BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

Pengertian metodologi penelitian secara umum adalah metode yang menjelaskan bagaimana urutan suatu penelitian yang dilakukan, yaitu dengan menggunakan alat ukur dan lanngkah–langkah atau prosedur suatu penelitian.

3.1 Prosedur Penelitian

Prosedur Penelitian diperlukan oleh peneliti untuk mengarahkan pada suatu pemecahan permasalahan. Prosedur penelitian digunakan untuk mendapatkan data–data yang akan digunakan untuk menganlisa data penelitian.

3.2 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium *injection molding* Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang memproses material biji plastik menjadi produk jadi seperti *speciment multipurpose* untuk kepentingan penelitian.

3.3 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah material plastik HDPE (*high density polyestyrene*) murni dan daur ulang, material dari lotte chemical titan tipe *Titanvane HD5218EA*, material plastik ini merupakan jenis *semi crystalyne* dengan tekanan tinggi. Jenis plastik *high density* memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras, tidak mudah pecah dan mampu dipanaskan pada temperatur tinggi yaitu (200°C – 240°C), *melting point* material HDPE yaitu 130°C (Lotte chemical titan, 2015). Berikut adalah (Gb. 3.1 dan 3.2) material HDPE murni dan daur ulang

Gambar 3.1 Material HDPE murni

Gambar 3.2 material HDPE daur ulang

3.4 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian antara lain :

1. Mesin *injectoin molding,* berfungsi untuk membuat produk spesimen dari plastik HDPE, dengan data spesifikasi mesin injeksi seperti pada Tabel 3.1 dan (Gb. 3.3) mesin injeksi sebagai berikut :

Tabel 3.1 Spesifikasi mesin injeksi Meiki 70 B (meiki.com)

Satuan dan nama bagian			Kapasitas		
Injection unit	Ukuran *screw*	mm	28	32	36
	Tekanan injeksi	kg/cm^2	2640	2020	1590
	Volume injeksi	cm^3	89	116	147
	Kecepatan injeksi	mm/sec	104	136	176
Mold unit	*Clamping force*	kN	687		
	Open daylight	mm	630		
	Mold open stroke	mm	460		
	Mold height	mm	170		
	Platen size (H x V)	mm	560 x 560		
	Machine dimentions	mm	3850 x 1100 x 1600		

Gambar 3.3 Mesin *injection molding*

2. Minitab *software* yang pada penelian ini digunakan untuk membantu mengolah data statistik variasi parameter dan faktor–faktor yang berpengaruh terhadap cacat *sink mark* pada metode DOE taguchi. *Software* minitab memiliki kemampuan dalam menganalisis data statistik untuk menghitung analisis regresi secara cepat dengan proses *input* data seperti pada Excel, analisis regresi dalam statistik adalah salah satu metode untuk menentukan hubungan sebab-akibat antara

satu variabel dengan variabel yang lain (variabel parameter proses). Simbol *software* minitab dapat dilihat seperti pada (Gb.3.4).

Gambar 3.4 *Software* minitab

3. Kunci inggris digunakan untuk mengencangkan dan melepaskan *nipple cooling mold,* seperti pada (Gb.3.5).

Gambar 3.5 kunci inggris

4. Kunci L digunakan untuk mengencangkan baut *heater barrel* pada mesin injeksi, dapat dilihat seperti pada (Gb.3.6).

Gambar 3.6 kunci L

5. *Mold release* digunakan untuk mempermudah melepaskan produk plastik dari *mold* injeksi, dapat dilihat seperti pada (Gb.3.7).

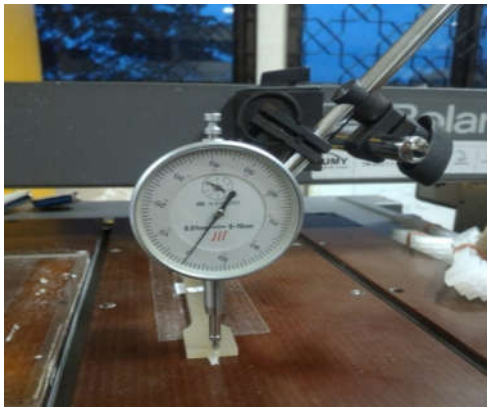
Gambar 3.7 *mold release*

6. *Termo infrared* digunakan untuk mengetahui suhu aktual pada *barrel* mesin injeksi karena adanya penyimpangan pembacaan *thermocouple barrel* pada mesin injeksi, seperti pada (Gb. 3.8).

Gambar 3.8 *Termo infrared*

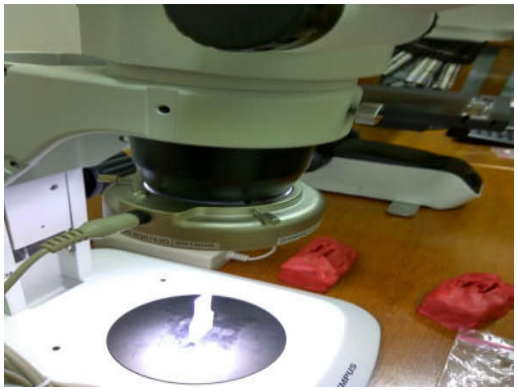
7. *Dial gauge* digunakan untuk mengukur *sink mark* pada permukaan *speciment,* seperti pada (Gb. 3.9).

   Dengan ketelitian : 0,01 mm.



Gambar 3.9 *Dial gauge*

8. Mikroskop *olympus sz 61* digunakan untuk mengambil foto optik makro sehingga dapat mengetahui cacat *sink mark* yag terjadi pada *speciment*, dapat dilihat seperti pada (Gb. 3.10).



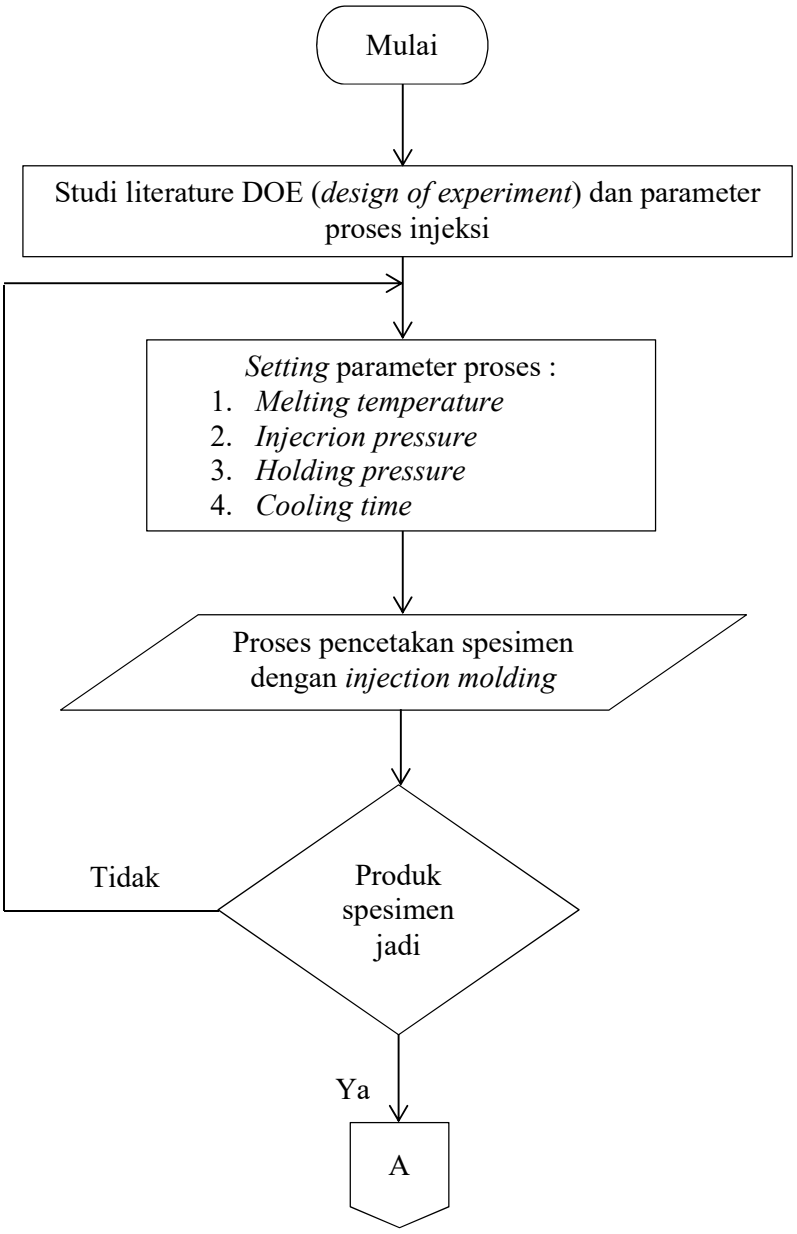
Gambar 3.10 mikroskop *olympus sz 61*

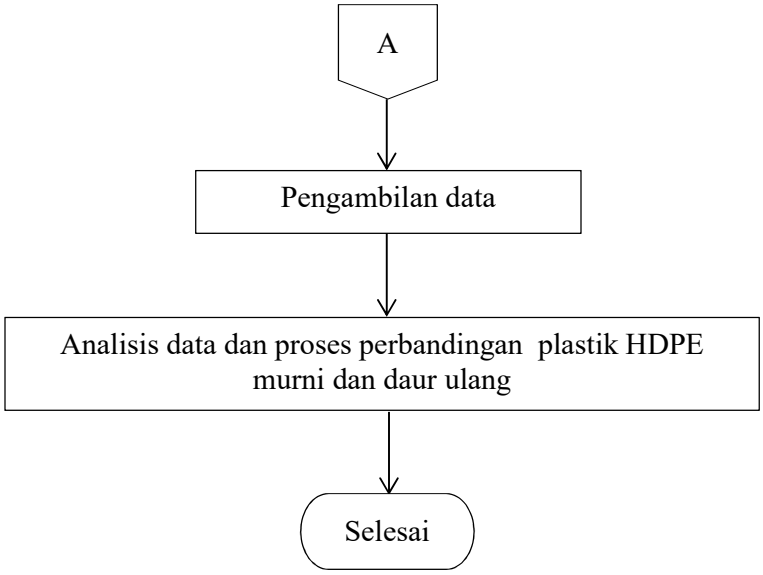
Adapun spesifikasi mikroskop *Olympus SZ* 61 adalah sebagai berikut :

Sistem Optik	: *Greenough Optical System*
Total Perbesaran	: 2.4 x – 240 x [SZ61]*1
Zoom Body	: *Zoom Ratio*; 5 (0.8x-4x) [SZ61]
AS Observation Tube	: *Binocular Observation Tube* (*TIA* 45°/60°) [SZ61]
Focus	: *Stand*
Dimensions	: 194 (W) x 253 (D) x 368 (H) mm

3.5 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir dari penelitian ini adalah sebagai berikut :





Gambar 3.11 Diagram alir penelitian

3.6 Metode (*Design of Experiment*) DOE

Penelitian ini menggunakan metode DOE untuk mendapatkan variasi parameter proses yang berpengaruh untuk meminimalkan cacat *sink mark* seperti, *melting temperature*, *holding pressure*, *injection pressure*, dan *cooling time*. Parameter proses yang didapatkan digunakan untuk *setting* parameter pada mesin injeksi.

3.6.1 Menentukan Varaiasi Parameter

Untuk menentukan variasi parameter proses yang digunakan yaitu dengan menggunakan metode DOE didapatkan empat variasi dan tiga level perubahan. Berikut ini adalah parameter yang digunakan diantaranya yaitu *melting temperature*, *holding pressure*, *injection pressure*, dan *cooling time*.

Besarnya nilai pada setiap level parameter proses yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari data *sheet* material HDPE tipe HD5218EA dan dari perhitungan secara teoritis:

1. Berikut adalah data *sheet* material yang digunakan dalam penelitian yang dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut :

Tabel 3.2 Data *sheet resin* HDPE tipe *titanvene HD5218EA* (lotte chemical titan, 2015)

Data *sheet* lotte chemical *resin* HDPE tipe *titanvene HD5218EA*	
Barrel Temperature :	
Rear	140°C
Middle	160°C
Front	180°C
Nozzle	200°C
Data *sheet* lotte chemical *resin* HDPE tipe *titanvene HD5218EA*	
Barrel Temperature :	
Melt Temperature	200 - 240°C
Mold Temperatur	20 °C - 40°C
Injection Pressure	600 - 1350 bar
Holding Pressure	50 - 75 % dari min. *injection pressure*

2. Perhitungan *hydraulic pressure*

Untuk mengetahui perhitungan *hydraulic pressure* yang akan digunakan pada *setting* parameter dilakukan perhitungan parameter *injection pressure* secara teoritis dengan menggunakan persamaan 1 sebagai berikut:

$$Ph = \frac{Ps \times As}{Ah} \text{ ..... (pers.3.1)}$$

Ph = *Pressure Hydraulic* (bar)

Ps = *Pressure Screw* (bar)

As = Luas *Screw* (mm^2)

Ah = Luas *Hydraulic* (mm^2)

Diketahui :

Ps = 600 bar

As = 28 mm^2

Ah = 140 mm^2

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

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 130 sampai 136 bar.

3. Perhitungan *holding pressure*

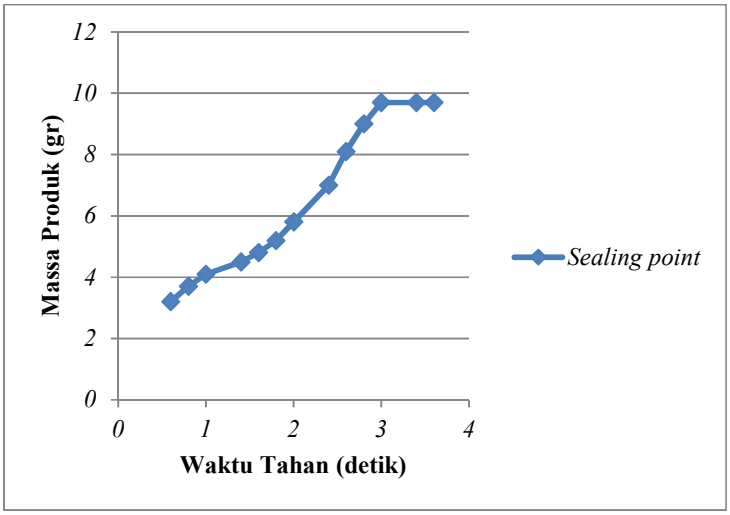
Besarnya *holding pressure* pada mesin injeksi plastik dapat diketahui dari spesifikasi material yang digunakan yaitu 50–75 % dari *hydraulic pressure* (Lotte chemical titan HD5218EA, 2015), sehingga dari hasil perhitungan diperoleh 84 bar, maka *holding pressure* yang dapat digunakan sebesar 60–90 bar.

4. Penentuan level *holding time*

Untuk menentukan parameter *holding time* yang dapat digunakan pada penelitian ini, dilakukan *trial* produk. Brikut ini adalah Table 3.3 data *trial holding time* yang dilakukan:

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

Massa Produk	Gram	*Holding Time*	Detik
M1	3,2	t_1	0,6
M2	3,7	t_2	0,8
M3	4,1	t_3	1
M4	4,5	t_4	1,4
M5	4,8	t_5	1,6
M6	5,2	t_6	1,8
M7	5,8	t_7	2
M8	7	t_8	2,4
M9	8,1	t_9	2,6
M10	9	t_{10}	2,8
M11	9,7	t_{11}	3
M12	9,7	t_{12}	3,4
M13	9,7	t_{13}	3,6



Gambar 3.12 Grafik *sealing point*

Berdasarkan *trial* parameter produk pada *hoolding time,* didapatkan nilai *sealing point holding time* pada 3 detik. Maka dari itu pada penelitian yang dilakukan menggunakan *holding time* 3 detik.

5. Perhitungan *cooling time*

Untuk mengetahui lamanya *cooling time* yang akan digunakan pada setting parameter dilakukan perhitungan parameter *cooling time* secara teoritis dengan menggunakan persamaan ke-2 sebagai berikut:

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

S = *Cooling Time* minimum (*sec*)

T = Tebal *Part* (mm)

α = *Thermal Diffusity* Bahan (mm^2/s)

Tr = *Ejection* Temperatur dari Part (°C)

Tm = Suhu *Mold* (°C)

Tc = Suhu Silinder (°C)

Diketahui :

t = 4 mm

α = 0,17 mm^2/s

Tr = 100 ^oC

Tm = 35 ^oC

Tc = 170 ^oC

$$S = \frac{-4^2\ \mathrm{mm}^2}{2\times\pi\times 0{,}17\ \mathrm{mm}^2/\mathrm{s}} Log_e \left[\frac{\pi}{4}\times\frac{(100^0\mathrm{C}-35^0\mathrm{C})}{(170^0\mathrm{C}-35^0\mathrm{C})}\right] = 14{,}57\ sec$$

Berdasarkan perhitungan *cooling time* minimum secara teoritis didapatkan hasil sebesar 14,57 sec, sedangkan dengan waktu yang sesingkat itu produk plastik yang dilepaskan dari mold masih dalam keadaan panas dan menyebabkan terjadinya pembengkokan (*bending*) apabila produk di *ejector*, sehingga menyebabkan terjadnya cacat *sink mark* pada produk bertambah besar dikarenakan produk yang dikeluarkan dari cetakan belum dalam keadaan mengeras yang mengakibatkan terdapat bekas *ejector* pada permmukaan produk dan hasilnya akan mempengaruhi kualitas produk plastik. Pada penelitian nilai *cooling time* yang dipakai sebesar 20-25 *sec*, dikarenakan pada *cooling time* 20–25 *sec* produk yang dihasilkan sudah dalam keadan padat atau mengeras dan suhunya tidak terlalu panas maka dari itu pada penelitian ini nilai *cooling time* yang dipakai sebesar 20–25 *sec*.

Pemilihan parameter proses yang tepat didapatkan dari literatur data *sheet* HDPE *lotte chemical resin titanvene tipe* HD5218EA, Arburg (Goodship. V, 2004), dan (Sutriyono, 2012), serta pertimbangan nilai level parameter proses yang tepat didapatkan dari hasil diskusi dengan karyawan salah satu industri plastik di Yogyakarta, dan pembicaraan secara personal dengan *setter* mesin yang diaplikasikan dengan (*trial*) percobaan produk untuk mendapatkan komposisi parameter proses yang paling optimal, sedangkan untuk mesin injeksi pertimbangan parameter yang diperhatikan berupa kemampuan mesin injeksi yang sudah mulai menurun karena usia dari mesin injeksi, sehingga perlu melakukan

trial mesin injeksi untuk mendapatkan parameter proses yang tepat untuk mesin injeksi plastik.

Berikut adalah pemilihan variasi parameter proses yang dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Variabel parameter

Faktor	Parameter	Satuan	Level 1	Level 2	Level 3
A	*Melting temperature*	°C	160	165	170
B	*Injection pressure*	Bar	130	133	136
C	*Holding time*	Bar	85	90	95
D	*Cooling time*	Detik	20	23	26

3.6.2 Desain Faktorial

Penetapan desain faktorial dalam penelitian ini adalah dengan variasi tiga *level* dan empat variabel sehingga didapat 9 percobaan. Tiga level artinya adalah terdapat tiga perubahan dalam setiap faktor. Berikut adalah Tabel 3.5 desain faktorial yang didapatkan dari *software* minitab.

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

3.6.3 Faktor *Noise*

Pada penelitian ini terdapat beberapa faktor *noise* dalam penetapan desain faktorial seperti tidak adanya pengaturan suhu pada *mold* atau (*mold temperature control*) MTC, *cooling* tidak bekerja secara maksimal, terdapat penyimpangan

pembacaan *thermocouple* pada *barrel*. Faktor *noise* pada penelitian ini diabaikan karena faktor *noise* termasuk faktor yang tidak bisa dikendalikandalam metode DOE pengolahan data variasi parameter proses terdiri dari beberapa faktor dan level yang sudah ditentukan, seperti parameter yang paling berpengaruh terhadap analisis cacat porduk untuk meningkatkan kualitas produk plastik yang diproduksi. Faktor *nois* pada mesin tidak menjadi pertimbangan atau indikator yang divariasi dalam parameter proses untuk meningkatkan kualitas selama pembuatan produk plastik.

Pada penelitian ini terdapat beberapa faktor *noise* diantaranya adalah sebagai berikut :

a. Tidak adanya pengaturan suhu pada mold atau (*mold temperature control*) MTC yang menyebabkan temperatur produk terlalu tinggi dan tidak stabil, sehingga membuat produk tidak dapat didinginkan secara merata.
b. *Cooling* tidak bekerja secara maksimal (tidak adanya *cooling tower*) dapat mengakibatkan produk plastik masih dalam keadaan panas apabila dilepaskan dari *mold*, dan pendinginan secara tiba-tiba yang dapat menyebabkan terjadinya *shringkage* pada produk plastik.
c. Terdapat penyimpangan pembacaan thermocouple pada barrel sebesar 10°C yang mengakibatkan temperatur leleh tidak stabil dan tidak sesuai dengan data *sheet* material plastik yang digunakan. Hasil tersebut mengakibatkan temperatur leleh tidak stabil dan tidak sesuai dengan material yang digunakan. Untuk mengatasi permasalahan penyimpangan pembacaaan temperatur leleh pada *thermocouple* dapat dilakukan perawatan atau penggantian komponen pemanas pada mesin injkesi seperti *thermocouple* dan *heater* pada *barrel* mesin injeksi. Berikut adalah Tabel 3.6 penyimpangan pembacaan temperatur leleh material plastik pada mesin injeksi.

Tabel 3.6 Penyimpangan pembacaan *thermocouple*

Penyimpangan pembacaan *thermocouple*	Seg 1	Seg 2	Seg 3	Seg 4
Temperatur terukur/aktual (°C)	172	171	146	145
Temperatur yang terbaca pada panel (°C)	158	163	138	136
Temperatur yang di*setting* (°C)	160	160	135	135

d. Tidak adanya *drying hopper* mengakibatkan terjadinya *buble* (gelembung udara yang terdapat pada produk) karena kurangnya *preheating* pada materal plastik.

3.7 Pembuatan Produk Plastik

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

a. Menyiapkan material plastik HDPE murni dan daur ulang yang akan digunakan dalam penelitian
b. Menghidupkan mesin injeksi dan menekan tombol ON *heater* dan motor listrik pada *control panel* mesin injeksi
c. Setelah menghidupkan semua komponen tersebut, masukkan data variasi parameter yang sudah disiapkan sesuai dengan material plastik yang digunakan yaitu material HDPE dengan variasi parameter suhu pencairan material tekanan injeksi, tekanan holding, dan waktu pendinginan seperti pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Parameter proses *injection molding*

Faktor	Level parameter proses			
	A	B	C	D
Percobaan ke	*Melting temperature* (° C)	*Injection pressure* (bar)	*Holding time* (bar)	*Cooling time* (detik)
1	160	130	85	20
2	160	133	90	23
3	160	136	95	26
4	165	130	90	26
Faktor	Level parameter proses			

	A	B	C	D
Percobaan ke	*Melting temperature* (^{o} C)	*Injection pressure* (bar)	*Holding time* (bar)	*Cooling time* (detik)
5	165	133	95	20
6	165	136	80	23
7	170	130	95	23
8	170	133	80	26
9	170	136	90	20

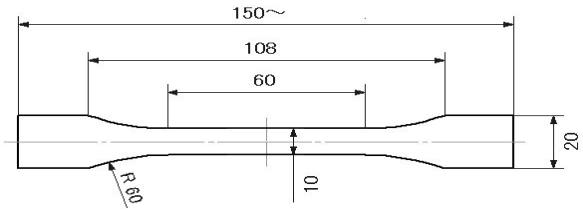
d. Kemudian setelah memasukkan data variasi parameter, hal yang pelu dilakukan adalah memasukkan material biji plastik yang digunakan ke dalam *hopper*.
e. Selanjutnya *charging* material plastik agar mateial plastik dapat mencair dan siap di injeksikan ke dalam cetakan.
f. Setelah material plastik mencair 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. Pada saat proses berlangsung amatilah semua komponen yang bekerja pada mesin injeksi, karena apabila ada salah satu variable komponen yang tidak bekerja dengan maksimal akan mempengaruhi kondisi akhir dari produk tersebut.
h. Setelah mesin beroprasi tunggu sampai proses berlangsung sampai proses injeksi berhenti, ketika *mold* injeksi terbuka kemudian produk plastik dapat dilepaskan.

3.8 Tahapan Pengukuran Spesimen

Pengukuran *transversalersal*, *longitudinal*, *near gate*, dan *far gate* dilakukan berdasarkan bentuk produk yang dihasilkan dari mesin injeksi yang berupa spesimen *multipurpose* dengan bentuk memanjang, sehingga dilakukan pengukuran *transversal, longitudinal*, *near gate*, dan *far gate* untuk mengetahui besarnya *sink mark* atau kecekungan permukaan spesimen. Berikut adalah (Gb.

3.13 dan 3.14) bentuk produk spesimen dan gambar teknik *multipurpose* DIN ISO 527 – 1

Gambar 3.13 Produk plastik



Gambar 3.14 Gambar teknik produk plastik

Berikut adalah macam–macam pengukuran yang dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai *sink mark* pada produk plastik antara lain :

1. Pengukuran *longitudinal*

Pengukuran *longitudinal* adalah proses pengukuran kerataan permukaan pada panjang spesimen dengan menggunakan alat ukur *dial gauge*. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai *sink mark* pada pajang produk dengan cara meletakkan alat ukur pada bidang yang bergerak dan spesimen diletakkan pada media yang rata dan dalam keadan diam tidak bergerak kemudian alat ukur digerakkan memanjang/*longitudinal* pada produk, seperti yang dapat dilihat pada (Gb.3.15) berikut :

Gambar 3.15 Pengukuran *longitudinal*

2. Pengukuran *transversal*

Pengukuran transversal adalah proses pengukuran kerataan permukaan pada lebar spesimen dengan menggunakan alat ukur *dial gauge*. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai *sink mark* pada lebar produk dengan cara meletakkan alat ukur pada bidang yang bergerak dan spesimen diletakkan pada media yang rata dan dalam keadan diam tidak bergerak kemudian alat ukur digerakkan melintang/*transversa*l pada produk, seperti yang dapat dilihat pada (Gb.3.16) berikut :

Gambar 3.16 Pengukuran *transversal*

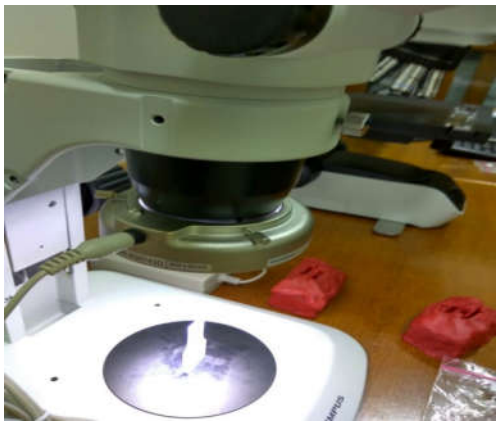
3. Pengukuran *near gate* dan *far gate*

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai *sink mark* pada *near gate* dan *far gate* produk dengan cara meletakkan alat ukur *dial gauge* pada bidang yang bergerak dan spesimen diletakkan pada media yang rata dan dalam keadan diam tidak bergerak kemudian alat ukur digerakkan melintang pada bagian *near gate* dan *far gate* produk, seperti yang dapat dilihat pada (Gb.3.17) berikut :

Gambar 3.17 Pengukuran *near gate* dan *far gate*

4. Pengukuran menggunakan Mikroskop *Olympus*

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai *sink mark* dengan pembesaran 10 : 1x dengan menggunakan mikroskop *olympus* sehingga cekungan yang terdapat pada material plastik dapat terlihat dengan jelas. Pada pengukuran ini hanya produk plastik hasil dari parameter proses paling optimal serta berdasarkan dari hasil perhitungan menggunakan metode (mean) rata-rata dengan nilai *sink mark* paling maksimal dan minimal, seperti yang dapat dilihat pada (Gb.3.18) berikut :



Gambar 3.18 Pengukuran dengan Mikroskop *Olympus*