

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Tahapan Persiapan**

Sebelum melakukan penelitian ada beberapa tahapan yang harus dilakukan diantaranya:

1. Studi pustaka mengenai mesin injeksi , metode DoE, material plastik, dan cacat pada produk plastik. Studi pustka menggunakan literatur dari junal nasional maupun internasional dan buku.
2. Mempersiapkan peralatan – peralatan untuk mendukung proses penelitian dengan menggunakan mesin *injection molding*.

#### **3.2 Tempat Penelitian**

Proses pembuatan spesimen *multipurpose*, dan pengukuran dilakukan di laboratorium *injection molding* Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

#### **3.3 Bahan**

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah material *recycle* ABS (*Acrylonitril Butadiene Styrene*) dalam bentuk *pellet recycle* yang telah melalui proses pembentukan dan pemanasan. *Pellet recycle* didapat dari limbah hasil produksi, kemudian limbah hasil produksi akan melalui proses *crusher*, kembali menjadi biji plastik atau *pellet* yang kemudian dapat dilakukan pencetakan dengan proses injeksi *molding*.

Material ABS merupakan bahan *hygroscopic* sehingga diperluka pengeringan sebelum dilakukan. Suhu pengeringan yang disarankan adalah 80 – 90°C (176 – 195 °F ) selama minimal 2 jam. Temperatur leleh yang disarankan adalah 200 – 280 °C ( 392 – 536 °F ). Tekanan injeksi yang disarankan adalah 50 – 100 Mpa, dan kecepatan yang biasa digunakan adalah kecepatan sedang sampai kecepatan tinggi (Toray plastics malaysia, 2012). (Gb.3.1)



Gambar 3.1 *Acrylonitril butadiene styrene (ABS)* daur ulang

### 3.4 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 1. Mesin *Injection Molding*

Mesin injeksi digunakan untuk membuat atau mencetak produk plastik (Gb.3.2). Data spesifikasi mesin injeksi yang digunakan pada penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Spesifikasi mesin *injection molding* Meiki 70-B (Meiki.com)

Satuan dan nama bagian			Kapasitas		
<i>Injection unit</i>	<i>Ukuran screw</i>	Mm	28	32	36
	<i>Tekanan injeksi</i>	kg/cm <sup>2</sup>	2640	2020	1590
	<i>Volume injeksi</i>	cm <sup>3</sup>	89	116	147
	<i>Kecepatan injeksi</i>	mm/sec	104	136	176
<i>Mold unit</i>	<i>Clamping force</i>	kN	70		
	<i>Open daylight</i>	Mm	630		
	<i>Mold open stroke</i>	Mm	460		
	<i>Mold height</i>	Mm	170		
	<i>Platen size (H x V)</i>	Mm	560 x 560		
	<i>Machine dimentions</i>	Mm	3850 x 1100 x 1600		



Gambar 3.2 Mesin *injection molding*

## 2. *Minitab*

*Software minitab* merupakan program komputer yang digunakan untuk membantu melakukan pengolahan data statistik dan memvariasi parameter yang akan digunakan saat percobaan. *Minitab* memiliki kemampuan untuk melakukan analisis statistik yang kompleks. (Gb 3.3)



Gambar 3.3 *Software minitab* (Qualitymag.com)

## 3. *Mold release*

Digunakan untuk mempermudah melepaskan produk plastik dari cetakan. (Gb.3.4)



Gambar 3.4 *Mold release*

4. *Hairdryer*

Digunakan untuk mengeringkan material dan mengurangi kandungan air pada material ABS.( Gb.3.5)



Gambar 3.5 *Hairdryer*

5. *Tabung dryer*

Digunakan sebagai wadah atau tempat material ketika proses *dryer*. (Gb.3.6)



Gambar 3.6 Tabung *dryer*

6. Jangka sorong

Digunakan untuk mengukur panjang spesimen dan bentuk  *mold*, dengan ketelitian 0,02 mm. (Gb.3.7)



Gambar 3.7 Jangka sorong

7. *Micrometer*

Digunakan untuk mengukur lebar dari spesimen, dengan ketelitian 0,01 mm.(Gb.38)



Gambar 3.8 *Micrometer*

8. *Thermo infrared*

Digunakan untuk mengukur suhu aktual pada *drying* dan temperatur *barrel*. (Gb. 3.9)



Gambar 3.9 *Thermo infrared*

9. Kuncil L / *hex*

Digunakan sebagai alat bantu untuk memasang *hopper*. (Gb.3.10)



Gambar 3.10 Kunci L

#### 10. Kunci inggris

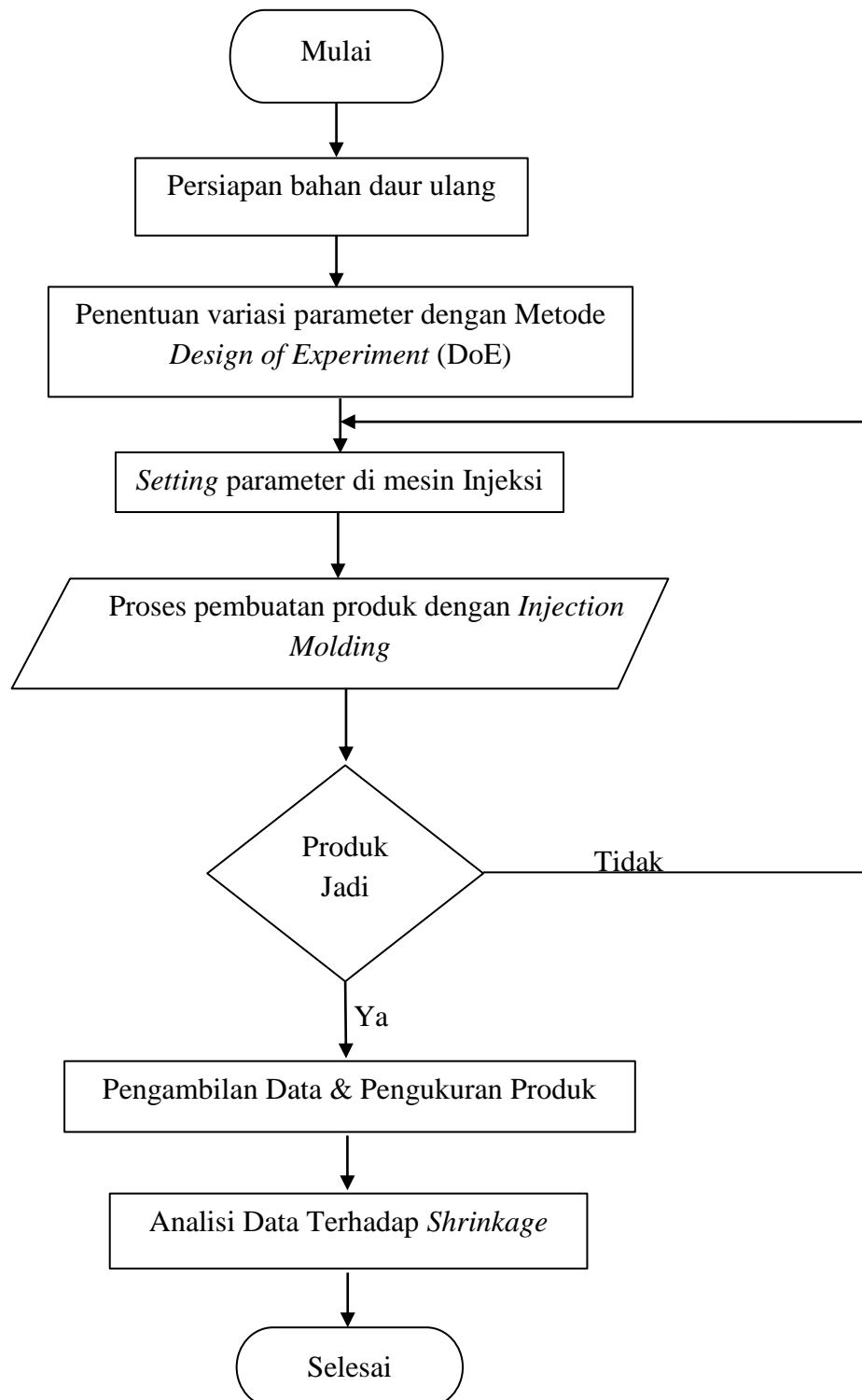
Digunakan sebagai alat bantu untuk memasang  *mold*  atau cetakan. (Gb. 3.11)



Gambar 3.11 Kunci inggris

### 3.5 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium  *injection molding*  Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. (Gb.3.12)



Gambar 3.12 Diagram alir penelitian



### 3.6 Metode *Design Of Experiment* (DOE)

Pada penelitian ini metode DoE, digunakan untuk menentukan data variasi parameter proses injeksi, dan pengumpulan data *setting* parameter yang berpengaruh terhadap *shrinkage*. Variasi parameter yang berpengaruh pada *shrinkage* yaitu temperatur leleh, *holding pressure*, *holding time*, *back pressure*, dan *cooling time*.

#### 3.6.1 Menentukan Parameter Proses

Sebelum melakukan penelitian ada beberapa variabel parameter yang ditentukan dan disetiap variabelnya terdiri dari tiga *level*. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah *holding pressure*, *holding time*, *cooling time*, *back pressure*, dan temperatur leleh. Dari lima variabel ini memiliki pengaruh paling besar terhadap *shrinkage* pada setiap produk plastik. Maka dari itu penelitian ini menggunakan lima variabel parameter tersebut untuk mengetahui besarnya persentase *shrinkage* pada produk plastik yang dibuat.

Besarnya nilai pada setiap level parameter proses yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari data *sheet* material ABS resin *typical toyolac 700 314* dan perhitungan secara teoritis:

1. Data *sheet typical injection molding conditions* pada material ABS *toyolac* resin dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 *Typical injection molding conditions* ABS *toyolac* resin

(Toyolac Malaysia Plastik, 2012)

<i>Typical Injection Molding Conditions</i> ABS <i>Toyolac</i> Resin	
<i>Barrel Temperatures :</i>	
<i>Rear</i>	210° – 220°C
<i>Middle</i>	220°C – 240°C
<i>Front</i>	230°C – 240°C
<i>Nozzle</i>	230°C – 240°C
<i>Melt Temperature</i>	200°C - 250°C

<i>Mold Temperatur</i>	25 °C - 80°C
<i>Injection Pressure</i>	<i>Min. Injection Pressure</i> + 0,89 Mpa
<i>Holding Pressure</i>	50 - 75 % dari <i>hydraulic pressure</i>
<i>Holding Time</i>	13 sec
<i>Back Pressure</i>	40-80 Bar
<i>Injection Speed</i>	<i>Medium</i>

## 2. Penentuan level *back pressure*

*Back pressure* yang disarankan untuk material ABS yaitu 40 – 80 Bar, akan tetapi pada penelitian yang dilakukan *back pressure* yang digunakan 10 – 20 Bar, dikarenakan pada *pressure* 10 Bar produk plastik sudah memperoleh bentuk yang sesuai dengan desain sehingga pada penelitian yang dilakukan lebih memilih menggunakan *back pressure* parameter 10 - 20 Bar.

## 3. Perhitungan *hydraulic pressure*

Dikarenakan mesin yang digunakan menggunakan *hydraulic pressure* maka perlu dilakukan perhitungan secara teoritis untuk mengetahui besarnya *hydraulic pressure* dengan menggunakan rumus seperti berikut (Budiyantoro, 2016):

$$P_h = \frac{P_s \times A_s}{A_h} \dots\dots\dots(3.1)$$

$P_h$  : *Pressure Hydraulic* (Bar)

$P_s$  : *Pressure Screw* atau *injection pressure* (Bar)

$A_s$  : *Luas Screw* ( mm<sup>2</sup> )

$A_h$  : *Luas Hydraulic* (mm<sup>2</sup>)

Diketahui :

$P_s$  : 650 Bar

$A_s$  : 28 mm<sup>2</sup>

$A_h$  : 140 mm<sup>2</sup>

$$P_h = \frac{650 \text{ bar} \times 28 \text{ mm}^2}{140 \text{ mm}^2} = 130 \text{ Bar}$$

*Hydrolic pressure* minimum yang dapat digunakan pada penelitian menggunakan material ABS yaitu 130 Bar.

#### 4. Penentuan level *holding pressure*

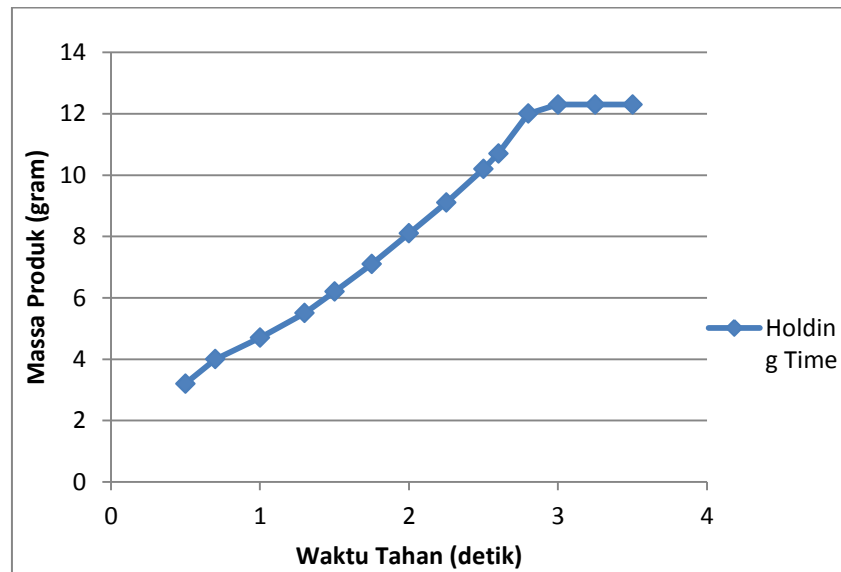
Berdasarkan material yang digunakan *holding pressure* yang dapat dijadikan acuan parameter *setting* pada penelitian ini adalah 50 – 75 % (Toyolac malaysia plastik, 2012) dari *hydrolic pressure*. Dari perhitungan teoritis *hydrolic pressure* yang diperoleh 130 bar, maka *holding pressure* yang dapat digunakan sebesar 65 bar – 97,5 Bar.

#### 5. Penentuan level *holding time*

Untuk menentukan parameter *holding time* yang dapat digunakan pada penelitian ini, dilakukan *trial* produk. Data *trial* produk terdapat pada Tabel.3.3.

Tabel 3.3 Data *trial* produk untuk parameter *holding time*

Massa Produk	Gram	<i>Holding Time</i>	Sekon
M1	3,2	t <sub>1</sub>	0,5
M2	4	t <sub>2</sub>	0,7
M3	4,7	t <sub>3</sub>	1
M4	5,5	t <sub>4</sub>	1,3
M5	6,2	t <sub>5</sub>	1,5
M6	7,1	t <sub>6</sub>	1,75
M7	8,1	t <sub>7</sub>	2
M8	9,1	t <sub>8</sub>	2,25
M9	10,2	t <sub>9</sub>	2,5
M10	10,7	t <sub>10</sub>	2,6
M11	12	t <sub>11</sub>	2,8
M12	12,3	t <sub>12</sub>	3
M13	12,3	t <sub>13</sub>	3,25
M14	12,3	t <sub>14</sub>	3,5



Gambar 3.13 *Sealing point* pada *holding time*

Berdasarkan *trial* produk dengan *holding time* parameter didapatkan *sealing poin holding time* pada 3 sekon. Maka dari itu pada penelitian yang dilakukan menggunakan *holding time* 3 sekon dan divariasi ketiga level. (Gb.3.13)

#### 6. Perhitungan *Cooling Time*

Untuk mengetahui lamanya *cooling time* yang akan digunakan pada setting parameter dilakukan perhitungan parameter *cooling time* secara teoritis dengan menggunakan rumus seperti berikut (Budiyantoro, 2016):

$$S = \frac{-t^2}{2 \times \pi \times \alpha} \text{Log}_e \left[ \frac{\pi}{4} \times \frac{(T_r - T_m)}{(T_c - T_m)} \right] \dots \dots \dots (3.2)$$

$S$  : *Cooling Time* minimum (sekon)

$t$  : Tebal Part (mm)

$\alpha$  : *Thermal Diffusivity* Bahan ( $\text{mm}^2/\text{s}$ )

$T_r$  : *Ejection* Temperatur dari Part ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_m$  : Suhu *Mold* ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_c$  : Suhu Silinder ( $^{\circ}\text{C}$ )

Diketahui :

$t$  : 4 mm ( tebal produk yang dihasilkan)

$\alpha$  : 0,1156  $\text{mm}^2/\text{s}$  (*thermal diffusi* pada material ABS)

$T_r$  : 88 °C (diperoleh dari data *thermal ejection molding* material ABS )

$T_m$  : 35 °C (diperoleh dari pengukuran)

$T_c$  : 215 °C (suhu yang diatur pada *settingan parameter barrel*)

$$S = \frac{-4mm^2}{2 \times \pi \times \alpha} \text{Log}_e \left[ \frac{\pi}{4} \times \frac{(88^\circ\text{C} - 35^\circ\text{C})}{(215^\circ\text{C} - 35^\circ\text{C})} \right]$$

$$S = 31,43 \text{ sekon}$$

*Cooling time* minimum yang didapat dari perhitungan teoritis adalah 31,43 sekon. Pada saat waktu pendinginan 31,43 sekon waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan sebuah produk menjadi semakin lama tetapi produk yang dihasilkan sudah dalam kondisi dingin baik itu bagian permukaan maupun bagian dalam produk. Pada penelitian ini *cooling time* yang digunakan adalah 16-20 sekon, ketika waktu pendinginan 16-20 sekon bagian permukaan produk yang dihasilkan sudah dalam kondisi suhu ruangan sekitar 30 °C, akan tetapi bagian dalam produk yang dihasilkan masih dalam keadaan panas. Pada saat mempercepat waktu pendinginan diharapkan dapat mempercepat waktu pemrosesan sehingga biaya operasional yang dikeluarkan akan semakin rendah.

Besarnya nilai pada setiap variabel parameter dengan tiga level diperoleh dari literatur data *sheet material ABS resin typical toyolac 700 314*, dan diskusi dengan staf produksi di perusahaan manufaktur plastik. Serta melakukan beberapa *trial* produk, dan perhitungan secara teoritis sebelum melakukan penelitian. Besarnya nilai disetiap *level* yang digunakan pada penelitian terdapat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Variabel parameter dan *level*

Faktorial	Variabel	Satuan	<i>Level 1</i>	<i>Level 2</i>	<i>Level 3</i>
A	<i> Holding Pressure</i>	Bar	87	90	93
B	<i> Holding Time</i>	Detik	3	3,25	3,5
C	<i> Cooling Time</i>	Detik	16	18	20

D	<i>Back Pressure</i>	Bar	10	15	20
E	Temperatur Leleh	°C	205	210	215

### 3.6.2 Desain Faktorial

Desain faktorial yang di gunakan adalah satu desain dengan tiga *level* dan lima faktor sehingga didapat 27 percobaan. Lima faktor dalam hal ini adalah lima variabel pengamatan, dengan tiga *level* nilai perubahan, pada Tabel 3.5 dapat dilihat desain faktorial yang digunakan.

Tabel 3.5 Desain faktorial

No. Percobaan	A	B	C	D	E
	<i> Holding Pressure</i>	<i> Holding Time</i>	<i> Cooling Time</i>	<i> Back Pressure</i>	Temperatur Leleh
1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	2
3	1	1	1	1	3
4	1	2	2	2	1
5	1	2	2	2	2
6	1	2	2	2	3
7	1	3	3	3	1
8	1	3	3	3	2
9	1	3	3	3	3
10	2	1	2	3	1
11	2	1	2	3	2
12	2	1	2	3	3
13	2	2	3	1	1
14	2	2	3	1	2
15	2	2	3	1	3
16	2	3	1	2	1

No.	A	B	C	D	E
Percobaan	<i>Holding Pressure</i>	<i>Holding Time</i>	<i>Cooling Time</i>	<i>Back Pressure</i>	Temperatur Leleh
17	2	3	1	2	2
18	2	3	1	2	3
19	3	1	3	2	1
20	3	1	3	2	2
21	3	1	3	2	3
22	3	2	1	3	1
23	3	2	1	3	2
24	3	2	1	3	3
25	3	3	2	1	1
26	3	3	2	1	2
27	3	3	2	1	3

### 3.6.3 Faktor Nois

Pada penelitian yang dilakukan terdapat faktor *noise* yang mengganggu pada saat proses penelirian. Berikut ini data faktor *noise* yang terdapat pada mesin:

1. Tidak adanya pengaturan suhu pada *mold* atau *mold temperature control* (MTC), menyebabkan temperatur cetakan tidak bisa dikondisikan sesuai dengan suhu standar dari material yang akan digunakan.
2. Tidak adanya *cooling tower* sehingga suhu cairan untuk pendinginan tidak sesuai standart, mengakibatkan *cooling* tidak bekerja secara maksimal, dan produk yang dikeluarkan dalam cetakan masih dalam kondisi panas dengan suhu 30 °C.
3. Terdapat penyimpangan pembacaan *thermocouple* pada *barrel* sebesar 10%. Untuk mengetahui temperatur aktual pada *heater* dilakukan

pengukuran suhu menggunakan *thermoinfrared*. Pada Tabel 3.6. dapat dilihat data penyimpangan pembacaan *melt temperature*.

Tabel 3.6 Penyimpanagan pembacaan *melt temperature*

<i>Melt Temperatur</i>				
	Segmen	Segmen	Segmen	Segmen
	1	2	3	4
Temperatur aktual	220	210	200	184
Temperatur yang terbaca	208	202	194	182
Teperatur <i>setting</i>	210	200	190	180

Penyimpangan ini mengakibatkan pengontrolan temperatur leleh pada proses injeksi sulit dilakukan, sehingga tidak didapatkan suhu yang sesuai dengan temperatur leleh material yang digunakan, dan dapat berpengaruh pada hasil spesimen yang diproduksi.

4. Tidak adanya *hopper drying*, menyebabkan proses *preheating* pada material plastik tidak dapat dilakukan sehingga material yang digunakan masih memiliki kandungan air yang tinggi dan menimbulkan *bubble* pada produk yang dihasilkan.

Faktor *noise* pada penelitian ini diabaikan karena pada penelitian ini metode DOE Taguchi hanya berfungsi sebagai pengolahan data variasi parameter dari beberapa faktor dan level yang telah ditentukan. Faktor *noise* pada mesin tidak menjadi indikator yang divariasikan pada parameter untuk meningkatkan kualitas selama proses pembuatan produk plastik.

### 3.7 Tahapan Pembuatan Spesimen

Proses pembuatan spesimen dilakukan di laboratorium teknologi plastik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah *acrylonitril butadiene styrene (ABS) recycle*. Mesin injeksi yang digunakan adalah mesin *injection molding* MEIKI M-70B. Berikut ini merupakan prosedur pengoprasian mesin injeksi dan pembuatan produk plastik :



1. Tahapan *drying* material yang akan digunakan. Pada material ABS baik yang daur ulang maupun yang murni diperlakukan proses *drying* atau proses pengeringan selama minimum 3 jam dengan temperatur *hopper dryer* 80 - 90°C. Dikarenakan pada mesin injeksi yang digunakan pada penelitian tidak terdapat *hopper dryer*, maka proses pengeringan dilakukan dengan menggunakan tabung *dryer* dengan bantuan hembusan udara panas yang bersumber dari *hairdryer*. Udara yang terdapat pada tabung *dryer* yang digunakan bertemperatur 78°C sehingga membutuhkan waktu lebih lama sekitar 4 jam untuk proses pengeringan.
2. Menghidupkan mesin injeksi dengan posisikan *main circuit breaker* (MCB) pada panel listik dengan posisi ON begitu juga dengan saklar mesin yang berada pada posisi ON.
3. Pasang  *mold* pada mesin.
4. Pastikan posisi *switch selector* pada mode manual.
5. Tekan tombol ON pada *control panel* untuk mengaktifkan motor dan *heater* pada *barrel* mesin.
6. Setelah menghidupkan semua komponen barulah masukkan data variasi parameter yang sudah ditentukan. Untuk proses pembuatan produk plastik ini nilai temperatur leleh, *holding pressure*, *holding time*, *cooling time*, dan *back pressure* yang divariasikan dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.7 Variasi Parameter

No Percobaan	<i>Holding pressure</i> (Bar)	<i>Holding Time</i> (sekon)	<i>Cooling Time</i> (sekon)	<i>Back Pressure</i> (Bar)	Temperatur leleh (°C)
	A	B	C	D	E
1	87	3	16	10	205
2	87	3	16	10	210
3	87	3	16	10	215
4	87	3,25	18	15	205
5	87	3,25	18	15	210

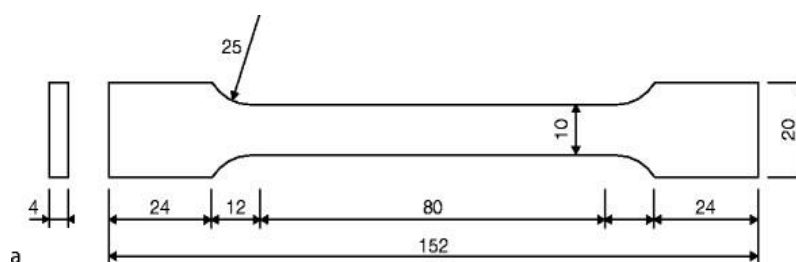
No. Percobaan	A	B	C	D	E
	<i>Holding Pressure</i>	<i>Holding Time</i>	<i>Cooling Time</i>	<i>Back Pressure</i>	Temperatur Leleh
6	87	3,25	18	15	215
7	87	3,5	20	20	205
8	87	3,5	20	20	210
9	87	3,5	20	20	215
10	90	3	18	20	205
11	90	3	18	20	210
12	90	3	18	20	215
13	90	3,25	20	10	205
14	90	3,25	20	10	210
15	90	3,25	20	10	215
16	90	3	16	15	205
17	90	3,5	16	15	210
18	90	3,5	16	15	215
19	93	3	20	15	205
20	93	3	20	15	210
21	93	3	20	15	215
22	93	3,25	16	20	205
23	93	3,25	16	20	210
24	93	3,25	16	20	215
25	93	3,5	18	10	205
26	93	3,5	18	10	210
27	93	3,5	18	10	215

7. Selanjutnya masukan material pada *hopper* yang terdapat pada mesin injeksi. Material ABS yang dimasukkan kedalam *hopper* sudah melalui proses pengeringan dengan temperatur 78°C selama 4 jam.

8. Setelah temperatur *barrel* sudah sesuai dengan temperatur *setting* barulah mesin injeksi siap melakukan proses injeksi.
9. Kemudian tekan panel manual, semi *auto*, dan *full auto injection* untuk memulai proses injeksi.
10. Lakukan proses injeksi sesuai dengan nilai variabel yang telah ditentukan.
11. Pada saat proses penginjeksian, pantau monitor pada *control panel* untuk melihat tahapan proses penginjeksian yang sedang berlangsung.
12. Setelah proses penginjeksian telah selesai dan *mold* terbuka produk plastik akan terlepas dari cetakan dengan bantuan pin *ejector*.
13. Produk plastikpun selesai dibuat.

### 3.8 Tahapan Pengukuran Spesimen

Proses pengukuran yang dilakukan ada 4 macam yaitu pengukuran *longitudinal*, *transversal*, *far gate*, dan *near gate*. Pengukuran tersebut dilakukan berdasarkan ukuran dan bentuk produk yang berupa spesimen *multipurpose*. Dari produk tersebut diketahui ketentuan- ketentuan ukuran dan bentuk yang harus dicapai pada saat proses injeksi, maka dari itu pengukuran *longitudinal*, *transversal*, *near gate*, dan *far gate* perlu dilakukan untuk menjamin kesesuaian ukuran dan bentuk yang dihasilkan dari mesin injeksi sama dengan desain yang telah dibuat. (Gb.3.14)



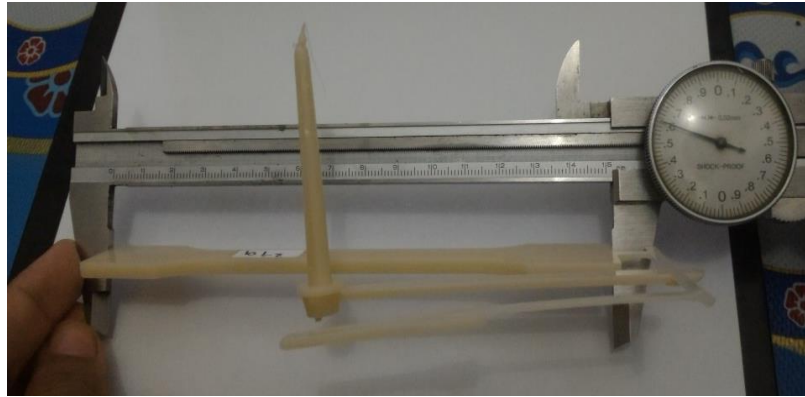
Gambar 3.14 Gambar teknik spesimen *multipurpose* EN 527 -2

(Researchgate.net)

Pengukuran yang dilakukan untuk mengetahui besarnya penyusutan pada bentuk dan ukuran spesimen yang telah diproduksi. Berikut ini adalah macam pengukuran yang dilakukan :

1. Pengukuran *longitudinal*

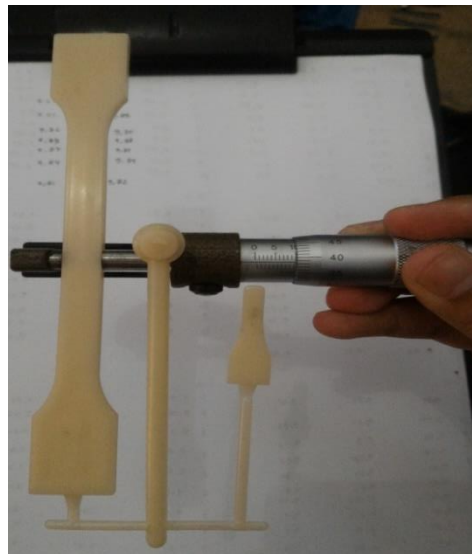
Pengukuran *longitudinal* bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai *shrinkage* pada panjang spesimen. (Gb.3.15)



Gambar 3.15 Pengukuran *Longitudinal*

2. Pengukuran *transversal*

Pengukuran pada daerah *transversal* dilakukan untuk memperoleh besarnya nilai *shrinkage* terukur pada daerah *transversal*. (Gb.3.16)



Gambar 3.16 Pengukuran *transversal*

3. Pengukuran *far gate*

Pengukuran daerah *far gate* dilakukan untuk memperoleh nilai *shrinkage* terukur pada daerah *far gate*. (Gb.3.17)



Gambar 3.17 Pengukuran *far gate*

#### 4. Pengukuran *near gate*

Pengukuran pada daerah *near gate* bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai *shrinkage* terukur pada daerah *near gate*. (Gb.3.18)



Gambar 3.18 Pengukuran *near gate*

Pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,02 mm dan *micrometer* dengan ketelitian 0,01mm. Dari hasil pengukuran, nilai *shrinkage* yang didapat adalah nilai *shrinkage* terukur. Setelah didapat nilai *shrinkage* terukur barulah dilakukan penghitungan untuk mengetahui persentase *shrinkage* yang terjadi pada setiap spesimen.