

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Prosedur Penelitian**

Prosedur penelitian digunakan untuk mempersempit permasalahan yang diteliti, sehingga dapat membahas dan menjelaskan permasalahan secara tepat. Pada penelitian tugas akhir ini yaitu membandingkan data yang didapat dari data pengukuran dari kedua material, yaitu LDPE murni dan daur ulang. Langkah awal adalah mengolah data *setting* parameter dengan metode DOE di *software minitab*, kemudian memasukkan *setting* parameter pada mesin *injection molding*. Kemudian mencari produk plastik LDPE yang paling optimal dari segi cacat *sink mark* dan produk plastik LDPE daur ulang mendapatkan produk plastik yang dapat menyamai kualitas paling optimal dari produk plastik LDPE murni menggunakan alat ukur kerataan (*dial gauge*) untuk mendapatkan hasil pengukuran. Kemudian dari data-data kedua tipe material diolah untuk dibandingkan.

#### **3.2 Tempat Penelitian**

Penelitian dilakukan di laboratorium injeksi plastik Teknik Mesin Gedung G6 lantai dasar Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

#### **3.3 Bahan**

Bahan untuk penelitian ini adalah material plastik berjenis *low density polyethylene* (LDPE) murni dan daur ulang yang terbuat dari minyak bumi. Material plastik ini berjenis *semi-crystalline*. Sifat dari material plastik LDPE yaitu mudah diproses, kuat, fleksibel, kedap air, permukaan berkilau, tidak jernih tapi tembus cahaya.



Gambar 3.1 Biji plastik LDPE murni



Gambar 3.2 Biji plastik LDPE daur ulang

#### 3.4 Alat

Alat yang digunakan antara lain adalah :

1. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah mesin *injection molding* untuk membuat spesimen dari biji plastik LDPE.

Dengan spesifikasi seperti yang dijelaskan di tabel berikut :

Tabel 3.1 Spesifikasi Mesin Injeksi

Satuan dan nama bagian			Kapasitas		
<i>Injection unit</i>	Ukuran <i>screw</i>	mm	28	32	36
	<i>Injection Pressure</i>	kg/cm <sup>2</sup>	2640	2020	1590
	Volume injeksi	cm <sup>3</sup>	89	116	147
	Kecepatan injeksi	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 3.3 Mesin *injection molding*

2. Kunci L digunakan untuk mengencangkan baut *heater barrel*.



Gambar 3.4 Kunci L

3. Kunci inggris digunakan untuk mengencangkan dan melepaskan baut pada *cooling mold*.



Gambar 3.5 Kunci inggris

4. Semprotan  *mold release*, digunakan untuk mempermudah proses *ejecting*.



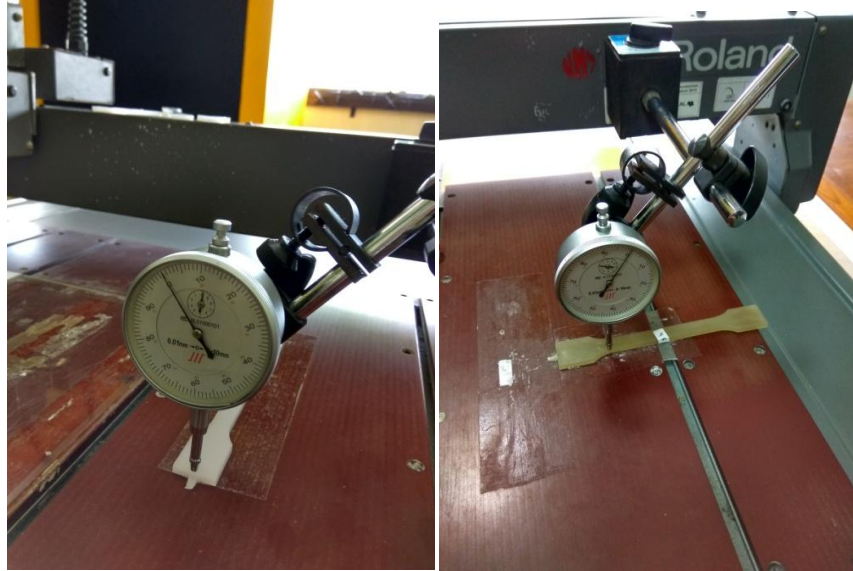
Gambar 3.6 *Mold release*

5. *Mini infrared thermal*, digunakan untuk mengetahui suhu aktual *barrel* pada setiap segmen.



Gambar 3.7 *Mini infrared thermal*

6. *Dial gauge*, digunakan untuk mengukur kerataan permukaan pada spesimen/mengukur *sink mark*.



Gambar 3.8 *Dial gauge*

7. *Software minitab*, adalah program statistik memasukkan data variasi parameter. Untuk menghitung regresi dengan cepat, lalu memasukkan data dengan cara kerja yang mirip Excel. Didalam penelitian digunakan untuk menentukan variasi parameter dan faktor yang berpengaruh dengan cacat *sink mark* pada metode DOE.



Gambar 3.9 *Software minitab* untuk menentukan DOE ([phoenix-bay.com](http://phoenix-bay.com))

8. Mikroskop *Olympus Stereo SZ 61*, mikroskop ini digunakan untuk mengambil foto optik sehingga terlihat cacat *sink mark* permukaan produk plastik LDPE.

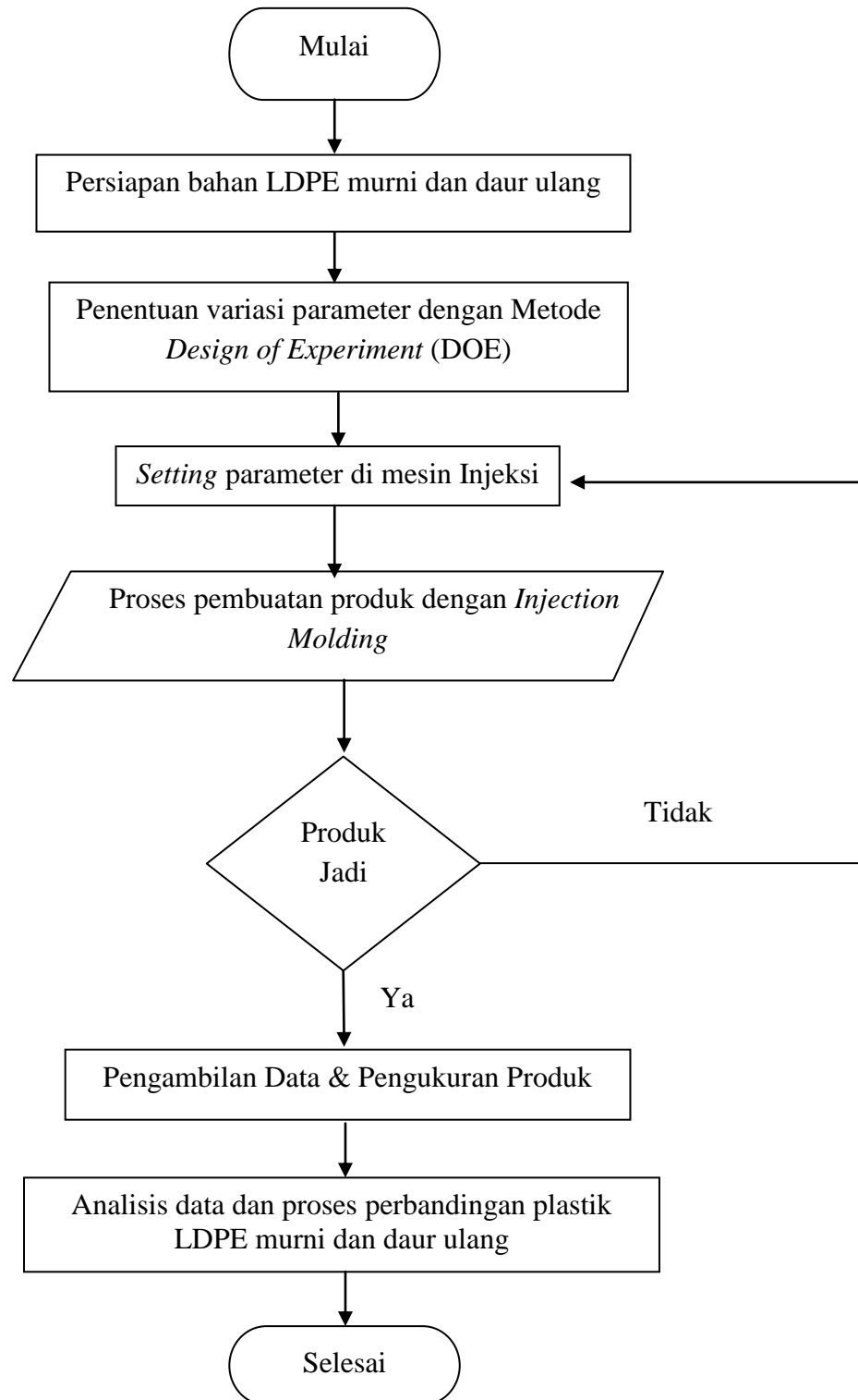


Gambar 3.10 Mikroskop *Olympus SZ 61*

Adapun spesifikasi mikroskop *Olympus SZ 61* adalah sebagai berikut :

1. Sistem Optik : *Greenough Optical System*
2. Total Perbesaran :  $2.4 \times - 240 \times$  [SZ61]\*1
3. *Zoom Body* : *Zoom Ratio*; 5 (0.8x-4x) [SZ61]
4. *AS Observation Tube* : *Binocular Observation Tube (TIA 45°/60°)* [SZ61]
5. Fokus : *Stand*
6. Dimensi : 194 (W) x 253 (D) x 368 (H) mm

### 3.5 Diagram Alir



Gambar 3.11 Diagram alir penelitian



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

Pengoptimalan produk plastik LDPE menggunakan metode *design of experiment* (DOE) dengan menentukan desain faktorial dan data variasi parameter proses injeksi yang dapat menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberikan informasi sebanyak mungkin dari semua faktor yang berpengaruh terhadap parameter, empat variasi yang berpengaruh terhadap cacat *sink mark*, diantaranya yaitu *melt temperature*, *holding pressure*, *injection pressure*, dan *cooling time* dan tiga level perubahan. Secara teoritis setting parameter di mesin terdapat perhitungan untuk menentukan variasi parameter. Berikut adalah *typical injection molding condition* material LDPE pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 *Typical injection molding LDPE Cosmothene F410-1*

<i>Typical Injection Molding Conditions LDPE</i>	
<i>Barrel Temperatures :</i>	
<i>Rear</i>	135 °C
<i>Middle</i>	145 °C
<i>Front</i>	155 °C
<i>Nozzle</i>	160 °C
<i>Melt Temperature</i>	160 °C
<i>Mold Temperatur</i>	20 °C–40 °C
<i>Injection Pressure</i>	600-1350 bar
<i>Holding Pressure</i>	50-75% dari <i>injection pressure</i>

#### 3.6.1 Perhitungan *hydraulic pressure*

Untuk mengetahui perhitungan *hydraulic pressure* yang akan digunakan pada *setting* parameter dilakukan perhitungan parameter *injection pressure* secara teoritis dengan menggunakan rumus seperti berikut:

$$Ph = \frac{Ps \times As}{Ah} \dots\dots\dots(3.1)$$

Ph : *Pressure hydraulic* (bar)

Ps : *Pressure screw* (bar)

As : *Luas screw* (mm<sup>2</sup>)

Ah : *Luas hydraulic* (mm<sup>2</sup>)

Diketahui :

Ps : 600 bar

As : 28 mm<sup>2</sup>

Ah : 140 mm<sup>2</sup>

$$Ph = \frac{600 \text{ bar} \times 28 \text{ mm}^2}{140 \text{ mm}^2} = 120 \text{ bar}$$

Berdasarkan perhitungan nilai minimal *hydraulic pressure* secara teoritis didapatkan hasil sebesar 120 bar, sedangkan pada saat penelitian dilakukan trial material didapatkan nilai *hydraulic pressure* sebesar 130 bar, sehingga nilai *hydraulic pressure* yang digunakan untuk penelitian yaitu sebesar 120 sampai 130 bar.

### 3.6.2 Perhitungan *holding pressure*

Dapat diketahui besarnya *holding pressure* pada mesin injeksi, dari spesifikasi material yang digunakan yaitu 50–75 % (*Cosmothene* F410-1) dari *hydraulic pressure*, hasil perhitungan diperoleh 84 bar, *holding pressure* yang dapat digunakan 60–90 bar.

### 3.6.3 Perhitungan *cooling time*

Perhitungan *cooling time* yang akan digunakan pada setting parameter dilakukan secara teoritis dengan menggunakan rumus seperti berikut:

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

S : *Cooling time* minimum (sec)

t : Tebal *part* (mm)

$\alpha$  : *Thermal diffusivity* Bahan (mm<sup>2</sup>/s)

Tr : *Ejection* temperatur dari *part* (°C)

Tm : Suhu  *mold* (°C)

Tc : Suhu silinder (°C)

Diketahui :

$t$  : 4 mm

$\alpha$  : 0,1585 mm<sup>2</sup>/s

$T_r$  : 80 °C

$T_m$  : 35 °C

$T_c$  : 145 °C

$$S = \frac{-4^2 \text{ mm}^2}{2 \times \pi \times 0,1585 \frac{\text{mm}^2}{\text{s}}} \text{Log}_e \left[ \frac{\pi}{4} \times \frac{(80^\circ\text{C} - 35^\circ\text{C})}{(145^\circ\text{C} - 35^\circ\text{C})} \right] = 18,24 \text{ sec}$$

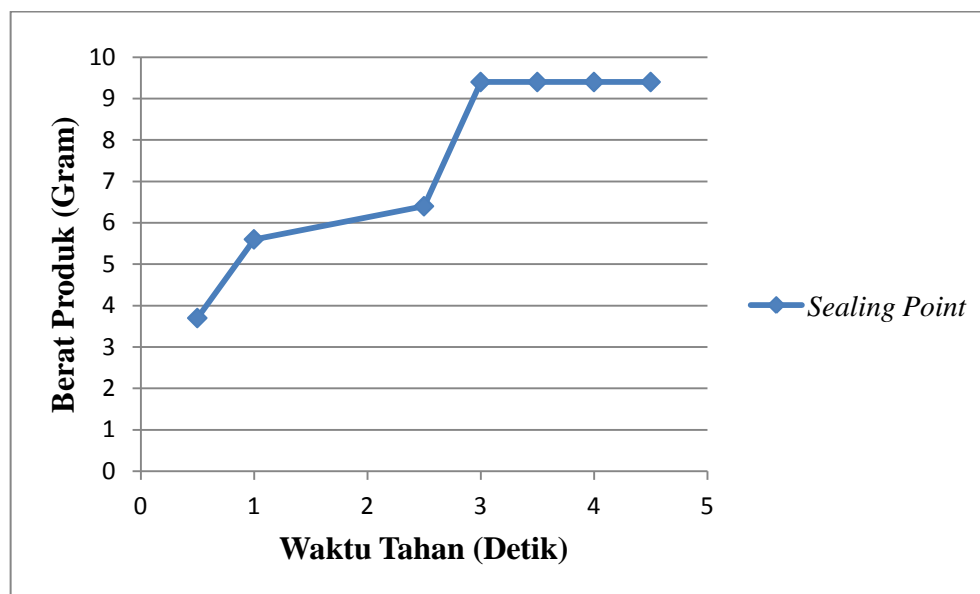
Perhitungan *cooling time* didapatkan hasil sebesar 18,24 sec, sedangkan pada waktu penelitian *cooling time* yang dipakai sebesar 20 sec, dikarenakan tidak adanya *cooling tower* pada mesin injeksi yang mengakibatkan sistem *cooling* pada mesin tidak bekerja secara maksimal.

### 3.6.4 Penentuan *Holding Time*

*Holding time* untuk parameter setting yang digunakan bisa didapatkan dengan melakukan *trial*. Berikut adalah penentuan *holding time* dengan *trial*.

Tabel 3.3 *Trial* produk untuk parameter *holding time*

Berat Produk	Gram	<i> Holding Time</i>	<i> Sec</i>
M1	3,7	$t_1$	0,5
M2	5,6	$t_2$	1
M3	6,4	$t_3$	2,5
M4	9,4	$t_4$	3
M5	9,4	$t_5$	3,5
M6	9,4	$t_6$	4
M7	9,4	$t_7$	4,5



Gambar 3.12 Grafik *sealing point holding time*

Dengan *trial* yang telah dilakukan pada parameter *holding time* didapatkan *sealing point* pada waktu 3 detik dengan berat produk 9,4. Penentuan parameter *holding time* adalah 3 detik.

Pemilihan parameter proses yang tepat didapatkan dari literatur data *sheet* LDPE *cosmothene* F410-1 dan dari buku *Arburg Practical to Injection Moulding* (Vannessa, 2004) serta dengan mendiskusikan ke salah satu industri plastik di Yogyakarta, pembicaraan secara personal dengan *setter* mesin, dan serangkaian percobaan (*trial*) pada saat melakukan *setting* parameter di mesin injeksi. Pemilihan parameter proses dapat dilihat pada tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Parameter variabel

Faktor	Parameter	Satuan	Level 1	Level 2	Level 3
A	<i>Temperature melting</i>	°C	155	150	145
B	<i>Injection pressure</i>	Bar	120	125	130
C	<i>Holding pressure</i>	Bar	80	85	90
D	<i>Cooling time</i>	<i>Second</i>	15	20	25

### 3.7 Desain Faktorial

Penelitian ini menggunakan penetapan desain tiga *level* dan empat variabel sehingga didapat 9 percobaan yang berarti terdapat tiga perubahan variabel dalam setiap faktor. Penelitian ini juga tidak terlepas dari faktor *noise* dalam penetapan faktorial seperti, *cooling* tidak bekerja secara maksimal, penyimpangan pada *thermocouple* pada sepanjang segmen *barrel*, tidak adanya pengaturan suhu pada *mold*, posisi *nozzel barrel* tidak *center* dengan *mold* pada mesin. Faktor *noise* diabaikan pada penelitian ini karena metode DOE menggunakan pengolahan data variasi parameter proses terdiri dari beberapa faktor dan level yang telah ditentukan. Faktor *noise* pada mesin diabaikan atau indikator yang divariasi dalam parameter proses untuk meningkatkan kualitas selama pembuatan produk plastik. Desain faktorial dalam penelitian ini adalah sebagai berikut pada tabel 3.5.

Tabel 3.5 Desain faktorial

Faktor Percobaan	Level parameter proses			
	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

### 3.7.1 Pembuatan Produk Plastik

Prosedur pengoprasian dan pembuatan produk plastik dengan mesin injeksi plastik adalah sebagai berikut :

- a. Menyiapkan material plastik LDPE murni dan daur ulang yang akan digunakan dalam penelitian.
- b. Menghidupkan mesin injeksi dan menekan tombol *ON* pada *heater* terlebih dulu kemudian barulah menekan tombol motor listrik pada *control panel* pada mesin injeksi.
- c. Setelah menghidupkan semua komponen tersebut, masukkan data variasi parameter yang sudah disiapkan sesuai dengan material plastik LDPE dengan variasi parameter suhu leleh material tekanan injeksi, tekanan holding, dan waktu pendinginan. Berikut adalah variasi parameter proses dengan memasukkan variabel yang berpengaruh dapat dilihat pada tabel 3.6.

Tabel 3.6 Parameter proses *injection molding*

Faktor	Level parameter proses			
	A	B	C	D
Percobaan ke	<i>Melt temperature</i> (°C)	<i>Injection pressure</i> (bar)	<i>Holding pressure</i> (bar)	<i>Cooling time</i> (s)
1	155	120	80	15
2	155	125	85	20
3	155	130	90	25
4	150	120	85	25
5	150	125	90	15
6	150	130	80	20
7	145	120	90	20
8	145	125	80	25
9	145	130	85	15

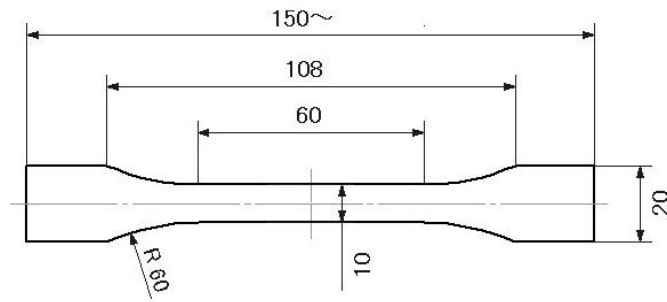
- d. Setelah memasukkan data variasi parameter, hal yang perlu dilakukan adalah memasukkan material biji plastik yang digunakan ke dalam *hopper*.
- e. Selanjutnya *charging* material plastik agar material plastik dapat mencair dan siap di injeksikan ke dalam cetakan.
- f. Setelah material plastik mencair dan suhu lelehnya sesuai maka proses injeksi siap dilakukan.
- g. Kemudian tekan tombol *manual*, *semi-auto* atau *full auto injection* pada *control panel* untuk memulai proses injeksi plastik.
- h. Setelah mesin beroperasi tunggu sampai proses berlangsung sampai proses injeksi berhenti, ketika *mold* injeksi terbuka kemudian produk plastik dilepaskan oleh *ejector*.

### 3.7.2 Tahap Pengukuran Spesimen

Pengukuran dilakukan dengan alat ukur kerataan (*dial gauge*) secara *transversal*, *longitudinal*, *near gate*, dan *far gate* berdasarkan produk plastik yang dihasilkan dari mesin injeksi yang berupa *multipurpose specimen* DIN 527-2. Berikut adalah gambar produk *multipurpose specimen* gambar 3.13 dan 3.14:



Gambar 3.13 Produk plastik

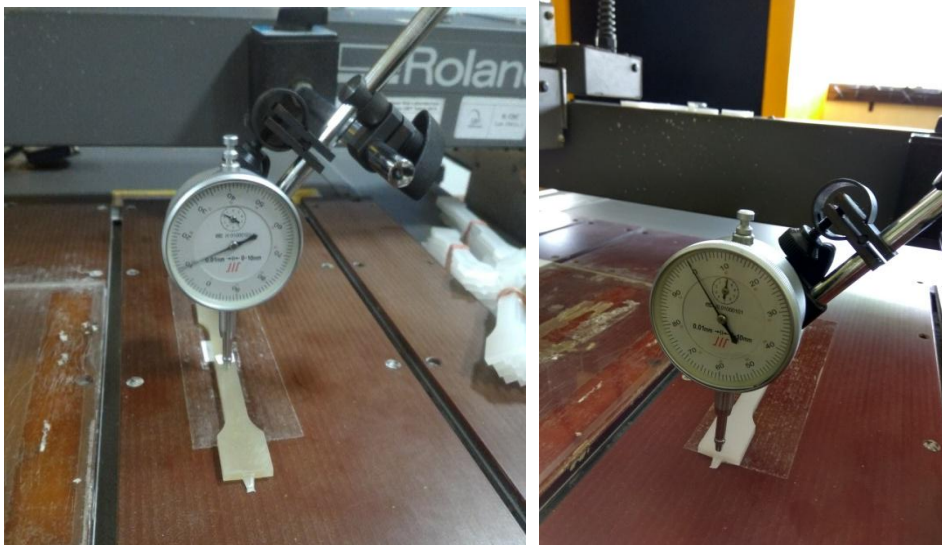


Gambar 3.14 Gambar produk plastik

Pengukuran untuk mengetahui besarnya *sink mark* atau kecekungan permukaan spesimen dibagi menjadi 3. Berikut adalah pengukuran yang dilakukan antara lain :

1. Pengukuran *longitudinal*

Pengukuran *longitudinal* adalah proses mengukur pada permukaan pada sepanjang spesimen dengan menggunakan alat ukur *dial gauge*. Pengukuran *longitudinal* terlihat pada gambar 3.14.



Gambar 3.14 Pengukuran *longitudinal*



## 2. Pengukuran *transversal*

Pengukuran *transversal* adalah proses mengukur pada permukaan pada sepanjang spesimen dengan menggunakan alat ukur *dial gauge*. Pengukuran secara *transversal* dapat dilihat pada gambar 3.15.



Gambar 3.15 Pengukuran *transversal*

## 3. Pengukuran *near gate* dan *far gate*

Pengukuran dekat dengan masuknya cairan plastik (*near gate*) dan ujung produk (*far gate*) diukur untuk mengetahui kecacatan *sink mark* di daerah tersebut. Berikut dapat dilihat pengukuran *near* dan *far gate* pada gambar 3.16.



Gambar 3.16 Pengukuran *near* dan *far gate*

### 3.8 Analisa Penyimpangan Pembacaan Temperatur *Thermocouple*

Pada saat mengatur parameter pada *control panel* mesin injeksi terjadi beberapa penyimpangan pembacaan oleh *thermocouple* pada mesin injeksi. Dikarenakan pada saat dilakukan pengukuran temperatur leleh dengan menggunakan *mini infrared thermal*, hasil dari pengukuran tersebut sangat berbeda dengan hasil pengaturan temperatur leleh pada *panel setting* parameter, penyimpangan pembacaan temperatur leleh pada mesin injeksi sebesar 10 % dari suhu aktual atau suhu sebenarnya. Temperatur menjadi sangat menyimpang dengan suhu aktual sebenarnya.

Permasalahan berikut dapat diatasi dengan mengganti perangkat *thermocouple* dan cara penempatan yang pas, agar ketika pembacaan di *panel setting* parameter dapat terbaca secara aktual atau terbaca suhu yang sebenarnya pada *barrel* mesin injeksi. Berikut pada tabel 3.7 adalah penyimpangan pembacaan temperatur leleh material plastik pada mesin injeksi.

Tabel 3.7 Penyimpangan pembacaan *thermocouple*

Penyimpangan pembacaan <i>thermocouple</i>	Seg 1	Seg 2	Seg 3	Seg 4
Temperatur terukur (aktual) (°C)	172	161	155	144
Temperatur yang terbaca (°C)	158	163	151	132