

## **ANALISIS HASIL CETAKAN MATERIAL POLYPROPYLEN BENTUK BOTOL MENGGUNAKAN METODE INJECTION BLOW MOLDING**

*Analysis of Bottle Shaped Polypropylene Material Mold Results using The Injection Blow Molding Method*

**Didik Sugiyanto<sup>1\*</sup>, Enggar Darmawan Wicaksono<sup>1</sup>, Asyari Daryus<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Darma Persada, Indonesia

\* Email Korespondensi : [didik\\_sugiyanto@unsada.ac.id](mailto:didik_sugiyanto@unsada.ac.id)

Artikel Info - : Diterima : 17-01-2024; Direvisi : 23-03-2024; Disetujui : 01-04-2024

### **ABSTRAK**

Proses pembentukan material banyak dilakukan dalam industri manufaktur, khususnya dalam proses pembentukan material plastik. Salah satunya adalah metode *injection blow molding* yang dilakukan dengan meniupkan udara ke dalam cetakan yang sudah didesain sebelumnya. Perlunya tingkat kepresisian dan keakuratan dalam merancang sebuah cetakan untuk proses *injection molding* merupakan salah satu hal yang penting dalam proses *injection blow molding*. Salah satu rancangan yang harus diperhitungkan dalam mencetak suatu produk bentuk botol itu harus presisi, sesuai dengan desain produk yang diharapkan dengan memperhitungkan perancangan mesin dan cetakan, pemilihan material, material cetakan dan proses manufaktur. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh temperatur dan tekanan terhadap ketebalan serta penyusutan (*shrinkage*) pada hasil cetakan bentuk botol ukuran 30 ml. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan pengaruh tekanan 4 bar dan temperatur 160 °C menghasilkan ketebalan hasil cetakan dengan rata-rata sebesar 1,03 mm, sedangkan pada tekanan 4 bar dan temperatur 180 °C mendapatkan ketebalan rata-rata 1 mm. Standar yang digunakan untuk produk botol adalah kurang dari 1 mm sehingga tekanan 4 bar dari hasil eksperimen sudah memenuhi standar pada hasil cetakan proses *injection blow molding* dan untuk penyusutan *shrinkage* terjadi sebesar 0,681 %.

**Kata Kunci: Blow Molding, Polypropylene, Shrinkage**

### **ABSTRACT**

*The process of forming materials is often carried out in the manufacturing industry, especially in the process of forming plastic materials. One method is the injection blow molding, which is done by blowing air into a mold that has been previously designed. The need for a level of precision and accuracy in designing a mold using the injection molding process is one of the important things in the injection blow molding process. One of the designs that must be considered when printing a bottle-shaped product is that it must be precise, in accordance with the expected product design, by considering machine and mold design, material selection, molding materials, and manufacturing processes. The aim of the research is to determine the influence of temperature and pressure on thickness and shrinkage in molds with 30 ml bottle shape. From the results of tests that have been carried out, the effect of a pressure of 4 bar and a temperature of 160 °C produces an average thickness of the mold of 1.03 mm, while at a pressure of 4 bar and temperature of 180 °C the average thickness is 1 mm. The standard used for bottle products is less than 1 mm so that the pressure 4 bar from the experimental results meets the standards for injection blow molding process mold results and for shrinkage occurs at 0.681 %.*

**Keywords: Blow Molding, Polypropylene, Shrinkage**

## 1. Pendahuluan

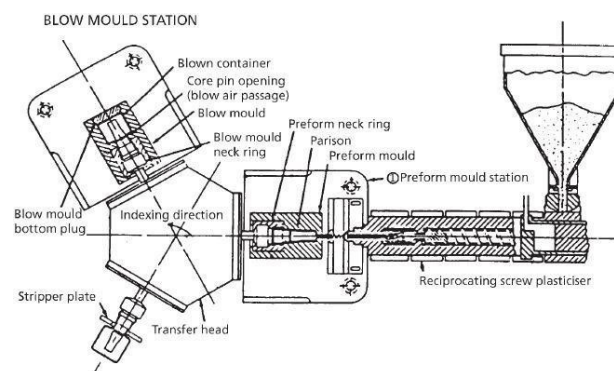
Kemajuan teknologi khususnya sektor industri manufaktur bidang pembentukan produk-produk yang berkaitan dengan mesin yang digunakan dalam untuk pembuatan komponen dari bahan plastik. Penggunaan mesin yang biasa digunakan dalam produksi bahan plastik adalah *blowing*, *extrusion* dan *extrusion*. Mengoptimalkan waktu dalam proses produksi merupakan target sebuah industri dalam memproduksi semua komponen dalam satu siklus sehingga dibutuhkan kecepatan, ketepatan dan tingkat presisi yang tinggi serta jumlah produksi yang banyak.

Proses pembuatan kemasan produk botol dengan metode *blow molding* merupakan salah satu cara yang paling efisien digunakan untuk proses produksi yang menghasilkan tingkat presisi, kecepatan, bisa mengerjakan dalam bentuk geometris yang tinggi, bentuk ruang dalam komponen dan jumlah yang banyak serta mudah dalam pengoperasiannya. Botol plastik menjadi salah satu pilihan botol dengan bahan baku plastik jika dibandingkan dengan bahan kaca, kayu, dan logam karena mempunyai sifat yang ringan dan kuat. Selain itu plastik merupakan bahan isolator yang baik, bentuk transparan, mudah dalam pewarnaan, fleksibel, dan lebih murah dari segi harga [1]. Mesin *blow moulding* merupakan mesin yang mempunyai prinsip kerja mencetak botol dengan cara ditiup. Botol yang telah dipanaskan kemudian dimasukkan ke dalam cetakan (*mold cavity*) kemudian diinjeksi dengan tekanan udara tertentu agar botol dapat mengembang dan membentuk profil atau produk yang diinginkan [2].

Proses pembuatan kemasan melalui proses *blow moulding* di industri manufaktur menggunakan parameter-parameter yang dapat mempengaruhi waktu siklus selama proses produksi [3]. Dalam proses *injection molding* untuk tingkat kepresisian pada hasil cetakan, ketebalan hasil cetakan merupakan hal yang paling banyak berpengaruh terhadap kualitas [4,5]. Pada mesin *blow molding* terdapat alat yang disebut dengan *injection blowing tools* [6]. Alat ini mempunyai komponen yang disebut alat injeksi yang mempunyai peranan penting sebagai injeksi atau meniupkan udara bertekanan tinggi dari kompresor ke dalam *bottle preform* sehingga botol *preform* mengembang dan membentuk profil atau model yang diinginkan. Pada alat injeksi, bahan yang digunakan harus memiliki bobot yang ringan dan tahan terhadap pengaruh intensitas suhu tinggi dari botol *preform* ( $\pm 100$  °C).

Material *Polypropylen* (PP) mempunyai temperatur leleh antara 155-165 °C. Pada proses pembentukan menggunakan suhu tersebut mengakibatkan adanya cacat *short shot*, *sink mark* dan *flashing*. Semakin tinggi penambahan suhu pada material plastik akan semakin mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk material. Pengaturan variasi suhu pada mesin *extruder* mempengaruhi kualitas produk plastik, baik dari dimensi maupun tampilan produk [7].

Proses *injection blow molding* selalu dibuat dalam dua tahapan. Proses yang pertama yaitu dengan menginjeksi material termoplastik yang sudah dilelehkan ke dalam *cavity* dan membentuk *parisson* setengah jadi yang di sebut *preform*. Proses selanjutnya cetakan lain menutup dan mengapit *preform* dan udara ditiupkan sehingga *preform* membentuk dimensi terakhir yang diinginkan seperti pada Gambar 1 [8].

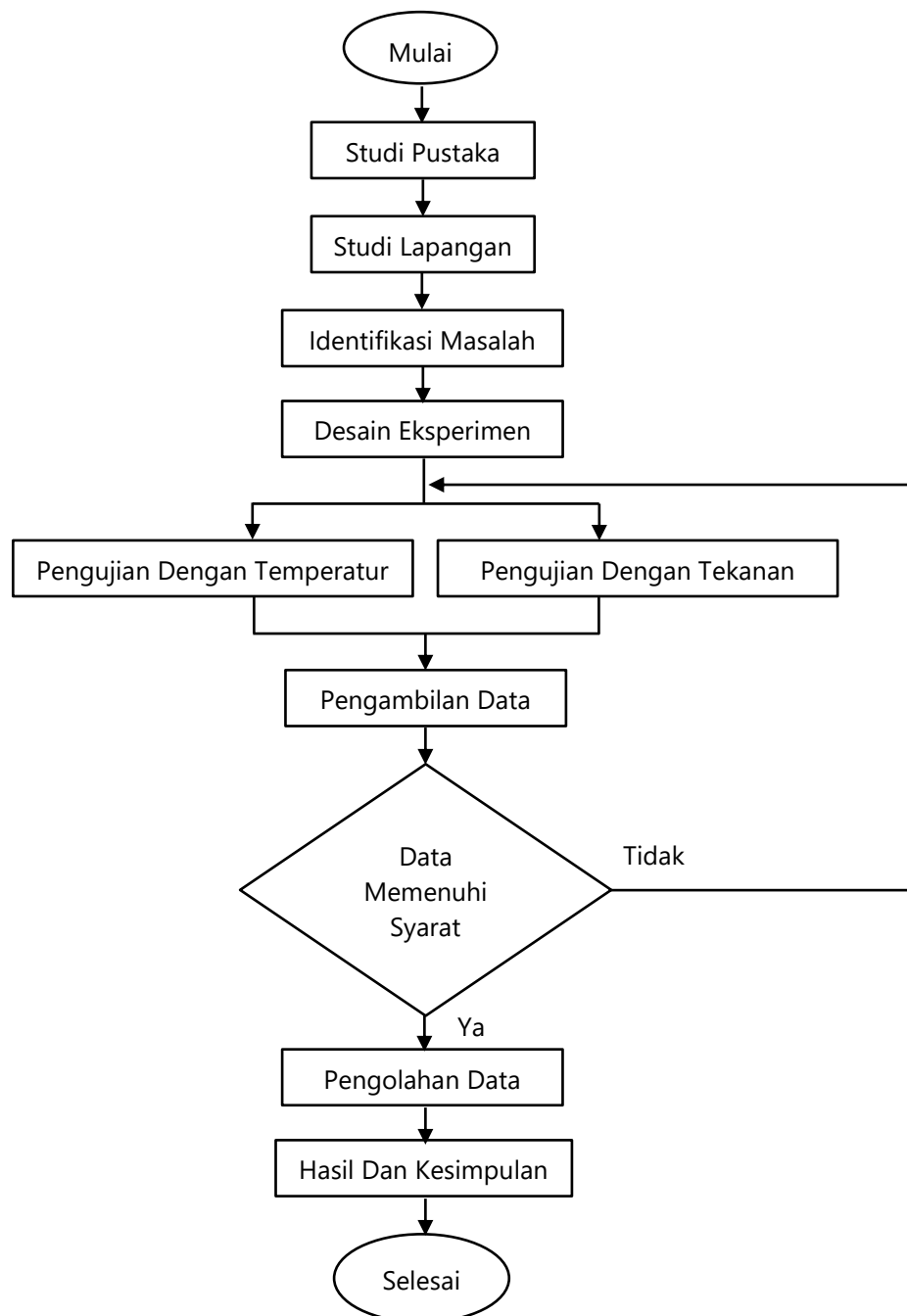


**Gambar 1.** Skema *Injection Blow Molding* [8]

Tingkat kepresisian dalam proses *injection blow molding* sangat berkaitan dengan kualitas produk dari hasil dari cetakan. Oleh sebab itu perlu dilakukan analisis hasil cetakan material PP bentuk botol menggunakan metode *injection blow molding*. Tujuan dari analisis ini untuk mengetahui parameter temperatur dan tekanan terhadap ketebalan hasil cetakan produk botol 30 ml. Selain itu untuk mengetahui parameter temperatur dan tekanan terhadap hasil penyusutan (*shrinkage*) pada produk botol.

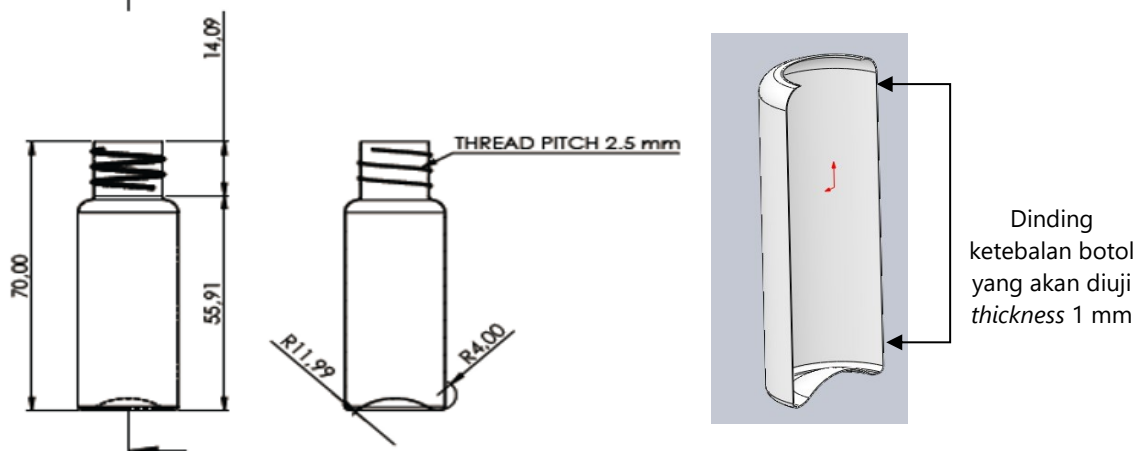
## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1 Diagram Alir Penelitian



**Gambar 2.** Diagram Alir Penelitian

## 2.2 Desain Eksperimen



**Gambar 3.** Desain Produk Botol 30 ml Hasil *Blow Molding*

Pada Gambar 3 dapat terlihat desain produk botol 30 ml. Adapun material yang dipakai untuk produk botol 30 ml ini adalah jenis PP [9]. Alasan penggunaan material PP ini karena memiliki tingkat kelenturan yang baik sehingga mudah di bentuk. Selain itu material PP juga tahan terhadap minyak, asam, dan basa, sehingga baik digunakan untuk kemasan minyak [10]. Pada penelitian ini hanya mengukur bagian dinding botol saja dengan menguji hasil ketebalan dan *defect shrinkage* menggunakan parameter suhu dan tekanan yang telah ditetapkan [11] [12].

## 2.3 Metode Pengujian

Pengujian temperatur dilakukan dengan *setting* suhu pada *heater band* yang diatur oleh PID *controler* dengan temperatur 160 °C, 170 °C, dan 180 °C untuk mendapatkan ukuran ketebalan dan meminimalkan *defect shrinkage*. Pengujian tekanan dilakukan dengan *setting* tekanan pada kompresor yang diatur oleh *pressure gauge* dengan tekanan 4 bar, 4,5 bar, 5 bar untuk mendapatkan ukuran ketebalan yang maksimal dan meminimalkan *defect shrinkage* material PP. Pengambilan data dilakukan secara langsung dengan mencatat dan mendokumentasikan hasil ketebalan dan *shrinkage* dari proses *blow molding*.

## 2.4 Bahan dan Alat Pengujian

Bahan dan alat pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Plastik *polypropylene* (PP).
2. Mesin *blow molding* kapasitas 6 kg.
3. *Pressure gauge* digunakan untuk mengetahui besar tekanan kompresor yang akan di *blow* ke dalam *moulding* menggunakan satuan bar atau Psi.
4. PID *controler* rex C100 digunakan untuk mengetahui besar suhu *heater band* dan titik leleh plastik terhadap barrel dan *screw* sebelum di-*inject* ke dalam *parison*.

## 2.5 Langkah Penelitian

1. Pengukuran Ketebalan
  - a) Masukkan material bahan baku plastik dalam tempat masuk material yang akan diproses yaitu material plastik PP.
  - b) Mengatur temperatur *heater* sesuai dengan *melting point* PP yakni 160 °C, 170 °C, dan 180 °C menggunakan PID *controller* REX C100
  - c) Mengatur *blowing pressure* sesuai standar mesin *blow molding* yakni 4 bar, 4,5 bar, dan 5 bar menggunakan *pressure gauge*.

- d) Mengoperasikan mesin dengan kondisi panas yang optimal dan produk yang dihasilkan stabil.
  - e) Ulangi langkah (a) dan (c) kali percobaan.
  - f) *Blowing pressure* dan *blowing temperature* harus sesuai dengan level parameter yang ada.
  - g) Melakukan pengambilan data dari (c) percobaan di atas.
  - h) Melakukan pengukuran ketebalan produk menggunakan jangka sorong dengan memotong dinding botol.
2. Pengukuran *Shrinkage*
    - a) Melakukan pengambilan sampel setelah berjalannya proses *blow molding*.
    - b) Mengamati jika ada *defect shrinkage*, maka akan di ukur menggunakan jangka sorong.
    - c) Hasil spesimen uji *shrinkage* kemudian dilakukan pengukuran dengan replikasi sebanyak tiga kali pada setiap parameter prosesnya.
    - d) Melakukan pengambilan dan pengolahan data, selanjutnya mengukur besarnya persentase *shrinkage* dengan rumus pada setiap spesimen menggunakan tabel dan grafik untuk menampilkan hasil spesimen yang diuji.

### 3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

#### 3.1 Pengujian Pengaruh Variabel Temperatur terhadap Ketebalan

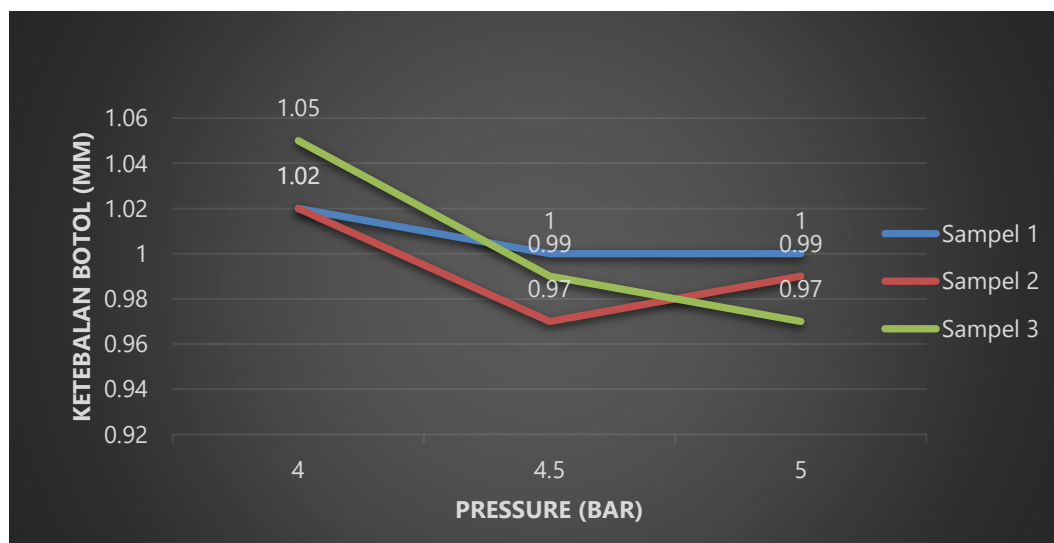
##### 3.1.1 Data Pengujian Dengan Variabel Temperatur 160 °C

Hasil penelitian yang dilakukan dengan menggunakan variabel temperatur 160 °C dapat dilihat Tabel 1 dan Gambar 4 sebagai berikut.

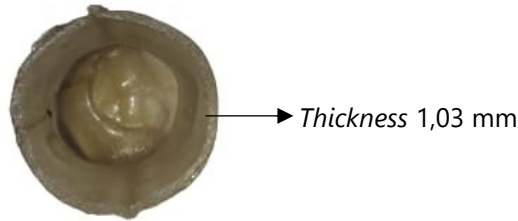
**Tabel 1.** Pengujian dengan Variasi Temperatur 160°C

Kode Spesimen	Tekanan (bar)	Ketebalan Botol (mm)			Rata – Rata (mm)
		1	2	3	
SPT1-1	4	1,02	1,02	1,05	1,03
SPT1-2	4,5	1	0,97	0,99	0,988
SPT1-3	5	1	0,99	0,97	0,987

Tabel 1 di atas merupakan hasil pengujian pada temperatur 160 °C. Berdasarkan Tabel 1 di atas ditunjukkan bahwa ketebalan rata-rata botol paling rendah diperoleh tekanan 5 bar dengan nilai sebesar 0,987 mm. Sementara itu nilai ketebalan rata-rata paling tinggi diperoleh pada tekanan 4 bar dengan nilai sebesar 1,03 mm. Untuk lebih jelas mengenai hal ini, dapat dilihat melalui Gambar 4 berikut ini.



**Gambar 4.** Grafik Pengujian dengan Variasi Temperatur 160 °C



**Gambar 5.** Sampel Botol dengan Temperatur 160 °C

Terlihat pada Gambar 5 terjadi *defect shrinkage* pada botol tersebut. *Defect* tersebut terjadi karena kurangnya plastik cair yang disuntikkan di celah, karena *injector* saat plastik meleleh itu disuntikkan ke dalam barrel di mana beberapa plastik cair keluar dari rongga *injector* dan silinder barrel.

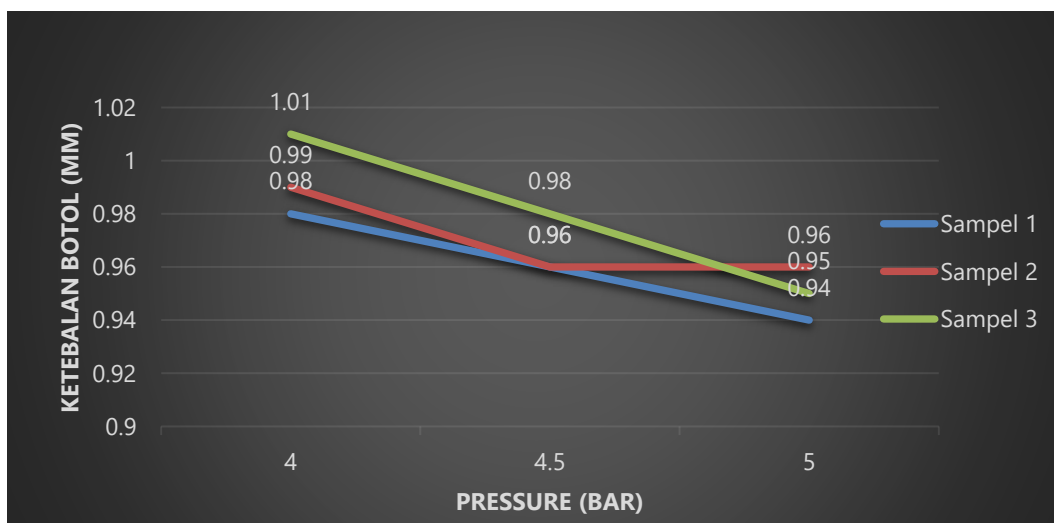
### 3.1.2 Data Pengujian Dengan Variabel Temperatur 170 °C

Hasil penelitian yang dilakukan dengan menggunakan variabel temperatur 170 °C dapat dilihat Tabel 2 dan Gambar 7 sebagai berikut.

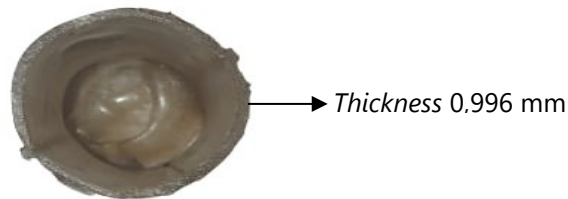
**Tabel 2.** Pengujian dengan Variasi Temperatur 170 °C

Kode spesimen	Tekanan (bar)	Ketebalan Botol (mm)			Nilai Rata-Rata Ketebalan (mm)
		1	2	3	
SPT2-1	4	0,98	0,99	1,01	0,993
SPT2-2	4.5	0,96	0,96	0,98	0,996
SPT2-3	5	0,94	0,96	0,95	0,951

Tabel 2 di atas merupakan hasil pengujian pada temperatur 170 °C. Berdasarkan Tabel 2 di atas ditunjukkan bahwa ketebalan botol paling rendah diperoleh ketika menggunakan tekanan 5 bar. Nilai ketebalan rata-rata yang dihasilkan dengan menggunakan tekanan sebesar 5 bar adalah 0,951 mm. Sementara itu nilai ketebalan botol paling tinggi diperoleh pada tekanan 4 bar dengan rata-rata nilai ketebalan sebesar 0,993 mm. Untuk lebih jelas, hasil ketebalan botol dapat juga dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Grafik Pengujian dengan Variasi Temperatur 170 °C



**Gambar 7.** Sampel Botol dengan Temperatur 170 °C

Terlihat pada Gambar 7 terjadi *defect shrinkage* pada botol tersebut, *defect* tersebut terjadi ini karena kurangnya plastik cair yang disuntikkan di celah karena *injector* saat plastik meleleh itu disuntikkan ke dalam *barel* di mana beberapa plastik cair keluar dari rongga *injector* dan silinder *barel*.

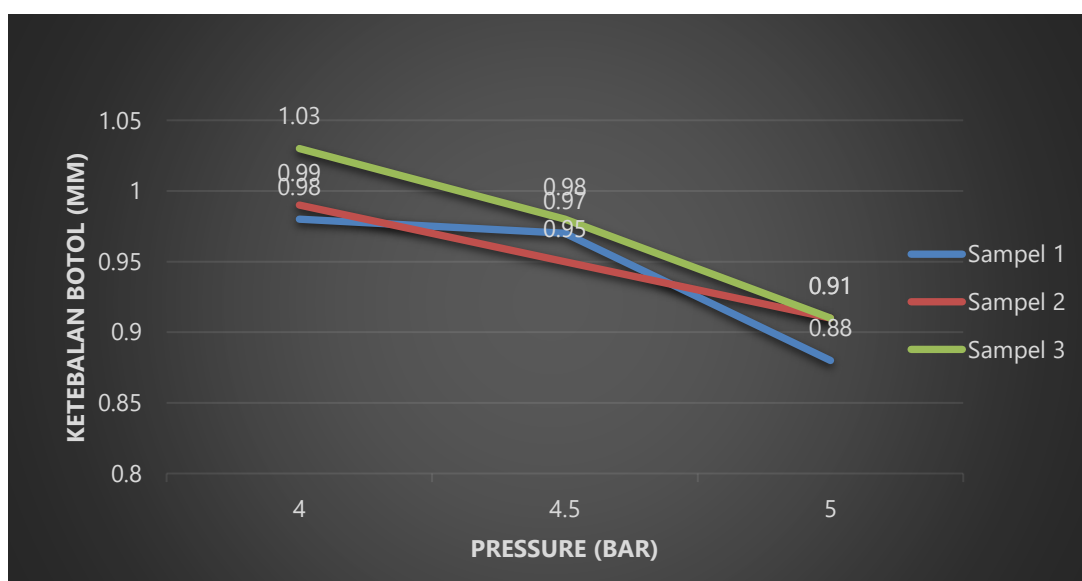
### 3.1.3 Data Pengujian dengan Variabel Temperatur 180 °C

Dari hasil penelitian yang dilakukan dengan menggunakan variabel *temperatur* 180 °C selanjutnya dapat dilihat Tabel 3 dan Gambar 9 sebagai berikut.

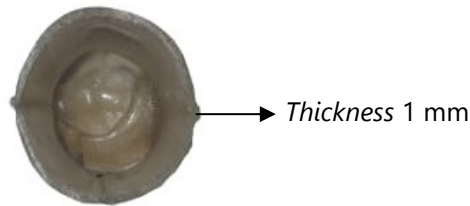
**Tabel 3.** Pengujian dengan Variasi Temperatur 180 °C

Kode Spesimen	Tekanan (bar)	Ketebalan Botol (mm)			Rata-Rata Ketebalan (mm)
		1	2	3	
SPT3-1	4	0,98	0,99	1,03	1
SPT3-2	4,5	0,97	0,95	0,98	0,966
SPT3-2	5	0,88	0,91	0,91	0,90

Tabel 3 di atas merupakan hasil pengujian pada temperatur 180 °C. Berdasarkan Tabel 3 di atas ditunjukkan bahwa ketebalan rata-rata botol paling rendah diperoleh pada tekanan 5 bar. Nilai ketebalan rata-rata yang didapat adalah sebesar 0,90 mm. Sementara itu nilai ketebalan rata-rata paling tinggi diperoleh pada tekanan 4 bar dengan nilai sebesar 1 mm. Untuk lebih jelas, hasil ketebalan botol dapat juga dilihat melalui Gambar 8 berikut ini.



**Gambar 8.** Grafik Pengujian dengan Variasi Temperatur 180 °C



**Gambar 9.** Sampel Botol dengan Temperatur 180 °C

Terlihat pada Gambar 9 terjadi *defect shrinkage* pada botol tersebut, *defect* tersebut terjadi ini karena kurangnya plastik cair yang disuntikkan di celah karena *injector* saat plastik meleleh itu disuntikkan ke dalam *barel* di mana beberapa plastik cair keluar dari rongga *injector* dan silinder *barel*.

### 3.2 Pengujian Pengaruh Variabel Tekanan terhadap Ketebalan

*Injection blow molding* dengan tekanan yang digunakan untuk *parison* pada hasil cetakan. Jika *blowing* yang digunakan tidak sempurna maka akan menghasilkan bentuk yang tidak sesuai dengan spesifikasi. Jika tekanan *blowing* kebesaran maka akan menyebabkan *parting line* selanjutnya akan terjadi pecah pada material.

#### 3.2.1 Hasil Data Pengujian dengan Variabel Tekanan 4 Bar

Dari hasil penelitian yang dilakukan dengan menggunakan variabel tekanan 4 bar maka selanjutnya dapat dilihat Tabel 4 sebagai berikut.

**Tabel 4.** Pengujian dengan Variasi Tekanan 4 Bar

Kode Spesimen	Suhu (°C)	Ketebalan Botol (mm)			Rata-Rata Ketebalan (mm)
		1	2	3	
SPS1-1	160	1	1	1,1	1,033
SPS1-2	170	0,99	0,98	0,98	0,983
SPS1-3	180	0,96	0,97	0,98	0,97

Tabel 4 di atas merupakan hasil pengujian tekanan 4 bar. Berdasarkan Tabel 4 di atas ditunjukkan bahwa ketebalan botol paling rendah diperoleh temperatur 180 °C bar dengan rata-rata nilai ketebalan sebesar 0,97 mm. Sementara itu nilai ketebalan lapisan paling tinggi diperoleh pada temperatur 160 °C dengan rata-rata nilai ketebalan sebesar 1,033 mm.

#### 3.2.2 Data Pengujian dengan Variabel Tekanan 4,5 Bar

Dari hasil penelitian yang dilakukan dengan menggunakan variabel tekanan 4,5 bar selanjutnya dapat dilihat Tabel 5 sebagai berikut.

**Tabel 5.** Pengujian dengan Variasi Tekanan 4,5 Bar

Kode Spesimen	Suhu (°C)	Ketebalan Botol (mm)			Rata-Rata Ketebalan (mm)
		1	2	3	
SPS2-1	160	0,96	0,99	1,01	0,986
SPS2-2	170	0,97	0,98	1	0,983
SPS2-3	180	0,95	0,97	0,97	0,963

Tabel 5 di atas merupakan hasil pengujian tekanan 4,5 bar. Berdasarkan Tabel 5 di atas ditunjukkan bahwa ketebalan botol paling rendah diperoleh temperatur 180 °C bar dengan rata-rata nilai ketebalan sebesar 0,963 mm. Sementara itu nilai ketebalan lapisan paling tinggi diperoleh pada temperatur 160 °C dengan rata-rata nilai ketebalan sebesar 0,986 mm.



### 3.2.3 Data Pengujian dengan Variabel Tekanan 5 Bar

Dari hasil penelitian yang dilakukan dengan menggunakan variabel tekanan 5 bar maka bisa dilihat pada Tabel 6 di bawah ini.

**Tabel 6.** Pengujian dengan Variasi Tekanan 5 Bar

Kode Spesimen	Suhu (°C)	Ketebalan Botol (mm)			Rata-Rata Ketebalan (mm)
		1	2	3	
SPS3-1	160	0,98	0,99	1	1,02
SPS3-2	170	0,96	0,98	0,97	0,97
SPS3-3	180	0,87	0,89	0,92	0,893

Tabel 6 di atas merupakan hasil pengujian tekanan 5 bar. Berdasarkan Tabel 5 di atas ditunjukkan bahwa ketebalan botol paling rendah diperoleh temperatur 180 °C bar dengan rata-rata nilai ketebalan sebesar 0,893 mm. Sementara itu nilai ketebalan lapisan paling tinggi diperoleh pada temperatur 160° C dengan rata-rata nilai ketebalan sebesar 1,02 mm.

### 3.3 Shrinkage Pada Variabel Temperatur 160 °C, 170 °C, dan 180 °C

Hasil perhitungan *shrinkage* [13] pada produk botol 30 ml pada temperatur 180 °C dengan tekanan 4 bar dengan ketebalan botol 1 mm.

Diketahui:

Diameter  *mold*   $d_0 = 22$  mm

Diameter Botol  $d_y = 21,85$

Perbedaan diameter =

$$\begin{aligned} \Delta d_y &= d_0 - d_y \\ &= 22 \text{ mm} - 21,85 \\ &= 0,15 \text{ mm} \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned} \text{Shrinkage } S &= \frac{\Delta d_y}{d_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,15}{22} \times 100\% \\ &= 0,681 \% \end{aligned} \tag{2}$$

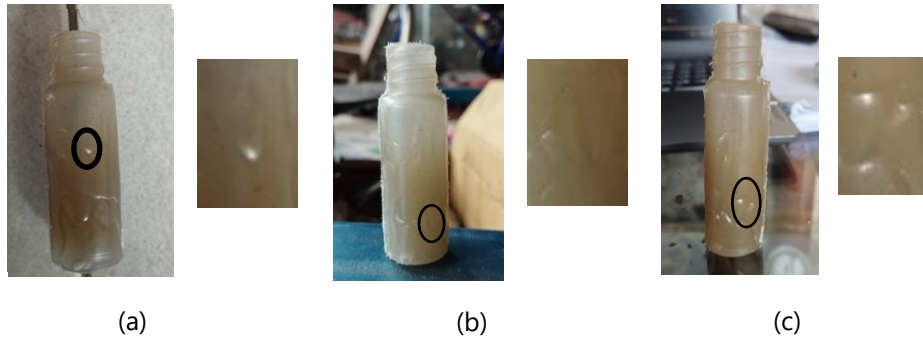
Berdasarkan perhitungan di atas maka besar *shrinkage* yang terjadi yakni sebesar 0,681 %. Selanjutnya berdasarkan uji coba dengan variabel temperatur pada proses *blow molding* terjadi kecacatan (*shrinkage*) produk yang dapat terlihat pada Tabel 7 sebagai berikut.

**Tabel 7.** *Shrinkage* pada Variabel Temperatur 160 °C, 170 °C, dan 180 °C

Kode Spesimen	Variasi		<i>Shrinkage</i> (mm)			Rata-Rata <i>Shrinkage</i> (mm)
	Suhu (°C)	Tekanan (bar)	1	2	3	
SPA1-1	160	4	0,592	0,610	0,602	0,601
SPA1-2		4,5	0,599	0,601	0,612	0,607
SPA1-3		5	0,606	0,606	0,610	0,610
SPA2-1	170	4	0,625	0,620	0,620	0,621
SPA2-2		4,5	0,620	0,622	0,622	0,621
SPA2-3		5	0,620	0,623	0,626	0,623
SPA3-1	180	4	0,652	0,661	0,639	0,650
SPA3-2		4,5	0,645	0,634	0,641	0,644
SPA3-3		5	0,646	0,661	0,632	0,646

Dapat dilihat pada Tabel 7 *defect shrinkage* dengan nilai terkecil terjadi pada temperatur 160 °C dengan variasi tekanan sebesar 4 bar menghasilkan *shrinkage* sebesar 0,601 mm. Dan nilai terbesar

terjadi pada temperatur 180 °C dengan variasi tekanan sebesar 4 bar menghasilkan *shrinkage* sebesar 0,650 mm.



**Gambar 10.** *Shrinkage* Pada Temperatur (a) 160 °C, (b) 170 °C dan (c) 180 °C

Terlihat pada Gambar 10 perbedaan antara hasil produk menggunakan temperatur 160 °C, 170 °C, dan 180 °C, dimana semakin besar suhu yang dihasilkan semakin besar juga *shrinkage* yang dihasilkan.

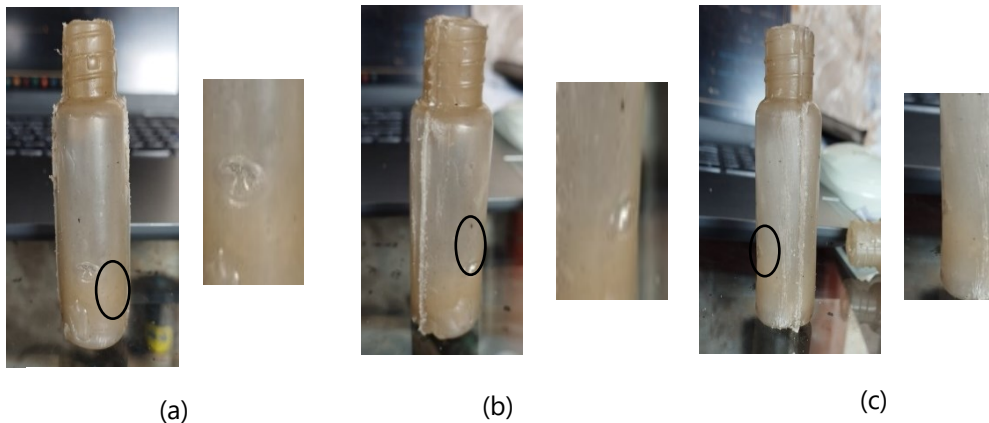
### 3.4 *Shrinkage* pada Variabel Tekanan 4 Bar, 4,5 Bar, dan 5 Bar

Pada proses *blow molding* terjadi kecacatan di produk yang terlihat pada Tabel 8 dengan berbagai variabel tekanan sebagai berikut.

**Tabel 8.** *Shrinkage* pada Variabel Tekanan 4 Bar, 4,5 Bar, dan 5 Bar

Kode Spesimen	Variasi		<i>Shrinkage</i> (mm)			Rata-Rata <i>Shrinkage</i> (mm)
	Tekanan (bar)	Suhu (°C)	1	2	3	
SPS1-1	4	160	0,594	0,608	0,602	0,601
SPS1-2		170	0,579	0,605	0,611	0,598
SPS1-3		180	0,606	0,616	0,610	0,611
SPS2-1	4,5	160	0,615	0,620	0,616	0,613
SPS2-2		170	0,620	0,652	0,672	0,619
SPS2-3		180	0,660	0,661	0,672	0,615
SPS3-1	5	160	0,600	0,586	0,636	0,621
SPS3-2		170	0,605	0,616	0,591	0,604
SPS3-3		180	0,618	0,621	0,632	0,623

Dapat dilihat pada Tabel 8 *defect shrinkage* dengan nilai terbesar terjadi pada tekanan sebesar 5 bar dengan variasi temperatur 180 °C menghasilkan *shrinkage* sebesar 0,623 mm. Dan nilai terkecil terjadi pada tekanan sebesar 4 bar dengan variasi temperatur 170 °C menghasilkan *shrinkage* sebesar 0,598 mm.



**Gambar 11.** *Shrinkage* pada Tekanan (a) 4 bar, (b) 4,5 bar dan (c) 5 bar

Terlihat pada Gambar 11 perbedaan antara hasil produk menggunakan tekanan 4 bar, 4,5 bar, dan 5 bar, dimana semakin besar suhu yang dihasilkan semakin besar juga *shrinkage* yang dihasilkan.

### 3.5 Pembahasan

Dari hasil penelitian maka pengaruh temperatur dan tekanan ini berbanding lurus dan sangat berpengaruh pada hasil ketebalan produk, hal ini disebabkan semakin tinggi titik leleh material maka semakin tipis ketebalan produk yang di hasilkan. Jika semakin rendah titik leleh material, maka semakin tebal produk yang di hasilkan. Jika *blowing pressure* terlalu rendah maka produk tidak akan terbentuk dengan sempurna dan dimensi tidak sesuai dengan standar. Bila *blowing pressure* terlalu tinggi menyebabkan produk tidak sempurna dan akhirnya menjadi pecah karena kelebihan udara [14]. Penggunaan material juga sangat berpengaruh terhadap hasil cetakan karena setiap material memiliki titik *point melting* yang berbeda, dan juga hasil produk berwarna bening kekuningan untuk material PP oleh karena itu untuk penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan variasi material agar produk yang dihasilkan lebih maksimal. *Defect shrinkage* dengan nilai terbesar terjadi pada tekanan sebesar 5 bar dengan variasi temperatur 180 °C menghasilkan *shrinkage* sebesar 0,623 mm. Dan nilai terkecil terjadi pada tekanan sebesar 4 bar dengan variasi temperatur 170 °C menghasilkan *shrinkage* sebesar 0,598 mm.

Dengan adanya perbandingan ini ada kecenderungan berbanding lurus dengan penelitian sebelumnya dimana semakin besar temperatur maka nilai *shrinkage* juga semakin besar [14]. Selain adanya pengaruh temperatur dan tekanan pada penelitian ini *shrinkage* juga di pengaruhi oleh material, untuk jenis biji plastik yang digunakan sebaiknya mempunyai sifat yang lebih lentur [15], sehingga menghasilkan *shrinkage* yg lebih minim dan kualitas produk yang baik [16]. Dan juga pada pengujian ini masih ada kekurangan yaitu jarak *pitch screw* kurang lebar membuat kapasitas biji plastik yang masuk pun sedikit, membuat *preform* menunggu dan membuat *preform* lebih cepat mengeras sebelum masuk ke cetakan akibatnya material tidak terisi secara maksimal sehingga produk yang dihasilkan seperti kekurangan atau kelebihan material.

### 4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian temperatur didapatkan rata-rata hasil ketebalan produk botol terendah terjadi pada temperatur 180 °C dengan tekanan 5 bar sebesar 0,90 mm. Kemudian untuk hasil terbesar terjadi pada temperatur 160°C dengan tekanan 4 bar sebesar 1,03 mm. Hasil terbaik produk botol didapatkan pada temperatur 180 °C dengan tekanan 4 bar didapatkan rata-rata ketebalan produk botol sebesar 1 mm. Sedangkan dari pengujian tekanan didapatkan rata-rata hasil ketebalan produk botol terbesar terjadi pada tekanan 4 bar dengan temperatur 160 °C sebesar 1,033 mm. Kemudian untuk hasil rata-rata

hasil ketebalan produk botol terkecil terjadi pada tekanan 5 bar dengan temperatur 180 °C bar sebesar 0,893 mm. Hasil terbaik produk botol didapatkan pada temperatur 160 °C dengan tekanan 5 bar sebesar 1,02 mm. Terakhir, berdasarkan hasil ujicoba yang telah dilakukan, hasil terbaik pada proses *blow molding* botol 30 ml dihasilkan pada tekanan 4 bar dengan temperatur 180 °C pada ketebalan 1 mm dan hasil *shrinkage* terbaik pada proses *blow molding* botol 30 ml dihasilkan pada tekanan 4 bar dengan variasi temperatur 170 °C sebesar 0,598 mm.

## 5. Daftar Pustaka

- [1] N. C. Lee, "Practical Guide to Blow Moulding," *iSmithers Rapra Publishing* 3. 1: pp. 43-45. 2006.
- [2] C. A. Harper, "Handbook of Plastic Processes," *Maryland: Wiley*. p. 305, 2006
- [3] Y. Hermawan, and I. M. Astika, "Optimasi Waktu Siklus Pembuatan Kemasan Produk Chamomile 120 ml pada Proses Blow Molding," *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM*, vol. 3, no. 1, pp. 18 – 25, 2009.
- [4] H. X. Huang, and C. M. Liao, "Prediction of Parison Swell in Plastics Extrusion Blow Molding Using A Neural Network Method," *Polymer testing*, vol. 21, no. 7, pp. 745-749, 2002.
- [5] G. Q. Huang, and H. X. Huang, "Optimizing Parison Thickness for Extrusion Blow Molding by Hybrid Method," *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 182, no. 1, pp. 512-518, 2007.
- [6] K. Alzoubi, "Parametric Study for A Reciprocating Screw Blow Injection Molding Process using Design of Experiments Tools," *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, vol. 10, no. 4, pp. 279-284, 2016.
- [7] F. Pranata, "Analisis Pengaruh Variasi Suhu Plastik terhadap Cacat Produk pada Mesin Extruder Berbahan Polypropylen (PP)," *Tugas Akhir*, UMSU, Medan, 2022.
- [8] N. C. Lee, "Blow Molding Design Guide," *Hanser*. 3.1: 43-45. 1998.
- [9] A. P. Irawan, "Diktat Elemen Mesin", *Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tarumanegara*. 2009.
- [10] I. Mujiarto, "Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif," *Jurnal Traksi*, vol. 3, no. 2, p. 65, 2005.
- [11] P. A. Krismasurya, N. W. Setyanto, and C. F. M. Tantrika, "Pendekatan Six Sigma untuk Mengurangi Defect pada Proses Pembuatan Botol Plastik di Mesin Blow Molding ASB 2000 ml," *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, vol. 3, no. 1, pp. 189-199, 2015.
- [12] S. Kumar, A. Panda, and R. K. Singh, "A Review on Tertiary Recycling of High-Density Polyethylene to Fuel," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 55, no. 11, pp. 893-910, 2011.
- [13] A. Thevenon, and R. Fulchiron, "A Thermomechanical Modeling Approach for The Structural Changes in Semi-Crystalline Polymers under Elongational Strain," *Journal of Materials Science*, vol. 49, pp. 433-440, 2014.
- [14] N. Setyawan, "Penentuan Setting Parameter pada Proses Blow Molding Mesin AUTOMA PLUS AT2DS," *Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*, 2008.
- [15] G. H. Menary, C. W. Tan, C. G. Armstrong, Y. Salomeia, and E. M. A. Harkin-Jones, "Validating Injection Stretch-Blow Molding Simulation Through Free Blow Trials," *Polymer Engineering and Science*, vol. 50, no. 5, pp. 1047-1057, 2010.
- [16] E. Koscher, and R. Fulchiron, "Influence of Shear on Polypropylene Crystallization: Morphology Development and Kinetics," *Polymer*, vol. 43, no. 25, pp. 6931-6942, 2002.