

## **TUGAS AKHIR**

### **OPTIMALISASI PARAMETER TEKANAN DAN KECEPATAN INJEKSI UNTUK MENGATASI CACAT *SHORT SHOT* PADA PRODUK GARPU PLASTIK DI PT SUPRATIK SURYAMAS**



Disusun Oleh :

**SYARIFATUL MUNAWAROH**

**NIM 2103015**

**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI  
BADAN PENGEMBANGAN SUMBERDAYA MANUSIA INDUSTRI  
POLITEKNIK ATK YOGYAKARTA**

**2024**

## PENGESAHAN

### OPTIMALISASI PARAMETER TEKANAN DAN KECEPATAN INJEKSI UNTUK MENGATASI CACAT *SHORT SHOT* PADA PRODUK GARPU PLASTIK DI PT SUPRATIK SURYAMAS

Disusun Oleh:

**Syarifatul Munawaroh**

**NIM. 2103015**

**Program Studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik**

Pembimbing:



Pani Satwikanitya, M. Eng.  
NIP. 19870910 202012 2 001

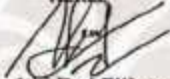
Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir dan dinyatakan memenuhi salah satu syarat yang diperlukan untuk mendapatkan Derajat Ahli Madya

Diploma III (D3) Politeknik ATK Yogyakarta

Tanggal: 17 Juli 2024

TIM PENGUJI

Ketua



Mario Sariski Dwi Ellianto, M.T.  
NIP. 19871206 202012 1 001

Anggota



Pani Satwikanitya, M. Eng.  
NIP. 19870910 202012 2 001



Suharyanto, S.T., M.T.  
NIP. 19650109 198602 1 001

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Pt. Direktur Politeknik ATK Yogyakarta



Wulan Apriliani Permatasari, S.Kom., M.Si.  
NIP. 19790423 200212 2 003

## PERSEMBAHAN

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa telah melimpahkan nikmat dan karunia-Nya karena berkat rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang penulis persembahkan kepada:

1. Bapak Kusri dan Ibu Nurjanah, serta adik kandung Isnan Nur Muhlash yang selalu memberikan dukungan, doa, serta semangat selama masa perkuliahan hingga penyusunan Tugas Akhir yang berhasil membuat penulis bangkit dari kata menyerah.
2. Ibu Pani Satwikanitya, M. Eng., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, saran, serta masukan dalam penulisan Tugas Akhir ini hingga selesai.
3. Ibu Hevi Endrawati, Ibu Nisa, dan seluruh rekan-rekan keluarga besar PT Supratik Suryamas yang memberikan banyak ilmu serta pengalaman selama pelaksanaan magang.
4. Teruntuk Ryan Rizky Ardian Novika Putra yang selalu memberi semangat dan dukungan hingga penulis menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir.
5. Teruntuk teman dekat penulis Dilana, Eka, Zebina, Azka, dan Yassa, yang senantiasa membantu mendukung serta memberikan motivasi.
6. Teman-teman prodi TPKP 2021, DPM, dan FLMPI yang telah berjuang bersama dan menjadi keluarga bagi penulis.

## MOTTO

وَسِعَهَا إِلَّا نَفْسًا اللَّهُ يُكَلِّفُ لَا

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

“Terbentur, Terbentur, Terbentur, Terbentuk”

(Tan Malaka)



## KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Allah Yang Maha Esa atas Rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Optimalisasi Parameter Tekanan dan Kecepatan Injeksi Untuk Mengatasi Cacat *Short Shot* Pada Produk Garpu Plastik di PT Supratik Suryamas”. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan kelulusan dan perolehan gelar Ahli Madya Diploma III (D III) program studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik (TPKP) Politeknik ATK Yogyakarta.

Dengan terselesaikannya Tugas Akhir ini saya sampaikan terimakasih atas segala bantuan dan dukungan dari:

1. Wulan Aprilianti Permatasari, S.Kom., M.Si., selaku Plt. Direktur Politeknik ATK Yogyakarta.
2. Dr. Ir. R.I.M Satrio Ari Wibowo, S.Pt., M.P., IPU, ASEAN ENG., selaku pembantu Direktur I Politeknik ATK Yogyakarta.
3. Suharyanto, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik.
4. Pani Satwikanitya, M. Eng., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
5. Pimpinan dan staff/karyawan PT Supratik Suryamas.
6. Pihak-pihak lain yang membantu penulisan Tugas Akhir ini.

Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak terutama bagi pembaca dan pada industri pembuatan plastik.

Yogyakarta, 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
MOTTO.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
INTISARI.....	xi
ABSTRACT.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Permasalahan.....	4
C. Tujuan Tugas Akhir.....	5
D. Manfaat Tugas Akhir.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. <i>Polypropylene</i> .....	6
B. Masterbatch (Pewarna).....	11
C. Mesin <i>Injection Molding</i> .....	11
D. Mekanisme Mesin <i>Injection Molding</i> .....	18
E. Parameter <i>Injection Molding</i> .....	20
F. Cacat Pada Proses <i>Injection Molding</i> .....	26
G. Garpu Plastik.....	31
BAB III MATERI DAN METODE TUGAS AKHIR.....	32
A. Lokasi Pelaksanaan Magang.....	32
B. Materi Tugas Akhir.....	32
C. Metode Pelaksanaan Tugas Akhir.....	36
D. Diagram Alir Proses.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	40
A. Hasil.....	40

B. Pembahasan.....	46
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	62
A. Kesimpulan .....	62
B. Saran .....	63
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	64
<b>LAMPIRAN</b> .....	68



## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Sifat-sifat fisik <i>polypropylene</i> .....	9
Tabel 2 Bagian-bagian <i> mold unit</i> .....	14
Tabel 3 Tekanan injeksi sesuai variasi plastik .....	25
Tabel 4 Bahan-bahan pembuatan garpu plastik. ....	33
Tabel 5 Karakteristik bahan <i>polypropylene</i> pada pembuatan garpu plastik.....	33
Tabel 6 Alat-alat yang digunakan pada proses pembuatan garpu plastik .....	34
Tabel 7 Spesifikasi mesin injeksi pembuatan garpu plastik.....	36
Tabel 8 Standar produk garpu plastik.....	39
Tabel 9 Data produksi dan jumlah cacat <i>short shot</i> .....	41
Tabel 10 Parameter setting awal mesin injeksi perusahaan.....	42
Tabel 11. Trial parameter tekanan dan kecepatan injeksi pembuatan garpu .....	44
Tabel 12 Trial parameter tekanan dan kecepatan injeksi pembuatan garpu plastik.....	49
Tabel 13 Standar analisa produk garpu plastik .....	59
Tabel 14 Penurunan presentase cacat <i>short shot</i> .....	61





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Jenis-jenis plastik.....	7
Gambar 2 Struktur Kimia <i>Polypropylene</i> .....	7
Gambar 3 <i>Polypropylene</i> .....	8
Gambar 4 <i>Masterbatch</i> .....	11
Gambar 5 <i>Injection unit</i> .....	12
Gambar 6 <i>Hydraulic Clamping Unit</i> .....	13
Gambar 7 <i>Mold unit</i> .....	14
Gambar 8 Bagian-bagian <i>Injection Molding</i> .....	15
Gambar 9 Pembagian Zona Pada <i>Screw</i> .....	17
Gambar 10 <i>Hopper</i> .....	18
Gambar 11 Parameter <i>Injection</i> .....	26
Gambar 12 Cacat <i>Short shot</i> .....	27
Gambar 13 <i>Warpage</i> .....	29
Gambar 14 <i>Weld lines</i> .....	29
Gambar 15 <i>Sink mark</i> .....	30
Gambar 16 <i>Flow lines</i> .....	30
Gambar 17 Garpu plastik.....	31
Gambar 18 Diagram alir proses injeksi garpu plastik.....	38
Gambar 19 Cacat <i>short shot</i> garpu plastik.....	47
Gambar 20 Zona parameter tekanan dan kecepatan injeksi.....	48
Gambar 21 Cacat <i>short shot</i> pada percobaan 1.....	50
Gambar 22 Cacat <i>Short shot</i> pada percobaan 2.....	51
Gambar 23 Cacat <i>Short shot</i> pada percobaan 3.....	52
Gambar 24 Cacat <i>Short shot</i> pada percobaan 4.....	53
Gambar 25 Cacat <i>Short shot</i> pada percobaan 5.....	54
Gambar 26 Garpu plastik pada sampel 6.....	54
Gambar 27 Cacat <i>flashing</i> .....	55
Gambar 28 Cacat gosong.....	56
Gambar 29 Diagram batang panjang produk garpu plastik.....	56
Gambar 30 Diagram batang berat produk garpu plastik.....	57

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Standar kualitas produk garpu plastik .....	69
Lampiran 2 Lembar konsultasi Tugas Akhir .....	70
Lampiran 3 Lembar kerja harian magang.....	71
Lampiran 4 Sertifikat magang .....	92
Lampiran 5 Form penilaian magang .....	93
Lampiran 6 Surat keterangan magang.....	94



## INTISARI

PT Supratik Suryamas merupakan perusahaan manufaktur plastik yang memproduksi garpu plastik. Permasalahan yang sering terjadi pada proses produksi yaitu adanya cacat *short shot* pada *body* garpu. Cacat *short shot* diakibatkan lelehan material tidak memenuhi cetakan. Presentase cacat *short shot* sebesar 3,12% melebihi standar *reject* yang sudah ditetapkan perusahaan. Tujuan tugas akhir ini yaitu untuk pengoptimalan parameter tekanan injeksi dan kecepatan injeksi terhadap cacat *short shot*. Bahan yang digunakan yaitu *polypropylene* dan *white masterbatch*. Proses pembuatan produk garpu plastik menggunakan metode *injection molding* dengan suhu *barrel* zona 1 : 180°C, zona 2 : 230°C, zona 3 : 250°C, zona 4 : 265°C, zona 5 : 255°C dengan waktu pendinginan 5 detik. Dasar percobaan perubahan parameter dilakukan pada tekanan dan kecepatan injeksi sebanyak 7 kali dengan hasil yang diperoleh dari percobaan tersebut yaitu dapat menghilangkan cacat *short shot* dengan menambah tekanan dan kecepatan injeksi. Parameter optimum diperoleh pada percobaan ke 6 yaitu dengan tekanan injeksi pada zona 1 sebesar 116 bar, zona 2 sebesar 108 bar, zona 3 sebesar 96 bar, zona 4 sebesar 60 bar, dan zona 5 sebesar 20 bar, dan kecepatan injeksi zona 1 sebesar 95 mm/s, zona 2 sebesar 84 mm/s, zona 3 sebesar 75 mm/s, zona 4 sebesar 42 mm/s, dan zona 5 sebesar 15 mm/s pada sampel ke 6. Parameter optimum menghasilkan produk garpu plastik dengan panjang 127,55 mm dan berat 2,05 gram yang sudah memenuhi standar produk dan presentase cacat *short shot* sesudah *trial* turun menjadi 1,78%.

**Kata Kunci :** tekanan injeksi, kecepatan injeksi, *short shot*, *injection molding*, garpu plastik

## ABSTRACT

*PT Supratik Suryamas is a plastic manufacturing company that produces plastic forks. Problems that often occur in the production process are short shot defects in the fork body. Short shot defects are caused by the melt material not filling the mold. The percentage of short shot defects of 3.88% exceeds the reject standard set by the company. The purpose of this final project is to optimize the parameters of injection pressure and injection speed for short shot defects. The materials used are Polypropylena and white masterbatch. The process of making plastic fork products using the injection molding method with barrel temperature zone 1 : 180C, zone 2 : 230C, zone 3 : 250C, zone 4 : 265C, zone 5 : 255C with a cooling time of 5 seconds. The basis of the parameter change experiment was carried out on the injection pressure and speed 6 times with the results obtained from the experiment that can eliminate short shot defects by increasing the injection pressure and speed. The optimum parameters were obtained in the 6th experiment, namely with injection pressure in zone 1 of 116 bar, zone 2 of 108 bar, zone 3 of 96 bar, zone 4 of 60 bar, and zone 5 of 20 bar, and injection speed zone 1 of 95 mm/s, zone 2 of 84 mm/s, zone 3 of 75 mm/s, zone 4 of 42 mm/s, and zone 5 of 15 mm/s in the 6th sample. The optimum parameters produce plastic fork products with a length of 127.55 mm and a weight of 2.05 grams that meet product standards and the percentage of short shot defects after the trial dropped to 1,78%.*

**Keybords :** *injection pressure, injection speed, short shot, injection molding, plastic forks*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Kebutuhan konsumsi plastik di Indonesia sangat tinggi. Menurut data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan pada tahun 2023, konsumsi produk plastik di Indonesia mencapai 19 juta ton. Plastik banyak digunakan dalam pembuatan berbagai produk karena sifatnya yang mudah dibentuk, ringan, tahan korosif, dapat didaur ulang, dan harganya terjangkau (Qomariah dkk., 2023). Banyak komponen dalam industri otomotif, elektronik, kosmetik, dan lainnya yang terbuat dari plastik.

Dengan tingginya konsumsi dan daya beli masyarakat, perusahaan-perusahaan di sektor produksi plastik terus berinovasi pada produk mereka. Persaingan di industri plastik semakin ketat, sehingga untuk bertahan, perusahaan harus memiliki produk dengan kualitas tinggi. Banyak produk yang belum memenuhi spesifikasi yang ditentukan atau mengalami cacat, sehingga menjadi masalah yang harus diperhatikan oleh perusahaan, terutama dalam menjaga kualitas sesuai harapan konsumen (Afriliano dkk., 2021). Produk cacat adalah produk yang tidak sesuai dengan standar analisis yang telah ditetapkan. Penurunan cacat produk dalam proses produksi akan mengurangi biaya proses produksi (Sartika dkk., 2022). Untuk menjaga kualitas dan mutu produk sesuai kebutuhan pasar, perusahaan harus fokus pada proses produksinya agar tetap efisien dan efektif. Pemeriksaan rutin pada setiap tahap produksi dapat

mencegah kerugian yang mungkin terjadi selama proses produksi (Adriyanti dkk., 2023).

Metode pengolahan plastik yang sering digunakan adalah *Injection Molding*. Bahan baku yang cocok untuk proses ini adalah thermoplastik karena bahan baku ini meleleh ketika dipanaskan dan membeku ketika didinginkan (Qomariah dkk., 2023). Proses *Injection Molding* merupakan penginjeksian plastik cair (*compressible fluid*) melalui lubang kecil (*gate*) ke dalam ruang (*cavity*) di dalam cetakan. Kualitas produk yang dihasilkan dalam proses *injection molding* sangat dipengaruhi oleh kondisi proses, kualitas bahan baku, kualitas cetakan dan kualitas mesin. Aliran plastik cair ke dalam cetakan biasanya melalui *sprue*, *runner*, *gate*, dan kemudian masuk ke cetakan (*cavity*) sehingga membentuk produk yang diinginkan. Pengisian plastik yang sangat kental ke dalam cetakan melalui lubang kecil memerlukan tekanan injeksi (*injection pressure*) yang tinggi. Selain itu, kecepatan injeksi (*speed injection*) juga diperlukan agar produk dapat mengisi cetakan dengan sempurna. Proses produksi dalam *injection molding* tidak lepas dari cacat produk. Cacat yang umum terjadi dalam proses ini meliputi *sink mark*, *short shot*, *flashing*, *flow-mark*, *colour streaks*, *bubbles*, *jetting*, dan *weld-line* (Marlina, 2022).

*Short shot* adalah keadaan dimana material plastik yang dilelehkan tidak sepenuhnya mengisi *cavity*, menyebabkan plastik mengeras sebelum *cavity* terisi dengan sempurna. Proses injeksi plastik dipengaruhi oleh interaksi antara sifat material, desain cetakan, kapasitas mesin, dan parameter proses (Rizki dkk., 2023).



Parameter proses injeksi dapat mempengaruhi timbulnya cacat pada produk. Pengaruh parameter proses injeksi seperti tekanan injeksi, kecepatan injeksi, waktu injeksi, temperatur injeksi, besar gaya cekam, tekanan tahan, lama waktu tahan dan jenis material yang digunakan mempengaruhi hasil produk yang cacat (Permana, 2021). Parameter proses ini mempengaruhi kualitas produk, waktu siklus, dan biaya produksi dalam proses manufaktur. Oleh karena itu, menemukan parameter proses yang optimal adalah langkah yang penting (Islam dkk., 2020).

PT Supratik Suryamas adalah perusahaan industri yang bergerak di bidang manufaktur produk plastik dengan bahan PP (*Polypropylene*), PET (*Polyethylene Terephthalate*), HDPE (*High Density Polyethylene*), dan LDPE (*Low Density Polyethylene*). Salah satu masalah yang sering terjadi pada produk garpu plastik di PT Supratik Suryamas yaitu cacat *short shot*. Cacat dianalisis karena penggunaan parameter tekanan dan kecepatan injeksi yang dinilai kurang tepat. Presentase cacat *short shot* di perusahaan ini rata-rata mencapai 3,12% per bulan, melebihi batas standar yang ditetapkan perusahaan sebesar 2% per produk untuk total cacat. Cacat *short shot* pada produk garpu plastik biasa terjadi pada ujung *body* garpu plastik, yang merupakan bagian penting dari produk. Tingginya presentase cacat *short shot* harus diminimalisasi untuk menghemat waktu pengecekan, menjaga kualitas penjualan, meningkatkan efisiensi produksi, dan menghindari penambahan biaya. Produk garpu plastik ini sering dijumpai pada kehidupan sehari-hari karena jumlahnya yang banyak dan harganya yang terjangkau. Oleh karena itu, tugas akhir ini

bertujuan untuk meminimalisasi cacat *short shot* dengan cara melakukan percobaan untuk mengetahui pengaruh tekanan injeksi (*pressure injection*) dan kecepatan injeksi (*speed injection*) terhadap cacat *short shot*. Tekanan dan kecepatan injeksi dipelajari secara khusus karena keduanya merupakan parameter utama yang secara langsung mempengaruhi kemampuan material untuk mengisi rongga cetakan secara penuh dan dalam waktu yang tepat. Selain itu, perubahan pada parameter ini lebih mudah dilakukan dan diukur secara langsung dibandingkan dengan beberapa parameter lain, seperti *backpressure* yang harus diatur sebelum produksi berjalan dan desain cetakan yang mungkin memerlukan perubahan struktural atau teknis yang lebih kompleks.

## **B. Permasalahan**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, didapatkan rumusan permasalahan sebagai berikut :

1. Apa faktor penyebab terjadinya cacat *short shot* pada produk garpu plastik?
2. Bagaimana pengaruh *pressure injection* dan *speed injection* terhadap cacat *short shot* produk garpu plastik?
3. Bagaimana setting parameter yang optimum untuk mengatasi cacat *short shot* pada produk garpu plastik?



### C. Tujuan Tugas Akhir

Tujuan penulisan tugas akhir ini berdasarkan identifikasi permasalahan yaitu:

1. Mengetahui faktor penyebab terjadinya cacat *short shot* pada produk garpu plastik.
2. Mengetahui pengaruh *pressure injection* dan *speed injection* terhadap cacat *short shot* produk garpu plastik.
3. Menentukan setting parameter yang optimum untuk mengatasi cacat *short shot* pada produk garpu plastik.

### D. Manfaat Tugas Akhir

Adapun penulisan tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat, diantaranya :

1. Bagi industri sebagai saran atau bahan dalam strategi yang dapat dilakukan sebagai upaya pengurangan cacat *short shot* pada produk garpu plastik.
2. Bagi pembaca dapat memberikan ilmu pengetahuan mengenai cara memperbaiki cacat *short shot*, mengetahui faktor penyebab terjadinya cacat *short shot*, mengetahui pengaruh pada tekanan injeksi dan kecepatan injeksi terhadap cacat *short shot*, serta mengetahui setting parameter yang optimum untuk mengatasi cacat *short shot* pada produk garpu plastik.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. *Polypropylene*

Plastik adalah material sintetis yang diperoleh dari minyak bumi melalui proses penyulingan (Dzaky, 2023). Ini merupakan polimer dengan rantai panjang atom yang saling terikat, terdiri dari banyak unit molekul berulang atau “monomer”. Polimer terbentuk dengan menggabungkan banyak unit tunggal (monomer) menjadi satu rantai molekuler. Plastik dapat berbentuk bercabang atau linier, dan dapat dilelehkan oleh panas. Proses *injection molding* memungkinkan plastik untuk dicetak (dan dicetak ulang) sesuai dengan bentuk yang diinginkan (Rinaldi, 2018). Sebagai material non logam sintetis, plastik dapat dibentuk menggunakan proses *casting*, *moulding*, atau *extruding*. Diperoleh secara sintetis dari bahan mentah seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara, plastik juga disebut sebagai bahan organik karena terdiri dari senyawa karbon, kecuali plastik silikon yang mengandung *silicium* pengganti karbon.

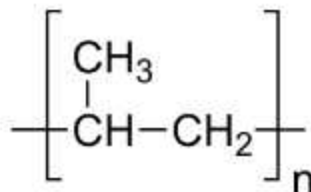
Plastik memiliki beberapa keunggulan, antara lain ringan, murah, tahan terhadap bahan kimia dan kelembapan, tahan gesekan, tahan karat, keras, kuat, mudah dibentuk dan di *machining*, serta berfungsi sebagai isolator baik kimia maupun listrik. Pada Gambar 1, jenis plastik dibedakan menjadi 7 berdasarkan materialnya: *Polyethylene Terephthalate* (PET), *High Density Polyethylene* (HDPE), *Polyvinyl Chloride* (PVC), *Low Density Polyethylene* (LDPE), *Polypropylene* (PP), *Polystyrene* (PS) dan *Other* (Masyruroh dkk., 2021).



Gambar 1 Jenis-jenis plastik  
(Sumber: Untoro, 2013)

*Polypropylene* (PP) adalah polimer dengan penggunaan terbesar ketiga di dunia setelah PE dan PVC (Zikri dkk., 2019). Polimer ini memiliki keseimbangan sifat yang baik sehingga digunakan dalam berbagai aplikasi, mulai dari kemasan makanan, perlengkapan rumah tangga, otomotif, hingga peralatan elektronik.

Secara etimologi, "*polipropilene*" berasal dari kata "*poly*" yang berarti banyak dan "*propylene*" yang merujuk pada senyawa hidrokarbon dengan tiga atom karbon dan enam atom *hydrogen*, dengan satu ikatan rangkap pada atom karbonnya, memiliki rumus molekul  $C_3H_6$ . Oleh karena itu, *polipropilene* dapat diartikan sebagai molekul besar yang terdiri dari banyak unit berulang, dimana setiap unit identik dengan propilena. Di bawah ini Gambar 2 mengilustrasikan struktur molekul PP secara umum.



Gambar 2 Struktur Kimia *Polypropylene*  
(Sumber: Harold, 1995)

*Polypropylene* adalah polimer termoplastik yang diproduksi oleh industri kimia dan digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pengemasan, tekstil, berbagai jenis wadah, perlengkapan laboratorium, dan komponen otomotif. Biji plastik *polypropylene* dapat dilihat pada Gambar 3 :



Gambar 3 Polypropylene  
(Sumber: PT Supratik Suryamas)

Plastik *thermoplastic* adalah polimer yang melunak saat dipanaskan dan mengeras serta menjadi rapuh setelah didinginkan. Proses ini dapat berulang kali terjadi, sehingga plastik termoplastik dapat dibentuk ulang dalam berbagai cetakan untuk menghasilkan produk polimer baru. Polimer termoplastik tidak memiliki ikatan antar rantai polimernya dan memiliki struktur molekul yang linier atau bercabang. Molekul-molekul ini bersatu karena adanya gaya gesekan antar molekul. Plastik ini mudah mengalami *deformasi* (perubahan bentuk) ketika terkena gaya yang relatif kecil karena posisi molekul-molekulnya mudah bergeser dan berubah secara teratur (sesuai arah gaya). Pada suhu ruang, gaya lekat antar molekul relatif besar, sehingga plastik (*thermoplastic*) ini bersifat keras. Saat suhu naik, gaya lekat antar molekul berkurang, menyebabkan rantai molekul meregang dari plastis menjadi elastis. Apabila dipanaskan lebih lanjut, molekul-molekul makro akan mudah bergerak, sehingga plastik menjadi lunak

dan mencair. Pada proses pendinginan plastik yang semula dalam keadaan cair melalui tahap lunak dan elastis menjadi material keras. Perubahan ini dapat diulangi tanpa batas. Berdasarkan sifat dapat dirubah melalui pemanasan tersebut, jenis plastik ini dinamakan sebagai *thermoplastic*. Ketahanan plastik terhadap perubahan suhu mengikuti sifat *reversible*, dimana plastik dapat kembali ke bentuk semula atau mengeras bila didinginkan (Osswald., 2003).

Secara umum, PP memiliki sifat mekanis yang baik dengan massa jenis rendah, ketahanan panas, dan kelembapan yang baik, serta memiliki kestabilan dimensi yang baik (Osswald., 2003). PP adalah isolator panas dan listrik yang baik, serta mudah dibentuk. PP juga memiliki ketahanan kimia yang baik dan kejernihan *translucent* (antara tembus pandang dan buram). Dengan perbandingan kekuatan terhadap berat jenis yang paling tinggi di antara material lain, PP menjadi salah satu polimer yang paling banyak digunakan. Detail karakteristik umum PP dapat dilihat dalam Tabel 1 :

Tabel 1 Sifat-sifat fisik *polypropylene*

Sifat	Nilai
Kekuatan Tarik	31 – 38 Mpa
Kekuatan <i>impact</i>	31 – 58 J
Elongasi saat putus	100 – 600 %
<i>Modulus fleksural</i>	1,170 – 1,730 Mpa
Berat jenis	0.89 – 0.92 g/cm <sup>3</sup>
<i>Heat distortion temperature, 455kPa</i>	107 – 121 °C
Temperature leleh	160 – 174 °C
Kejernihan	<i>Translucent</i>
<i>Mold shrinkage</i>	0.015 – 0.025 cm/cm

(Sumber: Harold, 1995)



Sifat-sifat *polypropylene* mirip dengan sifat-sifat *polyethylene*. Massa jenisnya rendah ( $0,90 - 0,92$ )  $\text{g}/\text{cm}^3$  termasuk yang paling ringan diantara bahan polimer, mudah terbakar dibandingkan *polyethylene* massa jenis tinggi. Titik lelehnya adalah  $165^\circ\text{C}$ . *Polypropylene* memiliki kekuatan tarik dan lentur yang lebih tinggi, namun ketahanan *impact* nya lebih rendah terutama pada suhu rendah. Transparansinya pada pencetakan lebih baik dibandingkan *polyethylene* dengan permukaan mengkilap (Kirana dkk., 2018).

Polimer termoplastik memiliki sifat-sifat khusus seperti berat molekul kecil, tidak tahan terhadap panas, melunak saat dipanaskan, mengeras saat didinginkan, fleksibel, mudah diregangkan, titik leleh rendah, dan dapat dibentuk ulang.

*Polypropylene* adalah polimer semi-kristalin, terdiri dari campuran dua bagian, fase kristalin dan fase *amorf* (Wahini, 2015). Fase kristalin adalah bagian di mana rantai molekul tersusun secara teratur. Fase kristalin memiliki berat jenis lebih tinggi dibandingkan dengan fase *amorf*. Fase kristalin memberikan kekuatan, kekakuan, dan kekerasan pada PP, namun juga membuatnya getas sehingga mengurangi ketangguhan dan membuatnya mudah patah terutama pada suhu rendah. Sebagai polimer semi-kristalin, PP memiliki dua titik transisi, yaitu temperature transisi kaca ( $T_g$ ) dan temperatur leleh ( $T_m$ ).

## B. Masterbatch (Pewarna)

*Masterbatch* adalah jenis pewarna plastik berbentuk padatan (*granule*), terdiri dari campuran kompleks resin thermoplastik seperti *polietilena*, *polipropilena*, *polivinil klorida* atau campuran polimer lainnya dengan *pigmen* seperti karbon hitam, *titanium dioksida*, atau pigmen lainnya dalam konsentrasi tinggi. Campuran ini memberikan warna atau sifat tertentu dari *masterbatch* pada produk akhir. *Masterbatch* sering digunakan dalam aplikasi berbagai industri, dengan konsentrasi yang umumnya berkisar 1 hingga 5% (Aryanti, 2021). Gambar 4 menunjukkan contoh *masterbatch* pada produk *injection molding*.

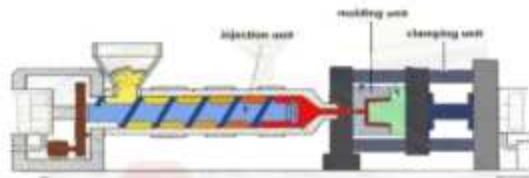


Gambar 4 Masterbatch  
(Sumber: PT Supratik Suryamas)

## C. Mesin Injection Molding

*Injection molding* adalah salah satu teknik dalam industri manufaktur untuk mencetak material berbahan *thermoplastic*. Metode ini cenderung digunakan untuk menghasilkan atau memproses komponen-komponen kecil dan berbentuk rumit dengan biaya lebih murah dibandingkan dengan metode lainnya (Rosidi, 2022).

Proses *injection molding* terdiri dari 3 bagian penting sesuai yang sangat mendukung keseluruhan proses: *injection unit*, *molding* dan *clamping unit* (Irwan, 2014). Gambar 5 pengilustrasian proses *injection molding*.



Gambar 5 *Injection unit*  
(Sumber: *sinotech.com*)

#### 1. *Clamping unit*

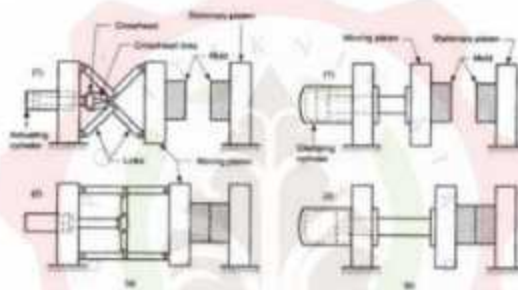
*Clamping unit* adalah bagian dari mesin *injection molding* yang berfungsi mengatur gerakan *mold unit* dan *ejector* saat melepas produk dari *molding unit*. Unit ini terdiri dari mesin *molding* (cetakan), *dwelling* untuk memastikan *mold* terisi penuh dengan plastik leleh, tekanan injeksi untuk memasukkan plastik melalui *sprue*, proses pendingin, dan *ejector* untuk mengeluarkan produk dari cetakan *molding* (Theses, 1992).

Ada empat jenis *clamping unit*, namun yang umumnya digunakan hanya dua, yaitu *toggle clamp*, dan *hydraulic clamp*, berikut adalah jenis-jenis *clamping unit*:

- a. *Toggle clamp* yaitu *clamping system* yang menggunakan tenaga mekanis dari *linkage* untuk menghasilkan gaya yang dibutuhkan saat menahan cetakan selama injeksi. *Toggle* adalah alat mekanis untuk memperkuat gaya. Dalam mesin *injection molding*, *toggle*



*clamping* terdiri dari dua batang yang bergabung di ujungnya dan disatukan oleh sebuah *shaft*. Ujung satu batang dipasang pada *stationary platen*, dan ujung batang kedua dipasang pada *movable platen*. Ketika *mold* dibuka, *toggle clamping* akan berbentuk V. Ketika tekanan diterapkan pada poros, dua batang akan membentuk garis lurus seperti yang terlihat pada Gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6 *Hydraulic Clamping Unit*  
(Sumber: *Sinotech.com*)

- b. *Hydraulic clamp* adalah *clamping system* yang menggunakan tenaga hidraulik untuk menghasilkan *clamp force* secara langsung.
- c. *Hydromechanical clamp* adalah *clamping system* yang menggabungkan tenaga *toggle clamp* dengan *hydraulic clamp* untuk meningkatkan kecepatan kerja mesin.
- d. *Hydroelectrical clamp* adalah *clamping system* yang menggabungkan *system hidrolis* dan elektrik.

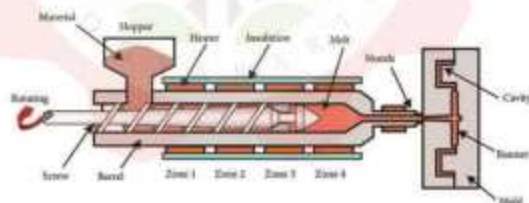


<b>Molding komponen</b>	<b>Fungs</b>
<i>Cavity dan Core</i>	Mengontrol ukuran, bentuk, dan tekstur permukaan produk.
<i>Water channels</i>	Mengontrol suhu permukaan cetakan untuk mendinginkan plastik.
<i>Vents</i>	Mengeluarkan udara dan gas yang terperangkap.
<i>Ejector mechanism (pin, blades, stripper plate)</i>	Mengeluarkan produk dari rongga ( <i>cavity</i> ) dan inti ( <i>core</i> )
<i>Ejector return pins</i>	Mengembalikan <i>ejector pin</i> keposisi awal, untuk siklus berikutnya.

(Sumber: Yuswinanto, 2016)

### 3. Injection unit

*Injection unit* adalah bagian yang berfungsi untuk mengolah plastik. Unit ini bertugas melelehkan dan memasukkan material plastik ke dalam rongga cetakan (*mold*). Gambar 8 menunjukkan *Injection unit* terdiri dari beberapa bagian, yaitu (Marlina, 2022):



Gambar 8 Bagian-bagian *Injection Unit*  
(Sumber: Samson, 2011)

#### a. Motor dan *transmission gear unit*

Bagian ini berfungsi menghasilkan daya untuk memutar *screw*. Transmisi unit berfungsi memindahkan daya dari motor

ke *screw* serta mengatur tenaga yang disalurkan agar pembebanan tidak terlalu besar (Wiyono, 2012).

b. *Cylinder for screw ram*

Bagian ini menjaga putaran *screw* tetap konstan selama proses injeksi (Puji dkk., 2017).

c. *Hopper*

*Hopper* berfungsi sebagai tempat penyimpanan material plastik sebelum masuk ke *barrel*, serta menjaga kelembapan material agar produk yang dihasilkan optimal (Wiyono, 2012).

d. *Barrel*

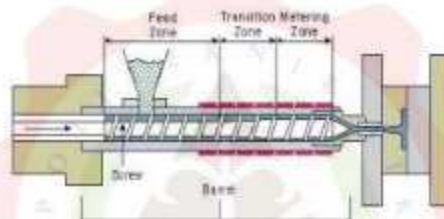
*Barrel* berfungsi sebagai tempat di mana *cylinder barrel* dilengkapi elemen pemanas yang disebut *heater*. Temperatur pada *barrel* dapat disesuaikan dengan material yang digunakan dalam proses injeksi (Wiyono, 2012).

e. *Screw*

*Screw* berfungsi mencampur material polimer dan mendorong plastik cair kedalam rongga cetakan. *Screw* pada *barrel* dibagi menjadi tiga Zona yaitu Zona pengisian (*metering*), Zona kompresi, dan Zona pengumpan (*feeding*) (Hsieh dkk., 2021).

- 1) Zona pengisian (*metering*) : Zona ini digunakan untuk menerima biji plastik.

- 2) *Compression zone* : Zona ini mengantarkan biji plastik menuju *barrel* dan memulai proses pemanasan saat melewati elemen pemanas pada *barrel*.
- 3) Zona pengumpulan (*feeding*) : Zona dimana biji plastik mencapai *melting point* dan siap untuk diinjeksi. Adapun bagian-bagian *screw* pada *barrel* dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Pembagian Zona Pada *Screw*  
(Sumber: Samson, 2011)

f. *Nonreturn valve*

*Nonreturn valve* mencegah aliran plastik yang telah meleleh agar tidak kembali ke dalam *screw*.

g. *Nozzle*

*Nozzle* berfungsi sebagai penghubung antara *mold* dan unit injeksi, serta berperan sebagai penahan kebocoran atau *sealing*. *Nozzle* juga dilengkapi dengan penyempitan untuk meningkatkan kecepatan proses injeksi.

#### D. Mekanisme Mesin Injection Molding

Berikut adalah proses *injection molding*:

1. Material plastik yang telah dicampur dengan pellet dan pewarna dimasukkan ke dalam *hopper*; seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10. Material plastik kemudian masuk ke dalam *barrel* pada mesin injeksi.



Gambar 10 Hopper  
(Sumber: *Injection Molding Machine.com*)

2. *Screw* bergerak mundur dan berputar berlawanan dengan arah jarum jam, mengalirkan butiran plastik dari *hopper*. Butiran plastik ini dipanaskan oleh elemen pemanas utama di dalam *barrel* dan terkena gesekan, sehingga meleleh. *Screw* mundur sampai batas yang telah ditentukan, bersamaan dengan majunya material ke depan dalam *screw chamber* akibat putaran mundur *screw* tersebut.
3. Langkah berikutnya adalah menutup *mold* (*mold close*). Proses ini dimulai dengan gerakan menutup cetakan. *Mold* terdiri dari dua bagian besar, yaitu sisi *core* dan sisi *cavity*. Sisi *cavity* diikat pada *stationery platen* mesin injeksi. Sedangkan sisi *core* diikat pada *moving platen* mesin yang bergerak membuka dan menutup. Proses menutup *mold* terbagi menjadi empat tahap: gerakan menutup dengan kecepatan perlahan dengan tekanan rendah. (*Low Mold Close Velocity & Low Mold Close Pressure*). Tekanan ini adalah



tekanan hidrolik. Posisi awal cetakan adalah terbuka sepenuhnya untuk memudahkan pengeluaran produk yang dihasilkan.

4. *Fill injection*, setelah  *mold*  ditutup dengan  *pressure*  tinggi, unit injeksi yang (terdiri dari  *nozzle, barrel, dan screw* ) mendekati  *mold* .  *Screw*  didorong maju oleh gerakan piston, mendekati  *mold*  hingga  *nozzle*  bersentuhan  *mold* , mendorong lelehan plastik dari bilik  *screw (screw chamber)*  melalui  *nozzle*  kedalam rongga  *mold* . Pada tahap ini,  *screw*  hanya bergerak maju tanpa berputar. Bagian  *mold*  yang bersentuhan langsung dengan  *nozzle*  disebut  *sprue bush* . Mesin melakukan proses injeksi pengisian, yaitu menyuntikkan plastik cair kedalam  *mold* . Pada proses ini melibatkan beberapa parameter yang bisa diatur sedemikian rupa.
5.  *Holding injection* , lelehan plastik yang telah diinjeksikan mengeras saat bersentuhan dengan dinding dingin  *mold* . Di bawah pengaruh  *holding pressure* , tekanan tambahan dari  *screw*  membantu mengimbangi penurunan volume material saat pendinginan. Penyempurnaan hasil produk terjadi pada tahap ini.
6.  *Charging dan cooling* , mengisi ulang plastik cair untuk injeksi siklus berikutnya, bersamaan dengan pendinginan produk. Setelah produk mencapai pendinginan dan kekakuan yang tepat,  *screw*  mundur untuk mengisi  *barrel* .  *Clamping unit*  kemudian membuka  *mold (mold open)* . Produk dikeluarkan oleh  *ejector*  dengan kecepatan tertentu dan terlepas dari  *mold* .

7. Setelah produk dikeluarkan oleh *ejector*, proses injeksi berikutnya dilakukan sesuai dengan langkah-langkah mekanisme mesin *injection molding*.

#### **E. Parameter Injection Molding**

Untuk mencapai kualitas hasil optimal pada produk cetakan *injection molding*, diperlukan pengaturan beberapa parameter yang mempengaruhi proses produksi. Beberapa parameter memiliki peran yang lebih signifikan dalam mempengaruhi hasil produksi daripada yang lain. Diperlukan beberapa percobaan untuk menemukan parameter yang paling berpengaruh terhadap produk yang akan dicetak (Haryono dkk., 2023).

Parameter-parameter yang berpengaruh pada proses produksi plastik menggunakan metode *injection molding* adalah sebagai berikut:

1. *Melt temperature* (Suhu leleh)

Suhu leleh adalah temperatur di mana bahan plastik mulai meleleh saat dipanaskan. Suhu leleh material plastik mempengaruhi *viskositas* dan *fluiditas* bahan. Suhu yang terlalu rendah dapat mengakibatkan material kurang cair sehingga tidak bisa mengisi rongga cetakan dengan baik, sedangkan suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan degradasi material.

2. *Pressure limit* (Batas tekanan)

Batas tekanan adalah tekanan maksimal yang digunakan untuk mendorong bahan plastik yang telah meleleh ke dalam cetakan akibat energi panas. Jika tekanan terlalu rendah, bahan plastik mungkin tidak



akan terinjeksi ke dalam cetakan. Sebaliknya, tekanan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kebocoran lelehan bahan plastik dari cetakan, mengurangi efisiensi produksi.

3.  *Holding time* (Waktu tahan)

Waktu tahan adalah durasi waktu yang diukur dari saat injeksi dimulai hingga seluruh bahan plastik dalam barrel mencapai titik leleh yang optimal. Ini disebabkan oleh sifat perambatan panas yang memerlukan waktu untuk meratakan suhu ke seluruh bahan yang ingin dipanaskan. Jika waktu tahan terlalu singkat, bahan plastik dalam barrel mungkin tidak meleleh sepenuhnya, menyulitkan aliran bahan plastik yang telah meleleh dari *nozzle*.

4.  *Holding pressure* (Tekanan penahan)

Tekanan penahan adalah durasi waktu dimana tekanan dipertahankan saat piston mendorong plastik cair ke dalam cetakan. Pengaturan tekanan penahan ini memastikan bahwa bahan plastik cair benar-benar meleleh dan mengisi seluruh cetakan. Oleh karena itu, tekanan penahan bergantung pada ukuran cetakan ( *mold*), dimana semakin besar cetakannya, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk menjaga tekanan. Tekanan penahan yang rendah dapat menyebabkan material tidak cukup terdorong ke dalam cetakan, mengakibatkan kekurangan material di beberapa bagian cetakan.

5.  *Mold temperature* (temperature cetakan)

Temperatur cetakan adalah suhu pemanasan awal cetakan sebelum injeksi bahan plastik cair.

#### 6. *Backpressure* (Tekanan balik)

Tekanan balik adalah tekanan yang sengaja diatur untuk menahan mundurnya *screw* saat proses *charging* berlangsung. *Backpressure* aktif saat operasi semi-auto atau full-auto. Jika diaktifkan saat pengisian manual, dapat menyebabkan *drolling*, yaitu keluarnya material plastik cair dari *nozzle* tanpa mundurnya *screw* atau *screw* mundur namun membutuhkan waktu lama untuk mencapai ukuran cetakan yang diinginkan. *Backpressure* berfungsi sebagai :

- a. Pencampuran material yang lebih baik dan homogen menghasilkan kualitas material plastik cair yang lebih baik dan siap untuk proses injeksi.
- b. *Shot size* yang konsisten memastikan volume, berat produk, dan dimensi produk yang stabil.
- c. Pencampuran *pigmen* dengan lebih merata.
- d. Menghilangkan gas atau udara yang ikut dalam proses *charging*.

Efek samping *Backpressure* adalah :

- 1) Peningkatan suhu *barrel* dari suhu yang telah diatur.
- 2) Peningkatan waktu *charging* yang mengakibatkan *cycle time* lebih panjang.
- 3) Dapat menyebabkan material plastik keluar tanpa pengendalian saat *mold open*.

#### 7. Waktu proses (*Cycle Time*)

Waktu siklus adalah durasi yang dibutuhkan mesin untuk menghasilkan satu produk. Proses *injection molding* terdiri dari

beberapa fase yang saling berhubungan, seperti yang dijelaskan oleh Unita dkk, (2024) :

a) Menutup cetakan (*Closing the mold*)

Ini adalah fase dimana *male mold* maju ke *female mold* untuk menutup cetakan.

b) *Injection time*

*Injection time* adalah waktu yang diperlukan oleh *screw* untuk mendorong material plastik cair ke dalam rongga cetakan (*mold cavity*). *Injection time* ini dipengaruhi oleh panjang langkah injeksi (*injection stroke*), kecepatan injeksi (*injection speed*), dan tekanan injeksi (*injection pressure*).

c) *Cooling time*

*Cooling time* adalah waktu yang diperlukan untuk mendinginkan cetakan (*mold*) dan produk yang terbentuk didalamnya. Proses pendinginan *mold* berlangsung terus menerus selama siklus, dengan siklus air sebagai pendingin. Waktu pendinginan ini sejalan dengan waktu *holding time*. Waktu pendinginan yang tidak tepat dapat menyebabkan material mengeras sebelum mengisi seluruh rongga cetakan, yang dapat menghasilkan cacat produk seperti *short shot*. Sebaliknya, waktu pendinginan yang terlalu singkat dapat mengakibatkan produk tidak mencapai kekuatan yang diinginkan.

## 8. Tekanan Injeksi

Tekanan injeksi merupakan salah satu parameter penting dalam proses *injection molding* yang memiliki pengaruh signifikan terhadap cacat *short shot*. Cacat *short shot* terjadi ketika lelehan material plastik tidak dapat memenuhi seluruh rongga cetakan, mengakibatkan produk tidak terbentuk secara sempurna. Peningkatan tekanan injeksi memungkinkan material plastik terdorong dengan lebih kuat dan cepat ke dalam cetakan, mengurangi kemungkinan terjadinya kekurangan material di area tertentu.

*Injection pressure* adalah tekanan yang diperlukan untuk menginjeksikan bahan plastik cair ke dalam cetakan. Tekanan maksimum ini ditentukan berdasarkan spesifikasi masing-masing jenis material plastik.

*Injection pressure* juga mempengaruhi kecepatan maju *screw* (*injection speed*) dan proses pengisian bahan ke dalam *cavity* (Tunggul dkk., 2024). Tekanan ini biasanya naik dengan cepat dari nol hingga mencapai setting yang ditentukan. Berikut adalah Tabel 3 yang menunjukkan besarnya *injection pressure* secara umum untuk berbagai material plastik, yang bergantung pada *melt index*, *melt flow rate*, *softening point*, *temperature*, dan *resistance material*:

Tabel 3 Tekanan injeksi sesuai variasi plastik

Material	Necessary injection pressure (MPa (Kgf/cm <sup>2</sup> ))		
	Easy flow material, heavy sections	Medium flow material, standar sections	High viscosity material, thin sections small gates
ABS	80-110	100-130	130-150
POM	85-100	100-120	120-150
PE	70-100	100-120	120-150
PA	90-110	110-140	> 140
PC	100-120	120-150	<150
PMMA	100-120	120-150	<150
PS	80-100	100-120	120-150
Rigid PVC	100-120	120-150	>150
Thermosets	100-140	140-175	175-230
Elastomers	80-100	100-120	120-150

(Sumber: *Plastics Technology.com*)

### 9. Kecepatan Injeksi

Kecepatan injeksi adalah parameter kritis dalam proses *injection molding* yang berdampak terhadap terjadinya cacat *short shot*. Kecepatan injeksi yang terlalu rendah dapat menyebabkan material plastik tidak mengalir dengan cukup cepat untuk mengisi seluruh rongga cetakan sebelum mulai mendingin dan mengeras. Akibatnya, bagian tertentu dari produk tidak terbentuk dengan baik, sehingga terjadi cacat *short shot*.

*Injection speed* adalah kecepatan aliran material yang diperlukan untuk mengisi rongga cetakan. Besarnya sangat dipengaruhi oleh

putaran ulir dan dibatasi oleh kapasitas alir mesin (*injection rate*) serta diameter *nozzle* mesin. Parameter kecepatan injeksi berfungsi untuk mengatur aliran material per mm/detik. Kecepatan injeksi yang terlalu tinggi dapat menyebabkan produk kelebihan material (*flashing*), sementara kecepatan injeksi yang terlalu rendah dapat mengakibatkan kurangnya material (*short-shot*). Gambar 11 menunjukkan parameter injeksi pada mesin *injection molding*.



Gambar 11 Parameter *Injection*  
(Sumber: *Machinery.com*)

Setting kecepatan pengisian pada mesin injeksi melibatkan beberapa langkah dan tingkatan. Langkah pertama, zona 4 merupakan proses pembentukan *runner*. Langkah kedua, zona 3 terjadi ketika material cair mendekati *gate*. Langkah ketiga, zona 2 adalah material masuk ke dalam *caavity*. Langkah selanjutnya, yaitu zona 1 adalah ketika material memenuhi *cavity* sesuai dengan cetakan.

#### F. Cacat Pada Proses *Injection Molding*

Cacat atau *defect* adalah kerusakan yang disebabkan oleh ketidaksesuaian parameter proses *injection molding* atau prosedur pelaksanaan produksi, yang dapat mengakibatkan hasil produk menjadi kurang sempurna. Kualitas akhir dari produk plastik *injection molding* merupakan karakteristik utama dari standar kualitas produk. Namun, keadaan ini sering tidak terpenuhi, sehingga seringkali terjadi cacat produk yang merusak penampilan produk.



Cacat produk bisa disebabkan oleh berbagai faktor, baik parameter proses maupun desain.

Beberapa jenis cacat pada proses *injection molding* antara lain :

#### 1. *Short-shot*

Cacat *short shot* terjadi ketika pengisian produk tidak sempurna (Iskandar dkk., 2019). Hal ini terjadi ketika lelehan material plastik diinjeksikan ke dalam *cavity* tidak mencapai kapasitas yang ideal atau tidak sesuai dengan settingan mesin (Darmawan, 2018). Gambar 12 menunjukkan cacat *short shot* pada produk *injection molding*.



Gambar 12 Cacat *Short shot*  
(Sumber: *sybridge.com*)

Cacat *short shot* dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti pelelehan biji plastik yang tidak sempurna, injeksi yang lambat, tekanan injeksi yang lemah, suhu peleburan yang rendah, suhu  *mold* yang rendah, dan udara tidak keluar dari *cavity mold*.

Untuk mengurangi cacat *short shot*, diperlukan langkah-langkah seperti meningkatkan suhu material sesuai dengan batasannya, meningkatkan kecepatan injeksi material, menggunakan material dengan *fluiditas* material yang lebih baik, menstandarisasi ketebalan

dinding pada setiap *cavity*, dan memastikan *supply* material berkelanjutan tanpa jeda.

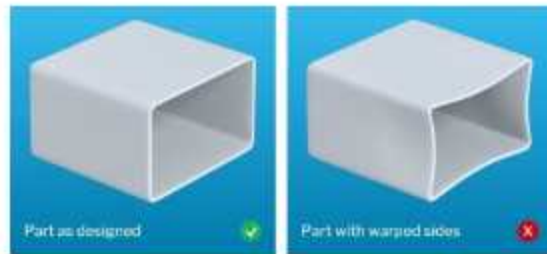
Cacat *short shot* memegang peranan penting dalam proses *injection molding* karena seringkali berhubungan dengan ketidakmerataan pada produk plastik. Faktor-faktor seperti suhu cetakan, suhu leleh, tekanan, ketebalan dinding dan penyusutan juga berpengaruh terhadap terjadinya *short shot*.

Penelitian sebelumnya (Holiyan, 2018) yang berjudul "Pengaruh Suhu dan Tekanan Injeksi Terhadap Cacat *Short Shot* Produk Polikarbonat Pada Mesin *Injection Molding*" menunjukkan bahwa peningkatan suhu dan tekanan injeksi dapat mengurangi jumlah cacat *short shot*. Kecepatan injeksi yang tepat juga penting untuk memastikan aliran material plastik yang memadai untuk mengisi cetakan (Darmawan, 2018).

## 2. *Warpage*

*Warpage* adalah kondisi cacat produk dimana permukaan yang melengkung. Hal ini disebabkan oleh pendinginan cetakan yang tidak seragam, perbedaan temperatur yang tinggi dibagian cetakan, dan *holding pressure* yang rendah (Iskandar dkk., 2019). Gambar 13 menunjukkan cacat *warpage* pada produk *injection molding*.





Gambar 13 *Warpage*  
(Sumber: *sybridge.com*)

### 3. *Weld lines*

*Weld lines* terjadi ketika dua aliran lelehan bertemu diujung aliran material. Penyebab antara lain waktu pendinginan yang terlalu singkat dan temperatur material terlalu rendah (Iskandar dkk., 2019). Gambar 14 menunjukkan cacat *weld lines* pada produk *injection molding*.



Gambar 14 *Weld lines*  
(Sumber: *sybridge.com*)

### 4. *Sink mark*

*Sink mark* adalah lengkungan pada permukaan luar komponen yang dibentuk. Penyebabnya dapat berupa perbedaan ketebalan produk, perbedaan temperatur *core* dan *cavity*, dan kurangnya kemampuan

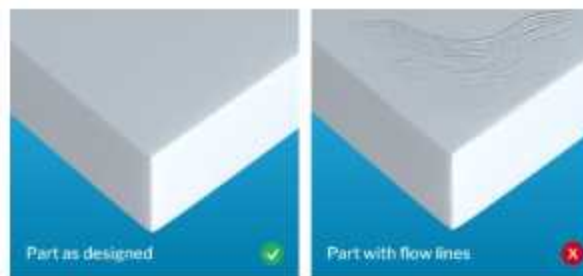
pendinginan dari *mold* (Iskandar dkk., 2019). Gambar 15 menunjukkan cacat *sink marks* pada produk *injection molding*.



Gambar 15 *Sink mark*  
(Sumber: *sybridge.com*)

#### 5. *Flow lines*

*Flow lines* adalah jenis *defect* pada produk plastik yang muncul sebagai garis-garis atau pola aliran pada permukaan produk. *Flow lines* terjadi ketika material plastik tidak mengalir dengan benar atau mengalami pendinginan yang tidak merata saat proses injeksi (Iskandar dkk., 2019). Gambar 16 menunjukkan cacat *flow lines* pada produk *injection molding*.



Gambar 16 *Flow lines*  
(Sumber: *sybridge.com*)

Penyebab utama cacat pada produk hasil dari *injection molding* meliputi kualitas material plastik, kompatibilitas material tambahan, kondisi selama proses, *maintenance mold* dan mesin *injection molding*, desain *runner*, pengaturan suhu dan cetakan, desain cetakan, posisi dan ukuran ejektor, serta desain *cooling* cetakan yang tidak merata.

### G. Garpu Plastik

Garpu plastik adalah salah satu produk yang dibuat menggunakan metode *injection molding*. Menurut KBBI, garpu adalah sendok yang bentuk ujungnya berbentuk seperti jari-jari tangan, runcing, dan tajam. Produk ini sangat umum ditemui dalam kehidupan sehari-hari karena jumlahnya yang banyak dan harganya yang terjangkau.

Garpu terbuat dari bahan plastik yang memberikan solusi praktis dan efisien untuk berbagai kebutuhan. Desain garpu plastik sangat sederhana namun fungsional. Produk garpu plastik dari PT Supratik Suryamas, seperti yang terlihat pada Gambar 17 di bawah ini, digunakan untuk mengambil makanan seperti mie karena ringan dan mudah dibawa.



Gambar 17 Garpu plastik  
(Sumber: PT Supratik Suryamas)

## BAB III

### MATERI DAN METODE TUGAS AKHIR

#### A. Lokasi Pelaksanaan Magang

Lokasi pengambilan data dilakukan di PT Supratik Suryamas pada divisi *quality control*, divisi produksi, dan divisi PPIC. Perusahaan beralamatkan di Jl. Magelang Km 12, Durenan, Tridadi, Kecamatan Sleman, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55511. Pengambilan data dilakukan selama pelaksanaan magang pada tanggal 01 Desember 2023 – 30 Mei 2024.

#### B. Materi Tugas Akhir

Materi yang diamati dan dibuat dalam tugas akhir ini yaitu menyelesaikan permasalahan mengenai cacat *short shot* pada garpu plastik berbahan dasar *polypropylene*. Cacat *short shot* merupakan cacat dimana lelehan material plastik yang diinjeksikan ke dalam *cavity* tidak mencapai kapasitas yang ideal (Darmawan., 2018). Cacat *short shot* dapat disebabkan karena tekanan injeksi dan kecepatan injeksi yang rendah sehingga material tidak memenuhi rongga cetakan (Pambudi., 2022). Dengan ini dilakukan pemecahan masalah untuk mengatasi cacat *short shot* pada garpu plastik. Oleh karena itu, dilakukan percobaan dengan menaikkan nilai tekanan injeksi dan kecepatan injeksi pada mesin *injection molding*. Alat dan bahan yang digunakan dalam proses produksi pembuatan garpu plastik dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Bahan-bahan pembuatan garpu plastik.

No	Nama Bahan	Gambar	Karakteristik	Kegunaan
1	<i>Polypropylene</i>		Berbentuk butiran, keras, dan berwarna bening	Bahan dasar pembuatan garpu plastik
2	<i>Masterbatch White</i>		Berbentuk butiran, berwarna putih	Bahan pewarna pembuatan garpu plastik

Sumber: PT Supratik Suryamas, 2024

Berikut adalah karakteristik bahan polypropylene yang digunakan dalam pembuatan garpu plastik, seperti yang tercantum dalam Tabel 5.

Tabel 5 Karakteristik bahan *polypropylene* pada pembuatan garpu plastik

Bentuk	Pellet
Berat jenis ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	0,91-0,94 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )
Titik lebur ( $T_m$ )	160°C
Derajat kristalinitas	60-70%
<i>Ratio flow path</i>	(250-275):1
Modulus elastisitas	1300-1800 Mpa
<i>Shore hardness</i>	70-80

Sumber: PT Supratik Suryamas, 2024

Tabel 6 Alat-alat yang digunakan pada proses pembuatan garpu plastik

No	Nama Alat	Gambar	Spesifikasi	Fungsi
1	Mesin <i>Injection Molding</i>		Jenis Lanson dengan kapasitas 160 ton	Alat untuk memproduksi garpu plastik dengan cepat dan presisi tinggi
2	<i>Mixer</i>		-	Alat untuk mencampur bahan dasar <i>polypropylene</i> dengan <i>masterbatch</i> warna putih
3	<i>Water Cooling</i>		-	Alat untuk membantu proses pendinginan produk garpu plastik
4	<i>Crusher</i>		-	Alat untuk menghancurkan produk <i>reject</i> menjadi lebih kecil



Lanjutan Tabel 6 Alat-alat yang digunakan pada proses pembuatan garpu plastik

No	Nama Alat	Gambar	Spesifikasi	Fungsi
5	<i>Cavity</i>		24 <i>cavity</i>	Bagian cetakan yang membentuk produk garpu plastik bagian atas
6	<i>Core</i>		24 <i>core</i>	Alat yang membentuk produk garpu bagian bawah
7	Timbangan		-	Alat yang berfungsi menimbang material dan <i>masterbatch</i>
8	Timbangan Digital		Akurasi 0,01 gram	Alat yang berfungsi menimbang produk garpu plastik
9	Jangka Sorong		-	Alat yang digunakan untuk mengukur panjang produk garpu plastik

Berikut adalah spesifikasi mesin injeksi yang digunakan dalam pembuatan garpu plastik, seperti yang tercantum dalam Tabel 7.

Tabel 7 Spesifikasi mesin injeksi pembuatan garpu plastik

No.	Spesifikasi	Keterangan
1	Tipe mesin	Lanson 160
2	Proses	Auto
3	Jumlah <i>cavity</i>	24
4	Jenis <i>cooling</i>	<i>Water Colling</i>
5	<i>Cycle time</i>	13 detik

### C. Metode Pelaksanaan Tugas Akhir

Metode merupakan penyusunan data untuk memudahkan pelaksanaan sehingga mencapai tujuan. Penulisan tugas akhir ini berfokus pengurangan cacat *short shot* pada produk garpu plastik. Pemecahan masalah dilakukan berdasarkan hasil analisis pengaruh tekanan dan kecepatan injeksi. Dalam menyelesaikan tugas akhir ini didukung oleh sumber data. Sumber data adalah segala sesuatu yang dapat memberikan informasi mengenai penelitian terkait. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah yaitu:

#### 1. Data Primer

Data primer yaitu informasi yang dikumpulkan langsung oleh peneliti dari sumber pertama atau objek penelitian, melalui metode observasi langsung dan wawancara dengan responden (Surono, 2016).

##### a. Observasi

Dalam penelitian ini, dilakukan pengamatan langsung pada proses pembuatan garpu plastik di PT Supratik Suryamas serta pendataan objek yang terkait.

## b. Wawancara

Data wawancara diperoleh dari beberapa narasumber di PT Supratik Suryamas antara lain :

- 1) Divisi QC terkait *Standard Production*
- 2) Divisi Produksi terkait *Defect production*
- 3) Operator Mesin terkait setting parameter mesin
- 4) Divisi PPIC terkait *planning production*

## c. Dokumentasi

Dokumentasi dilakukan dalam bentuk catatan dan gambar. Catatan mencakup rangkaian kegiatan yang dilakukan serta informasi yang diperoleh. Gambar merupakan visualisasi produk yang sesuai dengan tema yang diambil dalam tugas akhir, dengan izin dari perusahaan.

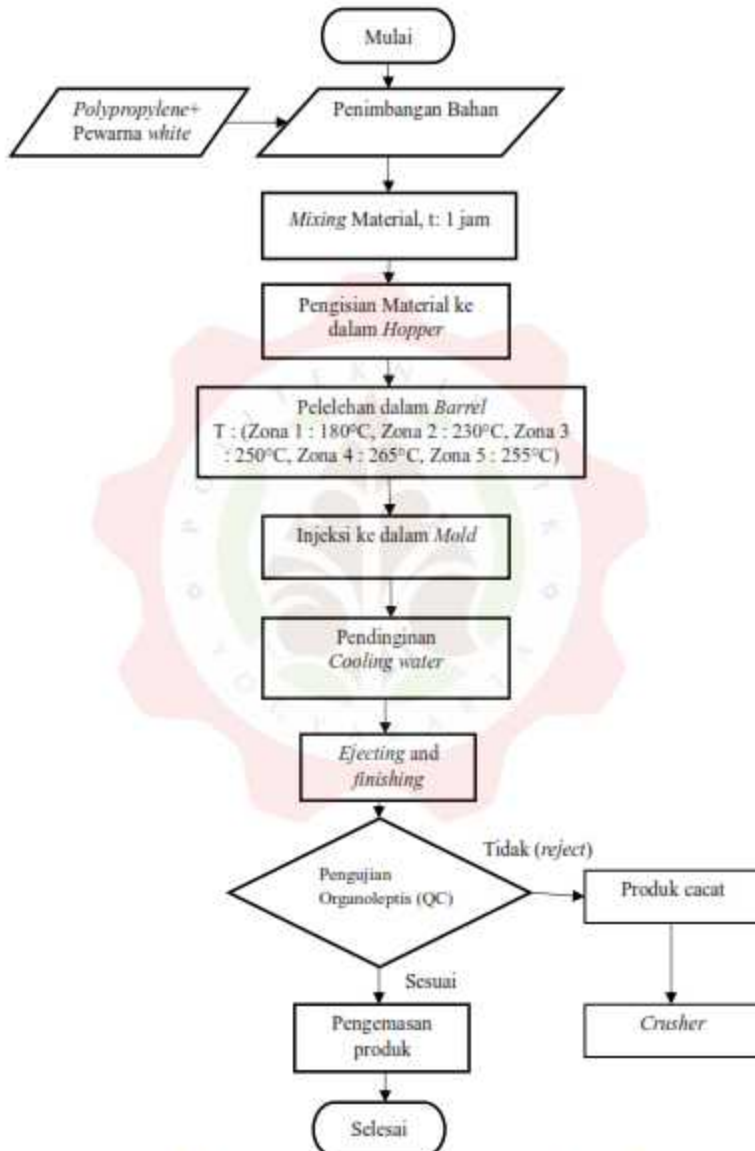
## d. Metode percobaan

Dalam metode percobaan ini, dilakukan *trial* pembuatan garpu plastik menggunakan metode *injection molding* dengan variasi parameter tekanan dan kecepatan injeksi hingga mendapatkan hasil garpu plastik tanpa cacat *short shot*.

## 2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan data sekunder, mencari informasi pendukung, dan teori yang relevan dengan topik utama dalam tugas akhir. Studi pustaka merupakan metode untuk mencari informasi sekunder dari buku dan literatur lain yang relevan dengan tema yang dipilih.

#### D. Diagram Alir Proses



Gambar 18 Diagram alir proses injeksi garpu plastik

Proses pembuatan garpu plastik dilakukan dalam beberapa tahap. Tahap pertama adalah menimbang bahan *polypropylene* dan pewarna putih, kemudian dilakukan *mixing* material menggunakan *mixer* selama 1 jam. Tujuan dari pencampuran ini adalah untuk memastikan bahan-bahan tercampur secara homogen. Selanjutnya, dimasukkan ke dalam *hopper* suhu 25°C dan turun ke *barrel*. Penyettingan mesin *injection molding cooling time* dengan waktu 5 detik, waktu injeksi 2 detik. Di dalam *barrel*, material dipanaskan dan dilelehkan dengan temperatur zona-zona sebagai berikut: zona 1 : 180°C, zona 2 : 230°C, zona 3 : 250°C, zona 4 : 265°C, zona 5 : 255°C. Material yang sudah meleleh didorong oleh *screw* menuju ke  *mold* melalui *nozzle* untuk proses injeksi, dan terjadi pendinginan. Setelah itu,  *mold* terbuka dan produk garpu plastik keluar. Pengujian kualitas dilakukan menggunakan metode organoleptis, dimensi dan kekuatan. Pada tahap ini, produk garpu plastik dipastikan sesuai dengan standar perusahaan, yang dapat dilihat pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8 Standar produk garpu plastik

ITEM PEMERIKSAAN	STANDAR
Material	<i>Polypropylene</i>
Warna	Putih Doff
Berat	Min 2 g
Grafiti Logo	Baik
Kebersihan	Bersih Tidak Ada Benda Asing
<b>DIMENSI</b>	
Panjang Garpu	127,5 ± 1 mm
<b>FUNGSI</b>	
<i>Passing</i>	OK, Dengan Tekanan 30 gr

Sumber: PT Supratik Suryamas, 2024