

**PENGARUH VARIASI SUHU CETAKAN TERHADAP  
KUALITAS PERMUKAAN PRODUK PADA PROSES  
*INJECTION MOLDING***

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**TUDOKU POHAN  
188130124**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area


Document Accepted 30/4/26

Access From (repositori.uma.ac.id)30/4/26

## HALAMAN JUDUL

# PENGARUH VARIASI SUHU CETAKAN TERHADAP KUALITAS PERMUKAAN PRODUK PADA PROSES *INJECTION MOLDING*

## SKRIPSI



Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area

Oleh:

**Tudoku Pohan**  
**188130124**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MEDAN AREA**  
**MEDAN**  
**2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 30/4/26

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repositori.uma.ac.id)30/4/26

## HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Proposal : Pengaruh Variasi Suhu Cetakan Terhadap Kualitas Permukaan Produk Pada Proses *Injection molding*  
Nama Mahasiswa : Tudoku Pohan  
NIM : 18.813.0124  
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh  
Komisi Pembimbing



Tanggal Lulus:

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai sorma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, (tanggal sesuai tanggal pengesahan)



## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA

### ILMIAH

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

### TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tudoku Pohan  
NPM : 188130124  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi/Tugas Akhir

demi membangun ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalty (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas Tugas Akhir saya yang berjudul : Pengaruh Variasi Suhu Cetakan Terhadap Kualitas Permukaan Produk Pada Proses *Injection Molding*.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalty noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Medan

Pada tanggal 26 September 2025

Yang menyatakan



(Tudoku Pohan)

## ABSTRAK

Injection molding adalah proses pembentukan produk berbahan dasar plastik dengan bentuk dan ukuran tertentu melalui perlakuan panas serta tekanan dengan bantuan cetakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sejauh mana pengaruh variasi suhu cetakan terhadap kualitas permukaan produk, kecepatan injeksi, dan durasi pendinginan material. Fokus utama diarahkan pada potensi cacat yang timbul selama proses produksi, adapun masalah pada judul penelitian ini antara lain yaitu, membandingkan antara kualitas bahan setelah diinject dengan perlakuan panas terhadap bahan dan menganalisis kekuatan material *polimer* dengan menggunakan alat *surface roughness tester*. Untuk membahas hal ini digunakan acuan teori dari berbagai jurnal dan karya ilmiah. Data-data dikumpulkan melalui sofwer dan pengujian menggunakan software microsoft excel dan pengujian menggunakan mesin injection molding vertikal dan dianalisis secara kualitatif. Sehingga tujuan pada penelitian ini yaitu untuk mengetahui nilai kekerasan material *polimer*. Berdasarkan hasil penelitian ini nilai kekasaran permukaan (Ra) diketahui pada suhu 260°C dengan waktu *inject* 1 menit sebesar 4,2  $\mu\text{m}$ , dengan waktu 2 menit sebesar 4,1  $\mu\text{m}$ , dan 3 menit sebesar 3,9  $\mu\text{m}$ , dan pada suhu 280°C dengan waktu *inject* 1 menit sebesar 3,2  $\mu\text{m}$ , dengan waktu 2 menit sebesar 3,3  $\mu\text{m}$ , dan 3 menit sebesar 3,5  $\mu\text{m}$  dan pada suhu 300°C dengan waktu *inject* 1 menit sebesar 2,5  $\mu\text{m}$ , dengan waktu 2 menit sebesar 3,4  $\mu\text{m}$ , dan 3 menit sebesar 2,3  $\mu\text{m}$  sehingga dapat disimpulkan peningkatan suhu cetakan terbukti berkontribusi pada kualitas permukaan yang lebih halus, namun perlu mempertimbangkan efisiensi waktu pendinginan serta umur cetakan.

Kata Kunci : Analisis, Polipropilena, *Injection molding*.

## ABSTRACT

*Injection molding is the process of forming plastic-based products of a certain shape and size through heat and pressure treatment with the help of molds. This study aims to identify the extent to which mold temperature variations affect product surface quality, injection speed, and material cooling duration. The main focus is directed to potential defects that arise during the production process, the problems in the title of this study include comparing the quality of the material after injected with heat treatment of the material and analyzing the strength of the polymer material using a surface roughness tester. To discuss this, theoretical references from various journals and scientific works are used. The data was collected through software and testing using Microsoft excel software and testing using a vertical injection molding machine and qualitatively analyzed. So the purpose of this study is to determine the hardness value of polymer materials. Based on the results of this study, the surface roughness value (Ra) was known at a temperature of 260°C with an injection time of 1 minute of 4.2  $\mu\text{m}$ , with a time of 2 minutes of 4.1  $\mu\text{m}$ , and of 3 minutes of 3.9  $\mu\text{m}$ , and at a temperature of 280°C with an injection time of 1 minute of 3.2  $\mu\text{m}$ , with a time of 2 minutes of 3.3  $\mu\text{m}$ , and of 3 minutes of 3.5  $\mu\text{m}$  and at a temperature of 300°C with an injection time of 1 minute is 2.5  $\mu\text{m}$ , with 2 minutes is 3.4  $\mu\text{m}$ , and 3 minutes is 2.3  $\mu\text{m}$  so it can be concluded that the increase in mold temperature is proven to contribute to smoother surface quality, but it is necessary to consider the cooling time efficiency and mold life.*

*Keywords: Analysis, Polypropylene, Injection molding.*

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Aek Nabara. Pada tanggal 15 Februari 1999 dari ayah Ep. Pohan dan ibu K. Br.Saragih. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Tahun 2017 Penulis lulus dari SMK N 1 Pangkatan, pada tahun 2018 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Mesin Universitas Medan Area. Selama mengikuti perkuliahan, pada tahun 2021 penulis melaksanakan praktek kerja lapangan (PKL) di PT. Perkebunan Nusantara II PKS Pagar Merbau.



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karuniaNya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah Kualitas Permukaan Produk dengan judul Pengaruh Variasi Suhu Cetakan Terhadap Kualitas Permukaan Produk Pada Proses Injection Molding.

Terima kasih penulis sampaikan kepada Prof.Dr.Dadan Ramdan M,Eng, M,Sc. selaku pembimbing serta telah banyak memberikan saran dan masukan. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada rekan-rekan kelompok yang telah membantu penulis selama melaksanakan penelitian. Ungkapan terimakasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh teman seperjuangan atas doa dan perhatiannya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir/skripsi/tesis ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tugas akhir/skripsi/tesis ini. Penulis berharap tugas akhir/skripsi/tesis ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis

(Tudoku Pohan)

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>v</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Hipotesis Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.5.1 Manfaat Ilmiah.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Mesin <i>Injection Molding</i> .....	6
2.1.1 Proses <i>Injection Molding</i> .....	8
2.1.2 Bagian-bagian <i>Injection Molding</i> .....	10
2.2 Plastik .....	11
2.2.1 <i>Thermoplastic</i> .....	12
2.2.2 <i>Polyethylene Terephthalate</i> .....	12
2.2.3 <i>Thermoset</i> .....	13
2.3 Elemen Panas .....	13
2.4 Prinsip Kerja Elemen Pemanas .....	15
2.4.1 Perpindahan Panas Konduksi.....	16
2.4.2 Perpindahan Panas Konveksi.....	19
2.4.3 Perpindahan Panas Radiasi .....	22
2.5 Besar Perpindahan Panas .....	23
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>24</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	24
3.1.1 Tempat .....	24
3.1.2 Waktu.....	24
3.2 Bahan dan Alat .....	25
3.2.1 Bahan .....	25
3.2.2 Alat.....	26
3.3 Metode Penelitian.....	31
3.4 Populasi dan Sampel .....	31
3.5 Prosedur Kerja.....	33
3.5.1 Diagram Alir Penelitian .....	33

<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>34</b>
4.1 Hasil .....	34
4.1.2 Hasil Pengujian Produk Pada Cetakan.....	36
4.2 Pembahasan .....	38
4.3 Analisis Persentase Penurunan Kekasaran .....	39
4.4 Interpretasi.....	40
<b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>41</b>
5.1. Simpulan.....	41
5.2. Saran.....	41
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>43</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>45</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai Konduktivitas Termal Dari Beberapa Logam.....	19
Tabel 3. 1 Jadwal Tugas Akhir .....	24
Tabel 3. 2 Spesifikasi Thermostat Digital.....	28
Tabel 3. 3 Spesifikasi Timbangan Digital.....	31



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Mesin Injection Molding .....	6
Gambar 2. 2 Komponen-Komponen Dasar Injection Molding.....	8
Gambar 2. 3 Proses Injection Molding .....	9
Gambar 2. 4 <i>Thermoplastic</i> .....	12
Gambar 2. 5 Polyethylene Terephthalate .....	13
Gambar 2. 6 <i>Thermoset</i> .....	13
Gambar 2. 7 Elemen Pemanas ( <i>Heater</i> ).....	14
Gambar 2. 8 Proses Perpindahan Panas Konduksi.....	16
Gambar 2. 9 Analogi Perpindahan Panas Konduksi .....	16
Gambar 2.10. Analogi Perpindahan Panas Berlapis .....	18
Gambar 2. 11 Perpindahan Panas Konveksi .....	20
Gambar 2. 12 Laju Perpindahan Panas Radiasi .....	22
Gambar 3. 1 Biji Plastik Pp (Polipropilene).....	26
Gambar 3. 2 Surface Rounghnes Tester.....	27
Gambar 3. 3 Thermostat Digital Xh-W3001 .....	28
Gambar 3. 4 Elemen Pemanas (Heater) .....	29
Gambar 3. 5 Tampilan Stopwatch Handphone .....	29
Gambar 3. 6 Thermocouple.....	30
Gambar 3. 7 Timbangan Digital .....	30
Gambar 3.8. Diagram Alir Penelitian .....	33
Gambar 4. 2 Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan Produk .....	36
Gambar 4. 3 Hasil Pengujian Dengan Suhu 260°C.....	37
Gambar 4. 4 Hasil Pengujian Dengan Suhu 280°C.....	37
Gambar 4. 5 Hasil Pengujian Dengan Suhu 300°C.....	38

## DAFTAR LAMPIRAN

1. Permukaan Sendok Plastik Setelah di Inject .....	45
2. Permukaan Hasil Pada Saat Bahan di Dalam Mesin Inject.....	46
3. Mesin Injection Molding .....	47



## DAFTAR NOTASI

P	= Daya (W)
V	= Tegangan (Volt)
I	= Arus (ampere)
W	= Energi listrik (Joule)
R	= Hambatan (Ohm)
T	= Hambatan (sekon)
$Q_{\text{kond}}$	= Besar laju perpindahan panas konduksi (J/S atau W)
K	= konduktivitas termal bahan (W/m. K)
A	= Luasan Permukaan perpindahan panas ( $\text{m}^2$ )
$\Delta T$	= Perbedaan temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )
$\Delta x$	= Perbedaan jarak (m)
Q	= Besar laju perpindahan konveksi (W)
H	= Koefisien konveksi ( $\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{K}$ )
$Re$	= Bilangan Reynold
L	= Panjang Lintasan perpindahan panas (m)
$\rho$	= Massa Jenis ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
$\mu$	= Viskositas Dinamis Fluida ( $\text{kg}/\text{m.s}$ )

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Secara umum pengertian *injection molding* adalah proses pembentukan suatu benda atau produk dari material plastik dengan bentuk dan ukuran tertentu yang mendapat perlakuan panas dan pemberian tekanan dengan menggunakan alat bantu berupa cetakan atau *mold*. (Huda, A. N., Hendaryanto, I. A., Prayoga, B. T., & Winarno, A. 2024).

*Injection molding* pada dasarnya merupakan proses manufaktur untuk membentuk produk plastik dengan ukuran dan bentuk tertentu menggunakan panas serta tekanan dalam cetakan (*mold*). (Laksanawati, E. K. 2022) Untuk menghasilkan sebuah *mold* secara tepat, tentunya banyak faktor yang harus dipertimbangkan sehingga produk yang dihasilkan dapat memenuhi standar kualitas yang diinginkan secara optimal baik itu dari kepresisian dimensi, kompleksitas geometri, maupun efisiensi proses. Mesin *injection molding* memiliki beberapa komponen penting, di antaranya *clamping unit*, *injection unit*, dan *mold unit*. Teknologi ini menjadi salah satu metode paling populer dalam pembuatan produk plastik secara massal karena mampu menghasilkan komponen yang kompleks dengan toleransi dimensi yang presisi. Mesin *injection molding* adalah salah satu operasi yang paling umum dan serbaguna untuk produksi massal pada komponen plastic yang kompleks dengan toleransi ukuran yang sempurna. (Fikri, dkk 2024). Penyesuaian parameter proses seperti tekanan, waktu penahanan, dan kecepatan injeksi sangat menentukan kualitas produk sekaligus efisiensi biaya

produksi. Hal ini dikarenakan parameter tahapan yang pada umumnya dilakukan oleh system hidrolik merupakan salah satu factor penting yang harus diperhatikan untuk keberhasilan tahapan produksi melalui injection molding,

Material komposit adalah material yang sangat penting karena mempunyai sifat-sifat yang khusus (Mawardi, I. H. H. 2015). Sifat – sifat tersebut diantaranya adalah kekakuannya, kekuatannya, ringan, tidak terkorosi serta usia fatik yang lebih baik dibanding bahan konvensional lainnya. Polimer adalah zat yang molekulnya memiliki massa molar tinggi dan terdiri dari sejumlah besar unit berulang yang disebut monomer. Polimer terjadi baik dalam bentuk alami maupun sintetis. Polimer sintetis yang biasa disebut plastik diproduksi secara komersial dalam skala besar dan memiliki berbagai sifat dan kegunaan.

Material komposit, termasuk polimer, juga memegang peranan penting karena memiliki sifat khusus seperti kekakuan, kekuatan tinggi, ringan, serta ketahanan terhadap korosi. Dalam penggunaannya, polimer sintetis atau plastik banyak diproduksi secara komersial dan dimanfaatkan dalam berbagai kebutuhan.

Berdasarkan penelitian terdahulu tentang “Analisa Pengaruh Variasi Suhu Terhadap Hasil Dari Produk Micro Injection Molding Pada Pembuatan Sauce Cup Berbahan Polypropylene (PP)”. (Pradika, B., Supriyadi, S., & Burhanuddin, A. 2020). Pada penelitian ini, peneliti akan melakukan eksperimen untuk menganalisis pengaruh variasi suhu terhadap hasil dari produk micro injection molding untuk pembuatan sauce cup dengan bahan plastik jenis Polypropylene. Misalnya pada pembuatan sauce cup berbahan polypropylene, produk terbaik diperoleh pada suhu 200°C dibandingkan dengan suhu yang lebih rendah atau lebih tinggi. Penelitian

lain juga menunjukkan bahwa lamanya waktu penekanan berpengaruh terhadap tingkat penyusutan produk. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan pendekatan variasi suhu cetakan untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap kualitas permukaan produk melalui metode eksperimen.

Adapun penelitian lainnya dengan judul “Pengaruh Waktu Penekanan Pada Proses Injection Molding Terhadap Kualitas Anting Daggu Helm Proyek”. (Muchyidin, A., Afriany, R., Djunaidi, R., & Andayani, R. D. 2020). Kajian ini untuk menganalisa mutu akhir permukaan dari hasil anting daggu ditinjau dari penyusutan (shrinkage) dengan memvariasikan waktu penekanan. Injection time divariasikan dalam waktu 1.25, 1.75, dan 1.5 detik. Perhitungan menunjukkan shrinkage terendah pada waktu penekanan 1.75 detik yaitu sebesar 0.85%. Pengujian tarik memperlihatkan polimer polietilen ini memiliki sifat mekanik yang dinyatakan dalam parameter yang sama dengan logam. Dalam penggunaannya, tidak terjadi deformasi yang besar pada anting daggu ini, karena beban tekan yang diberikan oleh pengguna umumnya kecil.

Pada mesin injection molding diperlukan analisis lebih lanjut untuk mengetahui hasil kualitas produk dengan proses variasi suhu untuk mendapatkan hasil yang di perlukan.

Berdasarkan uraian diatas, maka pada penelitian kali ini akan menggunakan variasi suhu pada mesin injection molding agar mengetahui kualitas produk yang diinginkan dengan menggunakan analisis secara eksperimen.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan topik masalah diatas, maka yang menjadi permasalahan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- a) Bagaimana pengaruh variasi suhu terhadap kualitas produk pada proses *injection molding*?
- b) Bagaimana parameter waktu yang optimum untuk kualitas produk pada *injection molding*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah diatas, maka dapat diambil yang menjadi tujuan dalam pembuatan tugas akhir ini sebagai berikut:

- a. Menganalisis berapa besar pengaruh suhu terhadap kualitas produk.
- b. Menentukan waktu yang optimum untuk kualitas produk pada *injection molding*.

## 1.4 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan penelitian ini diharapkan penggunaan mesin *injection molding* dapat meningkatkan kualitas produk.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu:

### 1.5.1 Manfaat Ilmiah

Penulisan skripsi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang cukup sebagai masukan pengetahuan atau sastra ilmiah yang dapat dijadikan bahan kajian bagi para penelitian lainnya.

### 1.5.2 Manfaat Praktis

Adapun manfaat praktis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Sebagai penambah pengetahuan bagi penulis dan pembaca tentang proses *injection molding*.
- b) Untuk mengurangi pencemaran lingkungan akibat pembuangan limbah plastik.
- c) Memberikan kontribusi kepada masyarakat dalam pengolahan limbah plastik.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Mesin *Injection Molding*

*Injection moulding* adalah proses pembentukan suatu benda atau produk dari material plastik dengan bentuk dan ukuran tertentu yang mendapat perlakuan panas dan pemberian tekanan dengan menggunakan alat bantu berupa cetakan. (Yanto, H., Saputra, I., & Satoto, S. W. 2018). *Injection molding* dapat dianalogikan dengan prinsip kerja jarum suntik, di mana plastik yang sudah dilelehkan disuntikkan ke dalam cetakan tertutup rapat sehingga material mengisi rongga cetakan sesuai dengan bentuk yang diinginkan.

Proses ini terdiri dari beberapa tahap, yaitu penjepitan (clamping), penyuntikan material cair, pendinginan, dan pelepasan produk dari cetakan (ejection). Setiap tahapan memiliki pengaruh langsung terhadap hasil akhir produk. Mesin *injection molding* yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 2.1.



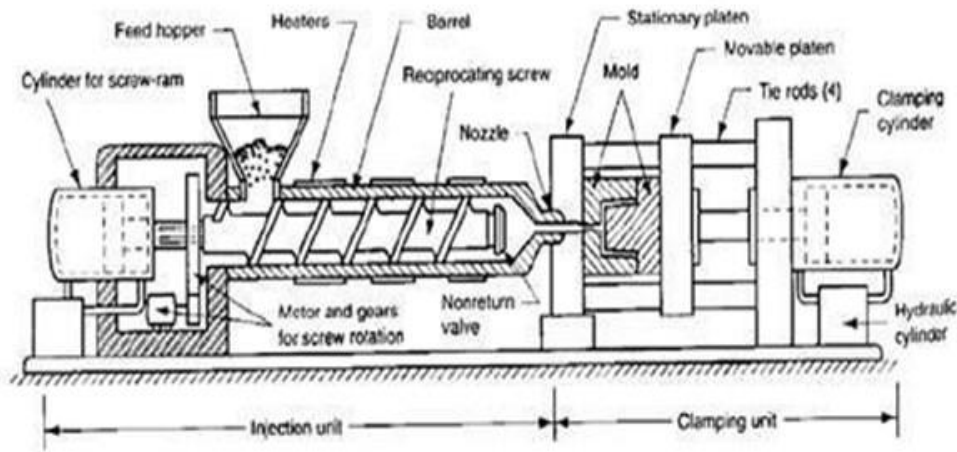
Gambar 2. 1 Mesin *Injection Molding*

Bentuk-bentuk partikel yang sulit, besar dan jumlah *cavity* yang banyak serta *runner* yang panjang menyebabkan tuntutan temperatur yang tinggi atau naik.

Injeksi molding mempunyai beberapa komponen dasar sebagai berikut:

- a. *Hopper* yang berfungsi untuk menempatkan material di mesin dan juga berfungsi sebagai *dehumidifier*.
- b. *Barrel* merupakan tempat untuk pemrosesan material sebelum di injeksi ke *Tooling*.
- c. *Nozzle* adalah bagian dari mesin yang berfungsi untuk menginjeksikan plastik ke dalam  *mold*  atau cetakan.
- d. *Tie Bar* digunakan sebagai penyangga untuk  *mold* ,  *clamping* , dan  *ejector* .
- e. *Hydraulic Motor* berfungsi untuk mendorong  *screw*  pada saat injeksi dan memutar  *screw*  pada saat pengisian material atau disebut  *plasticizing*  supaya biji plastik mencair.
- f. *Stationary plate* adalah  *plate*  yang tidak bergerak (diam) sebagai tempat  *locating ring*  pada saat menaikkan  *tooling* .
- g. *Moveable plate* adalah  *plate*  yang bergerak dengan arah maju dan mundur pada saat beroperasi/produksi
- h. *Clamping unit* adalah berfungsi untuk membuka dan menutup  *mold*  pada saat beroperasi atau produksi.
- i. *Ejector* adalah berfungsi sebagai pendorong produk yang sudah tercetak.
- j. *Rear plate* berfungsi sebagai  *plate*  penyangga bagian belakang.

Komponen-komponen  *injection molding*  dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2. 2 Komponen-Komponen Dasar Injection Molding

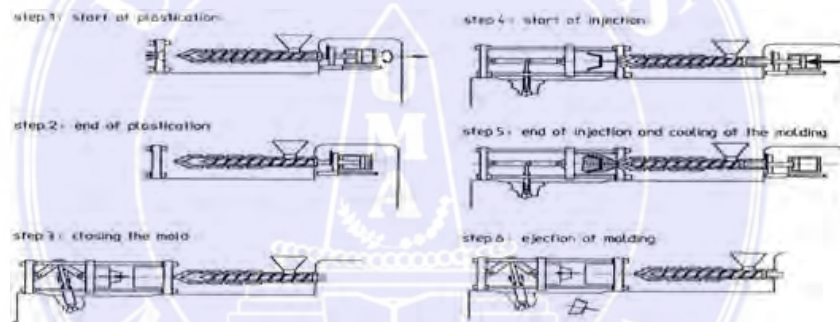
### 2.1.1 Proses Injection Molding

Langkah yang pertama dalam proses injection molding adalah bahan baku plastik injeksi berupa pelet atau bubuk dimasukkan ke dalam hopper. Setelah itu tekanan, kecepatan, dan parameter mesin disetting dan bahan baku plastik tersebut dimasukkan ke dalam barrel untuk kemudian dipanaskan. Selanjutnya screw berputar dan mengalirkan listrik sehingga bahan baku tadi mulai meleleh. Saat plastik akan di injeksikan ke dalam nozzle, molding unit ditutup oleh clamping unit. Setelah ditutup dan ditekan oleh clamping unit, plastik dimasukkan ke dalam molding unit melalui nozzle.

Pada saat plastik dimasukkan ke dalam *molding unit*, *screw* berhenti berputar, kemudian *clamping unit* menarik *core mold* sehingga *mold* terbuka. (Saifuddin, S., Usman, R., & Zuhaimi, Z. 2018) Setelah itu produk plastik yang telah dicetak dilepas dengan menekan *ejector* pada *moulding unit*. Produk yang dihasilkan dengan cara *injection moulding* dapat mengalami kecacatan. Kecacatan yang ditimbulkan antara lain adalah terbentuknya *short shots*, *flashing*, *sink material* dan *voids*, dan *weld line*. *Short shots* adalah proses pengerasan plastik

sebelum plastik tersebut mengisi rongga cetakan secara penuh yang diakibatkan kurang tepatnya temperatur maupun tekanan yang digunakan.

*Flashing* adalah proses tertekannya *polimer melt* di antara dua *parting surface*. *Sink* material adalah kontraksi material bagian dalam yang terjadi pada saat pengerasan bagian luar sehingga mengakibatkan permukaan terdepresi ke dalam. Sedangkan *voids* adalah kontraksi material bagian dalam yang terjadi pada saat pengerasan bagian luar yang mengakibatkan rongga di bagian internal material. Cacat terakhir adalah terbentuknya *weld line* yang diakibatkan adanya pertemuan dua aliran *polymer melt* yang mengelilingi inti sehingga terbentuk garis. Adapun proses *injection molding* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Proses Injection Molding

Pada saat proses pendinginan produk, terjadi proses pelelehan plastik sehingga begitu produk dikeluarkan dari cetakan dan cetakan menutup, material yang meleleh langsung dapat diinjeksi. Bahan dasar plastik terdiri dari dua jenis yaitu *thermoplastic* dan *thermosetting*. Plastik dengan jenis *thermoplastic Copolymer* (POM) tenac HC760 memiliki temperatur leleh plastik berkisar 180 ~ 210°C, temperatur *mold* >50 °c dan tekanan injeksi 5538,6 sampai dengan 9924,6 Mpa. (Purba, S. A., & Albana, M. H. 2017).

### 2.1.2 Bagian-bagian Injection Molding

#### a) *Plastic Injection System*

Fungsi utama dari *plastic injection system* adalah untuk melelehkan polimer sebelum “ditembakkan” ke cetakan dan dicetak sesuai kebutuhan. Di dalam sistem injeksi ini, terdapat pula sebuah *barrel* yang dilengkapi dengan baut untuk menyatukan serta memanaskan polimer. Baut juga berperan sebagai “penekan” plastik yang sudah meleleh ke cetakan. Khusus untuk bagian cetakan, pengguna dapat mengganti cetakan ketika proses produksi selesai serta menggunakan cetakan baru sesuai dengan bentuk yang yang dibutuhkan. Sistem injeksi plastik bekerja pada kecepatan yang menetap dengan waktu tertentu. Jumlah material yang tepat untuk setiap proses diukur berdasarkan volume atau berat. Sementara plastik cair yang di injeksikan tidak boleh melebihi 80% dan kurang 20% dari kapasitas injektor.

#### b) *Clamping System*

Sistem clamping adalah bagian dari *injection molding* yang sama-sama berfungsi dibanding bagian lainnya. Fungsi utama dari *clamping system* adalah menutup cetakan dengan pelat bergerak serta menahannya agar tetap tertutup di bawah tekanan selama injeksi dan pendinginan. Jika hasil cetakan sudah selesai, maka *clamp* akan terbuka.

#### c) *Ejecting Unit*

Bagian *ejecting unit* akan mengeluarkan plastik yang sudah selesai dicetak dari cetakan dan mengeluarkan bagian cetakan dari rongga pada akhir siklus pencetakan. Pada bagian *ejection unit* ini pula terdapat *ejection pin* atau bisa juga

berbentuk plat serta *sleve* yang berfungsi untuk menekan dan melepaskan plastik dari cetakan ketika cetakan sudah terbuka.

d) *Electric Hydraulic Control System*

Sistem pengontrolan *hydraulic eclectic* dapat dipasang di selungkup secara terpisah atau berada pada di mesin. Penempatan lokasi komponen *hydraulic* dan motor listrik tergantung pada jenis-jenis mesin. Panel kontrol manual dipasang pada alat berat untuk kenyamanan pengguna sementara pemasangan kontrol *hydraulic* dipasang untuk kenyamanan dalam proses pemipaan.

## 2.2 Plastik

Adapun material plastik yang digunakan pada umumnya termasuk dalam dua kategori besar: thermoplastic (seperti PP, PE, PET, PVC) dan termoset. Thermoplastic dapat meleleh berulang kali, sedangkan termoset tidak bisa dilelehkan kembali setelah mengeras. Selain polimer, plastik juga membutuhkan bahan tambahan lain dalam proses produksinya, *United Nations Environmental Programme*. (Hamzah, F., Tjahjanti, P. H., Sumarmi, W., & Sains, F. 2023).

Plastik merupakan material yang sering ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. (Yuzan 2021) Plastik telah banyak digunakan untuk membuat produk atau barang-barang yang berguna bagi kehidupan manusia. Sejak abad ke-20, penggunaan plastik telah berkembang secara luar biasa. Pada jenis plastik yang beredar, biasanya ditemukan simbol atau logo daur ulang yang berbentuk segi tiga dengan kode-kode tertentu. Kode ini dikeluarkan oleh *The Society of Plastik Industri* pada tahun 1998 di Amerika Serikat dan diadopsi oleh lembaga lembaga pengembangan sistem kode, seperti ISO (*International Organization for*

*Standardization*). Secara umum tanda pengenal plastik tersebut. Berdasarkan ketahanan plastik terhadap perubahan suhu, maka plastik dibagi menjadi dua, yaitu:

### 2.2.1 *Thermoplastic*

*Thermoplastic* merupakan jenis plastik yang meleleh pada suhu tertentu, melekat mengikuti perubahan suhu, bersifat *reversible* (dapat kembali ke bentuk semula atau mengeras bila didinginkan). Contoh: *Polyethylene* (PE), *Polypropylene* (PP), *Polyethylene Terephthalate* (PET), *Poliviniclorida* (PVC), *Polistirena* (PS). Adapun *thermoplastic* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 *Thermoplastic*

### 2.2.2 *Polyethylene Terephthalate*

Semakin lama sebuah cairan berada di dalam kemasan yang terbuat dari bahan PET, semakin besar potensinya untuk mengaktifkan antimony. Suhu panas di dalam mobil, garasi, dan lemari penyimpanan tertutup juga bisa meningkatkan kemungkinan terlepasnya zat berbahaya tersebut. Adapun *polyethyene terephthalate* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Polyethylene Terephthalate

### 2.2.3 *Thermoset*

*Thermoset* merupakan jenis plastik yang tidak dapat mengikuti perubahan suhu (tidak *reversible*) sehingga bila pengerasan telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali. Pemanasan dengan suhu tinggi tidak akan melunakkan jenis plastik ini melainkan akan membentuk arang dan terurai. Karena sifat *thermoset* yang demikian maka bahan ini banyak digunakan sebagai tutup ketel (Rochmadi and Permono 2018). Adapun *thermoset* dapat dilihat pada Gambar 2.6.

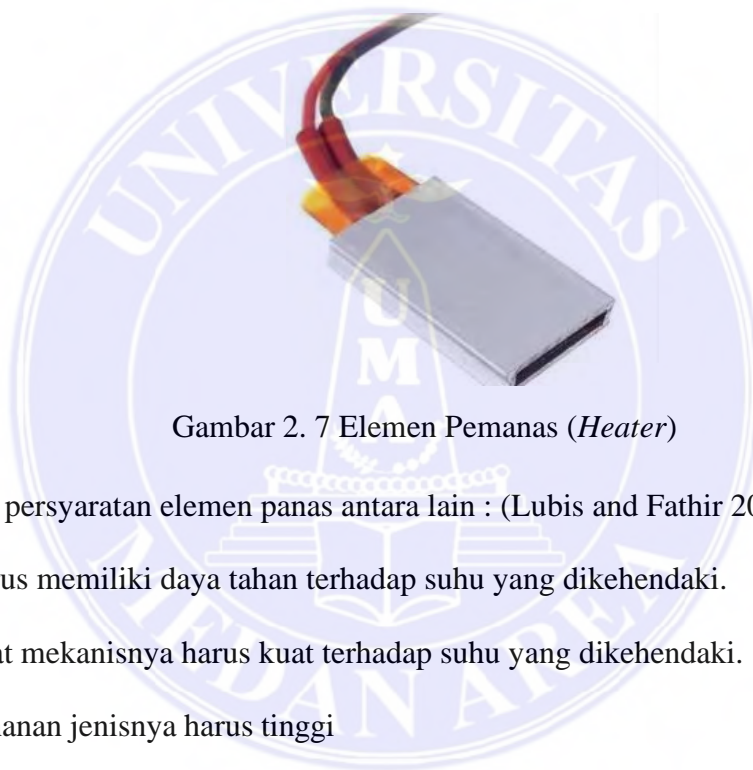


Gambar 2. 6 *Thermoset*

## 2.3 **Elemen Panas**

Elemen pemanas (*heater*) berfungsi mengubah energi listrik menjadi panas untuk mencapai suhu cetakan tertentu. Perpindahan panas dapat terjadi melalui konduksi, konveksi, maupun radiasi, dan hal ini berperan dalam menjaga kestabilan suhu cetakan agar hasil cetakan lebih konsisten. Seperti yang di jelaskan pada penelitian (Andre, Zulfadl, and Nazaruddin 2021) Perpindahan panas / transfer

kalor adalah suatu peristiwa yang terjadi apabila terdapat perbedaan temperatur antara suatu sistem dengan sistem yang lainnya, dari temperatur yang tinggi ke temperatur yang rendah dan baru akan berhenti ketika temperatur antara dua medium yang mengalami transfer kalor tersebut sama. Berbagai penelitian sebelumnya juga menegaskan bahwa parameter suhu cetakan sangat menentukan kualitas produk plastik yang dihasilkan, baik dari segi permukaan maupun ketahanan fisiknya. Adapun alat perpindahan panas dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Elemen Pemanas (*Heater*)

Adapun persyaratan elemen panas antara lain : (Lubis and Fathir 2016)

1. Harus memiliki daya tahan terhadap suhu yang dikehendaki.
2. Sifat mekanisnya harus kuat terhadap suhu yang dikehendaki.
3. Tahanan jenisnya harus tinggi
4. Koefisien suhunya harus kecil, sehingga arus kerjanya sedapat mungkin konstan.

Perhitungan daya elemen pemanas melalui prinsip hukum ohm dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P=V \cdot I \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:  $P = \text{Daya (VA)}$

$V = \text{Tegangan (Volt)}$

$I =$  Arus (ampere)

Ada beberapa bentuk perubahan jenis energi listrik yang dihasilkan dari energi kinetik, seperti: energi cahaya, energi bunyi, energi gerak, dan bentuk energi lainnya yang sesuai dengan kebutuhan manusia. Jumlah kekuatan energi listrik yang dikeluarkan sumber energi listrik dipengaruhi oleh besarnya tegangan ( $V$ ), kuat arus ( $I$ ) dan waktu ( $t$ ) sehingga apabila penghantar yang hambatannya  $R$  diberikan tegangan  $V$  pada ujung-ujungnya, dan arus  $I$  melaluinya, maka dalam waktu  $t$  detik, besar energi listrik yang diperoleh dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$W = V \cdot I \cdot t \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan memanfaatkan hukum Ohm,  $V = IR$ , maka diperoleh:

$$W = I^2 \cdot R \cdot t \text{ atau } W = \frac{V^2}{R} t \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:  $W =$  energi listrik (Joule)

$V =$  tegangan listrik (Volt)

$I =$  arus listrik (Ampere)

$R =$  hambatan listrik (Ohm)

$t =$  waktu (sekon)

## 2.4 Prinsip Kerja Elemen Pemanas

Prinsip kerja elemen pemanas (*heater*) adalah dengan memanfaatkan arus listrik yang di konversikan oleh modul sehingga mengubah aliran listrik menjadi panas. Panas kemudian di salurkan melalui pipa distribusi yang terbuat dari plat aluminium. Ada tiga mode perpindahan panas, yaitu:

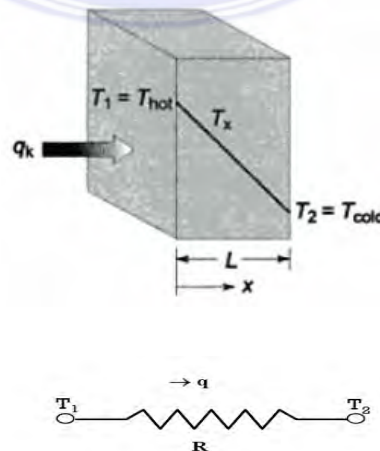
### 2.4.1 Perpindahan Panas Konduksi

Proses perpindahan panas konduksi adalah proses dengan mana panas mengalir dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah didalam satu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung. Adapun proses perpindahan panas konduksi dapat kita lihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Proses perpindahan panas konduksi

Konduksi adalah satu-satunya mekanisme yang dimana panas dapat mengalir dalam zat padat yang tidak dapat tembus cahaya. Adapun perpindahan panas konduksi dapat dilihat pada Gambar 2.9 dan dirumuskan sebagai berikut(Holman 1993):



Gambar 2. 9 Analogi Perpindahan Panas Konduksi

$$Q_{kond} = -k \times A \frac{\Delta t}{\Delta x} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :  $Q_{kond}$  = Besar laju perpindahan panas konduksi (J/S atau W)

$K$  = konduktivitas termal bahan (W/m. K)

$A$  = Luasan Permukaan perpindahan panas ( $m^2$ )

$\Delta t$  = Perbedaan temperature ( $^{\circ}C$ )

$\Delta x$  = Perbedaan jarak (m)

(-) = Perpindahan panas temperature tinggi ketemperatur rendah

Jika dinyatakan dalam aliran listrik perpindahan panas dapat dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$q = -\frac{\Delta T}{R} = -\frac{(T_2-T_1)}{kA/\Delta X} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$q = \frac{\Delta T}{R} = \frac{T_1-T_2}{kA/\Delta X} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:  $q$  = Laju Perpindahan Panas (kj /s,W)

$k$  = Konduktifitas Termal (W/m. $^{\circ}C$ )

$A$  = Luas Penampang ( $m^2$ )

$dT$  = Perbedaan Temperatur ( $^{\circ}C$ )

$dX$  = Perbedaan Jarak (m / det)

$\Delta T$  = Perubahan Suhu ( $^{\circ}C$ )

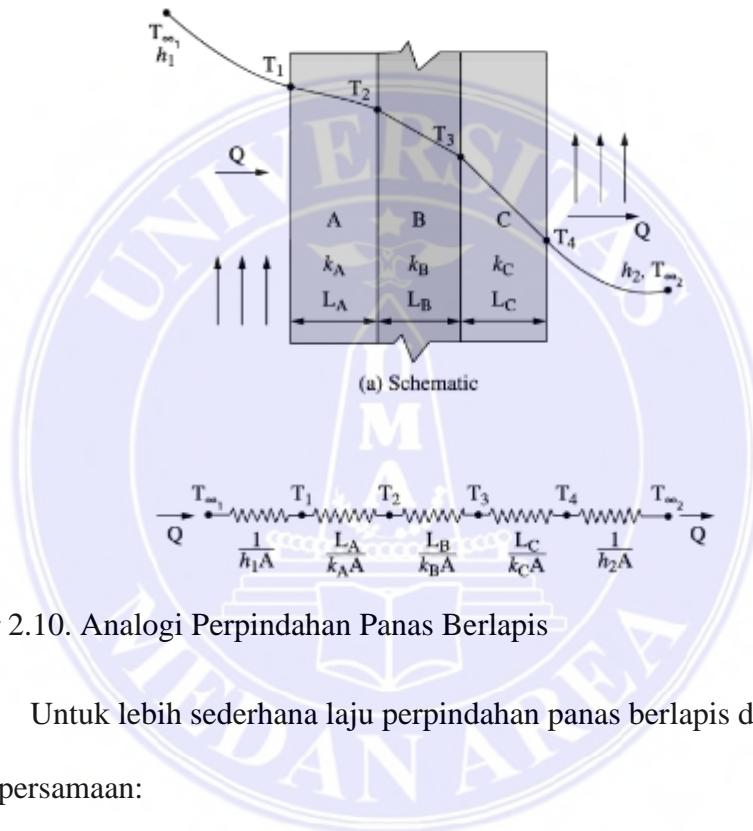
$\Delta x$  = Perubahan Jarak (m /s)

$I$  = Kuat Arus Listrik (A)

$V =$  Tegangan Listrik (V)

$R =$  Hambatan ( $\Omega$ )

Jika benda yang dipanaskan ada beberapa lapisan maka di gunakan persamaan perpindahan panas berlapis, maka dapat dilihat pada Gambar 2.10 dan dirumuskan sebagai berikut (Rathore and Kapuno 2011):



Gambar 2.10. Analogi Perpindahan Panas Berlapis

Untuk lebih sederhana laju perpindahan panas berlapis dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$Q = \frac{(\Delta T)_{\text{overall}}}{\sum R_{\text{th}}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

$$(\Delta T)_{\text{overall}} = T_{\infty 1} - T_{\infty 2} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\sum R_{\text{th}} = \frac{1}{h_1 A} + \frac{L_A}{k_A A} + \frac{L_B}{k_B A} + \frac{L_C}{k_C A} + \frac{1}{h_2 A} \dots\dots\dots(2.9)$$

### a) Konduktivitas Thermal

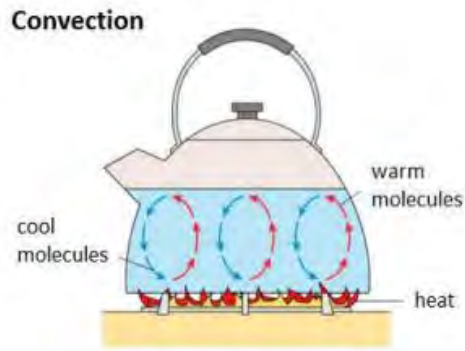
Konduktivitas thermal dapat didefinisikan sebagai ukuran kemampuan bahan untuk menghantarkan panas. Konduktivitas thermal adalah sifat bahan dan menunjukkan jumlah panas yang mengalir melintasi satu satuan luas jika gradien suhunya satu. Nilai angka konduktivitas thermal menunjukkan seberapa cepat kalor mengalir dalam bahan makin cepat molekul bergerak, makin cepat pula ia mengangkut energi. Pada penelitian (Fanani, Sahbana, and Suwandono 2021) menyatakan besar konduktivitas thermal *Stainless Steel* adalah 16 W/m °K. Berikut beberapa nilai konduktivitas thermal dari beberapa logam ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Nilai Konduktivitas Thermal Dari Beberapa Logam

No	Bahan	Satuan (W/m °K)
1	Aluminium	237
2	Stainless Steel	16
3	Besi	79
4	Emas	314
5	Intan	2000
6	Tembaga	390
7	Kuningan	151

### 2.4.2 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi ialah perpindahan panas yang terjadi akibat adanya selisih antara temperatur yang menyebabkan gerakan acak antarmolekul dan bulk motion of fluid. Semakin cepat pergerakan fluida, maka akan semakin besar pula laju perpindahan panas konveksi yang terjadi (Wijiati and Kukuh 2019). Pada penggunaan prinsip perpindahan panas konveksi dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2. 11 Perpindahan panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi dapat dirumuskan sebagai berikut (Paulus and Purwanto 2022):

$$Q = h \times A (T_w - T_\infty) \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :  $Q$  = Besar laju perpindahan konveksi (W)

$h$  = Koefisien konveksi ( $W/m^2 \text{ } ^\circ K$ )

$A$  = luasan permukaan perpindahan panas ( $m^2$ )

$(T_s - T_\infty)$  = perbedaan temperature ( $^\circ K$ )

1. Bilangan Reynold

Bilangan Reynold adalah rasio antar gaya inersia terhadap gaya viskos. Bilangan ini digunakan untuk mengidentifikasi jenis aliran yang berbeda, misalnya laminar, turbulen maupun transisi, dimana jika bilangan  $Re < 2000$  adalah aliran laminar, jika bilangan  $2000 < Re < 12.500$  adalah Aliran transisi dan apabila bilangan  $Re > 12.500$  adalah aliran turbulens. Aliran saluran terbuka umumnya tergolong turbulen karena memiliki  $Re > 12.500$ . Persamaan bilangan Reynold sebagai berikut:

$$Re = \frac{\rho v \cdot L}{\mu} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :  $Re$  = Bilangan Reynold

$L$  = Panjang Lintasan perpindahan panas (m)

$V$  = Kecepatan aliran (m/s)

$\rho$  = Massa Jenis ( $kg/m^3$ )

$\mu$  = Viskositas Dinamis Fluida ( $kg/m.s$ )

## 2. Bilangan Nusselt

Bilangan Nusselt menyatakan perbandingan antara perpindahan kalor konveksi pada lapisan fluida dibanding perpindahan konduksi pada lapisan fluida tersebut.

Semakin besar nilai bilangan nusselt maka konveksi yang terjadi semakin efektif

$$Nu = \frac{h.L}{k} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :  $Nu$  = Bilangan nusselt

$h$  = Koefisien perpindahan panas konveksi ( $W/m^2.K$ )

$L$  = Panjang Lintasan perpindahan panas (m)

$K$  = Koefisien perpindahan panas konduksi ( $W/m.K$ )

## 3. Bilangan Prandtl

Bilangan prandtl merupakan rasio perbandingan difusivitas momentum terhadap difusivitas termal. Bilangan prandtl dinyatakan dengan persamaan sebagai

berikut :

$$Pr = \frac{v}{\alpha} = \frac{\mu C_p}{k} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :  $P_r$  = Bilangan Prandlt

$v$  = Viskositas kinematik ( $m^2/s$ )

$\alpha$  = Diffusitas termal ( $m^2/s$ )

$k$  = Konduktifitas termal (W)

$\mu$  = Viskositas Dinamis Fluida ( $kg/m.s$ )

### 2.4.3 Perpindahan Panas Radiasi

Istilah “radiasi” pada umumnya dipergunakan untuk segala jenis hal ikhwal gelombang elektromagnetik. Salah satu bentuk pemanfaatan energi matahari yaitu pemanas air tenaga surya atau solarwater heater (SWH). SWH menggunakan panel surya (kolektor) untuk mengumpulkan dan menyerap radiasi matahari yang kemudian diubah menjadi energi panas. (Nur et al. 2019). Adapun perpindahan panas secara radiasi dapat kita lihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2. 12 Laju perpindahan panas radiasi

Persamaan lajunya ditentukan oleh hukum Stefan Boltzmann yang mana merupakan istilah dimana panas yang diradiasikan sebanding dengan pangkat empat temperatur absolut dari permukaan dan laju perpindahan panas antara permukaan yang diberikan pada persamaan berikut:

$$Q_{rad} = \sigma \varepsilon A_1 F_1 \rightarrow 2(T_1^4 - T_2^4) \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :  $Q_{rad}$  = laju perpindahan panas radiasi (W)

$\sigma$  = konstanta boltzman ( $2,669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ )

$\varepsilon$  = emisivitas permukaan benda

$A_1$  = luas permukaan benda 1 ( $\text{m}^2$ )

$T_1$  = temperature benda 1 ( $^{\circ}\text{K}$ )

$T_2$  = temperature benda 2 ( $^{\circ}\text{K}$ )

## 2.5 Besar Perpindahan Panas

Energi yang berguna digunakan untuk menghitung seberapa besar panas yang berguna yang dihasilkan oleh heater. Sedangkan efisiensi digunakan untuk menghitung performansi atau unjuk kerja dari heter itu sendiri (Yuzan 2021). Untuk menghitung energi yang diserap benda atau panas yang diberikan heater dapat digunakan persamaan (Q) maka digunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = m \cdot \Delta T \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana : Q = Besar perpindahan panas (J)

m = Massa Benda (kg)

$\Delta T$  = total perubahan suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

##### 3.1.1 Tempat

Kajian ini dilaksanakan di Laboratorium Universitas Medan Area dengan menggunakan mesin injection molding vertikal. Data penelitian diperoleh melalui eksperimen dengan memanfaatkan bahan dasar berupa biji plastik Polypropylene (PP) murni. Beberapa peralatan yang digunakan antara lain thermostat digital, heater plate, stopwatch, thermocouple, dan timbangan digital.

##### 3.1.2 Waktu

Analisa ini dimulai sejak judul tugas akhir ini disetujui oleh kedua pembimbing. Kemudian waktu yang akan digunakan dari persiapan penyusunan tugas akhir ini dapat dilihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.1. Jadwal Tugas Akhir

Aktifitas	2025															
	Bulan I				Bulan II				Bulan III				Bulan IV			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pengajuan Judul	■															
Penulisan Proposal			■	■												
Seminar Proposal					■											
Proses Penelitian						■	■	■								
Pengolahan Data									■	■	■	■				
Penyelesaian													■	■	■	■
Laporan																
Seminar Hasil																
Evaluasi dan persiapan Sidang																
Sidang Sarjana																

## 3.2 Bahan dan Alat

### 3.2.1 Bahan

Bahan yang diolah pada proses penelitian ini adalah sebagai berikut :

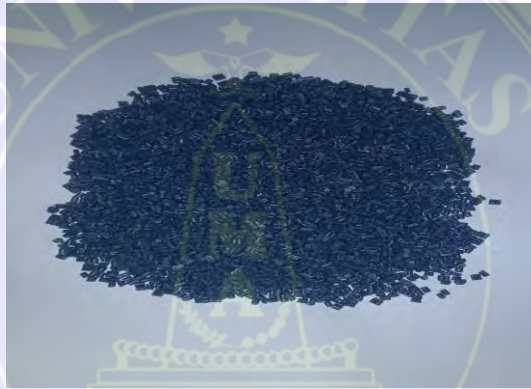
a) Biji Plastik (*PolyPropylene*).

Plastik PP (*PolyPropylene*) adalah salah satu jenis plastik yang berwarna bening atau transparan. Plastik ini dibuat dari monomer propylene yang banyak diproduksi di seluruh dunia yang umumnya banyak digunakan untuk pengemasan makanan. Kepopuleran plastik ini dikarenakan bahannya yang tidak beracun sehingga aman dimanfaatkan untuk pengemasan produk konsumsi. Selain itu, plastik PP (*polypropylene*) juga memiliki fleksibilitas yang membuatnya mudah diolah menjadi berbagai macam bentuk sesuai dengan kebutuhan. Karakteristik plastik PP dapat dikenali dengan menyentuh permukaannya. Jenis plastik ini memiliki permukaan cenderung lebih licin. Meski memiliki daya tahan yang lebih tinggi dibanding plastik PE, harga plastik PP lebih murah. Dari segi bahan, plastik PP (*polypropylene*) mampu menahan lebih baik dari plastik PE. Plastik PP memiliki ketahanan pada suhu tinggi yang jauh lebih baik dibandingkan dari plastik PE. Sehingga plastik PP (*polypropylene*) cenderung memiliki jangka waktu yang lebih lama.

Oleh karenanya, plastik PP menjadi plastik yang efektif bagi produsen untuk usahanya. Bagi Anda yang memiliki usaha makanan beku (*non-vacum*), plastik PP (*polypropylene*) dapat menjadi solusi. Permeabilitas pada plastik PP lebih kecil terhadap air daripada jenis plastik lain. Sehingga plastik PP (*polypropylene*)

memiliki kemungkinan lebih kecil untuk dapat ditembus uap air yang akan merusak makanan.

Dengan semua kelebihan inilah yang membuat plastik PP menjadi jawaban bagi kemasan produk usaha Anda. Bukan hanya untuk kemasan makanan, plastik PP bahkan juga dapat digunakan untuk komponen kelistrikan, tekstil, otomotif, hingga alat-alat medis. Untuk penelitian kali ini kita menggunakan produk biji plastik PP (*polypropylene*) murni natural tanpa daur ulang. Contoh biji plastik PP (*polypropylene*) ditunjukkan pada Gambar 3.1. di bawah ini:



Gambar 3. 1 Biji Plastik PP (polipropilene)

### 3.2.2 Alat

Peralatan yang digunakan dalam melakukan proses pengujian ini diantaranya yaitu:

#### a) Surface Roughness Tester

Surface roughness tester adalah alat yang digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan suatu material atau benda kerja. Kekasaran permukaan sendiri merujuk pada ketidakteraturan atau tekstur yang terdapat pada permukaan benda. Ketidakteraturan ini dapat berupa lekukan-lekukan kecil, tonjolan, atau goresan

yang terjadi akibat proses manufaktur, seperti pemesinan, pengecoran, atau penghalusan, seperti pada Gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3. 2 Surface roughness tester

- Tampilan LCD 4 Digit: Memudahkan pembacaan hasil dengan jelas dan mudah.
- Rentang Pengukuran 0  $\mu\text{m}$  hingga 800  $\mu\text{m}$ : Sesuai untuk berbagai jenis permukaan dengan ketelitian yang tinggi.
- Akurasi  $\pm 5\%$  atau  $\pm 5 \mu\text{m}$ : Menjamin hasil yang tepat dan dapat dipercaya.
- Resolusi 1  $\mu\text{m}$ : Menyediakan detail pengukuran yang sangat halus.
- Suhu Operasi yang Luas: Bekerja pada rentang suhu 0°C hingga 50°C dan kelembapan hingga <80%RH.
- Antarmuka PC RS232C: Memungkinkan transfer data yang mudah ke perangkat komputer untuk analisis lebih lanjut.
- Kasing ABS Impact Tahan Guncangan: Memberikan perlindungan ekstra terhadap kerusakan fisik

b) *Thermostat* SH-W3001

*Thermostat* digunakan untuk mengatur arus listrik yang ter-alairkan pada *heater* dan untuk mengatur suhu yang ingin di capai sesuai kapasitas yang di sediakan thermostatnya. *Thermostat* yang digunakan di sini adalah tipe *thermostat* digital

untuk membantu peneliti memudahkan pembacaan angka pada *hetater* melakukan penelitian, *thermostat* digital yang digunakan dapat di lihat pada Gambar 3.3, beserta spesiffikasinya pada Tabel 3.2

Tabel 3. 2 Spesifikasi Thermostat Digital

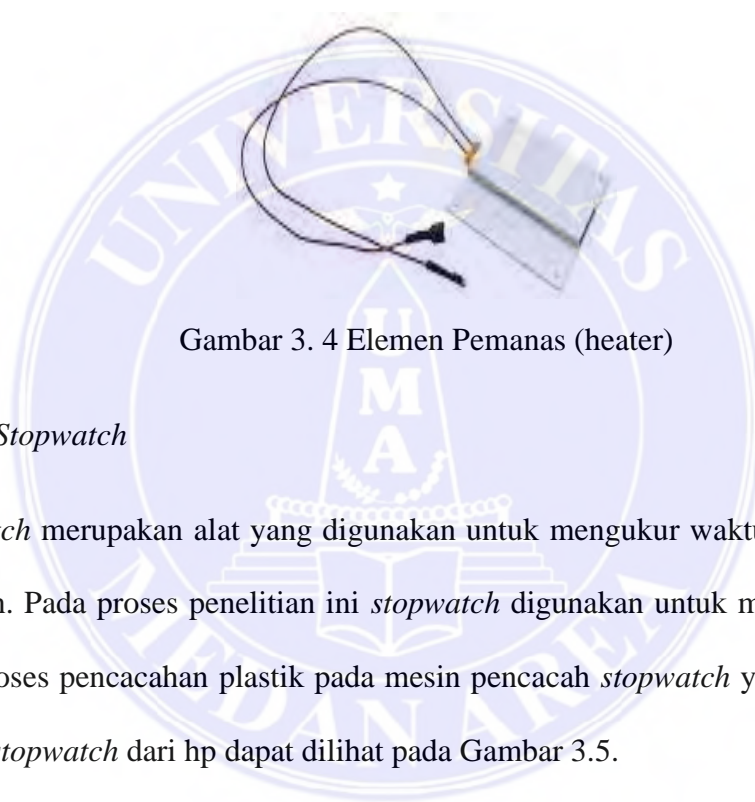
Fitur	Deskripsi Produk
Rentang Suhu	° C -50 untuk 110 ° C
Tegangan Operasi	12/24VDC atau 220VAC
Mode Pengoperasian	Pemanasan atau Pendinginan
Mode Keluaran dan Daya	120W hingga 1500W (bervariasi dari model ke model)
Keluaran Sekarang	10A (maks)
Tipe masukan	Termistor NTC 10K, terbungkus dalam kedap air 1m perumahan (probe stainless steel)
Akurasi Kontrol Suhu	0.2 ° C
Akurasi Penginderaan Suhu	0.1 ° C
Bantalan	Rel DIN atau pemasangan di dinding menggunakan Sekrup
Perumahan Material	Plastik, diberi nilai IP22
Ukuran	60x45x31mm



Gambar 3. 3 Thermostat Digital XH-W3001

b) *Heater plate* (pemanas plat)

Elemen Pemanas merupakan alat yang mengubah energi listrik menjadi energi panas melalui proses *Joule Heating*. Cara kerja elemen panas adalah arus listrik yang mengalir pada elemen menjumpai resistansinya, sehingga menghasilkan panas pada elemen. Elemen pemanas yang digunakan pada pengujian ini ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Elemen Pemanas (heater)

c) *Stopwatch*

*Stopwatch* merupakan alat yang digunakan untuk mengukur waktu dalam sebuah kegiatan. Pada proses penelitian ini *stopwatch* digunakan untuk mengukur waktu pada proses pencacahan plastik pada mesin pencacah *stopwatch* yang di gunakan adalah *stopwatch* dari hp dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Tampilan Stopwatch handphone

d) Thermocouple

*Thermocouple* digunakan untuk mengukur suhu dengan jenis *thermocouple* yang mampu mengukur suhu sampai 1200°C. *Thermocouple* yang digunakan memiliki spesifikasi tipe: TM-902C, dan material: Plastik, Adapun *Thermocouple* diperlihatkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3. 6 Thermocouple

e) Timbangan

Pada penelitian ini timbangan digunakan untuk mengukur berat dari bahan yang akan dimasukkan pada mesin injection molding agar mengetahui kapasitas produktivitas dan timbangan yang digunakan timbangan digital dapat dilihat pada Gambar 3.7 Beserta spesifikasinya pada Tabel 3.3 sebagai berikut:



Gambar 3. 7 Timbangan Digital

Tabel 3. 3 Spesifikasi Timbangan Digital

Fitur	Deskripsi Produk
Kapasitas	100 gram
Akurasi	0,01 gram
Warna	Hitam perak
Ukuran Platform (Alas Timbang)	4,5 cm x 7,5 cm
Layar LCD dengan Backlight	Memudahkan pembacaan
Indikator Baterai	<b>Lemah dan Overload</b>
Material Platform	Stainless steel
Housing	High density ABS
Daya	Menggunakan baterai CR-2032

### 3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang diterapkan adalah eksperimen dengan langkah-langkah: menyiapkan alat dan bahan, mengukur cetakan, melakukan injeksi dengan variasi suhu cetakan (260°C, 280°C, 300°C), serta mencatat hasil produk. Pengujian kualitas permukaan dilakukan dengan surface roughness tester untuk mendapatkan nilai rata-rata kekasaran (Ra). Data yang diperoleh kemudian diolah menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel untuk dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif.

### 3.4 Populasi dan Sampel

Berikut adalah Langkah-langkah melakukan prosedur kerja pada proses mesin *injection molding* yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi:

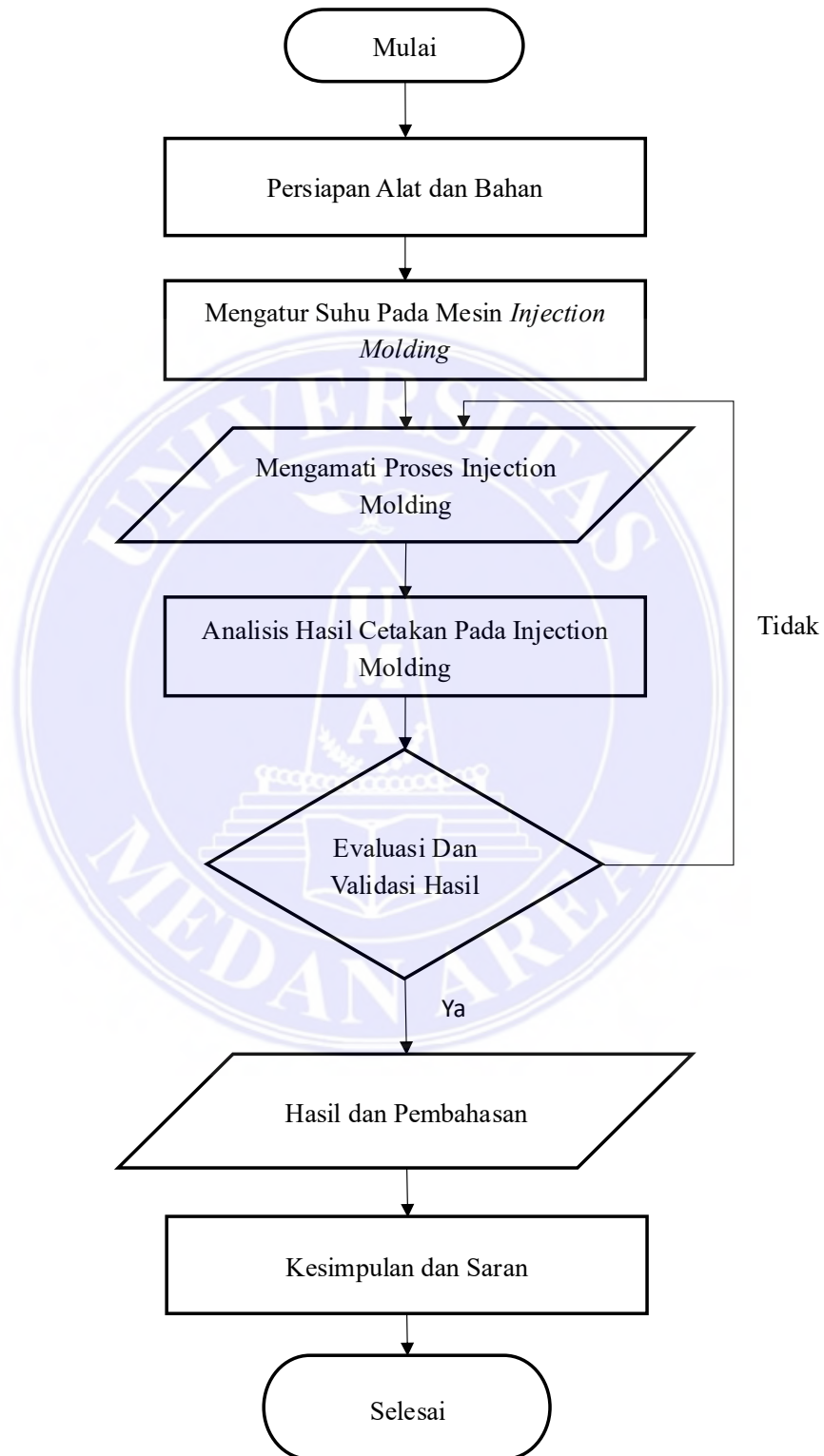
- Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan pada proses pengujian *injection molding*.
- Melakukan pengukuran pada cetakan *injection molding*.
- Memasukkan bahan ke dalam mesin *injection molding*.
- Melakukan pengukuran suhu dengan temperatur yang berbeda pada saat pengolahan di mesin *injection molding*.
- Menganalisis penggunaan energi listrik yang dihasilkan pada saat melakukan pengujian di mesin *injection molding*.
- Menganalisis parameter optimum kualitas produk pada *injection molding*.
- Menganalisis hasil cetakan pada *injection molding* sesuai dengan kualitas produk yang diinginkan.

- h. Setelah selesai melakukan pengujian, maka didapat data yang diinginkan, kemudian dilakukan pengolahan data menggunakan *software Microsoft Excel*.



### 3.5 Prosedur Kerja

#### 3.5.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.8. Diagram Alir Penelitian

## **BAB V**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Simpulan**

Berdasarkan hasil kajian dan metode pengolahan data telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

- a. Variasi suhu cetakan memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas permukaan produk pada proses injection molding. Semakin tinggi suhu cetakan, permukaan produk semakin halus. Suhu cetakan yang lebih tinggi membantu mempertahankan suhu lelehan plastik lebih lama di dalam cetakan, sehingga aliran material lebih optimal dalam mengisi rongga cetakan.
- b. Suhu optimal yang dianjurkan berada di kisaran 280°C karena mampu menghasilkan kualitas permukaan baik dengan efisiensi pendinginan yang cukup. Pada suhu cetakan 260°C permukaan produk cenderung kasar dan terdapat beberapa cacat seperti flow mark dan incomplete filling dan pada suhu hingga 300°C menghasilkan permukaan produk yang lebih rata dan detail bentuk yang lebih presisi, dengan nilai kekasaran permukaan (Ra) menurun hingga 3.60% dibandingkan suhu terendah.

#### **5.2. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian ini, penulis menyarankan beberapa hal berikut:

- a. Agar penelitian lanjutan memperluas variabel seperti tekanan injeksi, kecepatan injeksi, serta jenis material yang digunakan. Hal ini bertujuan untuk

memperoleh gambaran yang lebih menyeluruh terkait interaksi antarparameter dalam menentukan kualitas produk plastik hasil injection molding.

- b. Penggunaan alat ukur digital dengan presisi tinggi untuk kekasaran permukaan sangat disarankan guna mendapatkan hasil yang lebih akurat.
- c. Untuk industri, penting untuk tetap menyeimbangkan antara kualitas hasil cetak dan efisiensi energi, karena suhu cetakan yang terlalu tinggi dapat meningkatkan konsumsi daya.



## DAFTAR PUSTAKA

Andre, Ziaulfata Alta, Teuku Zulfadl, and Nazaruddin. 2021. "Analisa Perpindahan Panas Pada Atap Seng Berwarna Hitam Dengan Variasi Ruang Di Aceh Besar." 2(2): 43–52.

Ajiwiguna, M. Ramdhan, and Kirom. 2019. "Efficiency Analysis Of Solar Water Heater In Direct And Indirect Circulation Systems." 6(2): 4924–30.

Fanani, Akhmad Rizal, Muhammad Agus Sahbana, and Purbo Suwandono. 2021. "Pengaruh Konduktivitas Thermal Pada Hot Cylinder Mesin Stirling Menggunakan Energi Surya Terkonsentrasi." 10(2): 248–57.

Fikri, M. L. S., Pa, M. U. Z., Sa, Y. K., Zaenudina, M., Mulyonoa, S., Gamayela, A., ... & Ja, I. N. (2024). Pengaruh Waktu Injeksi Material pada Brush Handle menggunakan Software Autodesk Moldflow.

Hamzah, F., Tjahjanti, P. H., Sumarmi, W., & Sains, F. (2023). Rancang Bangun Mesin Cup Sealer Semi-otomatis untuk Pengemasan Air Bersih di Desa Sumbergedang , Pasuruan Designing Semi- Automatic Cup Sealer Machine for Clean Water Packaging in Sumbergedang Village , Pasuruan. 7(1), 104–113.

Holman, JP. 1898. "166630038-Perpindahan-Panas-JP-Holman.Pdf."

Huda, A. N., Hendaryanto, I. A., Prayoga, B. T., & Winarno, A. (2024). Analisis Pengaruh Temperatur dan Durasi Preheat terhadap Cacat Produk pada Mesin Injection Molding Manual. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 8(2), 106-112.

Krismasurya, P. A., Setyanto, N. W., & Tantrika, C. F. M. (2015). Pendekatan Six Sigma Untuk Mengurangi Defect Pada Proses Pembuatan Botol Plastik di Mesin Blow Molding ASB 2000 ml. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, 3(1), 132378.

Laksanawati, E. K. (2022). Analisa Variasi Tekanan, Temperature, Ukuran Runner Terhadap Filling Time Optimal Pada Injeksi Molding. *Prosiding Simposium Nasional Multidisiplin (SinaMu)*, 3.

Lubis, Hasrin, and Al Fathir. 2016. "Rancang Bangun Alat Penggongseng Kelapa Untuk Pembuatan Bumbu Dapur Dengan Menggunakan Pemanas Listrik Temperatur 800c Dengan Kapasitas 3 Kg." 14: 3–8.

Mawardi, I. H. H. (2015). Analisis Kualitas Produk dengan Pengaturan Parameter Temperatur Injeksi Material Plastik Polypropylene (PP) Pada Proses Injection Molding. *Industrial Engineering Journal*, 4(2), 30–35.

- Muchyidin, A., Afriany, R., Djunaidi, R., & Andayani, R. D. (2020). Pengaruh waktu penekanan pada proses injection molding terhadap kualitas anting dagu helm proyek. *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 7(1), 67-76. Nur, Putrialita, Tri Ayodha,
- Pradika, B., Supriyadi, S., & Burhanuddin, A. (2020). Analisa Pengaruh Variasi Suhu Terhadap Hasil Dari Produk Micro Injection Molding Pada Pembuatan Sauce Cup Berbahan Polypropylene (Pp). In *Proceeding Science and Engineering National Seminar* (Vol. 5, No. 1, pp. 772-780).
- Purba, S. A., & Albana, M. H. (2017). Pengaruh Temperatur Media Pendingin dan Circle Time terhadap Defect Crack Line pada Produk SP 04 Haemonetics. *Jurnal Integrasi*, 9(1), 48-52.
- Rathore, M M, and R R Kapuno. 2011. *Engineering HeatTransfer*. Jones & Bartlett Learning. <https://books.google.co.id/books?id=ERtpN94lCOsC>.
- Rochmadi, and Permono. 2018. "Mengenal Polimer Dan Polimerisasi." 2:95-96.
- Saifuddin, S., Usman, R., & Zuhaimi, Z. (2018). Pembuatan gelas dengan bahan polypropylene dengan menggunakan cetakan plastik. *Jurnal Polimesin*, 16(2), 30. <https://doi.org/10.30811/jpl.v16i2.558>.
- Wardani, F. D., & Budiarto, D. (2020). Perancangan Mock Up Cetakan Logam Alumunium Bekas Dengan Menggunakan Metode Rekayasa Nilai. 4(1), 42–51.
- Wijiati, Linda, and Utomo Kukuh. 2019. "Studi Eksperimen Perpindahan Panas Konveksi Paksa Pada Berkas Pin Fin Berpenampang Circular Dengan Susunan Aligned." 8(1).
- Yanto, H., Saputra, I., & Satoto, S. W. (2018). Analisa Pengaruh Temperatur dan Tekanan Injeksi Moulding terhadap Cacat Produk. *Jurnal integrasi*, 10(1), 1-6.
- Yuzan, M Ghiffari. 2021. "Pengaruh Perpindahan Panas Tabung Barrel Pada Mesin Extruder Plastik." 1(November): 1–8.

## LAMPIRAN

### 1. Permukaan Sendok Plastik Setelah di Inject



Tampak Hasil Setelah di Inject pada suhu 260°C



Tampak Hasil Setelah di Inject pada suhu 280°C

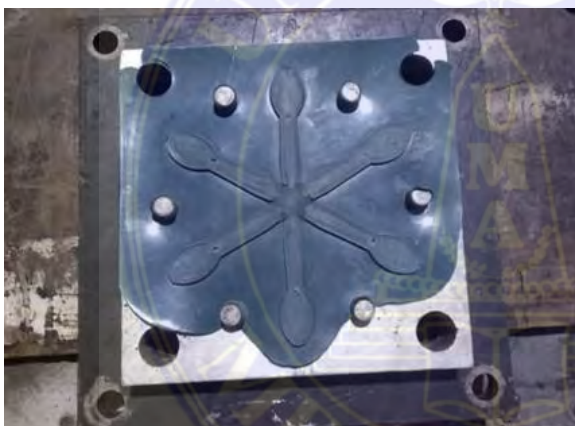


Tampak Hasil Setelah di Inject pada suhu 300°C

2. Permukaan Hasil Pada Saat Bahan di Dalam Mesin Inject



hasil pada saat bahan di dalam mesin inject pada suhu 260°C



hasil pada saat bahan di dalam mesin inject pada suhu 280°C



hasil pada saat bahan di dalam mesin inject pada suhu 300°C

### 3. Mesin Injection Molding

