

**LAPORAN TUGAS AKHIR**  
**OPTIMASI OPERASI *INJECTION MOLDING* TERHADAP**  
**KEKUATAN LENTUR (*FLEXURAL STRENGTH*) KOMPON**  
**POLIPROPILENA DI ATAS 2000 MPa**



**OLEH:**

**MARINA ROHAYANI (1514001)**

**EMA NINTA NATASYA (1514002)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER**  
**POLITEKNIK STMI JAKARTA**  
**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I**  
**JAKARTA**  
**2018**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**  
**OPTIMASI OPERASI *INJECTION MOLDING* TERHADAP**  
**KEKUATAN LENTUR (*FLEXURAL STRENGTH*) KOMPON**  
**POLIPROPILENA DI ATAS 2000 MPa**

Diajukan sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik  
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta



**OLEH:**

**MARINA ROHAYANI (1514001)**

**EMA NINTA NATASYA (1514002)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER**  
**POLITEKNIK STMI JAKARTA**  
**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I**  
**JAKARTA**  
**2018**

## LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

JUDUL PENELITIAN:

Optimasi Operasi *Injection Molding* Terhadap Kekuatan Lentur  
(*Flexural Strength*) Kompon Polipropilena Di Atas 2000 MPa.

DISUSUN OLEH :  
NAMA : 1. MARINA ROHAYANI  
2. EMA NINTA NATASYA  
NIM : 1. 1514001  
2. 1514002  
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diperiksa dan disetujui sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik  
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta.

Jakarta, September 2018

Menyetujui

Ketua Program Studi

Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, MBA.

NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing



Ir. Parulian Leonard M., MM.

NIP. 195702141985031002

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING PENELITIAN

JUDUL PENELITIAN :

PENENTUAN PARAMETER *INJECTION* YANG PALING OPTIMAL  
UNTUK MENGETAHUI NILAI *FLEXURAL* MODULUS *COMPOUND*  
*POLYPROPYLENE*

DISUSUN OLEH :

NAMA : 1. MARINA ROHAYANI  
2. EMA NINTA NATASYA

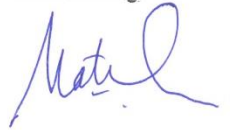
NIM : 1. 1514001  
2. 1514002

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Jakarta, 12 Juli 2018

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing



Natalia Anasta A.L., ST

# LEMBAR PENUGASAN DOSEN PEMBIMBING



## POLITEKNIK STMI JAKARTA

d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI  
Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510  
Telp: ( 021 ) 42886064 Fax: ( 021 ) 42888206  
www.stmi.ac.id



Nomor : **C36 /SJ-IND.7.2/V/2018**  
Lampiran : 1 (satu)  
Perihal : **Penugasan Proses  
Bimbingan Tugas Akhir  
Tahun Akademik 2017/2018**

Jakarta, 31 Mei 2018

Kepada  
Yth. Bapak Ir. Parulian Leonard Marpaung,  
MM  
Di Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 01/SJ-IND 7.2/KEP/01 /2018 tanggal 03 Januari 2018 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Asisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2017/2018, maka dengan ini kami mengharap bantuan Bapak untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : **Marina Rohayani**  
No. Induk : **1514001**

Adapun judul Tugas Akhir yang bersangkutan berdasarkan proposal yang terdaftar adalah:

" Pemakaian Talc Untuk Peningkatan Flexural Modulus Compound Polypropilene (PP) ."

Demikian surat penugasan ini disampaikan. Atas perhatian dan bantuan Bapak kami ucapkan terima kasih.



**Direktur,**  
**Dr. Mustofa, ST, MT**  
NIP : 19700924 200312 1 001

Tembusan:

1. Pudir 1;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Pertinggal

# LEMBAR PENUGASAN DOSEN PEMBIMBING



## POLITEKNIK STMI JAKARTA

d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI

Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510  
Telp: ( 021 ) 42886064 Fax: ( 021 ) 42888206  
www.stmi.ac.id



Nomor : 017 /SJ-IND.7.2/VI/2018  
Lampiran : 1 (satu)  
Perihal : **Penugasan Proses  
Bimbingan Tugas Akhir  
Tahun Akademik 2017/2018**

Jakarta, 31 Mei 2018

Kepada  
Yth. Bapak Ir. Parulian Leonard Marpaung,  
**MM**  
Di Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 01/SJ-IND 7.2/ KEP/01 /2018 tanggal 03 Januari 2018 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Assisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2017/2018, maka dengan ini kami mengharap bantuan Bapak untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : **Emma Ninta Natasya**  
No. Induk : **1514002**

Adapun judul Tugas Akhir yang bersangkutan berdasarkan proposal yang terdaftar adalah:

" Pemakaian Talc Untuk Peningkatan Flexural Modulus Compound Polypropilene ( PP ). "

Demikian surat penugasan ini disampaikan. Atas perhatian dan bantuan Bapak kami ucapkan terima kasih.



**Dr. Mustofa, ST, MT**  
NIP : 19700924 200312 1 001

Tembusan:

1. Pudir 1;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Pertinggal

# LEMBAR PENGAJUAN PENELITIAN

	<b>PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER</b> <b>POLITEKNIK STMI JAKARTA</b> d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI Jl. Letjen Suprapto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510 Telp : (021) 42886064 Fax : (021) 42888206 www.stmi.ac.id	
---	--	---

---

No : 437/TKP-PSTMI/03/2018 Jakarta, 12 Maret 2018  
Lampiran : -  
Perihal : Permohonan Praktik Kerja Industri

Kepada  
HRD PT. Intera Lestari Polimer  
Jl. Raya Serang KM 24,5 Kp. Jaha RT/RW 02/01  
Ds. Sentul Jaya Kec. Balaraja, Tangerang, Banten

Dalam rangka menambah wawasan dan mengaplikasikan teori yang didapat Mahasiswa/i di Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI, dengan ini memohon bantuan Bapak/Ibu agar bersedia menerima mereka yang namanya tersebut di bawah ini untuk melakukan Praktik Kerja Industri di Perusahaan/Instansi yang Bapak/Ibu pimpin, selama kurang lebih 2 bulan. Adapun nama mahasiswa/i yang akan melakukan Praktik Kerja Industri adalah :

No	Nama	NIM
1	Marina Rohayani	1514001
2	Ema Ninta Natasya	1514002

Dalam pelaksanaannya kami mengharapkan bantuan bimbingan Bapak/Ibu agar Mahasiswa/i kami dapat melakukannya dengan baik. Demikian atas bantuan dan kerjasama Bapak/Ibu, kami ucapkan terima kasih.

**Ketua Program Studi**  
**Teknik Kimia Polimer**  
  
**Ir. Roosmariharso, MBA**  
**NIP. 195405231980031004**

Tembusan :  
- Perteinggal

 **SAI GLOBAL CERTIFICATION SERVICES** Pty.Ltd Registration ISO 9001:2008 No.Reg QEC 264727


## LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR PENELITIAN

Nama : Marina Rohayani 1514001  
 Ema Ninta Natasya 1514002

Judul TA pnelitian : Optimasi Operasi *Injection Molding* Terhadap Kekuatan  
 Lentur (*Flexural Strength*) Kompon Polipropilena  
 Diatas 2000 MPa

Pembimbing : Ir. Parulian Leonard M., MM.

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
11-05-2018	I	- Pembahasan tentang judul	<i>RW</i>
16-05-2018	I	- Pembahasan latar belakang tujuan, rumusan masalah, manfaat penelitian.	<i>RW</i>
18-05-2018	II	- memperbaiki penulisan yang benar & penambahan teori.	<i>RW</i>
11-07-2018	II	- memperbaiki maksud dan kalimat.	<i>RW</i>
13-07-2018	III	- memperbaiki maksud dan kalimat. - memperbaiki format.	<i>RW</i>
18-07-2018	III	- membahas metode penelitian dan pembahasannya.	<i>RW</i>
20-07-2018	IV	- revisi penulisan yang salah	<i>RW</i>
25-07-2018	V	- memperbaiki tulisan	<i>RW</i>
26-07-2018		- membuat power point - mempresentasikan hasil Power Point Penelitian	<i>RW</i>

27-07-2018	PPT	- Revisi power point -	
------------	-----	------------------------	---

Mengetahui,

Ketua Program Studi  
Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, MBA.  
NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing



Ir. Parulian Leonard M., MM.  
NIP. 195702141985031002

## LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR

JUDUL PENELITIAN :

Optimasi Operasi *Injection Molding* terhadap Kekuatan Lentur  
(*Flexural Strength*) Komposit Polipropilena diatas 2000 MPa

DISUSUN OLEH :  
NAMA : 1. MARINA ROHAYANI  
2. EMA NINTA NATASYA  
NIM : 1. 1514001  
2. 1514002  
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Seminar Tugas Akhir Penelitian Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta pada hari Kamis, 30 Agustus 2018.

Jakarta, September 2018

Penguji,



Ir. Roosmariharso, MBA.

NIP. 195405231980031004

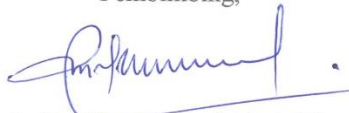
Penguji,



Dr. Erfina Oktariani, S.T, M.T.

NIP.1982100120140022001

Pembimbing,



Ir. Partilian Leonard M., MM.

NIP.195702141985031002

## LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG

JUDUL PENELITIAN :

Optimasi Operasi *Injection Molding* terhadap Kekuatan Lentur  
(*Flexural Strength*) Kompon Polipropilena Di Atas 2000 MPa

DISUSUN OLEH :  
NAMA : 1. MARINA ROHAYANI  
2. EMA NINTA NATASYA  
NIM : 1. 1514001  
2. 1514002  
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Seminar Tugas Akhir Penelitian Program Studi Teknik  
Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta pada hari Rabu, 12 September 2018.

Jakarta, September 2018

Penguji I



Ir. Roosmariharso, MBA.  
NIP. 195405231980031004

Penguji II



Syaiful Ahsan, S.T., M.T.  
NIP. 198407162014021001

Penguji III



Ir. Rochmi Widjajanti, M. Eng.  
NIP. 195609101984032002

Pembimbing



Ir. Parulian Leonard M, MM.  
NIP. 195702141985031002

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Kami Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta,  
Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Marina Rohayani

NIM : 1514001

Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir Penelitian yang kami buat dengan judul “Penentuan Parameter *Injection* Yang Paling Optimal Untuk Mengetahui Nilai *Flexural* Modulus Kompon Polipropilena”.

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing, dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas Akhir Penelitian ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya Tugas Akhir Penelitian kami.

Jika terbukti kami tidak memenuhi apa yang telah kami nyatakan seperti apa yang di atas, maka karya Tugas Akhir Penelitian kami ini dibatalkan.

Jakarta, Juli 2018

METERAI  
TEMPEL  
TGL. 20  
80752AFF27817757  
6000  
ENAM RIBURUPIAH  
Marina Rohayani

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Kami Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta,  
Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Ema Ninta Natasya  
NIM : 1514002  
Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir Penelitian yang kami buat dengan judul “Penentuan Parameter *Injection* Yang Paling Optimal Untuk Mengetahui Nilai *Flexural* Modulus Kompon Polipropilena”.

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing, dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas Akhir Penelitian ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya Tugas Akhir Penelitian kami.

Jika terbukti kami tidak memenuhi apa yang telah kami nyatakan seperti apa yang di atas, maka karya Tugas Akhir Penelitian kami ini dibatalkan.

Jakarta, Juli 2018  
METERAI  
TEMPEL  
TGL. 2  
1DD3BAFF275177752  
6000  
ENAM RIBURUPIAH  
Ema Ninta Natasya



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penyusun dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir Penelitian dengan judul Optimasi Operasi *Injection Molding* Terhadap Kekuatan Lentur (*Flexural Strength*) Kompon Polipropilena Di Atas 2000 MPa. Penulisan Laporan Tugas Akhir Penelitian ini diajukan sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta. Ungkapan terimakasih dan hormat, penyusun tujukan kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan serta motivasi hingga terselesaikannya Laporan Tugas Akhir Penelitian ini.

Dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir Penelitian ini, penyusun mendapat bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu dalam kesempatan ini penyusun ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Mustofa, ST, MT, selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta.
2. Bapak Ir. Roosmariharso, MBA selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
3. Bapak Ir. Parulian Leonard M., MM selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penyusun dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir Penelitian ini.
4. Ibu Natalia Anasta A.L., ST selaku pembimbing lapangan yang telah sabar dalam memberikan bimbingan dan arahan selama menjalani penelitian di PT Intera Lestari Polimer.
5. Para Tim PT Intera Lestari Polimer yang selalu membimbing dan mengarahkan dengan baik.
6. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan bantuan dukungan material, doa, dan semangat dalam proses penyusunan Laporan Tugas Akhir Penelitian ini.

7. Teman-teman Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta angkatan 2014 selaku kawan seperjuangan.
8. Serta semua pihak yang tak dapat di sebutkan satu per satu yang telah membantu dalam praktek hingga penyusunan Laporan Tugas Akhir Penelitian ini.

Penyusun menyadari keterbatasan dan kemampuan dalam menyusun laporan ini. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun sehingga berguna bagi penyusun untuk menyempurnakan Laporan Tugas Akhir Penelitian. Semoga Laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jakarta, September 2018

Penyusun

## ABSTRAK

Kemajuan teknologi mesin *injection molding* yang semakin pesat dipengaruhi oleh semakin banyaknya produk manufaktur yang menggunakan bahan plastik. Dengan kemajuan mesin *injection molding* penggunaannya menjadi semakin mudah dan praktis. Oleh karena itu, salah satu yang menjadi penyebab terjadinya ketidaksesuaian variabel pada saat mengatur temperatur, *flow and pressure injection*, *flow and pressure holding* dan *holding time*. Untuk itu dibutuhkan plastik yang memiliki banyak kelebihan seperti ringan, tahan korosi, mudah disimpan, harganya murah dan dapat didaur ulang kembali. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui optimasi proses *injection molding* terhadap kualitas produk gelas plastik dengan mengetahui nilai kekuatan lentur pada produk. Sebagian besar komposit polipropilena membutuhkan *flexural strength* yang tinggi diatas 2000 MPa. Penelitian ini memfokuskan variabel temperatur, *flow and pressure injection*, *flow and pressure holding*, dan *holding time*. Dengan variasi temperatur 210°C, 230°C, dan 250°C. Variasi *flow injection* 5 dan 45 kg/min, *pressure injection* 5 dan 45 bar, kemudian variasi *flow holding* 12 kg/min, *pressure holding* 45 bar. Variabel *holding time* 3 detik dan 15 detik. Dari hasil penelitian ini didapatkan kondisi optimum pada *injection molding* dengan nilai *flexural strength* diatas 2000 MPa pada variabel *flow injection* 45 kg/min, *pressure injection* 45 bar. Kemudian *flow holding* 12 dan 45 kg/min, *pressure holding* 12 dan 45 bar. *Holding time* 15 detik, dan temperatur 250°C.

**Kata kunci:** *injection molding*, variabel, kekuatan lentur, polipropilena, plastik.

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING PENELITIAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PENUGASAN DOSEN PEMBIMBING .....</b>	<b>v</b>
<b>LEMBAR PENGAJUAN PENELITIAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>viii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR.....</b>	<b>x</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG .....</b>	<b>xi</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN.....</b>	<b>xii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xx</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xxi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xxii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Material Komposit dan Klasifikasi Komposit .....	5
2.2 Polipropilena .....	6
2.3 Talk .....	8
2.3.1 Kegunaan dan Spesifikasi Talk dalam Industri .....	8

2.4	<i>Masterbatch</i> .....	9
2.5	Antioksidan .....	10
2.6	Metode Manufaktur Komposit.....	10
2.6.1	Proses Cetakan Terbuka.....	10
2.6.2	Proses Cetakan Tertutup .....	11
2.7	<i>Injection Molding</i> .....	12
2.7.1	Bagian-bagian mesin <i>Injection Molding</i> .....	13
2.7.2	Prinsip kerja mesin <i>Injection Molding</i> .....	16
2.8	Parameter Proses <i>Injection Molding</i> .....	17
2.9	Cacat Benda kerja <i>Injection Molding</i> .....	19
2.10	Ekstruder .....	20
2.11	Kekuatan ( <i>Strength</i> ).....	25
2.12	Uji <i>Flexural</i> .....	25
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>27</b>
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian .....	27
3.2	Alat dan Bahan.....	27
3.2.1	Alat.....	27
3.2.2	Bahan .....	27
3.3	Variabel.....	28
3.3.1	Variabel Tetap.....	28
3.3.2	Variabel Berubah .....	28
3.4	Prosedur Penelitian .....	28
3.4.1	Persiapan Bahan Utama .....	30
3.4.2	Pengujian <i>Universal Testing Machine</i> (UTM) .....	30
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>32</b>
4.1	Hasil Uji <i>Flexural</i> .....	32
4.2	Pembahasan.....	33
<b>BAB V PENUTUP.....</b>		<b>35</b>

5.1 Kesimpulan .....	35
5.2 Saran .....	36
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>37</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Polipropilena .....	7
Tabel 2.2 Komposisi Talk.....	8
Tabel 3.1 Variasi Penelitian.....	28
Tabel 4.1 Hasil uji kekuatan lentur di atas 2000 MPa .....	33

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Injection molding</i> .....	12
Gambar 2.2 <i>Clamping unit toggle clamp dan hydraulic clamp</i> .....	14
Gambar 2.3 <i>Standar screw dengan 3 zona</i> .....	15
Gambar 2.4 Prinsip kerja mesin <i>injection molding</i> .....	16
Gambar 2.5 Ekstruder .....	20
Gambar 2.6 <i>Screw</i> .....	21
Gambar 2.7 Ekstruder ulir tunggal.....	23
Gambar 2.8 Ekstruder ulir ganda .....	24
Gambar 2.9 Spesimen uji kuat lentur.....	26
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	29

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A .....	40
Lampiran B .....	43

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Produk plastik semakin banyak dijumpai pada barang-barang yang digunakan oleh masyarakat saat ini. Barang-barang tersebut mulai dari peralatan rumah tangga, peralatan elektronik, komponen penyusun kendaraan bermotor dan lain sebagainya. Produk-produk plastik dalam penelitian ini yaitu gelas plastik dipilih karena memiliki banyak kelebihan seperti ringan, tahan korosi, mudah disimpan, mudah didapatkan, harganya murah serta dapat didaur ulang kembali. Kendala yang sering dihadapi produsen dalam proses produksi adalah produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan cetakan atau terjadi cacat. Untuk membuat produk dengan bahan baku plastik dibutuhkan suatu teknologi seperti mesin *injection molding*. Secara umum *injection molding* adalah proses pembentukan plastik dengan cara melelehkan material plastik lalu kemudian diinjeksikan kedalam sebuah cetakan. Variabel yang dapat mempengaruhi dalam proses *injection molding* yang harus diperhatikan dari hasil sebuah produk seperti temperatur, *flow and pressure injection*, *flow and pressure holding*, dan *holding time*. Jika dalam menentukan *setting* variabel kurang tepat, maka hasil dari produk kurang baik atau belum sesuai dengan spesifikasi suatu produk (Purnomo dkk, 2018).

*Flexural strength* adalah metode untuk mengukur kekuatan tarik plastik (Alexandra, 2008). Untuk mendapatkan nilai produk yang diinginkan masih menggunakan variabel *injection molding*, sehingga permasalahan yang muncul adalah nilai produk yang belum optimal yaitu dibawah 2000 MPa, sedangkan nilai produk yang optimal adalah diatas 2000 MPa. Dengan adanya permasalahan diatas maka dapat menyebabkan terjadinya cacat pada produk dan dapat menurunkan nilai kualitas produk tersebut dan mengakibatkan proses produksi menjadi terhambat

sehingga akan menjadi kerugian bagi unit produksi karena hasil akhir tidak sesuai dengan apa yang sudah diharapkan (Purnomo dkk, 2018).

Komposit secara umum dikenal sebagai bahan gabungan dua atau lebih komponen yang berbeda untuk menghasilkan sifat spesifik yang tidak dapat dicapai oleh salah satu komponen tanpa dipadukan dengan bahan lainnya. Komposit merupakan gabungan antara matrik dan bahan pengisi (*interface*) yang memiliki sifat mekanis dan termal yang lebih bagus sifat bahan dasar tunggal. Matrik merupakan bahan dasar atau bahan utama untuk pembuatan komposit, sedangkan *interface* merupakan bahan penguat yang dicampur atau dilapisi diantara matrik yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan daya tahan pada suatu bahan (Alexandra, 2008).

Polipropilena merupakan sebuah polimer termoplastik yang digunakan untuk pengemasan botol atau komponen otomotif. Dapat didaur ulang dengan cara pemanasan. Plastik merupakan salah satu limbah polimer yang tidak dapat terurai oleh mikroorganisme pengurai, sehingga penumpukan limbah plastik dilingkungan sekitar. Pemanfaatan kembali limbah plastik jenis termoplastik ini dijadikan sebagai produk komposit, juga merupakan suatu upaya untuk meminimalisasikan limbah plastik dilingkungan sekitar, plastik ini dapat dijadikan dalam pembuatan komposit yang memiliki kualitas yang tinggi (Alexandra, 2008).

Polipropilena merupakan polimer termoplastik yang mudah untuk didaur ulang karena mudah dilelehkan, tidak kaku, dan sangat elastis. Polimer plastik ini memiliki titik leleh  $167^{\circ}\text{C}$  dengan suhu transisi *glass*  $5^{\circ}\text{C}$ , dan elongasi atau perpanjangan (Alexandra, 2008).

## **1.2 Rumusan Permasalahan**

Berdasarkan latar belakang di atas, terdapat beberapa permasalahan yang perlu dikaji dan diteliti untuk mencari penyelesaiannya. Masalah-masalah tersebut diantaranya:

1. Bagaimana optimasi operasi *flow and pressure injection*, dan temperatur pada *injection molding* terhadap kekuatan lentur kompon polipropilena?

2. Bagaimana optimasi operasi *flow and pressure holding*, dan *holding time* pada *injection molding* terhadap kekuatan lentur kompon polipropilena?
3. Bagaimana mendapatkan kondisi operasi *injection molding* (temperatur, *flow and pressure injection*, *flow and pressure holding*, dan *holding time*) yang optimal pada kompon polipropilena dengan kekuatan lentur diatas 2000 MPa?

### 1.3 Batasan Permasalahan

Dalam penelitian ini, pembatasan masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan mesin *injection molding* untuk pembuatan kompon polipropilena.
2. Menggunakan variasi temperatur di operasi *injection molding* 210°C, 230°C dan 250°C.
3. Menggunakan variasi *flow injection* 5, 30 dan 45 kg/min dan *pressure injection* 5, 30 dan 45 bar.
4. Menggunakan variasi *flow holding* 12, 35 dan 45 kg/min dan *pressure holding* 12, 3, dan 45 bar.
5. Menggunakan variasi *holding time* 3 detik, 10 detik dan 15 detik.
6. Bahan yang digunakan polipropilena 70%, talk 30%, *masterbatch* 2 phr, dan antioksidan 0,1 phr.
7. Waktu pendinginan pada variabel *injection molding* selama 20 detik.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui optimasi operasi *flow and pressure injection*, dan temperatur pada *injection molding* terhadap kekuatan lentur komposit polipropilena.
2. Untuk mengetahui optimasi operasi *flow and pressure holding*, dan *holding time* pada *injection molding* terhadap kekuatan lentur komposit polipropilena.

3. Untuk mendapatkan kondisi operasi *injection molding* (temperatur, *flow and pressure injection*, *flow and pressure holding*, dan *holding time*) yang optimal pada kompon polipropilena dengan kekuatan lentur diatas 2000 MPa.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Dengan adanya penelitian ini, maka diharapkan dapat mengembangkan dan memberi informasi optimasi operasi *injection molding* terhadap kekuatan lentur (*flexural strength*) kompon polipropilena di atas 2000 MPa.

### **1.6 Sistematika Penelitian**

#### **BAB I: PENDAHULUAN**

Bab ini berisi penjelasan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian, rumusan masalah yang akan dibahas, batasan masalah dari penelitian yang akan dilakukan, tujuan dan manfaat dari dilakukannya penelitian ini.

#### **BAB II: TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi tinjauan umum mengenai gambaran Penelitian dan Deskripsi penelitian.

#### **BAB III: METODE PENELITIAN**

Bab ini berisi penjelasan tentang waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, variabel penelitian serta prosedur penelitian (persiapan penelitian dan metode penelitian).

#### **BAB IV: HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi data hasil pengukuran, analisa data yang sudah diolah menjadi grafik, pembahasan terhadap hasil pengukuran dan analisa data.

#### **BAB V: PENUTUP**

Bab ini berisi dua bagian, kesimpulan dan saran yang telah dilakukan berdasarkan hasil yang telah didapat pada bab sebelumnya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Material Komposit dan Klasifikasi Komposit**

Material Komposit dapat didefinisikan sebagai perpaduan antara dua material atau lebih untuk mendapatkan sifat yang lebih baik dari material penyusunnya ketika berdiri sendiri. Lain halnya dengan paduan logam, material penyusun pada komposit ini tetap mempertahankan masing-masing sifat kimiawi, fisik, maupun mekaniknya satu sama lain (Campbell, 2010).

Material komposit merupakan bahan gabungan secara makro yang didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran atau kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berbeda dalam bentuk dan atau komposisi material yang tidak dapat dipisahkan. Komposit dengan sifat mekanik yang tinggi memerlukan ikatan yang kuat antara serat dan matriknya. Ikatan kuat antara serat dan matrik bisa didapatkan melalui penyebaran matrik yang merata. Penyebaran matrik yang merata membuat jumlah ikatan antara serat dan matrik menjadi semakin banyak. Jumlah ikatan yang semakin banyak meningkatkan kekuatan mekanik komposit (Schwartz, 1984).

Material komposit mempunyai sifat dari material konvensional pada umumnya dari proses pembuatannya melalui pencampuran yang tidak homogen, sehingga kita leluasa merencanakan kekuatan material komposit yang kita inginkan dengan mengatur komposisi dari material pembentuknya. Komposit merupakan sejumlah sistem multi fasa sifat dengan gabungan, yaitu gabungan antara bahan matriks atau pengikat dengan penguat (Sulistijono, 2012).

Berdasarkan jenis matriksnya, komposit dapat diklasifikasikan seperti berikut (Callister, 2009):

a. *Polymer Matrix Composite (PMC)*

Merupakan matriks yang paling umum digunakan pada material komposit, karena memiliki sifat yang lebih tahan karat, korosi, dan lebih ringan. Matriks polimer terbagi menjadi dua yaitu thermoset dan termoplastik. Perbedaannya polimer thermoset tidak dapat didaur ulang sedangkan termoplastik dapat didaur ulang sehingga lebih banyak digunakan belakangan ini. Jenis-jenis termoplastik yang biasa digunakan adalah polipropilena, polystyrene, polietilena, dll. Komposit jenis ini menggunakan polimer sebagai matriksnya, dengan *fibres* sebagai *reinforcednya*.

b. *Metal Matrix Composite (MMC)*

Komposit jenis ini menggunakan logam yang ulet sebagai matriksnya. Material ini dimanfaatkan pada temperatur yang lebih tinggi. Beberapa keuntungannya dibanding PMC yaitu temperatur operasinya yang lebih tinggi, *nonflammable*, dan juga lebih tahan akan degradasi oleh fluida organik.

c. *Ceramic Matrix Composite (CMC)*

Komposit jenis ini menggunakan keramik sebagai matriksnya. Secara inheren tahan terhadap oksidasi dan juga kerusakan pada temperatur tinggi. Jenis komposit ini sangat cocok untuk digunakan pada temperatur tinggi dan juga untuk aplikasi yang mengalami severe-stress, seperti komponen mobil dan juga turbin gas.

## **2.2 Polipropilena (PP)**

Polipropilena (PP) adalah termoplastik yang terbuat dari monomer polipilena yang memiliki sifat kaku, tidak berbau, dan tahan terhadap bahan kimia pelarut, asam, dan basa. Banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti komponenomotif, peralatan labolatorium, wadah atau kontainer, dan banyak lagi produk sehari-hari yang menggunakan plastik polypropylene. Pada tahun 2013 sudah dipasarkan sekitar 55 juta plastik Polipropilen dipasar global (Ceresana, 2013).

Secara umum plastik digolongkan dalam dua kategori yaitu termoseting dan termoplastik. Termoseting adalah polimer yang berbentuk permanen (*irreversible*)

setelah diproses, meskipun di bawah pengaruh panas dan tekanan. Setelah polimerisasi bahan-bahan termoset tetap stabil dan tidak dapat kembali ke bentuk awal, karena sudah membentuk ikatan tiga dimensi yang kokoh dan kuat. Contoh termoseting adalah phenolik, melamin, urea, alkid, dan epoksi. Termoplastik adalah bahan plastik yang sensitif terhadap panas, berwujud padat pada temperatur ruang seperti kebanyakan logam. Pemberian panas pada termoplastik akan menyebabkan plastik melunak dan akhirnya meleleh menjadi cair. Contoh termoplastik adalah *polyethylene*, *polypropylene*, dan *polystyrene*. Plastik polipropilena salah satu plastik konvensional (non-biodegradable) yang paling sering digunakan saat ini. Hal ini dikarenakan selain harganya yang relatif murah dan proses produksi yang relatif mudah (Cowd, 1991).

Polipropilena merupakan jenis bahan baku plastik yang ringan, densitas 0,90-0,92 g/cm<sup>3</sup>, memiliki kekerasan dan kerapuhan yang paling tinggi serta memiliki sifat yang kurang stabil terhadap panas dikarenakan adanya hidrogen tersier (Gachter, 1990). Sifat polipropilena dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut:

**Tabel 2.1** Sifat Polipropilena

Sifat	Nilai
Kekuatan tarik	31 – 38 Mpa
Modulus Flexural	2000 Mpa
Berat jenis	0.89 – 0.92 g/cm <sup>3</sup>
<i>Heat distortion temperature</i> , 455 kPa	107 – 121 °C
Temperatur transisi gelas	-35 to 26 °C
Temperatur leleh	160 – 170 °C
<i>Mold shrinkage</i>	0.015 – 0.025 cm

Sumber: Mochtar, 2007

Polipropilena sangat rentan terhadap sinar ultra violet dan oksidasi pada temperatur tinggi. Senyawa ini dapat terdegradasi membentuk produk dengan berat molekul rendah. Perbaikan dapat dilakukan dengan menambahkan zat aditif yang digunakan dalam semua komponen polypropylene komersil (Beck, 1980). Umumnya polypropylene memiliki kekakuan (*stiffness*) tinggi, kuat tarik (*tensile strength*) tinggi, dan kekerasan (*hardness*) yang juga tinggi. Polipropilen juga memiliki sifat

isolator yang baik, daya serap air yang rendah, mudah diproses serta mempunyai ketahanan yang sangat baik terhadap bahan kimia anorganik nonpengoksidasi, deterjen, alkohol dan sebagainya (Almaika, 1983).

### 2.3 Talk

Talk merupakan suatu bahan galian industri yang termasuk langka di Indonesia, merupakan mineral “*hydrated magnesium silicate*” dengan rumus kimia  $H_2MgO_3(SiO_3)_4$  yang mempunyai komposisi kimia sebagai berikut: (Ajie dkk, 2000).

**Tabel 2.2** Komposisi Talk

Komponen	Komposisi
SiO <sub>2</sub>	62,5 %
MgO	31,7%
H <sub>2</sub> O	4,8%

Sumber: Ajie dkk, 2000

Endapan talk dapat terjadi hampir di setiap benua dengan geologi endapan hampir semuanya sama, dan alkalis sebagian besar batuan induk untuk formasi talk merupakan batuan dolomit dan ultramafic. Menurut Chidester et al ( 1964 ) terdapat tiga jenis endapan yang terdapat di Amerika Serikat, yaitu endapan talk yang berasosiasi dengan batuan sedimen, seperti yang terdapat pada Nevada, California, Montana, New York, dan Texas.

#### 2.3.1 Kegunaan dan Spesifikasi Talk dalam Industri

Talk merupakan salah satu mineral dengan kemampuan adaptasi paling tinggi. Hal ini berarti tingkat kemurnian talk tidak mempengaruhi tingkat pemasarannya. Sebagai contoh, talk dengan tingkat kemurnian rendah, ternyata menunjukkan kecenderungan naik yang sangat tinggi dalam penggunaannya. Talk merupakan salah satu mineral industri yang memiliki fungsi sebagai bahan pengisi, pelapis, ataupun sebagai *pitch - control agent* (Ajie dkk, 2000).

Sifat talk adalah kehalusan dan kerataan, warna, kilap, licin, kandungan air, penghisap minyak dan lemak, kelembapan, titik fusi, konduktivitas listrik rendah, penghantar panas tinggi, sehingga talk dapat digunakan sebagai berikut :

- a. Industri Kosmetik

Agar mutunya sangat baik dan mahal harganya, maka penggunaan talk yang dilakukan di bidang industri kosmetik, haruslah bebas dari pengotor yang nampak kemurniannya, warnanya halus putih murni, bebas bakteri, daya serapnya tinggi, besar butirnya 99% - 200 mesh, LOI tidak kurang dari 5%, daya larut pada asam tidak kurang dari 2,5%. Kegunaan talk pada industri kosmetik memiliki fungsi yang bermacam – macam, seperti bedak bayi, pemurnian pada tepung halus, penahan bau pada pewarna muka, dan anti-bau badan (Ajie dkk, 2000).

#### b. Industri Keramik

Untuk talk yang lunak dan masif juga bebas dari pengkristalan mineral pengganggu, terutama sekali untuk spesifikasi yang minimal yang digunakan untuk industri keramik (Ajie dkk, 2000).

#### c. Talk untuk dempul

Dempul *putty* merupakan bahan berbentuk pasta yang digunakan untuk melapisi permukaan produk mebel dari kayu, yang biasanya akan mengering pada temperatur biasa atau kamar. Dempul *putty* ini berguna untuk menambal maupun menutupi pori-pori atau lubang dari kayu sebelum dilakukan pengecatan atau pewarnaan (Ajie dkk, 2000).

## 2.4 *Masterbatch*

*Masterbatch* adalah pigmen atau warna untuk semua jenis polimer plastik yang melalui proses dispersing dan forming/pelleting. *Masterbatch* berperan sebagai *filler* pada polimer saat proses *molding/forming*. Kegunaan di dalam polimer biasanya sebagai pewarna, aditif, dan bahan tambahan lain yang memberikan sifat tertentu sesuai dengan yang diinginkan, misalnya *biodegradable* (Merck-Chemical, 2011).

*Masterbatch* terdiri dari dua macam yaitu *Solid Masterbatch* dan *Liquid Masterbatch*. *Solid masterbatch* merupakan jenis dari *masterbatch* yang *carrier*-nya adalah plastik atau *wax*. Bahan yang perlu diperhatikan dari *carrier* adalah yang cocok dengan bahan tambahan lainnya. Bentuk dari *masterbatch* ini seperti pellet dan lembaran. Sedangkan *masterbatch* dikatakan sebagai *Liquid Masterbatch* jika

*carrier*-nya adalah minyak, surfaktan atau cairan polimer. Biasanya konsentrasi *filler* di bawah 20%. Hal ini dimaksud untuk menjaga kekentalan dari *masterbatch* (Merck-Chemical, 2011).

## **2.5 Antioksidan**

Antioksidan sebagai senyawa bioaktif yang dapat menunda atau mencegah terbentuknya reaksi radikal bebas. Sebenarnya dalam tubuh manusia sudah memproduksi antioksidan. Namun, adanya asap rokok, polusiudara, radiasi ultraviolet, dan pola hidup yang kurang baik dapat menjadikan mudahnya radikal bebas memasuki tubuh. Berdasarkan sumbernya, antioksidan dibagi menjadi dua macam yaitu antioksidan alami dan antioksidan sintetis. Antioksidan alami umumnya berupa senyawa-senyawa fenolik yang terdapat dalam berbagai tanaman, sedangkan anti oksidan sintetis, seperti butilhidroksianisol (BHA) dan butilhidroksitoluen (BHT), merupakan antioksidan yang dirancang berdasarkan mekanisme penghambatan radikal oleh antioksidan alami. Hal ini disebabkan karena kemudahan dalam mendapatkan dan mengkonsumsinya, sehingga dianggap lebih praktis. Selain itu, antioksidan sintetis juga memiliki kapasitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan dengan antioksidan alami. Namun bila antioksidan sintetis ini dikonsumsi secara berlebihan dan berkelanjutan dikhawatirkan munculnya penyakit degeneratif yaitu penyakit yang disebabkan karena kemunduran fungsi sel tubuh (Karamac, 1997).

## **2.6 Metode Manufaktur Komposit**

Secara Garis besar metoda pembuatan material komposit terdiri dari atas dua cara, yaitu (David, 2010):

### **2.6.1 Proses Cetakan Terbuka (*Open-Mold Process*)**

#### **a) *Contact Molding/ Hand Lay Up***

Hand lay-up adalah metoda yang paling sederhana dan merupakan proses dengan metode terbuka dari proses fabrikasi komposit. Adapun proses dari pembuatan dengan metoda ini adalah dengan cara menuangkan resin dengan tangan kedalam

serat berbentuk anyaman, rajutan atau kain, kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang hingga ketebalan yang diinginkan tercapai. Pada proses ini resin langsung berkontak dengan udara dan biasanya proses pencetakan dilakukan pada temperatur kamar. Kelebihan penggunaan metoda ini (David, 2010):

- Mudah dilakukan
- Cocok di gunakan untuk komponen yang besar
- Volumanya rendah

b) *Spray-Up*

*Spray-up* merupakan metode cetakan terbuka yang dapat menghasilkan bagian-bagian yang lebih kompleks ekonomis dari *hand lay-up*. Proses *spray-up* dilakukan dengan cara penyemprotan serat (*fibre*) yang telah melewati tempat pemotongan (*chopper*). Sementara resin yang telah dicampur dengan katalis juga disemprotkan secara bersamaan. Wadah tempat pencetakan *spray-up* telah disiapkan sebelumnya (David, 2010). Setelah itu proses selanjutnya adalah dengan membiarkannya mengeras pada kondisi atmosfer standar.

c) *Filament Winding*

*Fibers tipe roving* atau *single strand* dilewatkan melalui wadah yang berisi resin, kemudian fiber tersebut akan diputar sekeliling mandrel yang sedang bergerak dua arah, arah radial dan arah tangensial. Proses ini dilakukan berulang, sehingga cara ini didapatkan lapisan serat dan fiber sesuai dengan yang diinginkan. Resin termoseting yang biasa di gunakan pada proses ini adalah poliester, vinil ester, epoxies, dan fenolat (David, 2010).

## **2.6.2 Proses Cetakan Tertutup (*Closed mold Processes*)**

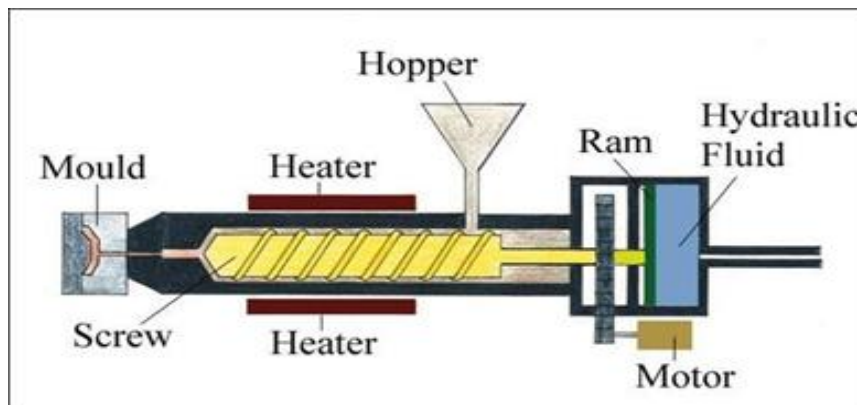
a) Proses Cetakan Tekan (*Compression Molding*)

Proses cetakan ini menggunakan *hydraulic* sebagai penekannya. Fiber yang telah dicampur dengan resin dimasukkan ke dalam rongga cetakan, kemudian dilakukan

penekanan dan pemanasan (Faisal, 2008). Resin termoset khas yang digunakan dalam proses cetak tekan ini adalah poliester, vinil ester, epoxy, dan fenolat.

#### b) *Injection Molding*

Metoda *injection molding* juga dikenal sebagai reaksi pencetakan cairan atau pelapisan tekanan tinggi. Fiber dan resin dimasukkan kedalam rongga cetakan bagian atas, kondisi temperatur dijaga supaya tetap dapat mencairkan resin (Faisal, 2008). Resin cair beserta fiber akan mengalir ke bagian bawah, kemudian injeksi dilakukan oleh mandrel ke arah nozel menuju cetakan. Proses ditunjukkan pada Gambar 2.1



**Gambar 2.1** *Injection molding*

Sumber: Faisal, 2008

#### c). *Continuous Pultrusion*

*Fiber* jenis roving dilewatkan melalui wadah berisi resin, kemudian secara kontinu dilewatkan ke cetakan dan diawetkan, kemudian dilakukan pengerolan sesuai dengan dimensi yang diinginkan. Atau juga bisa di sebut sebagai penarikan serat dari suatu jaring atau creel melalui bak resin, kemudian dilewatkan pada cetakan yang telah dipanaskan. Fungsi dari cetakan tersebut ialah mengontrol kandungan resin, melengkapi pengisian serat, dan mengeraskan bahan menjadi bentuk akhir setelah melewati cetakan (Faisal, 2008).

### 2.7 *Injection Molding*

*Injection molding* adalah metode pembentukan material termoplastik dimana material yang meleleh karena pemanasan diinjeksikan oleh *plunger* ke dalam cetakan

kemudian didinginkan oleh air sehingga mengeras. Secara umum pengertian *injection molding* adalah proses pembentukan suatu benda atau produk dari material plastik yang dipanaskan dan diinjeksikan kedalam cetakan atau *mold*. *Mold* plastik pada prinsipnya adalah suatu alat (*tool*) yang digunakan untuk membuat komponen-komponen dari material plastik dengan mesin injeksi plastik. Faktor yang paling berpengaruh dalam proses *injection molding* yaitu luas penampang, ketebalan, *insert* yang panjang, tuntutan ukuran toleransi yang sesuai dan pemilihan material (Oktaviandi, 2012).

### **2.7.1 Bagian-bagian mesin *injection molding***

Pada mesin *injection molding* terdapat beberapa bagian yang berperan penting pada saat proses pembuatan produk plastik, adapun pada mesin *injection molding* di bagi menjadi tiga bagian yaitu :

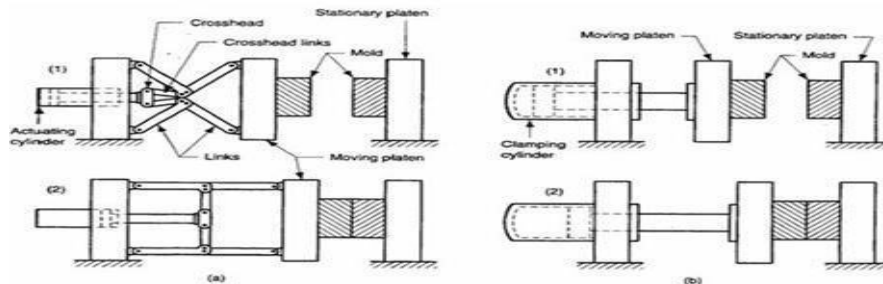
#### 1. *Clamping unit*

*Clamping unit* berfungsi untuk memegang dan mengatur gerakan dari *mold unit*, serta gerakan *ejector* saat melepas benda/produk dari *molding unit*, pada *clamping unit* bisa mengatur berapa panjang gerakan *mold* saat di buka dan berapa panjang ejektor harus bergerak (Oktaviandi, 2012). Ada empat macam *clamping unit* namun yang dipakai pada umumnya hanya dua macam, yaitu *toggle clamp*, dan hidrolik *clamp*, berikut adalah macam-macam *clamping unit*:

- a. *Toggle clamp* yaitu *clamping system* yang menggunakan tenaga mekanis dari *linkage* untuk menghasilkan gaya yang dibutuhkan saat menahan cetakan selama injeksi
- b. *Hydraulic clamp* yaitu *clamping system* yang menggunakan tenaga hidrolis untuk menghasilkan *clamp force* secara langsung.
- c. *Hydromechanical clamp* yaitu *clamping system* yang menggunakan penggabungan tenaga *Toggle clamp* dengan *Hydraulic clamp* untuk meningkatkan kecepatan kerja mesin.
- d. *Hydroelectrical clamp* yaitu *clamping system* yang menggunakan penggabungan

antara system hidrolik dan elektrik.

Pada Gambar 2.2 berikut adalah jenis dari *clamping unit*.



**Gambar 2.2** *Clamping unit toggle clamp dan hydraulic clamp*

Sumber: Oktaviandi, 2012

## 2. *Injection Unit*

*Injection unit* berfungsi melelehkan dan memasukkan material plastik ke dalam cetak. *Injection unit* terdiri dari beberapa bagian, yaitu :

Berikut adalah beberapa bagian *injection unit*:

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

Bagian ini berfungsi untuk menghasilkan daya yang digunakan untuk memutar screw pada barel, sedangkan transmisi unit berfungsi untuk memindahkan daya dari putaran motor ke dalam screw, selain itu *transmission unit* juga berfungsi untuk mengatur tenaga yang di salurkan sehingga pembebanan tidak terlalu besar (Oktaviandi, 2012).

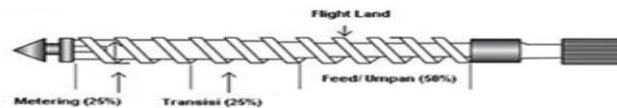
### b. *Hopper*

Hopper adalah tempat untuk menempatkan material plastik, sebelum masuk ke barel. Biasanya untuk menjaga kelembapan material plastik, digunakan tempat penyimpanan khusus yang dapat mengatur kelembapan, sebab apabila kandungan air terlalu besar pada udara, dapat menyebabkan hasil injeksi yang tidak bagus (Oktaviandi, 2012).

### c. *Barrel*

Di dalam barel terdapat *screw* yang memiliki dua fungsi utama. Berputar untuk mencampur dan pemanasan polimer, berfungsi sebagai piston untuk memasukan

plastik cair kedalam rongga cetak. *Screw* berfungsi untuk mengalirkan plastik dari *hopper* ke *nozzle*, ketika *screw* berputar material dari *hopper* akan tertarik mengisi *screw* yang selanjutnya dipanaskan lalu didorong ke arah *nozzle*. Adapun terdapat standar *screw* dengan 3 zona yaitu zona pengisian, zona kompresi, dan zona pengisian. zona transisi (kompresi) dimana area ini merupakan tempat pelet plastik meleleh. Energi yang dibutuhkan untuk melelehkan plastik dari pergeseran (*friksi*) dan kompresi yang berasal dari putaran *screw*, (Oktaviandi, 2012) dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut:



**Gambar 2.3** Standar *screw* dengan 3 zona

Sumber: Yuswinanto, 2016

#### d. *Nozzle*

*Nozzle* ini berfungsi sebagai penghubung antara *modal* dengan unit injeksi, penahan kebocoran/*sealing*, dan penyempitan pada nozel untuk mempertinggi kecepatan.

### 3. *Mold Unit*

*Mold Unit* adalah bagian terpenting untuk mencetak produk plastik, bentuk benda/produk plastik sangat tergantung dari bentuk *modal*, karena setelah material plastik mencair kemudian akan diinjeksikan ke dalam cetakan atau *modal*, dan dinginkan maka terbentuklah produk plastik sesuai dengan bentuk *modal*, ada berbagai tipe *modal*, di sesuaikan dengan bentuk benda yang akan dibuat (Oktaviandi, 2012). Pada *modal unit*, secara umum terdiri dari beberapa bagian diantaranya adalah sebagai berikut (Oktaviandi, 2012):

#### a. *Sprue* dan *runner system*

*Sprue* dan *runner system* berfungsi menerima cairan plastik dari *nozzle* dan kemudian *runner* akan mengalirkan cairan plastik ke dalam *cavity modal*.

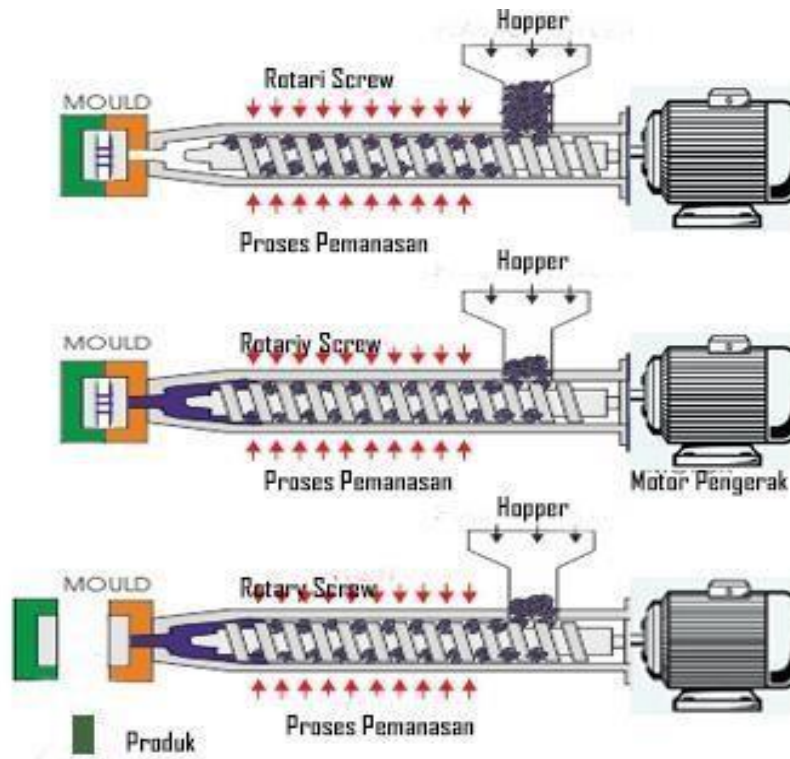
#### b. *Cavity side*

*Cavity side* merupakan salah satu sisi *modal* yang bergerak berfungsi untuk membentuk produk plastik, *cavity side* terletak pada *stationary plate*, yaitu *plate* yang tidak bergerak saat proses *ejecting* produk plastik.

c. *Ejector system*

Setiap jenis *modal* selalu mempunyai sistem untuk melepas produk yang selesai di cetak dari *cavity modal*, bagian inilah yang disebut dengan ejektor. Penggerak utama ejektor adalah mesin hidrolis pada bagian *clamping unit*.

### 2.7.2 Prinsip kerja mesin *Injection Molding*



**Gambar 2.4** Prinsip kerja mesin *injection molding*

Sumber: Wijaya, 2009

Dari Gambar 2.4 diatas dapat dilihat di atas prinsip kerja *injection molding* (Wijaya, 2009).

Berikut ini adalah prinsip kerja mesin *injection molding* :

1. *Start* dengan posisi awal *modal* terbuka
2. Proses *close clamping modal* dengan bagian sisi *core* mendekati sisi *cavity* dari

keadaan terbuka.

3. Setelah posisi  *mold*  tertutup rapat dengan tekanan tinggi maka unit injeksi bergerak maju mendekati  *mold*  hingga  *nozzle*  bersentuhan dengan  *sprue bursh* .
4. Proses injeksi pengisian dengan menyuntikan plastik cair ke dalam  *mold* . Pada proses ini silinder injeksi bekerja hingga mendorong  *screw* .
5. Proses  *holding*  injeksi untuk menyempurnakan hasil produk dan menahan tekanan balik.
6. Proses  *charging*  dilakukan untuk mengisi ulang material plastik untuk siklus injeksi berikutnya sekaligus mendinginkan material yang telah diinjeksi.
7. Cetakan membuka, pada proses ini cetakan bergerak membuka dan mengembalikan ke tekanan normal pada sistem hidrolik, kemudian dilanjutkan dengan gerakan pin  *ejector*  untuk mengeluarkan produk plastik.

## **2.8 Parameter Proses *Injection Molding***

Untuk memperoleh produk 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 (Firdaus, 2002).

Adapun parameter-parameter yang berpengaruh terhadap proses produksi plastik melalui metoda  *injection molding*  adalah (Firdaus, 2002):

1. Temperatur leleh ( *melt temperature* )

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

2. 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.

3. 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.

4. 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.

5. Temperatur cetakan (*mold temperature*)

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

6. 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.

7. Ketebalan dinding cetakan (*wall thickness*)

Menyangkut desain secara keseluruhan dari cetakan (*molding*). Semakin tebal dinding cetakan, semakin besar kemungkinan untuk terjadinya cacat *shrinkage*.

## 2.9 Cacat Benda Kerja *Injection Molding*

Pada proses *injection molding* sering ditemukan cacat benda kerja akibat penentuan parameter produksi yang kurang tepat. Cacat *injection molding* menurut (Alexandra, 2008) antara lain:

### 1. *Streaks*

*Streaks* adalah cacat yang ditandai dengan adanya bagian benda kerja tergores.

### 2. *Peeling/Delamination*

*Peeling/delamination* adalah cacat yang ditandai dengan adanya bagian pada benda kerja yang mengelupas.

### 3. *Weld line*

*Weld line* adalah cacat yang ditandai dengan adanya perubahan warna berupa garis pada benda kerja.

### 4. *Air entrapments* dan *bubble formation/voids*

*Air entrapments* dan *Bubble formation/voids* adalah cacat yang ditandai dengan adanya bentuk seperti gelembung udara atau air pada permukaan benda kerja.

### 5. *Sink marks*

*Sink marks* adalah cacat yang ditandai dengan adanya cekungan pada permukaan benda kerja.

### 6. *Voids*

*Voids* adalah cacat yang ditandai dengan adanya pengisian tidak sempurna pada produk di daerah cekungan.

### 7. *Short shot*

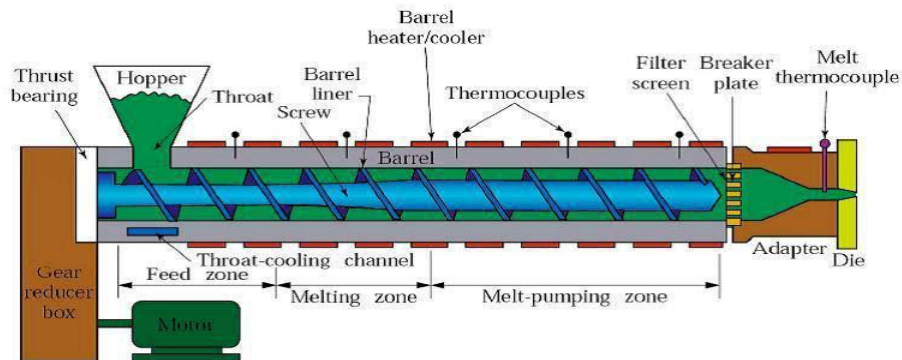
*Short shot* adalah cacat yang ditandai dengan adanya rongga benda kerja. Hal ini disebabkan oleh cavity tidak terisi penuh oleh filler.

### 8. *Flash formation*

*Flash formation* adalah cacat yang ditandai dengan adanya filler yang ikut tercetak pada benda kerja.

## 2.10 Ekstruder

Ekstrusi adalah proses secara *continue* pada material sampai meleleh akibat panas di luar panas gesekan dan yang kemudian dialirkan ke *die* oleh *screw* yang kemudian dibuat produk sesuai bentuk yang diinginkan. Teknik ini dapat digunakan untuk memproses sebagian besar polimer termoplastik dan beberapa jenis polimer termoset. Proses ini dapat menghasilkan beberapa produk seperti, film plastik, tali rafia, pipa, peletan, lembaran plastik, fiber, filamen, selubung kabel dan beberapa produk dapat juga dibentuk. Alat untuk proses ekstrusi disebut ekstruder. Ekstruder mampu melakukan proses pencampuran dengan baik yang bertujuan agar bahan homogen dan terdispersi dengan baik (Frame, 1994). Prinsip dasar kerja ekstruder adalah memasukkan bahan-bahan mentah yang akan diolah kemudian didorong keluar melalui suatu lubang cetakan *die* dalam bentuk yang diinginkan. Adapun bagian dari mesin ekstruder antara lain terdiri dari *Hopper/feeder*, *Barrel/screw* dan *die*.



**Gambar 2.5** Ekstruder

Sumber: Frame, 1994

Bagian dari mesin ekstruder antara lain:

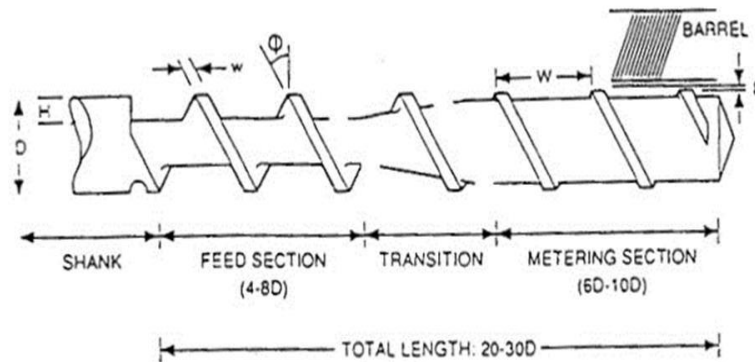
1. *Hopper*

Semua ekstruder mempunyai masukan untuk bahan biji/pellet plastik yang melalui lubang yang nantinya mengalir dalam dinding dinding ekstruder tersebut.

*Hopper* biasanya terbuat dari lembaran baja atau *stainless steel* yang berbentuk untuk menampung sejumlah bahan pelet plastik untuk stock beberapa jam pemrosesan. *Hopper* ada yang disediakan pemanas awal jika diperlukan proses pellet yang memerlukan pemanasan awal sebelum pellet memasuki ekstruder (Frame, 1994).

## 2. *Screw*

*Screw* adalah jantungnya ekstruder, *screw* mengalirkan polimer yang telah meleleh ke kepala die setelah mengalami proses pencampuran dan homogenisasi pada lelehan polimer tersebut. Adapun parameter *screw* dapat dilihat pada Gambar 2.6



**Gambar 2.6** *Screw*

Sumber: Ariyanto, 2009

Ada beberapa pertimbangan dalam mendesign sebuah *screw* untuk jenis material tertentu. Walaupun *screw* memiliki fungsi sama secara umum, namun untuk mendapatkan hasil yang terbaik harus dirancang sesuai tipe material yang digunakan.

## 3. *Die*

Salah satu kunci dalam beranekaragamnya hasil produk ekstrusi terletak pada bagian die, dimana dari sinilah bahan atau sampel akan didorong keluar. Fungsi die dalam pembuatan produksi polimer adalah untuk menghasilkan produk dengan berbagai macam bentuk, kandungan air dan konsistensi (Holmes, 2007).

Berdasarkan konstruksi alatnya, ekstruder dibagi menjadi dua jenis yaitu jenis ekstruder ulir tunggal (*Single Screw Extruder/SSE*) dan ekstruder ulir ganda (*Twin Screw Extruder/TSE*).

a. Ekstruder ulir tunggal (*Single Screw Extruder/SSE*)

Bagian ekstruder ulir tunggal (*Single Screw Extruder/SSE*) antara lain (Baianu, 1992):

1. *Feed section*

Suatu bagian dimana bahan-bahan yang akan diekstrusi dimasukkan ke dalam ekstruder melalui suatu lubang masukan.

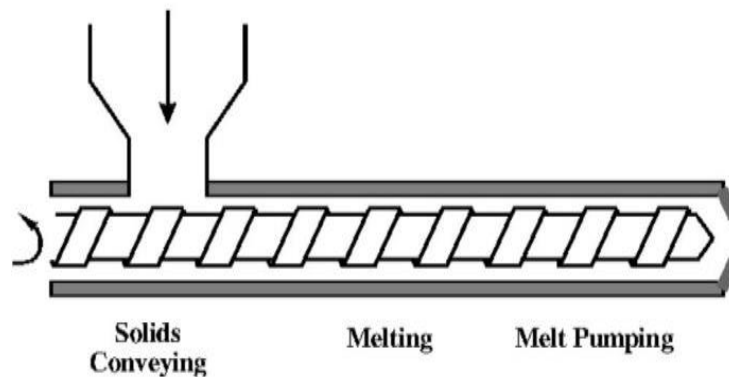
2. *Compression section* atau *transition section*

Dimana terdapat ulir (*screw*) terletak dalam dinding selubung (*barrel*) mesin ekstruder dan pada umumnya memiliki ukuran yang semakin mengecil ke arah bahan keluar dan tergantung dari spesifikasi ekstruder. Ulir akan berputar menggerakkan adonan makanan yang masih mengandung air dan menggilingnya, dalam waktu yang sama gerakan tersebut akan menyebabkan bahan adonan menjadi panas. Pada bagian ini tekanan dihasilkan dari menurunnya luas ukuran jalur selubung ekstruder yang dilalui bahan adonan tersebut (Baianu, 1992). Biasanya panjang bagian ini menempati sekitar setengah dari panjang keseluruhan ekstruder.

3. *Metering section*

Merupakan bagian yang paling dekat dengan lubang tempat bahan keluar (*die*) dari ekstruder. Seringkali bagian ini memiliki luas jalur yang sempit/kecil yang akan menyebabkan daya tekan mekanis pada bahan berlangsung efektif dan meningkatkan kemampuannya hingga batas tertentu sesuai dengan tingkat kecepatan putaran dari ulir ekstruder tersebut. Dikarenakan kemampuan penggilingan yang meningkat pada bagian ini, maka pencampuran bahan adonan akan berlangsung dengan baik, selain itu terjadi pula peningkatan suhu yang tajam pada suhu adonan. Hal ini diakibatkan oleh perubahan energi mekanik menjadi energi panas. Suhu menunjukkan peningkatan yang hampir linier dibandingkan dengan tahap pencampuran adonan.

Peningkatan suhu yang tajam sesaat sebelum bahan keluar dari bagian die yang diikuti oleh penurunan suhu yang cepat setelah bahan keluar dari die akan menyebabkan terjadinya pengembangan adonan makanan yang diekstrusi (Baianu, 1992). Bentuk ekstruder ulir tunggal disajikan pada Gambar 2.7



**Gambar 2.7** Ekstruder ulir tunggal

Sumber: Ariyanto, 2009

b. Ekstruder ulir ganda (*Twin screw extruder/TSE*)

Bagian ekstruder ulir ulir ganda (*Twin screw extruder/TSE*) antara lain :

1. *Feed Zone*

Dimulai dengan memasukkan bahan mentah ke dalam ekstruder secara terus menerus. Ketika ulir mulai berputar, ekstruder akan menggiling bahan dan mencampur bahan secara menyeluruh. Bahan cair, biasanya lemak/minyak, air atau bahan lainnya, ditambahkan melalui sebuah lubang masukan pada *barrel* untuk menambah kelembaban atau membasahi partikel-partikel granula sebelum dimasak (Janssen, 1978). Pada zona ini bahan-bahan dibentuk menjadi suatu adonan yang merata oleh proses penggilingan ulir ganda (*twin screw*).

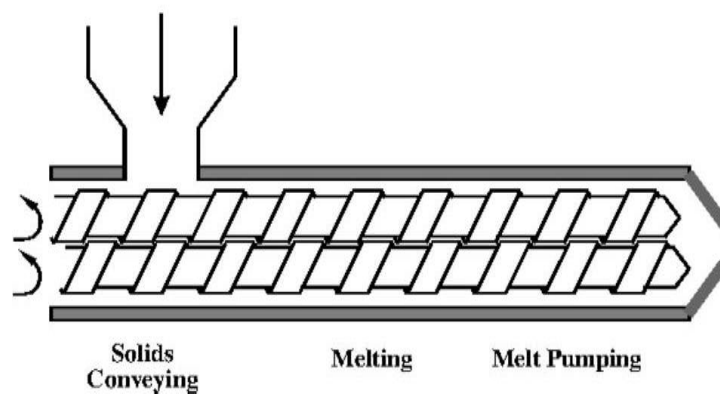
2. *Cooking Zone*

Pada tahap ini adonan diberi perlakuan panas yang diperoleh dari berbagai sumber, tergantung dari hasil produk yang diinginkan dan spesifikasi mesin. Panas mekanis dalam barrel dihasilkan dengan cara mengatur konfigurasi ulir. Kepadatan gerigi-gerigi dan jarak ulir, pengaturan arah putaran dan tekanan dapat menghasilkan

panas mekanis. Panas konveksi dihantarkan langsung dari dinding barrel pada adonan. Penghantaran panas secara konveksi merupakan metode penghantaran panas yang sangat efektif. Panas uap, bila dibutuhkan dapat diberikan pada adonan melalui suatu lubang masukan pada barrel (Janssen, 1978).

### 3. *Forming Zone*

Dimana produk akan dibentuk sesuai dengan keinginan pengolah. Kita dapat memperoleh produk yang bentuknya mengembang atau padat tergantung pada tingkat kelembaban, suhu, tekanan dan bentuk geometris dari die. Untuk membuat produk yang mengembang, suhu dan tekanan ditingkatkan sementara tingkat kelembaban harus dikendalikan dengan akurat. Ketika produk keluar dari ekstruder melalui die, perubahan dari tekanan atmosfer akan menyebabkan kelembaban di dalam bahan berubah menjadi uap. Hal ini mengakibatkan mengembangnya adonan yang dimasak menjadi produk yang teksturnya berongga. Untuk membuat produk yang padat, digunakan adonan dengan kelembaban tinggi dan diolah pada suhu yang rendah. Ketika didorong keluar melalui die, produk tidak akan mengembang tetapi akan memperoleh bentuk sesuai bentuk die. Hasilnya berupa pellet padat dengan bentuk yang beragam (Janssen, 1978). Bentuk ekstruder ulir ganda disajikan pada Gambar 2.8.



**Gambar 2.8** Ekstruder ulir ganda

Sumber: Ariyanto, 2009

## 2.11 Kekuatan (*Strength*)

Kekuatan merupakan salah satu sifat mekanik dari polimer. Ada beberapa macam kekuatan dalam polimer, diantaranya yaitu (Stevens, 2001):

### A. *Tensile strength*

Kekuatan tarik mengacu kepada ketahanan terhadap tarikan. Kekuatan tarik penting untuk polimer yang akan ditarik, contohnya fiber, harus mempunyai kekuatan tarik yang baik. (Stevens, 2001).

### B. *Compressive strength*

Kekuatan kompresif adalah kebalikan dari kekuatan tarik; yang merupakan ukuran sampai dimana suatu sampel bisa ditekan sebelum rusak. (Stevens, 2001).

### C. *Flexural strength*

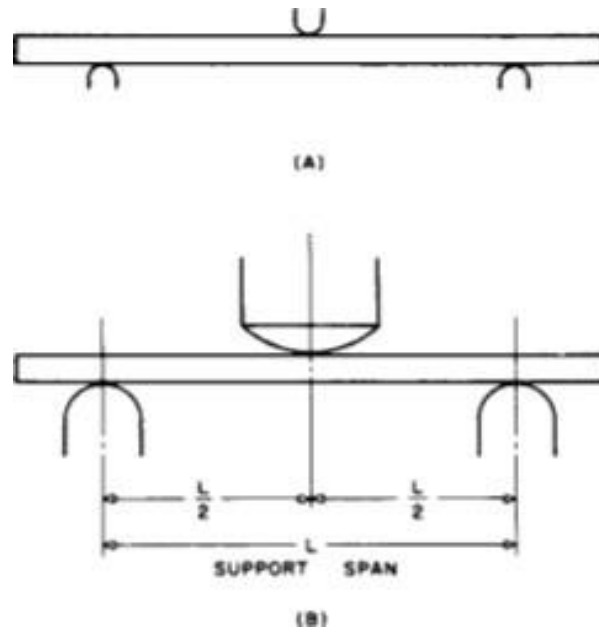
Kekuatan fleksur adalah ukuran dari ketahanan terhadap patahan, ketika suatu sampel ditekuk (*difleks*). Polimer mempunyai *flexural strength* jika dia kuat saat dibengkokkan. (Stevens, 2001).

### D. *Impact strength*

Kekuatan impak adalah ukuran dari keuletan dan bagaimana suatu sampel akan menahan pukulan stress yang tiba-tiba, seperti pukulan palu (Stevens, 2001).

## 2.12 Uji *Flexural*

Material komposit mempunyai sifat tekan yang lebih baik dibanding sifat tariknya. Kekuatan tarik di pengaruhi oleh ikatan molekul material penyusunnya. Pada pengujian *flexural* ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kekuatan lentur dari material komposit. Pengujian dilakukan dengan jalan memberi beban lentur secara perlahan-lahan sampai spesimen mencapai titik leleh. Pada perlakuan uji *flexural* bagian atas spesimen mengalami proses penekanan dan bagian bawah mengalami proses tarik sehingga akibatnya spesimen mengalami patah bagian bawah karena tidak mampu menahan tegangan tarik. Spesimen uji *flexural* dibuat sesuai standar ASTM D790 – 03.



**Gambar 2.9** Spesimen Uji Kuat Lentur

Sumber: ASTM International D790-03, 2003

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

##### 3.1.1. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2017/2018 yaitu pada tanggal 19 Maret sampai 25 Mei 2018.

##### 3.1.2. Tempat Penelitian

Penelitian ini bertempat di PT Intera Lestari Polimer yang berlokasi di Jalan Serang, km 24.5 Kp. Jaha RT.02/RW.01 Ds, Sentul Jaya, Balaraja, Tangerang, Banten 15610, Indonesia. Lokasi tersebut dipilih karena memiliki semua aspek pendukung agar penelitian berlangsung dengan baik.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

Untuk mendukung proses penelitian dapat berjalan dengan baik diperlukan alat dan bahan sebagai berikut:

##### 3.2.1 Alat

1. *Injection Molding*
2. *Ekstruder*
3. *Alat Universal Testing Machine (UTM)*
4. *Micrometer*
5. Silo
6. *Feeder*
7. *Waterbath*
8. *Hopper dryer*
9. Mixer

##### 3.2.1 Bahan

1. Talk

2. Polipropilena

3. *Masterbatch*

4. Antioksidan

### 3.3 Variabel

Variabel dalam penelitian ini meliputi variabel tetap dan variabel bebas.

#### 3.3.1 Variabel Tetap

Variabel Tetap adalah variabel yang dibuat tidak berubah selama penelitian berlangsung. Variabel tetap dalam penelitian ini adalah waktu pendinginan selama 20 detik dan waktu *aging* selama 48 jam.

#### 3.3.2 Variabel Berubah

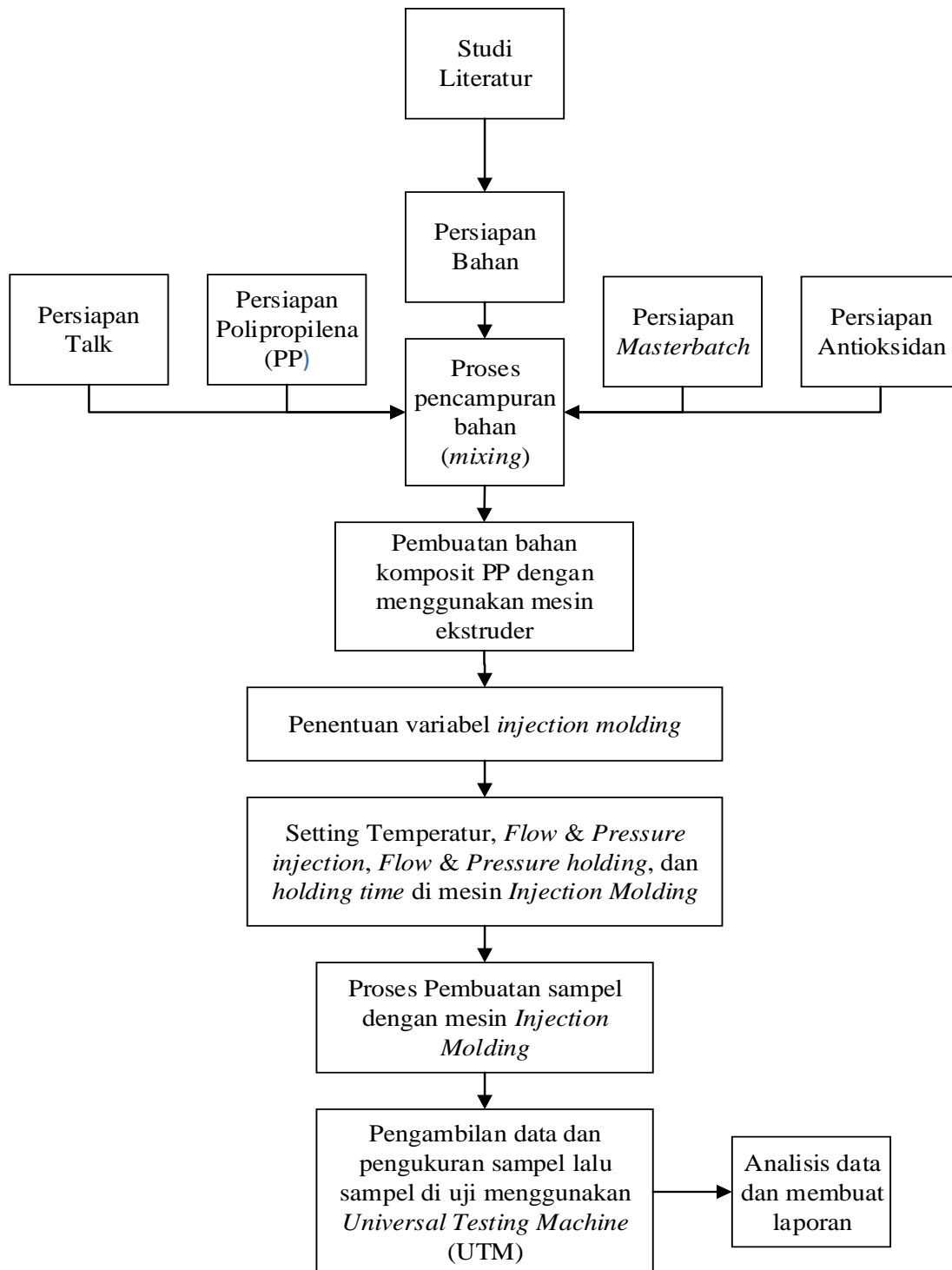
Variabel berubah adalah variabel yang divariasikan selama penelitian ini berlangsung. Bertujuan untuk mencari optimasi proses *injection molding* terhadap kekuatan lentur kompon polipropilena di atas 2000 MPa. Variabel yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Variasi Penelitian

Run	Variabel proses <i>injection molding</i>					
	Temperatur (°C)	<i>Inject</i>		<i>Holding</i>		<i>Holding Time</i> (s)
		<i>Flow</i> (kg/min)	<i>Pressure</i> (bar)	<i>Flow</i> (kg/min)	<i>Pressure</i> (bar)	
I	210	30	30	35	35	10
II	230	30	30	35	35	10
III	250	30	30	35	35	10
IV	250	5	5	35	35	10
V	250	45	45	35	35	10
VI	250	30	30	12	12	10
VII	250	30	30	45	45	10
VIII	250	30	30	35	35	3
IX	250	30	30	35	35	15

### 3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur dalam pembuatan spesimen dapat dijabarkan seperti tahap-tahap berikut ini:



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

### 3.4.1 Persiapan Bahan Utama

Cara kerja persiapan bahan utama

1. Menimbang bahan yang digunakan, polipropilena 70%, talk 30%, masterbatch 2 phr dan antioksidan 0,1 phr.
2. Masukkan semua bahan baku pada Mixer .
3. Setelah bahan tercampur akan di tampung dengan silo.
4. Selanjutnya bahan tersebut akan dialirkan ke dalam *feeder (single)*.
5. Bahan masuk kedalam *hopper* untuk dilelehkan.
6. Selanjutnya *screw* akan mengalirkan polimer yang telah meleleh ke kepala *die* setelah mengalami proses pencampuran dan homogenisasi pada lelehan polimer tersebut.
7. Setelah bahan selesai dalam proses pencampuran selanjutnya bahan tersebut akan dilanjutkan pada proses *injection molding*.
8. Pellet dimasukkan kedalam hopper untuk dilelehkan.
9. Dengan bantuan *heating/pemanas* semua bahan baku dipanaskan hingga menjadi leleh.
10. Selanjutnya terdapat sebuah piston yang fungsinya untuk mendorong plastik yang meleleh tadi ke arah cetakan.
11. Setelah lelehan plastik tadi masuk kedalam cetakan dan berbentuk cetakan sehingga plastik yang tadinya berbentuk bubuk akan menjadi keras dan berbentuk seperti cetakan.

### 3.4.2 Prosedur pengujian *Universal Testing Machine (UTM)*

Cara kerja pengujiannya adalah sebagai berikut:

1. Hidupkan computer dengan menekan tombol power dan lampu kuning menyala.
2. Hidupkan mesin Zwick/Z010 dengan menekan tombol.
3. Untuk membuka mode pengukuran yang diinginkan pilih “FLEXURE TEST INTALAK Z.ZPV” lalu tekan OK.
4. Ukur spesimen sesuai dengan ketebalan dan lebar spesimen yang telah diukur dengan *micrometer*.

5. Pasang spesimen pada Grip flexure dan spesimen harus lurus.
6. Tekan force sampai nilainya sekitar 0,0 atau 0,1
7. Tekan start maka akan tampak gambar spesimen dan data ketebalan maupun lebar.
8. Pengetesan berjalan tunggu sampai selesai dan Grip akan kembali ke posisi semula dengan sendirinya lakukan pengujian flexure sebanyak 3 kali.
9. Untuk mencetak data yang telah ditest, klik "PROTOCOL" muncul tulisan "Next Specimen : Protocol Parameters", lihat kolom These Parameters Appear In The Standard Protocol, lalu isi kolom tersebut setelah itu click OK.
10. Hidupkan printer lalu masukkan kertas HVS pada input printer lalu klik "Protocol Preview" lihat tampilan hasil cetak lalu klik Print.
11. Untuk mengukur jenis specimen yang lain, maka klik specimen management lalu klik close series maka program flexure siap di pergunakan untuk pengukuran selanjutnya.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Uji *Flexural*

Berikut disampaikan hasil rekapitulasi run I sampai dengan run IX dari pengujian menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM) untuk mendapatkan optimasi operasi *injection molding* terhadap kekuatan lentur (*flexural strength*) komposit polipropilena di atas 2000 MPa dapat dibuat tabel sebagai berikut:

Keterangan:

- Run I menggunakan temperatur 210°C.
- Run II menggunakan temperatur 230°C.
- Run III menggunakan temperatur 250°C.
- Run IV menggunakan *flow injection* (5 kg/min), *pressure injection* (5 bar).
- Run V menggunakan *flow injection* (45 kg/min), *pressure injection* (45 bar).
- Run VI menggunakan *flow holding* (12 kg/min), *pressure holding* (12 bar).
- Run VII menggunakan *flow holding* (45 kg/min), *pressure holding* (45 bar).
- Run VIII menggunakan *holding time* 3 detik.
- Run IX menggunakan *holding time* 15 detik

**Tabel 4.1** Hasil uji *flexural strength* komposit PP Talk MB 30% pada proses *injection molding* di atas 2000 MPa.

Run	Nomor sampel	Tebal (mm)	Lebar (mm)	<i>Flexural strength</i> (MPa)		keterangan
				Masing-masing (MPa)	Rata-rata (MPa)	
I	1	3,96	12,08	1690,57	1530,06	Belum optimal
	2	3,87	12,77	1501,88		
	3	3,78	12,75	1561,04		
II	1	3,73	12,82	1844,60	1852,56	Belum optimal
	2	3,72	12,08	1840,85		
	3	3,71	12,08	1872,23		
III	1	3,23	12,61	2884,08	2862,85	Optimal
	2	3,24	12,62	2882,93		
	3	3,26	12,64	2821,56		
IV	1	3,74	12,82	1738,16	1744,10	Belum optimal
	2	3,72	12,82	1746,91		
	3	3,72	12,82	1718,38		
V	1	3,20	12,71	2885,51	2833,70	Optimal
	2	3,34	12,65	2742,42		
	3	3,28	12,64	2873,45		
VI	1	3,23	12,76	2747,04	2657,95	Optimal
	2	3,34	12,77	2526,46		
	3	3,26	12,77	2700,37		
VII	1	3,26	12,65	2846,30	2891,66	Optimal
	2	3,22	12,67	2907,58		
	3	3,22	12,66	2921,10		
VIII	1	3,96	12,74	1252,19	1238,17	Belum optimal
	2	3,60	12,74	1741,02		
	3	3,98	12,74	1238,17		
IX	1	3,23	12,66	2914,80	2912,81	Optimal
	2	3,26	12,72	2871,87		
	3	3,24	12,61	2851,75		

## 4.2 Pembahasan

Bahwa untuk optimasi variasi temperatur yaitu pada *injection molding* terhadap kekuatan lentur komposit polipropilena yaitu 250°C pada run III dengan nilai kekuatan lentur 2862,85 MPa. Untuk variasi *flow and pressure injection* yaitu pada *injection molding* terhadap kekuatan lentur komposit polipropilena yaitu 45

kg/min dan 45 bar pada run V dengan nilai kekuatan lentur 2833,70 MPa. Untuk variasi *flow and pressure holding* yaitu pada *injection molding* terhadap kekuatan lentur (*flexural strength*) komposit polipropilena yaitu (12 dan 45 kg/min) dan (12 dan 45 bar) dengan nilai *flexural strength* yaitu 2657,95 MPa pada run VI dan 2891,66 MPa pada run VII. Kemudian untuk variasi *holding time* pada *injection molding* terhadap kekuatan lentur komposit polipropilena yaitu 15 detik dengan nilai kekuatan lentur 2912,81 pada run IX. Dimana, semakin tinggi nilai kekuatan lentur maka akan semakin kuat.

Pada run I dengan temperatur 210°C mendapatkan hasil yang belum optimal dikarenakan nilai kekuatan lentur belum di atas 2000 MPa. Pada run II dengan temperatur 230°C mendapatkan hasil yang belum optimal dikarenakan nilai kekuatan lentur belum di atas 2000 MPa. Pada run III temperatur yang optimal adalah 250°C karena mendapatkan nilai kekuatan lentur di atas 2000 MPa, jadi hasil run sempurna. Untuk run IV, pada variasi *flow injection* 5 kg/min dan *pressure injection* 5 bar yang rendah maka hasil cetak sampel kurang sempurna, sedangkan pada run V dengan variasi *flow injection* 45 kg/min dan *pressure injection* 45 bar yang ditinggikan maka cetakan hasil sampel akan sempurna, jadi untuk run V lebih lentur dan run IV lebih kaku. Untuk run VI dan VII yaitu pada variasi *flow holding* 12, 45 kg/min dan *pressure holding* 12 dan 45 bar dengan nilai kekuatan lentur komposit polipropilena di atas 2000 MPa maka hasil cetakan sempurna dan tidak terlalu berpengaruh. Pada run VIII dengan menggunakan waktu 3 detik dan run IX menggunakan waktu 15 detik yaitu pada variasi *holding Time* dimana waktu yang optimal adalah 15 detik, maka waktu pendinginan di cetakan lebih lama menjadi lebih bagus dan hasil cetakan semakin sempurna.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut yaitu:

1. Bahwa optimasi *flow and pressure injection* dan temperatur pada *injection molding* terhadap kekuatan lentur (*flexural strength*) komposit polipropilena diperoleh dengan nilai:

- Temperatur 250°C (Run III).
- *Flow injection* 45 kg/min dan *pressure injection* 45 bar (Run V).

Temperatur sangat berpengaruh pada saat pelelehan material plastik, karena jika material belum leleh dengan sempurna maka akan sulit untuk dialirkan ke dalam cetakan.

2. Bahwa optimasi *flow and pressure holding* dan *holding time* pada *injection molding* terhadap kekuatan lentur (*flexural strength*) komposit polipropilena diperoleh dengan nilai:

- *Flow holding* 12 dan 45 kg/min dan *pressure holding* 12 dan 45 bar pada (Run VI dan Run VII).
- *Holding time* 15 detik (Run IX).

3. Untuk mengurangi produk yang cacat, lebih baik menggunakan kondisi operasi *injection molding* yang optimal dengan kekuatan lentur diatas 2000 MPa yaitu temperatur 250°C, *flow injection* 45 kg/min and *pressure injection* 45 bar, kemudian *flow holding* (12 dan 45 kg/min) dan *pressure holding* (12 dan 45 bar). Untuk *holding time* 15 detik, bahwa setiap variabel mempunyai kontribusi yang lebih baik sehingga dapat mengurangi kecacatan pada produk.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian variabel *injection molding* yang optimal untuk mendapatkan nilai kekuatan lentur (*flexural strength*) kompon polipropilena di atas 2000 MPa yaitu:

1. Perlu memperhatikan variabel *injection molding* agar didapatkan hasil yang lebih baik dalam proses pembuatan produk.
2. Dapat mengubah setiap variabel sehingga pada proses pemanasan plastik tidak menunggu terlalu lama, sehingga dapat mempersingkat waktu pembuatan produk.
3. Perlu memperhatikan suhu dalam cetakan pada suhu yang ideal, dimaksudkan untuk mempermudah laju bahan yang akan diinjeksikan ke dalam cetakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ajie dkk. 2000. Proses Pembuatan Plastik dengan System Injection Molding. Diklat kuliah, Akademi Teknik Mesin Industri.
- Alexandra, Stefanie. 2008. Implementasi Desain Eksperimen untuk Mengurangi Kecacatan Produk pada Proses Injection Molding yang Menggunakan Bahan Daur Ulang di PT. Meta Plastik. Skripsi dipublikasikan, Surabaya : Universitas Kristen Petra.
- Almaika, S., dan Scott, G. 1983. *In Degradation and Stabilization of Polyolefin*. London. N., S. Allen (Ed). App Sci Pulp.Ltd.
- ASTM International “*Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*”  
ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States
- Ariyanto, dan Novri. 2009. “Prinsip - prinsip Ekstrusi”. Jurnal Teknik Mesin Universitas Sumatera Utara. 3,1. 24 – 28.
- Basru ., 2001. Injection Molding Processing Solutions. USA: BASF Corporation.
- Baianu, I,C, 1992. Basic Aspect of Food Extrusion. Di dalam: Baianu, I.C (ed) Physical Chemistry of Food Process: Principle, Techniques and Application. Textbook VNR Vol.1, New York.
- Beck ., 1980. Hanbook of Polymer Testing, Rapra technology, Shawburry UK.
- Callister, William J. 2009. Materials Science And Engineering An Introduction, 8th Edition, New Jersey : John Wiley & Sons, Inc, Hoboken.
- Campbell, F., C. 2010. “*Structural Composite Material*”. USA: ASM International.
- Ceresana. 2013. “Market Study: Polyethylene – HDPE. 2nd ed”. Germany: Ceresana.

- Chidester et al., 1964. Parameter Optimization of Injection Molding of Polypropylene by using Taguchi Methodology. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering. 4(4): 49-58.
- Cowd., dan Harry M., 1991. "Kimia Polimer", Penerbit Institut Teknologi Bandung 1.
- David, C., 2010. "Mean Residence Time Analysis for Twin Screw Extruders". Journal of Polymer Engineering and Science, Vol.40, hlm.227-228.
- Faisal. T., 2008. "Pengaruh Modifikasi Kimia Terhadap Sifat-sifat Komposit Polietilena Terisi Tempurung Kelapa.", skripsi, tidak diterbitkan, Universitas Sumatra Utara, Medan.
- Firdaus., dan Soejono T., 2002. Studi Eksperimental Pengaruh Paramater Proses Pencetakan Bahan Plastik Terhadap Cacat Penyusutan (*Shrinkage*) Pada Benda Cetak Pneumatics Holder. Jurnal Teknik Mesin Vol. 4, No. 2. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra.
- Frame, N., D. 1994. "The Technology of Extrusion Cooking". International Journal of Engineering Research and Development. 10, 3. 40- 43.
- Gachter, M. 1990. "Plastics Additives Handbook". Third Edition. Munich. Hanser Publisher.
- Gutowski. 2002. "Injection Molding Machine". Kluwer Academic Publishers, Massachusetts.
- Holmes, Z., A. 2007. Journal of Food Process Engineering, Vol.18, hlm.263-277. Oregon State University.
- Janssen, P., B., M. 1978. Twin Screw Extrusion. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam.
- Karamac, dan R Amarowicz. 1997. Antioxidant activity of BHA, BHT and TBHQ examined with Miller's test, Grasas y aceites, 48, 2, 83-86.
- Merck-Chemical. 2011. "Process Modeling of composites by resin transfer molding", International Journal for Numerical Method for Heat & Fluid Flow, Vol.15 No.7, pp.631-653.

- Mochtar, dan Munirah. 2007. Characterization and Treatments of Pinneapple Leaf Fibre Thermoplastic Composite for Contruction Aplication. Universiti Teknologi Malaysia: Johor baru, Malaysia.
- Oktaviandi, S., D. 2012. Anlisa Pengaruh Parameter Tekanan dan Waktu Penekanan Terhadap Sifat Mekanik dan Cacat Penyusutan dari Produk Injection Molding Berbahan Polyethylene (PE). Skripsi. Program Strata-1. Universitas Sultan Agung Tirtayasa.
- Purnomo dkk. 2018. *Plastic Moulding*, Jurnal Akademi Teknik Mesin Industri (ATMI), Surakarta.
- Schwartz, "M.M. 1984. "Composite Materials Handbook". McGraw-Hill Book Company, New York USA, Inc.
- Stevens, M., P. 2001. "Kimia Polimer". Diterjemahkan oleh Iis Sopyan. Pradya Paramita. Jakarta. Hlm. 33-35.
- Sulistijono. 2012 "Mekanika Material Komposit". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Wijaya. 2009. Proses Injeksi Plastik Dengan system Injection Molding. Skripsi Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala, Surabaya.
- Yuswinanto. 2016. Mendapatkan Kontrol Terhadap Penggantian Suhu Barrel. Universitas Sumatera Utara. Medan.

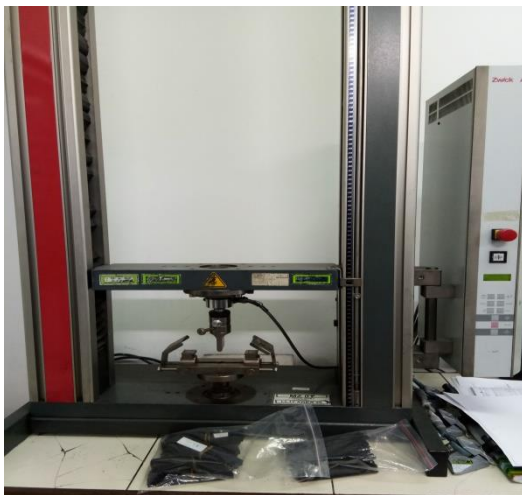
**LAMPIRAN A**  
**GAMBAR ALAT DAN BAHAN**



Gambar *Micrometer*



Gambar Mesin *Injection Molding*



Gambar Alat *Universal Testing Machine (UTM)*



Gambar Mesin Ekstruder



Gambar Talk



Gambar Polipropilena



Gambar *Masterbatch*

**LAMPIRAN B**  
**GAMBAR SAMPEL PENELITIAN**



Gambar Spesimen