

**PROSES PEMBUATAN DAN UJI MEKANIK BERBAHAN  
CAMPURAN PLASTIK PADA PEMBUATAN ORNAMEN  
PAGAR DENGAN MENGGUNAKAN MESIN *INJECTION*  
*MOULDING***

**SKRIPSI**



Disusun oleh :

**Riza Ariyanto**

**3331200048**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
CILEGON – BANTEN  
2024**

**PROSES PEMBUATAN DAN UJI MEKANIK BERBAHAN  
CAMPURAN PLASTIK PADA PEMBUATAN ORNAMEN  
PAGAR DENGAN MENGGUNAKAN MESIN *INJECTION*  
*MOULDING***

**Skripsi**

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S1 pada  
Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**



**Disusun Oleh:**

**Riza Ariyanto**

**3331200048**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
CILEGON – BANTEN**

**2024**

## TUGAS AKHIR

**Proses Pembuatan dan Uji Mekanik Berbahan Campuran Plastik Pada Pembuatan Ornamen Pagar Dengan Menggunakan Mesin Injection Moulding**

Dipersiapkan dan disusun Oleh :

**Riza Ariyanto**  
3331200048

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
pada tanggal, 02 Juli 2024

Pembimbing Utama

Prof. Dr. Eng. Ir. Hendra, S.T., M.T.  
NIP.197311182003121000

Shofiatul Ulf, M.Eng.  
NIP. 198403132019032009

Anggota Dewan Penguji

Slamet Wiyono, S.T., M.T.  
NIP.197312182005011001

Dr. Sunardi, S.T., M.Eng.  
NIP. 197312052006041002

Prof. Dr. Eng. Ir. Hendra, S.T., M.T.  
NIP.197311182003121000

Shofiatul Ulf, M.Eng.  
NIP. 198403132019032009

Tugas Akhir ini sudah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik



Tanggal, 6 September 2024  
Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA

Ir. Dhimas Satria, S.T., M.Eng.  
NIP. 198305102012121006

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Riza Ariyanto

NPM : 3331200048

Judul : Proses Pembuatan dan Uji Mekanik Berbahan Campuran Plastik Pada Pembuatan Ornamen Pagar Dengan Menggunakan Mesin Injection Moulding

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,

### MENYATAKAN

Bahwa skripsi ini hasil karya sendiri dan tidak ada duplikat dengan karya orang lain, kecuali untuk yang telah disebutkan sumbernya,

Cilegon, 25 Juli 2024

A handwritten signature in black ink is written over a yellow 1000 Rupiah stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'REPUBLIK INDONESIA', '1000', 'METERAI TEMPEL', and the serial number 'DDAE3ALX36985734'.

Riza Ariyanto

NPM. 3331200048

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Rabbil'alamin segala puji syukur kehadiran Allah subhanahu wa ta'ala yang telah melimpahkan nikmat, karunia, dan hidayah-Nya kepada kita semua, karena berkatrahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir atau skripsi yang berjudul **“Proses Pembuatan dan Uji Mekanik Berbahan Campuran Plastik Pada Pembuatan Ornamen Pagar Dengan Menggunakan Mesin *Injection Moulding*”**. Tak lupa Shalawat serta salam semoga tercurah pada junjungan nabi besar kita, Nabi Muhammad sallallahu alaihi wasallam. Beliau lah yang membawa syafaat bagi kita semua sebagai petunjuk menjalani kehidupan. Penyusunan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan pada perkuliahan strata satu (S1) di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis mengucapkan penghormatan dan ucapan terima kasih kepada pihak yang telah membantu atau membimbing penulis dalam menyusun laporan skripsi ini, yaitu:

1. Bapak Dhimas Satria, S.T., M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
2. Bapak Dr. Mekro Permana Pinem, S.T., M.T. Selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
3. Bapak Prof. Dr.Eng Ir. Hendra, S.T., M.T selaku Dosen pembimbing akademik sekaligus Dosen Pembimbing 1 yang selalu memberikan semangat dan motivasi dalam proses penyusunan skripsi ini agar penulis dapat segera menyelesaikan skripsi ini.
4. Ibu Shofiatul Ula, M. Eng selaku Dosen Pembimbing 2 yang memberikan semangat, motivasi, dan revisi terkait dalam proses penyusunan skripsi ini agar penulis dapat segera menyelesaikan skripsi ini.
5. Seluruh Staff dan jajaran dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
6. Bapak Wawan Subianto dan Ibu Elis Sumiati S.Pd selaku orang tua yang sangat saya cintai dunia akhirat yang membiayai, mendukung,

memberikan rasa semangat dalam perkuliahan, dan yang selalu menuruti keinginan saya agar saya lebih semangat dalam menjalani proses perkuliahan ini.

7. Yuanita Rahmawati selaku pasangan saya yang sangat saya cintai dan saya sayangi yang selalu memberikan semangat dan menemani saya baik saat senang maupun ketika saya jenuh dalam beberapa waktu dalam mengerjakan skripsi ini.
8. Husain Haafizh selaku sahabat saya yang saya hormati dan saya sayangi yang selalu membantu saya dalam kesulitan apapun termasuk dalam pengerjaan skripsi ini baik dalam memberikan semangat untuk lebih giat dalam menyusun skripsi ini.
9. Seluruh sahabat seperjuangan saya yaitu Teknik Mesin angkatan 2020 (Angkatan Kapal) Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang senantiasa mendukung dan memberikan doa kepada penulis angkatan saya sendiri, Angkatan Kapal yang memberi semangat dan saran terhadap saya.
10. Pihak – pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu – persatu yang selalu mendukung dan mendoakan penulis.

Dengan dibuatnya penyusunan skripsi ini, Penulis sangat menyadari laporan skripsi ini yang tidak jauh dari keasalahan penulisan dalam penyusunannya. Penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk memperbaiki skripsi ini sehingga laporan skripsi ini dapat memberikan banyak manfaat bagi kita semua aamiin Allahu'ma aamiin. Terima kasih

Cilegon Februari 2024

Penulis

## **ABSTRAK**

# **PROSES PEMBUATAN BERBAHAN CAMPURAN PLASTIK PADA PEMBUATAN ORNAMEN PAGAR DENGAN MENGGUNAKAN MESIN *INJECTION* *MOULDING***

Disusun Oleh :

**RIZA ARIYANTO**

**NIM. 3331200048**

**UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA**

*Most plastic raw materials come from natural gas and petroleum. Plastic food packaging has become part of human daily life. Some commonly used plastic names are HDPE (High Density Polyethylene), LDPE (Low Density Polyethylene), PP (Polypropylene), PVC (Polyvinyl chloride), PS (Polystyrene), and PC (Polycarbonate). PE (Polyethylene) and PP have many similarities and are often referred to as polyolefins. Even though plastic has many advantages, there are also disadvantages to plastic when used as food packaging, namely that certain types (for example PE, PP, PVC) are not heat resistant, have the potential to release dangerous chemicals originating from remaining monomers from polymers and plastic is a material that is difficult to biodegrade. so that it can pollute the environment, therefore there is the most cost efficient process for producing plastic products using injection molding techniques.*

**Kata Kunci :** *Injction Moulding*, Jenis Plastik, Limbah Plastik

# DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>ix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
10.1 .....	Lat
ar Belakang .....	1
10.2.....	Ru
musan Masalah .....	2
10.3.....	Tuj
uan Praktikum .....	2
1.4. Batasan Masalah .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Limbah Plastik .....	3
2.1.1 Pengolahan 3R ( <i>Reduce, Reuse, dan Recycle</i> ) .....	3
2.2 Identifikasi Jenis Plastik .....	5
2.3 Jenis – jenis Plastik .....	8
2.3.1 Bahan atau Material Plastik Injeksi .....	12
2.4 <i>Injection Moulding</i> .....	13
2.5 Komponen Mesin <i>Injection Moulding</i> .....	16
2.6 Pengertian Mesin CNC TU-3A .....	20
2.7 Metode Pemrograman CNC.....	22
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Diagram Alir .....	27
3.2 Metode Penelitian .....	29



3.3 Alat dan Bahan.....	29
3.2.1 Alat.....	29
3.2.2 Bahan .....	32
3.4 Variabel Penelitian.....	33
3.5 Proses Desain dan Manufaktur Dari Cetakan .....	34
3.6 Prosedur Penelitian .....	34
3.7 Waktu dan Tempat Penelitian.....	35

#### **BAB IV PEMBAHASAN**

4.1 Cetakan ( <i>Mold</i> ) .....	36
4.2 Mesin <i>Injection Moulding</i> .....	40
4.3 Diagram Kekuatan Material Berdasarkan Ramesh Singh .....	41
4.4 Hasil Benda Kerja.....	44
4.4.1 Waktu Pada Suhu Dengan Kapasitas Limbah Plastik Dengan Berat 100 gram .....	46
4.5 Cacat Produk.....	46
4.6 Hasil Pengujian Uji Tarik .....	46

#### **BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....	48
5.2 Saran .....	49

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2. 1</b> Kode Jenis Plastik .....	4
<b>Gambar 2. 2</b> Diagram Klasifikasi Jenis Plastik.....	7
<b>Gambar 2. 3</b> Simbol dan Nomor Plastik .....	8
<b>Gambar 2. 4</b> Simbol dan Contoh Jenis Plastik <i>Polyethylene Terephthalate</i> .....	9
<b>Gambar 2. 5</b> Simbol dan Contoh Jenis Plastik High Density Polyethylene .....	9
<b>Gambar 2. 6</b> Simbol dan Contoh Jenis Plastik Polyvinyl Chloride .....	10
<b>Gambar 2. 7</b> Simbol dan Contoh Jenis Plastik Low Density Polyethylene .....	10
<b>Gambar 2. 8</b> Simbol dan Contoh Jenis Plastik Polypropylene.....	11
<b>Gambar 2. 9</b> Simbol dan Contoh Jenis Plastik Polystyrene .....	11
<b>Gambar 2. 10</b> Simbol dan Contoh Jenis Plastik Lainnya.....	12
<b>Gambar 2. 11</b> Tahapan Pelelehan .....	15
<b>Gambar 2. 12</b> Tahapan Injeksi .....	15
<b>Gambar 2. 13</b> Tahapan Pendinginan .....	16
<b>Gambar 2. 14</b> Hopper.....	18
<b>Gambar 2. 15</b> Barrel.....	18
<b>Gambar 2. 16</b> <i>Heaters</i> .....	19
<b>Gambar 2. 17</b> Motor dan gears .....	19
<b>Gambar 2.18</b> <i>Cylinder</i> .....	20
<b>Gambar 2.19</b> CNC TU – 3A .....	21
<b>Gambar 2.20</b> Sistem koordinat CNC TU – 3A .....	22
<b>Gambar 2.21</b> Metode Absolut.....	23
<b>Gambar 2.22</b> Metode <i>Incremental</i> .....	23
<b>Gambar 2.23</b> Tombol-tombol pengendali CNC TU - 3A.....	24
<b>Gambar 2.24</b> Contoh Kode Alarm .....	26
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Percobaan .....	27
<b>Gambar 3.2</b> Mesin <i>Injection Moulding</i> .....	30
<b>Gambar 3.3</b> Mesin Penghancur Plastik .....	30
<b>Gambar 3.4</b> Mesin CNC TU – 3A .....	31

<b>Gambar 3.5</b> Neraca Digital.....	31
<b>Gambar 3.6</b> Mikrometer Sekrup.....	31
<b>Gambar 3.7</b> Cetakan ( <i>Mold</i> ) .....	32
<b>Gambar 3.8</b> Plastik Jenis <i>High Density Polyethylene</i> .....	32
<b>Gambar 3.9</b> Plastik Jenis <i>Polyethylene Terephthalate</i> .....	33
<b>Gambar 3.10</b> Plastik Jenis <i>Polypropylene</i> .....	33
<b>Gambar 3.11</b> Cetakan ( <i>mold</i> ).....	34
<b>Gambar 4.1</b> Cetakan ( <i>mold</i> ).....	37
<b>Gambar 4.2</b> Mesin <i>Injection Moulding</i> .....	41
<b>Gambar 4.3</b> Diagram Kekuatan Terhadap Kerapatan.....	41
<b>Gambar 4.4</b> Diagram Ketangguhan Patah .....	42
<b>Gambar 4.5</b> Diagram Kekuatan Terhadap Temperatur Tinggi.....	43
<b>Gambar 4.6</b> Konsentrasi HDPE (30%), PET (20%), dan PP (50%).....	45
<b>Gambar 4.7</b> Konsentrasi HDPE (30%), PET (20%), dan PP (50%).....	45
<b>Gambar 4.8</b> Cacat Yang Terjadi Pada Hasil Benda Kerja .....	47
<b>Gambar 4.9</b> Sampel Uji Tarik .....	49
<b>Gambar 4.10</b> Sampel 1 dan Pengujian Tarik .....	50
<b>Gambar 4.11</b> Sampel 2 dan Pengujian Tarik .....	51
<b>Gambar 4.12</b> Sampel 3 dan Pengujian Tarik .....	52

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 2.1</b> Temperatur Leleh Proses <i>Thermoplastics</i> .....	6
<b>Tabel 2.2</b> Kode G.....	24
<b>Tabel 2.3</b> Kode M.....	25
<b>Tabel 2.4</b> Kode Alarm .....	26
<b>Tabel 3. 1</b> <i>Ganchart</i> Penelitian .....	35
<b>Tabel 4.1</b> <i>Drill</i> .....	37
<b>Tabel 4.2</b> <i>Large Contour</i> .....	38
<b>Tabel 4.3</b> Waktu Tunggu Suhu .....	46
<b>Tabel 4.4</b> Hasil Uji Tarik Spesimen A.....	51
<b>Tabel 4.5</b> Hasil Uji Tarik Spesimen B.....	52
<b>Tabel 4.6</b> Hasil Uji Tarik Spesimen C.....	53

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Limbah botol plastik bekas yang dihasilkan di Indonesia umumnya terbuat dari plastik jenis HDPE (*High Density Polyethylene*), PET (*Polyethylene Terephthalate*), dan PP (*PolyPropylene*) yang dimana masih menjadi permasalahan yang masih dicarikan solusi dan dilakukan penyempurnaan dalam pengolahan dan pengelolaannya. Plastik jenis HDPE (*High Density Polyethylene*) digunakan untuk kemasan sampo, botol oli, tutup botol minuman, dan wadah lainnya, plastik jenis PET (*Polyethylene Terephthalate*) biasanya digunakan untuk kemasan minuman, sedangkan plastik berjenis PP (*PolyPropylene*) digunakan sebagai kantong plastik bening transparan bersifat tidak elastis yang digunakan untuk dan memperindah tampilan suatu produk.

Limbah botol plastik bekas dapat menjadi sumber pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mengolah limbah botol plastik, sehingga menjadi produk yang bermanfaat seperti ornamen pagar, rumah tangga, papan bangunan atau taman dan lainnya. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini penulis difokuskan kepada proses pembuatan alat rumah tangga yang terbuat dari limbah plastik untuk menciptakan fungsi baru dengan menggunakan metode *injection moulding* yaitu metode yang digunakan untuk mengolah limbah plastik guna untuk memproduksi produk dari limbah plastik dengan menggunakan bahan dasar dari 3 jenis bahan limbah plastik yang berbeda yaitu HDPE (*High Density Polyethylene*), PET (*Polyethylene Terephthalate*), dan PP (*PolyPropylene*) dengan menggunakan mesin *Injection molding* dengan cara memasukkan material cair ke dalam cetakan dan mengeraskannya menjadi bentuk yang diinginkan. Proses ini melibatkan beberapa tahapan, termasuk pengumpanan bahan mentah, pemanasan dan peleburan bahan, injeksi bahan cair ke dalam cetakan, pendinginan dan pemadatan, serta pembebasan produk jadi dari cetakan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berikut merupakan rumusan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana prinsip kerja pada mesin *injection moulding* terhadap produk yang akan dibuat?
2. Bagaimana cara membuat alat rumah tangga berupa ornamen pagar dari campuran limbah plastik dengan menggunakan mesin *injection moulding*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan dari penelitian yang dilakukan yaitu:

1. Mengetahui mekanisme prinsip kerja pada mesin *injection moulding* terhadap produk yang akan dibuat
2. Membuat alat rumah tangga seperti ornamen pagar dari campuran limbah plastik dengan menggunakan mesin *injection moulding*

## 1.4 Batasan Masalah

Berikut merupakan batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Penelitian ini menggunakan limbah dari material plastik jenis HDPE (*High Density Polyethylene*), PET (*Polyethylene Terephthalate*), dan PP (*PolyPropylene*)
2. Proses pembuatan alat rumah tangga berupa ornamen pagar dengan menggunakan metode *injection moulding* dengan menggunakan mesin *injection moulding*

## 1.5 Manfaat Penelitian

Berikut merupakan manfaat yang didapat pada penelitian ini yaitu:

1. Dapat mengetahui mekanisme prinsip kerja dan mengetahui proses pembuatan alat rumah tangga berupa ornamen pagar dengan metode *injection moulding* dengan menggunakan mesin *injection moulding*
2. Dapat menjadi referensi serta inovasi dalam pemanfaatan limbah plastik serta pengembangan alat pada mesin *injection moulding* diruang lingkup jurusan teknik mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Limbah Plastik**

Meninjau dari terjadinya perubahan pola konsumsi dan pertumbuhan ekonomi dan produksi yang berimbas pada meningkatnya generasi plastik dengan cepat di dunia. Di wilayah berkembang lebih tepatnya di Asia Pasifik banyak yang menggunakan plastik sebagai kebutuhan sehari – hari mereka yang menyebabkan peningkatan penggunaan konsumsi plastik dimana meningkat lebih dari rata-rata dunia karena urbanisasi dan pembangunan ekonomi. Penggunaan konsumsi dunia secara angka dalam pertahun dari penggunaan bahan plastik sebagai pelengkap kebutuhan merak meningkat dari 5 juta ton di tahun 1950 yang makin lama bertambah menjadi 100 juta ton. Limbah adalah bahan berlebihan atau bahan yang tidak dapat digunakan kembali, berasal dari proses teknologi atau alam, yang keberadaannya tidak ramah lingkungan dan tidak memiliki nilai ekonomi. Plastik merupakan salah satu jenis sampah yang sulit terurai karena komposisi bahan kimianya. Diperlukan waktu minimal 200 - 400 tahun bagi sampah plastik untuk terurai melalui proses penimbunan. Hal ini mengakibatkan pencemaran lingkungan dan mendorong pembuangan sampah plastik secara sembarangan. (Nasution, 2015)

Umumnya plastik dikelompokkan menjadi dua macam yaitu thermoplastik dan *thermosetting* dimana thermoplastik merupakan bahan plastik yang mana jika dipanaskan sampai temperatur titik lelehnya akan mencair dan mudah untuk dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan. Sedangkan *thermosetting* merupakan plastik yang mana jika sudah dibuat dalam bentuk yang padat, maka plastik jenis ini tidak dapat dicairkan kembali dengan cara semula. Berdasarkan sifat kedua kelompok plastik di atas, thermoplastik adalah jenis yang memungkinkan untuk didaur ulang. (Ismanto, 2016)

Plastik yang banyak digunakan untuk diolah pada kebutuhan tertentu adalah plastik berjenis *polyethylene terephthalate* (PET), *polypropylene* (PP) dan *polyvinyl chloride* (PVC). Terdapat kode pada setiap jenis plastik yang dapat didaur ulang dengan tujuan untuk mempermudah dalam mengidentifikasi jenis plastik tersebut. Berikut merupakan nomor kode pada plastik yang tercantum pada produk-produk berbahan plastik yang dapat dilihat pada gambar 2.1 sebagai berikut: (Ismanto, 2016)

						
PETE	HDPE	PVC	LDPE	PP	PS	OTHER
Polyethylene Terephthalate	High Density Polyethylene	Polyvinyl Chloride	Low Density Polyethylene	Polypropylene	Polystyrene	Other
						
Recyclable	Recyclable	Recyclable at specialist points	Recyclable at specialist points	Recyclable	Recyclable at specialist points	Not easily recyclable

**Gambar 2.1** Kode Jenis Plastik

(Sumber: kabar6.com)

### 2.1.1 Pengolahan 3R (*Reduce, Reuse, dan Recycle*)

Setelah mengetahui perkembangan pada produksi plastik terus bertumbuh besar maka terdapat cara untuk menanggulangi pada masalah penggunaan plastik di dunia dengan cara melakukan pengolahan 3R yang merupakan langkah dalam meminimalkan volume dari bahan limbah plastik yang dihasilkan berjuta – juta ton di dunia. Cara dari pengolahan sampah 3R dilakukan dan disesuaikan dengan pedoman internasional. Seperti namanya 3R yaitu *reduce* (yang bertujuan untuk menguraikan sampah pada sumbernya), *reuse* (mempergunakan kembali sampah yang masih layak), dan yang terakhir adalah *recycle* (yaitu mengolah sampah yang tidak dapat dipergunakan kembali). Penerapan yang tentang pengolahan 3R akan menghasilkan hasil yang baik. (Nurfaida, 2015)



Prinsip penting pengolahan 3R adalah untuk membantu kita menuju hidup yang berkelanjutan. Pengolahan 3R membantu masyarakat untuk berfikir tentang dampak limbah yang diproduksi sehingga dapat mendorong masyarakat untuk mengurangi dampak limbah yang diproduksi. Daur ulang (*recycle*) sampah plastik dapat dibedakan menjadi empat cara yaitu daur ulang primer, daur ulang sekunder, daur ulang tersier dan daur ulang quarter. Daur ulang primer adalah daur ulang limbah plastik menjadi produk yang memiliki kualitas yang hampir setara dengan produk asilnya. Daur ulang cara ini dapat dilakukan pada sampah plastik yang bersih, tidak terkontaminasi dengan material lain dan terdiri dari satu jenis plastik saja. Daur ulang sekunder adalah daur ulang yang menghasilkan produk yang sejenis dengan produk aslinya tetapi dengan kualitas di bawahnya. Daur ulang tersier adalah daur ulang sampah plastik menjadi bahan kimia atau menjadi bahan bakar. Daur ulang quarter adalah proses untuk mendapatkan energi yang terkandung di dalam sampah plastik. (Junaidi, 2023)

## 2.2 Identifikasi Jenis Plastik

Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah karbon dan hidrogen. plastik merupakan salah satu jenis makro molekul yang terbentuk karena proses polimerisasi. Polimerisasi sendiri merupakan proses penggabungan dari beberapa molekul sederhana (monomer) yang melewati proses kimia menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer). Untuk membuat plastik, salah satu bahan baku yang sering digunakan adalah naptha, yaitu bahan yang dihasilkan dari penyulingan minyak bumi atau gas alam. Sebagai gambaran untuk membuat 1 kg plastik diperlukan 1,75 kg minyak bumi, untuk memenuhi kebutuhan bahan bakunya maupun kebutuhan energi prosesnya.

Umumnya plastik dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu plastik berjenis thermoplastik dan berjenis *thermosetting* atau *thermoset*.

## 1. Thermoplastik

Plastik berjenis thermoplastik ini merupakan jenis bahan plastik yang jika dipanaskan sampai titik leleh temperatur tertentu akan mencair dan dapat dibentuk 5 kembali menjadi bentuk seperti film, fiber, kemasan (*packing*), polimer thermoplastk tidak memiliki sambungan – sambungan antar rantai polimernya. Memiliki struktur linear atau bercabang. contohnya adalah : polyethylene (PE), polypropylene (PP), dan polyvinyl cgloride (PVC). (Grace Tj. Sulungbudi, 2010) Polimer *thermoplastic* mempunyai beberapa sifat khusus yaitu sebagai berikut:

- 1.) Fleksibel
- 2.) Tidak tahan terhadap suhu panas
- 3.) Jika dipanaskan akan melunak
- 4.) Jika didinginkan akan mengeras
- 5.) Titik leleh rendah
- 6.) Dapat dibentuk ulang

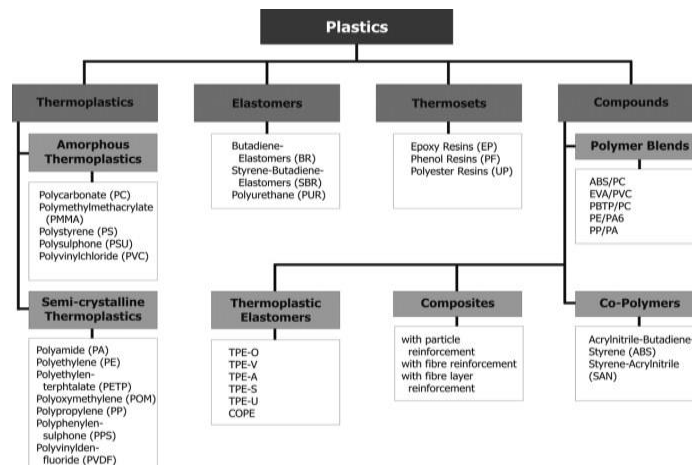
Berikut merupakan batas temperatur leleh pada plastik berjenis *thermoplastics* yang disajikan dalam bentuk tabel 2.1 sebagai berikut:

**Tabel 2.1** Temperatur Leleh Proses *Thermoplastics*

<i>Processing Temperature Rate</i>		
Materia	<sup>0</sup> C	<sup>0</sup> F
ABS	180 – 240	356 – 464
<i>Acetal</i>	185 – 225	365 – 437
<i>Acrylic</i>	180 – 250	356 – 482
<i>Nylon</i>	260 – 290	500 – 554
<i>Poly Carbonat</i>	280 – 310	536 – 590
LDPE	160 – 240	320 – 464
HDPE	200 – 280	392 – 536
PP	200 – 300	392 – 572
PS	180 – 260	356 – 500
PVC	160 – 180	320 – 365
PET	180 – 200	356 - 392

## 2. Thermosetting

Plastik berjenis *thermosetting* merupakan jenis plastik yang memiliki karakteristik keras, kemudian mempertahankan bentuknya dan tidak dapat berubah atau diubah kembali kedalam bentuk aslinya. Bagian dari pada kendaraan bermobil, bagia pesawat da ban umumnya dapat menggunakan *Thermosetting* atau thermoset. Contoh dari plastik berjenis ini adalah *polyurethanes*, *polyester*, *epoxy resins* dan *phenolic resin*. Elastomers merupakan salah satu jenis bahan plastik yang memiliki elastisitas lembut dan biasanya dari plastik ini tidak dapat dicairkan. Polimer thermosetting biasanya lebih keras dan kuat dari pada thermoplastic dan mempunyai stabilitas dimensional yang lebih baik. Contoh bahan thermosetting yaitu bakelit, silikon dan epoksi.. (Putra, 2016) Pembagian jenis plastik dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini:



**Gambar 2.2** Diagram Klasifikasi Jenis Plastik

(Sumber: Klein.com)

Berdasarkan dari kedua sifat kelompok jenis plastik diatas, plastik berjenis thermoplastik merupakan jenis plastik yang paling memungkinkan untuk didaur ulang dari jenis plastik yang dapat didaur ulang yang kemudian diberi kode berupa simbol dan nomor untuk memudahkan dalam mengidentifikasi dan penggunaannya. Simbol dan nomor plastik yang dapat didaur ulang yang dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini:



**Gambar 2.3** Simbol dan Nomor Plastik

(Sumber: sustainability.com)

### 2.3 Jenis – Jenis Plastik

Plastik merupakan suatu produk kimia yang telah dikenal dan digunakan secara luas oleh seluruh lapisan masyarakat, baik yang bermukim di pedesaan apalagi yang tinggal di kota-kota besar. Saat ini setiap hari ketergantungan terhadap plastik semakin tinggi, namun bahayanya kurang disadari oleh masyarakat. Plastik bukan merupakan benda yang asing bagi kita. Hampir semua barang yang kita punya menggunakan plastik karena harganya yang murah dan kualitasnya yang bagus. Terdapat beberapa jenis plastik yang tercipta, berikut ini merupakan jenis – jenis dari plastik:

#### 1.) *Polyethylene Terephthalate* (PET)

*Polyethylene terephthalate* merupakan jenis plastik yang memiliki karakteristik secara visual adalah berwarna bening, tidak tembus air dan gas, biasanya banyak digunakan untuk botol kemasan pada minuman dan beberapa kemasan pada makanan seperti botol minuman ringan, botol saus, botol air mineral, botol kecap dan masih banyak lainnya. Mungkin jenis polimer ini yang paling sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari. Namun hati-hati, bahan dengan polimer. *Polyethylene terephthalate* ini disarankan hanya untuk 1 kali pemakaian. Bila digunakan berulang, apalagi jika terpapar air panas/hangat akan menyebabkan lapisan polimer ini meleleh pada saat suhu mencapai 200°C dan mengeluarkan zat karsinogenik jika terpapar pada tubuh manusia. (Santhi, 2016)



**Gambar 2.4** Contoh Plastik Jenis *Polyethylene Terephthalate*

2.) *High Density Polyethylene* (HDPE)

*High density polyethylene* merupakan jenis plastik yang memiliki sifat keras, kuat terhadap bahan kimia dan kelembaban, dapat ditembus gas, permukaan berkilau, buram, mudah diwarnai, diproses dan dibentuk, melunak pada suhu 200°C. Biasanya digunakan untuk botol susu cair, jus, minuman, wadah es krim, kantong belanja, obat, tutup plastik dan jenis plastik ini disarankan hanya untuk satu kali penggunaan karena jika digunakan berulang kali dikhawatirkan bahan penyusunnya lebih mudah bermigrasi ke dalam pangan. (Santhi, 2016)



**Gambar 2.5** Contoh Plastik Jenis *High Density Polyethylene*

3.) *Polyvinyl Chloride* (PVC)

Plastik berjenis *Polyvinyl chloride* merupakan salah satu plastik yang sulit untuk didaur ulang dengan memiliki sifat tahan terhadap senyawa kimia dan dapat melunak pada saat suhu mencapai 160°C. Biasanya

digunakan untuk botol kecap, botol sambal, dan masih banyak lagi. Plastik jenis ini sebaiknya tidak untuk wadah pangan yang mengandung lemak/minyak, alkohol dan dalam kondisi panas. (Santhi, 2016)



**Gambar 2.6** Contoh Plastik Jenis *Polyvinyl Chloride*

#### 4.) *Low Density Polyethylene (LDPE)*

*Low density polyethylene* merupakan salah satu plastik yang mudah diproses dan mempunyai sifat yaitu kuat, fleksibel, kedap air, tidak jernih tetapi tembus cahaya, dan dapat melunak pada saat suhu mencapai  $160^{\circ}\text{C}$ . Plastik *Low density polyethylene* dapat digunakan pada pembuatan kantong kresek, dan tabung tinta bulpoin. Plastik ini sebaiknya tidak digunakan kontak langsung dengan pangan. (Santhi, 2016)



**Gambar 2.7** Contoh Plastik Jenis *Low Density Polyethylene*

### 5.) *Polypropylene* (PP)

*Polypropylene* jenis plastik dengan sifat keras tetapi fleksibel, kuat, permukaan berkilin, tahan terhadap bahan kimia, panas dan minyak, melunak pada suhu 200°C, biasanya transparan tetapi tidak jernih atau berawan dan merupakan pilihan bahan plastik yang baik untuk kemasan pangan, tempat obat, botol susu, sedotan. (Santhi, 2016)



**Gambar 2.8** Contoh Plastik Jenis *Polypropylene*

### 6.) *Polystyrene* (PS)

Pada plastik berjenis *polystyrene* ini terdapat dua karakteristik, yaitu yang kaku dan lunak/berbentuk foam. *Polystyrene* yang kaku biasanya jernih seperti kaca, kaku, getas, mudah terpengaruh lemak dan pelarut (seperti alkohol), mudah dibentuk, melunak pada suhu 95°C.

Sedangkan *polystyrene* yang lunak berbentuk seperti busa, biasanya berwarna putih, lunak, getas, mudah terpengaruh lemak. Bahan ini dapat melepaskan *styrene* jika kontak dengan pangan, contoh penerapan adalah yang sudah sangat terkenal yaitu *Styrofoam*. (Santhi, 2016)



**Gambar 2.9** Contoh Plastik Jenis *Polystyrene*

### 7.) Jenis Plastik Lainnya

Jenis plastik yang ini biasanya digunakan untuk jenis plastik selain pada nomor 1- 6, termasuk *Polycarbonat*, *bio-based plastic*, *copolyester*, *acrylic*, *polyamide*, dan campuran plastik yang bersifat keras, jernih dan secara termal sangat stabil. Bahan *polycarbonat* dapat melepaskan Bisphenol-A (BPA) ke dalam pangan, yang dapat merusak sistem hormon.

Jenis plastik ini diperuntukan untuk pembuatan galon air minum, botol susu, peralatan makan bayi. Untuk mensterilkan botol susu, sebaiknya direndam saja dalam air mendidih dan tidak direbus. Botol yang sudah retak sebaiknya tidak digunakan lagi. Pilih galon air minum yang jernih, dan hindari yang berwarna tua atau hijau. (Santhi, 2016)



**Gambar 2.10** Contoh Plastik Jenis Lainnya

(Sumber: <https://simdos.unud.ac.id>)

#### 2.3.1 Bahan atau Material Plastik Injeksi

Awalnya manusia menggunakan polimer alam untuk membuat perkakas dan senjata, tetapi sekarang manusia memodifikasi polimer menjadi plastik. Plastik inilah yang merupakan suatu bahan baku yang terdiri dari unit molekul yang disebut monomer. Jika monomernya sejenis disebut homopolimer, dan jika monomernya berbeda akan menghasilkan kopolimer. Polimer yang berasal dari alam diantaranya: selulosa, protein, dan sejenisnya.. (HENRY PERMANA, 2021)

Dalam polimer terdapat tiga jenis metode degradasi polimer yaitu



fotodegradasi, degradasi termo-oksidatif dan biodegradasi. Proses biodegradasi dapat dijadikan alternatif degradasi pilihan karena prosesnya yang ramah lingkungan. Biodegradasi adalah proses dimana mikroorganisme mampu mendegradasi atau memecah polimer alam (lignin, selulosa) dan polimer sintetik (polietilen, polistiren).

Setiap mikroorganisme memiliki karakteristik degradasi yang berbeda, sehingga bervariasi antara satu mikroorganisme dengan mikroorganisme yang lain. Secara umum plastik dapat dikelompokkan menjadi dua golongan yaitu plastik thermoplast dan plastik thermoset seperti yang sudah dijelaskan diatas. (HENRY PERMANA, 2021)

## 2.4 Injection Moulding

Menurut Bryce (1998) *injection moulding* seperti operasi pada jarum suntik, dimana lelehan plastik disuntikan kedalam mold (cetakan) yang tertutup rapat yang berada didalam mesin sehingga lelehan tersebut memenuhi ruang yang berada pada *mold* sesuai dengan bentuk produk yang diinginkan. Proses *injection moulding* merupakan teknik yang sering digunakan dalam pembentukan produk yang berbahan plastik, karena dengan menggunakan metode tersebut bisa membuat bentuk fitur yang sulit untuk dibentuk dibandingkan metode yang lain. (IRWAN YULIANTO, 2014)

*Injection molding* memiliki prinsip kerja seperti jarum suntik dimana plastik didalam suntikan yang sudah mencair karena dipanaskan kemudian didorong oleh katup jarum suntik sehingga cairan keluar dari ujung jarum suntik yang kemudian tinggal ditaruh ke pada cetakan. Mesin *injection moulding* meliputi satu siklus proses *injection molding* yang terdiri dari empat tahap. Tahap yang pertama adalah tahap *clamping*, pada tahap ini dimana dua bagian cetakan harus tertutup rapat. Tahap yang kedua adalah menginjeksikan lelehan plastik yang disuntikan ke dalam cetakan melewati *sprue* yang kemudian mengisi ruang *cavity* sesuai dengan bentuk produk yang diinginkan. Tahap ketiga merupakan pendinginan bahan plastik setelah proses injeksi, pendinginan terjadi langsung dalam cetakan dengan sistem sirkulasi

fluida di cetakan, tahap keempat terjadi pelepasan produk. *Ejector* akan mendorong bagian produk plastik keluar dari cetakan. (Wijaya, 2022)

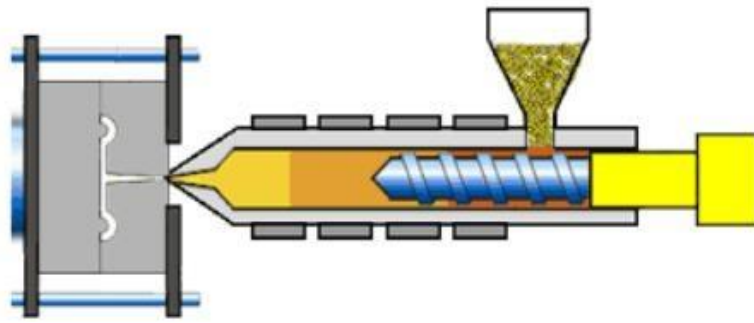
Menurut (IRWAN YULIANTO, 2014) siklus untuk *injection moulding* juga terdiri dari empat tahapan yaitu, *clamping* sebelum injeksi bahan ke dalam cetakan dua bagian dari cetakan harus tertutup rapat pada mesin, *injection* plastik cair disuntikkan ke dalam  *mold*  dan memenuhi ruangan sesuai dengan bentuk produk yang diinginkan, *cooling* merupakan proses pendinginan material plastik setelah proses penyuntikan, *ejection* ketika  *mold*  dibuka mekanisme yang digunakan untuk *ejection system* adalah mendorong bagian dingin plastik dari cetakan.

Membuat suatu produk dengan menggunakan mesin *injection moulding* cara yang pertama dilakukan adalah memasukan material plastik kedalam *hopper* yang kemudian material tersebut perlahan akan masuk ke dalam *barrel* seiring dengan putaran *screw* (sesuai dengan nilai *setting*). Pada saat material sudah berada di dalam *barrel* maka *heater* yang merupakan salah satu komponen dari mesin ini yang berfungsi untuk melelehkan material perlahan-lahan sesuai dengan *melting point*-nya. Setelah cairan lelehan plastik memenuhi bidang *nozzle*, maka selanjutnya *molding* akan menutup antara *core* dan *cavity* (yang digerakkan oleh *clamping unit*). Setelah itu lelehan plastik tersebut di-injeksi oleh *nozzle* ke dalam cetakan ( *mold* ). Saat produk plastik sudah mengeras di *molding* maka selanjutnya adalah tugas *ejector* untuk melepaskan produk tersebut dari cetakan ( *mold* ). Maka terbentuklah produk yang diinginkan sesuai dengan *design* cetakan. (Nasution A. K., 2016)

Berikut merupakan tahapan awal limbah plastik yang diproses hingga menjadi hasil benda kerja yang diinginkan sesuai dengan cetakan ( *mold* ) yang telah dibuat dari proses *injection moulding* yang dapat dilihat dibawah ini:

#### 1. Tahapan Pelelehan

Pada tahapan ini butiran bahan dari *hopper* dimasukkan ke dalam tong yang dipanaskan & sekrup berputar. Material yang meleleh karena panas, gesekan & gaya geser dipaksa melalui katup periksa ke depan oleh sekrup yang berputar.

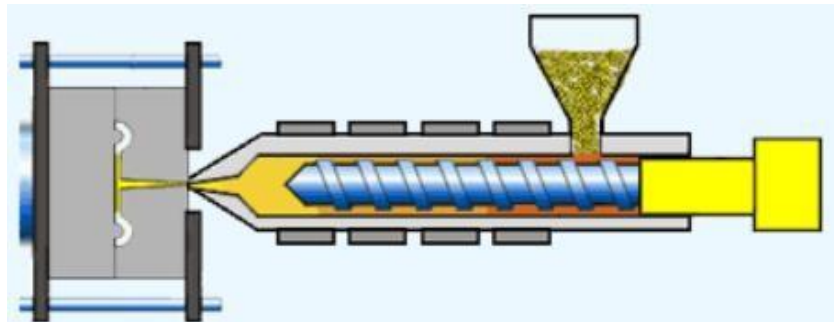


**Gambar 2.11** Tahapan Pelelehan

(Sumber: ToolcraftPlastics.com)

## 2. Tahapan Injeksi

Setelah digerakkan mundur oleh tembakan material di depan, sekrup didorong ke depan oleh ram hidrolik. Tindakan ini menyuntikkan material ke dalam rongga cetakan pada alat cetakan yang tertutup.

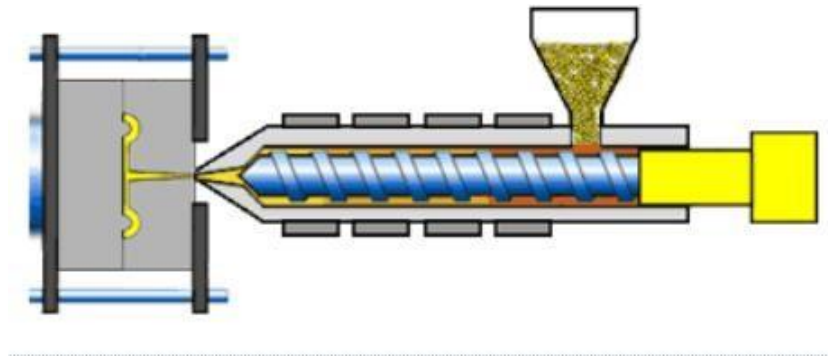


**Gambar 2.12** Tahapan Injeksi

(Sumber: ToolcraftPlastics.com)

## 3. Tahapan Pendinginan

Perkakas ditahan dalam keadaan tertutup di bawah tekanan sampai bahan plastik mendingin & mengeras di dalam rongga perkakas cetakan. Ini seringkali merupakan bagian terpanjang dari proses pencetakan injeksi

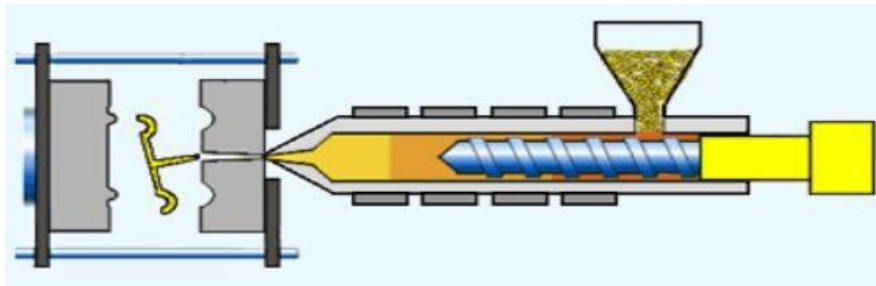


**Gambar 2.13** Tahapan Pendinginan

(Sumber: ToolcraftPlastics.com)

#### 4. Tahap Ejeksi

Sekrup mulai bergerak mundur untuk pencetakan berikutnya. Alat kemudian dibuka & bagian plastik yang sudah jadi dikeluarkan. Alat ditutup dan proses pencetakan injeksi dimulai kembali pada jam 1. Sekrup mulai bergerak mundur untuk pencetakan berikutnya. Alat kemudian dibuka & bagian plastik yang sudah jadi dikeluarkan. Alat ditutup dan proses pencetakan injeksi dimulai kembali pada jam 1.



**Gambar 2.14** Tahapan Ejeksi

(Sumber: ToolcraftPlastics.com)

### 2.5 Komponen Mesin Injection Moulding

Umumnya mesin *injection moulding* terdiri tiga bagian unit penyusun pokok yang penting yaitu *injection unit*, *mold unit* dan *clamping unit*. Berikut merupakan tiga bagian unit penyusun yang ada pada *injection moulding*:

### 1.) *Injection Unit*

Unit penyusun pokok ini terdapat beberapa bagian dengan fungsi tertentu yang fungsi utamanya merupakan tempat untuk memanaskan limbah plastik dan untuk proses injeksi plastik kedalam cetakan (*mold*). Didalam *injection* unit ini terjadi perubahan bentuk material plastik dari padat menjadi cair. Hal ini bertujuan agar material dapat dibentuk sesuai dengan konstruksi *mold* yang digunakan. (HENRY PERMANA, 2021)

### 2.) *Mold Unit*

Unit penyusun pokok ini merupakan bagian yang membentuk benda yang akan dibuat, *mold* unit memiliki 2 bagian utama yaitu *cavity* dan *core*. *Cavity* merupakan bagian cetakan yang berhubungan langsung dengan nozzel pada mesin *injection moulding*, sedangkan *core* merupakan bagian yang berhubungan langsung dengan *ejector*. (HENRY PERMANA, 2021)

### 3.) *Clamping Unit*

Unit penyusun pokok ini merupakan tempat yang berfungsi untuk meletakkan cetakan, membuka dan menutup cetakan, serta mengeluarkan part dari cetakan. Pada saat menutup cetakan, mesin harus memiliki kekuatan cekam yang sangat kuat karena cetakan akan diisi oleh material cair panas dengan tekanan yang sangat tinggi. Apabila mesin tidak sanggup menutup cetakan dengan kuat, maka material plastik cair tadi akan mengalir disela antara *core* dan *cavity*. (HENRY PERMANA, 2021)

Berikut juga merupakan bagian dari komponen penyusun mesin *injection moulding*

#### 1.) *Hooper*

*Hopper* merupakan bagian penyusun mesin *injection moulding* yang berfungsi untuk menaruh atau menyimpan material sebelum masuk ke dalam *barrel*. Selain itu *hopper* juga digunakan untuk menjaga suhu agar material lembap sebelum material dipanaskan,

karena kelembaban material akan sangat mempengaruhi hasil injeksi plastik nantinya.



**Gambar 2.14** *Hopper*

### 2.) *Barrel*

*Barrel* merupakan komponen penyusun yang berbentuk silinder yang menjadi tempat untuk saluran transmisi material dari *hopper* ke *nozzle*, dimana pada *barrel* terdapat screw yang digunakan untuk menggerakkan materialnya ke *nozzle*, pada barrel juga terdapat *heater* yang digunakan untuk melelehkan material sehingga menjadi cairan sebelum ditembakkan oleh *nozzle* ke *molding unit*.



**Gambar 2.15** *Barrel*

### 3.) *Heaters*

*Heaters* merupakan komponen pemanas yang terdapat diatas *barrel* yang berfungsi untuk memanaskan material sampai meleleh,

sesuai dengan *melting set point* yang diinginkan dan dibutuhkan material untuk mencapai titik leleh yang terbaik.



**Gambar 2.16** *Heaters*

#### 4.) *Motor and Gears*

*Motor* dan *gears* berfungsi untuk menggerakkan *screw* agar *screw* dapat berputar sehingga membantu material menuju *nozzle*. Ketika *screw* berputar, maka material dapat dibawa ke arah *nozzle*.



**Gambar 2.17** *Motor dan gears*

#### 5.) *Cylinder For Screw*

*Cylinder* ini digunakan untuk mendorong *screw* maju mundur, digunakan saat cairan *plastic* yang sudah meleleh siap di-injeksi oleh *nozzle*, bagian ini sangat berperan penting juga untuk menjaga gerakan *screw* agar konstan.



**Gambar 2.18** *Cylinder*

#### 6.) *Nonreturn Valve*

Katup ini digunakan untuk menjaga agar cairan yang sudah meleleh saat selesai di-injeksi melalui *nozzle* tidak kembali saat *screw* telah berhenti berputar.

### **2.6 Pengertian Mesin CNC – 3A**

Mesin CNC “*Computer Numerical Control*” dalam Bahasa Indonesia komputer kontrol numerik ini merupakan mesin yang digunakan dalam proses manufaktur yang menggunakan kontrol terkomputerisasi dan peralatan mesin. Kelebihan yang paling dominan yaitu kecepatan dalam proses produksi sehingga cocok digunakan untuk produksi massal. Mesin CNC - 3A ini merupakan salah satu mesin bubut yang pengoperasiannya menggunakan komputerisasi dengan menggunakan perintah kode untuk menjalankan proses pembubutan yang dimana pada saat proses pembubutannya berjalan secara otomatis sesuai dengan perintah kode yang diberikan, sehingga mesin ini bisa mengulangi proses program yang dapat digunakan secara terus - menerus. (Zainuddin, 2024)

Mesin CNC ini pertama kali pada tahun 1940-an dan 1950-an, dengan memodifikasi mesin perkakas biasa. Pada awalnya mesin ini diperuntukkan untuk membuat benda kerja yang rumit namun karena biaya pembuatan dan volume unit pengendali yang besar hanya sedikit perusahaan yang mau berinvestasi dalam pengembangan teknologi ini. Tahun 1975 adalah tahun dimana mesin kontrol otomatis ini mulai berkembang pesat karena sudah



adanya mikroprosessor sehingga volume unit pengendali dapat diperkecil dan disederhanakan. Saat ini mesin CNC sudah banyak dipergunakan di segala bidang, seperti di bidang pendidikan dan riset, serta tentunya industri-industri berskala nasional/internasional. CNC – 3A sendiri merupakan mesin milling CNC dengan 3 sumbu (*axis*) yaitu X, Y dan Z, yang dipergunakan untuk latihan dasar-dasar pengoperasian dan pemrograman (Zainuddin, 2024).



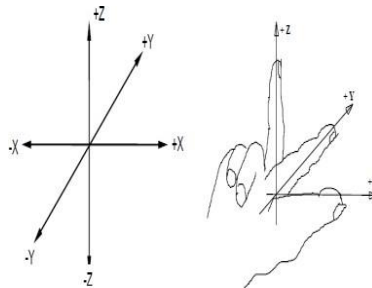
**Gambar 2.19** CNC – 3A

Pada dasarnya prinsip kerja mesin CNC -3A hampir sama dengan mesin frais konvensional. Mata potong berputar menyayat benda kerja yang dicekam pada meja kerja. Mata potong yang terpasang pada kepala *spindle* dapat bergerak naik-turun terhadap sumbu Z, sedangkan meja kerja bergerak secara memanjang terhadap sumbu X dan melintang terhadap sumbu Y. (Zainuddin, 2024)

Operator CNC membuat program sesuai dengan benda kerja yang akan dibuat dan memasukkan program pada mesin CNC. Selanjutnya, program yang telah dimasukkan akan diproses oleh prosesor, yang nantinya akan mengontrol motor servo pada mesin untuk menggerakkan mata potong dan melakukan proses permesinan. Hingga akhirnya menghasilkan produk sesuai program yang telah dibuat. (Purwoko, 2008)

Pada mesin CNC TU-3A (frais CNC) terdapat tiga arah gerakan yaitu gerakan arah memanjang, gerakan arah melintang, dan gerakan arah vertikal. Informasi gerakan pada eretan mesin arah memanjang, arah melintang, dan arah vertikal tersebut adalah bertitik tolak dari sistem koordinat dalam bidang ilmu trigonometri. Untuk mesin frais vertikal, gerakan eretan arah memanjang

mesin disebut dengan sumbu X, gerakan melintang disebut dengan sumbu Y, sedangkan gerakan vertikal disebut dengan sumbu Z, perhatikan ilustrasi di bawah ini, dimana sistem persumbuan pada mesin CNC TU-3A (Mesin Frais CNC) didasarkan atas hukum tangan kanan. (Purwoko, 2008)



**Gambar 2.20** Sistem koordinat CNC – 3A

(Sumber : etsworlds.id)

Sistem persumbuan tersebut distandarkan untuk berbagai macam proses permesinan, yaitu berdasarkan standar ISO 841 dan DIN 66217, yaitu sistem koordinat *Carthesian*. Dalam penggunaan sistem koordinat *Carthesian* ini, terdapat tanda yang merupakan penunjuk posisi suatu titik dari titik koordinat awal yaitu tanda positif (+) dan negatif (-) (Purwoko, 2008).

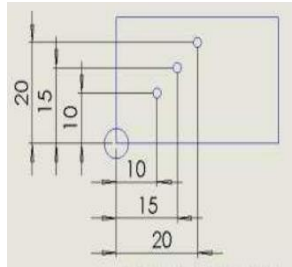
## 2.7 Metode Pemrograman CNC

Pemegrograman pada mesin CNC TU – 3A adalah memasukan kode atau sebuah program ke dalam prosesor mesin untuk menjalankan atau membuat benda kerja yang sesuai dengan kode program yang telah dibuat. Setiap jenis mesin CNC mempunyai karakteristik tersendiri sesuai dengan pabrik yang membuat mesin tersebut. Namun demikian secara garis besar dari karakteristik cara mengoperasikan program mesin CNC dapat dilakukan dengan dua macam cara metode pemrograman (Zainuddin, 2024), yaitu :

### 1. Metode Pemrograman Absolut

Pada sistem ini titik awal penempatan alat potong yang digunakan sebagai acuan adalah menetapkan titikreferensi yang berlaku tetap selama prosesoperasi mesin berlangsung. Untuk mesin bubut, titik referensinya diletakkan pada sumbu (pusat) benda kerja yang akan

dikerjakan pada bagian ujung. Sedangkan pada mesin frais, titik referensinya diletakkan pada pertemuan antara dua sisi pada benda kerja yang akan dikerjakan.

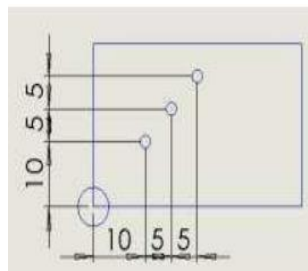


**Gambar 2.21** Metode Absolut

(Sumber : teknikece.com)

## 2. Metode Pemrograman *Incremental*

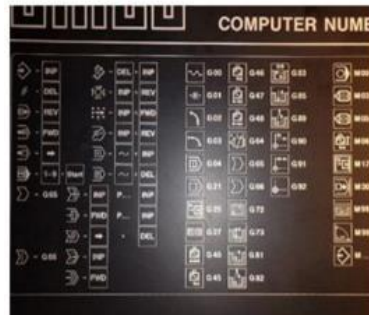
Pada sistem ini titik awal penempatan yang digunakan sebagai acuan adalah selalu berpindah sesuai dengan titik aktual yang dinyatakan terakhir. Untuk mesin bubut maupun mesin frais diberlakukan dengan cara yang sama. Setiap kali suatu gerakan pada proses pengerjaan benda kerja berakhir, maka titik akhir dari Gerakan alat potong itu dianggap sebagai titik awal gerakan alat potong pada tahap berikutnya.



**Gambar 2.22** Metode *Incremental*

(Sumber : teknikece.com)

Dalam mesin CNC – 3A terdapat kode-kode perintah yang dimana digunakan dalam memprogram mesin CNC. Kode – kode tersebut terdiri dari dua jenis perintah, yaitu perintah yang dibuat dalam bentuk kode G dan perintah yang dibuat dalam bentuk kode M.



**Gambar 2.23** Tombol-tombol pengendali CNC TU - 3A.

### 1. Kode G

Kode G yang ada pada mesin CNC TU - 3A merupakan bentuk perintah yang terkait dengan bentuk pergerakan dari sebuah alat potong. Jenis-jenis kode G yang digunakan untuk memprogram mesin bubut CNC adalah:

**Tabel 2.2** Kode G

No.	Kode G	Nama
1	G00	Perintah pergerakan cepat
2	G01	Perintah pergerakan lurus
3	G02	Perintah pergerakan melingkar searah jarum jam
4	G03	Perintah pergerakan melingkar berlawanan arah jarum
5	G04	Waktu penahanan/tinggal diam
6	G21	Blok Kosong
7	G25	Pemanggilan subprogram (sub rutin)
8	G27	Perintah melompat
9	G33	Perintah pembubutan ulir
10	G64	Perintah untuk memutus arus ke motor.
11	G65	Perintah pelayanan Kasel
12	G66	Perintah pelayanan RS 232
13	G72	Siklus Kantong
14	G73	Siklus pemboran dengan pemutusan total

15	G78	Siklus penguliran
16	G81	Siklus pemboran untuk penandaan
17	G82	Siklus pemboran dengan tinggal diam
18	G83	Siklus pemboran dengan penarikan
19	G84	Siklus pembubutan memanjang
20	G85	Siklus pembubutan ulir
21	G86	Siklus pembubutan alur
22	G88	Siklus melintang
23	G89	Siklus perimeran dengan tinggal diam
24	G90	Pemrograman absolute
25	G99	Pemrograman inkremental
26	G92	Pemrograman absolute dengan penatapan
27	G94	Asutan dalam mm/min.
28	G95	Asutan dalam mm/put.

## 2. Kode M

Berikut merupakan kode M yang dipergunakan dalam pembuatan program pada mesin CNC TU – 3A

**Tabel 2.3** Kode M

No.	Kode M	Nama
1	MOO	Berbenti terprogram
2	M03	Spindel ONsearah jarum jam
3	MOS	Spindel berbenti
4	M06	Perhitungan panjang pahat
5	M17	Akhir sub program
6	M30	Akhir program
7	M98	Kompensasi kelonggaran secara otomatis
8	M99	Parameter lingkaran

## 3. Kode alarm.

Di dalam mesin CNC TU – 2A maupun CNC TU – 3A terdapat sebuah kode alarm yang berfungsi untuk suatu tanda/ isyarat bahwa mesin

telah menemukan data program yang tidak benar. Apabila kesalahan data program tidak dibetulkan maka mesin tidak akan melaksanakan program selanjutnya. (Farizi, 2016)

**Tabel 2.4** Kode Alarm

NO	Kode A	Nama
1	A00	Salah Perintah Fungsi G Dan M
2	A01	salah perintah radius M99
3	A02	salah nilai X
4	A03	salah Nilai F
5	A04	salah nilai Z
6	A05	kurang perintah M30
7	A08	disket penuh/pita kaset habis
8	A09	program tidak ditemukan dalam disket/kaset
9	A10	disket dikunci/diprotek
10	A11	salah memuat disket
11	A12	salah pengecekan
12	A13	salah satuan metris atau inchi dalam pemuatan
13	A14	salah posisi kepala frais (vertikal atau horizontal)
14	A15	salah nilai Y
15	A16	tidak ada data radius pisau
16	A17	salah sub program
17	A18	gerakan kompensasi radius pisau frais lebih kecil dari 0



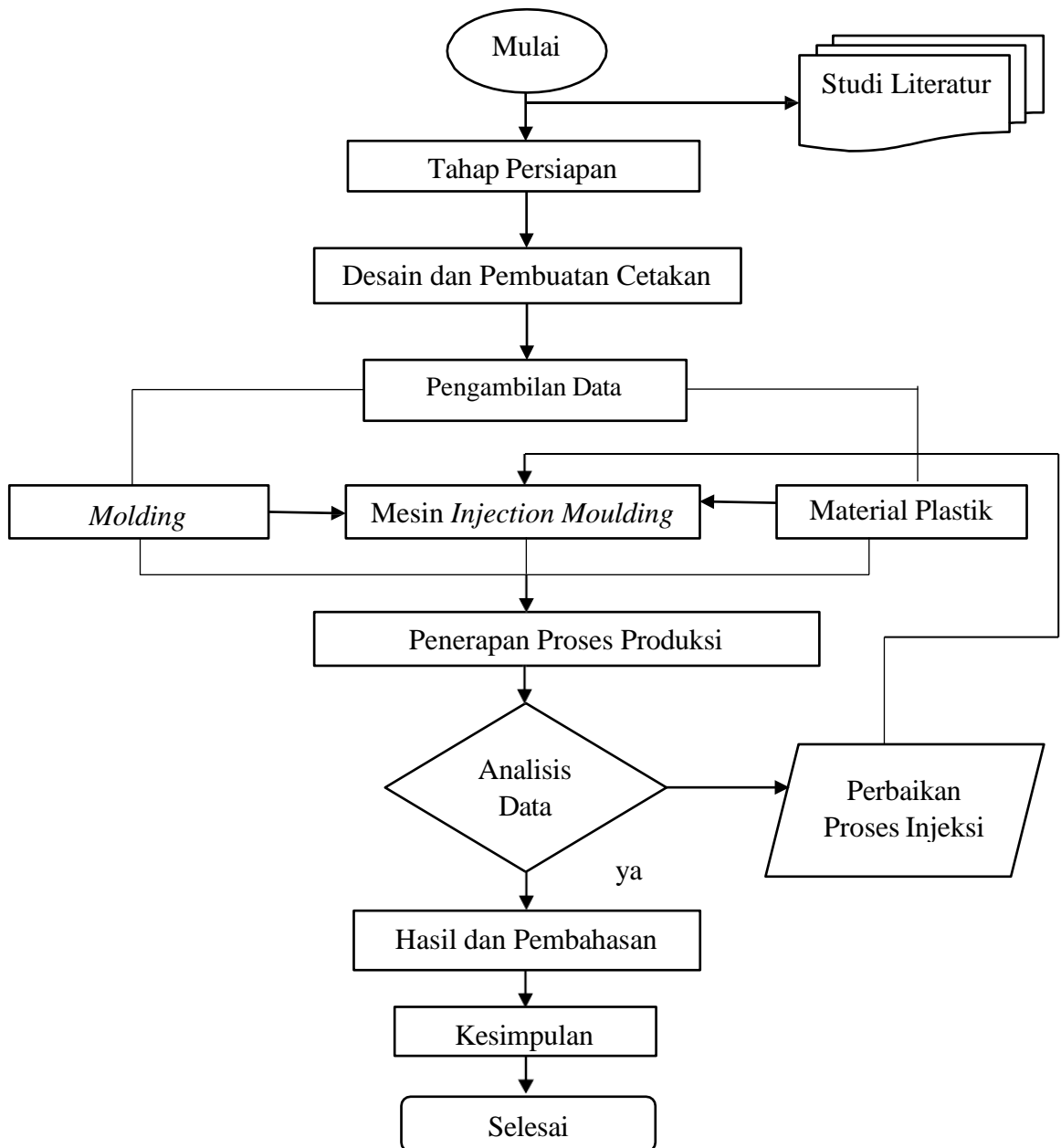
**Gambar 2.24** Contoh Kode Alarm

# BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir

Berikut ini merupakan tahapan dari penelitian ini yang disajikan pada diagram alir dibawah ini yang dapat dilihat pada gambar 3.1 :



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

Dari diagram alir penelitian di atas, maka dapat dijelaskan tahapan yang akan dilakukan oleh penulis yaitu sebagai berikut:

#### 1. Studi Literatur

Tahap Studi literatur bertujuan untuk menemukan referensi atau titik terang yang berhubungan dengan tugas akhir ini, dan referensi yang dimaksud yaitu sebuah jurnal, buku, dan sumber kredibel lainnya

#### 2. Pemilihan Limbah Plastik

Sesuai dengan makna dari judul tugas akhir ini yaitu memanfaatkan limbah plastik maka tujuan dari tahap ini adalah memilih dan menentukan bahan dasar yang nantinya akan menjadi ornamen pagar yaitu output dari tugas akhir ini.

#### 3. Desain Cetakan

Tahapan ini merupakan tahapan sebelum terjadinya hasil dari benda yang dihasilkan di mesin *injection moulding* dimana harus mendesain dari cetakan pada mesin ini kemudian hasil *output* dari proses *injection moulding* akan sesuai dengan cetakan yang didesain.

#### 4. Proses Manufaktur

Setelah tahapan desain pada cetakan tahapan selanjutnya adalah membuat cetakannya dengan menggunakan proses pembubutan dengan menggunakan mesin bubut konvensional.

#### 5. Pengambilan Data

Pada tahap pengambilan data dilakukan pengambilan data dengan terlebih dahulu mengatur temperatur pada barrel kemudian memasukan bijih limbah plastik berjenis HDPE (*High Density Polyethylene*), PET (*Polyethylene Terephthalate*), dan PP (*PolyPropylene*) ke dalam *hooper*. Dengan variasi dari temperatur yang digunakan yaitu untuk berjenis HDPE 125°C, PET 200°C, dan PP 165°C.

#### 6. Analisis Data

Tahapan ini digunakan untuk menganalisa dari hasil benda kerja yang dihasilkan pada penelitian ini.



### 3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen, metode eksperimen yang dilakukan adalah dengan membuat benda kerja berupa alat rumah tangga yaitu ornamen pagar dari hasil produk injeksi molding dengan memvariasikan bahan dasar dari 3 jenis limbah plastik yang berbeda yaitu bijih limbah plastik berjenis HDPE (*High Density Polyethylene*), PET (*Polyethylene Terephthalate*), dan PP (*PolyPropylene*) pada barrel. Dengan variasi dari temperatur yang digunakan yaitu untuk berjenis HDPE 260°C, PET 200°C, dan PP 165°C. Pada proses manufaktur terdapat pada tahapan membuat cetakan ( *mold*) untuk ornamen pagar dengan menggunakan CNC TU – 3A baru kemudian dilanjutkan dengan mencampurkan dari ketiga jenis plastik tersebut ke dalam hooper untuk dibuat ornamen pagar dan kemudian dites uji kelayakan dari hasil benda yang dibuat melewati proses  *injection moulding*.

### 3.3 Alat dan Bahan

Terdapat dibawah ini yang merupakan alat dan bahan yang digunakan selama melakukan pengujian pada pembuatan ornamen pagar dengan menggunakan proses  *injection moulding*:

#### 3.3.1 Alat

Berkut merupakan alat yang digunakan untuk membantu keberlangsungan pada penelitian ini sebagai berikut:

##### 1. Mesin *Injction Moulding*

Mesin Injection Moulding merupakan mesin yang digunakan untuk membuat suatu produk yang diinginkan dengan material biji plastik dimana menggunakan proses pemanasan terlebih dahulu pada barrel dengan titik didih yang sesuai pada material yang digunakan kemudian masuk kedalam cetakan ( *mold*). Mesin ini merupakan yang paling utama karena memiliki peranan yang sangat penting yang digunakan untuk membuat suatu produk yang diinginkan sesuai dengan cetakan yang telah dibuat.



**Gambar 3.2** Mesin *Injction Moulding*

## 2. Mesin Penghancur Plastik (*Double Shaft Shredder*)

Mesin ini memiliki peranan penting yang digunakan untuk menghancurkan bahan limbah plastik sampai menjadi potongan-potongan kecil atau serpihan.



**Gambar 3.3** Mesin Penghancur Plastik

(Sumber : Tokopedia.com)

## 3. Mesin CNC– 3A

Mesin CNCc– 3A sendiri merupakan mesin milling CNC *Training Unit* dengan 3 sumbu (*axis*) yaitu X, Y dan Z, yang dipergunakan untuk latihan dasar-dasar pengoperasian dan pemrograman ama seperti proses bubut kode-kode yang digunakan untuk mengoperasikan mesin milling/frais CNC ini yaitu kode G dan kode M. Pada mesin milling ada 3 buah sumbu yang dapat bergerak secara bersamaan yaituu sumbu X, Y dan Z.

Pada dasarnya prinsip kerja mesin CNC – 3A hampir sama dengan mesin frais konvensional. Mata potong berputar menyayat benda kerja yang dicekam pada meja kerja. Mata potong yang terpasang pada kepala spindle dapat bergerak naik-turun terhadap sumbu Z, sedangkan meja kerja bergerak secara memanjang terhadap sumbu X dan melintang terhadap sumbu Y. Mesin CNC –

3A merupakan mesin yang digunakan untuk membuat cetakan ( *mold* ) pada salah satu komponen yang terdapat pada mesin  *injection moulding*  agar hasil dari keluaran proses  *injection moulding*  sesuai dengan keinginan.



**Gambar 3.4** Mesin CNC – 3A

#### 4. Neraca Digital

Neraca digital diperlukan pada penelitian ini sebagai alat yang bisa mengukur  *massa*  limbah plastik yang digunakan yang telah terpotong menjadi potongan kecil – kecil oleh mesin penghancur plastik sebelum dimasukkan kedalam  *hooper*  pada mesin  *injection moulding* .



**Gambar 3.5** Neraca Digital

#### 5. Mikrometer Sekrup

Mikrometer sekrup diperlukan pada penelitian ini sebagai alat yang berfungsi untuk mengukur ketebalan dari hasil benda kerja.



**Gambar 3.6** Mikrometer Sekrup

#### 6. Cetakan (*Mold*)

Cetakan merupakan alat penunjang untuk membantu terbentuknya benda yang diinginkan, dengan cetakan hasil keluaran dari proses injection moulding sama dan sesuai dengan cetakan yang sebelumnya sudah dibuat melalui proses pembubutan.



**Gambar 3.7** Cetakan (*mold*)

#### 3.3.2 Bahan

Berkut merupakan bahan yang digunakan untuk membantu keberlangsungan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. *High Density Polyethylene* (HDPE)



**Gambar 3.8** Plastik Jenis *High Density Polyethylene*

## 2. *Polyethylene Terephthalate (PET)*



**Gambar 3.9** Plastik Jenis *Polyethylene Terephthalate*

## 3. *Polypropylene (PP)*



**Gambar 3.10** Plastik Jenis *Polypropylene*

### 3.4 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini terdapat 2 jenis variabel yaitu variabel terikat dan variabel bebas. Berikut merupakan 2 jenis variabel yang terdapat pada penjelasan dibawah ini:

#### 1. Variabel bebas

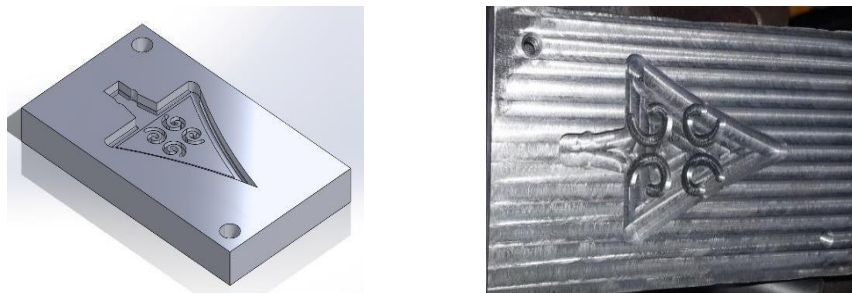
Variabel bebas pada penelitian ini adalah variasi dari bahan limbah plastik yang digunakan untuk membuat ornamen pagar dengan mesin *injection moulding*.

#### 2. Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah hasil produk dengan mesin *injection moulding*.

### 3.5 Proses Desain dan Manufaktur Dari Cetakan

Penelitian ini bertujuan untuk membuat ornamen pagar dari limbah plastik dengan menggunakan metode *injection moulding* dengan menggunakan mesin *injection moulding*, tapi sebelum melakukan proses itu, dibutuhkan cetakan untuk membuat benda kerja yang sesuai dengan keinginan. Berikut merupakan desain dari cetakan yang digunakan pada penelitian kali ini yang dibuat menggunakan perangkat lunak *solidworks*.



**Gambar 3.11** Cetakan (*mold*)

### 3.6 Prosedur Penelitian

Berikut merupakan prosedur penelitian untuk membantu memudahkan selama proses penelitian berlangsung yang dapat dilihat tahapannya dibawah ini:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Mencuci serat membersihkan bahan dari limbah plastik yang akan digunakan sebagai bahan dasar pembuatan ornamen pagar.
3. Mengeringkan bahan dari limbah plastik agar tidak ada sisa air yang menempel pada limbah tersebut.
4. Melakukan pemisahan terhadap 3 jenis bahan limbah plastik yang sudah menjadi potongan kecil.
5. Melakukan pencacahan pada masing – masing jenis limbah plastik dengan menggunakan mesin penghancur plastik.
6. Menimbang massa dari setiap bahan dari limbah plastik.
7. Menyalakan mesin *injection moulding*.
8. Mengatur temperatur yang terdapat di *thermocontrol* yang merupakan bagian dari mesin *injection moulding*.

9. Memasukan bahan dari material limbah plastik jenis *High Density Polyethylene*, *Polyethylene Terephthalate* , dan *Polypropylene* kedalam *barrel* melalui *hopper*
10. Mencatat hasil dari setiap parameter yang digunakan pada saat proses *injection moulding* berlangsung.
11. Mematikan dan membersihkan mesin *injection moulding*.

### 3.7 Waktu dan Tempat Penelitian

Berikut merupakan *timeline* dari rencana yang akan dilaksanakan pada penelitian ini yang disajikan dalam bentuk tabel yang dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini:

**Tabel 3.1** *Ganchart* Penelitian

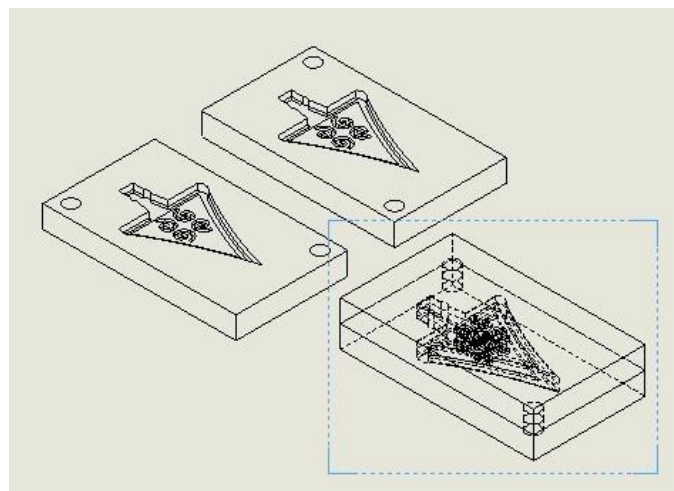
No	Kegiatan	Bulan dan Minggu ke -															
		Februari				Maret				April				Mei			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	ACC Judul Penelitian	█	█	█	█												
2	Bimbingan Proposal	█	█	█	█	█	█	█									
3	Seminar Proposal								█								
4	Revisi Proposal									█	█	█	█				
5	Pengujian									█	█	█	█	█	█	█	█
6	Analisis data									█	█	█	█	█	█	█	█
7	Penyusunan Laporan	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█

## BAB IV

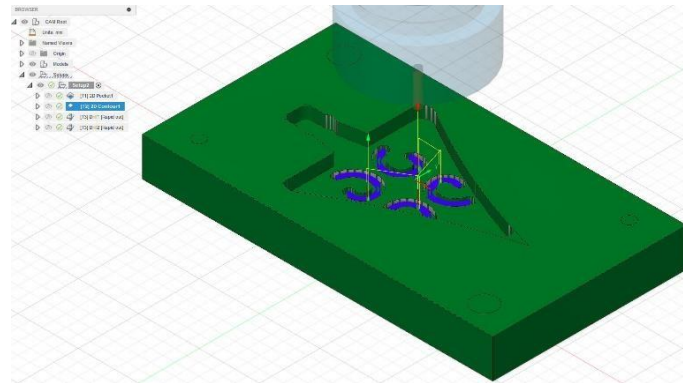
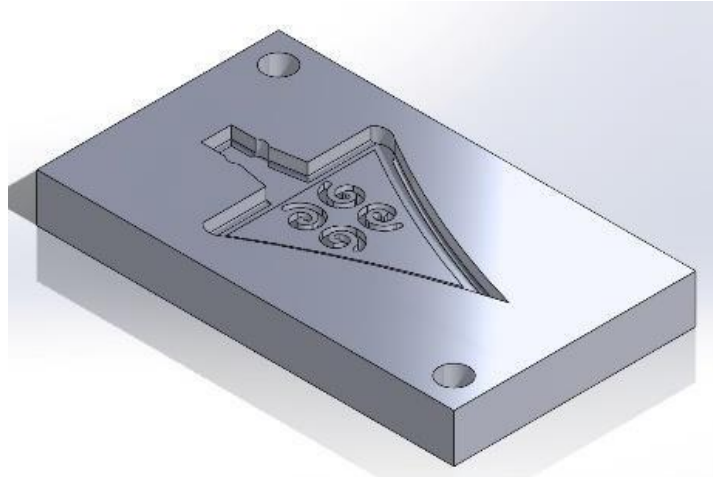
### DATA DAN ANALISA

#### 4.1 Cetakan (*Mold*)

Cetakan merupakan sebuah alat penunjang untuk membantu terbentuknya benda yang diinginkan, dengan cetakan hasil keluaran dari proses *injection moulding* sama dan sesuai dengan cetakan yang sebelumnya sudah dibuat melalui proses pembubutan. Pada dasarnya cetakan merupakan gabungan dari 2 plat besi berjenis *low carbon steel* dengan ukuran ketebalan 0,5 cm pada masing – masing plat, kemudia pada bagian plat tersebut dilakukan proses manufaktur yaitu pembubutan dengan menggunakan mesin CNC TU – 3A. Mesin CNC TU – 3A sendiri merupakan mesin *milling* CNC *Training Unit* dengan 3 sumbu (*axis*) yaitu kepala *spindle* dapat bergerak naik-turun terhadap sumbu Z, sedangkan meja kerja bergerak secara memanjang terhadap sumbu X dan melintang terhadap sumbu Y yang dipergunakan untuk latihan dasar-dasar pengoperasian dan pemrograman yang meliputi proses bubut dengan menggunakan kode G dan kode M. Berikut merupakan gambar dari cetakan yang dapat dilihat pada gambar 4.1 dan kode yang digunakan untuk membuat cetakan (*mold*) pada penelitian ini yaitu cetakan dari ornamen pagar yang dapat dilihat dibawah ini:







**Gambar 4.1** Cetakan (*mold*)

Berikut merupakan kode CNC pada pembuatan alat rumah tangga berupa ornamen pagar adalah sebagai berikut yang bisa diliha pada tabel dibawah ini

**Tabel 4.1** *Drill*

CODE	x	y	z	I/J	F
M5					
T3 M6					
S5000 M3					
G54					
M8					
	-	-			
	59	30			

G43 Z15. H3					
Z5.					
G98 G81	-	-	-		R5.
	59	30	1.5		F1000
		30			
	59				
		-			
		30			
G80					
			15		
M9					
M30					

**Tabel 4.2** *Large Contour*

CODE	X	Y	Z	I/J	F
M5					
T1 M6					
S2500 M3					
G54					
M8					
G0	-9.946	-3.581			
G43			15	H=1	
G0			5		
G1			3.1		F=200
	-9.921	-3.595	2.916		
	-9.848	-3.636	2.749		
	-9.731	-3.696	2.671		
	-9.58	-3.763	2.531		
	-9.408	-3.828	2.5		
G3	-7.584	1.573	2.4	I=0.912 ; J=2.7	
	-9.408	-3.828	2.3	I=0.912 ; J=2.7	

	-7.584	1.573	2.2	I=0.912 ; J=2.7	
	-9.408	-3.828	2.1	I=0.912 ; J=2.7	
	-7.584	1.573	2	I=0.912 ; J=2.7	
	-9.408	-3.828	1.9	I=0.912 ; J=2.7	
	-7.584	1.573	1.8	I=0.912 ; J=2.7	
	-9.408	-3.828	1.7	I=0.912 ; J=2.7	
	-7.584	1.573	1.6	I=0.912 ; J=2.7	
	-9.408	-3.828	1.5	I=0.912 ; J=2.7	
	-7.584	1.573	1.4	I=0.912 ; J=2.7	
	-9.408	-3.828	1.3	I=0.912 ; J=2.7	
	-7.584	1.573	1.2	I=0.912 ; J=2.7	
	-9.408	-3.828	1.1	I=0.912 ; J=2.7	
	-7.584	1.573	1	I=0.912 ; J=2.7	
	-9.408	-3.828	0.9	I=0.912 ; J=2.7	
	-7.584	1.573	0.8	I=0.912 ; J=2.7	
	-9.408	-3.828	0.7	I=0.912 ; J=2.7	
	-7.584	1.573	0.6	I=0.912 ; J=2.7	
	-9.408	-3.828	0.5	I=0.912 ; J=2.7	
	-7.584	1.573	0.4	I=0.912 ; J=2.7	
	-9.408	-3.828	0.3	I=0.912 ; J=2.7	
	-7.584	1.573	0.2	I=0.912 ; J=2.7	
	-9.408	-3.828	0.1	I=0.912 ; J=2.7	
	-7.584	1.573	0	I=0.912 ; J=2.7	
	-9.408	-3.828	-0.1	I=0.912 ; J=2.7	
			-		
	-7.253	1.437	0.196	I=0.912 ; J=2.7	
G2	-8.649	2.118		I=129.993 J=268.192	F=600
G3	-8.979	1.972		I=-0.104 J=-0.211	
G2	-9.476	0.478		I=-17.343 J=4.951	
G3		-0.478		I=1.249 J=-0.478	

G2	-8.979	-1.972		I=-16.845 J=-6.445	
G3	-8.649	-2.118		I=0.226 J=0.065	
G2	-4.495	-0.118		I=131.389 J=- 267.511	
G1	-4.46	-0.094			
	-4.435	-0.061			
	-4.422	-0.021			
		0.021			

#### 4.2 Mesin Injection Moulding

Mesin injection moulding merupakan komponen terpenting dalam pelaksanaan tugas akhir ini, karena mesin inilah yang merubah proses limbah benda plastik bekas menjadi benda yang memiliki suatu fungsi baru yaitu menjadi alat rumah tangga yang berupa ornamen pagar. Bahan limbah plastik yang telah dicacah menggunakan mesin pencacah plastik yang kemudian dimasukkan kedalam *hooper* yang tersambung pada barrel untuk menampung cacaha plastik, yang kemudian cacahan plastik akan didorong oleh screw yang berputar, selanjutnya cacaha limbah plastik tersebut akan meleleh didalam *barrel* sesuai dengan suhu aktual yang di *setting* pada suhu titik leleh jenis limbah plastik tersebut yang bergerak sampai ujung *nozle* sampai keluar ke dalam cetakan produk yang diinginkan.

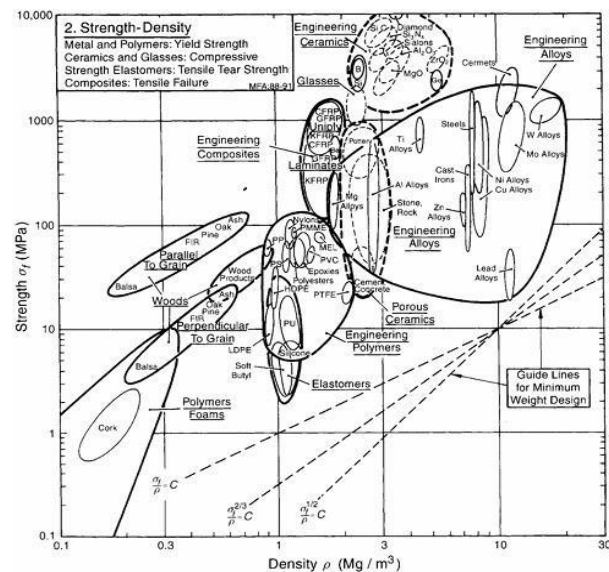
Komponen pemanas dari mesin ini terdapat pada 3 buah lubang pada bagian *barrel* yang dipasangkan berkaitan dimana lubang tersebut digunakan untuk mendeteksi panas yang terjadi didalam *barrel* dengan menggunakan *thermocouple* dan hasil dari suhu akan ditampilkan pada panel indikator. Pada barrel juga dilapisi alat bantu yang bernama *glass wool* yang berfungsi untuk meredam suhu tinggi didalam barrel agar panas yang dihasilkan dari mesin ini bisa dimaksimalkan dengan baik dan untuk meminimalisir terbuangnya panas yang keluar. Selan itu, tujuan dari dipasangnya alat bantu *glass wool* ini adalah untuk mencapai suhu yang ditargetkan dengan waktu yang relatif lebih cepat.



**Gambar 4.2** Mesin *Injection Moulding*

### 4.3 Diagram Kekuatan Material Berdasarkan Ramesh Singh

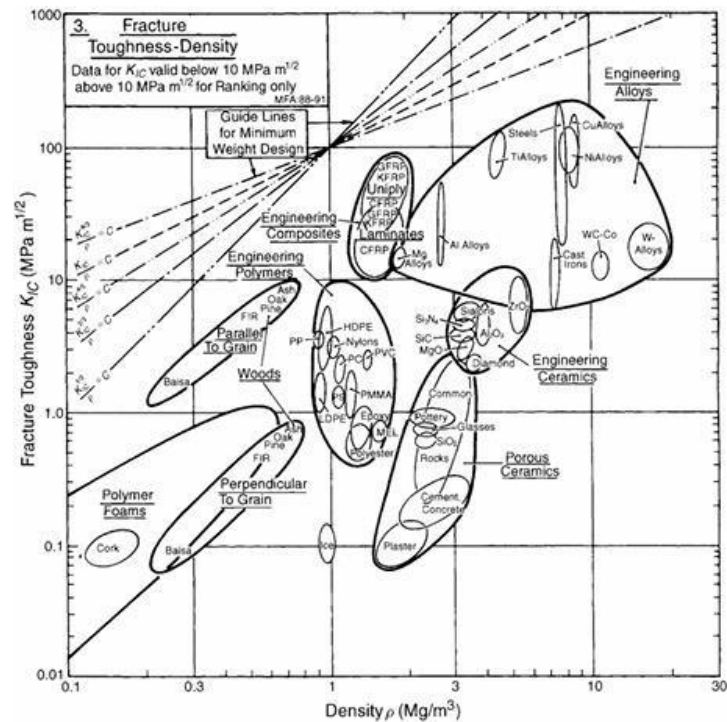
Berikut merupakan gambar diagram sebagai acuan terhadap konsentrasi penggunaan bahan limbah plastik untuk membuat ornamen pagar dengan menggunakan mesin *injection moulding* pada penelitian ini yang dapat dilihat dibawah ini:



**Gambar 4.3** Diagram Kekuatan Terhadap Kerapatan

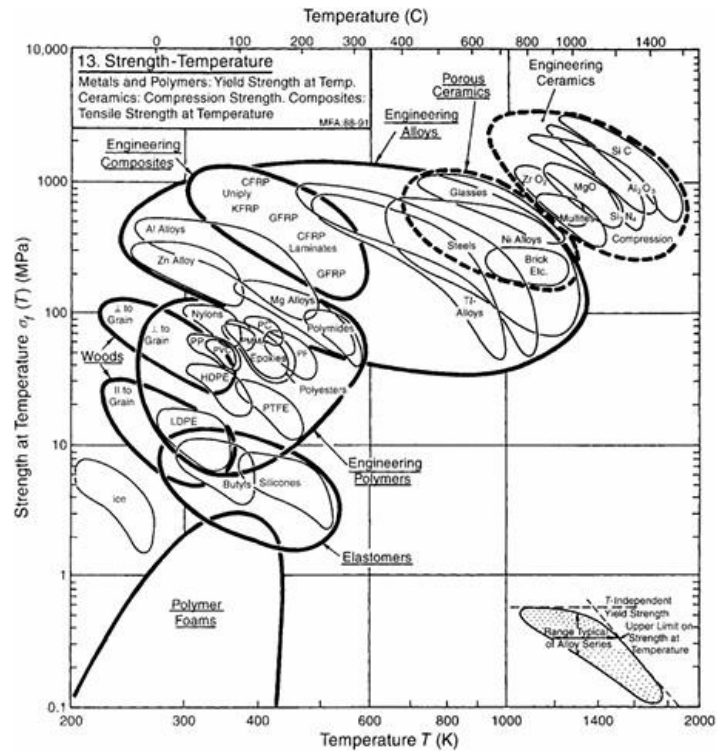
Gambar 4.3 diatas menunjukkan diagram kekuatan material terhadap kerapatan material, Pada kekuatan antar 10 – 100 Mpa dan densitas (kerapatan) 1 – 3 Mg/m<sup>3</sup> plastik berjenis PP menempati kekuatan kerapatan yang lebih bagus dibandingkan plastik berjenis HDPE (*High Density Polyethylene*) dan PP (*PolyPropylene*), itu yang menyebabkan penggunaan

material plastik berjenis PP dengan konsentrasi yang konstan sebesar 50% dan penggunaan HDPE (*High Density Polyethylene*) sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan konsentrasi PET (*Polyethylene Terephthalate*).



**Gambar 4.4** Diagram Ketangguhan Patah

Pada gambar diagram diatas menunjukkan diagram ketangguhan terhadap patah, pada rentang kekuatan patah 1.0 sampai 10 Mpa  $m^{1/2}$  dan diantara densitas (kerapatan) antara 0,8 samapai 2 Mg/m<sup>3</sup> yang ada pada diagram diatas menunjukkan bahwa plastik berjenis HDPE (*High Density Polyethylene*) memiliki kekuatan terhadap patah yang paling bagus dianatar PET bahkan lebih bagus dibanding plastik berjenis PP (*PolyPropylene*), maka dari itu pengujian berulang menggunakan konsentrasi yang sebelumnya HDPE(*High Density Polyethylene*) lebih kecil daripada PET (*Polyethylene Terephthalate*) maka disample terakhir yang dapat dilihat pada gambar 4.7 yaitu penggunaan HDPE (*High Density Polyethylene*) ditingkatkan menjadi 30% yang sebelumnya hanya 20%.



**Gambar 4.5** Diagram Kekuatan Terhadap Temperatur Tinggi

Pada gambar diagram diatas menunjukkan diagram kekuatan terhadap temperatur tinggi, diagram menunjukkan bahwa plastik berjenis PET (*Polyethylene Terephthalate*) lebih tahan terhadap temperatur tinggi, bisa tahan terhadap suhu tinggi yang mencapai 480°C, ini menyebabkan penggunaan variasi terhadap penelitian ini memilih salah satunya plastik berjenis PP (*PolyPropylene*) untuk tahan terhadap suhu yang tinggi karena seperti yang kita ketahui ornamen pagar selalu terjemur oleh panasnya matahari setiap hari di siang hari.

#### 4.4 Hasil Benda Kerja

Pembuatan alat rumah tangga berupa ornamen pagar dengan menggunakan mesin *injection moulding* dengan gabungan dari ketiga jenis limbah plastik yang berbeda yaitu bijih limbah plastik berjenis HDPE (*High Density Polyethylene*), PET (*Polyethylene Terephthalate*), dan PP (*PolyPropylene*) pada barrel. Dengan variasi dari temperatur yang digunakan yaitu untuk berjenis HDPE (*High Density Polyethylene*) 200°C, PET

(*Polyethylene Terephthalate*) 260°C, dan PP (*PolyPropylene*) 165°C. Setiap plastik yang digunakan pada penelitian ini memiliki perbedaan titik leleh dari masing - masing jenis limbah plastik, karena tujuan dari penelitian ini menggabungkan dari ketiga jenis ini. Pada suhu 210°C yaitu suhu rata rata limbah plastik yang terdapat didalam barel keluar melalui *nozzle* dengan kondisi tidak mencair hanya saja meleleh maka suhu ditingkatkan menjadi 260°C sampai akhirnya material limbah plastik yang keluar mencair. Dan konsentrasi bahan limbah plastik tersebut digunakan dengan berbagai variatif hanya saja pada plastik jenis PP dengan kandungan konstan yaitu di 50% karena megacu dari diagram kekuatan kepada kerapatan yang jauh lebih bagus dibandingkan kedua jenis plastik lainnya dan juga memiliki tahan patah yang lebih bagus dibandingkan PET (*Polyethylene Terephthalate*). Maksimal dari berat yang bisa dimasukkan kedalam hooper yaitu 300 gr, tapi karena ornamen pagar dengan dimensi yang tidak terlalu besar maka cukup 100 gr saja. Maka didapat hasil seperti gambar dibawah yang dapat dilihat pada gambar 4.3 dan 4.4

Dapat dilihat hasil benda kerja dibawah ini menghasilkan benda kerja yang secara visual memiliki warna putih susu, secara kontur permukaan halus tidak ada cacat tapi pada percobaan sebelumnya terdapat *crack* yang dapat dilihat pada cacat produk karena konsentrasi pada bahan limbah plastik jenis PET (*Polyethylene Terephthalate*) yang diugunakan sebesar 40%. Jenis plastik ini tidak tahan panas maka dari itu produk sebelumnya terjadi *crack*



**Gambar 4.6** Hasil Benda Kerja dengan konsentrasi HDPE (30%), PET (20%), dan PP (50%).



Dapat dilihat hasil benda kerja dibawah ini menghasilkan benda kerja yang secara visual memiliki warna yang kotor terdapat warna hitam dengan kontur permukaan halus tidak ada cacat baik pada produk percobaan yang berulang. Karena mengurangi kadar bahan limbah plastik jenis PET (*Polyethylene Terephthalate*) menjadi 20%, untuk HDPE (*High Density Polyethylene*) ditingkatkan kadarnya menjadi 30%, dan PP (*PolyPropylene*) ditambah menjadi 50%. Plastik jenis PP (*Polypropylen*) jenis plastik dengan sifat keras tetapi fleksibel, kuat, permukaan berkilau, tahan terhadap bahan kimia, panas dan minyak, melunak pada suhu 200°C



**Gambar 4.7** Hasil Benda Kerja dengan konsentrasi HDPE (30%), PET (20%), dan PP (50%).

#### **4.4.1 Waktu Pada Suhu Dengan Kapasitas Limbah Plastik Dengan Berat 100 gram**

Pada mesin *injection moulding* dibagian pemanas yang terdapat pada *barrel* yang terpasang pada lubang dengan menggunakan *band heater* yang dipasangkan mengikat pada *barrel*. Waktu yang dibutuhkan pemanas untuk menguji pengambilan data dengan kapasitas 100 gram dengan suhu 210°C dengan pengambilan data yang diambil pada tanggal 28 May 2024 pada pukul 14:00 – 17:30 WIB yang dapat dilihat pada tabel 4.2 pada tabel dibawah ini:

**Tabel 4.3** Waktu Tunggu Suhu

Pemanas 1		
No	waktu tunggu suhu 160°, 200°, dan 220°	
	T°	t (m)
T0	32	0
1	90	10
2	140	20
3	178	30
4	200	40
5	209	50
6	220	60

#### 4.5 Cacat Produk

Dapat dilihat hasil benda kerja dibawah ini menghasilkan benda kerja yang secara visual memiliki warna yang kotor terdapat warna hitam dengan kontur permukaan halus tidak ada cacat baik pada produk percobaan yang berulang. Karena konsentrasi bahan limbah plastik jenis PET (*Polyethylene Terephthalate*) adalah 40%, untuk HDPE (*High Density Polyethylene*) kadarnya 10%, dan PP (*PolyPropylene*) dengan konsentrasi 50%. Dari awal percobaan pembuatan ornamen pagar dengan menggunakan kandungan plastik jenis PP (*Polypropylen*) dengan kadar konstan yaitu 50% karena, jenis plastik PP (*Polypropylen*) mempunyai sifat keras tetapi fleksibel, kuat, permukaan berkilin, tahan terhadap bahan kimia. Seperti yang dapat dilihat pada gambar diagram kekuatan kepada kerapatan dan kekuatan tahan patah plastik berjenis ini memiliki kekuatan kerapatan jauh lebih tinggi dari plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) dan lebih tinggi dari plastik HDPE (*High Density Polyethylene*), selain itu kekuatan patah nya juga jauh lebih baik daripada plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) namun tidak lebih kuat dibandingkan plastik HDPE (*High Density Polyethylene*), plastik berjenis PET (*Polyethylene Terephthalate*) memiliki kekuatan kepada kerapatan yang lebih rendah dari HDPE (*High Density Polyethylene*) dan PP

(*PolyPropylene*). Selain itu dilihat pada diagram kekuatan patah PET juga memiliki kekuatan patah yang lebih rendah dibandingkan dengan plastik berjenis PP (*PolyPropylene*) dan HDPE (*High Density Polyethylene*). Selain itu Hasil benda kerja dibawah ini dengan kondisi retak setelah diangkat dari cetakan (*mold*), karena menggunakan kandungan plastik berjenis PET (*Polyethylene Terephthalate*) yang terlalu besar yaitu 40%.



**Gambar 4.8** Cacat Yang Terjadi Pada Hasil Benda Kerja

#### 4.6 Hasil Pengujian Uji Tarik ( *Tensile Test* )

Pada pengujian mekanik ornamen pagar ini dengan menggunakan metode uji tarik dengan standar ASTM D 638 dimana standar ini adalah standar yang digunakan untuk pengujian sifat plastik untuk menguji sifat tarik pada bahan plastik. Namun, standar yang digunakan pada cetakan untuk pengujian tarik yang digunakan adalah standar cetakan E8 yaitu standar yang digunakan untuk menentukan standar uji tarik pada bahan logam. Alat yang digunakan dalam pengujian tarik ini adalah *Universal Testing Machine* (UTM) *Landmark* 100 kN. *Universal Testing Machine* (UTM) atau Mesin Uji Universal adalah alat yang digunakan untuk menguji sifat mekanis suatu

material. Sifat mekanis yang diuji bisa bermacam - macam, seperti kekuatan tarik, kekuatan tekan, kelenturan, kekerasan, dan modulus elastisitas.

Pengujian tarik menghasilkan berbagai nilai penting untuk menentukan sifat mekanis material. Nilai-nilai ini termasuk kekuatan tarik maksimum, elongasi maksimum, modulus elastisitas, reduksi area, titik lepas, dan toughness. Informasi ini digunakan untuk membandingkan material, memilih material yang tepat untuk aplikasi tertentu, memprediksi perilaku material, dan memastikan kualitas produk.



**Gambar 4.9** Sampel Uji Tarik

Untuk memperoleh data yang akurat tentang sifat mekanis diperlukan pengujian tarik yang diulang sebanyak tiga kali. Proses ini meliputi persiapan sampel, pengaturan alat uji, pengambilan data gaya dan regangan, serta analisis data untuk mendapatkan nilai rata-rata dan standar deviasi. Hasil analisis akan digunakan untuk memahami karakteristik material tersebut. Agar hasil pengujian dapat diandalkan, penting untuk memastikan kondisi pengujian yang terkontrol dan penggunaan peralatan yang tepat.

Berikut merupakan gambar dan penjelasan pada pengujian tarik (Tensile Test) yang dilakukan di Laboratorium Universitas Sultan Ageng Tirtayasa pada tanggal 23 September 2024 dengan menggunakan mesin uji tarik *Universal Testing Machine MTS Landmark 100 kN* dengan standar pengujian tarik ASTM D638 dari masing – masing sampel yang dilakukan uji tarik:

### 1. Sampel 1

Berikut merupakan sampel pertama yang akan dilakukan pengujian berupa uji tarik dengan menggunakan mesin *Universal Testing Machine MTS Landmark 100 kN*



**Gambar 4.10** Sampel 1 dan Pengujian Tarik

Dapat dilihat pada tabel 4.1 merupakan nilai yang dihasilkan dari sampel pertama pada pengujian uji tarik dengan menggunakan mesin *Universal Testing Machine MTS Landmark 100 kN*.

**Tabel 4.4** Hasil Uji Tarik Spesimen A

A		
Display Name	Value	Unit
Width (W)	10	mm
Thickness (B)	10	mm
Modulus	1,254	GPa
YieldOffset	0,002	mm/mm
Peak Load	0,92153	kN
OffsetYieldIndex	720	count
Stress At offset Yield	8,623	MPa
Ultimate Stress	9,215	MPa
Strain At Offset Yield	0,009	mm/mm
Test Speed	1	mm/min
Test Standart	ASTM D638	

## 2. Sampel 2

Berikut merupakan sampel kedua yang akan dilakukan pengujian berupa uji tarik dengan menggunakan mesin Universal Testing Machine MTS Landmark 100 kN



**Gambar 4.11** Sampel 2 dan Pengujian Tarik

Dapat dilihat pada tabel 4.2 merupakan nilai yang dihasilkan dari sampel kedua pada pengujian uji tarik dengan menggunakan mesin *Universal Testing Machine MTS Landmark 100 kN*.

**Tabel 4.5** Hasil Uji Tarik Spesimen B

B

Display Name	Value	Unit
Width (W)	10	mm
Thickness (B)	10	mm
Modulus	1,414	GPa
YieldOffset	0,002	mm/mm
Peak Load	1,617142	kN
OffsetYieldIndex	820	count
Stress At offset Yield	13,036	MPa
Ultimate Stress	16,171	MPa
Strain At Offset Yield	0,011	mm/mm
Test Speed	1	mm/min
Test Standart	ASTM D638	

### 3. Sampel 3

Berikut merupakan sampel ketiga yang akan dilakukan pengujian berupa uji tarik dengan menggunakan mesin *Universal Testing Machine MTS Landmark 100 kN*



**Gambar 4.12** Sampel 3 dan Pengujian Tarik

Dapat dilihat pada tabel 4.3 merupakan nilai yang dihasilkan dari sampel kedua pada pengujian uji tarik dengan menggunakan mesin *Universal Testing Machine MTS Landmark 100 kN*.

**Tabel 4.6** Hasil Uji Tarik Spesimen C

C

Display Name	Value	Unit
Width (W)	10	mm
Thickness (B)	10	mm
Modulus	1,31	GPa
YieldOffset	0,002	mm/mm
Peak Load	1,45724	kN
OffsetYieldIndex	773	count
Stress At offset Yield	11,746	MPa
Ultimate Stress	14,572	MPa
Strain At Offset Yield	0,01	mm/mm
Test Speed	1	mm/min
Test Standart	ASTM D638	

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Diakhir laporan penelitian ini setelah dilakukan pengambilan data pada mesin *injection moulding* yang kemudian didapat beberapa hasil dan kesimpulan yang menjawab dari tujuan pada peneltan ini, berikut merupakan kesimpulan sebagai berikut:

1. Mekansime dari cara kerja mesin *injection moulding* itu sama seperti jarum suntik dimana material yang sudah dilelehkan pada titik leleh tertentu yang kemudian di simpan di dalam *barrel* setelah itu, material yang sudah cair didorong aoleh screw berputar yang kemudian akan dibawa menuju *nozzle* untuk dikeluarkan kepada cetakan (*mold*) yang sebelumnya sudah dibuat sesuai dengan keinginan.
2. Pada pembuatan alat rumah tangga berupa ornamen pagar dengan menggunakan mesin *injection moulding* dengan gabungan dari ketiga jenis limbah plastik yang berbeda yaitu bijih limbah plastik berjenis HDPE (*High Density Polyethylene*), PET (*Polyethylene Terephthalate*), dan PP (*PolyPropylene*) pada barrel. Setiap limbah plastik yang digunakan pada penelitian ini memiliki perbedaan titik leleh dari masing - masing jenis limbah plastik, karena tujuan dari penelitian ini menggabungkan dari ketiga jenis ini. Dan konsentrasi presentase bahan limbah plastik tersebut digunakan dengan berbagai variatif. Setelah pengambilan data dengan berulang kali percobaan ternyata sesuai dengan diagram material plastik, ketiga bahan yang digunaan memiliki perannya sendiri seperti, jenis PP dengan ketahan akan patah dan kekuatan terhadap kerapatan yang bagus, untuk HDPE (*High Density Polyethylene*) memiliki kekuatan terhadap patah yang paling bagus diantara PET bahkan lebih bagus dibanding plastik berjenis PP (*PolyPropylene*), dan PET (*Polyethylene Terephthalate*) sendiri memiliki keunggulan yaitu material paling tahan terhadap temperatur tinggi yang mencapai 450°C.



## 5.2 Saran

setelah dilakukan pengambilan data pada mesin *injection moulding* yang kemudian didapat beberapa hasil dan kesimpulan yang menjawab dari tujuan pada peneltan ini, berikut terdapat saran yang bisa dilakukan pada penelitian ini berikutnya adalah sebagai berikut:

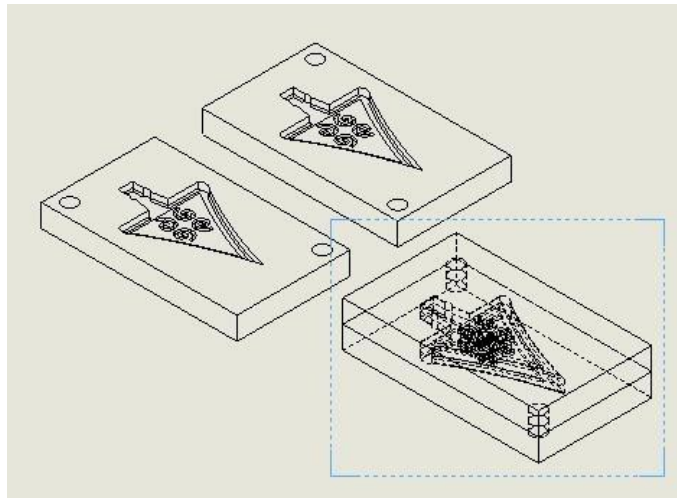
1. Melakukan uji mekanik pada produk hasil yang dibuat dengan metode *injection moulding* dengan menggunakan *injection moulding* untuk penelitian selanjutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

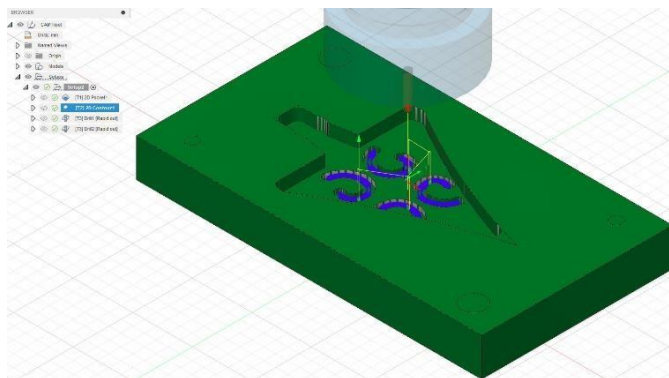
- AGUNG KRISTANTO, S. M. (2010). PROSES MANUFAKTUR . *JURNAL TEKNIK INDUSTRI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN YOGYAKARTA* , 1-145.
- Farizi, A. S. (2016). PENGARUH VARIASI END MILL CUTTER TERHADAP TINGKAT KERATAAN PERMUKAAN DAN BENTUK GERAM KUNINGAN DAN ALUMINIUM 6061 PADA MESIN CNC TU-3A DENGAN KODE PROGRAM G 01. *Jurnal Teknik Mesin*, 99-104.
- Grace Tj. Sulungbudi, A. K. (2010). SIFAT MEKANIK, STRUKTURMIKRO DAN SIFAT MAGNETIK MAGNET KOMPOSIT  $SrO.6Fe_2O_3$  (SrM)-POLIMER TERMOPLASTIK DAN TERMOSET. *Jurnal Sains Materi Indonesia - Indonesian Journal of Materials Science*, 36 - 40 .
- HENRY PERMANA, T. S. (2021). Production Process of Flip Flop Plastic Components with Hydraulic Type Injection Molding. *Jurnal Baut dan Manufaktur Vol. 03, No 02, Oktober 2021, ISSN : 2686-5351*, 8 - 17.
- IRWAN YULIANTO, R. H. (2014). RANCANGAN DESAIN MOLD PRODUK KNOB REGULATOR KOMPOR GAS PADA PROSES INJECTION MOULDING. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 140 - 151 .
- Ismanto, U. B. (2016). Pengolahan Sampah Plastik Jenis PP, PET dan PE Menjadi Bahan Bakar Minyak dan Karakteristiknya. *Jurnal Mekanika dan Sistem Termal (JMST)*, 1(1),pp, 32-37.
- Junaidi, A. A. (2023). ANALISIS PENGELOLAAN SAMPAH DENGAN PRINSIP 3R (Reduce, Reuse, Recycle). *Jurnal Ilmu Sosial dan Pendidikan (JISIP)*, 706-713.
- Muhammad Tubagus Aditya, W. J. (n.d.). PENGARUH KECEPATAN SPINDEL TERHADAP HASIL PEMBUBUTAN OBLIQUE ORTHOGONAL MATERIAL TEMBAGA DIAMETER 32 PADA MESIN BUBUT KONVENSIOANL. *Jurnal Politeknik Harapan Bersama* .
- Nasution, A. K. (2016, Agustus 24). Proses Plastic Injection.

- Nasution, R. S. (2015). Berbagai Cara Penanggulangan Limbah Plastik . *Journal Of Islamic Science and Technology*, 1(1), pp, 97-104.
- Nurfaida, K. M. (2015). PENERAPAN PRINSIP 3R ( Reduce, Reuse, dan Recycle) DALA PENGELOLAAN SAMPAH MELALUI PEMBUATAN PUPUK ORGANIK CAIR DI PERUMAHAN KAMPUNG LETTE KOTA MAKASAR. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 2(3), 24-37.
- Purwoko, B. S. (2008). PENGEMBANGAN MEDIA MESIN CNC VIRTUAL TU-3A SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN MATA KULIAH PEMESINAN NC. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 1-22.
- Putra, P. .. (2016). Identifikasi Jenis Plastik. *Jurnal Universitas Islam Indonesia* .
- Santhi, D. D. (2016). PLASTIK SEBAGAI KEMASAN MAKANAN DAN MINUMAN.
- Wijaya, J. N. (2022). RANCANG BANGUN ALAT MESIN PLASTIK INJECTION MOLDING. 3 - 49.
- Yofianus Limbong Kelen, A. M. (2020). PENGARUH KECEPATAN PUTAR TERHADAP NILAI KEKASARAN HASIL PEMBUBUTAN BAJA ST 37 . *Jurnal / Mechanical Engineering*, 2-14.
- Zainuddin, d. (2024). REKAYASA ULANG MESIN MILLING CNC EMCO TU-3A UNTUK MENDUKUNG TEKNOLOGI CAM. *Crankshaft*, 1-11.

## **LAMPIRAN**



**L1. Desain Cetakan**



**L2. Proses Pembuatan CNC**



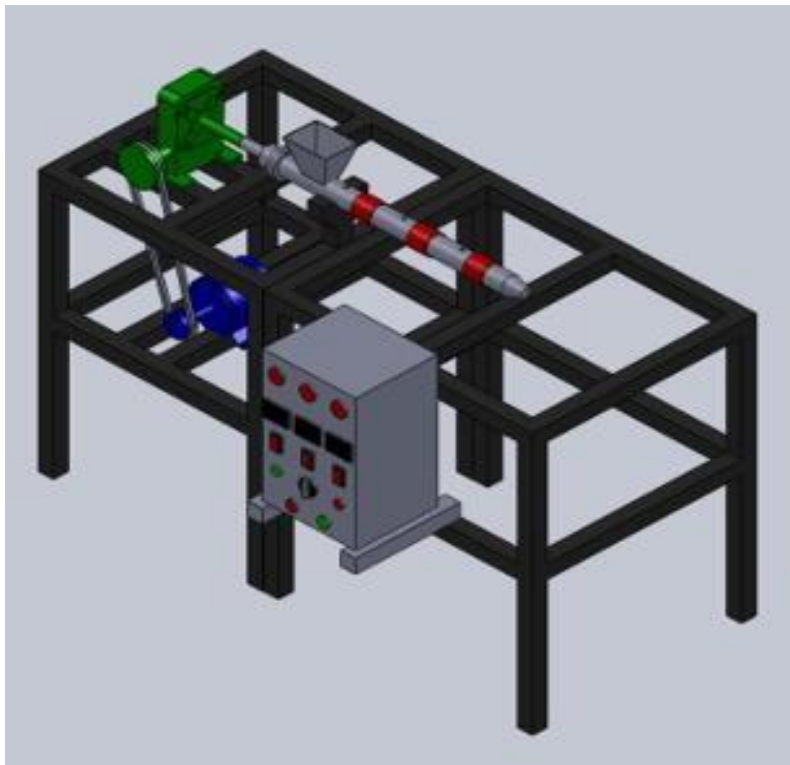
**L3. Monitor Pemrograman CNC**



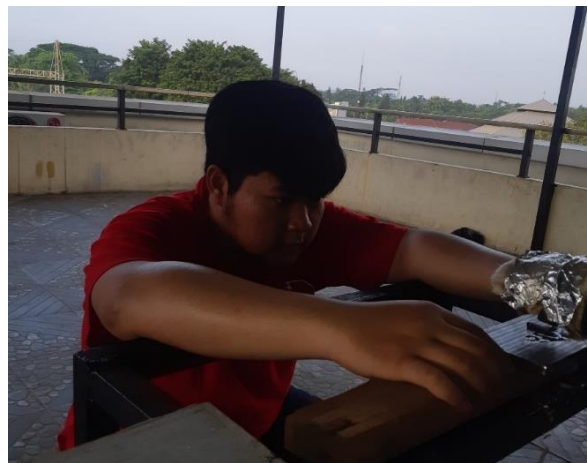
**L4.** Proses Pembuatan Cetakan



**L5.** Cetakan



**L6. Mesin Injection Molding**



**L7. Proses**



**L8.** Hasil Produk Setelah Dilakukan proses  
*Injection Moulding*



**L9.** Produk Ornamen Pagar





**L10. Universal Testing Machine MTS Landmark**

100 kN