kualitas permukaan akhir dari benda kerja. Berikut ini merupakan beberapa tipe *cutter carbide* yang paling umum digunakan dalam industri manufaktur:

2.6.3 End Mill

End mill salah satu tipe *cutter* yang paling sering digunakan dalam mesin *CNC*. Alat ini dilengkapi dengan mata potong di bagian ujung dan sepanjang sisi samping, memungkinkan proses pemotongan berlangsung secara aksial dan radial. *End mill* sering diaplikasikan untuk pekerjaan seperti pembuatan alur (*slot*), kantong (*pocket*), dan pemotongan profil dua hingga tiga dimensi. Tipe ini tersedia dalam berbagai bentuk seperti *flat-end*, *ball-end*, dan *corner-radius*. Gambar *End Mill* dapat dilihat pada 2.6.



Gambar 2. 6 End Mill

2.6.4 Ball End Mill

Cutter ini memiliki ujung yang berbentuk setengah bola, dan sangat efektif untuk pemesinan kontur kompleks tiga dimensi, terutama dalam pembuatan cetakan atau komponen berpermukaan lengkung. Jenis ini menghasilkan transisi halus dan banyak digunakan pada tahap *finishing* permukaan bentuk lengkung. Gambar *Ball End Mill* dapat dilihat pada 2.7.



Gambar 2. 7 Ball Nose

2.6.5 Face Mill

Face mill difungsikan untuk meratakan permukaan datar pada benda kerja secara efisien. Mata potong terletak di bagian bawah dan sisi alat. *Cutter* ini sangat cocok untuk penghilangan material dalam jumlah besar pada permukaan yang luas dan sering digunakan dalam operasi *roughing*. Gambar *Face Mill* dapat dilihat pada 2.8.



Gambar 2. 8 Face Mill

2.6.6 Single lip 90 Derajat

Single Lip Cutter 90 derajat salah satu alat potong pada mesin *CNC milling* yang memiliki satu sisi tajam untuk menghasilkan detail presisi, terutama pada aluminium 6061. Sudut potong 90 derajat efektif menciptakan sudut tajam dengan hasil permukaan yang halus dan getaran minimal. Biasanya terbuat dari *carbide*, *cutter* ini tahan lama dan mempertahankan ketajaman saat bekerja pada kecepatan tinggi (Zamri et al., 2024). Gambar *Single Lip 60 Derajat* dapat dilihat pada 2.9.



Gambar 2. 9 Single Lip 60 Derajat

2.6.7 Drill

Alat potong ini digunakan untuk pengeboran dengan tingkat ketelitian tinggi pada benda kerja. Alat ini beroperasi dengan berputar cepat dan memotong

material sesuai ukuran lubang yang dibutuhkan. Biasanya, *Drill* terbuat dari bahan *carbide* yang kuat dan tahan lama, sehingga tetap tajam meskipun digunakan pada kecepatan dan tekanan tinggi. Penggunaan mata bor ini sangat efektif untuk menghasilkan lubang yang presisi dan bersih, khususnya pada material aluminium 6061. Gambar *Drill* dapat dilihat pada 2.10.



Gambar 2. 10 *Drill*

2.7 *Guide Pin*

Material *stainless steel* tipe *SUS440C* sering dipilih sebagai bahan utama untuk *guide pin* pada cetakan karena memiliki tingkat kekerasan yang tinggi setelah perlakuan panas, yakni sekitar 58–60 *HRC*, serta menawarkan ketahanan korosi yang unggul. Karakteristik ini menjadikannya ideal untuk menjaga keselarasan antar bagian cetakan yang sering mengalami kontak berulang dan bekerja dalam lingkungan yang lembap. Bagian kepala *guide pin* biasanya dibuat lebih ulet melalui proses *annealing*, sementara bagian batangnya dikeraskan sepenuhnya untuk meningkatkan ketahanan terhadap aus. Penggunaan *SUS440C* secara signifikan mendukung ketahanan komponen, mempertahankan akurasi dalam proses cetak, serta mengurangi kerusakan akibat keausan, menjadikannya lebih unggul dibanding material lain seperti SKH51 atau SKD61 dalam hal ketahanan lingkungan dan performa jangka Panjang(Misumi,2021). Gambar *Guide Pin Stenless Steel SUS440C* dapat dilihat pada 2.11.



Gambar 2. 11 *Guide Pin Stenless Steel SUS440C*
(Sumber : <https://id.lksteelpipe.com>)

2.8 Plastik *Polyethylene Terephthalate (PET)*

Plastik adalah *polimer hidrokarbon* dengan rantai panjang yang tersusun dari jutaan monomer yang saling terhubung, dan tidak dapat dipecah oleh mikroorganisme, sehingga memerlukan pengelolaan khusus (Wega Trisunaryanti.,2018). Plastik dikenal karena kekuatan, ringan, kelenturan, dan ketahanannya terhadap *korosi*, serta kemampuannya untuk dibentuk sesuai kebutuhan. Namun, karena plastik sulit mengalami proses peluruhan alami, penumpukan limbah plastik berpotensi menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan dan kesehatan manusia jika tidak dikelola secara tepat.

Salah satu jenis plastik yang paling umum digunakan adalah *Polyethylene Terephthalate (PET)*, yaitu plastik *termoplastik* yang sering dipakai sebagai bahan kemasan di industri minuman. *PET* memiliki sifat ringan, kuat, transparan, dan tahan terhadap gas serta kelembaban, sehingga banyak dipilih untuk berbagai kemasan. Meski demikian, peningkatan penggunaan *PET*, terutama dalam bentuk botol, menimbulkan persoalan dalam pengelolaan limbahnya. Karena sulit terurai secara alami, limbah *PET* dapat mencemari lingkungan dan merugikan ekosistem jika tidak ditangani dengan benar. Namun, *PET* memiliki keunggulan dalam kemampuannya untuk dilelehkan pada suhu antara 250 sampai 260 °C, yang memungkinkan limbah ini didaur ulang menjadi produk bernilai ekonomis (Khumaini et al., 2020). Gambar Plastik *Polyethylene Terephthalate (PET)* dapat dilihat pada 2.12.



Gambar 2. 12 Plastik *Polyethylene Terephthalate (PET)*
(Sumber : <https://news.republika.co.id>)

Pengolahan limbah *PET* dalam manufaktur tidak hanya berfungsi sebagai cara pengelolaan sampah, melainkan juga memberikan sumbangsih penting bagi pembangunan yang berkelanjutan dengan mengurangi penggunaan bahan plastik

baru berbasis fosil. Produk daur ulang *PET* dapat mengurangi dampak karbon sekaligus memberikan keuntungan ekonomi yang berkelanjutan bagi masyarakat. Sejalan dengan hal tersebut, pada tugas akhir ini memanfaatkan limbah botol *PET* sebagai bahan dasar pembuatan souvenir melalui proses manufaktur yang efisien dan ramah lingkungan. Pendekatan ini mengintegrasikan inovasi dalam pengelolaan limbah dengan teknologi manufaktur mutakhir untuk menghasilkan produk berkualitas sekaligus mendukung prinsip keberlanjutan lingkungan (Badruzzaman et al., 2023). Adapun karakteristik plastik jenis *Polyethylene Terephthalate* dalam Tabel 2.8

Tabel 2.8 Karakteristik plastik *Polyethylene Terephthalate*

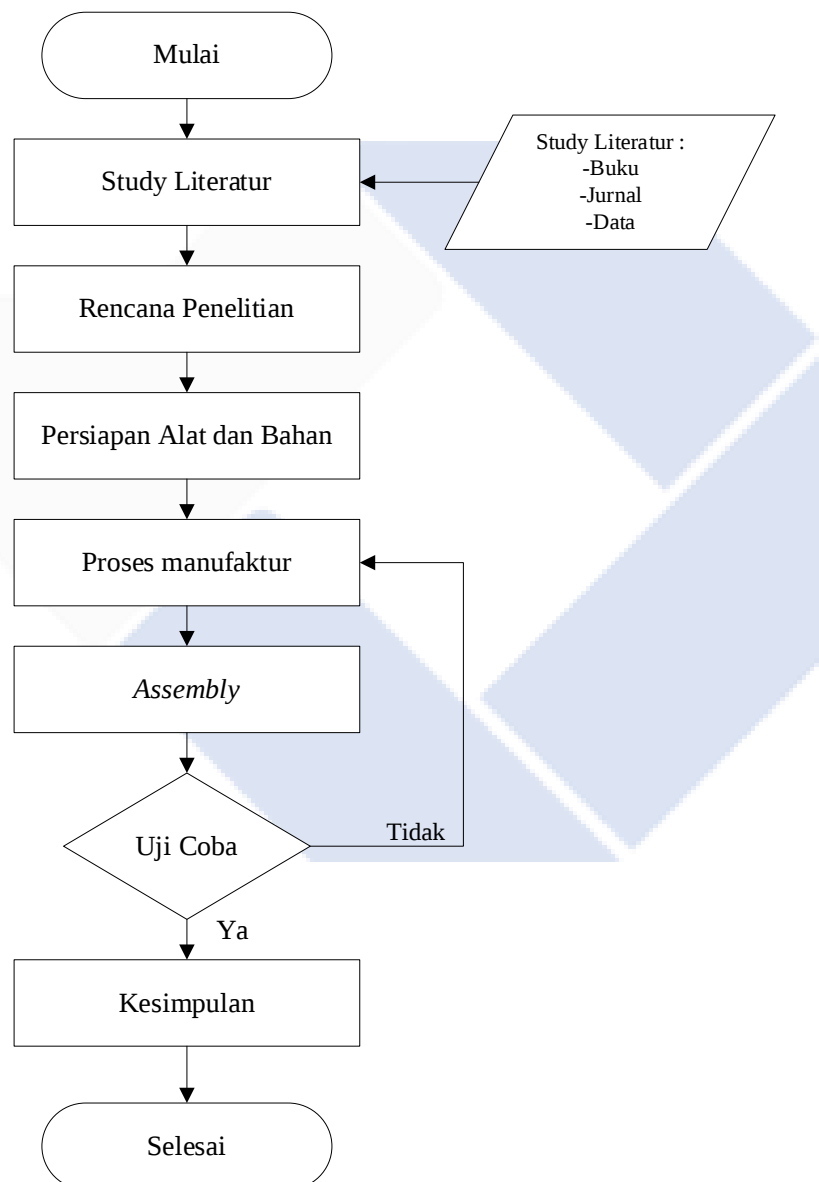
No.	Indikator	Nilai
1.	Temperatur leleh	70 °C -80 °C
2.	Temperatur lebur	200 °C-260 °C
3.	Kepadatan	1,38 gr/cm ³
4.	Jenis Kalor	3,472 j/kg

(Sumber : Badruzzaman et al., 2023)

BAB III

METODE PELAKSANAAN

Tahapan proses penelitian yang akan dilaksanakan disusun secara sistematis guna memastikan setiap langkah berjalan terarah dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Adapun urutan kegiatan dimulai dari Perencanaan hingga evaluasi. Tahapan proses tersebut dapat dilihat pada diagram alir 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.1 Study Literatur

Pada tahap awal, dilakukan pengumpulan data yang dilakukan secara sistematis melalui study literatur guna membangun dasar teori yang kuat untuk mendukung proses pembuatan cetakan *souvenir* berlogo Ikatan Alumni Polman Timah Bangka Belitung. Data yang dihimpun mencakup berbagai aspek, seperti teknik pemesinan menggunakan *CNC Milling*, sifat material aluminium 6061 yang digunakan sebagai bahan cetakan, spesifikasi alat potong berbahan *carbide*, serta cara kerja mesin *injection molding* skala kecil yang digunakan dalam proses pencetakan produk. Sumber informasi diperoleh dari literatur teknik seperti buku manufaktur, jurnal ilmiah, prosiding seminar, artikel daring terpercaya, dan hasil penelitian sebelumnya yang relevan.

Studi literatur ini juga membahas penggunaan perangkat lunak *CAM SolidWorks* yang berperan penting dalam mendukung proses manufaktur, terutama dalam pembuatan jalur pemotongan (*toolpath*), simulasi proses pemesinan, serta konversi model desain menjadi kode *CNC G-code* yang digunakan pada mesin milling. Tujuan dari tahapan ini adalah untuk menyediakan acuan teknis yang tepat dalam setiap tahapan proses manufaktur, mulai dari mengeluarkan *G-code* sampai permesinan langsung di *CNC Milling*, sehingga menghasilkan cetakan yang memiliki tingkat presisi tinggi, kualitas baik, dan sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan.

3.2 Rencana Penelitian

Tahapan berikutnya ialah merencanakan penelitian ini dimulai dari simulasi permesinan melalui perangkat lunak *CAM di Solidworks*, di mana hasil desain cetakan yang telah dirancang dianalisis jalur pahatnya untuk menentukan strategi pemotongan yang paling efisien dan aman. Simulasi ini mempertimbangkan jenis pahat, kecepatan pemotongan, serta lintasan pahat guna meminimalkan kesalahan selama proses manufaktur aktual. Setelah simulasi selesai dan hasilnya dinyatakan optimal, tahap selanjutnya adalah pembuatan *G-Code* yang berisi instruksi pergerakan mesin *CNC Milling* secara otomatis berdasarkan hasil simulasi sebelumnya di *Solidworks*. *G-Code* ini kemudian digunakan dalam proses

manufaktur di mesin *CNC milling Lagun MC-750* untuk memotong material aluminium 6061 sesuai dengan desain cetakan. Selama proses ini, dilakukan pengawasan terhadap dimensi dan kualitas hasil pemesinan untuk memastikan bahwa cetakan yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi desain dan dapat digunakan dalam tahap produksi selanjutnya secara presisi dan efisien.

3.3 Persiapan Alat Dan Bahan

Tahap persiapan alat dan bahan merupakan langkah krusial sebelum memulai proses manufaktur cetakan *souvenir* logo Ikatan Alumni Polman Timah Bangka Belitung. Pada tahap ini, dilakukan pengecekan menyeluruh terhadap kesiapan mesin *CNC Milling Lagun MC-750* yang akan digunakan, serta perlengkapan pendukung lainnya seperti alat potong berbahan *carbide*, sistem *clamping*, dan perangkat kerja lainnya untuk memastikan semuanya dalam kondisi optimal dan siap untuk digunakan. Selain itu, bahan baku seperti aluminium 6061 yang telah dipilih sebagai material cetakan juga dipersiapkan dengan teliti, termasuk pengecekan ukuran dan sifat material agar sesuai dengan spesifikasi desain cetakan yang telah ditentukan. Persiapan yang matang ini bertujuan untuk memastikan kelancaran proses pemesinan, mengurangi potensi kesalahan dalam pembuatan cetakan, serta meningkatkan efisiensi dan akurasi hasil produksi yang sesuai dengan standar yang direncanakan.

3.3.1 Alat

Adapun alat dan bahan untuk menunjang dalam proses tugas akhir ini dengan kebutuhan sebagai berikut :

1. Laptop

Dalam penelitian ini, laptop berperan krusial dalam mendukung proses manufaktur, mulai dari simulasi permesinan hingga pembuatan *G-code CNC*. Laptop digunakan untuk menjalankan simulasi jalur pemesinan guna memastikan efisiensi dan akurasi proses sebelum diterapkan pada mesin *CNC* yang sebenarnya. Selain itu, perangkat lunak *CAM* pada laptop berfungsi untuk menghasilkan *G-code*

berdasarkan desain cetakan, yang kemudian menjadi instruksi utama bagi mesin *CNC* dalam proses pemesinan. Gambar Laptop dapat dilihat pada 3.2.



Gambar 3. 2 Laptop

2. *Software Computer Aided Manufacturing (CAM)*

SolidWorks students version 2020 digunakan sebagai *software CAM* untuk mensimulasikan permesinan dan menghasilkan *G-code CNC*. Proses ini dimulai dengan pembuatan jalur pahat (*toolpath*) berdasarkan desain cetakan, yang kemudian dikonversi menjadi *G-code* melalui fitur *CAM* bawaan *SolidWorks*. *G-code* ini berisi instruksi pergerakan alat potong pada mesin *CNC milling Lagun MC-750*, memastikan efisiensi, akurasi, dan kualitas cetakan sebelum diproses secara nyata. Gambar *Software Solidworks Student Version 2020* dapat dilihat pada 3.3.



Gambar 3. 3 *Software Solidworks*

3. *Mesin CNC Milling Lagun MC-750*

Mesin *CNC Milling* yang digunakan yaitu *CNC Milling Lagun MC-750* untuk proses pemesinan cetakan dengan tingkat presisi tinggi. Mesin ini bekerja berdasarkan *G-code* yang dihasilkan dari perangkat lunak *CAM* yang mengatur pergerakan alat potong sesuai jalur pahat (*toolpath*) yang telah disimulasikan. Dengan sistem kontrol numerik, mesin *CNC* memastikan setiap proses pemotongan berlangsung akurat, efisien, dan sesuai dengan desain cetakan yang dirancang. Gambar mesin *CNC Milling Lagun MC-750* dapat dilihat pada 3.4 dan spesifikasi dapat dilihat pada Tabel 3.1.



Gambar 3. 4 Mesin *CNC Milling Lagun MC-750*

Tabel 3. 1 Spesifikasi Mesin *Milling Lagun MC-750*

<i>Faktor</i>	<i>Keterangan</i>
<i>Manufacturer</i>	Lagun
<i>Model</i>	MC-750
<i>Year of Manufacture</i>	1997
<i>Axes (X-Y-Z)</i>	750x410x510 mm
<i>Table height form the floor</i>	750 mm
<i>Table dimensions</i>	900x400 mm
<i>Min/ max distance from spindle to table</i>	150-600 mm
<i>Distance between table centre and column</i>	195-605 mm
<i>Distance from centre axis to the column</i>	400 mm
<i>Max table weight</i>	450 kg
<i>Spindle cone</i>	MAS-403-BT 40
<i>Spindle speed</i>	60-6000 rpm
<i>Precision positioning</i>	+/- 0.005 mm
<i>Repeatability</i>	+/- 0.005 mm

(Sumber .www.wotol.com)

4. Mesin Gergaji Potong

Mesin gergaji potong yang digunakan adalah *DoAL Model C-916*, berperan sebagai alat bantu untuk memotong benda kerja secara presisi. Mesin ini banyak dimanfaatkan dalam kegiatan industri atau bengkel kerja untuk memotong berbagai jenis material sesuai dengan ukuran dan bentuk yang dibutuhkan. Gambar mesin Gergaji Potong dapat dilihat pada 3.5.



Gambar 3. 5 Mesin Gergaji *Do AL* Model C-916

5. Cetakan

Cetakan adalah alat yang digunakan untuk membentuk produk akhir dalam proses manufaktur. Cetakan dapat dibuat bahan Alumunium 6061 dan terdiri dari dua bagian utama, yaitu cetakan atas (*cavity*) dan cetakan bawah (*core*), yang bersama-sama membentuk produk sesuai dengan desain yang diinginkan. Gambar cetakan *Core* dan *Cavity* dapat dilihat pada 3.6.



Gambar 3. 6 Cetakan *Core* dan *Cavity*

6. *Mini Ragum*

Mini ragum memiliki fungsi utama sebagai mekanisme penekanan terhadap cetakan selama berlangsungnya proses pencetakan produk, sehingga memastikan kestabilan dan presisi bentuk hasil cetakan dengan mengoptimalkan tekanan yang diberikan guna mencegah pergeseran atau ketidaksesuaian dimensi pada produk akhir. Gambar *Mini Ragum* dapat dilihat 3.7.



Gambar 3. 7 *Mini Ragum*

7. *Skrap*

Skrap berfungsi untuk mempermudah pembukaan cetakan setelah proses pencetakan, memastikan pelepasan yang efisien tanpa merusak hasil cetakan. Gambar *Skrap* dapat dilihat 3.8.



Gambar 3. 8 *Skrap*

(Sumber : www.lonroy.com)

8. Kuas

Kuas berfungsi untuk menghilangkan sisa potongan atau gram hasil pemesinan, menjangkau area sulit, serta menjaga kebersihan dan presisi benda kerja agar kualitas dan kelancaran proses manufaktur tetap terjaga. Gambar *Kuas* dapat dilihat 3.9.



Gambar 3. 9 Kuas

(Sumber : <https://mitracahaya.com>)

9. *Cutter*

Cutter berfungsi untuk memotong dan merapikan sisa material hasil cetakan serta memastikan produk hasil cetakan yang presisi dan rapi. Gambar *Cutter* dapat dilihat 3.10.



Gambar 3. 10 *Cutter*

10. Gerinda Tangan Kecil

Pada tugas akhir ini , gerinda tangan kecil digunakan untuk mengikis sisa-sisa plastik hasil pelelehan dari cetakan serta melakukan *finishing* pada bagian yang tidak diperlukan dalam pengujian spesimen. Gambar *Gerinda Tangan Kecil* dapat dilihat 3.11.



Gambar 3. 11 Gerinda Tangan Kecil

(Sumber : <https://www.monotaro.id>)

11. Jangka Sorong

Pada tugas akhir ini, jangka sorong digunakan untuk mengukur produk berdasarkan geometri, termasuk dimensi dan ketebalan, guna memastikan kesesuaiannya dengan desain yang telah dibuat. Gambar Jangka Sorong dapat Dilihat pada 3.12.



Gambar 3. 12 Jangka Sorong

12. Timbangan

Pada tugas akhir ini, Timbangan berfungsi untuk mengukur berat limbah Plastik yang digunakan sebelum dilakukan proses pemanasan pada mesin *Mini Injection Molding*. Gambar Timbangan dapat Dilihat pada 3.13.



Gambar 3. 13 Timbangan

(Sumber : www.tokopedia.com)

13. Kikir dan Amplas

Pada tugas akhir ini, kikir berfungsi untuk meratakan bagian kasar, menghilangkan *burr*, dan merapikan detail cetakan setelah dilakukan proses manufaktur, sedangkan amplas digunakan untuk menghaluskan permukaan dan menghilangkan goresan agar cetakan siap digunakan. Gambar kikir dan amplas dapat Dilihat pada 3.14



Gambar 3. 14 Kikir dan Amplas

14. Face Mill

Pada tugas akhir ini, *Face Mill* diameter 50 mm berbahan *Carbide* digunakan untuk meratakan permukaan cetakan dengan cara menghilangkan material dalam jumlah besar secara efisien. Alat potong ini dilengkapi dengan insert karbide yang terpasang di bagian bawah dan sisi alat, yang bekerja secara bersamaan untuk memotong material Aluminium 6061. *Carbide*, yang dikenal

memiliki ketahanan terhadap aus dan suhu tinggi, memungkinkan *Face Mill* untuk mempertahankan ketajaman mata potong meskipun digunakan pada proses pemotongan dengan kecepatan tinggi. Dengan pengaturan parameter yang tepat, seperti *depth of cut* dan kecepatan *spindle*, *Face Mill* dapat menghasilkan pemotongan yang presisi, menciptakan permukaan cetakan yang halus dan bebas cacat, sehingga mempercepat proses manufaktur sambil memastikan kualitas cetakan tetap sesuai dengan desain. Gambar *Face Mill* Dapat dilihat pada 3.15



Gambar 3. 15 *Face Mill Cutter*

15. *End Mill*

Pada tugas akhir ini, *End Mill* dengan diameter 8 mm berbahan *Carbide* digunakan untuk memotong detail cetakan dengan tingkat presisi yang tinggi. Alat potong ini memiliki mata yang terletak di ujung dan sepanjang sisi alat, memungkinkan pemotongan aksial dan radial pada material Aluminium 6061. Karbide memiliki kekerasan tinggi dan ketahanan terhadap keausan serta suhu tinggi, *End Mill* ini mampu mempertahankan ketajaman meskipun digunakan pada kecepatan pemotongan yang tinggi. Dengan pengaturan parameter yang tepat, seperti *depth of cut* dan kecepatan *spindle*, *End Mill* ini dapat melakukan pemotongan dengan presisi tinggi, menghasilkan permukaan cetakan yang halus dan meningkatkan efisiensi serta kualitas dalam proses pembuatan cetakan. Gambar *End Mill Cutter* dapat dilihat pada 3.16



Gambar 3. 16 *End Mill Cutter*

16. *Single Lip 90 Derajat*

Pada tugas akhir ini, *Single Lip 90 derajat* digunakan untuk memotong profil logo Ikatan Alumni Polman Timah Bangka Belitung pada cetakan dengan akurasi tinggi. Alat potong ini, yang biasanya terbuat dari bahan *Carbide*, memiliki kekerasan dan ketahanan aus yang sangat baik, sehingga mampu mempertahankan ketajamannya meskipun digunakan pada kecepatan pemotongan yang tinggi. *Single Lip 90 derajat* bekerja dengan satu sisi tajam untuk memotong material Aluminium 6061, menghasilkan pemotongan yang halus dan presisi. Dengan pengaturan yang tepat pada parameter seperti *depth of cut* dan kecepatan *spindle*, *Single Lip 90 derajat* dapat meratakan permukaan cetakan dengan cepat dan memastikan kualitas cetakan tetap sesuai dengan desain yang telah ditentukan. Gambar *Single Lip 90 derajat* dapat dilihat pada 3.17.



Gambar 3. 17 *Single Lip 90 derajat*

17. *Drill*

Pada tugas akhir ini, *Drill* digunakan untuk melakukan pengeboran pada cetakan dengan akurasi yang tinggi. Alat potong ini terbuat dari bahan *Carbide*, yang terkenal akan kekerasannya dan ketahanannya terhadap keausan, sehingga tetap tajam meskipun digunakan pada kecepatan tinggi. *Drill* bekerja dengan cara memutar dan mendorong alat potong ke dalam material Aluminium 6061 untuk membuat lubang dengan dimensi yang presisi. Dengan pengaturan parameter yang tepat, seperti *feed rate* dan kecepatan *spindle*, *drilling cutter* menghasilkan pengeboran yang presisi, bebas cacat, dan sesuai dengan desain cetakan yang diinginkan, serta mempercepat proses manufaktur secara keseluruhan. Gambar *Drill* dapat dilihat pada 3.18.



Gambar 3. 18 *Drill*

18. *Ball End Mill*

Pada tugas akhir ini, *Ball End Mill* digunakan untuk memotong cetakan dengan bentuk kontur melengkung, menciptakan permukaan yang halus dan presisi. Alat potong ini terbuat dari bahan *Carbide*, yang terkenal dengan kekerasan dan ketahanan terhadap keausan, sehingga dapat mempertahankan ketajamannya meskipun digunakan pada kecepatan tinggi. *Ball end mill* bekerja dengan ujung berbentuk bola yang memudahkan pemotongan bentuk tiga dimensi pada material Aluminium 6061, ideal untuk pembuatan detail rumit dan permukaan lengkung. Dengan pengaturan parameter yang tepat, seperti *depth of cut* dan *kecepatan spindle*, *Ball End Mill* memastikan hasil pemotongan yang presisi dan halus, menjamin cetakan yang sesuai dengan desain yang telah ditetapkan. Gambar *Ball End Mill* dapat dilihat pada 3.19.



Gambar 3. 19 *Ball End Mill*

19. *DNC Device*

Pada tugas akhir ini, digunakan perangkat *DNC (Direct Numerical Control)* merek Titan untuk mentransfer program *CNC* dari komputer ke mesin *CNC Milling Lagun MC 750* secara efisien dan akurat. Program *CNC* dibuat menggunakan *SolidWorks*, kemudian disimpan dalam *flash disk* dan dipindahkan ke mesin melalui port *USB*. Meskipun tidak menggunakan koneksi langsung seperti *DNC* konvensional berbasis kabel RS-232, metode ini tetap berfungsi sebagai penghubung data numerik antara komputer dan mesin. Penggunaan *flash disk* mempermudah proses transfer, mengurangi kesalahan input manual, serta mendukung fleksibilitas pengelolaan program. Kombinasi *DNC Titan*, *SolidWorks*, dan mesin *CNC Lagun MC 750* membantu mempercepat proses pemesinan dengan hasil yang presisi sesuai desain. Gambar *DNC Device* dapat dilihat pada 3.20.



Gambar 3. 20 DNC Device Titan

20. Kabel RS-232 db 9 Female to Female

Pada tugas akhir ini, kabel RS-232 db 9 Female to Female digunakan untuk menyambungkan antara mesin CNC Lagun MC-750 ke DNC device Titan yang nantinya akan digunakan untuk mentransfer G-Kode ke mesin CNC Lagun MC-750. Gambar Kabel RS-232 db 9 Female to Female dapat dilihat pada 3.21.



Gambar 3. 21 Kabel RS-232 db 9 Female to Female

21. Flash Disk

Pada tugas akhir ini, flash disk 16 gb digunakan untuk menyimpan G-kode Nc dari Software dilaptop untuk ditransfer ke DNC Device Titan hasil G-kode Nc. Gambar Flashdisk dapat dilihat pada 3.22.



Gambar 3. 22 Flash Disk

22. Mesin Milling Fehlman P18s

Pada tugas akhir ini, mesin Milling Fehlman P18s digunakan untuk melakukan pemotongan sisi cetakan untuk membentuk dimensi yang telah ditentukan menggunakan end mill 16 mm berbahan Carbide. Gambar Flashdisk dapat dilihat pada 3.23.



Gambar 3. 23 Mesin *Milling Fehman P18s*

23. Palu Karet

Pada tugas akhir ini, palu karet digunakan untuk membantu membuka tool pada mesin saat dilakukan pergantian dengan tool yang baru. Penggunaan palu karet dipilih karena dapat memberikan tekanan yang cukup tanpa merusak permukaan holder maupun komponen mesin. Gambar palu karet dapat dilihat pada 3.24.



Gambar 3. 24 Palu karet

24. Kunci L 12

Pada tugas akhir ini, kunci L ukuran 12 digunakan untuk membuka ragum saat proses pelepasan benda kerja dari meja mesin. Alat ini berfungsi sebagai pengunci dan pembuka rahang ragum, sehingga memudahkan dalam mengamankan atau melepas benda kerja secara efisien. Gambar kunci L 12 dapat dilihat pada 3.25.



Gambar 3. 25 Kunci L 12

25. *Pararel Pet* 12 x 30

Pada tugas akhir ini, paralel pet digunakan sebagai penganjal atau alas bantu untuk menopang benda kerja saat proses pemesinan berlangsung pada mesin *CNC Milling Lagun MC-750*. Penggunaan paralel pet ini bertujuan agar posisi benda kerja tetap sejajar dan stabil, serta mencegah kontak langsung antara benda kerja dengan permukaan meja mesin. Gambar *Pararel Pet* dapat dilihat pada 3.26.



Gambar 3. 26 Pararel pet

26. *Collet*

Pada tugas akhir ini, *collet* berfungsi sebagaiudukan untuk memasang mata potong, yang tersedia dalam berbagai ukuran diameter sesuai jenis dan kebutuhan pemesinan. *Collet* ini digunakan bersama dengan *tool holder*, membentuk satu kesatuan yang memastikan mata potong terpasang dengan kuat dan presisi pada *spindle mesin*. Gambar *Collet* dapat dilihat pada 3.27.



Gambar 3. 27 *Collet*

27. Kunci *Collet*

Kunci *collet* pada tugas akhir ini digunakan untuk melepas *collet* saat dilakukan pergantian mata potong. Alat ini berfungsi untuk mengendurkan atau mengencangkan *collet* yang terpasang pada *tool holder*, sehingga proses pergantian *tool* dapat dilakukan dengan aman dan efisien. Gambar Kunci *Collet* dapat dilihat pada 3.28.



Gambar 3. 28 Kunci *collet*

28. *Holder BT-40*

Pada tugas akhir ini, *Holder tipe BT 40* digunakan sebagaiudukan utama untuk memasang *collet* dan mata potong. Komponen ini berperan penting dalam menghubungkan alat potong dengan *spindle* mesin, serta memastikan kestabilan dan kekakuan selama proses pemesinan berlangsung. Gambar *Holder BT-40* dapat dilihat pada 3.29.



Gambar 3. 29 *Holder BT 40*

29. *Centre Finder*

Pada tugas akhir ini, *centre finder* digunakan untuk menyeting titik nol koordinat X dan Y pada benda kerja sebelum proses pemesinan dilakukan pada mesin *CNC Milling Lagun MC-750*. Alat ini berfungsi untuk memastikan posisi referensi awal benda kerja berada pada titik yang tepat sesuai dengan program *CNC* yang telah dirancang. Gambar *Centre Finder* dapat dilihat pada 3.30.



Gambar 3. 30 *Center Finder*

30. *Thermogun Industri*

Pada tugas akhir ini, *thermogun industri* digunakan untuk memeriksa suhu permukaan material saat dilakukan uji coba cetakan. Alat ini berfungsi untuk memastikan bahwa suhu pencairan dan penuangan material berada dalam kisaran yang sesuai dengan karakteristik material plastik *PET* yang digunakan. Gambar *Thermogun Industri* dapat dilihat pada 3.31.



Gambar 3. 31 *Thermogun Industri*

3.3.2 Bahan

Berikut alat yang digunakan selama proses tugas akhir berlangsung sebagai berikut :

1. Alumunium 6061

Aluminium 6061 digunakan sebagai material cetakan karena memiliki kekuatan tinggi, ketahanan korosi, dan kemudahan dalam proses pemesinan, sehingga ideal untuk menghasilkan cetakan yang presisi dan tahan lama. Gambar Alumunium 6061 dapat dilihat pada 3.32.



Gambar 3. 32 Alumunium 6061

2. Limbah Plastik *Polyethylene Terephthalate* (*PET*)

Dalam tugas akhir ini, botol minuman berbahan *PET* dipilih sebagai referensi karena merupakan salah satu sumber limbah plastik terbesar dan mudah ditemukan di lingkungan sekitar, serta memiliki potensi untuk didaur ulang menjadi bahan baku dalam proses manufaktur berkelanjutan dan mendukung prinsip keberlanjutan lingkungan. Gambar Limbah Plastik *Polyethylene Terephthalate* (*PET*) dapat dilihat pada 3.33.



Gambar 3. 33 Limbah Plastik *Polyethylene Terephthalate (PET)*
(Sumber : <https://news.republika.co.id>)

3. Minyak Kelapa Sawit

Minyak kelapa sawit ialah minyak nabati yang diperoleh dari ekstraksi buah kelapa sawit. Dalam proses manufaktur, minyak ini digunakan untuk melapisi cetakan sebelum proses injeksi guna mempermudah pelepasan suvenir gantungan kunci dan mencegah produk menempel pada cetakan. Gambar Minyak Kelapa Sawit dapat dilihat pada 3.34.



Gambar 3. 34 Minyak Kelapa Sawit

3.4 Proses Manufaktur

Pada proses manufaktur cetakan, tahapan diawali dengan pembuatan jalur alat potong (*toolpath*) yang nantinya akan dikonversi menjadi *G-code* menggunakan perangkat lunak *SolidWorks CAM Student Version 2020*, dengan memanfaatkan fitur *Pocket* yaitu *Roughing* untuk pemakanan kasar, *Contour* untuk *finishing*, serta *Drill* untuk pengeboran. Setelah *G-code* selesai dan disimpan ke dalam *flashdisk*, dilakukan pemotongan bahan cetakan menggunakan mesin gergaji potong *DoAL Model C-916*, kemudian hasil potong diratakan melalui pemakanan sisi menggunakan mesin *Milling Fehman P18S* guna memperoleh dimensi awal mendekati 102 mm × 89 mm. Proses selanjutnya adalah pemesinan menggunakan

mesin *CNC Milling Lagun MC-750* di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, yang mencakup tahapan pemakanan kasar (*roughing*), finishing *Pocket* dengan *Contour*, dan dilanjutkan dengan pembuatan *runner*, saluran pembuangan, serta pengeboran. Setelah seluruh tahapan pemesinan selesai, dilakukan proses *finishing* akhir pada sisi cetakan untuk mencapai ukuran sesuai rancangan, yaitu 100 mm × 85 mm. Proses pembuatan cetakan *Core* dan *Cavity* selesai, proses manufaktur yang terakhir ialah pemotongan *guide pin* menggunakan mesin gerinda.

3.5 *Assembly*

Proses *assembly* (perakitan) merupakan tahap penyusunan komponen-komponen yang telah melalui proses manufaktur cetakan. Pada tugas akhir ini, komponen yang di *assembly* adalah *guide pin* dengan *core* pada cetakan sebagai bagian *press speed*. Setelah bagian *core* dan *guide pin* terpasang, selanjutnya dilakukan perakitan antara *core* dan *cavity* cetakan.

3.6 Uji Coba

Pada tugas akhir ini, uji coba cetakan dilakukan menggunakan metode *gravity casting* karena fokus penelitian hanya terbatas pada pembuatan cetakan. Oleh sebab itu, cetakan belum dapat diuji langsung pada sistem *mini injection molding*. Sebagai alternatif, dilakukan uji coba cetakan menggunakan metode *gravity casting* dengan material plastik *Polyethylene Terephthalate (PET)* pada suhu 250 °C, 255 °C, dan 260 °C untuk memperoleh gambaran awal performa cetakan. Pemanasan cetakan dengan material aluminium 6061 dilakukan pada suhu 240 °C, 245 °C, 250 °C sesuai dengan rekomendasi panduan industri *gravity die casting* yang menyarankan rentang suhu 200 °C hingga 250 °C (www.forgefuture.in). Proses pengujian dilakukan dengan cara memanaskan material plastik *PET* dan cetakan secara bersamaan di kompor hingga suhu yang telah ditentukan, lalu material plastik yang telah meleleh itu langsung dituangkan ke cetakan.

3.7 Kesimpulan

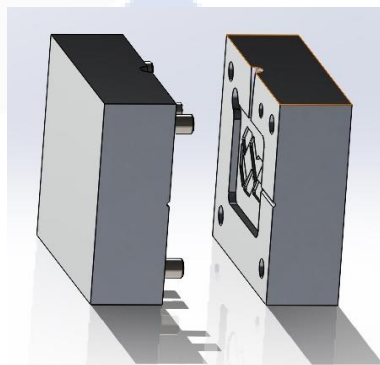
Hasil uji coba menunjukkan bahwa pada seluruh percobaan belum dapat menghasilkan produk *souvenir* Ikatan Alumni Polman Timah Bangka Belitung. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, di antaranya ketidaksesuaian metode yang digunakan dengan rancangan cetakan yang seharusnya langsung diuji menggunakan mesin *mini injection molding*. Selain itu, *konduktivitas thermal* yang baik dari material cetakan, yaitu aluminium 6061 menyebabkan lelehan plastik cepat membeku saat dituang meskipun cetakan dalam keadaan dipanaskan.



BAB 4 PEMBAHASAN

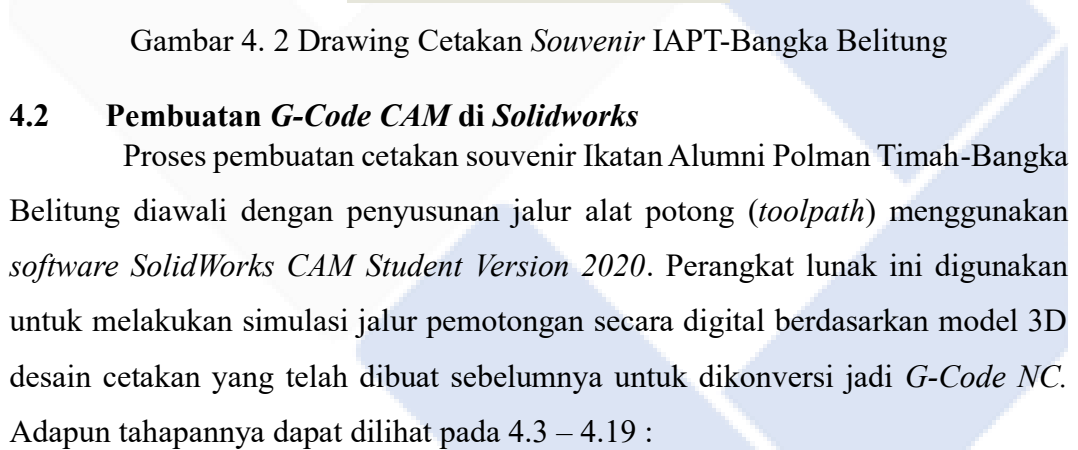
4.1 Desain Cetakan Souvenir IAPT-Bangka Belitung

Perancangan cetakan dilakukan menggunakan perangkat lunak *CAD SolidWorks Student Version 2020*. Proses dimulai dengan mengimpor gambar logo Ikatan Alumni Polman Timah – Bangka Belitung melalui fitur *Sketch Picture* pada menu *Tools* sebagai acuan utama dalam pembuatan desain. Gambar tersebut kemudian diskalakan dengan perbandingan 1:6 agar ukurannya sesuai untuk produk gantungan kunci. Selanjutnya, dilakukan pembuatan sketsa ulang secara manual menggunakan fitur *Line* dengan mengikuti *Contour* logo. Setelah sketsa selesai dibuat, profil di *extrude* dengan ketebalan 1,5 mm serta sudut kemiringan 45 derajat untuk membentuk *relief* pada permukaan. Proses dilanjutkan dengan pembuatan latar belakang produk melalui sketsa baru pada permukaan yang telah di *extrude*, dengan dimensi 55 mm × 43 mm, kemudian di *extrude* setebal 3 mm untuk membentuk dasar produk secara keseluruhan. Gambar Desain Cetakan *Souvenir* IAPT-Bangka Belitung dapat dilihat pada 4.1.



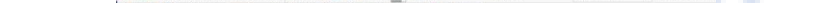
Gambar 4. 1 Desain Cetakan *Souvenir* IAPT-Bangka Belitung

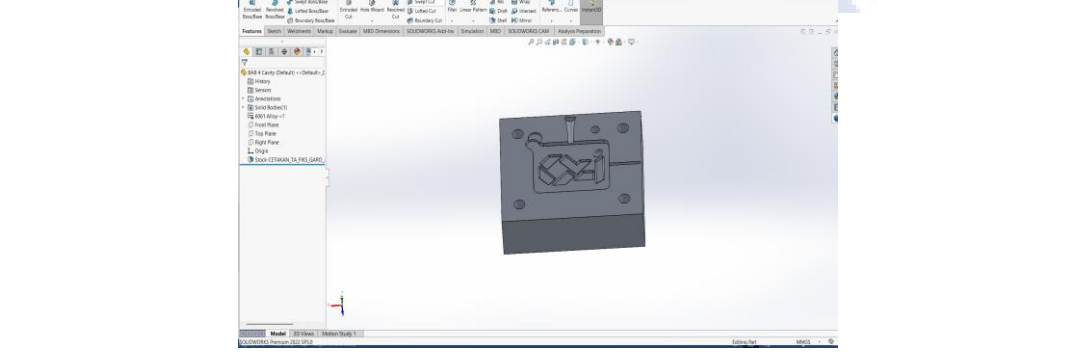
Tahapan berikutnya adalah pembuatan desain cetakan dengan memanfaatkan fitur *Mold Tools* pada *SolidWorks Student Version 2020*. Langkah pertama adalah menentukan *Parting Line* sebagai garis pemisah antara bagian *core* dan *cavity* dari cetakan. Setelah itu, digunakan fitur *Parting Surface* untuk membentuk permukaan pemisah cetakan. Kemudian, fitur *Tooling Split* digunakan untuk membagi model cetakan berdasarkan ukuran yang telah dirancang, yaitu 100 mm × 85 mm × 30 mm, sehingga menghasilkan bagian cetakan *core* dan *cavity*.



Proses pembuatan cetakan souvenir Ikatan Alumni Polman Timah-Bangka

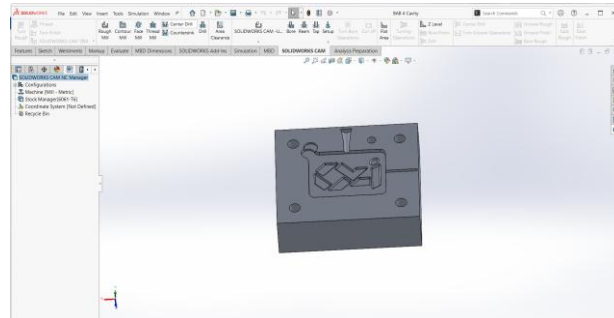
1. Membuka file hasil desain di *solidworks Student Version 2020*

- 



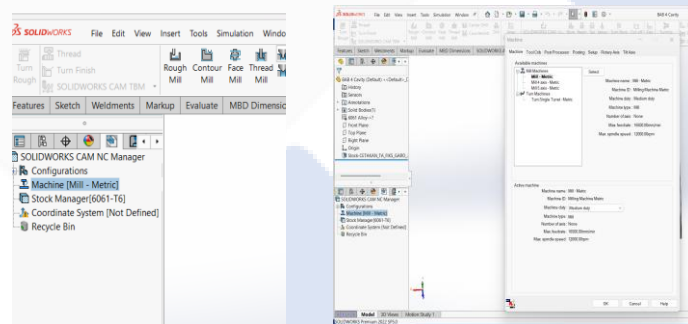
Gambar 4. 3 Tampilan Desain Cetakan *Souvenir* IAPT-Bangka Belitung

- Selanjutnya masuk fitur CAM di *Solidworks Student Version 2020* dengan memilih pilihan *Solidworks CAM* di menu

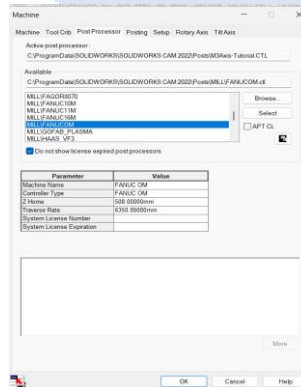


Gambar 4. 4 Tampilan fitur *Solidworks CAM Student Version 2020*

- Selanjutnya, lakukan pengaturan mesin dengan mengakses menu *Machine*, kemudian pilih mesin bertipe *Mill Metric*. Setelah itu, klik *Select*, dan pada bagian *Active Machine*, pilih *Medium Duty* dan *post prosesor* pilih *Fanuc* lalu tekan *enter* untuk menyimpan pengaturan.

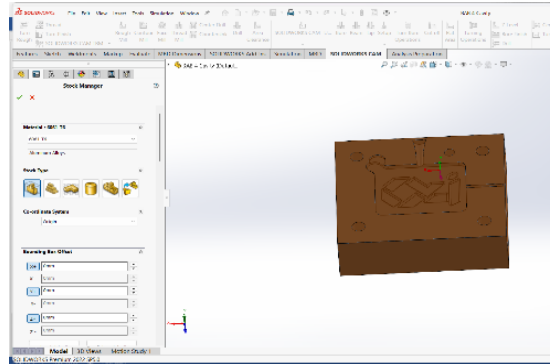


Gambar 4. 5 setingan mesin *Solidworks CAM Student Version 2020*



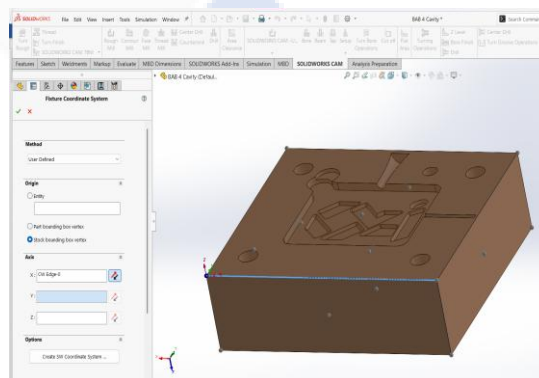
Gambar 4. 6 setingan *pos prosesor Solidworks CAM Student Version 2020*

4. Selanjutnya, pilih *Stock Manager* untuk menentukan material cetakan yang akan digunakan, yaitu Aluminium 6061. Selanjutnya, pilih *Stock Type* dengan opsi *Bounding Box*, lalu tekan *Enter*.



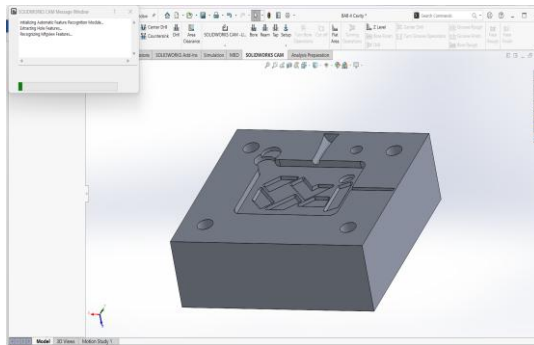
Gambar 4. 7 setingan *stock manager* *Solidworks CAM Student Version 2020*

5. Selanjutnya, atur titik nol benda kerja dengan memilih menu *Coordinate System*, kemudian klik kanan dan pilih *Edit Definition*. Pada opsi *Origin*, pilih *Bounding Box*, lalu tetapkan titik nol sumbu X dan Y di sudut kiri bagian bawah benda kerja. Setelah itu, tekan *Enter* untuk menyimpan pengaturan.

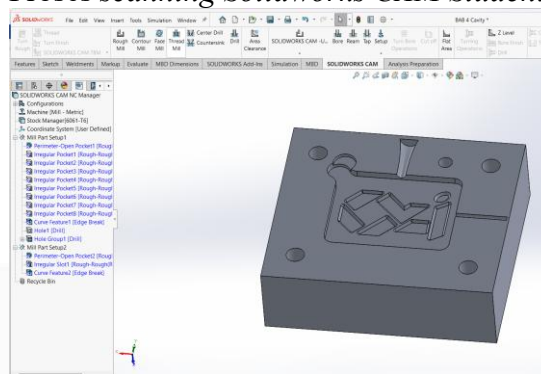


Gambar 4. 8 Setingan titik nol *Solidworks CAM Student Version 2020*

6. Setelah semua pengaturan selesai, klik menu *Tool*, kemudian pilih *Solidworks CAM* dan klik *Extract Machinable Features* untuk melakukan pemindaian pada area yang akan diproses dengan *CAM*.

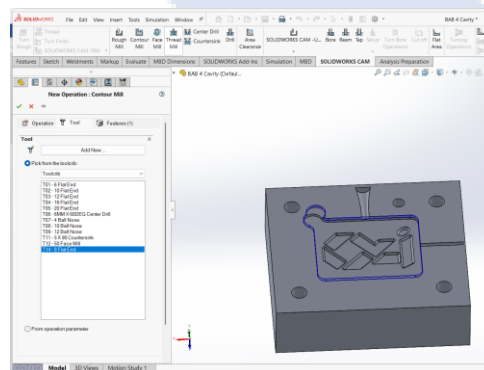


Gambar 4. 9 Proses *scanning* Solidworks CAM Student Version 2020



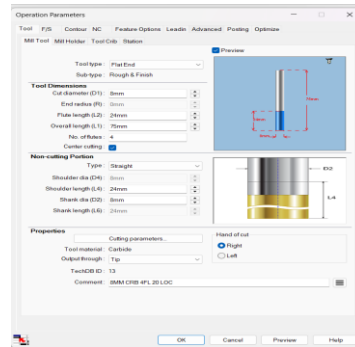
Gambar 4. 10 Hasil *Scanning* Solidworks CAM Student Version 2020

7. Setelah hasil pemindaian (*scanning*) ditampilkan, proses *CAM* dapat dimulai dengan memilih salah satu fitur hasil pemindaian. Pada tahap pertama, dilakukan pemrosesan *Irregular Pocket 1* dengan mengklik kanan fitur tersebut, kemudian memilih *2.5 Axis Mill Operation* dan opsi *Contour*. Selanjutnya, dilakukan pengaturan, meliputi pemilihan *tool*, pengaturan kecepatan putar (*Rpm*), dan *cutting feedrate*.



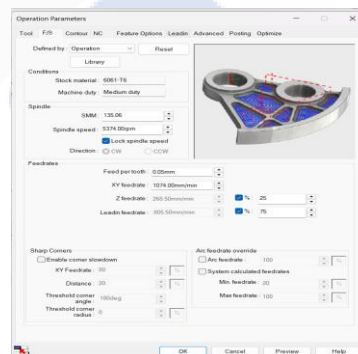
Gambar 4. 11 Setingan *tool* Solidworks CAM Student Version 2020

8. Pertama kita dapat memilih *tool* yang kita gunakan, dimana pada *pocket* pertama ini *tool* yang digunakan yaitu *end mill* diameter 8 mm dengan 4 mata potong berbahan *carbide*, setelah dipilih klik *enter*. Lalu ada beberapa setingan dari spesifikasi *end mill* 8 mm seperti *Cut Diameter*, *Flute Length*, *Overall Length* dan material alat potong.



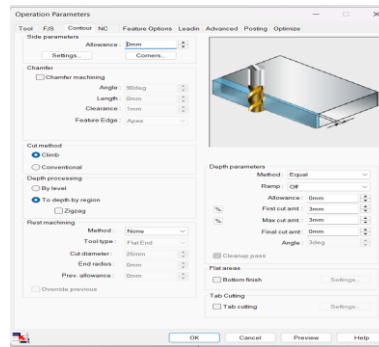
Gambar 4. 12 Setingan *Custom Tool Solidworks CAM Student Version 2020*

9. Langkah berikutnya adalah mengatur kecepatan putar (*Rpm*) melalui menu *F/S*. Pada opsi *Defined by*, pilih *Operation*, kemudian tetapkan kecepatan putar (*Rpm*) sesuai dengan diameter *end mill* dan material yang akan dilakukan pemakanan.



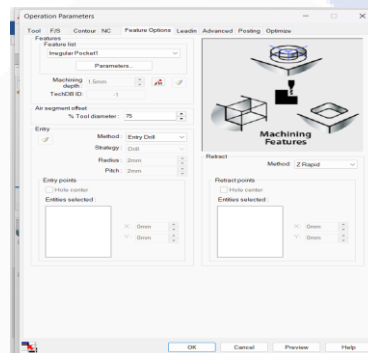
Gambar 4. 13 Setingan *Rpm* dan *Feedrate Solidworks CAM Student Version 2020*

10. Langkah selanjutnya adalah mengatur kedalaman pemakanan pada menu *Contour*. Pada opsi *First Cut Amount* dan *Maximum Cut Amount*, matikan fitur persentase dan isi nilai kedalaman masing-masing sebesar 3 mm.



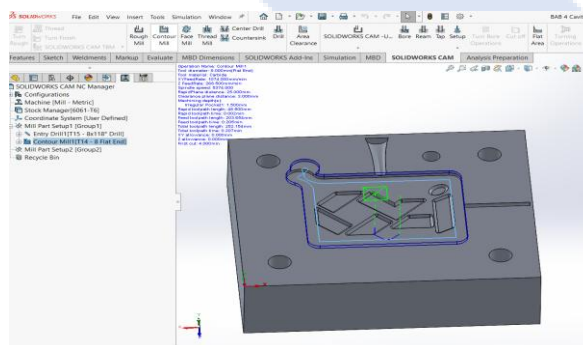
Gambar 4. 14 seting kedalaman *contour* Solidworks CAM Student Version 2020

11. Selanjutnya, pada menu *Feature Options*, pilih metode masuknya mata potong di awal pemakanan. Pada opsi *Method*, pilih *Enter Drill*, kemudian klik ok untuk menyimpan semua pengaturan.

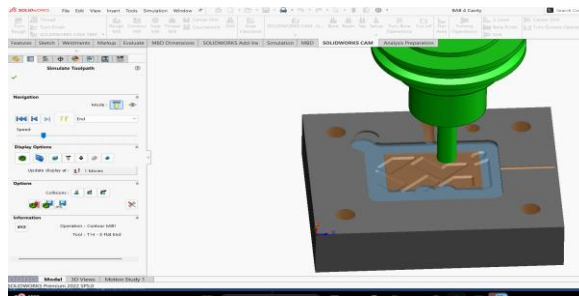


Gambar 4. 15 Setingan *Feature Option* Solidworks CAM Student Version 2020

12. Setelah semua pengaturan selesai, klik kanan pada pilihan *Contour*, lalu pilih *Generate Toolpath* guna membuat jalur alat potong CNC dan simulasi.

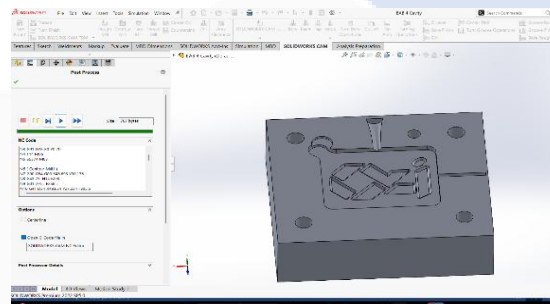


Gambar 4. 16 Hasil *Generate Toolpath* Solidworks CAM Student Version 2020

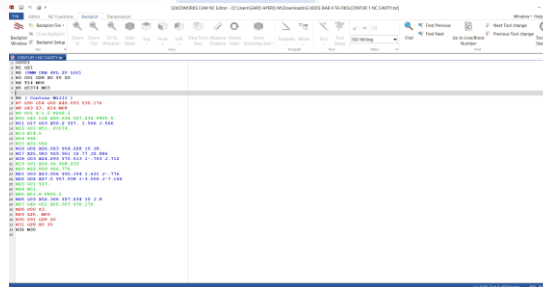


Gambar 4. 17 simulasi *Solidworks CAM Student Version 2020*

13. Langkah terakhir adalah mengeluarkan *G-code* yang dihasilkan dari pergerakan simulasi dengan cara mengklik kanan pada fitur *Contour*, lalu memilih opsi *Post Process* dan pilih *folder* tempat penyimpanan lalu *enter*.



Gambar 4. 18 Proses *G-Code Solidworks CAM Student Version 2020*



Gambar 4. 19 *G- Code* yang dihasilkan *Solidworks CAM Student Version 2020*

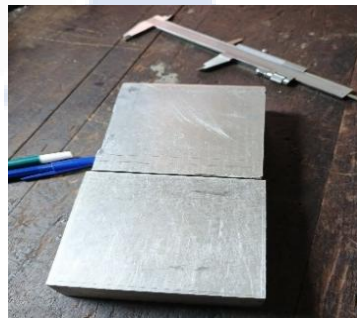
4.3 Proses Pemesinan

Sebelum dilakukan proses pemesinan utama pada mesin *CNC Milling Lagun MC-750*, terlebih dahulu dilakukan serangkaian pemesinan awal untuk menyiapkan benda kerja agar memiliki ukuran dan bentuk yang mendekati desain akhir. Tahap pertama dilakukan dengan pemotongan awal terhadap material aluminium 6061 berbentuk batangan menggunakan mesin gergaji potong *DoALL Model C-916*. Tujuan dari proses ini adalah untuk memotong material sesuai panjang yang dibutuhkan dan mengurangi ukuran awal yang terlalu besar untuk

diproses langsung di mesin *CNC*. Selanjutnya, benda kerja diproses lebih lanjut menggunakan mesin *milling konvensional Fehlmann P18S* untuk melakukan pemotongan *semi-finishing*. Pada tahap ini, dimensi benda kerja dibentuk lebih mendekati ukuran desain cetakan dengan toleransi yang telah ditentukan. Proses ini bertujuan untuk menciptakan benda kerja dengan ukuran yang seragam dan siap untuk dilakukan penjepitan secara stabil di mesin *CNC*, sehingga pemotongan lebih akurat dan beban kerja *spindle* dapat diminimalkan.

4.3.1 Proses Pemotongan Awal dengan Gergaji Potong *DoALL C-916*

Pada tahap awal proses pemesinan, digunakan mesin gergaji potong *DoALL Model C-916* untuk mereduksi ukuran awal bahan baku aluminium yang berukuran besar. Pemotongan ini bertujuan untuk mendekati dimensi akhir yang diinginkan, yaitu $100\text{ mm} \times 85\text{ mm} \times 30\text{ mm}$, agar lebih efisien saat dilakukan pemesinan lanjutan menggunakan mesin *Milling Lagun Fehlman P18s*. Hasil pemotongan awal ini menghasilkan benda kerja dengan ukuran $104\text{ mm} \times 92\text{ mm} \times 30\text{ mm}$, yang masih menyisakan untuk proses pemesinan presisi berikutnya. Adapun tahapannya dapat dilihat pada 4.20 – 4.23.



Gambar 4. 20 Proses *marking* sebelum dilakukan pemotongan



Gambar 4. 21 Proses pemotongan benda kerja menggunakan Mesin *Gergaji DoAL C-916*



Gambar 4. 22 Proses pengukuran hasil pemotongan menggunakan Jangka Sorong



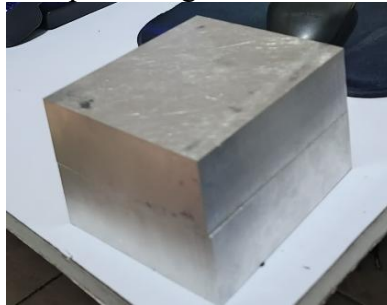
Gambar 4. 23 Hasil akhir pemotongan menggunakan mesin gergaji potong *DoAL C-916*

4.3.2 Pemotongan Lanjutan menggunakan Milling Fehlman P18s

Proses pemotongan lanjutan dilakukan menggunakan mesin *milling Fehlman P18s* pada pemotongan sisi guna memperoleh tingkat ketelitian dimensi yang lebih tinggi. Ukuran benda kerja disesuaikan agar mendekati dimensi akhir, yaitu $102 \text{ mm} \times 89 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$. Pada tahap ini, digunakan alat potong jenis *end mill berdiameter 16 mm* berbahan *Carbide*, dengan pengaturan kecepatan *spindle* sebesar 180 Rpm . Pengaturan ini dipilih agar menyesuaikan dengan karakteristik mesin *Milling Fehlman P18s* guna menghindari getaran yang berlebih pada saat pemakanan dan untuk menghasilkan permukaan potong yang halus. Langkah yang sama diterapkan pada kedua bakal cetakan, sehingga diperoleh dimensi yang seragam dan presisi pada masing-masing komponen cetakan. Proses ini menjadi tahapan penting sebelum dilanjutkan ke pemesinan utama menggunakan mesin *CNC Milling Lagun MC-750* untuk membentuk *Contour* cetakan sesuai desain yang telah dirancang. Adapun tahapannya dapat dilihat pada 4.24 – 4.25.



Gambar 4. 24 Proses pemotongan sisi di *Milling Fehلمان P18s*



Gambar 4. 25 Hasil pemotongan sisi di *Milling Fehلمان P18s*

4.3.3 Parameter permesinan *CNC Milling*

Sebelum proses permesinan cetakan dilakukan, terlebih dahulu dilakukan perencanaan terhadap parameter-parameter pemesinan yang akan digunakan. Adapun rincian perencanaan parameter tersebut disajikan sebagai berikut.

1. Jenis Mata Potong

Dalam proses pemesinan cetakan ini, digunakan pahat jenis carbide karena memiliki karakteristik yang sesuai untuk penyayatan material aluminium 6061. Material aluminium 6061 termasuk logam yang cukup kuat namun masih mudah dipotong dengan *tool* yang tepat. Penggunaan pahat *carbide* memungkinkan hasil pemotongan yang akurat, permukaan akhir yang baik, serta tahan terhadap keausan saat digunakan pada kecepatan tinggi. Dengan demikian, pahat ini dinilai efisien dan optimal untuk proses pemotongan aluminium 6061, baik pada tahap pemesinan *Roughing* maupun *finishing*.

2. Menentukan Kecepatan Putaran Mesin (*Rpm*)

Menentukan kecepatan putaran mesin (*Rpm*) merupakan aspek penting dalam mencapai proses pemesinan yang optimal. Dengan pengaturan parameter ini secara tepat, laju pemotongan dapat ditingkatkan sehingga waktu pemesinan

menjadi lebih singkat dan biaya produksi dapat ditekan. Dalam pemesinan menggunakan material aluminium dengan menggunakan pahat jenis carbide, nilai kecepatan potong harus ditetapkan dengan mengacu pada standar yang sesuai, seperti yang ditampilkan pada Tabel 2.3 sebagai referensi kecepatan potong yang direkomendasikan. Berdasarkan data tersebut, apabila material yang digunakan adalah aluminium dan pahat yang digunakan berbahan *carbide*, maka rentang kecepatan potong yang disarankan berada pada kisaran 90–180 m/min. Jika digunakan kecepatan potong sebesar 135 m/min, maka dapat dihitung nilai kecepatan putar *spindle* pada mesin. Adapun sistematika perhitungannya dijelaskan 2.5

$$n = \frac{1000.Cs}{\pi.d} \quad (2.5)$$

Keterangan :

- Cs = *Cutting Speed* (meter/ menit)
- π = Nilai konstanta (3,14)
- d = Diameter mata potong (mm)
- n = Putaran mesin (*Rpm*)

Maka diketahui :

- Cs = 135 m/menit
- π = 3,14
- d = 8 mm

$$n = \frac{1000.135}{3,14 \cdot 8} = 5.374 \text{ Rpm}$$

Dengan mempertimbangkan data teknis yang tersedia, pahat jenis *carbide* yang digunakan untuk memotong material aluminium 6061 dengan diameter 8 mm direkomendasikan untuk beroperasi pada kecepatan *spindle* maksimum hingga 5.374 *Rpm*, guna menjaga kestabilan proses dan kualitas hasil pemesinan.

Drill Cutter 6 mm

$$n = \frac{1000.Cs}{\pi.d} \quad (2.5)$$

Maka diketahui :

$$Cs = 135 \text{ m/menit}$$

$$\pi = 3,14$$

$$d = 6 \text{ mm}$$

$$n = \frac{1000.135}{3,14 \cdot 6} = 7.165 \text{ Rpm}$$

Dengan mempertimbangkan data teknis yang tersedia, pahat jenis *carbide* yang digunakan untuk memotong material aluminium 6061 dengan diameter 6 mm direkomendasikan untuk beroperasi pada kecepatan *spindle* maksimum hingga 7.165 Rpm, guna menjaga kestabilan proses dan kualitas hasil pemesinan.

End mill 4 mm

$$n = \frac{1000.Cs}{\pi.d} \quad (2.5)$$

Maka diketahui :

$$Cs = 135 \text{ m/menit}$$

$$\pi = 3,14$$

$$d = 4 \text{ mm}$$

$$n = \frac{1000.135}{3,14 \cdot 4} = 10.784 \text{ Rpm}$$

Dengan mempertimbangkan data teknis yang tersedia, pahat jenis *carbide* yang digunakan untuk memotong material aluminium 6061 dengan diameter 4 mm direkomendasikan untuk beroperasi pada kecepatan *spindle* maksimum hingga 10.784 Rpm, guna menjaga kestabilan proses dan kualitas hasil pemesinan.

Single lips 90 derajat

$$n = \frac{1000.Cs}{\pi.d} \quad (2.5)$$

Maka diketahui :

$$Cs = 135 \text{ m/menit}$$

$$\pi = 3,14$$

$$d = 10 \text{ mm}$$

$$n = \frac{1000.135}{3,14 \cdot 10} = 4.299 \text{ Rpm}$$

Dengan mempertimbangkan data teknis yang tersedia, pahat jenis *carbide* yang digunakan untuk memotong material aluminium 6061 dengan diameter 10 mm direkomendasikan untuk beroperasi pada kecepatan *spindle* maksimum hingga 4.299 Rpm, guna menjaga kestabilan proses dan kualitas hasil pemesinan.

Ball end mill 2 mm

$$n = \frac{1000.Cs}{\pi.d} \quad (2.5)$$

Maka diketahui :

$$Cs = 135 \text{ m/menit}$$

$$\pi = 3,14$$

$$d = 2 \text{ mm}$$

$$n = \frac{1000.135}{3,14 \cdot 2} = 21.496 \text{ Rpm}$$

Dengan mempertimbangkan data teknis yang tersedia, pahat jenis *carbide* yang digunakan untuk memotong material aluminium 6061 dengan diameter 2 mm direkomendasikan untuk beroperasi pada kecepatan *spindle* maksimum hingga 21.496 Rpm, guna menjaga kestabilan proses dan kualitas hasil pemesinan.

2. Kecepatan Pemakanan (*Vf*)

Menentukan *feedrate* (laju pemakanan) merupakan faktor krusial dalam mencapai proses pemesinan yang efisien dan akurat. *Feedrate* didefinisikan sebagai kecepatan gerakan alat potong terhadap permukaan benda kerja selama proses pemotongan berlangsung, dengan satuan umum mm/menit. Besarnya *feedrate* dipengaruhi oleh beberapa *variabel*, di antaranya jumlah gigi pada alat potong, kecepatan putaran *spindle*, serta nilai pemakanan per gigi (*feed per tooth*). Adapun sistematika perhitungan pada 2.6 dan kisaran *feedrate* yang direkomendasikan untuk pemesinan aluminium ditampilkan pada Tabel 2.3.

$$V_f = F_z \cdot z \cdot n \quad (2.6)$$

Keterangan :

f_m = Cutting Speed (meter/ menit)

F_z = Feed per tooth (mm/tooth)

n = Rpm

z = Jumlah mata potong

Maka diketahui :

$F_z = 0,05 \text{ mm/tooth}$

$n = 5.374 \text{ Rpm}$

$z = 4$

$$f_m = 0,05 \cdot 4 \cdot 5.374 = 1.074 \text{ mm/menit}$$

Dengan mengacu pada data teknis yang tersedia, laju pemakanan (*feedrate*) untuk proses pemesian aluminium 6061 menggunakan pahat carbide berdiameter 8 mm direkomendasikan berada pada kisaran 1.074 mm/menit untuk menjaga kestabilan pemotongan, mencegah keausan dini pada alat, serta menghasilkan kualitas permukaan yang optimal. Penyesuaian *feedrate* yang tepat sangat penting untuk mendukung efisiensi proses dan ketahanan pahat selama pengerjaan.

Drill Cutter 6 mm

$$V_f = F_z \cdot z \cdot n \quad (2.6)$$

Keterangan :

f_m = Cutting Speed (meter/ menit)

F_z = Feed per tooth (mm/tooth)

n = Rpm

z = Jumlah mata potong

Maka diketahui :

$F_z = 0,05 \text{ mm/tooth}$

$$n = 7.165 \text{ Rpm}$$

$$z = 4$$

$$fm = 0,05 \cdot 4 \cdot 7.165 = 715 \text{ mm/menit}$$

Dengan mengacu pada data teknis yang tersedia, laju pemakanan (*feedrate*) untuk proses pemesinan aluminium 6061 menggunakan pahat carbide berdiameter 6 mm direkomendasikan berada pada kisaran 715 mm/menit untuk menjaga kestabilan pemotongan, mencegah keausan dini pada alat, serta menghasilkan kualitas permukaan yang optimal. Penyesuaian *feedrate* yang tepat sangat penting untuk mendukung efisiensi proses dan ketahanan pahat selama pengerjaan.

End mill 4 mm

$$V_f = F_z \cdot z \cdot n \quad (2.6)$$

Keterangan :

$$fm = \text{Cutting Speed (meter/ menit)}$$

$$F_z = \text{Feed per tooth (mm/tooth)}$$

$$n = \text{Rpm}$$

$$z = \text{Jumlah mata potong}$$

Maka diketahui :

$$F_z = 0,05 \text{ mm/tooth}$$

$$n = 10.784 \text{ Rpm}$$

$$z = 4$$

$$fm = 0,05 \cdot 4 \cdot 10.784 = 2.186 \text{ mm/menit}$$

Dengan mengacu pada data teknis yang tersedia, laju pemakanan (*feedrate*) untuk proses pemesinan aluminium 6061 menggunakan pahat carbide berdiameter 4 mm direkomendasikan berada pada kisaran 2.186 mm/menit untuk

menjaga kestabilan pemotongan, mencegah keausan dini pada alat, serta menghasilkan kualitas permukaan yang optimal. Penyesuaian *feedrate* yang tepat sangat penting untuk mendukung efisiensi proses dan ketahanan pahat selama pengerjaan.

Single lips 90 derajat

$$V_f = F_z \cdot z \cdot n \quad (2.6)$$

Keterangan :

f_m = Cutting Speed (meter/ menit)

F_z = Feed per tooth (mm/tooth)

n = Rpm

z = Jumlah mata potong

Maka diketahui :

F_z = 0,05 mm/tooth

n = 4.299 Rpm

z = 4

$$f_m = 0,05 \cdot 4 \cdot 4.299 = 859 \text{ mm/menit}$$

Dengan mengacu pada data teknis yang tersedia, laju pemakanan (*feedrate*) untuk proses pemesinan aluminium 6061 menggunakan pahat *carbide* berdiameter 10 mm direkomendasikan berada pada kisaran 859 mm/menit untuk menjaga kestabilan pemotongan, mencegah keausan dini pada alat, serta menghasilkan kualitas permukaan yang optimal. Penyesuaian *feedrate* yang tepat sangat penting untuk mendukung efisiensi proses dan ketahanan pahat selama pengerjaan.

3. Kedalaman Pemotongan (a)

Kedalaman potong atau *depth of cut* merupakan selisih antara ketebalan awal dan akhir benda kerja, yang menjadi salah satu parameter penting dalam

proses pemesinan. Semakin besar kedalaman potong yang digunakan, semakin besar pula daya yang dibutuhkan mesin untuk melakukan pemotongan, sehingga perlu dilakukan perhitungan secara tepat. Adapun sistematika dijelaskan pada 2.3

$$a = \frac{d_0 - d_m}{2} \quad (2.3)$$

Keterangan :

a = Kedalaman pemakanan (mm)

d₀ = Diameter awal (mm)

d_m = Diameter akhir (mm)

$$a = \frac{35-30}{2} = 2,5 \text{ mm untuk Facing}$$

$$a = \frac{30-27}{2} = 1,5 \text{ mm untuk Pocket}$$

$$a = \frac{27-25,5}{2} = 0,75 \text{ mm untuk profil}$$

4.3.3.1 Pemotongan *Pocket* Cetakan di *CNC Milling Lagun MC-750*

Proses ini merupakan tahapan utama dalam pembuatan cetakan Souvenir Ikatan Alumni Polman Timah - Bangka Belitung *Core* maupun *Cavity* yang dilakukan menggunakan mesin *CNC Milling Lagun MC-750*. Tahapan pemotongan dimulai dari *Facing* Permukaan lalu dilanjutkan dengan *Roughing* sebagai awal untuk membentuk dasar cetakan, dilanjutkan dengan *Contour 1* sebagai tahap *finishing* guna menghasilkan permukaan yang lebih presisi dan halus, serta *Contour 3* yang berfungsi sebagai *kompensasi* penyusutan (*shrinkage*) saat proses pencetakan plastik berlangsung. Setelah itu, dilanjutkan dengan pemotongan pada bagian *profil* yang mencakup *Profil 1* hingga *Profil 12*, yang masing-masing membentuk detail penting seperti lubang pengait, logo, dan tulisan. Selain pemotongan *Contour* dan *Profil*, juga dilakukan proses pemesinan *Slot* sebagai jalur pembuangan material, pembentukan masukan *scallop* untuk jalur *sprue*, serta pengeboran lubang *guide pin* dan *pin* penepat guna memastikan posisi cetakan atas dan bawah selalu presisi saat proses pencetakan. Seluruh tahapan pemesinan

dilakukan secara bertahap, mulai dari pemotongan kasar hingga *finishing*, untuk menjamin akurasi dimensi dan kualitas akhir cetakan yang optimal.

1. Proses penyetingan titik nol X dan Y *Cavity*

Sebelum dilakukan pemakanan *Pocket* utama di *CNC Milling Lagun MC-750*, perlu dilakukan penyetingan titik nol pada sumbu X dan Y menggunakan *center finder* berdiameter 4 mm. Alat ini dipasang ke *spindle* melalui tombol tool, lalu disesuaikan posisinya secara presisi. Pengaturan selanjutnya dilakukan melalui menu *MDI* dengan perintah *S800* dan *M03* untuk mengaktifkan *spindle* pada kecepatan 800 *Rpm*. Gerakan meja dikendalikan menggunakan mode *MPG*, dimulai dengan langkah kecepatan per 100 dan dilanjutkan kecepatan per 10 untuk presisi lebih tinggi. Setelah *center finder* menyentuh titik acuan dan pergerakannya stabil, koordinat X dan Y dicatat melalui menu *Offset*, lalu dimasukkan kembali untuk menentukan titik nol secara tepat. Adapun penyetingan titik nol X dan Y dapat dilihat pada 4.26.



Gambar 4. 26 Penyetingan titik nol X dan Y *Cavity*

2. *Facing* permukaan *Core*

Setelah menetapkan titik nol pada sumbu X dan Y, tahapan awal dalam proses pemesinan dilakukan dengan meratakan permukaan benda kerja secara manual menggunakan mesin *CNC Milling Lagun MC-750*. Proses *facing* ini bertujuan untuk menghasilkan bidang datar yang bersih pada permukaan aluminium 6061 sebelum melanjutkan ke proses pemotongan yang lebih presisi. Langkah ini dilakukan melalui fitur *MDI*, dimulai dengan pengaturan kecepatan *spindle* pada 859 *Rpm* menggunakan perintah *S859*, dilanjutkan dengan perintah *M03* untuk mengaktifkan putaran *spindle*, lalu tekan tombol *Cycle Start*. Selanjutnya, mode

MPG digunakan untuk mengontrol pergerakan sumbu Z secara manual. Awalnya gunakan langkah kecepatan per 100 dan ketika mendekati permukaan benda kerja, ubah menjadi langkah kecepatan per 10 untuk meningkatkan akurasi. *Tool* diturunkan secara perlahan hingga menyentuh permukaan benda kerja dan dijadikan acuan titik nol Z (H). Setelah titik nol ditentukan, tambahkan pemakanan dan gunakan fitur *Jog* untuk menggerakkan *tool* ke arah pemakanan secara otomatis hingga seluruh permukaan menjadi rata. Adapun *Facing Permukaan* dapat dilihat pada 4.27.



Gambar 4. 27 *Facing permukaan*

3. Pemakanan *Pocket Cavity*

Tahap utama dalam pembentukan cetakan *souvenir* Ikatan Alumni Polman Timah – Bangka Belitung dimulai dengan pemotongan *Pocket 1* menggunakan mesin *CNC Milling Lagun MC-750*. Setelah proses *facing* selesai, *tool* diganti ke *end mill carbide* berdiameter 8 mm dengan pengaturan *spindle speed* 5.734 *Rpm* dan *feedrate* 1.074 mm/menit. Kemudian Penyetingan titik nol sumbu Z dilakukan melalui fitur *MDI* menggunakan perintah *S800* dan *M03* untuk menjalankan spindle, kemudian *tool* diturunkan secara bertahap dengan mode *MPG* hingga mendekati permukaan. Untuk akurasi, selembor kertas basah diletakkan di atas benda kerja, dan *tool* diturunkan perlahan hingga kertas mulai bergeser sebagai penanda sentuhan. Nilai Z yang terbaca dimasukkan ke *menu offset* sebagai referensi titik nol. Setelah penyetingan selesai, pilih program *NC* bernama *Roughing 1* dan *Contour Finishing* yang telah ditransfer melalui *DNC Device* dijalankan untuk proses pemotongan *Pocket 1* sesuai jalur alat potong. Adapun tahapannya dapat dilihat pada 4.28 - 4.32.



Gambar 4. 28 Proses Penyetingan titik nol Z (H)



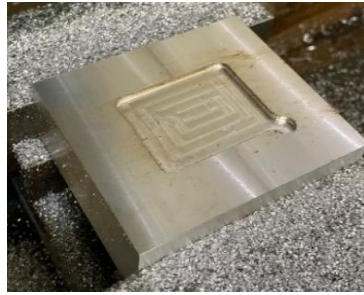
Gambar 4. 29 pemindahan *File G-Code* dari *Flasdisk* menggunakan *DNC Device*



Gambar 4. 30 Proses pemakanan *Pocket 1 (Roughing)*



Gambar 4. 31 Proses pemakanan *1 (Contour) Finishing*



Gambar 4. 32 Hasil Pemakanan *Pocket 1*

4. Proses pemakanan Profile

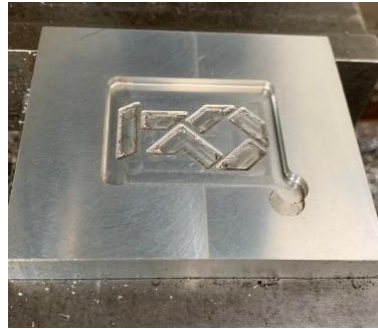
Pada proses pemakanan profil, dimulai dengan penyetingan titik nol sumbu Z (H), kemudian dilanjutkan dengan memilih program NC dengan nama *file Profil 1 End Mill* dan *Profil Single Lips* yang sebelumnya telah ditransfer dari *flashdisk* melalui *DNC Device*. Pemakanan *profil* ini menggunakan *tool Single Lips 90 Derajat* berdiameter 10 mm derajat dan *End Mill* berdiameter 4 mm. Parameter pemotongan yang digunakan antara lain kecepatan spindle sebesar 10.000 *Rpm* dengan *feedrate* 2.186 mm/menit untuk pemotongan menggunakan *end mill* 4 mm, serta 4.299 *Rpm* dengan *feedrate* 859 mm/menit pemotongan menggunakan *Single lips* 90 derajat. Setelah parameter dan program siap, proses pemakanan *profil* dijalankan. Adapun tahapannya dapat dilihat pada 4.33 - 4.35.



Gambar 4. 33 Proses pemesinan Profil 1 menggunakan End Mill 4 mm



Gambar 4. 34 Proses pemesinan Profil 1 menggunakan *Single Lips* 90 derajat



Gambar 4. 35 Hasil pemakanan Profil

5. Pengeboran *Guide Pin* dan *Pin Penepat*

Proses pengeboran *Guide Pin* dan *Pin Penepat* diawali dengan penyetingan titik nol sumbu Z (H), setelah penyetingan selesai pilih *program NC* dengan nama *file Bor 1 Cavity* dan *Bor 2 Cavity* yang telah *ditransfer* melalui *DNC Device* kemudian jalankan. Proses menggunakan dua ukuran *Drill* diameter 8 mm untuk *Guide Pin* dengan kecepatan *spindle* 5.374 *Rpm* dan *feedrate* 537 mm/menit serta *Drill* diameter 6 mm untuk *Pin Penepat* dengan kecepatan *spindle* 7.167 *Rpm* dan *feedrate* 715 mm/menit. Adapun tahapannya dapat dilihat pada 4.36 - 4.37.



Gambar 4. 36 Proses Pengeboran



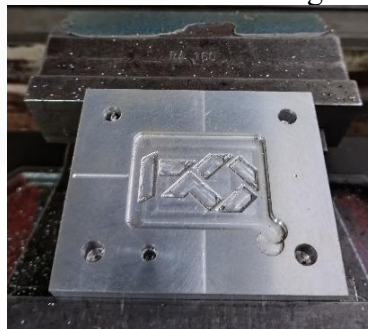
Gambar 4. 37 Hasil pengeboran

6. Proses pemakanan Lubang Pembuangan

Pemakanan pada lubang pembuangan ini, dimulai dengan menyeting titik nol sumbu Z (H) guna memastikan ketepatan kedalaman pemesian. Setelah titik nol ditentukan, masuk menu program dan pilih *file NC* dengan nama *file* Pembuangan *Cavity* yang telah *ditransfer* melalui *DNC Device* dari *flashdisk*. Pada proses ini digunakan *Ball End Mill* berdiameter 2 mm, dengan kecepatan putar *spindle* sebesar 21.496 *Rpm* dan *feedrate* sebesar 2.149 mm/menit. Setelah seluruh parameter diseting, proses pemakanan lubang pembuangan siap dijalankan. Adapun tahapannya dapat dilihat pada 4.38 - 4.39.



Gambar 4. 38 Pemakanan Lubang Pembuangan



Gambar 4. 39 Hasil Pemakanan lubang Pembuangan

7. Pemakanan *Runner*

Pemakanan pada *runner* diawali dengan penyetelan titik nol sumbu Z (H) untuk memastikan kedalaman pemotongan yang akurat. Setelah titik nol Z selesai ditentukan, masuk ke menu program dan memilih *file NC* dengan nama *file Runner Cavity* yang telah *ditransfer* dari *flashdisk* melalui *DNC Device*. Pada proses ini digunakan *Ball End Mill* berdiameter 4 mm, dengan kecepatan *spindle* sebesar 10.714 *Rpm* dan *feedrate* sebesar 1.071 mm/menit. Setelah semua pengaturan

selesai, program dijalankan dan proses pemesinan mengikuti jalur alat potong yang telah ditentukan. Adapun tahapannya dapat dilihat pada 4.40 - 4.42.



Gambar 4. 40 Proses pemakanan *Runner*



Gambar 4. 41 Proses pengecekan dimensi setelah dilakukan proses manufaktur



Gambar 4. 42 Hasil pemakanan *Runner*

8. *Facing Core*

Langkah pertama dimulai dengan penyetelan titik nol pada sumbu X dan Y menggunakan *Center Finder* berdiameter 4 mm yang dipasang pada *spindle* dan diposisikan tepat pada titik nol *referensi* benda kerja. Aktivasi *spindle* dilakukan melalui menu *MDI* menggunakan perintah *S800* dan *M03*, kemudian meja mesin digerakkan manual melalui mode *MPG* dengan langkah awal kecepatan per 100 dan dilanjutkan ke kecepatan per 10 untuk meningkatkan ketelitian. Setelah *center finder* menyentuh titik acuan dan posisinya stabil, nilai koordinat X dan Y dimasukkan ke dalam *menu Offset* sebagai titik nol. Proses dilanjutkan dengan *facing* permukaan secara manual menggunakan *Face Mill* berdiameter 50 mm.

Setelah titik nol sumbu Z (H) ditentukan menggunakan metode kertas sebagai indikator sentuhan *tool*, spindle kembali dijalankan pada kecepatan 1000 *Rpm* dan proses *facing* dilakukan melalui fitur *Jog*, dengan menggerakkan sumbu X dan Y secara bergantian hingga seluruh permukaan rata dan siap untuk tahapan pemesinan selanjutnya. Adapun *Facing Permukaan Core* dapat dilihat pada 4.43.



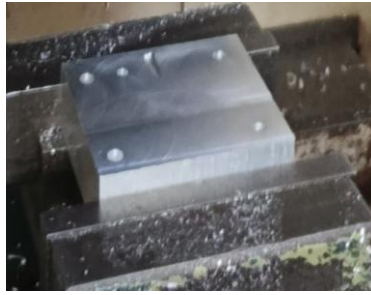
Gambar 4. 43 *Facing permukaan Core*

9. Pengeboran *Core*

Proses pengeboran pada bagian *Core* diawali dengan penyetingan titik nol sumbu Z (H) guna memastikan ketepatan kedalaman pengeboran. Setelah titik nol Z tersetting, memilih program NC dengan nama *file Bor 1 Core* dan *Bor 2 Core* yang sebelumnya telah *ditransfer* dari *flashdisk* melalui *DNC Device*. Proses pengeboran ini menggunakan *Drill Cutter* berdiameter 8 mm untuk lubang *Guide Pin*, dengan kecepatan *spindle* 5.374 *Rpm* dan *feedrate* 537 mm/menit. Sementara itu, untuk lubang *Pin Penepat* digunakan *Drill* berdiameter 6 mm, dengan kecepatan *spindle* 7.165 *Rpm* dan *feedrate* 715 mm/menit. Setelah seluruh pengaturan selesai, proses pengeboran dijalankan secara otomatis sesuai jalur alat potong yang telah ditentukan. Adapun tahapannya dapat dilihat pada 4.44 - 4.45.



Gambar 4. 44 Proses Pengeboran *Core*



Gambar 4. 45 Hasil Pengeboran *Core*

10. Pembuangan *Core*

Pada proses pembuangan *Core* diawali dengan penyetingan titik nol sumbu Z (H) guna memastikan ketepatan kedalaman pengeboran. Setelah titik nol Z terseting, memilih program NC dengan nama *file* pembuangan *Core* yang sebelumnya telah ditransfer dari *flashdisk* melalui *DNC Device*. Proses pembuangan *Core* ini menggunakan *Ball End Mill* berdiameter 2 mm, dengan kecepatan *spindle* 21.496 *Rpm* dan *feedrate* 2.149 mm/menit. Setelah seluruh pengaturan selesai, program dapat dijalankan secara otomatis sesuai jalur alat potong (*Toolpath*) yang telah ditentukan. Adapun tahapannya dapat dilihat pada 4.46 - 4.47.



Gambar 4. 46 Seting titik Nol Z (H)



Gambar 4. 47 Proses pemakanan pembuangan *Core*

11. *Runner Core*

Pada pemakanan *Runner Core* diawali dengan penyetingan titik nol sumbu Z (H) guna memastikan ketepatan kedalaman pemakanan. Setelah titik nol Z terseting, memilih program NC dengan nama *file Runner Core* yang sebelumnya telah *ditransfer* dari *flashdisk* melalui *DNC Device*. Proses pemakanan *Runner Core* ini menggunakan *Ball End Mill* berdiameter 4 mm, dengan kecepatan *spindle* 10.714 *Rpm* dan *feedrate* 1.071 mm/menit. Setelah seluruh pengaturan selesai, program dapat dijalankan secara otomatis sesuai jalur alat potong yang telah ditentukan. Adapun tahapannya dapat dilihat pada 4.48 - 4.50.



Gambar 4. 48 Seting titik nol Z(H)



Gambar 4. 49 Proses pemakanan *Runner Core*



Gambar 4. 50 Hasil Pemakanan *Runner*

4.3.4 *Finishing* ukuran bakal di Mesin Milling Fehlman P18s

Proses *finishing* dimensi dilakukan setelah tahapan pemesinan menggunakan mesin *CNC Milling Lagun MC-750*, dengan tujuan

menyempurnakan ukuran bakal cetakan dari 102 mm × 89 mm × 30 mm ke dimensi akhir, yaitu 100 mm × 85 mm × 30 mm. Tahap ini dilaksanakan menggunakan mesin *milling Fehlman P18s*, pada bagian sisi cetakan, untuk memperoleh ketelitian dimensi yang lebih tinggi. Pahat yang digunakan adalah *end mill carbide* berdiameter 16 mm, dengan kecepatan *spindle* yang diatur sebesar 180 *Rpm*. Pemilihan parameter tersebut disesuaikan dengan karakteristik mesin *milling Fehlman P18s* guna meminimalkan getaran saat pemakanan dan menjaga kestabilan proses pemotongan. *Finishing* ini diterapkan pada kedua bakal cetakan untuk memastikan kesesuaian dimensi, posisi lubang, serta akurasi bagian *core* sebelum dilanjutkan ke proses *assembly*. Adapun *Finishing* Ukuran bakal di mesin *Milling Fehlman P18s* dapat dilihat pada 4.51.



Gambar 4. 51 *Finishing* ukuran bakal di Mesin *milling Fehlman P18s*

4.3.5 Pemotongan *Pin* di Mesin Gerinda

Pemotongan *pin* dilakukan menggunakan mesin gerinda untuk menyiapkan beberapa komponen penting pada cetakan. Jenis *pin* yang diproses meliputi *guide pin* berdiameter 8 mm, *pin* penepat berdiameter 6 mm, serta pin gantungan kunci. Panjang pemotongan untuk *guide pin* dan *pin* penepat ditentukan sebesar 20 mm, sementara *pin* gantungan kunci dipotong dengan panjang 7,5 mm. Proses pemotongan dilakukan secara manual dengan memastikan benda kerja terjepit dengan baik guna memperoleh hasil potong yang rata dan akurat. Pin-pin ini nantinya berfungsi sebagai elemen pemandu dan pengunci dalam struktur cetakan *souvenir* gantungan kunci Ikatan Alumni Polman Timah – Bangka Belitung. Adapun tahapannya dapat dilihat pada 4.52 - 4.53.



Gambar 4. 52 Pemotongan pin menggunakan mesin gerinda



Gambar 4. 53 Hasil pemotongan *pin*

4.4 *Assembly*

Tahap *assembly* cetakan dilakukan untuk menyatukan bagian cetakan seperti *core* dan *cavity* menggunakan beberapa jenis pin, yaitu *guide pin*, *pin* penepat, dan *pin* gantungan kunci. *Guide pin* berperan sebagai pemandu agar posisi kedua bagian cetakan tetap sejajar dan stabil saat proses pencetakan berlangsung. *Pin* penepat berfungsi untuk menjaga kesesuaian posisi antara *core* dan *cavity*, sedangkan *pin* gantungan kunci difungsikan untuk membentuk bagian lubang gantungan pada produk akhir. Proses *assembly* ini dilakukan dengan memperhatikan ketepatan pin pada lubang yang telah dipersiapkan, agar keseluruhan sistem cetakan dapat terpasang dengan baik dan menghasilkan produk yang presisi sesuai desain. Adapun tahapannya dapat dilihat pada 4.54 - 4.57.



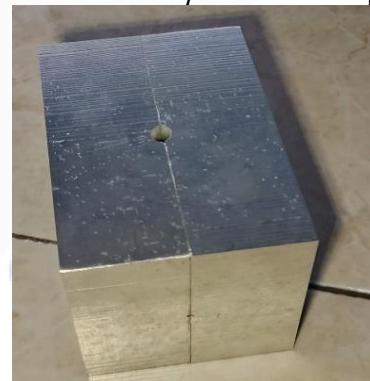
Gambar 4. 54 Proses pengikisan pada *pin* sebelum di *assembly*



Gambar 4. 55 Proses pemasangan *pin* di *Core* cetakan



Gambar 4. 56 Hasil *pin* setelah terpasang



Gambar 4. 57 Cetakan Ketika *Ter- Assembly*

4.5 Uji Coba

4.5.1 Menentukan Volume Cetakan

Sebelum dilakukan uji coba, dilakukan terlebih dahulu perhitungan terkait volume material plastik yang akan digunakan. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui jumlah material plastik *PET* yang dibutuhkan dalam satu kali proses pencetakan, sekaligus mengantisipasi penyusutan (*shrinkage*) yang terjadi pada material plastik setelah proses injeksi dan pendinginan. Adapun sistematika perhitungannya dijelaskan di Rumus 4.3

$$m = v \times p \quad (2.1)$$

Keterangan :

- w = massa material (*gram*)
- v = massa jenis material plastik (mm^3)
- p = densitas plastic *PET*(g/mm^3)

Maka diketahui :

- v = 9.519 mm^3
- p = $1,38 \times 10^{-3} \text{ g/mm}^3$

$$w = 9.519 \times 1,38 \times 10^{-3} \text{ g/mm}^3 = 13,14 \text{ gram}$$

Jadi material plastik *PET* yang digunakan untuk satu *souvenir* Ikatan Alumni Polman Timah- Bangka Belitung berkisar 13,14 gram.

4.5.2 Uji Coba Cetakan

Pada tugas akhir ini, uji coba cetakan dilakukan menggunakan metode *gravity casting* karena fokus penelitian hanya terbatas pada pembuatan cetakan. Oleh sebab itu, cetakan belum dapat diuji langsung pada sistem *mini injection molding*. Sebagai alternatif, dilakukan uji coba cetakan menggunakan metode *gravity casting* dengan material plastik *Polyethylene Terephthalate (PET)* pada suhu 250°C , 255°C , dan 260°C untuk memperoleh gambaran awal performa cetakan. Pemanasan cetakan dengan material aluminium 6061 dilakukan pada suhu 240°C , 245°C , 250°C sesuai dengan rekomendasi panduan industri *gravity die casting* yang menyarankan rentang suhu 200°C hingga 250°C (www.forgefuture.in). Proses pengujian dilakukan dengan cara memanaskan material plastik *PET* dan cetakan secara bersamaan di kompor hingga suhu yang telah ditentukan, lalu material plastik yang telah meleleh itu langsung dituangkan ke cetakan. Adapun tahapannya dapat dilihat pada Gambar 4.58 – 4.61.



Gambar 4. 58 Penimbangan material plastik *PET*



Gambar 4. 59 Pemasangan cetakan di Ragum



Gambar 4. 60 Proses pencairan material plastik *PET* dan pemanasan cetakan



Gambar 4. 61 Penuangan material langsung ke cetakan

Tabel 4. 1 Hasil Uji Coba Cetakan

No.	Suhu Cetakan	Suhu Pencairan Plastik PET	Hasil
1.	 240 °C	 250 °C	
2.	 245 °C	 255 °C	
3.	 250 °C	 260 °C	

Hasil uji coba yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa pada seluruh percobaan belum bisa menghasilkan produk *souvenir* Ikatan Alumni Polman Timah Bangka Belitung sesuai yang diharapkan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, di antaranya ketidaksesuaian metode yang digunakan dengan rancangan cetakan yang seharusnya diuji langsung menggunakan sistem *mini injection molding*. Selain itu, *konduktivitas thermal* yang baik dari material cetakan, yaitu aluminium 6061 menyebabkan lelehan plastik cepat membeku disaat material plastik *PET* dituang meskipun cetakan dalam keadaan dipanaskan.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Tugas akhir ini berhasil membuat cetakan *souvenir* gantungan kunci Ikatan Alumni Polman Timah–Bangka Belitung sesuai rancangan melalui proses manufaktur menggunakan mesin *CNC Milling Lagun MC-750*, dengan dukungan simulasi jalur alat potong menggunakan perangkat lunak *SolidWorks CAM Student Version 2020* untuk menghasilkan luaran berupa *G-Code* . Pengujian fungsi cetakan dilakukan secara manual dengan metode *gravity casting* menggunakan plastik *PET* pada suhu 250 °C, 255 °C, 260 °C dan suhu pemanasan cetakan 240 °C, 245 °C, 250 °C dengan material Aluminium 6061 untuk memperoleh gambaran awal performa cetakan. Hasil uji coba menunjukkan bahwa pada seluruh percobaan belum bisa menghasilkan produk *souvenir* Ikatan Alumni Polman Timah-Bangka Belitung. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, di antaranya ketidaksesuaian metode yang digunakan dengan rancangan cetakan yang seharusnya diuji langsung menggunakan sistem *mini injection molding*. Selain itu, *konduktivitas thermal* yang baik dari material cetakan, yaitu aluminium 6061 menyebabkan lelehan plastik cepat membeku disaat material plastik *PET* dituang meskipun cetakan dalam keadaan dipanaskan.

5.2 Saran

Pengujian fungsi cetakan seharusnya dilakukan menggunakan sistem *mini injection molding* untuk memperoleh hasil cetakan sesuai yang diharapkan serta melakukan evaluasi terhadap kekurangan yang mungkin terjadi. Namun, tugas akhir ini masih terbatas pada tahap pembuatan cetakan dan diharapkan untuk berlanjut pada tahap pengujian di penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arjun A Abhyankar, Vishnu d Kajania, Sagar A Choudhary, (2016), "*Ovat Analysis for Surface Finish in CNC Contour Turning (G03) and Turning (G01) on Aluminum*", 6(6), 68–73.
- Alifur Rahman, Daddy Budiman, Atikah Ardi, Rivanol Chadry, Rina, Maheka Restu Araliz, Mulyadi, (2024), "Analisa Penggunaan Mesin CNC Router 3 Axis Untuk Rintisan Usaha Souvenir", 1(1), 30–40.
- Anang Ansyori, (2015), "Pengaruh Kecepatan Potong dan Makan terhadap Umur Pahat pada Pemesinan Freis Paduan Magnesium Anang", 6, 28–35.
- Andy Mashinton, Hisnawati Hasan, Fakhirah Jilan Aqilah, Nanang Roni Wibowo, Ishak, (2021), "Rancang Bangun Mesin CNC Milling 3 Axis Dengan Menggunakan Sistem Kontrol Android", *Volume 3, Edisi 1, Bulan Juni Tahun 2021 Politeknik Bosowa, Volume 3*, 1–8.
- Anne Vornberger , Tobias Picker , Johannes Potschke , Mathias Herrmann Berend Denkena , Alexander Krodell , Alexander Michaelis, (2020), "*Influence of cemented carbide composition on cutting temperatures and corresponding hot hardnesses*", *Materials*, 13(20), 1–13. <https://doi.org/10.3390/ma13204571>
- Arfendi, (2021), "Optimasi Material Removal Rate (Mrr) Baja St 42 Pada Proses Cnc Turning Dengan Menggunakan Metode Taguchi." *Laporan Proyek Akhir*, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat.
- Badruzzaman, Felix Dionisius, Rachmatullah, Rubaetul Maula, (2023), "Rancang Bangun Mesin Injeksi Plastik Sederhana Tipe Vertikal dengan Memanfaatkan Limbah Plastik PET (Polyethylene Terephthalate)", *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (Sentrinov)*, 9(1), 478–486.
- Dedi Saputra Nasution, Muksin R Harahap, Abdul Haris Nasution, (2021), "Pengaruh Feeding Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Pembubutan Baja AISI 1020 Dengan Menggunakan Mata Pahat Karbida Berlapis", *Teknik Mesin FT UISU*, 6(1), 19–26.
- Eko Prianto, Herlambang Sigit Pramono, (2017), "Proses Permesinan Cnc Dalam Pembelajaran Simulasi Cnc", *Jurnal Edukasi Elektro*, 1(1), 62–68.

<https://doi.org/10.21831/jee.v1i1.15110>

Febri Firmansyah, Yusuf Umardani, Agus Suprihanto, (2023), "Pembuatan Injection Unit Mesin Injection Molding Untuk Membuat Bantalan Ketiak Tongkat Kruk Dari Material Polypropylene", *Jurnal Teknik Mesin*, 11(3), 1–11.

Gadjah Mada University Pres,(2018), *Dari Sampah Plastik Menjadi Bensin Dan Solar*.

Henry Permana, Topan, Syahrul Anwar,(2021)," Produksi Proses Komponen Plastik Flip Flop Dengan Mesin Injeksi Molding Type Hidrolik Production Process of Flip Flop Plastic Components with Hydraulic Type Injection Molding", *Jurnal Baut Dan Manufaktur*, 03(02), 2686–5351.

Ival Parmadhika,(2021), "Analisis Material Removal Rate Pada Proses Cnc Milling Terhadap Material Aisi 1045", *Laporan Proyek Ahir* ,Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat.

Jatira,Apang Djafar Shieddieque, Wilman Adi Nugraha,(2023),"Perancangan Mold Set Komponen Handle Pintu Mobil Dengan Material Alumunium 6061".
Katalog Ejektor Pin Misumi. 61.

Koniherawati, Gregorius Delon Ajidamara Nugroho, Michelle Aurelia Nathanael, Kukuh Madyaningrana, (2024), "Perancangan Cenderamata Sebagai Branding Desa Wisata, Kampung Satwa Kedung Banteng, Moyudan, Yogyakarta", 4(2), 87–93.

Lucky M.Khumaini, Nuryosuwito, Fatkur Rhohman,(2020)," *Investasi Pengaruh Bahan Bakar Cair Hasil Pirolisis Jenis Plastik PET Menggunakan Katalis Zeolit Terhadap Kerja Mesin*".

Luqman Dwi Saputra, Eko Yudiyanto, (2024), "Analisis Performa Mesin CNC Milling Mini 3 Sumbu Terhadap Akurasi Gerak Pemotongan",*Journal of Mechanical Engineering*, 1(3), 1–11. <https://doi.org/10.47134/jme.v1i3.3117>
Manual milling machine FEHLMANN P18S. (2016). 33(0), 1–6.
<http://www.softlayer.com/direct-link>

Muhammad Aziz, Rahayu Saraswati, (2022), "Optimalisasi Parameter Mesin CNC Milling 3 Axis terhadap Waktu Produksi dengan Menggunakan Response Surface Methodology", 1(4), 293–304.

- Muhammad Diki Ramdan Pratama, Gatot Eka Pramono, Yogi Sirods Gaoz ,(2020), "Optimasi Proses Machining Mesin Cnc Milling Untuk Front Channel Dan Rear Channel Pada Alat Surface Condensor", *Jurnal ALMIKANIK*, 2(3), 95–105.
- Muhammad Jufrizal, Ilyas, Marzuki, (2020), "Rancang Bangun Mesin Cnc Milling Menggunakan System Kontrol Grbl Untuk Pembuatan Layout Pcb", *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 4(1), 37v<https://doi.org/10.30811/jmst.v4i1.1743>
- Mulyadi, Zulhendri, Asmed, Aidil Zamri, Fadillah Hanum, (2022), "Pembuatan Ragum Mini Bagian Rahang Tetap dengan Metode Pengecoran Logam sebagai Cinderamata", *Jurnal Teknik Mesin*, 5(1), 27–30.
- Naufal Diswiratna, Iwan Nugraha, Aa Santosa, (2022), "Analisa Dan Perancangan Mold Untuk Membuat Mangkuk Plastik Dengan Menggunakan Inventor", *16(3)*, 215–219.
- Putri Hana Widyaning Mudmainah, Agus Susanto, Adiratna Ciptaningrum, Risma Alfiani, Ramadhana Eka Wicaksono, (2023), "Variasi Kedalaman Potong terhadap Gaya Potong dan Temperatur pada Proses Bubut Baja AISI 304", *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 6(1), 106–118. doi:<https://doi.org/10.30596/rmme.v6i1.13739>
- Rakhmad Arief Siregar, Ahmad Ridwan Rangkuti, (2018), "Pembuatan Cetakan Kotak Sabun Pada Mesin Injection Molding Plastik", *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi FT-UMSU*. 1(1), 57–63.
- Reny Afriany, Bahrul Ilmi, Asmadi, Imam Effendi, (2018), "Pengaruh Gerak Makan Terhadap Kekasaran Permukaan Baja Ss 316L Pada Proses Bubut", *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 4(2), 185. <https://doi.org/10.35449/teknika.v4i2.73>
- Rityuj Singh Parihar, Raj Kumar Sahu, Srinivasu Gangi Setti, (2021), "Novel design and composition optimization of self-lubricating functionally graded cemented tungsten carbide cutting tool material for dry machining", *Advances in Manufacturing*, 9(1), 34–46. <https://doi.org/10.1007/s40436-020-00312-3>
- Roberth Marshall Ratlalan, (2019), "Variasi Kecepatan Putaran Dan Kedalaman Gaya Potong Mesin Bubut Gedee Weiler LZ 330 G Terhadap Permukaan Baja Karbon ST 37", *Jurnal Rekayasa Mesin*, 14(3), 113–120.

- Sutarman, Haryono EdiHermawan, Sarmidi,(2017), "*Computer Numerical Control (CNC) Milling and Turning for Machining Process in Xintai Indonesia*" *Quest Journals Journal of Research in Mechanical Engineering*, 3(5), 2321–8185.
www.questjournals.org
- Syabhilla mutiara,(2023),"Uji Metrologi Gerak Melingkar Pada Mesin CNC Milling di Bengkel Mekanik Polmanbabel", *Laporan Proyek Akhir*,Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung,Sungailiat
- Wan Fathul Hakim W Zamri, Azhari Shamsudeen,Muhamad Faiz Md Din, (2024)," *Dry Sliding Wear Behavior of Cemented Carbide at Elevated Temperatures*", *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 56(5), 603–612.
<https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2024.56.5.5>





LAMPIRAN 1

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Data Pribadi

Nama Lengkap : Garo Apero.M
Tempat Tanggal Lahir : Belinyu, 14 Desember 2003
Jenis Kelamin : Laki - Laki
Agama : Islam
Alamat Rumah : Dusun Air Abik, Desa Gunung
Muda , Belinyu, Bangka,
Kepulauan Bangka Belitung
Hp. : +62 83175995307



Riwayat Pendidikan

SD Negeri 24 Belinyu
Mts Negeri 1 Bangka
SMK Negeri 1 Sungailiat
Polman Negeri Bangka Belitung

Pengalaman Organisasi

Staff Ahli Kemensosling - BEM Polman Babel periode 2023-2024
Anggota Fundraising - UKKI Al Farisi Polman Babel periode 2023-2024

Sungailiat , 29 Juli 2025

Garo Apero.M



LAMPIRAN 2

Daftar G-Code

O0001
N0007 G00 G90 G54 X77.214 Y18.407
N0008 G43 Z2.5 H1 S5374 M03
N0009 G01 Z-1. F268.5
N0010 G02 X77.213 Y19.836 I4.443 J.715 F1074.
N0011 X76.369 Y18.683 I-4.006 J2.05
N0012 G03 X77.214 Y18.407 I.351 J-.356
N0013 G02 X77.213 Y19.836 I4.443 J.715
N0014 X76.369 Y18.683 I-4.006 J2.05
N0015 G03 X77.214 Y18.407 I.351 J-.356
N0016 G00 Z2.5
N0017 Z1.5
N0018 G01 Z-1.5 F268.5
N0019 G02 X77.213 Y19.836 I4.443 J.715 F1074.
N0020 X76.369 Y18.683 I-4.006 J2.05
N0021 G03 X77.214 Y18.407 I.351 J-.356
N0022 G02 X77.213 Y19.836 I4.443 J.715
N0023 X76.369 Y18.683 I-4.006 J2.05
N0024 G03 X77.214 Y18.407 I.351 J-.356
N0025 G00 Z2.5
N0026 X58. Y43.5
N0027 G01 Z-1. F268.5
N0028 Y45.5 F1074.
N0029 X44.
N0030 Y43.5
N0031 X58.
N0032 Y40.3
N0033 X61.2
N0034 Y48.7
N0035 X40.8
N0036 Y40.3
N0037 X58.
N0038 Y37.1
N0039 X64.4
N0040 Y51.9
N0041 X37.6
N0042 Y37.1
N0043 X58.
N0044 Y33.9
N0045 X67.6
N0046 Y55.1

N0047 X34.4
N0048 Y33.9
N0049 X58.
N0050 Y30.7
N0051 X70.438
N0052 G02 X70.806 Y30.694 I0 J-11.7
N0053 X70.8 Y31.062 I11.694 J.368
N0054 G01 Y58.3
N0055 X31.2
N0056 Y30.7
N0057 X58.
N0058 Y27.5
N0059 X70.438
N0060 G02 X76.323 Y25.133 I0 J-8.5
N0061 X77.65 Y21.172 I-3.116 J-3.247
N0062 X78.816 Y22.612 I4.006 J-2.05
N0063 G03 X78.722 Y23.448 I-.316 J.388
N0064 G02 X74. Y31.062 I3.778 J7.614
N0065 G01 Y61.5
N0066 X28.
N0067 Y27.5
N0068 X58.
N0069 X70.438
N0070 G02 X76.323 Y25.133 I0 J-8.5
N0071 X77.65 Y21.172 I-3.116 J-3.247
N0072 X78.816 Y22.612 I4.006 J-2.05
N0073 G03 X78.722 Y23.448 I-.316 J.388
N0074 G02 X74. Y31.062 I3.778 J7.614
N0075 G01 Y61.5
N0076 X28.
N0077 Y27.5
N0078 X58.
N0079 G00 Z2.5
N0080 X58. Y43.5
N0081 Z1.5
N0082 G01 Z-1.5 F268.5
N0083 Y45.5 F1074.
N0084 X44.
N0085 Y43.5
N0086 X58.
N0087 Y40.3
N0088 X61.2
N0089 Y48.7
N0090 X40.8
N0091 Y40.3
N0092 X58.

N0093 Y37.1
N0094 X64.4
N0095 Y51.9
N0096 X37.6
N0097 Y37.1
N0098 X58.
N0099 Y33.9
N0100 X67.6
N0101 Y55.1
N0102 X34.4
N0103 Y33.9
N0104 X58.
N0105 Y30.7
N0106 X70.438
N0107 G02 X70.806 Y30.694 I0 J-11.7
N0108 X70.8 Y31.062 I11.694 J.368
N0109 G01 Y58.3
N0110 X31.2
N0111 Y30.7
N0112 X58.
N0113 Y27.5
N0114 X70.438
N0115 G02 X76.323 Y25.133 I0 J-8.5
N0116 X77.65 Y21.172 I-3.116 J-3.247
N0117 X78.816 Y22.612 I4.006 J-2.05
N0118 G03 X78.722 Y23.448 I-.316 J.388
N0119 G02 X74. Y31.062 I3.778 J7.614
N0120 G01 Y61.5
N0121 X28.
N0122 Y27.5
N0123 X58.
N0124 X70.438
N0125 G02 X76.323 Y25.133 I0 J-8.5
N0126 X77.65 Y21.172 I-3.116 J-3.247
N0127 X78.816 Y22.612 I4.006 J-2.05
N0128 G03 X78.722 Y23.448 I-.316 J.388
N0129 G02 X74. Y31.062 I3.778 J7.614
N0130 G01 Y61.5
N0131 X28.
N0132 Y27.5
N0133 X58.
N0134 G00 Z2.5
N0135 Z25.
N0136 X55.307 Y58.824
N0137 Z3.
N0138 G01 Z-1.5 F268.5

N0139 G41 D18 X52.366 Y61.766 F805.5
N0140 G03 X51.8 Y62. I-.566 J-.566
N0141 G01 X27.5 F1074.
N0142 Y27.
N0143 X70.438
N0144 G02 X75.977 Y24.772 I0 J-8.
N0145 X76.017 Y19.039 I-2.77 J-2.886
N0146 G03 X77.707 Y18.487 I.703 J-.712
N0147 G01 X77.34 Y20.767
N0148 X79.131 Y22.224
N0149 G03 X78.944 Y23.896 I-.631 J.776
N0150 G02 X74.5 Y31.062 I3.556 J7.166
N0151 G01 Y62.
N0152 X50.2
N0153 G03 X49.634 Y61.766 I0 J-.8
N0154 G40 G01 X46.693 Y58.824
N0155 G00 Z3.
N0156 Z25.
N0157 X58. Y43.5
N0158 Z1.
N0159 G01 Z-2.5 F268.5
N0160 Y45.5 F1074.
N0161 X44.
N0162 Y43.5
N0163 X58.
N0164 Y40.3
N0165 X61.2
N0166 Y48.7
N0167 X40.8
N0168 Y40.3
N0169 X58.
N0170 Y37.1
N0171 X64.4
N0172 Y51.9
N0173 X37.6
N0174 Y37.1
N0175 X58.
N0176 Y33.9
N0177 X67.6
N0178 Y55.1
N0179 X34.4
N0180 Y33.9
N0181 X58.
N0182 Y30.7
N0183 X70.438
N0184 G02 X70.806 Y30.694 I0 J-11.7

N0185 X70.8 Y31.062 I11.694 J.368
N0186 G01 Y58.3
N0187 X31.2
N0188 Y30.7
N0189 X58.
N0190 Y27.5
N0191 X70.438
N0192 G02 X78.052 Y22.778 I0 J-8.5
N0193 G03 X78.722 Y23.448 I.448 J.222
N0194 G02 X74. Y31.062 I3.778 J7.614
N0195 G01 Y61.5
N0196 X28.
N0197 Y27.5
N0198 X58.
N0199 X70.438
N0200 G02 X78.052 Y22.778 I0 J-8.5
N0201 G03 X78.722 Y23.448 I.448 J.222
N0202 G02 X74. Y31.062 I3.778 J7.614
N0203 G01 Y61.5
N0204 X28.
N0205 Y27.5
N0206 X58.
N0207 G00 Z1.
N0208 X58. Y43.5
N0209 Z0
N0210 G01 Z-3. F268.5
N0211 Y45.5 F1074.
N0212 X44.
N0213 Y43.5
N0214 X58.
N0215 Y40.3
N0216 X61.2
N0217 Y48.7
N0218 X40.8
N0219 Y40.3
N0220 X58.
N0221 Y37.1
N0222 X64.4
N0223 Y51.9
N0224 X37.6
N0225 Y37.1
N0226 X58.
N0227 Y33.9
N0228 X67.6
N0229 Y55.1
N0230 X34.4

N0231 Y33.9
N0232 X58.
N0233 Y30.7
N0234 X70.438
N0235 G02 X70.806 Y30.694 I0 J-11.7
N0236 X70.8 Y31.062 I11.694 J.368
N0237 G01 Y58.3
N0238 X31.2
N0239 Y30.7
N0240 X58.
N0241 Y27.5
N0242 X70.438
N0243 G02 X78.052 Y22.778 I0 J-8.5
N0244 G03 X78.722 Y23.448 I.448 J.222
N0245 G02 X74. Y31.062 I3.778 J7.614
N0246 G01 Y61.5
N0247 X28.
N0248 Y27.5
N0249 X58.
N0250 X70.438
N0251 G02 X78.052 Y22.778 I0 J-8.5
N0252 G03 X78.722 Y23.448 I.448 J.222
N0253 G02 X74. Y31.062 I3.778 J7.614
N0254 G01 Y61.5
N0255 X28.
N0256 Y27.5
N0257 X58.
N0258 G00 Z1.
N0259 Z25.
N0260 X55.307 Y58.824
N0261 Z1.5
N0262 G01 Z-3. F268.5
N0263 G41 D18 X52.366 Y61.766 F805.5
N0264 G03 X51.8 Y62. I-.566 J-.566
N0265 G01 X27.5 F1074.
N0266 Y27.
N0267 X70.438
N0268 G02 X77.604 Y22.556 I0 J-8.
N0269 G03 X78.944 Y23.896 I.896 J.444
N0270 G02 X74.5 Y31.062 I3.556 J7.166
N0271 G01 Y62.
N0272 X50.2
N0273 G03 X49.634 Y61.766 I0 J-.8
N0274 G40 G01 X46.693 Y58.824
N0275 G00 Z1.5
N0276 Z25.

N0277 G91 G28 Z0
N0278 G28
N0279 M30

Lampiran 4. 1 G-Code Pocket 1 Roughing dan finishing

O0002
N0007 G00 G90 G54 X55.105 Y51.501
N0008 G43 Z0 H2 S10784 M03
N0009 G01 Z-3.5 F2.186
N0010 G41 D14 X57.185 Y51.501 F2186
N0011 G03 X57.468 Y51.618 I0 J.4
N0012 G01 X60.621 Y54.771 F2.186
N0013 X56.378
N0014 X51.632 Y50.026
N0015 X53.753 Y47.904
N0016 X58.033 Y52.184
N0017 G03 X58.15 Y52.467 I-.283 J.283 F2.186
N0018 G40 G01 Y54.547
N0019 G00 Z0
N0020 X56.57 Y53.673
N0021 Z-.5
N0022 G01 Z-4. F2.186
N0023 G41 D14 X58.65 Y53.673 F2186
N0024 G03 X58.933 Y53.791 I0 J.4
N0025 G01 X59.414 Y54.271 F2.186
N0026 X56.585
N0027 X52.339 Y50.026
N0028 X53.753 Y48.611
N0029 X59.414 Y54.271
N0030 X59.294 F1.64
N0031 G03 X59.011 Y54.154 I0 J-.4
N0032 G40 G01 X57.54 Y52.684
N0033 G00 Z0
N0034 Z25.
N0035 X31.304 Y46.061
N0036 Z0
N0037 G01 Z-3.5 F2.186
N0038 G41 D14 X29.834 Y44.591 F2.186
N0039 G03 X29.717 Y44.308 I.283 J-.283
N0040 G01 Y37.822 F2.186
N0041 X31.6 Y38.937
N0042 Y54.07
N0043 X29.717 Y52.955

N0044 Y43.508
N0045 G03 X29.834 Y43.225 I.4 J0 F1.64
N0046 G40 G01 X31.304 Y41.754
N0047 G00 Z0
N0048 X31.045 Y46.545
N0049 Z-.5
N0050 G01 Z-4. F2.186
N0051 G41 D14 X30.334 Y44.591 F2.186
N0052 G03 X30.217 Y44.308 I.283 J-.283
N0053 G01 Y38.699 F2.186
N0054 X31.1 Y39.222
N0055 Y53.193
N0056 X30.217 Y52.67
N0057 Y43.508
N0058 G03 X30.334 Y43.225 I.4 J0 F1.64
N0059 G40 G01 X31.045 Y41.27
N0060 G00 Z0
N0061 Z25.
N0062 X69.118 Y50.051
N0063 Z0
N0064 G01 Z-3.5 F2.186
N0065 G41 D14 X69.118 Y47.971 F1.618
N0066 G03 X69.235 Y47.689 I.4 J0
N0067 G01 X72.283 Y44.64 F2.186
N0068 Y48.979
N0069 X67.726 Y53.467
N0070 X65.591 Y51.333
N0071 X69.801 Y47.123
N0072 G03 X70.084 Y47.006 I.283 J.283 F1.618
N0073 G40 G01 X72.164
N0074 G00 Z0
N0075 X71.238 Y48.639
N0076 Z-.5
N0077 G01 Z-4. F2.186
N0078 G41 D14 X71.238 Y46.559 F2.186
N0079 G03 X71.355 Y46.276 I.4 J0
N0080 G01 X71.783 Y45.847 F2.186
N0081 Y48.77
N0082 X67.729 Y52.763
N0083 X66.298 Y51.333
N0084 X71.783 Y45.847
N0085 Y46.042 F2.186
N0086 G03 X71.666 Y46.324 I-.4 J0
N0087 G40 G01 X70.196 Y47.795
N0088 G00 Z0
N0089 Z25.

N0090 X67.253 Y36.553
N0091 Z0
N0092 G01 Z-3.5 F2.186
N0093 G41 D14 X65.173 Y36.537 F2.186
N0094 G03 X64.891 Y36.418 I.003 J-.4
N0095 G01 X61.878 Y33.358 F2.186
N0096 X66.088
N0097 X70.598 Y37.938
N0098 X68.461 Y40.043
N0099 X64.329 Y35.848
N0100 G03 X64.214 Y35.564 I.285 J-.281 F1.618
N0101 G40 G01 X64.23 Y33.484
N0102 G00 Z0
N0103 X65.872 Y34.438
N0104 Z-.5
N0105 G01 Z-4. F2.186
N0106 G41 D14 X63.792 Y34.422 F1.618
N0107 G03 X63.51 Y34.303 I.003 J-.4
N0108 G01 X63.072 Y33.858 F2.186
N0109 X65.879
N0110 X69.891 Y37.933
N0111 X68.466 Y39.336
N0112 X63.072 Y33.858
N0113 X63.248 F1.618
N0114 G03 X63.531 Y33.976 I0 J.4
N0115 G40 G01 X65.002 Y35.446
N0116 G00 Z0
N0117 Z25.
N0118 X42.367 Y51.381
N0119 Z0
N0120 G01 Z-3.5 F2.186
N0121 G41 D14 X44.447 Y51.381 F2.186
N0122 G03 X44.73 Y51.498 I0 J.4
N0123 G01 X44.875 Y51.643 F2.157
N0124 X37.024
N0125 Y48.643
N0126 X41.875
N0127 X44.875 Y51.643
N0128 X44.28
N0129 G03 X43.997 Y51.526 I0 J-.4 F1.618
N0130 G40 G01 X42.526 Y50.055
N0131 G00 Z0
N0132 X41.26 Y50.981
N0133 Z-.5
N0134 G01 Z-4. F2.186
N0135 G41 D14 X43.34 Y50.981 F1.186

N0136 G03 X43.623 Y51.098 I0 J.4
N0137 G01 X43.668 Y51.143 F2.157
N0138 X37.524
N0139 Y49.143
N0140 X41.668
N0141 X43.668 Y51.143
N0142 X42.931
N0143 G03 X42.649 Y51.026 I0 J-.4 F1.618
N0144 G40 G01 X41.178 Y49.555
N0145 G00 Z0
N0146 Z25.
N0147 X52.495 Y38.492
N0148 Z0
N0149 G01 Z-3.5 F2.186
N0150 G41 D14 X52.45 Y40.572 F1.618
N0151 G03 X52.327 Y40.852 I-.4 J-.009
N0152 G01 X47.184 Y45.777 F2.187
N0153 X40.747 Y39.056
N0154 X43.907
N0155 X47.043 Y42.331
N0156 X47.145 Y42.332
N0157 X54.795 Y34.46
N0158 X56.853 Y36.518
N0159 X51.749 Y41.405
N0160 G03 X51.464 Y41.516 I-.277 J-.289 F1.618
N0161 G40 G01 X49.384 Y41.471
N0162 G00 Z0
N0163 X52.149 Y38.131
N0164 Z-.5
N0165 G01 Z-4. F2.186
N0166 G41 D14 X52.104 Y40.211 F1.618
N0167 G03 X51.981 Y40.491 I-.4 J-.009
N0168 G01 X47.199 Y45.07 F2.186
N0169 X41.919 Y39.556
N0170 X43.694
N0171 X47.041 Y43.051
N0172 X47.142 Y43.052
N0173 X54.8 Y35.173
N0174 X56.138 Y36.51
N0175 X51.403 Y41.044
N0176 G03 X51.118 Y41.155 I-.277 J-.289 F1.618
N0177 G40 G01 X49.038 Y41.11
N0178 G00 Z0
N0179 Z25.
N0180 G91 G28 Z0
N0181 G28

N0182 M30

Lampiran 4. 2 G-Code Profil 1

O0003

N0007 G00 G90 G54 X54.218 Y35.621

N0008 G43 Z0 H4 S4299 M03

N0009 G01 Z-.4. F214.75

N0010 G41 D15 X54.106 Y40.82 F644.25

N0011 G03 X53.798 Y41.52 I-1. J-.022

N0012 G01 X47.138 Y47.898 F859.

N0013 X37.234 Y37.556

N0014 X44.548

N0015 X47.076 Y40.197

N0016 X47.127

N0017 X54.78 Y32.324

N0018 X58.997 Y36.541

N0019 X52.353 Y42.904

N0020 G03 X51.64 Y43.181 I-.692 J-.722 F644.25

N0021 G40 G01 X46.441 Y43.069

N0022 G00 Z0

N0023 Z25.

N0024 X42.299 Y51.143

N0025 Z0

N0026 G01 Y53.143

N0027 G03 Y49.143 Z-1. I0 J-2.

N0028 Y53.143 Z-2. I0 J2.

N0029 Y49.143 Z-3. I0 J-2.

N0030 Y53.143 Z-4. I0 J2.

N0031 G01 Y52.56

N0032 G41 D15 X47.499 Y52.56

N0033 G03 X48.206 Y52.853 I0 J1.

N0034 G01 X48.496 Y53.143 F859.

N0035 X35.524

N0036 Y47.143

N0037 X42.496

N0038 X48.496 Y53.143

N0039 X46.906

N0040 G03 X46.199 Y52.85 I0 J-1. F644.25

N0041 G40 G01 X42.522 Y49.173

N0042 G00 Z0

N0043 Z25.

N0044 X64.519 Y33.858

N0045 Z0

N0046 G01 X66.34 Y33.031

N0047 G03 X62.698 Y34.686 Z-1. I-1.821 J.827
N0048 X66.34 Y33.031 Z-2. I1.821 J-.827
N0049 X62.698 Y34.686 Z-3. I-1.821 J.827
N0050 X66.34 Y33.031 Z-4. I1.821 J-.827
N0051 G01 X65.429 Y33.445
N0052 G41 D15 X60.23 Y33.405
N0053 G03 X59.525 Y33.107 I.008 J-1.
N0054 G01 X58.295 Y31.858 F859.
N0055 X66.716
N0056 X72.72 Y37.954
N0057 X68.445 Y42.164
N0058 X58.295 Y31.858
N0059 X58.543 F644.25
N0060 G03 X59.25 Y32.151 I0 J1.
N0061 G40 G01 X62.927 Y35.828
N0062 G00 Z0
N0063 Z25.
N0064 X72.252 Y48.165
N0065 Z0
N0066 G01 Z-4. F217.25
N0067 G41 D15 X72.252 Y42.965 F651.75
N0068 G03 X72.545 Y42.257 I1. J0
N0069 G01 X73.783 Y41.019 F869.
N0070 Y49.607
N0071 X67.718 Y55.581
N0072 X63.47 Y51.333
N0073 X73.783 Y41.019
N0074 Y41.268 F651.75
N0075 G03 X73.491 Y41.975 I-1. J0
N0076 G40 G01 X69.814 Y45.652
N0077 G00 Z0
N0078 Z25.
N0079 X32.186 Y49.292
N0080 Z0
N0081 G01 Z-4. F217.25
N0082 G41 D15 X28.509 Y45.615 F651.75
N0083 G03 X28.217 Y44.908 I.707 J-.707
N0084 G01 Y35.19 F869.
N0085 X33.1 Y38.082
N0086 Y56.702
N0087 X28.217 Y53.81
N0088 Y42.908
N0089 G03 X28.509 Y42.201 I1. J0 F651.75
N0090 G40 G01 X32.186 Y38.524
N0091 G00 Z0
N0092 Z25.

N0093 X57.079 Y54.723
N0094 Z0
N0095 G01 Z-4. F217.25
N0096 G41 D15 X62.279 Y54.723 F651.75
N0097 G03 X62.986 Y55.016 I0 J1.
N0098 G01 X64.242 Y56.271 F869.
N0099 X55.757
N0100 X49.511 Y50.026
N0101 X53.753 Y45.783
N0102 X64.242 Y56.271
N0103 X64.018 F651.75
N0104 G03 X63.311 Y55.979 I0 J-1.
N0105 G40 G01 X59.634 Y52.302
N0106 G00 Z0
N0107 Z25.
N0108 G91 G28 Z0
N0109 G28
N0110 M30

Lampiran 4. 3 G-Code Profil 1 lanjutan

O0004
N0007 G00 G90 G54 X13. Y75.
N0008 G43 Z25. H5 S5374 M03
N0009 G83 G98 R3. Z-10. Q2. F1074
N0010 Y14.
N0011 X89.
N0012 Y75.
N0013 G80 Z25.
N0014 G91 G28 Z0
N0015 G28
N0016 M30

Lampiran 4. 4 Bor 1 Cavity

O0005
N0007 G00 G90 G54 X33. Y14.
N0008 G43 Z25. H6 S7165 M03
N0009 G83 G98 R3. Z-10. Q2. F715
N0010 G80 Z25.
N0011 G91 G28 Z0
N0012 G28
N0013 M30

Lampiran 4. 5 Bor 2 Cavity

O006
N55 G00 G90 G54 X22.506 Y44.5
N60 G43 Z15. H7 S21000 M03
N65 G00 Z5.
N70 G01 Z2.5 F2149.
N75 Z-0.5
N80 X1.994 F2149.
N85 Z-1. F2149.
N90 X22.506 F2149.
N95 G00 Z15.
N100 M05
N110 G28 G91 Z0.
N115 G90
N120 G49
N125 G28 G91
N130 G90
N135 M30

Lampiran 4. 6 Pembuangan Cavity

O0009
N7 G00 G90 G54 X13. Y75.
N8 G43 Z25. H1 S5374 M03
N9 G83 G98 R3. Z-10. Q2. F1074
N10 Y14.
N11 X89.
N12 Y75.
N13 G80 Z25.
N14 G91 G28 Z0
N15 G28
N16 M30

Lampiran 4. 2 G-Code Bor 1 Core

O0010
N7 G00 G90 G54 X33. Y75.
N8 G43 Z25. H2 7165 M03
N9 G83 G98 R3. Z-10. Q2. F715
N10 G80 Z25.
N11 G91 G28 Z0
N12 G28
N13 M30

Lampiran 4. 3 G-Code Bor 2 Core

O007
N55 G00 G90 G54 X46.45 Y2.1
N60 G43 Z15. H8 S1O714 M03
N65 G00 Z2.
N70 G01 Z0.4 F0.
N75 X46.455 Y2.094 Z0.322 F2186.
N80 X46.47 Y2.077 Z0.247
N85 X46.494 Y2.05 Z0.178
N90 X46.527 Y2.012 Z0.117
N95 X46.568 Y1.967 Z0.067
N100 X46.613 Y1.915 Z0.03
N105 X46.663 Y1.859 Z0.008
N110 X46.715 Y1.801 Z0.
N115 X46.828 Y1.674 F2186.
N120 X46.894 Y1.649 F2186.
N125 X47.072 Y1.605
N130 X54.424
N135 X54.928 F2186.
N140 X55.106 Y1.654
N145 X55.208 Y1.699
N150 X55.285 Y1.79
N155 X55.348 Y1.877
N160 X55.377 Y2.056 F2186.
N165 X55.343 Y2.234
N170 X55.006 Y3.661
N175 X54.966 Y3.839
N180 X54.72 Y5.088
N185 X54.659 Y5.445
N190 X54.425 Y6.872
N195 X54.392 Y7.094
N200 X54.066 Y9.548
N205 X54.044 Y9.726
N210 X53.824 Y11.866
N215 X53.78 Y12.402
N220 X53.61 Y14.542
N225 X53.471 Y17.218
N230 X53.463 Y17.396
N235 X53.398 Y20.072
N240 X53.4 Y22.926
N245 X53.376 Y23.104 Z-0.003
N250 X53.321 Y23.21 Z-0.011
N255 X53.259 Y23.283 Z-0.02
N260 X53.221 Y23.317 Z-0.025
N265 X53.142 Y23.361 Z-0.033
N270 X52.964 Y23.404 Z-0.042

N275 X52.785 Y23.406 Z-0.053
N280 X52.607 Y23.405 Z-0.081
N285 X52.428 Y23.406 Z-0.127
N290 X52.25 Y23.404 Z-0.191
N295 X52.071 Z-0.276
N300 X51.893 Y23.398 Z-0.383
N305 X51.714 Y23.394 Z-0.493
N310 X51.536 Y23.391 Z-0.576
N315 X51.357 Y23.39 Z-0.638
N320 X51.179 Y23.388 Z-0.674
N325 X51. Z-0.686
N330 X50.821 Z-0.674
N335 X50.643 Y23.39 Z-0.638
N340 X50.464 Y23.391 Z-0.577
N345 X50.286 Z-0.492
N350 X49.929 Y23.404 Z-0.276
N355 X49.75 Z-0.191
N360 X49.572 Y23.406 Z-0.127
N365 X49.393 Y23.405 Z-0.081
N370 X49.215 Y23.406 Z-0.053
N375 X49.036 Y23.404 Z-0.042
N380 X48.858 Y23.361 Z-0.033
N385 X48.779 Y23.317 Z-0.025
N390 X48.741 Y23.283 Z-0.02
N395 X48.679 Y23.22 Z-0.012
N400 X48.624 Y23.104 Z-0.003
N405 X48.606 Y23.015 Z0.
N410 Y22.034
N415 X48.597 Y19.715
N420 X48.595 Y19.537
N425 X48.537 Y17.396
N430 X48.511 Y16.861
N435 X48.39 Y14.542
N440 X48.224 Y12.402
N445 X47.995 Y10.083
N450 X47.654 Y7.407
N455 X47.377 Y5.623
N460 X47.034 Y3.839
N465 X46.994 Y3.661
N470 X46.758 Y2.66
N475 X46.657 Y2.234 F2186.
N480 X46.623 Y2.056
N485 X46.652 Y1.877
N490 X46.715 Y1.801 F2186.
N495 X46.744 Y1.772
N500 X46.776 Y1.746

N505 X46.81 Y1.724
N510 X46.846 Y1.705 Z0.001
N515 X46.883 Y1.688
N520 X46.922 Y1.674 Z0.002
N525 X46.962 Y1.662
N530 X47.002 Y1.654 Z0.003
N535 X47.086 Y1.642 Z0.004
N540 X47.171 Y1.639 Z0.005
N545 X47.256 Y1.643 Z0.006
N550 X47.341 Y1.655
N555 X47.432 Y1.674 Z0.007
N560 X47.522 Y1.697 Z0.008
N565 X47.698 Y1.758
N570 X47.869 Y1.833 Z0.005
N575 X48.034 Y1.92 Z0.
N580 X48.223 Y2.032
N585 X48.411 Y2.147 Z-0.005
N590 X48.505 Y2.204 Z-0.01
N595 X48.599 Y2.26 Z-0.017
N600 X48.695 Y2.314 Z-0.025
N605 X48.791 Y2.366 Z-0.034
N610 X48.887 Y2.414 Z-0.042
N615 X48.985 Y2.458 Z-0.051
N620 X49.085 Y2.497 Z-0.061
N625 X49.186 Y2.532 Z-0.07
N630 X49.289 Y2.56 Z-0.079
N635 X49.393 Y2.582 Z-0.086
N640 X49.499 Y2.595 Z-0.09
N645 X49.552 Y2.599 Z-0.092
N650 X49.605 Y2.6
N655 X53.415
N660 X53.5 F2186.
N665 X53.678 Z-0.091
N670 X53.857 Y2.601 Z-0.084
N675 X54.035 Y2.602 Z-0.073
N680 X54.214 Y2.603 Z-0.058
N685 X54.222 Y2.638 Z-0.06
N690 X54.192 Y2.769 Z-0.071 F2186.
N695 X54.151 Y2.948 Z-0.082
N700 X54.109 Y3.126 Z-0.087
N705 X54.035 Y3.439 Z-0.09
N710 X53.986 Y3.661
N715 X53.81 Y4.553 Z-0.089
N720 X53.74 Y4.91 Z-0.091
N725 X53.65 Y5.445 Z-0.089
N730 X53.474 Y6.515 Z-0.09

N735 X53.445 Y6.693
N740 X53.418 Y6.872 Z-0.091
N745 X53.251 Y8.121 Z-0.088
N750 X53.085 Y9.369 Z-0.09
N755 X53.062 Y9.548 Z-0.091
N760 X52.988 Y10.261 Z-0.09
N765 X52.896 Y11.153
N770 X52.841 Y11.688 Z-0.091
N775 X52.824 Y11.866 Z-0.09
N780 X52.696 Y13.472 Z-0.088
N785 X52.625 Y14.364 Z-0.091
N790 X52.607 Y14.649
N795 X52.519 Y16.326 Z-0.089
N800 X52.474 Y17.218 Z-0.091
N805 X52.467 Y17.396
N810 X52.427 Y19.002 Z-0.089
N815 X52.402 Y20.072 Z-0.091
N820 X52.403 Y21.591 Z-0.089
N825 Y21.856 Z-0.088 F0.
N830 X52.404 Y22.391 Z-0.089
N835 X52.25 Y22.406 Z-0.144 F1.
N840 X52.071 Y22.405 Z-0.226
N845 X51.893 Y22.4 Z-0.322
N850 X51.714 Y22.398 Z-0.401
N855 X51.536 Y22.397 Z-0.459
N860 X51.357 Y22.399 Z-0.5
N865 X51.179 Z-0.524
N870 X51. Y22.401 Z-0.531
N875 X50.821 Y22.399 Z-0.524
N880 X50.643 Z-0.5
N885 X50.464 Y22.397 Z-0.459
N890 X50.286 Y22.395 Z-0.401
N895 X50.107 Y22.399 Z-0.322
N900 X49.929 Y22.405 Z-0.226
N905 X49.75 Y22.406 Z-0.144 F0.
N910 X49.602 Y22.391 Z-0.091
N915 X49.599 Y21.321 Z-0.089 F1.
N920 X49.594 Y20.072
N925 X49.591 Y19.537 Z-0.091
N930 X49.562 Y18.467 Z-0.09
N935 X49.533 Y17.396 Z-0.091
N940 X49.517 Y17.039
N945 X49.462 Y15.969 Z-0.089
N950 X49.387 Y14.542 Z-0.091
N955 X49.347 Y14.007 Z-0.09
N960 X49.264 Y12.937

N965 X49.215 Y12.304
N970 X49.05 Y10.618 Z-0.089
N975 X48.996 Y10.083 Z-0.091
N980 X48.976 Y9.904
N985 X48.863 Y9.012 Z-0.088
N990 X48.704 Y7.764 Z-0.089
N995 X48.634 Y7.229 Z-0.091
N1000 X48.496 Y6.337 Z-0.089
N1005 X48.356 Y5.445 Z-0.091
N1010 X48.186 Y4.553 Z-0.088
N1015 X48.014 Y3.661 Z-0.09
N1020 X47.965 Y3.438
N1025 X47.952 Y3.383
N1030 X47.891 Y3.126 Z-0.087 F0.
N1035 X47.85 Y2.948 Z-0.082
N1040 X47.808 Y2.769 Z-0.071
N1045 X47.786 Y2.674 Z-0.063
N1050 Y2.603 Z-0.058
N1055 X47.965 Y2.602 Z-0.073 F1.
N1060 X48.143 Y2.601 Z-0.084
N1065 X48.322 Y2.6 Z-0.091
N1070 X48.858 Z-0.092
N1075 X49.605
N1080 X49.792 Y2.61 Z-0.095
N1085 X49.885 Y2.621 Z-0.099
N1090 X49.977 Y2.637 Z-0.104
N1095 X50.16 Y2.679 Z-0.118
N1100 X50.339 Y2.732 Z-0.138
N1105 X50.516 Y2.796 Z-0.163
N1110 X50.689 Y2.866 Z-0.195
N1115 X50.859 Y2.94 Z-0.233
N1120 X51.027 Y3.017 Z-0.278
N1125 X51.196 Y3.096 Z-0.327
N1130 X51.365 Y3.174 Z-0.381
N1135 X51.536 Y3.248 Z-0.437
N1140 X51.711 Y3.318 Z-0.488
N1145 X51.885 Y3.379 Z-0.526
N1150 X51.975 Y3.407 Z-0.54
N1155 X52.066 Y3.431 Z-0.55
N1160 X52.157 Y3.453 Z-0.555
N1165 X52.249 Y3.471
N1170 X52.341 Y3.486 Z-0.549
N1175 X52.434 Y3.496 Z-0.536
N1180 X52.607 Y3.511 Z-0.504 F0.
N1185 X52.785 Y3.527 Z-0.466
N1190 X53.009 Y3.548 Z-0.412

N1195 X53.025 Y3.549 Z-0.407
N1200 X53.038 Y3.572 Z-0.41
N1205 X53.035 Y3.602 Z-0.419 F1.
N1210 X53.029 Y3.661 Z-0.433
N1215 X53.009 Y3.839 Z-0.47
N1220 X52.97 Y4.196 Z-0.538
N1225 X52.964 Y4.252 Z-0.548
N1230 X52.949 Y4.375 Z-0.564
N1235 X52.925 Y4.553 Z-0.586
N1240 X52.901 Y4.731 Z-0.604
N1245 X52.875 Y4.91 Z-0.612
N1250 X52.847 Y5.088 Z-0.615
N1255 X52.728 Y5.802 Z-0.613
N1260 X52.607 Y6.55 Z-0.617
N1265 X52.56 Y6.872 Z-0.618
N1270 X52.415 Y7.942 Z-0.61
N1275 X52.344 Y8.477 Z-0.613
N1280 X52.247 Y9.191 Z-0.609
N1285 X52.223 Y9.369
N1290 X52.202 Y9.548
N1295 X52.081 Y10.618 Z-0.591
N1300 X51.964 Y11.688 Z-0.578
N1305 X51.914 Y12.223 Z-0.568
N1310 X51.789 Y13.65 Z-0.545
N1315 X51.728 Y14.364 Z-0.536
N1320 X51.703 Y14.721 Z-0.53
N1325 X51.62 Y16.148 Z-0.507
N1330 X51.56 Y17.218 Z-0.498
N1335 X51.552 Y17.396 Z-0.496
N1340 X51.516 Y18.645 Z-0.482
N1345 X51.497 Y19.358 Z-0.478
N1350 X51.479 Y20.072 Z-0.475
N1355 Y20.582 Z-0.474
N1360 Y21.382 Z-0.471 F2186.
N1365 X51.448 Y21.398 Z-0.479
N1370 X51.357 Y21.399 Z-0.497 1.
N1375 X51.179 Z-0.521 F0.
N1380 X51. Y21.401 Z-0.528
N1385 X50.821 Y21.399 Z-0.521
N1390 X50.643 Z-0.497
N1395 X50.553 Y21.398 Z-0.479
N1400 X50.523 Y21.382 Z-0.471
N1405 X50.517 Y20.072 Z-0.474 1.
N1410 X50.513 Y19.537 Z-0.478
N1415 X50.492 Y18.823 Z-0.481
N1420 X50.454 Y17.575 Z-0.493

N1425 X50.44 Y17.218 Z-0.498
N1430 X50.38 Y16.148 Z-0.507
N1435 X50.297 Y14.721 Z-0.53
N1440 X50.272 Y14.364 Z-0.536
N1445 X50.197 Y13.472 Z-0.547
N1450 X50.089 Y12.223 Z-0.569
N1455 X49.938 Y10.796 Z-0.589
N1460 X49.861 Y10.083 Z-0.601
N1465 X49.841 Y9.904 Z-0.603
N1470 X49.794 Y9.548 Z-0.605
N1475 X49.749 Y9.191
N1480 X49.654 Y8.477 Z-0.611
N1485 X49.572 Y7.833 Z-0.612
N1490 X49.492 Y7.229 Z-0.618
N1495 X49.466 Y7.05 Z-0.619
N1500 X49.385 Y6.515 Z-0.614
N1505 X49.273 Y5.802 Z-0.615
N1510 X49.188 Y5.266 Z-0.618
N1515 X49.154 Y5.088 Z-0.616
N1520 X49.123 Y4.91 Z-0.611
N1525 X49.095 Y4.731 Z-0.601
N1530 X49.071 Y4.553 Z-0.583
N1535 X49.045 Y4.353 Z-0.559
N1540 X49.036 Y4.283 Z-0.551 F0.
N1545 X49.009 Y4.018 Z-0.505
N1550 X48.99 Y3.839 Z-0.47
N1555 X48.97 Y3.661 Z-0.433
N1560 X48.964 Y3.602 Z-0.419
N1565 X48.962 Y3.572 Z-0.41
N1570 X48.975 Y3.549 Z-0.407
N1575 X49.036 Y3.544 Z-0.423 F1.
N1580 X49.215 Y3.527 Z-0.466
N1585 X49.393 Y3.511 Z-0.504
N1590 X49.608 Y3.493 Z-0.542
N1595 X49.75 Y3.482 Z-0.564
N1600 X49.929 Y3.47 Z-0.585
N1605 X50.286 Y3.453 Z-0.614
N1610 X50.375 Y3.45 Z-0.619
N1615 X50.464 Y3.449 Z-0.621
N1620 X51.536
N1625 X51.625 Y3.45 Z-0.619
N1630 X51.714 Y3.453 Z-0.614
N1635 X52.071 Y3.47 Z-0.585
N1640 X52.265 Y3.483 Z-0.562
N1645 X52.434 Y3.496 Z-0.536
N1650 X52.465 Y3.502 Z-0.531

N1655 X52.495 Y3.514 Z-0.528
N1660 X52.523 Y3.531 Z-0.527
N1665 X52.548 Y3.551 Z-0.528
N1670 X52.584 Y3.587 Z-0.531
N1675 X52.614 Y3.627 Z-0.537
N1680 X52.631 Y3.656 Z-0.542
N1685 X52.647 Y3.688 Z-0.548
N1690 X52.661 Y3.721 Z-0.555
N1695 X52.684 Y3.789 Z-0.57
N1700 X52.7 Y3.859 Z-0.587
N1705 X52.708 Y3.93 Z-0.606
N1710 X52.71 Y4.014 Z-0.629
N1715 X52.707 Y4.099 Z-0.651
N1720 X52.689 Y4.267 Z-0.7
N1725 X52.674 Y4.35 Z-0.725
N1730 X52.653 Y4.431 Z-0.755
N1735 X52.599 Y4.59 Z-0.818
N1740 X52.554 Y4.699 Z-0.859
N1745 X52.456 Y4.913 Z-0.942
N1750 X52.354 Y5.125 Z-1.024
N1755 X52.25 Y5.339 Z-1.101
N1760 X52.199 Y5.447 Z-1.136
N1765 X52.149 Y5.554 Z-1.168
N1770 X52.1 Y5.663 Z-1.196
N1775 X52.053 Y5.774 Z-1.221
N1780 X52.009 Y5.886 Z-1.241
N1785 X51.967 Y6. Z-1.255
N1790 X51.929 Y6.116 Z-1.264
N1795 X51.895 Y6.233 Z-1.266
N1800 X51.865 Y6.351 Z-1.261
N1805 X51.828 Y6.515 Z-1.249
N1810 X51.79 Y6.693 Z-1.234
N1815 X51.719 Y7.05 Z-1.204
N1820 X51.549 Y7.942 Z-1.124
N1825 X51.389 Y8.834 Z-1.051
N1830 X51.328 Y9.191 Z-1.021
N1835 X51.299 Y9.369 Z-1.006
N1840 X51.247 Y9.726 Z-0.976
N1845 X51.15 Y10.439 Z-0.918
N1850 X51.103 Y10.796 Z-0.89
N1855 X51.101 Y10.814 Z-0.889
N1860 X51.034 Y11.331 Z-0.852 0.
N1865 X51. Y11.605 Z-0.831
N1870 X50.984 Y11.51 Z-0.838 F1.
N1875 X50.918 Y10.975 Z-0.878
N1880 X50.873 Y10.618 Z-0.904

N1885 X50.803 Y10.083 Z-0.949
N1890 X50.753 Y9.726 Z-0.977
N1895 X50.643 Y9.053 Z-1.031
N1900 X50.483 Y8.121 Z-1.109
N1905 X50.451 Y7.942 Z-1.124
N1910 X50.319 Y7.229 Z-1.19
N1915 X50.284 Y7.05 Z-1.205
N1920 X50.248 Y6.872 Z-1.219
N1925 X50.088 Y6.158 Z-1.276
N1930 X49.965 Y5.623 Z-1.319
N1935 X49.929 Y5.445 Z-1.327
N1940 X49.906 Y5.266 Z-1.323
N1945 X49.893 Y5.107 Z-1.309
N1950 X49.891 Y5.088 Z-1.307 F0.
N1955 X49.885 Y4.91 Z-1.276
N1960 X49.887 Y4.731 Z-1.232
N1965 X49.896 Y4.553 Z-1.173
N1970 X49.912 Y4.354 Z-1.087
N1975 X49.913 Y4.344 Z-1.083
N1980 X49.929 Y4.334 Z-1.088 F1.
N1985 X50.107 Y4.285 Z-1.168
N1990 X50.286 Y4.241 Z-1.23
N1995 X50.464 Y4.204 Z-1.276
N2000 X50.509 Y4.196 Z-1.285
N2005 X50.643 Y4.176 Z-1.307
N2010 X50.821 Y4.159 Z-1.324
N2015 X51. Y4.154 Z-1.329
N2020 X51.179 Y4.159 Z-1.324
N2025 X51.324 Y4.173 Z-1.31
N2030 X51.357 Y4.176 Z-1.307 F0.
N2035 X51.491 Y4.196 Z-1.285
N2040 X51.536 Y4.204 Z-1.276
N2045 X51.714 Y4.241 Z-1.23
N2050 X51.893 Y4.285 Z-1.167
N2055 X52.071 Y4.334 Z-1.089
N2060 X52.087 Y4.375 Z-1.1 F1.
N2065 X52.1 Y4.553 Z-1.176
N2070 X52.111 Y4.731 Z-1.234
N2075 X52.116 Y4.91 Z-1.276
N2080 X52.113 Y5.088 Z-1.304
N2085 X52.099 Y5.266 Z-1.32
N2090 X52.075 Y5.445 Z-1.325
N2095 X52.071 Y5.467
N2100 X52.038 Y5.623 Z-1.317
N2105 X51.893 Y6.234 Z-1.271
N2110 X51.865 Y6.351 Z-1.261

N2115 X51.859 Y6.358 Z-1.263
N2120 X51.846 Y6.362 Z-1.268
N2125 X51.827 Y6.358 Z-1.278
N2130 X51.813 Y6.35 Z-1.286
N2135 X51.779 Y6.32 Z-1.306
N2140 X51.758 Y6.293 Z-1.321
N2145 X51.684 Y6.146 Z-1.38
N2150 X51.655 Y6.074 Z-1.404
N2155 X51.629 Y6.001 Z-1.428
N2160 X51.552 Y5.75 Z-1.498
N2165 X51.511 Y5.624 Z-1.532
N2170 X51.463 Y5.501 Z-1.563
N2175 X51.437 Y5.444 Z-1.577
N2180 X51.407 Y5.388 Z-1.59
N2185 X51.374 Y5.334 Z-1.602
N2190 X51.337 Y5.282 Z-1.613
N2195 X51.297 Y5.234 Z-1.622
N2200 X51.252 Y5.189 Z-1.63
N2205 X51.19 Y5.14 Z-1.637
N2210 X51.149 Y5.116 Z-1.639
N2215 X51.134 Y5.108
N2220 X51.089 Y5.106 Z-1.642
N2225 X51. Y5.104 Z-1.644
N2230 X50.911 Y5.106 Z-1.642
N2235 X50.866 Y5.108 Z-1.639
N2240 X50.844 Y5.122
N2245 X50.851 Y5.186 Z-1.642
N2250 X50.862 Y5.266 Z-1.643
N2255 X50.896 Y5.445 Z-1.636
N2260 X50.941 Y5.623 Z-1.611
N2265 X51. Y5.841 Z-1.566
N2270 X51.06 Y5.623 Z-1.611
N2275 X51.107 Y5.445 Z-1.635
N2280 X51.143 Y5.266 Z-1.643
N2285 X51.154 Y5.186 Z-1.642
N2290 X51.161 Y5.122 Z-1.638
N2295 X51.149 Y5.116 Z-1.639
N2300 X51.087 Y5.082 Z-1.635
N2305 X51.026 Y5.049 Z-1.618
N2310 X50.968 Y5.018 Z-1.59
N2315 X50.916 Y4.99 Z-1.55
N2320 X50.871 Y4.966 Z-1.501
N2325 X50.835 Y4.946 Z-1.443
N2330 X50.808 Y4.932 Z-1.379
N2335 X50.791 Y4.923 Z-1.31
N2340 X50.786 Y4.92 Z-1.239

N2345 G00 Z15.
N2350 M05
N2360 G28 G91 Z0.
N2365 G90
N2370 G49
N2375 G28 G91
N2380 G90
N2385 M30

Lampiran 4. 7 G-Code Runner Cavity

O0011
N55 G00 G90 G54 X1.994 Y44.5
N60 G43 Z15. H3 S21496 M03
N65 G00 Z5.
N70 G01 Z2.5 F716.
N75 Z-0.5
N80 X22.506 F2149.
N85 Z-1. F716.
N90 X1.994 F2149.
N95 G00 Z15.
N100 M05
N110 G28 G91 Z0.
N115 G90
N120 G49
N125 G28 G91
N130 G90
N135 M30

Lampiran 4. 4 G-Code Pembuangan Core

O0012
N55 G00 G90 G54 X46.574 Y87.026
N60 G43 Z15. H4 S10714 M03
N65 G00 Z2.
N70 G01 Z0.4 F357.
N75 X46.576 Y87.019 Z0.322 F1074.
N80 X46.584 Y86.997 Z0.247
N85 X46.597 Y86.963 Z0.178
N90 X46.614 Y86.916 Z0.117
N95 X46.635 Y86.859 Z0.067
N100 X46.659 Y86.794 Z0.03
N105 X46.685 Y86.724 Z0.008
N110 X46.712 Y86.651 Z0.
N115 X46.891 Y86.172
N120 X46.93 Y86.061
N125 X47.04 Y85.704

N130 X47.069 Y85.599
N135 X47.213 Y84.989
N140 X47.285 Y84.632
N145 X47.4 Y83.917
N150 X47.508 Y83.023
N155 X47.646 Y81.415
N160 X47.659 Y81.236
N165 X48.065 Y74.087
N170 X48.584 Y66.224
N175 X48.605 Y66.045
N180 X48.655 Y65.866
N185 X48.677 Y65.796
N190 X48.772 Y65.706
N195 X48.945 Y65.629
N200 X48.99 Y65.612
N205 X50.643 Y65.6
N210 X52.965 Y65.612
N215 X53.055 Y65.629
N220 X53.237 Y65.71
N225 X53.323 Y65.796
N230 X53.345 Y65.866
N235 X53.395 Y66.045
N240 X53.416 Y66.224
N245 X53.881 Y73.194
N250 X54.316 Y80.879
N255 X54.441 Y82.487
N260 X54.458 Y82.666
N265 X54.579 Y83.738
N270 X54.6 Y83.917
N275 X54.715 Y84.632
N280 X54.753 Y84.81
N285 X54.931 Y85.597
N290 X54.96 Y85.704
N295 X55.07 Y86.061
N300 X55.135 Y86.24
N305 X55.368 Y86.865
N310 Y86.955
N315 X55.366 Y87.044
N320 X55.359 Y87.089
N325 X55.288 Y87.198
N330 X55.204 Y87.312
N335 X55.109 Y87.365
N340 X54.931 Y87.387
N345 X54.752 Y87.4
N350 X47.248
N355 X47.069 Y87.387
N360 X46.891 Y87.364
N365 X46.797 Y87.312
N370 X46.712 Y87.195
N375 X46.642 Y87.089

N380 X46.634 Y87.044
N385 X46.632 Y86.955
N390 Y86.865
N395 X46.712 Y86.651
N400 X46.781 Y86.494 Z0.001
N405 X46.821 Y86.418
N410 X46.865 Y86.344 Z0.002
N415 X46.961 Y86.201 Z0.004
N420 X47.066 Y86.065 Z0.005
N425 X47.178 Y85.933 Z0.006
N430 X47.296 Y85.804
N435 X47.415 Y85.677 Z0.004
N440 X47.535 Y85.551 Z0.
N445 X47.65 Y85.426 Z-0.004
N450 X47.763 Y85.298 Z-0.01
N455 X47.87 Y85.166 Z-0.019
N460 X47.969 Y85.028 Z-0.03
N465 X48.057 Y84.885 Z-0.04
N470 X48.096 Y84.811 Z-0.046
N475 X48.132 Y84.736 Z-0.051
N480 X48.19 Y84.58 Z-0.059
N485 X48.212 Y84.499 Z-0.061
N490 X48.228 Y84.418 Z-0.062
N495 X48.28 Y84.095
N500 X48.305 Y83.917 Z-0.063
N505 X48.391 Y83.202
N510 X48.409 Y83.023 Z-0.062
N515 X48.501 Y81.951
N520 X48.547 Y81.415 Z-0.063
N525 X48.569 Y81.057
N530 X48.701 Y78.734 Z-0.062
N535 X48.934 Y74.623 Z-0.063
N540 X48.965 Y74.087
N545 X49.177 Y70.87 Z-0.065
N550 X49.437 Y66.939 Z-0.063
N555 X49.449 Y66.76 Z-0.06
N560 X49.465 Y66.522 Z-0.046
N565 X49.492 Y66.507 Z-0.047
N570 X49.749 Y66.504 Z-0.062
N575 X49.928 Y66.503 Z-0.064
N580 X50.643 Y66.498 Z-0.063
N585 X52.072 Y66.505 Z-0.065
N590 X52.251 Y66.506 Z-0.062
N595 X52.509 Y66.509 Z-0.047
N600 X52.535 Y66.523 Z-0.046
N605 X52.551 Y66.76 Z-0.06
N610 X52.564 Y66.939 Z-0.063
N615 X52.965 Y72.962
N620 X53.002 Y73.551
N625 X53.194 Y76.947 Z-0.064

N630 X53.386 Y80.342 Z-0.063
N635 X53.417 Y80.879
N640 X53.457 Y81.415 Z-0.062
N645 X53.541 Y82.487
N650 X53.556 Y82.666 Z-0.063
N655 X53.595 Y83.023 Z-0.062
N660 X53.68 Y83.781
N665 X53.696 Y83.917
N670 X53.72 Y84.095
N675 X53.835 Y84.81 Z-0.063
N680 X53.913 Y85.168 Z-0.061
N685 X53.994 Y85.525 Z-0.06
N690 X54.037 Y85.717 Z-0.062
N695 X54.078 Y85.883 Z-0.063
N700 X54.13 Y86.061 Z-0.059
N705 X54.185 Y86.24 Z-0.055
N710 X54.216 Y86.34 Z-0.049
N715 X54.268 Y86.487 Z-0.039
N720 X54.251 Y86.501 Z-0.04
N725 X54.037 Z-0.052
N730 X53.859 Y86.502 Z-0.06
N735 X53.68 Z-0.063
N740 X48.32
N745 X48.141 Z-0.06
N750 X47.77 Y86.501 Z-0.041
N755 X47.749 Z-0.04
N760 X47.733 Y86.487 Z-0.039
N765 X47.784 Y86.34 Z-0.049
N770 X47.869 Y86.061 Z-0.062
N775 X47.922 Y85.883 Z-0.063
N780 X47.967 Y85.704 Z-0.062
N785 X48.052 Y85.346
N790 X48.093 Y85.168
N795 X48.165 Y84.81 Z-0.063
N800 X48.228 Y84.418 Z-0.062
N805 X48.25 Y84.295 Z-0.063
N810 X48.276 Y84.172 Z-0.064
N815 X48.305 Y84.051 Z-0.067
N820 X48.337 Y83.93 Z-0.071
N825 X48.372 Y83.81 Z-0.077
N830 X48.409 Y83.691 Z-0.083
N835 X48.449 Y83.572 Z-0.091
N840 X48.49 Y83.455 Z-0.099
N845 X48.578 Y83.22 Z-0.121
N850 X48.671 Y82.988 Z-0.147
N855 X48.766 Y82.758 Z-0.178
N860 X48.909 Y82.414 Z-0.233
N865 X49.001 Y82.183 Z-0.273
N870 X49.089 Y81.952 Z-0.315
N875 X49.17 Y81.718 Z-0.358

N880 X49.207 Y81.599 Z-0.378
N885 X49.242 Y81.481 Z-0.397
N890 X49.274 Y81.362 Z-0.415
N895 X49.303 Y81.242 Z-0.432
N900 X49.329 Y81.121 Z-0.446
N905 X49.352 Y80.999 Z-0.458
N910 X49.37 Y80.876 Z-0.467
N915 X49.384 Y80.752 Z-0.472
N920 X49.394 Y80.628 Z-0.474
N925 X49.481 Y79.091
N930 X49.662 Y75.874 Z-0.479
N935 X49.765 Y74.087 Z-0.478
N940 X49.8 Y73.551 Z-0.479
N945 X49.933 Y71.585 Z-0.473
N950 X50.071 Y69.619 Z-0.458
N955 X50.172 Y68.19 Z-0.443
N960 X50.185 Y68.011 Z-0.44
N965 X50.203 Y67.832 Z-0.425
N970 X50.225 Y67.654 Z-0.402
N975 X50.259 Y67.415 Z-0.352
N980 X50.267 Y67.365 Z-0.339
N985 X50.285 Y67.356 Z-0.342
N990 X50.464 Y67.341 Z-0.381
N995 X50.643 Y67.327 Z-0.414
N1000 X50.821 Y67.32 Z-0.433
N1005 X51. Y67.317 Z-0.44
N1010 X51.179 Y67.321 Z-0.434
N1015 X51.357 Y67.33 Z-0.415
N1020 X51.536 Y67.345 Z-0.382
N1025 X51.715 Y67.359 Z-0.343
N1030 X51.735 Y67.372 Z-0.341
N1035 X51.75 Y67.475 Z-0.365
N1040 X51.776 Y67.654 Z-0.401
N1045 X51.798 Y67.832 Z-0.425
N1050 X51.816 Y68.011 Z-0.439
N1055 X51.842 Y68.368 Z-0.444
N1060 X51.957 Y69.977 Z-0.46
N1065 X52.082 Y71.764 Z-0.473
N1070 X52.191 Y73.372 Z-0.476
N1075 X52.233 Y74.087 Z-0.479
N1080 X52.345 Y76.053 Z-0.481
N1085 X52.566 Y79.985 Z-0.476
N1090 X52.617 Y80.879 Z-0.478
N1095 X52.642 Y81.236 Z-0.477
N1100 X52.696 Y81.951 Z-0.474
N1105 X52.739 Y82.487 Z-0.475
N1110 X52.771 Y82.844 Z-0.476
N1115 X52.81 Y83.202 Z-0.473
N1120 X52.849 Y83.559 Z-0.472
N1125 X52.891 Y83.917 Z-0.475

N1130 X52.913 Y84.095
N1135 X52.939 Y84.274 Z-0.476
N1140 X52.967 Y84.453 Z-0.474
N1145 X52.99 Y84.632 Z-0.462
N1150 X53.011 Y84.81 Z-0.447
N1155 X53.031 Y84.989 Z-0.425
N1160 X53.058 Y85.168 Z-0.398
N1165 X53.085 Y85.346 Z-0.366
N1170 X53.113 Y85.525 Z-0.329
N1175 X53.129 Y85.622 Z-0.306
N1180 X53.099 Y85.637 Z-0.31
N1185 X52.965 Y85.646 Z-0.34
N1190 X52.787 Y85.658 Z-0.375
N1195 X52.608 Y85.669 Z-0.405
N1200 X52.251 Y85.69 Z-0.45
N1205 X52.072 Y85.695 Z-0.461
N1210 X51.893 Y85.702 Z-0.475
N1215 X51.715 Y85.703 Z-0.477
N1220 X50.285
N1225 X50.107 Y85.702 Z-0.475
N1230 X49.928 Y85.695 Z-0.461
N1235 X49.749 Y85.69 Z-0.45
N1240 X49.392 Y85.669 Z-0.405
N1245 X49.213 Y85.658 Z-0.375
N1250 X49.035 Y85.646 Z-0.34
N1255 X48.902 Y85.637 Z-0.31
N1260 X48.877 Y85.621 Z-0.308
N1265 X48.892 Y85.525 Z-0.33
N1270 X48.921 Y85.346 Z-0.368
N1275 X48.945 Y85.168 Z-0.399
N1280 X48.969 Y84.989 Z-0.426
N1285 X48.989 Y84.81 Z-0.447
N1290 X49.01 Y84.632 Z-0.462
N1295 X49.035 Y84.444 Z-0.474
N1300 X49.061 Y84.274 Z-0.476
N1305 X49.087 Y84.095
N1310 X49.154 Y83.559 Z-0.474
N1315 X49.194 Y83.202 Z-0.476
N1320 X49.213 Y83.005 Z-0.475
N1325 X49.289 Y82.13 Z-0.473
N1330 X49.334 Y81.593 Z-0.477
N1335 X49.347 Y81.415 Z-0.478
N1340 X49.39 Y80.7 Z-0.474
N1345 X49.394 Y80.628
N1350 X49.404 Y80.504 Z-0.475
N1355 X49.417 Y80.379 Z-0.48
N1360 X49.435 Y80.256 Z-0.486
N1365 X49.456 Y80.133 Z-0.495
N1370 X49.48 Y80.011 Z-0.507
N1375 X49.508 Y79.889 Z-0.52

N1380 X49.538 Y79.768 Z-0.535
N1385 X49.57 Y79.649 Z-0.552
N1390 X49.605 Y79.529 Z-0.57
N1395 X49.679 Y79.291 Z-0.609
N1400 X49.759 Y79.056 Z-0.652
N1405 X50.008 Y78.355 Z-0.785
N1410 X50.089 Y78.119 Z-0.826
N1415 X50.164 Y77.882 Z-0.863
N1420 X50.199 Y77.762 Z-0.88
N1425 X50.233 Y77.642 Z-0.895
N1430 X50.264 Y77.522 Z-0.908
N1435 X50.292 Y77.4 Z-0.92
N1440 X50.317 Y77.278 Z-0.929
N1445 X50.34 Y77.155 Z-0.936
N1450 X50.359 Y77.032 Z-0.94
N1455 X50.374 Y76.908 Z-0.941
N1460 X50.385 Y76.783 Z-0.939
N1465 X50.451 Y75.874 Z-0.915
N1470 X50.568 Y74.266 Z-0.866
N1475 X50.698 Y72.658 Z-0.81
N1480 X50.829 Y71.049 Z-0.747
N1485 X50.972 Y69.262 Z-0.669
N1490 X51. Y68.905 Z-0.653
N1495 X51.002
N1500 X51.102 Y70.156 Z-0.708
N1505 X51.218 Y71.585 Z-0.768
N1510 X51.335 Y73.015 Z-0.823
N1515 X51.377 Y73.551 Z-0.841
N1520 X51.455 Y74.623 Z-0.878
N1525 X51.585 Y76.411 Z-0.931
N1530 X51.714 Y78.198 Z-0.976
N1535 X51.872 Y80.342 Z-1.026
N1540 X51.913 Y80.879 Z-1.04
N1545 X51.946 Y81.236 Z-1.049
N1550 X52.016 Y81.951 Z-1.065
N1555 X52.092 Y82.666 Z-1.088
N1560 X52.113 Y82.844 Z-1.093
N1565 X52.136 Y83.023 Z-1.097
N1570 X52.213 Y83.559 Z-1.113
N1575 X52.235 Y83.738 Z-1.115
N1580 X52.246 Y83.917 Z-1.107
N1585 X52.248 Y84.095 Z-1.087
N1590 X52.242 Y84.274 Z-1.054
N1595 X52.231 Y84.453 Z-1.006
N1600 X52.221 Y84.632 Z-0.947
N1605 X52.208 Y84.872 Z-0.854
N1610 X52.185 Y84.887 Z-0.858
N1615 X52.072 Y84.911 Z-0.903
N1620 X51.893 Y84.95 Z-0.969
N1625 X51.711 Y84.989 Z-1.025

N1630 X51.536 Y85.023 Z-1.066
N1635 X51.357 Y85.05 Z-1.097
N1640 X51.179 Y85.067 Z-1.114
N1645 X51. Y85.073 Z-1.119
N1650 X50.821 Y85.067 Z-1.114
N1655 X50.643 Y85.05 Z-1.097
N1660 X50.464 Y85.023 Z-1.066
N1665 X50.285 Y84.988 Z-1.024
N1670 X50.107 Y84.95 Z-0.969
N1675 X49.928 Y84.911 Z-0.903
N1680 X49.81 Y84.886 Z-0.856
N1685 X49.792 Y84.872 Z-0.854
N1690 X49.779 Y84.632 Z-0.947
N1695 X49.769 Y84.453 Z-1.006
N1700 X49.758 Y84.274 Z-1.054
N1705 X49.753 Y84.095 Z-1.088
N1710 X49.755 Y83.917 Z-1.108
N1715 X49.767 Y83.738 Z-1.117
N1720 X49.79 Y83.559 Z-1.116
N1725 X49.816 Y83.381 Z-1.111
N1730 X49.841 Y83.202 Z-1.105
N1735 X49.864 Y83.023 Z-1.097
N1740 X49.966 Y82.13 Z-1.07
N1745 X50.023 Y81.593 Z-1.058
N1750 X50.04 Y81.415 Z-1.054
N1755 X50.11 Y80.521 Z-1.028
N1760 X50.269 Y78.377 Z-0.978
N1765 X50.321 Y77.662 Z-0.962
N1770 X50.385 Y76.783 Z-0.939
N1775 X50.387 Y76.78 Z-0.94
N1780 X50.397 Y76.779 Z-0.942
N1785 X50.415 Y76.787 Z-0.946
N1790 X50.444 Y76.817 Z-0.954
N1795 X50.464 Y76.847 Z-0.959
N1800 X50.518 Y76.962 Z-0.975
N1805 X50.54 Y77.021 Z-0.983
N1810 X50.558 Y77.082 Z-0.989
N1815 X50.616 Y77.316 Z-1.011
N1820 X50.668 Y77.552 Z-1.032
N1825 X50.691 Y77.67 Z-1.042
N1830 X50.711 Y77.789 Z-1.052
N1835 X50.729 Y77.908 Z-1.061
N1840 X50.755 Y78.145 Z-1.077
N1845 X50.826 Y78.847 Z-1.124
N1850 X50.868 Y79.315 Z-1.155
N1855 X50.894 Y79.666 Z-1.179
N1860 X50.914 Y80.018 Z-1.202
N1865 X50.926 Y80.369 Z-1.225
N1870 X50.929 Y80.603 Z-1.241
N1875 X50.928 Y80.837 Z-1.257

N1880 X50.922 Y81.071 Z-1.273
N1885 X50.911 Y81.305 Z-1.289
N1890 X50.893 Y81.539 Z-1.305
N1895 X50.87 Y81.772 Z-1.323
N1900 X50.821 Y82.157 Z-1.353
N1905 X50.753 Y82.666 Z-1.397
N1910 X50.729 Y82.844 Z-1.414
N1915 X50.676 Y83.202 Z-1.452
N1920 X50.643 Y83.41 Z-1.473
N1925 X50.616 Y83.559 Z-1.489
N1930 X50.588 Y83.738 Z-1.499
N1935 X50.57 Y83.917 Z-1.497
N1940 X50.564 Y84.095 Z-1.481
N1945 X50.565 Y84.194 Z-1.466
N1950 X50.576 Y84.221 Z-1.463
N1955 X50.643 Y84.231 Z-1.474
N1960 X50.821 Y84.251 Z-1.494
N1965 X51. Y84.257 Z-1.5
N1970 X51.179 Y84.251 Z-1.494
N1975 X51.357 Y84.231 Z-1.474
N1980 X51.402 Y84.224 Z-1.467
N1985 X51.435 Y84.207 Z-1.463
N1990 X51.437 Y84.095 Z-1.481
N1995 X51.432 Y83.917 Z-1.496
N2000 X51.416 Y83.738 Z-1.499
N2005 X51.389 Y83.559 Z-1.488
N2010 X51.325 Y83.202 Z-1.451
N2015 X51.295 Y83.023 Z-1.433
N2020 X51.268 Y82.844 Z-1.415
N2025 X51.243 Y82.666 Z-1.398
N2030 X51.176 Y82.13 Z-1.351
N2035 X51.133 Y81.772 Z-1.322
N2040 X51.074 Y81.236 Z-1.285
N2045 X51.038 Y80.879 Z-1.26
N2050 X51. Y80.431 Z-1.231
N2055 X50.988 Y80.521 Z-1.236
N2060 X50.909 Y81.415 Z-1.297
N2065 X50.87 Y81.772 Z-1.323
N2070 X50.862 Y81.844 Z-1.321
N2075 X50.854 Y81.915 Z-1.307
N2080 X50.846 Y81.982 Z-1.279
N2085 X50.839 Y82.043 Z-1.24
N2090 X50.833 Y82.096 Z-1.19
N2095 X50.828 Y82.14 Z-1.132
N2100 X50.824 Y82.172 Z-1.066
N2105 X50.822 Y82.191 Z-0.996
N2110 X50.821 Y82.198 Z-0.924
N2115 G00 Z15.
N2120 M05
N2130 G28 G91 Z0.

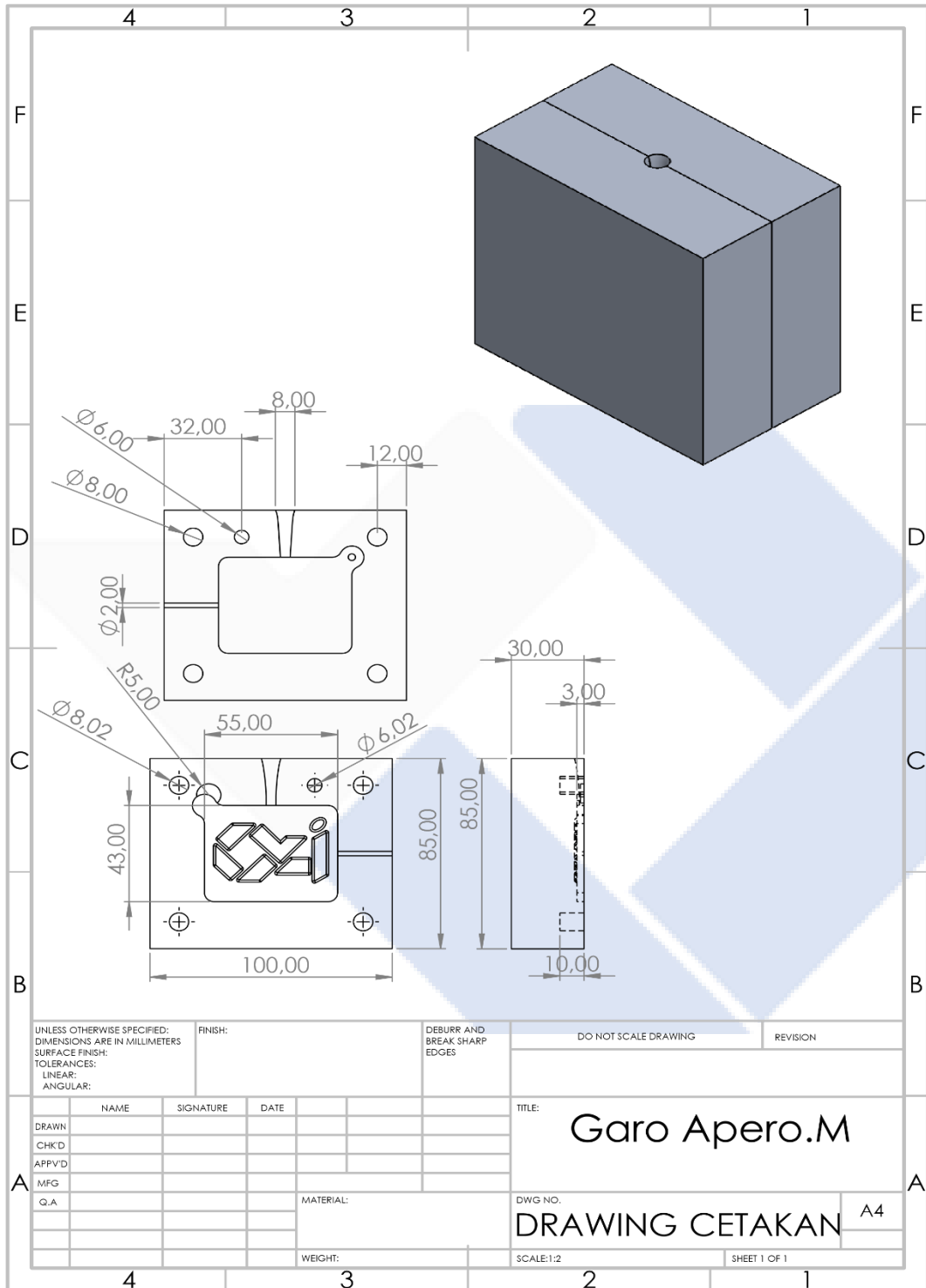
N2135 G90
N2140 G49
N2145 G28 G91
N2150 G90
N2155 M30

Lampiran 4. 5 Runner Core





LAMPIRAN 3





LAMPIRAN 4

KATALOG MATERIAL CETAKAN



Specialty MeMetals and Services

[illegible]



LAMPIRAN 5

KATALOG STANDAR PIN

(PRODUCT DATA)
**GUARANTEED RANGE OF HARDNESS OF THE EJECTOR PIN BASE MATERIAL,
 AND GUARANTEED RANGES OF NITRIDING AND SURFACE HARDNESS**

EJECTOR PIN HARDNESS

■ **Guaranteed Range of Hardness of the Ejector Pin Base Material**

Straight Ejector Pins		Free Flange-Position Ejector Pins	
	Head area annealed $b_2 \geq L - x_2 \text{ max.}$		Not annealed (completely finished) $b_2 \geq L + S$
Stepped Ejector Pins		Rectangular Ejector Pins	
	Head area annealed $b_2 \geq L - x_1 \text{ max.}$		Head area annealed $b_2 \geq L - x_1 \text{ max.}$

□	Head Thickness (T)	xu max.	Dector Pin Base Material Hardness		
			①	②	③ Insertion Pin After Heat Treat
SKH51	T4 (P1-P2 = P1V-P2V P1S, P2S P1S (P1-P2) P1V (P1-P2))	0	58 ~ 60HRC Overall (quenching to annealing)	58 ~ 62HRC Overall (quenching to annealing)	58 ~ 60HRC
	T4 (4mm)	30	28 ~ 45HRC (reference value)	28 ~ 40HRC (reference value)	58 ~ 60HRC
	JIS (4.6 ~ 8mm)	35	28 ~ 45HRC (reference value)	28 ~ 40HRC (reference value)	58 ~ 60HRC
	T4 (4mm)	30	28 ~ 45HRC (reference value)	28 ~ 40HRC (reference value)	58 ~ 60HRC
SUS440C	T4 (4mm)	30	28 ~ 45HRC (reference value)	26 ~ 40HRC (reference value)	50 ~ 55HRC
	JIS (4.6mm)	35	28 ~ 45HRC (reference value)	26 ~ 40HRC (reference value)	50 ~ 55HRC
SKD61	T4 (4mm)	30	28 ~ 45HRC (reference value)	26 ~ 40HRC (reference value)	40 ~ 45HRC
	T4 (Headless)	30	40 ~ 45HRC (excluding nitrided surface)	40 ~ 45HRC (excluding nitrided surface)	40 ~ 45HRC (excluding nitrided surface)
SKD61 + Nitriding	T4 (4mm)	30	28 ~ 45HRC (reference value)	28 ~ 45HRC (reference value)	40 ~ 45HRC
	JIS (4.6 ~ 8mm)	35	28 ~ 45HRC (reference value)	28 ~ 45HRC (reference value)	40 ~ 45HRC
	T4 (10mm)	40	28 ~ 45HRC (reference value)	28 ~ 45HRC (reference value)	40 ~ 45HRC
	T4 (10mm)	40	28 ~ 45HRC (reference value)	28 ~ 45HRC (reference value)	40 ~ 45HRC
SKD61 Polished	JIS (4.6 ~ 8mm)	35	28 ~ 45HRC (reference value)	28 ~ 45HRC (reference value)	40 ~ 45HRC
	T4 (4mm)	30	28 ~ 45HRC (reference value)	28 ~ 45HRC (reference value)	40 ~ 45HRC

※The following products are applied with overall quenching.

$P \leq 0.2$ for straight ejector pins EPH

- Annealing was performed on the heads of SKH51, SUS440C and SKD61 to achieve a level of 30HRC

Annealing was performed on heads of **SKD61 + nitriding** and **SKD61 prehardened** to achieve a level of 40HRC

■ **Guaranteed Ranges of Nitriding and Surface Hardness**

Straight Ejector Pins

① Cross-sectional view
 x_2 (assumed range of shifted surface hardness)
 $b_1 \geq L - x_2$ max.

Stopped Ejector Pins

② Cross-sectional view
 x_2 (assumed range of shifted surface hardness)
 $b_1 \geq L - x_2$ (① $x_2 = L$)

M	Head Thickness	x_2 max.	Ejector Pin Surface Hardness
SINK IN + Nitriding	T4 (Headless) T4 (4mm)	0	100HV~ (with nitrided layer)
	20 (5.08mm)	30	
	25 (6.35mm)	50	

- Nitriding (Nitrided)
- Nitrided Depth

Nitriding is one of the steel surface treatment methods. The steel is placed in a furnace that is then filled with a

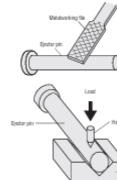
The steel is placed in a furnace that is then filled with nitrogen gas, and at high temperatures (around 500°C) a hardened layer combined with the nitrogen is formed on the surface of the steel.

This refers to the depth of the hardened layer formed on the surface of the steel by nitriding treatment. The nitrided depth of MISUMI's 900HV~ plastic mold ejector pin is 0.003~0.008 mm (reference value), and the depth of the hardened layer is 0.1 mm deeper (reference value) than the surface.

The nitrided depth of straight ejector pin is controlled by adjusting nitriding temperature and treatment time in accordance with shaft diameter size.

In the case of stepped ejector pins, nitriding depth is controlled by adjusting nitriding temperature and treatment time in accordance with tip diameter (P) size. For this reason, the surface hardness of the shaft diameter (D) area is slightly lower at around 500HV (reference value).

■ Ejector Pin Hardness



Normally, it is quite easy to file down an ejector pin using a regular file (metabworking file).
With the **coated + nitriding** ejector pin, however, the nitriding treatment makes it difficult to file down, because the file does not bite as easily into the surface. The nitrided layer is several microns thick, so a little pressure should be applied to the file.
④ Most regular metabworking files have a hardness of 68 to 70HRC.

How to measure hardness of ejector pins :

- 1) When quick identification of hardness is desired
→ A simple file for hardness checking is convenient.
Simple file for hardness checking (HDTST) is on Test Direct catalog.
- 2) When precise hardness measurement is desired
→ Use of a Vickers hardness meter or micro-Vickers hardness meter is recommended.
Test load is variable for Vickers hardness meter in hardness measurement so that it is suited for hardness checks on small, thin, or round objects such as spherul pins.

Tip Rockwell hardness meter is generally said to be inappropriate for hardness measurement on small cylindrical object like ejector pin

Rockwell hardness meter (C scale) applies a large load (150 kgf) on the measured object by diamond cone indenter when measuring. When measured object is not flat (spherical surface), cone indenter slips and measurement error may occur to yield hardness lower than the actual value.

This error needs data correction according to the hardness meter manual. (The in-order to minimize the measurement error in Rockwell hardness meter (C scale) therefore it is not suited for measuring thin plates.
(It generally needs thickness of 1.2mm or more for hardness measurement).

General guide (reference) for measuring cylindrical object (curved surface) with Rockwell hardness meter :

~Near μ -9mm Not suited because error is too large and measuring is difficult.
 μ 6.5-8mm Though correction in accordance with the manual is necessary, error is large and generally not suited.
 μ 10-25mm Correction in accordance with the manual is necessary.
 μ 30-40mm No data available because of the measurement error.

*Although there are some models in the Rockwell hardness meter which can change scale from C scale (HRC) to A Scale (HRA) shapes, because a load applied on A or D scale at the time of the measurement is very high load of 60 or 100kgf.

■ MISUMI's Ejector Pin Thermal Refining Hardness and General Thermal Refining Hardness

X40S1 /JIS high-speed steel		X40S1 /JIS die steel, prehardened and nitrided	
700°C			Werkzeugung (Steinbohrer etc.)
600°C			Werkzeugung (Steinbohrer etc.)
500°C			Werkzeugung (Steinbohrer etc.)
400°C			Werkzeugung (Steinbohrer etc.)
300°C			Werkzeugung (Steinbohrer etc.)
200°C			Werkzeugung (Steinbohrer etc.)
100°C			Werkzeugung (Steinbohrer etc.)

■ Precautions when Using Ejector Pins for Applications other than Plastic Mold Ejection

MISUMI's ejector pins are thermally refined to a tough hardness that is ideal for use with plastic molds.

For this reason, the **SKH51**, **SKD61 + Nitriding** and **SKD61 Prehardened** product groups have been given a base-material hardness that is slightly lower than that of products widely being employed for general applications. In addition, the head section of our ejector pins have been annealed, giving them a hardness that is slightly below that of the indicated base-material hardness.

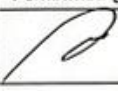
Please refer to the section on 'Guaranteed Range of Hardness of the Ejector Pin Base Material' on the previous page.



LAMPIRAN 6

FORM MONITORING 1 PROYEK AKHIR

FORM-PPR-3-6: Form Monitoring Proyek Akhir

	FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK/.....		
JUDUL	Prosur Manufaktur Cetak Souvenir Ikatan Alumni Polman Timah Barga Bujitum		
Nama Mahasiswa	1. Garo Apero. M /NIM: 1092239 2. /NIM: 3. /NIM: 4. /NIM: 5. /NIM:		
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
1	16 / 09 25	Progres Alat : 0% Progres Material : 50%	

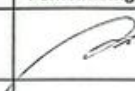
KESIAPAN ALAT UNTUK SIDANG: STAP / BELUM (coret yang tidak terpenuhi)

Mengetahui		
Pembimbing 1  (Panda Pranamita)	Pembimbing 2  (Bos R)	Pembimbing 3 (.....)

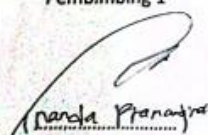
Silahkan diotur kolom baru jika jumlah pembimbing lebih dari yang tersedia.

FORM MONITORING 2 PROYEK AKHIR

FORM-PPR-3-6: Form Monitoring Proyek Akhir

		FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK/.....	
JUDUL		Proyek Manufaktur Cetakan Souvenir Kaleng Alumni Polman Timah - Bangk Belitung	
Nama Mahasiswa		1. <u>Garo Apero M</u> /NIM: <u>1092239</u> 2. /NIM: 3. /NIM: 4. /NIM: 5. /NIM:	
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
2	28 / 05	Progres Alat : 65 % Progres Material : 60 %	

KESIAPAN ALAT UNTUK SIDANG: ~~SIAP~~ / BELUM (coret yang tidak terpenuhi)

Mengetahui		
Pembimbing 1  (Nanda Pranajati)	Pembimbing 2  (Bayu R)	Pembimbing 3 (.....)

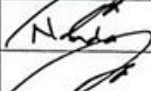
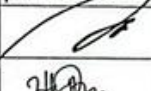
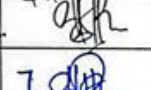
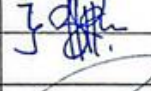
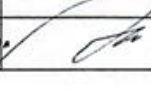
Silahkan diatur kolom baru jika jumlah pembimbing lebih dari yang tersedia.



LAMPIRAN 7

FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR

FORM-PPR-3-4: Bimbingan Proyek Akhir

	FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK/...../.....		
JUDUL	Proses Manufaktur Cetak dan Solder Ikatan Alumni Paman Timah Barokah Belitung		
Nama Mahasiswa	Garo Apero M NIM:		
Nama Pembimbing	1. Nanda Pratiandinata, S.S.T., M.T. 2. Boy Rollastin, S.Tr. M, M.T. 3.		
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	2/2	Pengambilan Referensi terkait Tugas Akhir serta bab 1 & 2	
2	2/2	Pembahasan Referensi jurnal terkait material cetakan	
3	21/2	~ Material & Konstruksi	
4	3/3	Pembahasan bab 2 dan 3	
5	4/3	Pembahasan terkait penyusunan makalah bab 1 - 3	
6	21/3	Pembahasan Progres Makalah	
7	16/4	Pembahasan terkait Desain Cetakan & Revisi beberapa bagian	
8	20/4	Pembahasan makalah BAB 1 dan 3	
9	27/4	Pembahasan makalah BAB 3	
10	30/4	Pembahasan proses manufaktur	

Catatan:

- Jika pertemuan bimbingan lebih dari sepuluh kali, dapat mengambil Form kembali di Komisi Proyek Akhir

FORM-PPR-3-4: Bimbingan Proyek Akhir

	FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 		
JUDUL	Proses Manufaktur Cetakan Souvenir Ikatan Alumni Polman Tihon - Bangkai Belturo		
Nama Mahasiswa	Charo Apero. M NIM: 1042239		
Nama Pembimbing	1. Nanda Pranandirata, S.ST., M.T. 2. Boy Rollostih, S.Tr., M.T. 3.		
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	19/05 ²¹	pembahasan 1st makalah Bab 1 & 2	
2	1/05 ²¹	Pengecekan revisi Bab 2	
3	26/06 ²⁰²¹	Pembahasan terkait BAB 4	
4	1/07 ²⁰²¹	pembahasan terkait Abstract	
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Catatan:

- Jika pertemuan bimbingan lebih dari sepuluh kali, dapat mengambil Form kembali di Komisi Proyek Akhir



LAMPIRAN 8

POSTER 2





LAMPIRAN 9

HASIL PENGECEKAN PLAGRISME

MAKALAH BARU GARO SEMHAS 1.docx

ORIGINALITY REPORT

6%	6%	1%	2%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.polman-babel.ac.id Internet Source	2%
2	link.springer.com Internet Source	<1%
3	www.academia.edu Internet Source	<1%
4	ejournal.uika-bogor.ac.id Internet Source	<1%
5	Submitted to Universitas Muria Kudus Student Paper	<1%
6	123dok.com Internet Source	<1%
7	uia.e-journal.id Internet Source	<1%
8	Submitted to Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung Student Paper	<1%
9	repository.its.ac.id Internet Source	<1%