

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PRODUKTIVITAS PRODUK KANCING BAJU PADA
INJECTION MOLDING BERBAHAN PLASTIK POLYPROPYLEN
(PP)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

FADHLURROHMAN
1907230182P



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Fadhlurrohman
NPM : 1907230182P
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisis produktivitas produk kancing baju pada *injection molding* berbahan plastik *Polypropylene* (PP)
Bidang ilmu : Kontruksi & Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai penelitian tugas akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 13 Desember 2021

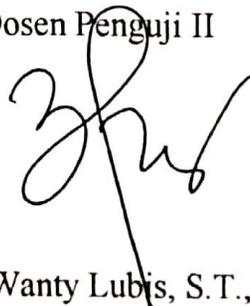
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji II



Riadini Wanty Lubis, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Khairul Umurani, S.T., M.T

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Chandra Amirsyah Putra Siregar S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Fadhlurrohman
Tempat / Tanggal Lahir : Langsa/06Mei 1997
NPM : 1907230182P
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhirsaya yang berjudul:

“Analisis Produktivitas Produk Kancing Baju Pada *Injection Molding* Berbahan Plastik *Polypropylene (PP)*”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/ kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 13 Desember 2021

Saya yang menyatakan,


Fadhlurrohman

ABSTRAK

Pembuatan produk berbahan plastik dilakukan dengan menggunakan metode *Plastic Injection Molding* (PIM). Metode *Injection Molding* merupakan proses pembentukan benda kerja dari material *compound* berbentuk butiran yang ditempatkan ke dalam suatu *hopper* dan masuk ke dalam silinder injeksi yang kemudian didorong melalui *nozzle*. Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut Biji Plastik *Polypropylene* (PP) dan suhu yang di pilih adalah 160°C, 170°C, 180°C, 190°C, 200°C. Dan pada suhu 200°C untuk hasil pengujian dapat dikatakan sempurna karena tidak terdapat kecacatan sama sekali tetapi warna kancing berubah menjadi kecoklatan. Dapat diketahui bahwa dengan berat 20gr biji plastik dapat menghasilkan 1 spesimen dengan membutuhkan waktu 22 menit. Suhu yang dapat digunakan untuk menciptakan kualitas produk kancing baju yang lebih baik adalah pada suhu pada heater 1 (T1) adalah 207°C dan suhu pada heater 2 (T2) adalah 223°C, sedangkan pada heater 3 (T1) adalah 241°C.

Kata kunci : Mesin *injection molding*, Suhu, kualitas produk, kancing baju

ABSTRACT

The manufacture of plastic products is carried out using the Plastic Injection Molding (PIM) method. Injection Molding method is the process of forming a workpiece from granular compound material which is placed into a hopper and enters the injection cylinder which is then pushed through the nozzle. The materials used in this research are as follows: Polypropylene (PP) Plastic Seeds and the selected temperatures are 160°C, 170°C, 180°C, 190°C, 200°C. And at 200°C the test results can be said to be perfect because there are no defects at all but the color of the buttons turns brown. It can be seen that with a weight of 20gr plastic seeds can produce 1 specimen in 22 minutes. The temperature that can be used to create a better quality buttoned shirt is the temperature on heater 1 (T1) is 207°C and the temperature on heater 2 (T2) is 223°C, while on heater 3 (T1) it is 241°C .

Keywords: Injection molding machine, temperature, product quality, shirt buttons

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Produktivitas Produk Kancing Baju Pada *Injection Molding* Berbahan Plastik *Polypropylene* (PP)” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan PTugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Khairul Umurani S.T, M.T. Selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T . Selaku Dosen Pembimbing I dan sekaligus Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Riadini Wanty Lubis, S.T., M.T Selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Orang tua penulis: Abdul Karim dan Siti Aminah, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
7. Sahabat-sahabat penulis: Rahmad Arjun, M Syarifudin, Ahmad Zharfan, Habib Kurniawan, Mhd Rusdi Nursidik, Tedi Prabowo, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, 13 Desember 2021

Fadhlurrohman

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PENYATAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan	2
1.4.1 Tujuan Umum	2
1.4.2 Tujuan Khusus	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Definisi Mesin Injeksi <i>Molding</i>	4
2.2. Proses Produksi Injeksi Plastik	5
2.3. Parameter Proses <i>Injection Molding</i>	7
2.4. Jenis Jenis Plastik	9
2.5. Bahan Baku	10
2.5.1 <i>Polypropylene (PP)</i>	10
2.6. Produktivitas	11
2.7. Cacat Produk <i>Injection Molding</i>	16
BAB 3 METODOLOGI	21
3.1 Tempat dan Waktu	21
3.1.1 Tempat	21
3.1.2 Waktu	21
3.2 Bahan dan Alat	22
3.2.1 Bahan	22
3.2.2 Alat	22
3.3 Diagram Alir	35
3.4 Prosedur Penelitian	36
BAB 4 ANALISA DATA	42
4.1 Data Hasil Pengujian Kancing baju	42
4.1.1 Pengujian pertama suhu 160°C	49
4.1.2 Pengujian kedua suhu 160°C	51
4.1.3 Pengujian ketiga suhu 160°C	52
4.1.4 Pengujian pertama suhu 170°C	53
4.1.5 Pengujian kedua suhu 170°C	55
4.1.6 Pengujian ketiga suhu 170°C	56
4.1.7 Pengujian pertama suhu 180°C	57
4.1.8 Pengujian kedua suhu 180°C	59
4.1.9 Pengujian ketiga suhu 180°C	60
4.1.10 Pengujian pertama suhu 190°C	61

4.1.11 Pengujian kedua suhu 190°C	63
4.1.12 Pengujian ketiga suhu 190°C	64
4.1.13 Pengujian pertama suhu 200°C	65
4.1.14 Pengujian kedua suhu 200°C	67
4.1.15 Pengujian ketiga suhu 200°C	68
4.2 Perhitungan Produktivitas	70
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	72
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Perbandingan <i>Specific Gravity</i> dari Berbagai Material Plastik	9
Tabel 2.2. <i>Temperature</i> Leleh Proses Termoplastik	10
Tabel 2.3 Spesifikasi <i>polypropylene</i>	11
Tabel 2.4. Pengujian Mesin	14
Tabel 3.1 <i>Timeline</i> Kegiatan	21
Tabel 4. 1 Hasil Pembuatan Kancing Baju	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mesin <i>Injection Molding</i> .	4
Gambar 2.2 Unit Mesin <i>Injection Molding</i>	6
Gambar 2.3 Serbuk PP (<i>polypropylene</i>)	11
Gambar 2. 4 Cacat Short-shot	16
Gambar 2. 5 Cacat Warpage	17
Gambar 2. 6 Pengukuran <i>Cacat Warpage</i>	18
Gambar 2. 7 Cacat <i>Weld Line</i>	19
Gambar 2. 8 Cacat <i>Sink Mark</i>	20
Gambar 3.1 Biji Plastik <i>Polypropylene</i> (PP)	22
Gambar 3.2 Mesin <i>Injection Molding</i>	22
Gambar 3. 3 Cetakan Bergerak (<i>Moving Mold</i>)	23
Gambar 3. 4 Cetakan Diam (<i>Stationary Mold</i>)	23
Gambar 3. 5 <i>Thermocouple</i>	24
Gambar 3. 6 Arduino Uno R3 SMD CH340	25
Gambar 3. 7 <i>Heater Band</i> 220V	26
Gambar 3. 8 Motor Stepper Nema 23 Torsi 2.2 Nm	26
Gambar 3. 9 Motor Stepper Nema 23 Torsi 3 Nm	27
Gambar 3. 10 Driver Motor TB660	28
Gambar 3. 11 Proportional Integral Derivative (PID) Rex C100	29
Gambar 3. 12 Solid State Relay (SSR) 40 A	29
Gambar 3. 13 Power Supply 20V 10A	30
Gambar 3. 14 Flame Gun	31
Gambar 3. 15 Thermometer Digital tipe K	31
Gambar 3. 16 Digital Tachometer Benetech GM 8905	32
Gambar 3. 17 Watt meter Voltase Kwh Checker	33
Gambar 3.18 Stopwacth	34
Gambar 3.19 Diagram Alir	36
Gambar 3.20 Pemasangan watt meter dengan mesin injection <i>molding</i> lalu menghubungkan kepada sumber daya	36
Gambar 3.21 Penyetelan suhu pada PID	37
Gambar 3.22 melakukan pemanasan kepada cetakan (<i> mold</i>)	37
Gambar 3.23 Mengukur kembali suhu heater menggunakan thermometer digital	38
Gambar 3.24 Mengukur suhu <i> mold</i> yang sudah di panaskan dengan flame gun	38
Gambar 3.25 Memasuk kan biji plastik Polypropylene (PP) kedalam penampung (hopper)	39
Gambar 3.26 Menekan tombol saklar	39
Gambar 3.27 Plastik yang sudah masuk penuh kedalam <i> mold</i>	40
Gambar 3.28 Hasil cetakan yang terdorong oleh ejector pin	40
Gambar 4. 1 <i>Polyprophylene</i> (PP)	43
Gambar 4. 2 Pemanasan <i> mold</i> awal	43
Gambar 4. 3 Pemanasan <i> mold</i> akhir	44
Gambar 4.4 Plastik yang sudah meleleh	44
Gambar 4.5 Pendinginan <i> mold</i>	45

Gambar 4. 6 Pengujian pendinginan 1 menit 30 detik	45
Gambar 4.7 Pendinginan <i> mold</i>	46
Gambar 4. 8 Pengujian pendinginan 2 menit 30 detik	46
Gambar 4.9 Pendinginan <i> mold</i>	47
Gambar 4. 10 Pengujian pendinginan 3 menit 30 detik	47
Gambar 4.11 Pendinginan <i> mold</i>	48
Gambar 4.12 Pengujian pendinginan 5 menit	48
Gambar 4.13 Pendinginan <i> mold</i>	49
Gambar 4.14 Pengujian pendinginan 6 menit	49
Gambar 4. 15 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID	50
Gambar 4. 16 Perbandingan suhu antara heater 3 dan silinder dengan PID	50
Gambar 4. 17 Hasil pengujian pertama suhu 160°C	50
Gambar 4. 18 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID	51
Gambar 4. 19 Perbandingan suhu antara heater 3 dan silinder dengan PID	51
Gambar 4. 20 Hasil pengujian kedua suhu 160°C	52
Gambar 4. 21 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID	52
Gambar 4. 22 Perbandingan suhu antara <i> heater 3</i> dan silinder dengan <i> PID</i>	53
Gambar 4. 23 Hasil pengujian ketiga suhu 160°C	53
Gambar 4. 24 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID	54
Gambar 4. 25 Perbandingan suhu antara heater 3 dan silinder dengan PID	54
Gambar 4.26 Hasil pengujian pertama suhu 170°C	54
Gambar 4. 27 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID	55
Gambar 4. 28 Perbandingan suhu antara heater 3 dan silinder dengan PID	55
Gambar 4. 29 Hasil pengujian kedua suhu 170°C	56
Gambar 4. 30 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID	56
Gambar 4. 31 Perbandingan suhu antara heater 3 dan silinder dengan PID	57
Gambar 4. 32 hasil pengujian ketiga suhu 170°C	57
Gambar 4. 33 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID	58
Gambar 4. 34 Perbandingan suhu antara heater 3 dan silinder dengan PID	58
Gambar 4. 35 Hasil pengujian pertama suhu 180°C	58
Gambar 4. 36 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID	59
Gambar 4. 37 Perbandingan suhu antara heater 3 dan silinder dengan PID	59
Gambar 4. 38 Hasil pengujian kedua suhu 180°C	60
Gambar 4. 39 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID	60
Gambar 4. 40 Perbandingan suhu antara heater 3 dan silinder dengan PID	61
Gambar 4. 41 Hasil pengujian ketiga suhu 180°C	61
Gambar 4. 42 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID	62
Gambar 4. 43 Perbandingan suhu antara heater 3 dan silinder dengan PID	62
Gambar 4. 44 Hasil pengujian pertama suhu 190°C	62
Gambar 4. 45 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID	63
Gambar 4. 46 Perbandingan suhu antara heater 3 dan silinder dengan PID	63
Gambar 4. 47 Hasil pengujian kedua suhu 190°C	64
Gambar 4. 48 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID	64
Gambar 4. 49 Perbandingan suhu antara heater 3 dan silinder dengan PID	65
Gambar 4. 50 Hasil pengujian ketiga suhu 190°C	65
Gambar 4. 51 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID	66
Gambar 4. 52 Perbandingan suhu antara heater 3 dan silinder dengan PID	66
Gambar 4. 53 Hasil pengujian pertama suhu 200°C	66

Gambar 4. 54 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID	67
Gambar 4. 55 Perbandingan suhu antara heater 3 dan silinder dengan <i>PID</i>	67
Gambar 4. 56 Hasil pengujian kedua suhu 200°C	68
Gambar 4. 57 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID	68
Gambar 4. 58 Perbandingan suhu antara heater 3 dan silinder dengan <i>PID</i>	69
Gambar 4. 59 Hasil pengujian ketiga suhu 200°C	69

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut (Heri Yanto 2018) pembuatan produk berbahan plastik dilakukan dengan menggunakan metode *Plastic Injection Molding* (PIM). Injeksi plastik merupakan proses pembentukan produk dari material plastik dengan variasi bentuk dan ukuran yang berbeda-beda. Metode *Injection Molding* merupakan proses pembentukan benda kerja dari material *compound* berbentuk butiran yang ditempatkan kedalam suatu *hopper* dan masuk ke dalam silinder injeksi yang kemudian didorong melalui *nozzle* dan *sprue bushing* ke dalam *cavity* dari *mold* yang sudah tertutup. Setelah beberapa saat didinginkan, *mold* akan dibuka dan benda jadi akan dikeluarkan dengan bantuan *ejector*.

Material yang sangat sesuai adalah material *thermoplastik*. Material ini akan melunak karena pemanasan dan sebaliknya akan memanas lagi bila didinginkan. Perubahan material ini hanya bersipat fisik bukan perubahan kimiawi sehingga memungkinkan untuk medaur ulang material sesuai dengan kebutuhan. Material plastik yang dipindahkan dari silinder pemanas, temperaturnya berkisar antara 117°C sampai 274°C atau sesuai rekomendasi dari manufaktur pembuat material plastik.

Semakin panas suhunya, material akan semakin encer (rendah viskositasnya) sehingga semakin mudah diinjeksi ke dalam *mold*. Setiap material memiliki karakter suhu *Molding* (*mold flow index*).

Terjadinya cacat produk saat proses pembuatan (*in-process*), akan mengakibatkan perubahan pada hasil akhir barang jadi (*final product*). Salah satu aspek terpenting dalam industri manufaktur adalah bagaimana secara berkelanjutan memproduksi *final product* yang berkualitas. Untuk itu perlu dilakukan pengendalian kualitas secara berkesinambungan. Salah satunya dengan mengendalikan kualitas di lini produksi (*inprocess*) untuk mengurangi terjadinya cacat produk. Bagian *in-process* harus cermat dan jeli dalam melakukan diagnosa

dan *adjustment* sehingga diharapkan produk akhir yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi pelanggan. Untuk itu akan dilakukan penelitian guna meningkatkan kualitas produk dengan cara mereduksi cacat produk berbahan dasar *polypropylene* (PP) pada proses pembuatannya. dalam hal cacat produk yang sering terjadi tersebut, dikarenakan belum terstandarisasinya setting parameter proses serta masih memakai cara *trial and error*.(Cahyadi, 2014)

Dari uraian di atas maka penulis mencoba melakukan penelitian sebagai tugas akhir yang berjudul “Analisa Produktivitas Produk Kancing Baju Pada *Injection Molding* Berbahan Plastik *Polypropylene* (PP)

1.2 Rumusan Masalah

Sehubungan dengan judul tugas akhir ini maka perumusan masalah yang diperoleh dalam tugas akhir sajana ini adalah bagaimana mengukur produktivitas produk kancing baju pada *injection molding* dengan menggunakan bahan baku plastik *polypropylene*

1.3 Ruang Lingkup

Pada proses pembuatan kancing baju dengan menggunakan mesin *injection Molding* plastic ini. Penulis perlu membatasi masalah pada produktivitas produk kancing baju dengan berbahan plastik *polypropylene*.

1.4 Tujuan

1.4.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dari tugas akhir ini adalah pemanfaatan sampah plastik menjadi suatu produk yang bernilai jual dengan menggunakan mesin *injection molding* plastik.

1.4.2 . Tujuan Khusus

1. Untuk menganalisis produktivitas produk kancing baju plastik berbahan *polypropylene*.
2. Untuk mendapatkan temperature yang terbaik pada pembuatan produk kancing baju dengan menggunakan mesin *injection molding*.

1.5 Manfaat Penelitian

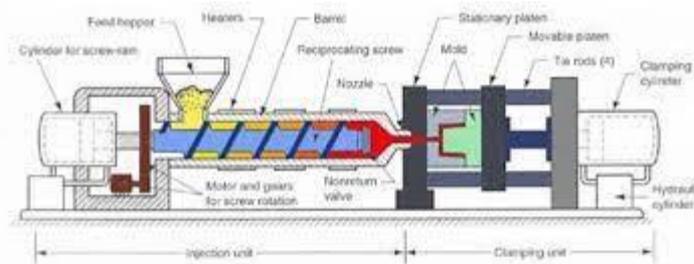
1. Dapat dijadikan sebagai referensi untuk penelitian berikutnya dengan tema yang sama.
2. Untuk Menambah ilmu pengetahuan dan wawasan mengenai produktivitas produk kancing baju.
3. Untuk mengaplikasikan ilmu yang telah didapat di bangku perkuliahan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Mesin *Injection Molding*

Injection molding adalah metode pencetakan plastik yang paling banyak digunakan dalam proses produksi plastik saat ini. Pada prinsipnya material plastik dimasukkan dalam tabung pemanas untuk dilelehkan, setelah meleleh plastik tersebut ditekan keluar oleh *screw* atau piston melalui *nozzle* untuk diinjeksikan kedalam *mold* yang telah tertutup. Material plastik yang dipindahkan dari tabung pemanas biasanya suhunya berkisar antara 177 derajat Celcius hingga 274 derajat Celcius. Semakin panas suhunya, plastik/material itu akan semakin encer (rendah viskositasnya) sehingga semakin mudah diinjeksi dan disemprotkan kedalam *mold* . Setiap material memiliki karakter suhu *molding* . Semakin lunak formulasinya yang berarti kandungan plastis tinggi, membutuhkan temperatur rendah, dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Mesin *Injection Molding*.

(<https://images.app.goo.gl/KQstBcfKGuxd93ta6>)

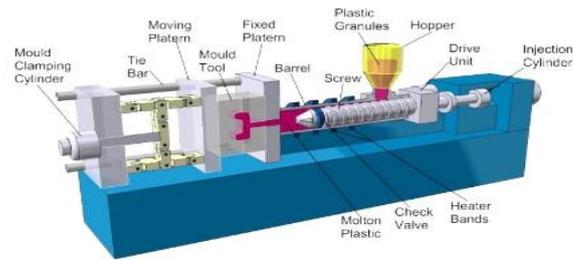
Pada dasarnya mesin *injection molding* terdiri dari beberapa bagian yaitu, *hopper*, *heater*, *nozzle*, *screw*, motor penggerak dan *mold* . *Hopper* berfungsi sebagai tempat masuknya material plastik ke dalam silinder mesin, *hopper* terletak pada bagian atas suatu mesin. *Heater* berfungsi untuk mencairkan material plastik yang ada dalam silinder dengan bantuan panas, *heater* terletak mengelilingi bagian

silinder. *Nozzle* adalah saluran keluar material plastik yang telah mencair menuju cetakan. *Screw* berfungsi untuk memindahkan material plastik dari *hopper* kemudian melewati bagian *heater* dan terakhir mendorong plastik yang telah meleleh keluar melalui *nozzle*, *screw* digerakkan oleh motor. Bagian yang terakhir yaitu *mold base*, *mold base* terpisah dari mesin berfungsi sebagai pembentuk produk. Material yang sesuai pada metode *injection molding* adalah *thermoplastik* karena material ini akan melunak karena panas dan mengeras lagi apabila didinginkan. Perubahan yang terjadi hanya bersifat fisik sehingga memungkinkan untuk proses daur ulang. Produk-produk yang dapat dihasilkan melalui proses ini seperti peralatan rumah tangga, peralatan kantor, dsb (Prapanca, 2015).

R A Siregar menyajikan proses desain dan pembuatan mesin cetak injeksi benchtop dan murah untuk digunakan sebagai peralatan belajar mengajar di laboratorium manufaktur. Perancangan menggunakan injeksi jenis plunger vertikal yang dilengkapi dengan sistem penjepitan. Volume laras maksimum 290 cc yang dikombinasikan dengan plunger injeksi 60 mm memberikan kapasitas ideal untuk lab. Proses konsep desain dan hasil tes pendahuluan dibahas. Laju aliran meningkat seiring dengan peningkatan kecepatan motor dan waktu pengepakan menurun seiring dengan peningkatan kecepatan motor. Pada 2500rpm laju alir 0.42m / s dan waktu pengepakan 15 detik (R A Siregar, 2017)

2.2 Proses Produksi Injeksi Plastik

Pencetakan produk dalam perancangan ini menerapkan proses injeksi (*injection molding*), dimana proses ini sangat sesuai untuk material *thermoplastik*, karena dengan pemanasan, material akan melunak dan akan mengeras kembali bila didinginkan. Material plastik yang berbentuk granulat/butiran ditempatkan dalam suatu corong (*hopper*) yang membuatnya masuk ke dalam silinder injeksi seperti ditunjukkan oleh Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Unit Mesin *Injection Molding*

Material yang sudah dipanasi dan mencair ini akan terus didorong melalui nozzle dan melewati *sprue bush* dalam rongga cetak (*cavity*) dari cetakan yang sudah tertutup. Setelah beberapa saat didinginkan, cetakan dibuka dan benda jadi yang sudah mengeras dikeluarkan dengan suatu mekanisme tertentu.

Adapun *injection molding* merupakan suatu proses yang bersifat siklus, artinya langkah kerja yang sama dilakukan berulang-ulang dengan suatu urutan yang telah ditentukan, secara terus menerus. Langkah kerja utama pada proses injeksi dapat dijelaskan sebagai berikut :

Langkah 1 : Cetakan menutup.

Langkah 2 : Injeksi dimulai, unit injeksi maju hingga nozzle merapat ke cetakan.

Langkah 3: Screw mulai berputar sehingga material yang telah mencair bergerak maju dengan tekanan yang tinggi dan diinjeksikan ke dalam *cavity*.

Langkah 4 : Fase *holding pressure*, yaitu material plastik dibiarkan sesaat dalam rongga cetakan sehingga membeku dan siap dikeluarkan.

Langkah 5 : Unit injeksi kembali mundur dengan maksud agar *sprue bush* tidak terkena panas dari nozzle.

Langkah 6 : Ulir/screw berputar ke arah berlawanan sehingga material plastik terdorong kembali ke ruang pengumpul.

Langkah 7 : Cetakan terbuka, produk serta runner dikeluarkan.

2.3 Parameter Proses *Injection Molding*

Untuk memperoleh benda cetak dengan kualitas hasil yang optimal, perlu mengatur beberapa parameter yang mempengaruhi jalannya proses produksi tersebut. Parameter-parameter suatu proses tentu saja ada yang berperan sedikit dan adapula yang mempunyai peran yang signifikan dalam mempengaruhi hasil produksi yang diinginkan. Biasanya orang perlu melakukan beberapa kali percobaan hingga ditemukan parameter-parameter apa saja yang cukup berpengaruh terhadap produk akhir benda cetak. Adapun parameter-parameter yang berpengaruh terhadap proses produksi plastik melalui metoda *injection molding* adalah:

a. Temperatur leleh (*melt temperature*)

Adalah batas temperatur dimana bahan plastik mulai meleleh kalau diberikan energi panas.

b. Batas tekanan (*pressure limit*)

Adalah batas tekanan udara yang perlu diberikan untuk menggerakkan piston guna menekan bahan plastik yang telah dilelehkan. Terlalu rendah tekanan, maka bahan plastik kemungkinan tidak akan keluar atau terinjeksi ke dalam cetakan. Akan tetapi jika tekanan udara terlalu tinggi dapat mengakibatkan tersemburnya bahan plastik dari dalam cetakan dan hal ini akan berakibat proses produksi menjadi tidak efisien.

c. Waktu tahan (*holding time*)

Adalah waktu yang diukur dari saat temperatur leleh yang di-set telah tercapai hingga keseluruhan bahan plastik yang ada dalam tabung pemanas benar-benar telah meleleh semuanya. Hal ini dikarenakan sifat rambatan panas yang memerlukan waktu untuk merambat ke seluruh bagian yang ingin dipanaskan. Dikhawatirkan jika waktu tahan ini terlalu cepat maka sebagian bahan plastik dalam

tabung pemanas belum meleleh semuanya, sehingga akan mempersulit jalannya aliran bahan plastik dari dalam *nozzle*.

d. Waktu penekanan (*holding pressure*)

Adalah durasi atau lamanya waktu yang diperlukan untuk memberikan tekanan pada piston yang mendorong plastik yang telah leleh. Pengaturan waktu penekanan bertujuan untuk meyakinkan bahwa bahan plastik telah benar-benar mengisi ke seluruh rongga cetak. Oleh karenanya waktu penekanan ini sangat tergantung dengan besar kecilnya dimensi cetakan (*mold*). Makin besar ukuran cetakan makin lama waktu penekan yang diperlukan.

e. Temperatur cetakan (*mold temperature*)

Yaitu temperatur pemanasan awal cetakan sebelum dituangi bahan plastik yang meleleh.

f. Kecepatan injeksi (*injection rate*)

Yaitu kecepatan lajunya bahan plastik yang telah meleleh keluar dari *nozzle* untuk mengisi rongga cetak. Untuk mesin-mesin injeksi tertentu kecepatan ini dapat terukur, tetapi untuk mesin-mesin injeksi sederhana kadang-kadang tidak dilengkapi dengan pengukur kecepatan ini.

g. Ketebalan dinding cetakan (*wall thickness*)

Menyangkut desain secara keseluruhan dari cetakan (*molding*). Semakin tebal dinding cetakan, semakin besar kemungkinan untuk terjadinya cacat *shrinkage*. Akurasi dimensi yang dibutuhkan bagi benda cetak *pneumatics* holder yang berfungsi sebagai dudukan katup-katup atau komponen pneumatik lainnya tergolong cukup tinggi. Untuk itu diperlukan desain proses yang baik agar hasil cetakan dapat memenuhi syarat fungsionalitas. Proses yang baik tentu saja harus mempertimbangkan parameter proses yang sesuai

sehingga hasil yang diharapkan dapat terpenuhi. Studi eksperimental ini melakukan percobaan pembuatan produk *pneumatics holder* dengan memvariasikan beberapa parameter proses pada mesin *injection molding* yang ada. Parameter proses meliputi: temperatur leleh (*melting point*), tekanan udara (*air pressure*), waktu penahanan (*holding time*), dan waktu penekanan (*pressure duration*). Hasil studi menunjukkan bahwa pemilihan parameter yang tepat sangat berpengaruh terhadap hasil benda cetak yang diinginkan, sehingga perlu dicari parameter terbaik untuk setiap benda cetak berdasarkan jenis bahan baku plastik yang ada. Selain itu, parameter temperatur leleh sangat signifikan pengaruhnya terhadap cacat *shrinkage* (Firdaus Firdaus, 2002)

2. 4 Jenis - Jenis Plastik

Bentuk Plastik merupakan material nonmetalik sintetik yang dapat dibentuk dengan menggunakan *casting*, *molding*, atau *extruding* dan bisa dikeraskan untuk mempertahankan yang diinginkan (Nugroho et al., 2014).

Menurut Syarief et al (1988), berdasarkan ketahanan plastik terhadap perubahan suhu, maka plastik dibagi menjadi dua, yaitu:

- a) *Thermoplastic* Jenis plastik ini meleleh pada suhu tertentu, melekat mengikuti perubahan suhu, bersifat *reversible* (dapat kembali ke bentuk semula atau mengeras bila di dinginkan). Contoh: *Polyethylene* (PE), *Polypropylene* (PP), *Polyethylene Terephthalate* (PET), *Poliviniclorida* (PVC), *Polistirena* (PS).

Tabel 2.1. Perbandingan *Specific Gravity* dari Berbagai Material Plastik.

Resin	Specific gravity
PP	0,85-0,90
LDPE	0,91-0,93
HDPE	0,93-0,96
Polistirena	1,05-1,08
ABS	0,99-1,10

PVC	1,15-1,65
Asetil Selulosa	1,23-1,34
Nylon	1,09-1,14
Poli Karbonat	1,20
Poli Asetat	1,38

Tabel 2.2. *Temperature* Leleh Proses Termoplastik

Processing Temperature Rate		
Material	oC	Of
ABS	180 – 240	356 – 464
Acetal	185 – 225	365 – 437
Acrylic	180 – 250	356 – 482
Nylon	260 – 290	500 – 554
Poly Carbonat	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

- b) *Thermoset* atau *thermodursisabel*. Jenis plastik ini 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 (Okatama, 2017)

2.5 Bahan Baku

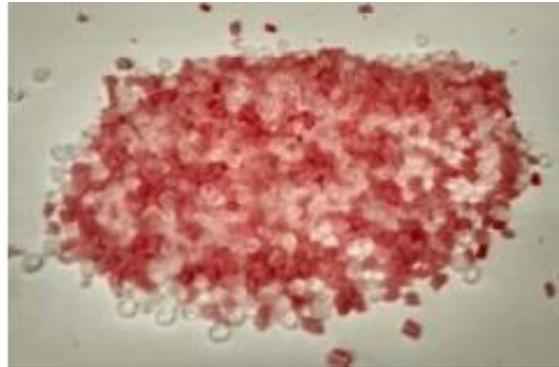
2.5.1 *Polypropylene* (PP)

Polypropylene adalah sebuah polimer termoplastik yang dibuat oleh produsen kimia. Plastik jenis *polypropylene* adalah plastik yang sangat banyak digunakan dalam kehidupan sehari - hari karena plastik jenis ini memiliki sifat, mekanis yang sangat baik, memiliki massa jenis yang rendah dan memiliki ketahanan panas yang tinggi serta memiliki kesetabilan dimensi yang baik. Data spesifikasi dari *Polypropylene* dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Spesifikasi *polypropylene*

Sifat-sifat	Satuan
Temperatur leleh (°C)	130 – 170
Massa jenis (gr/cm ³)	0,92
Kristalinitas (%)	60
Tg (°C)	10
Tm (°C)	176
Tegangan tarik (N/m ²)	30 - 40
<i>Hardness</i> (HB)	80

Sumber : Paraksanko A.W,2017



Gambar 2.3 Serbuk PP (*polypropylene*)
(Prasanko et al., 2017)

2.6 Produktivitas

Secara umum produktivitas merupakan hasil dari perbandingan antara output dan input. Secara filosofi produktivitas merupakan sikap mental yang selalu berusaha dan mempunyai pandangan bahwa suatu kehidupan hari ini lebih baik dari hari kemarin dan hari esok lebih baik dari hari ini. Secara teknis produktivitas merupakan perbandingan antara hasil yang dicapai dan keseluruhan sumber daya yang dipergunakan. Secara konseptual produktivitas adalah hubungan antara keluaran atau hasil organisasi dengan masukan yang diperlukan. Menurut Muchdarsyah Sinungan (2014), Produktivitas merupakan tingkatan efisiensi dalam memproduksi barang-barang atas jasa-jasa, dimana produktivitas mengutarakan cara pemanfaatan secara baik terhadap sumber-sumber dalam memproduksi

barang-barang. Produktivitas bertujuan untuk menyediakan lebih banyak barang dan jasa untuk lebih banyak manusia, dengan menggunakan sumber-sumber riil yang makin sedikit. (Meike Elsyé Beatrix, 2019)

Kohlers Dictionary for Accountant (1983), produktivitas didefinisikan sebagai hasil yang didapat dari setiap proses produksi yang menggunakan satu atau lebih faktor produksi. Produktivitas ini biasanya dihitung sebagai indeks atau perbandingan (ratio) output dibanding input dan dapat dinyatakan dalam ukuran fisik (*physical productivity*) dan ukuran finansial (*financial productivity*) Pada umumnya produktivitas mengacu pada rasio output dan input. Input disini termasuk jam kerja atau biaya, biaya produksi, dan biaya peralatan. Output terdiri dari penjualan, pendapatan, pasar, dan kesalahan (Waluyo, 2008)

Produktivitas Menurut Martono (2019) istilah produktivitas memiliki artian dalam banyak hal sehingga sering menimbulkan kesimpangsiuran, sebagian bisa diidentifikasi sebagai makna produktivitas dengan produksi, juga menganggap produktivitas sebagai ukuran biaya sumberdaya, serta kesamaan artian produktivitas dengan prestasi kerja. Pengertian produktivitas juga tidak terbatas hanya pada biaya produktivitas dan prestasi kerja yang tinggi, tetapi juga lebih luas dan komprehensif. Menurut Hamdani (2017) bahwa produktivitas merupakan kombinasi antara efektivitas dan efisiensi. Efektivitas terkait dengan kinerja dalam mencapai tujuan dan efisiensi terkait dengan penggunaan sumber daya. Jadi gunakan sumber daya sedikit mungkin untuk mencapai produktivitas dengan hasil sebesar mungkin. Menurut Sardi (2020), kata produktivitas merupakan kata yang terserap dari bahasa Inggris yaitu *productivity* yang artinya kegiatan pengukuran bagaimana sumber daya diatur serta dimanfaatkan untuk menghasilkan barang atau jasa agar mencapai hasil yang optimal. Produksi adalah kegiatan menghasilkan barang atau jasa. Sedangkan produktivitas terkait dengan penggunaan sumber daya (input) secara efektif dan efisien dalam produksi barang atau jasa (*output*) (Ramayanti, et al., 2020) Siklus produktivitas merupakan proses peningkatan produktivitas yang melibatkan struktur organisasi formal dari tingkatan atas ke tingkatan bawah. Karena memerlukan investasi jangka panjang untuk meningkatkan produktivitas, peningkatan produktivitas perlu dimasukkan ke

dalam rencana organisasi secara formal (Nugroho, 2018). Pengukuran pada produktivitas adalah alat penting manajemen untuk semua tingkatnya ekonomi. Penurunan pada produktivitas bisa ditandai dalam kurangnya terhadap inovasi, pencemaran lingkungan dan peraturan keamanan dan keselamatan yang ketat. (Maulana dan Lukmandono,2021). Setiap perusahaan perlu melakukan kegiatan pengukuran produktivitas untuk mengetahui bagaimana status kondisi pada perusahaan apakah tingkat produktivitas tersebut telah memenuhi standar yang telah ditetapkan atau belum (Ramadhan dan Walyo, 2020). Dengan dilakukannya pengukuran produktivitas, hasil pengukuran dapat dievaluasi secara langsung dalam beberapa cara (Suryanto dan Djunaidi, 2020):

1. Bandingkan hasil pengukuran dengan produktivitas standar yang ditetapkan oleh manajemen.
2. Melihat bagaimana kondisi perbaikan produktivitas meningkat dari waktu ke waktu.
3. Bandingkan dengan produktivitas industri serupa yang juga menghasilkan produk serupa. Merancang strategi peningkatan produktivitas harus berdasarkan identifikasi penyebab timbulnya produktivitas yang rendah serta diperoleh melalui analisis sebab akibat. Strategi harus didasarkan Informasi yang diperoleh dan analisis situasi yang telah dilakukan (Hadi, et al.,2018) Strategi ini mengupayakan agar pembuatan rencana - rencana untuk melibatkan semua pihak dalam organisasi. Berbagai dalam alternatif perlu juga menentukan tujuan untuk pencapaian dalam peningkatan produktivitas, dan kemudian dipilih prioritas mana yang akan diterapkan (Ali, et al., 2018). Menurut Ahmudi (2020), ada 4 cara dalam meningkatkan produktivitas, anantara lain:
 1. Jumlah *output* yang dihasilkan sama, dengan input atau sumber daya yang digunakan semakin menurun atau berkurang.
 2. Jumlah *output* yang dihasilkan meningkat, dengan input atau sumber daya yang digunakan tetapsama.
 3. Jumlah *output* yang dihasilkan dan input pada sumber daya yang digunakan juga meningkat, tetapi peningkatan *output* akhir lebih besar daripada peningkatan jumlah *input* yang digunakan.

4. Jumlah *output* yang dihasilkan dan *input* yang digunakan sama menurun, tetapi penurunan *input* yang digunakan hasilnya lebih besar daripada hasil penurunan *output*. (Firdaus & Santoso, 2021)

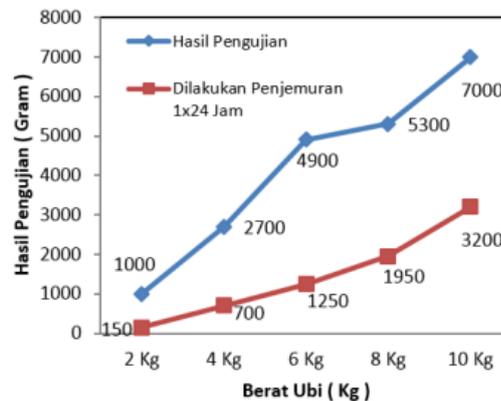
Tabel 2.4. Pengujian Mesin

No	Berat Ubi kayu (Kg)	Waktu (Menit)		Hasil Pengujian Basah (Gram)		Dilakukan Penjemuran 1x24 Jam (Gram)	
		parut	peras	Tepung	Ampas Ubi kayu	Tepung	Ampas Ubi kayu
1	2 Kg	5	11	1000	1200	150	480
2	4 Kg	8	13	2700	2200	700	1400
3	6 Kg	34	39	4900	4000	1250	2550
4	8 Kg	38	45	5300	5500	1950	3450
5	10 Kg	48	56	7000	7000	3200	4500
Total	30 Kg	153	164	20900	19900	7250	12380
Rata-rata	1 Kg	5,1	5,5	697	663	242	413

Pada proses produksi tersebut di atas dengan 5 kali pengujian total bahan seberat 30 Kg ubi dengan campuran air secukupnya. Waktu parut 153 menit dan waktu peras 164 menit atau waktu total 317 menit menghasilkan tepung basah 20900 gram, ampas ubi 19900 gram. Setelah dijemur menghasilkan tepung kering 1450 gram dan ampas ubi 2467 gram. Perbandingan hasil antara berat bahan dan hasil basah dan kering dapat dilihat pada Grafik 1.

1. Rata-rata kapasitas paru = $\frac{\text{berat ubi}}{\text{jumlah waktu}} \times 60 = \frac{30}{153} \times 60 = 12 \text{Kg/Jam}$
2. Rata-rata kapasitas peras = $\frac{\text{berat ubi}}{\text{jumlah waktu}} \times 60 = \frac{30}{164} \times 60 = 11 \text{Kg/Jam}$

Selisih kapasitas pamarut dan pemeras ubi kayu adalah = 1 Kg/Jam



Grafik 1. Berat Ubi Vs Hasil Pengujian

Penentuan besarnya efisiensi kapasitas produksi tepung dan efisiensi limbah dapat dilihat pada data tabel tersebut diatas dengan menggunakan perhitungan rumus efisiensi tepung

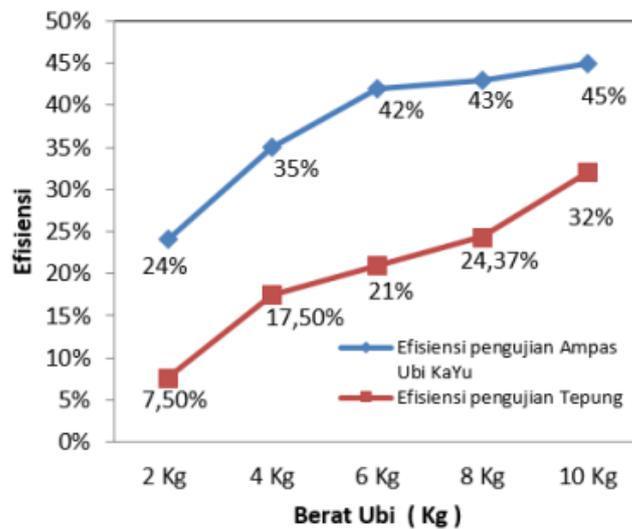
$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{hasil pengujian kering}}{\text{berat ubi kayu}} \times 100\%$$

Perhitungan rumus efisiensi Ampas Ubi

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{ampas ubi kayu kering}}{\text{berat ubi kayu}} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{ampas ubi kayu kering}}{\text{berat ubi kayu}} \times 100\%$$

Dimana hasil dari perhitungan dapat dilihat pada Grafik.2 dibawah.



Grafik.2 Berat Ubi vs Efisiensi Pengujian

Berdasarkan grafik diatas Berat Ubi vs Efisiensi pengujian dapat dijelaskan pada pengujian 2 kg mendapatkan hasil efisiensi pengujian ampas ubi kayu 24% dan pada efisiensi pengujian tepung 7,50%. Pada pengujian 4 kg mendapatkan hasil efisiensi pengujian ampas ubi kayu 35% dan efisiensi pengujian tepung 17,50%. Pada pengujian 6 kg mendapatkan hasil efisiensi pengujian ampas ubi kayu 42% dan efisiensi pengujian tepung 21%. Pada pengujian 8 kg mendapatkan hasil efisiensi pengujian ampas ubi kayu 43% dan efisiensi pengujian tepung 24,37%. Pada pengujian 10 kg mendapatkan hasil efisiensi pengujian ampas ubi kayu 45% dan efisiensi pengujian tepung 32%.

$$\text{Efisiensi rata-rata tepung} = \frac{\text{Total Efisiensi}}{\text{Jumlah Uji}} = \frac{102,7\%}{5} = 20,54 \%$$

$$\text{Efisiensi rata-rata ampas ubi} = \frac{\text{Total Efisiensi}}{\text{Jumlah Uji}} = \frac{189\%}{5} = 37,8\% \text{ (Jatmiko, 2018)}$$

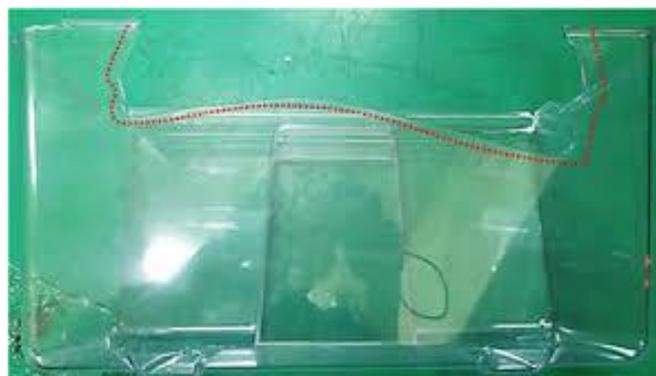
2.7 Cacat Produk Injection Molding

Kualitas akhir permukaan dari produk plastik injection *molding* merupakan karakteria utama dari standar kualitas produk. Namun keadaan ini tidak dapat mutlak dipenuhi sehingga sering kali terjadi gangguan/cacat produk yang dapat merusak penampilan produk. Cacat produk dapat ditimbulkan oleh berbagai faktor, baik yang bersumber pada factor parameter proses maupun faktor desain. Untuk mengatasi masalah cacat tersebut tentunya harus disesuaikan dengan bentuk dan gangguan atau cacat yang timbul serta pengaruh terhadap produk. Macam-macam cacat produk pada proses injection *molding* ialah warpage, sink mark, *Short shot*, *weld line*, *flash*, *air trapped* dan *incompletely fillet parts* (Wiyono & Dwi, 2014) Beberapa permasalahan yang sering ditemukan pada produk hasil *injection molding* antara lain:

1. Short-shot

Short-shot adalah cacat produk akibat pengisian yang tidak sempurna. Hal ini disebabkan beberapa hal antara lain:

1. Pelelehan biji plastik yang tidak sempurna.
2. Tekanan injeksi yang lemah.
3. Temperature *mold* yang rendah.
4. Udara tidak keluar dari *mold cavity*. Contoh gambar cacat *Short-shot* dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2. 4 Cacat Short-shot (Prasetya, 2015)

2 Sink or air bubble

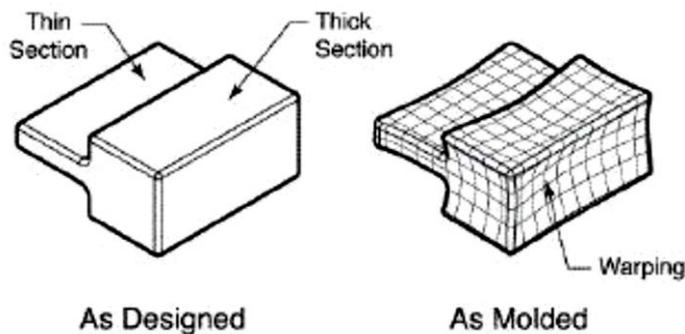
Sink adalah keadaan cacat produk berupa bentuk cembung pada permukaan, sedangkan *air bubble* ditemukan gelembung udara didalam produk. Hal ini biasa disebabkan oleh:

1. Perbedaan temperature pada dinding *mold* yang signifikan.
2. Tekanan injeksi yang rendah.
3. Temperature material yang tinggi.
4. Tidak cukup pendinginan pada cetakan.
5. Lubang keluar angin (*air vent*) terlalu kecil.

3. Warpage

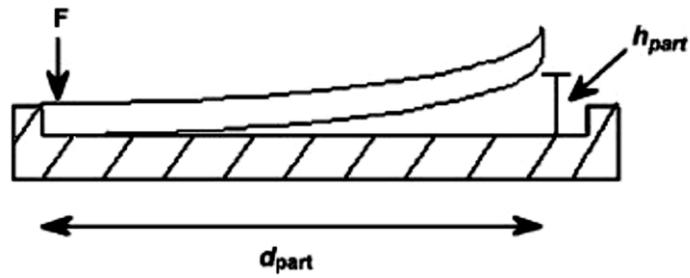
Warpage adalah kondisi cacat produk yang terlihat sebagai permukaan yang melengkung atau terbelit. Hal ini biasa diakibatkan oleh:

1. Pendinginan cetakan yang tidak seragam.
2. Perbedaan temperature yang tinggi disebagian cetakan.
3. Tekanan tunggu (*holding pressure*) yang rendah. Contoh gambar cacat *warpage* dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2. 5 Cacat Warpage (Prasetya, 2015)

Pengukuran cacat *warpage* dilakukan dengan menghitung selisih antara ketebalan produk yang sesuai spesifikasi dengan ketebalan hasil penginjeksian. Gambar pengukuran cacat *warpage* dapat dilihat pada Gambar 2.6



Gambar 2. 6 Pengukuran Cacat Warpage (Prasetya, 2015)

Persamaan 2. 1 merupakan rumus perhitungan cacat warpage :

$$W = h_{part} / d_{part} \quad (2.1)$$

4. Weld mark or flow mark

Weldmark merupakan cacat produk berupa garis dipermukaan produk yang disebabkan oleh:

1. Injeksi yang lambat.
2. Suhu peleburan yang rendah.
3. Suhu cetakan yang rendah.
4. Permukaan cetakan terkontaminasi minyak.
5. Udara tidak keluar dari cetakan dengan lancar.

5. Discolored *molding*

Discolored molding merupakan cacat berupa pelenturan warna pada produk.

Hal ini disebabkan oleh:

1. Temperature peleburan yang tinggi.
2. Proses peleburan material yang terlalu lama.
3. Pencampuran warna yang tidak stabil.

6. Black spot

Black spot adalah dimana keadaan cacat produk ditemukan seperti bitnik hitam pada produk, hal ini dipengaruhi oleh:

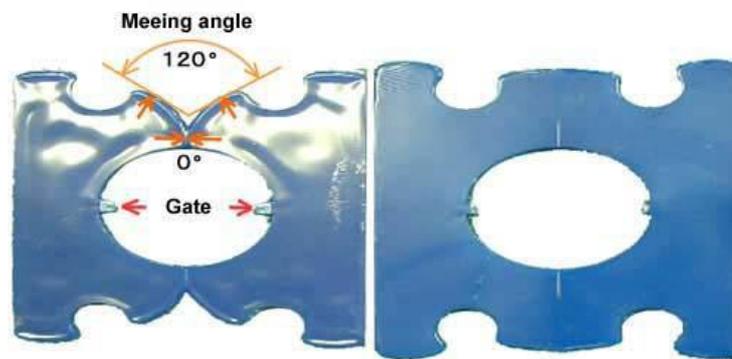
1. Kurang bersih saat penggantian material.
2. Material yang mengalami pemanasan/pengeringan yang berlebihan.

3. Proses pewarna yang tidak stabil.

7. Weld line

Weld line adalah dalah ketika dua atau lebih aliran lelehan depan material yang digambarkan dengan garis “V” sempit yang bertemu pada kedua ujung aliran lelehan material. Penyebab *weld line*:

1. Titik antara injeksi dan transfer terlalu dekat.
2. Waktu pendinginan terlalu singkat.
3. *Mold* atau material temperature terlalu rendah. Contoh gambar cacat *weld line* dapat dilihat pada Gambar 2.7



Gambar 2. 7 Cacat *Weld Line* (Prasetya, 2015)

8. Sink mark

Sink mark merupakan cekungan atau lengkungan yang terjadi pada permukaan luar pada komponen yang dibentuk. Penyebab *Sink mark*:

Loading time material terlalu cepat.

1. Kurangnya kemampuan pendingin dari *mold* tersebut.
2. Peningkatan suhu karena putaran *screw* terlalu cepat.
3. Temperature resin, temperature die, *injection speed*
4. terlalu tinggi atau rendah. Contoh gambar cacat *sink mark* dapat dilihat pada Gambar 2.8



Gambar 2. 8 Cacat *Sink Mark* (Prasetya, 2015)

9. Flashing

Flashing adalah jenis minor *defect* pada material artinya material masih bisa dikatakan ok tetapi harus dilakukan pembersihan pada produk. Penyebab *defect flashing*:

1. Kurangnya *pressure clamping mold* pada mesinnya.
2. Kurangnya kerapatan *mold* saat injeksi.
3. *Design* produk yang tidak sesuai dengan *mold*.
4. *Viscositas* dari material kurang. (Prasetya & Dwi, 2015)

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Adapun tempat pelaksanaan penelitian terhadap analisa produktivitas produk pembuata kancing baju pada mesin *injection molding* dengan menggunakan bahan plastik berjenis PP (*polypropylene*) dilakukan di Lab Manufaktur Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU).

3.1.2 Waktu

Adapun waktu penelitian ini adalah :

Tabel 3.1 *Timeline* Kegiatan

NO	Kegiatan Penelitian	Bulan (2021)													
		12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Studi Literatur	■													
2	Menentukan Bahan		■												
3	Pembuatan Alat			■											
4	Bimbingan				■										
5	Penyusunan Proposal					■									
6	Seminar Proposal						■								
7	Pembuatan Alat							■							
8	Pengujian								■						
9	Seminar Hasil												■		

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Biji Plastik *Polypropylene* (PP)

Biji plastik berfungsi sebagai bahan baku dalam proses pembuatan kancing baju, dapat dilihat pada Gambar 3.1



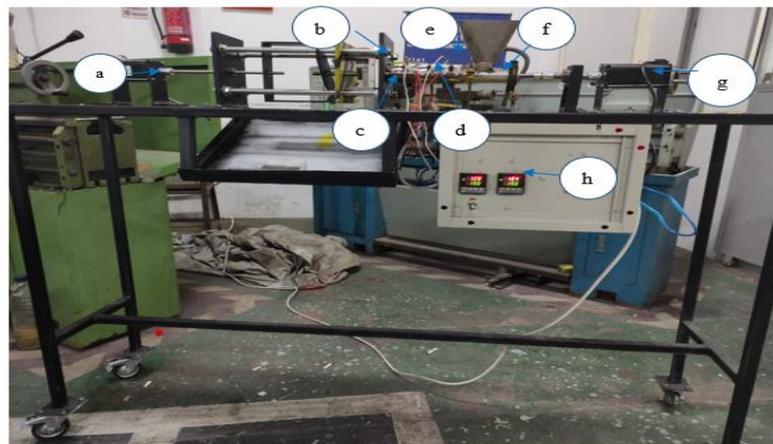
Gambar 3.1 Biji Plastik *Polypropylene* (PP)

3.2.2 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin *Injection Molding*

Mesin *Injection Molding* digunakan sebagai alat untuk membuat kancing baju, dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 3.2 Mesin *Injection Molding*

Keterangan :

- a. *Motor Stepper Nema 23 Torsi 2.2 Nm*
- b. *Cetakan Bergerak (Moving Mold)*
- c. *Cetakan Diam (Stationary Mold)*
- d. *Thermocouple tipe K*
- e. *Heater Band 220V*
- f. *Silinder*
- g. *Motor Stepper Nema 23 Torsi 3 Nm*
- h. *Proportional Integral Derivative (PID) Rex C100.*

2. *Cetakan (mold)*

Cetakan (mold) terbuat dari bahan *aluminium dural 7075* digunakan sebagai alat untuk mencetak kancing baju pada mesin *injection molding*, dapat dilihat pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4



Gambar 3. 3 *Cetakan Bergerak (Moving Mold)*



Gambar 3. 4 *Cetakan Diam (Stationary Mold)*

3. *Thermocouple* tipe K

Thermocouple tipe K digunakan sebagai alat untuk mengukur suhu pada heater saat proses pembuatan kancing baju dilakukan, dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3. 5 *Thermocouple*

Spesifikasi :

Panjang : 1m

Sensor diameter : 4.5mm

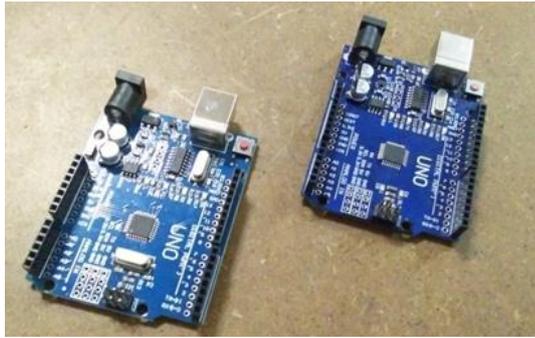
Rentang temperatur : 0- 400C

Internal Insulation : *Fiberglass External*

Shielding : *Insulated Shielding*

4. *Arduino Uno R3*

Arduino Uno R3 digunakan sebagai alat untuk mempermudah pembuatan sistem kontrol pada mesin *injection molding* baik yang berupa informasi maupun instrumentasi, dapat dilihat pada gambar 3.6



Gambar 3. 6 Arduino Uno R3 SMD CH340

Spesifikasi :

Microcontroller : ATmega328 SMD

Operating Voltage : 5V

Input Voltage : 7-12V

Digital I/O Pins : 14

Analog Input Pins : 6

Flash Memor : 32 KB

SRAM : 2 KB (ATmega328)

EEPROM : 1 KB (ATmega328)

Clock Speed : 16 MHz

5. *Heater Band 220V 120W*

Heater band digunakan sebagai alat untuk memanaskan dan mencairkan biji plastik didalam tabung silinder disaat plastik dialirkan oleh *srew* pada mesin *injection molding*, dapat dilihat pada gambar 3.7



Gambar 3. 7 Heater Band 220V

Spesifikasi :

Bahan : *Stainless steel, mica*

Voltage : AC 220V

Rated power : 120W

Diameter dalam : 29mm / 1.14 inch

Diameter luar : 35mm/1.38 inch

Tinggi : 37mm/1.46 inch

Berat : 68g

6. *Motor Stepper Nema 23 Torsi 2.2 Nm*

Motor Stepper nema 23 torsi 2.2 Nm suatu alat penggerak yang digunakan untuk memutar *srew* dan *mold* pada mesin *injection molding*, dapat dilihat pada gambar 3.8



Gambar 3. 8 Motor Stepper Nema 23 Torsi 2.2 Nm

Spesifikasi :

Derajat gerak : 1.8 derajat (200 step/rotasi)

Torsi : 2.2 Nm atau sekitar 22Kg/cm

Diameter *shaft* : 6.35/8mm

Berat : 1150 gram

Arus *rated* : 2.8A

Dimensi motor: 57 x 57 x 83 mm

7. *Motor Stepper Nema 23 Torsi 3 Nm*

Motor Stepper nema 23 torsi 3 Nm suatu alat penggerak yang digunakan untuk memutar *srew* dan *mold* pada mesin *injection molding*, dapat dilihat pada gambar 3.9



Gambar 3. 9 Motor Stepper Nema 23 Torsi 3 Nm

Spesifikasi :

Derajat gerak : 1.8 derajat (200 step/rotasi)

Torsi : 3Nm / 30 Kg/cm

Diameter *shaft* : 8mm

Berat : 1750 gram

Arus *rated* : 3A

Dimensi motor: 57 x 57 x 112 mm

8. *Driver Motor Tb660*

Driver Motor TB6600 berfungsi sebagai pengendali kerja motor stepper, dapat dilihat pada gambar 3.10



Gambar 3. 10 Driver Motor TB660

Spesifikasi :

Tipe : *Driver Motor* Mikro Step

Tegangan masukan : 12-40V

Arus masukan : 0-5A

Arus keluaran : 0-4A

Tegangan sinyal : 3.3 - 40V

Daya maksimal : 160W

Berat : 200 gr

9. *Proportional Integral Derivative (PID) Rex C100*

Proportional Integral Derivative (PID) Rex C100 berfungsi sebagai pengatur temperature panas yang dihasilkan oleh heater, dapat dilihat pada gambar 3.11



Gambar 3. 11 Proportional Integral Derivative (PID) Rex C100
Spesifikasi :

<i>Measuring accuracy</i>	: 0.5%FS
<i>Cold-end compensation tolerance</i>	: ~2C
<i>power supply</i>	: AC100 to 240V
<i>Relay output</i>	: 250V AC 3A
Rentang temperatur	: 0 to 400C
Konsumsi daya	: 10 VA

10. *Solid State Relay (SSR) 40 A*

Solid State Relay (SSR) 40 A berfungsi penghubung dan pemutus arus pada *heater* yang berasal dari *power supply* atas perintah *PID* setelah mencapai suhu yang diinginkan, dapat dilihat pada gambar 3.12



Gambar 3. 12 Solid State Relay (SSR) 40 A

Spesifikasi :

Output Current : 40A

Input Voltage : DC 3-32V

Output Voltage : 24-380VAC

11. *Power Supply 20V 10A*

Power Supply 20V 10A berfungsi sebagai sumber arus yang kemudian disalurkan ke komponen *injection molding*, dapat dilihat pada gambar 3.13



Gambar 3. 13 Power Supply 20V 10A

Spesifikasi :

Input : AC110-220V 50/60Hz

Output: : DC 12V / 2A 5A 8A 10A 12.5A 15A 20A
30A

L, N : AC power input

GND : DC power output "-"

V : DC power output "+"

+V / ADJ : Adjust the output voltage

Temperatur kerja : 0 ~ 40°C

12. *Flame Gun*

Flame Gun berfungsi untuk membantu memanaskan cetakan (*mold*) untuk pertama kali setelah mesin *injection molding* dihidupkan, dapat dilihat pada gambar 3.14



Gambar 3. 14 Flame Gun

13. *Thermometer Digital tipe K*

Thermometer digunakan untuk mengukur perbandingan suhu pada heater agar lebih akurat, dapat dilihat pada gambar 3.15



Gambar 3. 15 Thermometer Digital tipe K

Spesifikasi :

J-type : -210°C to 1200°C (-346°F to 2192°F)

K-type : -200°C to 1372°C (-328°F to 2501°F)

T-type : -250°C to 400°C (-418°F to 752°F)

E-type: : -150°C to 1000°C (-238°F to 1832°F)

N-type : -200°C to 1300°C (-328°F to 2372°F)

R-and S-type : 0°C to 1767°C (32°F to 3212°F)

Power supply : 3 x1.5V AAA Battery

Dimensi : 14.5 x 7 x2.8cm

Berat : 126g

14. *Digital Tachometer Benetech GM 8905*

Tachometer digunakan untuk mengukur *rpm* motor *stepper nema 23* yang digunakan, dapat dilihat pada gambar 3.16



Gambar 3. 16 Digital Tachometer Benetech GM 8905

Spesifikasi :

LCD Monitor : five large-screen LCD display, character height 18mm

Unit : rpm

Rentang : 2.5-99999rpm

Test distance : 50-500mm

Time base : quartz crystal

Automatic shutdown no key operation, the instrument will be turned off after 61s

15. *Watt Meter Voltase Kwh Checker*

Watt meter Voltase Kwh Checker digunakan untuk mengukur daya yang digunakan pada mesin *injection molding*, dapat dilihat pada gambar 3.17



Gambar 3. 17 Watt meter Voltase Kwh Checker

Spesifikasi :

Tegangan AC : 160 ~ 280 V

Daya : 1 ~ 3000W

Konsumsi Energi : 0.0001 ~ 999.9 kWh

Biaya : 0 ~ 9999\$

Kondisi Rasio Operasi : 0 ~ 100%

Waktu Pemakaian/Operasi : 0 ~ 60 menit sampai 24 jam sampai
999 hari

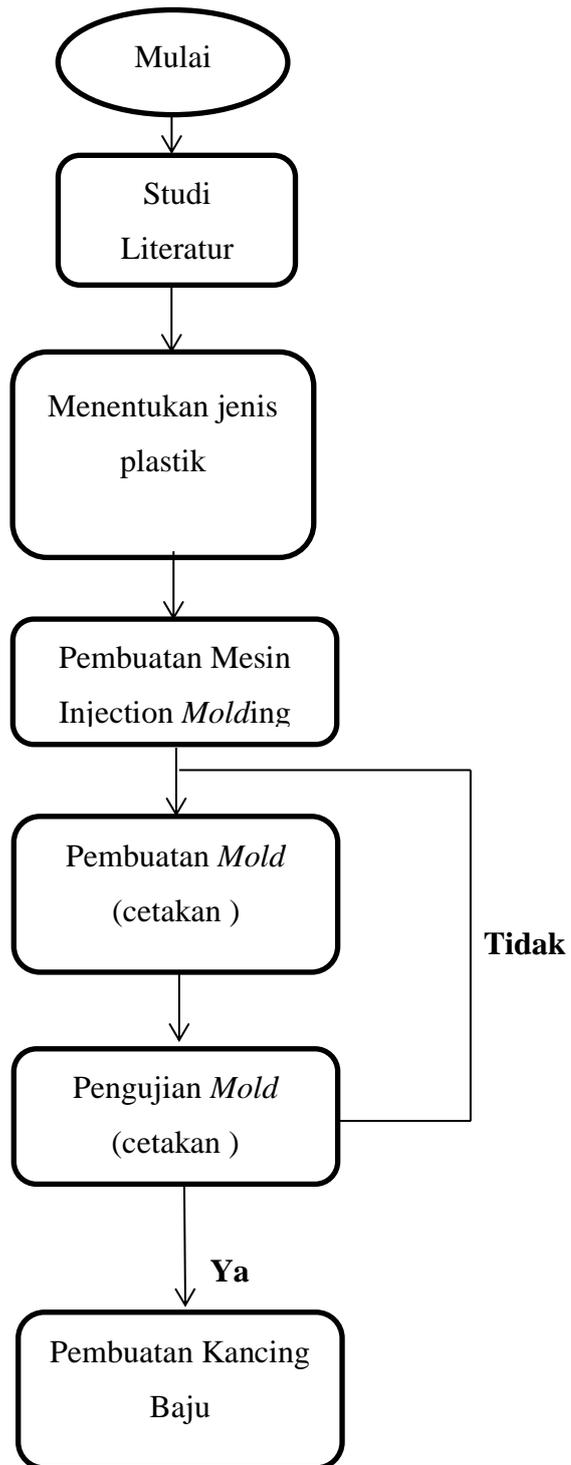
16. *Stopwacth* (Pengitung Waktu)

Stopwatch digunakan untuk menghitung waktu pada saat proses pembuatan kancing baju, dapat dilihat pada Gambar 3.18



Gambar 3.18 *Stopwacth*

3.3 Diagram Alir





Gambar 3.19 Diagram Alir

3.4. Prosedur Penelitian

Agar proses pembuatan produk berjalan dengan baik maka harus mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:

- 1 Menentukan suhu pemanasan serta suhu pendinginan yang tepat untuk melakukan pembuatan kancing baju.
- 2 Menentukan beberapa variasi suhu yang akan digunakan untuk pembuatan kancing baju pada mesin *injection molding*, dan suhu yang di pilih adalah 160°C, 170°C, 180°C, 190°C, 200°C dengan masing masing 3 kali percobaan.
- 3 Memasangkan *Watt meter voltase Kwh hecker* dengan mesin *injection molding* lalu menghubungkan kepada sumber daya, seperti pada gambar 3.20



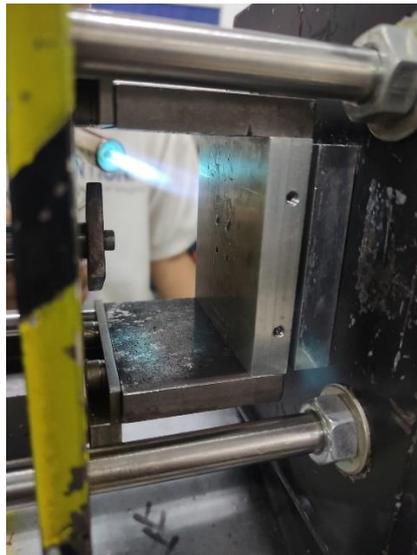
Gambar 3.20 Pemasangan watt meter dengan mesin *injection molding* lalu menghubungkan kepada sumber daya

- 4 Menyetel suhu pemanasan yang diinginkan pada *proportional integral derivative (PID) Rex C100* yang berada dipanel control, seperti pada gambar 3.21



Gambar 3.21 Penyetelan suhu pada PID

- 5 Sembari menunggu *heater* (pemanas) mencapai suhu yang telah ditentukan, dilakukan pemanasan kepada cetakan (*mold*) dengan menggunakan *flame gun*, seperti pada gambar 3.22



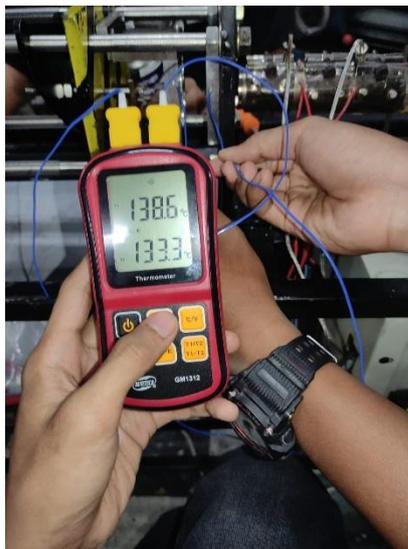
Gambar 3.22 melakukan pemanasan kepada cetakan (*mold*)

- 6 Mengukur kembali suhu *heater* menggunakan *thermometer digital* untuk memastikan dan membandingkan suhu heater yang tertera di *pid* dengan yang ada di *thermometer*, seperti pada gambar 3.23



Gambar 3.23 Mengukur kembali suhu heater menggunakan thermometer digital

- 7 Mengukur juga suhu *mold* yang sudah di panaskan dengan *flame gun* menggunakan *thermometer digital* , seperti pada gambar 3.24



Gambar 3.24 Mengukur suhu *mold* yang sudah di panaskan dengan *flame gun* .

- 8 Selanjutnya masukan bahan yaitu biji plastik *Polypropylene (PP)* dengan berat yang sudah di tentukan kedalam penampung (*hopper*), seperti pada gambar 3.25

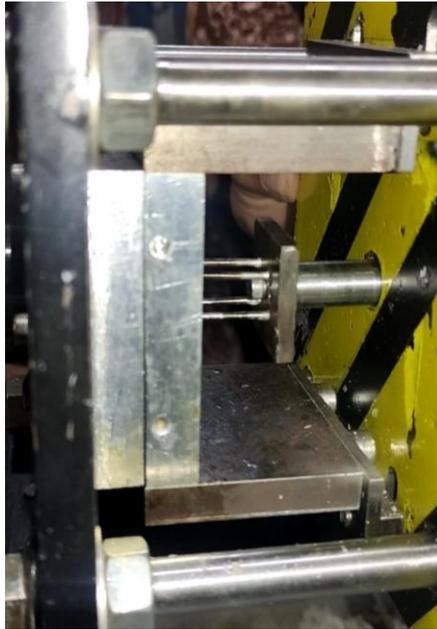


Gambar 3.25 Memasukkan biji plastik Polypropylene (PP) ke dalam penampung (hopper).

- 9 Menekan tombol saklar yang ada pada panel kontrol untuk menghidupkan motor *stepper* agar biji plastik yang telah masuk ke dalam silinder terdorong oleh *screw* yang berputar sambil dipanaskan oleh *heater* dengan suhu yang sudah ditentukan sehingga plastik meleleh yang kemudian akan disemprotkan oleh *nozzle* ke dalam *cavity* (cetakan), seperti pada gambar 3.26 dan 3.27



Gambar 3.26 Menekan tombol saklar



Gambar 3.27 Plastik yang sudah masuk penuh kedalam *mold*

10 Setelah proses pendinginan motor *stepper* penggerak *mold* bergerak akan bergerak mundur dan menarik *mold* yang bergerak sehingga *ejector pin* yang ada dibelakang *mold* bergerak akan masuk kedalam *mold* dan mendorong keluar plastik yang ada di dalam *mold* dan hasil cetakan akan jatuh ketempat penampungan, seperti pada gambar 3.28



Gambar 3.28 Hasil cetakan yang terdorong oleh *ejector pin*

- 11 Motor *stepper* penggerak *mold* bergerak akan kembali maju, untuk proses pengisian kembali plastik kedalam *mold*.
- 12 Mengamati dan menganalisa hasil kancing baju yang telah dibuat
- 13 Mengulangi langkah 4 sampai 10 sebanyak 3 kali sesuai dengan suhu yang telah ditentukan.

BAB 4

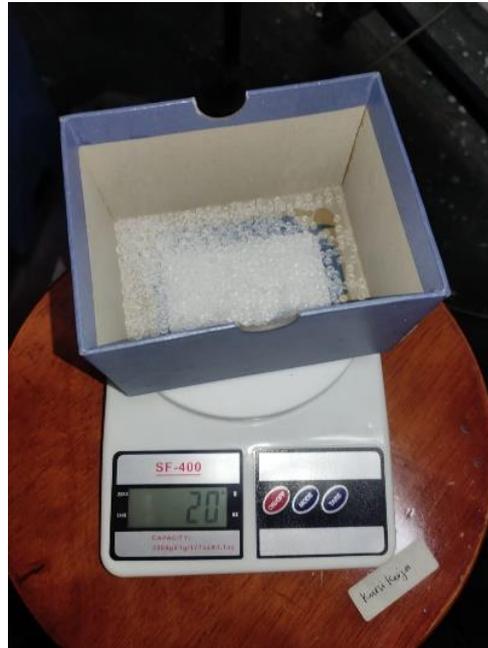
ANALISA DATA

4.1 Data Hasil Pengujian Kancing Baju Plastik

Penelitian ini memerlukan beberapa ukuran dari alat dan bahan yang digunakan sebagai bahan menganalisa kecacatan pada kancing plastik, produk hasil dari mesin *injection molding*.

1. Variasi suhu pemanasan : 160°C, 170°C, 180°C, 190°C, 200°C
2. Bahan : *Polypropylene (PP)*
3. Daya mesin *injection molding* : 385,2W
4. Energi mesin *injection molding* : 0,704328 kWh
5. Tegangan mesin *injection molding* : 236 V
6. Rpm motor stepper : 125 rpm
7. Suhu pemanasan untuk *mold* diam : 166°C
8. Suhu pemanasan untuk *mold* bergerak : 121°C
9. Lama waktu pemanasan *mold* : 8 menit
10. Suhu pendinginan untuk *mold* diam : 71°C
11. Suhu pendinginan untuk *mold* bergerak : 63°C
12. Lama waktu pendinginan *mold* : 6 menit

Sebelum melakukan pengujian terlebih dahulu persiapkan bahan biji plastik *Polypropylene (PP)* dengan berat 20gr. Seperti pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 *Polypropylene (PP)*

Setelah bahan telah dipersiapkan langkah selanjutnya adalah panaskan *mold* menggunakan *flame gun*, dengan waktu pemanasan 8 menit dan diukur menggunakan aplikasi PLX-DAX (*Parallax Data Acquisition*), suhu pemanasan untuk *mold* diam 166°C dan suhu pemanasan untuk *mold* bergerak 121°C Seperti pada gambar 4.2. dan gambar 4.3.

	A	B	C	D	E	F	G	H
	Waktu	Aliran Air L/Min)	Suhu 1	Suhu 2	Suhu 3	Suhu 4	Suhu 5	Suhu 6
1								
2	12:53:29	nan	0	nan	nan	31	47,5	nan
3	12:53:30	nan	0	nan	nan	30,75	48,25	nan
4	12:53:31	nan	0	nan	nan	31,5	49,25	nan
5	12:53:33	nan	0	nan	nan	31,25	49	nan
6	12:53:34	nan	0	nan	nan	31,5	49,75	nan
7	12:53:35	nan	0	nan	nan	31,5	49,25	nan
8	12:53:36	nan	0	nan	nan	31,75	50,25	nan
9	12:53:37	nan	0	nan	nan	31	50	nan
10	12:53:39	nan	0	nan	nan	31,5	50,25	nan
11	12:53:40	nan	0	nan	nan	31,5	50,25	nan
12	12:53:41	nan	0	nan	nan	31,5	50,25	nan
13	12:53:42	nan	0	nan	nan	31,75	51,25	nan

Gambar 4. 2 Pemanasan *mold* awal

pemanasan - Excel

File Home Insert Draw Page Layout Formulas Data Review View Help Tell me what you want to do

Clipboard Font Alignment Number Styles

SECURITY WARNING Macros have been disabled. Enable Content

	A	B	C	D	E	F	G	H
385	13:01:13	nan	0	nan	nan	104,75	140,5	nan
386	13:01:16	nan	0	nan	nan	105,75	141,75	nan
387	13:01:16	nan	0	nan	nan	106,5	143,5	nan
388	13:01:17	nan	0	nan	nan	108,75	145,75	nan
389	13:01:18	nan	0	nan	nan	110,5	148	nan
390	13:01:20	nan	0	nan	nan	112,25	150,75	nan
391	13:01:21	nan	0	nan	nan	114,5	153,25	nan
392	13:01:22	nan	0	nan	nan	116,25	156,25	nan
393	13:01:23	nan	0	nan	nan	118	159	nan
394	13:01:24	nan	0	nan	nan	119,75	161,75	nan
395	13:01:26	nan	0	nan	nan	120,75	164,25	nan
396	13:01:27	nan	0	nan	nan	121	166	nan
397								
398								
399								

Gambar 4. 3 Pemanasan *mold* akhir

Setelah pemanasan *mold* dilakukan dan menghasilkan suhu yang telah ditentukan, maka biji plastik yang sudah panas akan keluar dari *mold*, seperti pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Plastik yang sudah meleleh

Sebelum melakukan pengujian terhadap hasil dari kancing baju, terlebih dahulu dilakukan pengujian pendinginan untuk mendapatkan hasil pendinginan yang optimal dan diukur menggunakan aplikasi PLX-DAX (*Parallax Data Acquisition*), suhu pemanasan untuk *mold* diam 149°C dan

suhu pemanasan untuk *mold* bergerak 119°C Untuk pengujian pendinginan pertama menggunakan waktu 1 menit 30 detik dan hasil nya plastik masih terlalu basah dan lengket, seperti pada gambar 4.5 dan 4.6.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Waktu	Aliran Air L/Min)	Suhu 1	Suhu 2	Suhu 3	Suhu 4	Suhu 5	Suhu
2	13:16:18	nan	0	nan	nan	119,75	149	nan
3	13:16:19	nan	0	nan	nan	119,25	148	nan
4	13:16:21	nan	0	nan	nan	118,75	147	nan
5	13:16:22	nan	0	nan	nan	117,75	146,25	nan
6	13:16:23	nan	0	nan	nan	118	145,75	nan
7	13:16:24	nan	0	nan	nan	117,25	144,75	nan
8	13:16:25	nan	0	nan	nan	116,75	144	nan
9	13:16:27	nan	0	nan	nan	116,25	142,75	nan
10	13:16:28	nan	0	nan	nan	115,75	142	nan
11	13:16:29	nan	0	nan	nan	115,25	142	nan
12	13:16:30	nan	0	nan	nan	115	141,25	nan

Gambar 4.5 Pendinginan *mold*



Gambar 4. 6 Pengujian pendinginan 1 menit 30 detik

Untuk pengujian pendinginan ke 2 dengan waktu 2 menit 30 detik dan diukur menggunakan aplikasi PLX-DAX (*Parallax Data Acquisition*), suhu pemanasan untuk *mold* diam 97°C dan suhu pemanasan untuk *mold* bergerak 84°C hasilnya bagian pinggir kancing sudah mulai mengering tetapi bagian tengah nya masih terlalu cair dan lengket, seperti pada gambar 4.7 dan 4.8.

Microsoft Excel spreadsheet titled "pendinginan - Excel" showing a data table with columns A through H and rows 101 through 114. The table contains time values in column A, 'nan' values in column B, '0' values in column C, and numerical values in columns F and G. A security warning banner is visible at the top of the spreadsheet area.

	A	B	C	D	E	F	G	H
101	13:18:18	nan	0	nan	nan	84,25	97,5	nan
102	13:18:19	nan	0	nan	nan	84,5	97,5	nan
103	13:18:21	nan	0	nan	nan	83,5	97	nan
104	13:18:22	nan	0	nan	nan	83,5	96,75	nan
105	13:18:23	nan	0	nan	nan	83,75	96	nan
106	13:18:24	nan	0	nan	nan	83,25	96,25	nan
107	13:18:25	nan	0	nan	nan	83,25	95,5	nan
108	13:18:27	nan	0	nan	nan	82,5	95,75	nan
109	13:18:28	nan	0	nan	nan	82,75	95,5	nan
110	13:18:29	nan	0	nan	nan	82,25	95	nan
111	13:18:30	nan	0	nan	nan	82,25	94,75	nan
112	13:18:32	nan	0	nan	nan	82,25	94,25	nan
113	13:18:33	nan	0	nan	nan	81,75	94,5	nan
114	13:18:34	nan	0	nan	nan	81,25	94	nan

Gambar 4.7 Pendinginan *mold*



Gambar 4. 8 Pengujian pendinginan 2 menit 30 detik

Untuk pengujian pendinginan ke 3 dengan waktu 3 menit 30 detik dan diukur menggunakan aplikasi PLX-DAX (*Parallax Data Acquisition*), suhu pemanasan untuk *mold* diam 86°C dan suhu pemanasan untuk *mold* bergerak 74°C hasilnya bagian pinggir kancing sudah lebih mengering tetapi bagian tengahnya masih terlalu cair dan lengket, seperti pada gambar 4.9 dan 4.10.

Microsoft Excel screenshot showing a data table for mold cooling. The table has columns A through H and rows 150 through 163. The data is as follows:

	A	B	C	D	E	F	G	H
150	13:19:18	nan	0	nan	nan	74,75	86,75	nan
151	13:19:19	nan	0	nan	nan	75	86,5	nan
152	13:19:20	nan	0	nan	nan	75	85,75	nan
153	13:19:21	nan	0	nan	nan	74,75	86	nan
154	13:19:22	nan	0	nan	nan	73,75	85,75	nan
155	13:19:24	nan	0	nan	nan	74,75	85,75	nan
156	13:19:25	nan	0	nan	nan	74,25	85,5	nan
157	13:19:26	nan	0	nan	nan	74	85,25	nan
158	13:19:27	nan	0	nan	nan	73,75	85,25	nan
159	13:19:29	nan	0	nan	nan	73,75	85	nan
160	13:19:30	nan	0	nan	nan	74	85	nan
161	13:19:31	nan	0	nan	nan	73,75	84,75	nan
162	13:19:32	nan	0	nan	nan	73,75	84,5	nan
163	13:19:33	nan	0	nan	nan	73,25	84,5	nan

Gambar 4.9 Pendinginan *mold*

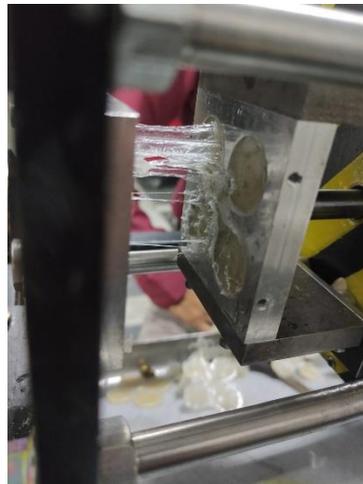


Gambar 4. 10 Pengujian pendinginan 3 menit 30 detik

Untuk pengujian pendinginan ke 4 dengan waktu 5 menit dan diukur menggunakan aplikasi PLX-DAX (*Parallax Data Acquisition*), suhu pemanasan untuk *mold* diam 80°C dan suhu pemanasan untuk *mold* bergerak 69°C hasilnya sebagian besar dari kancing sudah mengering tetapi masih ada beberapa bagian yang lengket, seperti pada gambar 4.11 dan 4.12.

	A	B	C	D	E	F	G	H
200	13:20:18	nan	0	nan	nan	69	80,25	nan
201	13:20:19	nan	0	nan	nan	69	79,5	nan
202	13:20:21	nan	0	nan	nan	68,25	79,25	nan
203	13:20:22	nan	0	nan	nan	68,75	79,25	nan
204	13:20:23	nan	0	nan	nan	68,75	79,25	nan
205	13:20:24	nan	0	nan	nan	68,5	79	nan
206	13:20:26	nan	0	nan	nan	68,25	79	nan
207	13:20:27	nan	0	nan	nan	68	79	nan
208	13:20:28	nan	0	nan	nan	68,25	79	nan
209	13:20:29	nan	0	nan	nan	68,25	78,5	nan
210	13:20:30	nan	0	nan	nan	68	78,75	nan
211	13:20:32	nan	0	nan	nan	67,75	78,5	nan
212	13:20:33	nan	0	nan	nan	67,25	78,75	nan
213	13:20:34	nan	0	nan	nan	67,75	78,25	nan

Gambar 4.11 Pendinginan *mold*

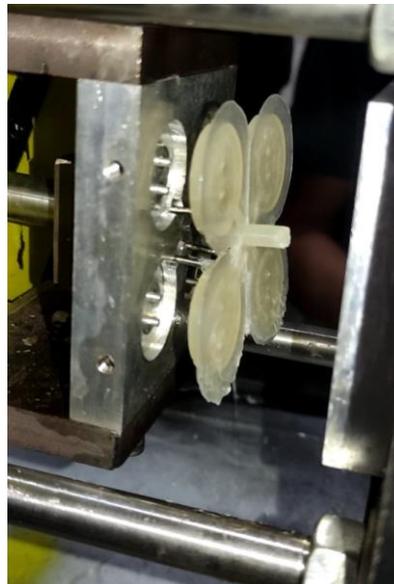


Gambar 4.12 Pengujian pendinginan 5 menit

Untuk pengujian pendinginan ke 5 dengan waktu 6 menit hasilnya kancing baju sudah mengering sepenuhnya dan diukur menggunakan aplikasi PLX-DAX (*Parallax Data Acquisition*), suhu pemanasan untuk *mold* diam 71°C dan suhu pemanasan untuk *mold* bergerak 63°C dan ketika *mold* nya mundur kancing baju dapat terlepas dari *mold*, seperti pada gambar 4.13 dan 4.14

	A	B	C	D	E	F	G	H
290	13:22:07	nan	0	nan	nan	63,75	72,25	nan
291	13:22:09	nan	0	nan	nan	63,25	71,5	nan
292	13:22:10	nan	0	nan	nan	63,5	72	nan
293	13:22:11	nan	0	nan	nan	63,5	71,75	nan
294	13:22:12	nan	0	nan	nan	63	72	nan
295	13:22:14	nan	0	nan	nan	63,5	71,75	nan
296	13:22:15	nan	0	nan	nan	63,5	71,75	nan
297	13:22:16	nan	0	nan	nan	63,25	71,75	nan
298	13:22:17	nan	0	nan	nan	63,25	71,75	nan
299	13:22:18	nan	0	nan	nan	63	71	nan
300								
301								
302								
303								

Gambar 4.13 Pendinginan *mold*

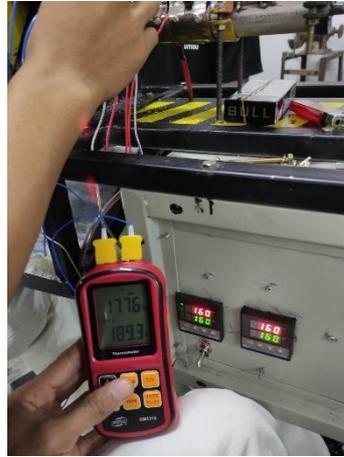


Gambar 4.14 Pengujian pendinginan 6 menit

4.1.1 Pengujian pertama suhu 160°C

Sebelum melakukan pengujian terlebih dahulu dilakukan pengecekan suhu menggunakan *thermometer digital* agar didapatkan data perbandingan suhu antara *heater* dan silinder dengan yang terpampang pada *PID* dan hasilnya pada *thermometer digital* suhu pada *heater* 1 (T1) adalah 177°C dan suhu pada *heater* 2 (T2) adalah 189°C, sedangkan pada *heater* 3 (T1)

adalah 188°C dan suhu pada silinder (T_2) adalah 169°C . Sedangkan untuk hasil cetakan terjadi sedikit kecacatan *flashing* dan juga kecacatan *short shot* di satu bagian kancing, seperti pada gambar 4.15, 4.16, dan 4.17.



Gambar 4. 15 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID



Gambar 4. 16 Perbandingan suhu antara heater 3 dan silinder dengan PID



Gambar 4. 17 Hasil pengujian pertama suhu 160°C

4.1.2 Pengujian kedua suhu 160°C

Sebelum melakukan pengujian kembali dilakukan pengecekan suhu menggunakan *thermometer digital* dan hasilnya pada *thermometer digital* suhu pada *heater 1* (T1) adalah 173°C dan suhu pada *heater 2* (T2) adalah 180°C, sedangkan pada *heater 3* (T1) adalah 179°C dan suhu pada silinder (T2) adalah 164°C. Sedangkan untuk hasil cetakan sedikit terjadi kecacatan *flashing* tetapi terdapat kecacatan *short shot* di dua bagian kancing, seperti pada gambar 4.18, 4.19, dan 4.20



Gambar 4. 18 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID



Gambar 4. 19 Perbandingan suhu antara heater 3 dan silinder dengan PID



Gambar 4. 20 Hasil pengujian kedua suhu 160°C

4.1.3 Pengujian ketiga suhu 160°C

Sebelum melakukan pengujian kembali dilakukan pengecekan suhu menggunakan *thermometer digital* dan hasilnya pada *thermometer digital* suhu pada *heater 1* (T1) adalah 170°C dan suhu pada *heater 2* (T2) adalah 175°C, sedangkan pada *heater 3* (T1) adalah 185°C dan suhu pada silinder (T2) adalah 164°C. Sedangkan untuk hasil cetakan sedikit terjadi kecacatan *flashing* dan kecacatan *short shot*, seperti pada gambar 4.21, 4.22, dan 4.23



Gambar 4. 21 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID



Gambar 4. 22 Perbandingan suhu antara *heater* 3 dan silinder dengan *PID*



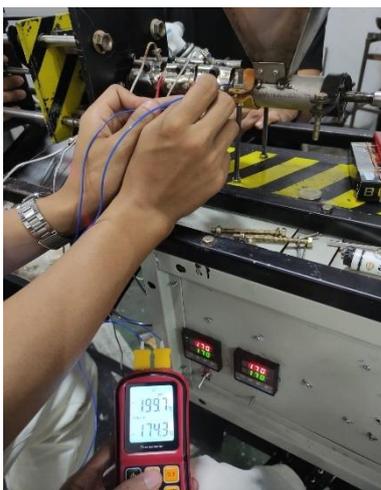
Gambar 4. 23 Hasil pengujian ketiga suhu 160°C

4.1.4 Pengujian pertama suhu 170°C

Sebelum melakukan pengujian kembali dilakukan pengecekan suhu menggunakan *thermometer digital* dan hasilnya pada *thermometer digital* suhu pada *heater* 1 (T1) adalah 175°C dan suhu pada *heater* 2 (T2) adalah 198°C, sedangkan pada *heater* 3 (T1) adalah 199°C dan suhu pada silinder (T2) adalah 174°C. Sedangkan untuk hasil cetakan sedikit terjadi kecacatan *flashing* tetapi terdapat kecacatan *short shot* di dua bagian kancing, seperti pada gambar 4.24, 4.25, dan 4.26.



Gambar 4. 24 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID



Gambar 4. 25 Perbandingan suhu antara heater 3 dan silinder dengan PID



Gambar 4.26 Hasil pengujian pertama suhu 170°C

4.1.5 Pengujian kedua suhu 170°C

Sebelum melakukan pengujian juga dilakukan pengecekan suhu menggunakan *thermometer digital* dan hasilnya suhu pada *heater 1* (T1) adalah 173°C dan suhu pada *heater 2* (T2) adalah 187°C, sedangkan pada *heater 3* (T1) adalah 186°C dan suhu pada silinder (T2) adalah 174°C. Sedangkan untuk hasil cetakan tidak terdapat kecacatan *short shot* namun ada sedikit kecacatan *flashing* tetapi lebih sedikit ketimbang percobaan pertama, seperti pada gambar 4.27, 4.28, dan 4.29.



Gambar 4. 27 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID



Gambar 4. 28 Perbandingan suhu antara heater 3 dan silinder dengan PID



Gambar 4. 29 Hasil pengujian kedua suhu 170°C

4.1.6 Pengujian ketiga suhu 170°C

Sebelum melakukan pengujian juga dilakukan pengecekan suhu menggunakan *thermometer digital* dan hasilnya suhu pada *heater 1* (T1) adalah 175°C dan suhu pada *heater 2* (T2) adalah 186°C, sedangkan pada *heater 3* (T1) adalah 173°C dan suhu pada silinder (T2) adalah 187°C. Sedangkan untuk hasil cetakan tidak terdapat kecacatan *short shot* namun ada kecacatan *flashing* tetapi lebih besar ketimbang percobaan pertama dan kedua , seperti pada gambar 4.30, 4.31, dan 4.232.



Gambar 4. 30 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID



Gambar 4. 31 Perbandingan suhu antara heater 3 dan silinder dengan PID



Gambar 4. 32 hasil pengujian ketiga suhu 170°C

4.1.7 Pengujian pertama suhu 180°C

Sebelum melakukan pengujian juga dilakukan pengecekan suhu menggunakan *thermometer digital* dan hasilnya suhu pada *heater 1* (T1) adalah 183°C dan suhu pada *heater 2* (T2) adalah 202°C, sedangkan pada *heater 3* (T1) adalah 186°C dan suhu pada silinder (T2) adalah 182°C. Sedangkan untuk hasil cetakan terjadi kecacatan *flashing* yang cukup besar dan tidak terjadi kecacatan *short shot* pada bagian kancing,, seperti pada gambar 4.33, 4.34 dan 4.35.



Gambar 4. 33 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID



Gambar 4. 34 Perbandingan suhu antara heater 3 dan silinder dengan PID



Gambar 4. 35 Hasil pengujian pertama suhu 180°C

4.1.8 Pengujian kedua suhu 180°C

Sebelum melakukan pengujian tetap dilakukan pengecekan suhu menggunakan *thermometer digital* dan hasilnya suhu pada *heater 1* (T1) adalah 183°C dan suhu pada *heater 2* (T2) adalah 201°C, sedangkan pada *heater 3* (T1) adalah 183°C dan suhu pada silinder (T2) adalah 188°C. Sedangkan untuk hasil cetakan sedikit terjadi kecacatan *flashing* namun sudah mendekati sempurna tetapi terdapat kecacatan *short shot* di dua bagian kancing, seperti pada gambar 4.36, 4.37, dan 4.38.



Gambar 4. 36 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID



Gambar 4. 37 Perbandingan suhu antara heater 3 dan silinder dengan PID



Gambar 4. 38 Hasil pengujian kedua suhu 180°C

4.1.9 Pengujian ketiga suhu 180°C

Sebelum melakukan pengujian tetap dilakukan pengecekan suhu menggunakan *thermometer digital* dan hasilnya suhu pada *heater 1* (T1) adalah 183°C dan suhu pada *heater 2* (T2) adalah 201°C, sedangkan pada *heater 3* (T1) adalah 183°C dan suhu pada silinder (T2) adalah 188°C. Sedangkan untuk hasil cetakan sedikit terjadi kecacatan *flashing* namun sudah mendekati sempurna tetapi terdapat kecacatan *short shot* di dua bagian kancing, seperti pada gambar 4.39, 4.40, dan 4.41.



Gambar 4. 39 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID



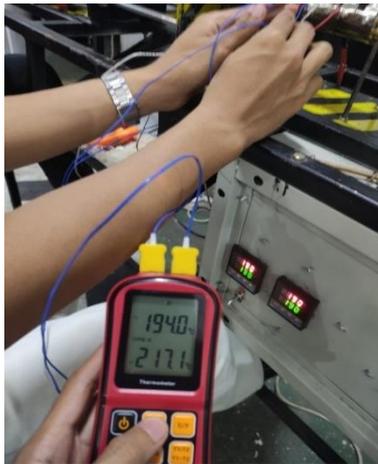
Gambar 4. 40 Perbandingan suhu antara heater 3 dan silinder dengan PID



Gambar 4. 41 Hasil pengujian ketiga suhu 180°C

4.1.10 Pengujian pertama suhu 190°C

Sebelum melakukan pengujian tetap dilakukan pengecekan suhu menggunakan *thermometer digital* dan hasilnya suhu pada *heater 1* (T1) adalah 194°C dan suhu pada *heater 2* (T2) adalah 217°C, sedangkan pada *heater 3* (T1) adalah 218°C dan suhu pada silinder (T2) adalah 193°C. Sedangkan untuk hasil cetakan tidak terdapat kecacatan *short shot* tetapi ada sedikit kecacatan *flashing*, seperti pada gambar 4.42, 4.43, dan 4.44.



Gambar 4. 42 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID



Gambar 4. 43 Perbandingan suhu antara heater 3 dan silinder dengan PID



Gambar 4. 44 Hasil pengujian pertama suhu 190°C

4.1.11 Pengujian kedua suhu 190°C

Sebelum melakukan pengujian tetap dilakukan pengecekan suhu menggunakan *thermometer digital* dan hasilnya suhu pada *heater 1* (T1) adalah 190°C dan suhu pada *heater 2* (T2) adalah 211°C, sedangkan pada *heater 3* (T1) adalah 222°C dan suhu pada silinder (T2) adalah 196°C. Sedangkan untuk hasil cetakan tidak terdapat kecacatan *short shot* namun ada sedikit kecacatan *flashing* tetapi lebih sedikit ketimbang percobaan pertama, seperti pada gambar 4.45, 4.46, dan 4.47



Gambar 4. 45 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID



Gambar 4. 46 Perbandingan suhu antara heater 3 dan silinder dengan PID



Gambar 4. 47 Hasil pengujian kedua suhu 190°C

4.1.12 Pengujian ketiga suhu 190°C

Sebelum melakukan pengujian tetap dilakukan pengecekan suhu menggunakan *thermometer digital* dan hasilnya suhu pada *heater 1* (T1) adalah 190°C dan suhu pada *heater 2* (T2) adalah 211°C, sedangkan pada *heater 3* (T1) adalah 222°C dan suhu pada silinder (T2) adalah 196°C. Sedangkan untuk hasil cetakan tidak terdapat kecacatan *short shot* namun ada sedikit kecacatan *flashing* tetapi lebih sedikit ketimbang percobaan pertama dan kedua seperti pada gambar 4.48, 4.49, dan 4.50



Gambar 4. 48 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID



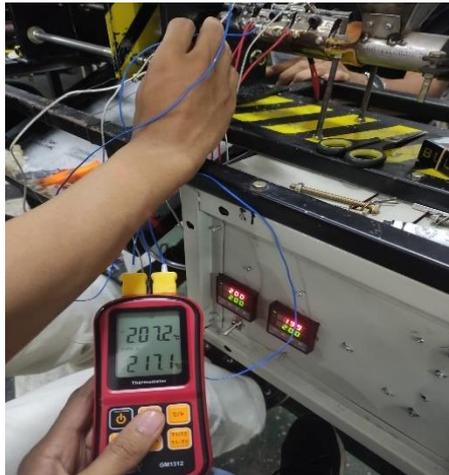
Gambar 4. 49 Perbandingan suhu antara heater 3 dan silinder dengan PID



Gambar 4. 50 Hasil pengujian ketiga suhu 190°C

4.1.13 Pengujian pertama suhu 200°C

Sebelum melakukan pengujian tetap dilakukan pengecekan suhu menggunakan *thermometer digital* dan hasilnya suhu pada *heater 1* (T1) adalah 207°C dan suhu pada *heater 2* (T2) adalah 223°C, sedangkan pada *heater 3* (T1) adalah 241°C dan suhu pada silinder (T2) adalah 206°C. Sedangkan untuk hasil pengujian dapat dikatakan sempurna karena tidak terdapat kecacatan sama sekali tetapi warna kancing berubah menjadi kecoklatan, seperti pada gambar 4.51, 4.52, dan 4.53



Gambar 4. 51 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID



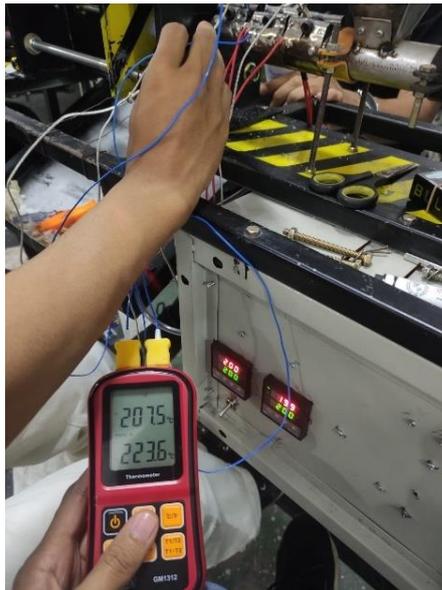
Gambar 4. 52 Perbandingan suhu antara heater 3 dan silinder dengan PID



Gambar 4. 53 Hasil pengujian pertama suhu 200°C

4.1.14 Pengujian kedua suhu 200°C

Sebelum melakukan pengujian tetap dilakukan pengecekan suhu menggunakan *thermometer digital* dan hasilnya suhu pada *heater 1* (T1) adalah 207°C dan suhu pada *heater 2* (T2) adalah 223°C, sedangkan pada *heater 3* (T1) adalah 241°C dan suhu pada silinder (T2) adalah 206°C. Sedangkan untuk hasil pengujian juga dapat dikatakan sempurna karena tidak terdapat kecacatan sama sekali tetapi warna kancing berubah menjadi kecoklatan, seperti pada gambar 4.54, 4.55, dan 4.56



Gambar 4. 54 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID



Gambar 4. 55 Perbandingan suhu antara heater 3 dan silinder dengan PID



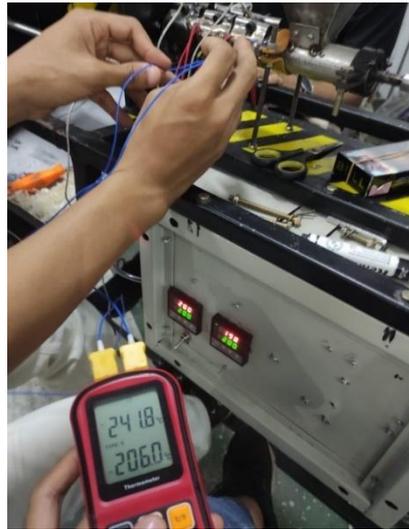
Gambar 4. 56 Hasil pengujian kedua suhu 200°C

4.1.15 Pengujian ketiga suhu 200°C

Sebelum melakukan pengujian tetap dilakukan pengecekan suhu menggunakan *thermometer digital* dan hasilnya suhu pada *heater 1* (T1) adalah 207°C dan suhu pada *heater 2* (T2) adalah 223°C, sedangkan pada *heater 3* (T1) adalah 241°C dan suhu pada silinder (T2) adalah 206°C. Sedangkan untuk hasil pengujian dapat dikatakan sempurna karena tidak terdapat kecacatan sama sekali tetapi warna kancing berubah menjadi kecoklatan seperti pada gambar 4.57, 4.58, dan 4.59



Gambar 4. 57 Perbandingan suhu antara heater 1 dan 2 dengan PID



Gambar 4. 58 Perbandingan suhu antara heater 3 dan silinder dengan PID



Gambar 4. 59 Hasil pengujian ketiga suhu 200°C

Tabel 4. 1 Hasil Pembuatan Kancing Baju

No	Berat Bahan	Noozle	Suhu (°C)	Hasil		
				Baik	Cacat Short shot	Cacat Flashing
1	20gr	4mm	160	√	√	√
2	20gr	4mm	160	√	√	√
3	20gr	4mm	160	√	√	√
4	20gr	4mm	170	√	√	√
5	20gr	4mm	170	√	√	√

6	20gr	4mm	170	√	√	√
7	20gr	4mm	180	√		√
8	20gr	4mm	180	√	√	
9	20gr	4mm	180	√	√	
10	20gr	4mm	190	√		√
11	20gr	4mm	190	√		√
12	20gr	4mm	190	√		√
13	20gr	4mm	200	√		
14	20gr	4mm	200	√		
15	20gr	4mm	200	√		

4.2 Perhitungan Produktivitas

$$\frac{\text{berat bahan}}{\text{jumlah waktu pengerjaan}} \times 60 = \text{Kg/jam}$$

Dik :

Berat bahan = 20 gram = 0,02 Kg

Jumlah waktu pengerjaan = 22 menit

$$\text{Dik : } 1 \text{ menit} = \frac{1}{60} = 0,167 \text{ Jam}$$

Dit : 22 menit = Berapa Jam ?

$$\text{Jawab: } = \frac{22}{60} = 0,366667 = 0,37 \text{ Jam}$$

$$= \frac{0,02}{0,37} \times 60 = 3,243$$

$$= 3 \text{ Kg/Jam}$$

1. Dik :

20gr = 1 spesimen

1kg = 1000 gr

$$\frac{1000}{20} = 50 \text{ spesimen}$$

2. Dik:

$$22 \text{ menit} = 1 \text{ spesimen}$$

$$60 \text{ menit} = ?$$

$$60/22 = 2,7 = 3 \text{ spesimen}$$

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan analisa produktivas dalam pembuatan kancing baju pada *injection molding* berbahan *polypropylene (PP)* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dapat diketahui bahwa dengan berat 20gr biji plastik dapat menghasilkan 1 spesimen dengan membutuhkan waktu 22 menit.
2. Dapat diketahui bahwa temperatur yang dapat digunakan pada pembuatan produk kancing baju adalah 190°C dan pada *heater* 1 (T1) adalah 190°C dan suhu pada *heater* 2 (T2) adalah 211°C, sedangkan pada *heater* 3 (T1) adalah 222°C dan suhu pada silinder (T2) adalah 196°C, dikarenakan sama sekali tidak ada memilik kecacatan.

5.2 Saran

Beberapa saran yang bisa di sampaikan terkait penelitian sebagai berikut :

1. Untuk kedepannya kapasitas mesin lebih ditingkatkan kembali agar dapat lebih banyak bahan baku yang masuk dan proses pengerjaannya lebih cepat.
2. Untuk proses pemanasan *mold* diharapkan dapat diganti dengan elemen panas, agar proses pengerjaannya lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyadi, D. (2014). Analisis Parameter Operasi Pada Proses Plastik Injection Molding Untuk Pengendalian Cacat Produk. *Jurnal Mesin Teknologi*, 8(2), 8–16. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/sintek/article/view/161/143>
- Firdaus Firdaus, S. T. (2002). Studi Eksperimental Pengaruh Parameter proses Pencetakan Bahan Plastik Terhadap Cacat Penyusutan Pada Benda Cetak Pneumatics Holder. *Jurnal Teknik Mesin*, 4(2), 75–80. <http://puslit.petra.ac.id/journals/mechanical/>
- Firdaus, N. N., & Santoso, B. (2021). Analisa Produktivitas Pada Produk Stoples Plastik Dengan Metode American Productivity Center (Apc) Di Pt. Xyz. *Juminten*, 2(2), 60–71. <https://doi.org/10.33005/juminten.v2i2.232>
- Jatmiko, S. E. (2018). Analisa Produktivitas Mesin Pamarut dan Pemas Ubi Kayu. *Jurnal Civronlit Universitas Batanghari Vol.3 No.1 April 2018 Analisa*, 3(1), 1–6.
- Meike Elsy Beatrix, A. A. D. (2019). Analisa Produktivitas Dengan Menggunakan Model Pengukuran The American Productivity Center (APC) Pada Produk Aluminium Sheet Dan Aluminium Foil. *Jurnal Penelitian*, 13(2), 13. <https://doi.org/10.22441/pasti.2019.v13i2.005>
- Nugroho, P. A., Danar Susilo Wijayanto, Harjanto, Budi, & Prodi. (2014). *Analisis Produk Spion PS135 Dengan Pengaturan Parameter Pada Proses Injection Molding*. 14.
- Okatama, I. (2017). Analisa Peleburan Limbah Plastik Jenis Polyethylene Terphthalate (Pet) Menjadi Biji Plastik Melalui Pengujian Alat Pelebur Plastik. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(3), 20. <https://doi.org/10.22441/jtm.v5i3.1213>
- Prapanca, R. A. (2015). *Studi. nstitut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Prasanko, A. w., Wahyu, A., & Djumhariyanto. (2017). Analisis Parameter Injection Molding Terhadap Waktu Siklus Dan Cacat Flash Produk Tutup Botol 180 MI Menggunakan Metode Taguchi. *Rotor*, 10(1), 45. <https://doi.org/10.19184/rotor.v10i1.5147>
- Prasetya, & Dwi, J. (2015). *Analisa Pengaruh Waktu Tahan Terhadap Cacat Warpaga Pada Proses Injeksi Plastik Bahan Polypropylene (Pp)*.
- Prasetya, J. D. (2015). *Analisa Pengaruh Waktu Tahan Terhadap Cacat Warpaga Pada Proses Injeksi Plastik Bahan Polypropylene (PP)*. Skripsi.Tidak Diterbitkan.Fakultas Teknik.Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- R A Siregar, S. F. K. and Khairul. Umurani. (2017). Design and development of injection Molding machine for manufacturing maboratory. *ICADME 2017*. <https://doi.org/doi :10.1088/1742-6596/908/1/012067>

- Waluyo, M. (2008). *Produktivitas Untuk Teknik Industri*.
<http://eprints.upnjatim.ac.id/7167/1/pti-1.pdf>
- Wiyono, S., & Dwi, S. (2014). Analisa Pengaruh Parameter Tekanan dan Waktu Penekanan Terhadap Sifat Mekanik dan Cacat Penyusutan dari Produk Injection *Molding* Berbahan Polyethylene (PE). *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 6(1), 29–36.