

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Reta Noorita (2015) tentang Optimasi *Bore Diameter, Netto* Dan Ketebalan Dinding Botol Pada Proses *Blow Molding* Dengan Metode *Principal Component Analysis* dan *Desirability Function*, dimana yang menghasilkan respon optimum diperoleh hasil yaitu *blowing* temperatur sebesar 179,1° C, *blowing time* 5,062 detik dan *blowing pressure* sebesar 4,844 bar. Serta hasil nilai prediksi, *netto* sebesar 15,346 gram, ketebalan dinding s1 sebesar 0,8852 mm, ketebalan dinding s2 sebesar 0,8549 mm, ketebalan dinding s3 sebesar 0,3375 mm, ketebalan dinding s4 sebesar 0,5257 mm, dan ketebalan dinding s6 sebesar 0,7962 mm.

Berdasarkan hasil yang pernah dilakukan Feri Pranata pada skripsinya yang berjudul Analisis Pengaruh Variasi Suhu Plastik Terhadap Cacat Produk Pada Mesin *Extruder* Berbahan *Polypropyene* (PP) dalam penelitian ini bahan yang digunakan *polypropylene*, *Polypropylene* adalah sebuah polimer termoplastik yang dibuat oleh industri kimia dan digunakan dalam berbagai aplikasi, dengan titik leleh temperatur leleh untuk material plastik PP berkisar 155-165°C. pada setiap suhu yang diberikan banyak kecacatan yang terjadi bermacam-macam seperti cacat *short shot*, *sink mart* dan *flashing* terjadi pada setiap suhu yang berbeda kecuali pada pengujian keempat dengan suhu 210° C tidak ada kecacatan hanya saja *specimen* menjadi hitam, di karenakan

temperature terlalu tinggi. Pengaturan variasi suhu pada mesin *extruder* mempengaruhi kualitas produk plastik, baik dari dimensi maupun tampilan produk. (Feri Pranata, 2022)

Dalam penelitian Wicaksono yang berjudul ‘Rancang Bangun Alat *Extruder* Dengan Pemanfaatan Limbah Plastik *Polypropylene* Dan *Polyethylene Terephthalate* Untuk Menghasilkan Filamen 3D *Printing*’ Plastik yang digunakan dalam penelitian ini yaitu material plastik yang digunakan yaitu berbentuk cacahan sampah plastik PP (*polypropylene*) dan PET (*polyethylene terephthalate*). Variasi temperatur untuk plastik (PP) pada rentangan 155°C, 165°C, 175°C dan 185°C sedangkan Variasi temperatur untuk plastik (PET) pada rentangan 210°C, 220°C, 230°C dan 240°C. Hasil perancangan alat *ekstruder* yang telah dibuat sudah menghasilkan *filamen*, kecepatan putar *screw* pada alat *ekstruder* sebesar 17,5 Rpm dengan torsi sebesar 203,455 N.m dari hasil perhitungan didapatkan daya kebutuhan daya *heater* sebesar 175 *watt* sehingga *heater* yang digunakan pada penelitian ini berkapasitas 250 *watt*. Kapasitas produksi yang mampu dihasilkan pada alat *extruder* yaitu 0,0679 kg/jam. Temperatur terbaik dari percobaan menggunakan plastik PP terjadi pada temperatur 175°C dikarenakan hasil diameter *filamen* lebih stabil dan memiliki warna bening keabuan, sedangkan percobaan dengan menggunakan plastik PET kestabilan diameter cukup baik terjadi pada temperatur 210°C, sedangkan pada temperatur 230°C merupakan titik *melting point* terbaik. (Wicaksono, 2022)

2.2 Temperatur Atau Suhu

Temperatur atau suhu adalah ukuran derajat panas atau dingin suatu benda. Alat yang digunakan untuk mengukur besaran suhu yaitu *thermometer*.

Suhu menunjukkan derajat panas benda. Mudah-mudahan, semakin tinggi suhu suatu benda, maka semakin panas benda tersebut. Secara *miskroskopis*, suhu menunjukkan energi yang dimiliki suatu benda masing-masing bergerak, baik itu dalam bentuk perpindahan maupun gerakan di tempat berupa getaran. Semakin banyak dan besarnya energi atom-atom penyusun benda, makin tinggi *suhu* benda tersebut (Kreith, 1991). Panas atau kalor adalah energi yang berpindah melalui perbedaan suhu. Satuan SI untuk kalor adalah joule. Kalor berpindah dari daerah bersuhu tinggi ke daerah bersuhu rendah. Setiap objek memiliki energi internal yang terkait dengan gerakan acak atom atau molekulnya. Energi dalam ini sebanding dengan suhu benda. Ketika dua benda dengan suhu yang berbeda bertemu, mereka bertukar energi internal sampai suhu kedua benda sama. Energi yang ditransfer adalah energi yang dipertukarkan. (Purwadi, 2001). Konduksi adalah proses dimana panas mengalir dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam satu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung (Ambarita, 2012). Radiasi adalah proses dimana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah bila benda-benda itu terpisah di dalam ruang, bahkan bila terdapat ruang hampa di antara benda-benda tersebut. Konveksi adalah proses transport energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan dan gerakan mencampur. Adapun satuan suhu antara lain :

1. *Celcius* (C), Memiliki titik bawah 0 derajat *celcius*, dan titik tertinggi di 100 derajat *celcius*.
2. *Reamur*, Memiliki titik bawah 0 derajat *reamur*, dan titik tertinggi di 80 derajat *reamur*.

3. *Kelvin*, Memiliki titik bawah 273 derajat *kelvin*, dan titik tertinggi di 373 derajat *kelvin*.
4. *Fahrenheit*, Memiliki titik bawah 32 derajat *fahrenheit*, dan titik tertinggi di 212 derajat *fahrenheit*.

2.3 Tekanan

Tekanan adalah satuan fisik yang mewakili gaya per satuan luas (*Pa*). Gaya yang dimaksud disini adalah gaya yang tegak lurus terhadap permukaan benda. Satuan tekanan umumnya digunakan untuk mengukur kekuatan cairan atau gas. Satuan tekanan mungkin atau mungkin tidak berhubungan dengan satuan volume dan suhu. Semakin tinggi tekanan di tempat dengan isi yang sama, semakin tinggi suhunya.

Semakin kecil permukaannya, semakin tinggi tekanan untuk gaya yang sama. Tekanan udara dapat diukur atau diukur dengan barometer. (Kutz, 2011)

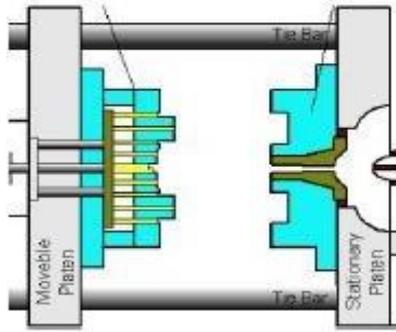
Rumus :
$$p = \frac{F}{A}$$
(2.1)

Keterangan : p : Tekanan (N/m²) A : Luas bidang (A)

F : Gaya (N)

2.4 Mold

Mold adalah cetakan rongga, dibentuk sesuai dengan bentuk profil rongga cetakan, yang berfungsi sebagai tempat peleburan bahan (plastik atau logam). Cetakan terdiri dari dua pelat, pelat bergerak dan pelat tetap. Bagian cetakan yang dapat bergerak dipasang pada pelat bergerak, dan bagian cetakan yang tetap dipasang pada pelat tetap. (Sunaryo, 2015)



Gambar 2.1 Posisi *mold* pada mesin injeksi

Sumber : Sunaryo, 2015

Tabel 2.1 Fungsi Bagian *Plate Mold*

(tentangmold.blogspot.com, 2020)

No.	Bagian <i>Mold</i>	Fungsi
1	<i>Top clamping plate</i>	Mengikatkan (menempel) <i>mold</i> dengan <i>machine stationary plate</i>
2	<i>Cavity plate</i>	Membuat produk pada sisi <i>cavity</i> atau tempat menaruh <i>cavity insert</i> .
3	<i>Core plate</i>	Membuat produk dari sisi <i>core</i> atau menaruh <i>coreinsert</i> .
4	<i>Insert cavity & Insert core</i>	Bagian mencetak produk
5	<i>Support plate</i>	Menahan <i>pressure</i> yang terjadi saat proses injeksi atau menahan <i>insert core</i> dan <i>core plate</i> .
6	<i>Spacer block</i>	Memberikan jarak pada saat <i>ejector</i> bergerak maju dan mundur, atau <i>stroke</i> untuk mengeluarkan produk dari <i>molding</i> .
7	<i>Bottom Plate</i>	Mengikat (menempelkan) <i>mold</i> dengan <i>machinemoveable plate</i> .
8	<i>Ejector plate</i>	Menggerakkan <i>ejector</i> pin dalam mengeluarkan produk.

9	<i>Ejector back plate</i>	Menahan / mengikat <i>ejector</i> agar tidak lepas, dan plat ini yang akan didorong oleh <i>ejector rod</i> pada <i>machine injection</i> dengan perantara <i>ejector plate</i> .
10	<i>Locating Ring</i>	Meluruskan antara <i>mold</i> dengan <i>nozzle</i> dari mesin <i>injection</i> .
11	<i>Sprue Bush</i>	Menyalurkan cairan plastik dari ujung mesin injeksi kedalam inti cetakan (<i>cavity</i>) yang berada didalam <i>molding</i> , sebagai penghubung pelengkap untuk menyalurkan material pendingin kedalam cetakan plastik. Saluran yang dirancang miring/taper dengan kualitas permukaan yang halus, dimaksudkan agar cairan plastik dapat dengan mudah masuk cetakan dan setelah dingin dapat dengan mudah dilepas.
12	<i>Guide Pin & Guide Bush</i>	Pemandu <i>core plate</i> dan <i>cavity plate</i> agar posisi tidak berubah.
13	<i>Return Pin</i>	Mengembalikan posisi <i>Ejector plate</i> ke posisi semula. Pada <i>mold standard return pins</i> di pasang empat buah,
14	<i>Stop Pin</i>	Menjaga <i>Ejector plate</i> tetap dalam posisi datar, selain itu untuk menjaga <i>bottom clamp plate</i> dari kerusakan(kalau <i>Ejector plate</i> mundur berlebihan maka akan mengenai <i>bottom clamp plate</i>).
15	<i>Core Stop Block</i>	Menentukan posisi batas mundur <i>slide core</i> pada waktu pembukaan <i>mold</i> .

16	<i>Angular pin</i>	Membatasi gerakan <i>slide core</i>
17	<i>Slide Core</i>	Membentuk bagian <i>undercut</i> dan berhubungan langsung dengan pergerakan opening serta <i>closing mold</i> .
18	<i>Ejector Pin</i>	Mengeluarkan produk dari cetakan
19	<i>Locking block</i>	Menahan <i>slide core</i> ketika sedang berlangsung tekanan injeksi
20	<i>Plunger Spring</i>	Menahan <i>slide core</i> mundur
21	<i>Locking Screw</i>	Pengikat plunger <i>screw</i> pada <i>plate</i>
22	<i>Slide Rail</i>	Menahan posisi <i>slide core</i> agar stabil ketika mundur
23	<i>Spring</i>	Mengembalikan posisi return pin, <i>ejector plate</i> , dan <i>ejector retainer plate</i> dengan mudah.
24	<i>Eye Bolt</i>	pengikat <i>mold</i> , agar dapat dipasang pada mesin injeksi dengan mudah
25	<i>Connector Plug</i>	Saluran pendinginan
26	<i>Knock Out</i>	Menggerakkan ejektor pin untuk mengeluarkan produk

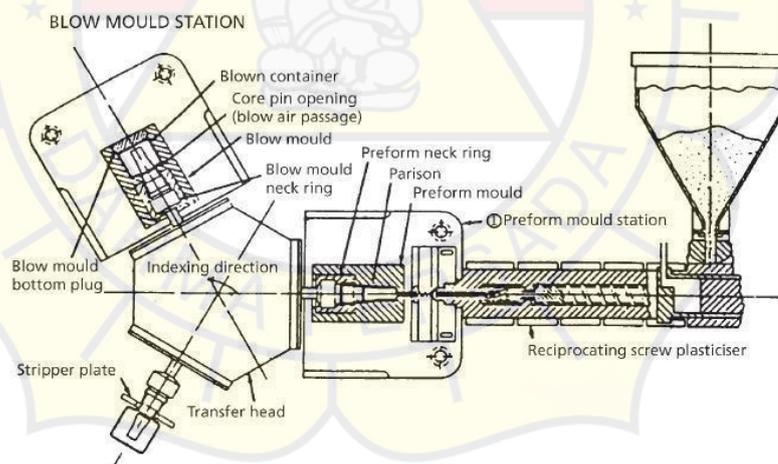
2.5 Blow Molding

Blow molding adalah proses pembuatan benda berongga dengan ujung tertutup dengan cara meniup cetakan prefabrikasi atau *thermoplastik Parisson* panas ke dalam cetakan tertutup sehingga bentuk balon yang digelembungkan sesuai dengan bentuk cetakan. Proses *blowing* dimulai dari bahan baku plastik ke dalam *hopper*. Selanjutnya, bahan dari *hopper* turun ke *screw ekstrusi*, yang dilebur dalam *barel*. Di dalam *barel* terdapat *screw* yang berputar terus menerus sehingga material di *barel*, lalu ke *nosel*. Bahan keluar dari *nosel* sebagai bentuk awal dan kemudian ditahan oleh cetakan pukulan. *Preform*

yang diapit di antara dua bagian cetakan ditiup di bawah tekanan sampai mengembang dan menempel kuat ke dinding cetakan. Peniupan dilanjutkan selama beberapa waktu sampai operasi pendinginan didinginkan. Setelah plastik cukup mengeras, peniupan dihentikan dan produk dikeluarkan dari cetakan (Setyawan, 2008). Secara umum, ada tiga jenis yakni:

2.5.1 Injection Blow Molding

Injection blow molding selalu dibuat dalam dua tahapan proses. Proses yang pertama yaitu dengan menginjeksi material *thermoplastic* yang sudah di lelehkan ke dalam ke dalam *cavity* dan membentuk *parisson* setengah jadi yang di sebut *preform*. Proses selanjutnya cetakan lain menutup dan mengapit *perform* dan udara di tiupkan sehingga *perform* membentuk dimensi terakhir yang diinginkan seperti pada gambar 2.3. (Norman C. Lee, 1998).



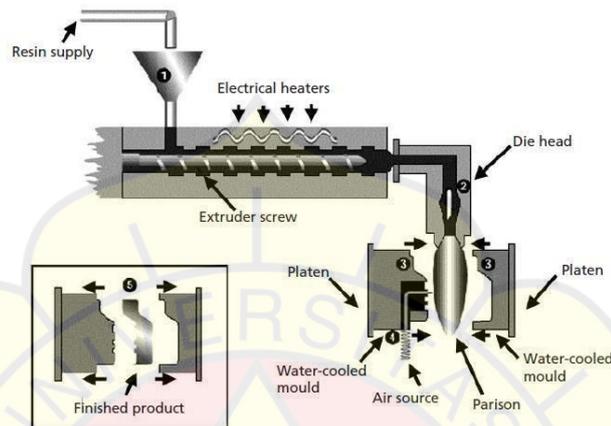
Gambar 2.2 Injection Blow Molding

Sumber : Norman C Lee, 1998

Kelebihan pada proses *injection blow molding* tidak adanya sisa material *thermoplastic* dan menghasilkan leher botol dan ulir memiliki kualitas yang bagus. Namun proses ini juga memiliki kekurangan yaitu tidak

bias mengendalikan kerugian pada bagian leher dan ulir serta membutuhkan biaya yang lebih mahal jika dibandingkan dengan metode *blow molding* lainnya (Norman C. Lee, 1998).

2.5.2 *Extrusion Blow Molding*



Gambar 2.3 Proses *extrusion Blow Molding*

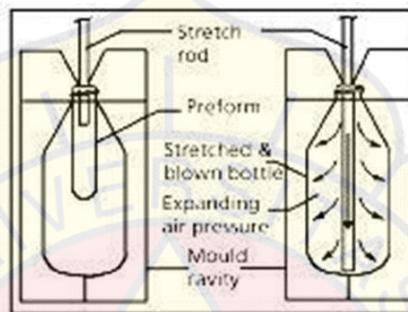
Sumber : Norman C Lee, 1998

Berbeda dengan *injection blow molding*, pada proses *extrusion blow molding* material *thermoplastic* yang sudah dilelehkan akan dikeluarkan dalam bentuk seperti selongsong pipa panas yang di sebuat dengan *parisson*. *Parisson* tersebut kemudian ditangkap oleh cetakan dan dilakukan peniupan udara bertekanan sehingga *parisson* membentuk sesuai dengan cetakan. Proses *extrusion blow molding* dapat dilihat pada gambar 2.3.

Kelebihan dari proses *extrusion blow molding* adalah membentuk rongga yang natural, sesuai untuk kemasan dengan volume yang besar. Namun proses ini memiliki kekurangan diantaranya sulit mengatur ketebalan dinding produk, dan sulit mengontrol permukaan serta memiliki toleransi dimensi yang besar (Norman C. Lee, 1998).

2.5.3 *Stretch Blow Moulding*

Stretch blow moulding merupakan pengetahuan proses baru pada industri *blow moulding* dengan penggunaannya pada kemasan *softdrink*. *Stretch blow moulding* mengaplikasikan metode pembuatan kemasan plastik dari sebuah *presorm* yang direntangkan dan ditiup sehingga membentuk sesuai bentuk terakhir yang diinginkan (Norman C. Lee, 1998).



Gambar 2.4 *Stretch Blow Moulding*

Sumber : Norman C Lee, 1998

Langkah-langkah umum dalam proses *blow moulding* adalah sebagai berikut:

1. Pelelehan biji plastik. Pelelehan biji plastik dilakukan oleh *extruder* yang merupakan bagian dari mesin *blow moulding*. Peralatan yang digunakan ekstruder adalah *heater* dan *screw*.
2. Pelelehan plastik dalam silinder atau tabung. bentuk silinder atau tabung tersebut pada umumnya disebut *parisson (barel)*. *Parisson* dibentuk dengan dua metode yang paling mendasar pada proses *blow moulding* adalah *extrusion blow moulding* dan *injection blow moulding*. Pada *extrusion blow moulding* digunakan *extrusion die* untuk membentuk *parisson*. Pembentukan *parison* dapat dilakukan secara kontinyu maupun bertahap.

Dalam berbagai permasalahan, beberapa metode harus menyajikan akhir penutupan parisson sehingga *parisson* tersebut dapat ditiup. Metode akhir penutupan yang umum adalah melakukan pembentukan dalam *parisson* dengan cara penutupan kedua bagian cetakan. *Parisson* pada *injectionblow molding* dibentuk oleh injeksi resin pada *core pin*.

3. Setelah pembentukan *parisson*, *parisson* berada di dalam cetakan dan kemudian *diblow* sehingga plastik mengembang dan menekan dinding *cavity*. *Blowing* dilakukan melalui *pin* yang dimasukkan melalui celah botol.
4. Proses pendinginan di dalam cetakan dan kemudian dikeluarkan.

Proses akhir yakni proses penyempurnaan. Pada proses ini *parisson* yang belum sempurna akan di tutup. Bentuk yang belum sempurna tersebut harus dibuang dengan cara memotong bagian *parisson* yang tidak diinginkan. (Norman C Lee, 1998).

2.6 Plastik

Plastik merupakan suatu polimer yang mempunyai sifat-sifat unik dan luar biasa. Secara garis besar, plastik dapat dikelompokkan menjadi dua golongan, yaitu plastik thermoplastik dan plastik thermoset. Plastik thermoplastik merupakan plastik yang dapat dicetak berulang kali dengan adanya panas. Yang termasuk plastik thermoplastik tara lain : *PE*, *PP*, *PS*, *ABS*, *SAN*, *nylon*, *PET*, *BPT*, *Polyacetal (POM)*, *PC* dan lain-lain. Sedangkan palstik thermoset adalah plastik yang apabila telah mengalami kondisi tertentu tidak dapat dicetak kembali. Yang termasuk plastic thermoset adalah : *PU (Poly Urethene)*, *UF (Urea Formaldehyde)*, *MF (Melamine Formaldehyde)*, *polyester*, *epoksi* dan lain-lain

(Mujiarto, 2005).

Bahan termoplastik mempunyai titik leleh sendiri-sendiri karena setiap bahan plastik mempunyai karakteristik yang berbeda-beda. Dikutip dari Kristyantoro (2009), titik leleh bahan termoplastik dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini:

Tabel 2.2 Titik leleh *Termoplastik* (Kristyantoro,2009)

Material	°C	°F
<i>Polyethylene-low density (LDPE)</i>	149-232	300 - 450
<i>Polyethylene-high density (HDPE)</i>	177-260	350 - 500
<i>Polypropylene (PP)</i>	160-180	374 - 550
<i>Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)</i>	117-260	350 - 500
Nylon	260-327	500 - 620
<i>Polyethylene terephthalate (PET)</i>	227-349	440 - 660
<i>Polycarbonate (PC)</i>	271-300	520 - 572
<i>Polyphenylene oxide (PPO)</i>	204-354	400 - 670

Saat ini banyak industri yang memproduksi botol menggunakan plastik sebagai pengganti logam. Ini karena harga tinggi dan kelangkaan logam. Bahan baku untuk produksi botol dan botol plastik mencakup berbagai jenis bahan. Jenis bahan yang digunakan dalam pembuatan botol plastik tergantung pada karakteristik produk yang diproduksi. Bahan yang digunakan dalam produksi botol plastik adalah polimer. Polimer merupakan bahan yang molekul-molekulnya terdiri dari unit-unit ulangan yang disebut monomer. Proses pembuatan polimer disebut 17 polimerisasi, dimana terjadi terjadi persenyawaan dari monomer atau

satu molekul menjadi makro molekul. Monomer terdiri dari unsur-unsur kimia antara lain *Hidrogen (H)*, *Karbon (C)*, *Nitrogen (N)*, *Oksigen (O)*, dan *Halogen (F, Cl, Br, I)*. Hasil dari proses polimerisasi adalah resin. Adapun jenis resin ada 2 macam, yakni sebagai berikut :

1. *Thermoplastic*, sifatnya memiliki unsur pasical (ikatan atomnya berubah tapi jumlah unsurnya tetap). Pada suhu kamar bersifat padat. *Thermoplastic* mampu untuk dibentuk ulang.
2. *Thermosetting*, sifatnya pada suhu kamar berbentuk padat dan tidak dapat didaur ulang.

Low-Density Polyethylene bersifat tangguh dan fleksibel. LDPE tidak berasa dan tidak berbau serta dapat memberikan perlindungan kelembaban yang luar biasa, tetapi bukan penghalang gas yang baik. Secara ekonomi LDPE adalah bahan resin murah. Jika dibandingkan dengan jenis plastik LDPE, HDPE bersifat kaku, keras, dan tahan kedap. HDPE juga tidak berasa, tidak berbau, dan tahan benturan, tetapi akan beresiko retak untuk beberapa produk seperti deterjen kecuali diformulasikan khusus. HDPE tahan panas dan merupakan pelindung produk yang lebih baik daripada LDPE. HDPE lebih mahal daripada LDPE, tetapi masih dianggap sebagai bahan yang relatif murah. Material yang digunakan pada pembuatan kemasan produk botol 30 ml yaitu plastik *polypropylene*. (Belofsky, 1995).

2.6.1 Plastik *Polypropylene*

Plastik *Polypropylene* merupakan polimer kristalin yang dihasilkan dari proses *polimerisasi gas propilena*. *Propilena* mempunyai *specific gravity* rendah dibandingkan dengan jenis plastik lainnya. *Polypropylene* mempunyai titik leleh

(168° C - 180° C), sedangkan titik kristalisasi -200° C. Memiliki rumus kimia $(C_3H_6)_n$. Memiliki nilai densitas 0.855g/cm³ (amorphous) dan 0.946g/cm³ (crystalline). (iman Mujiarto,2005)

Karakteristik *Polypropylene* (PP) dapat dilihat dari sifat fisik dan kimia.

Sifat-sifat dari *polypropylen*, yaitu :

- a. Ringan (densitas 0.9 g/cm³)
- b. Mudah dibentuk
- c. Tembus pandang dan jernih dalam bentuk lembaran, tapi tidak transparan dalam bentuk kemasan yang kaku.
- d. Lebih kuat dari PE. Pada suhu rendah akan rapuh, dalam bentuk murninya mudah pecah pada suhu -30° C sehingga perlu ditambahkan PE atau bahan lain untuk memperbaiki ketahanan terhadap benturan. Tidak dapat digunakan untuk kemasan beku.
- e. Melalui penggabungan partikel karet, PP bisa dibuat menjadi kuat serta fleksibel, bahkan di suhu yang rendah. Hal ini membolehkan polipropilena digunakan sebagai pengganti berbagai plastik, seperti ABS.
- f. Daya tembus (permeabilitasnya) terhadap uap air rendah, permeabilitas terhadap gas sedang, dan tidak baik untuk tempat pangan yang mudah rusak oleh oksigen.
- g. *Polypropylene* juga tahan minyak, asam, dan basa, sehingga baik untuk kemasan minyak dan sari buah. Pada suhu ruang tidak terpengaruh oleh pelarut kecuali oleh HCl.

- h. Pada suhu tinggi PP akan bereaksi dengan *benzen*, *siklen*, *toluen* dan asam nitrat.



Gambar 2.5 Plastik *Polypropylene*

Sumber : Iman Mujiarto, 2021

2.7 Parameter *Blow Moulding*

Hasil kualitas produk 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 signifikan dalam hasil produksi yang diinginkan. Biasanya perlu melakukan beberapa kali percobaan hingga menemukan parameter-parameter apa saja yang cukup berpengaruh terhadap hasil produk akhir. (Kristyantoro, 2009)

Parameter-parameter yang berpengaruh terhadap proses produksi plastik melalui metode *blow moulding* adalah :

- a. Temperatur Leleh (*Melt Temperature*)

Temperatur leleh sangat berpengaruh terhadap kualitas *parisson* yang keluar maupun hasil produk yang diperoleh. Semakin tinggi titik leleh material maka semakin tipis ketebalan produk yang dihasilkan. Jika

semakin rendah titik leleh material, maka semakin tebal produk yang di hasilkan.

b. *RPM Extruder*

RPM Extruder yaitu kecepatan *screw* yang berputar untuk mendorong material leleh menuju *die head*. Pada *blow molding*, kecepatan *extruder* mempengaruhi panjang *parisson* yang di hasilkan. Sehingga kecepatan extruder ini di atur sedemikian rupa agar panjang *parisson* dapat memenuhi tinggi *mold*.

c. *Blowing Pressure*

Blowing time yaitu tekanan yang di butuhkan untuk meniup *parisson* pada cetakan udara berfungsi untuk mengembangkan *parisson* panas sampai menyentuh dinding rongga cetakan agar menghasilkan sebuah produk. Jika *blowing pressure* terlalu rendah maka produk tidak akan terbentuk dengan sempurna dan dimensi tidak sesuai dengan standart perusahaan. Bila *blowing pressure* terlalu tinggi menyebabkan produk tidak sempurna dan akhirnya menjadi pecah karena kelebihan udara.

d. *Blowing Time*

Blowing time yaitu waktu lamanya meniupan untuk mengembangkan *parisson*. Besar kecilnya waktu meniupan yang digunakan dapat mempengaruhi proses pendinginan. Proses ini sangat berpengaruh terhadap pembentukan produk. Proses meniupan harus sesuai dengan kebutuhan karena semakin lama meniupan akan berakibat produk yang

akan dicetak meletus karena kelebihan udara dan dimensi produk menjadi lebih besar begitu pula sebaliknya semakin pendek waktu peniupan dapat berakibat temperatur produk masih tinggi dan penyusutan lebih besar sehingga volume produk tidak sesuai kualitas perusahaan. *Blowing time* berpengaruh terhadap waktu siklus. Semakin lama waktu peniupan semakin lama pula waktu siklus yang dibutuhkan. Begitu pula sebaliknya semakin cepat waktu peniupan maka semakin cepat pula waktu siklus.

e. *Stop Time / Idle Time*

Stop Time yaitu waktu proses berhenti sebentar / jeda pada saat *blow pin* keluar sampai cetakan terbuka. *Stop time* di gunakan untuk mendinginkan produk pada saat setelah pembuangan udara sampai *mold* terbuka.

f. *Parisson Programe*

Program *parisson* yaitu program yang di gunakan untuk mengatur ketebalinding *parisson* yang di keluarkan agar mendapatkan ketebalan produk yang di inginkan. Pengendalian terdiri dari ukuran *parisson* yang tepat untuk meniup produk tertentu, *die forming* dan program *parisson*. Ukuran *parisson* sangat penting untuk menghasilkan ketebalan yang tepat.

2.8 Penyusutan (*Shrinkage*)

Shrinkage merupakan suatu kondisi penyimpangan (*deviation*) pada pembentukan plastik, perencana harus selalu memperhitungkan adanya penyusutan material setelah material atau (benda kerja) terbentuk. Hal ini disebabkan karena adanya sumber panas disertai dengan penekanan. Sehingga akan mengalami perubahan dimensi jika dibandingkan dengan ukuran pada

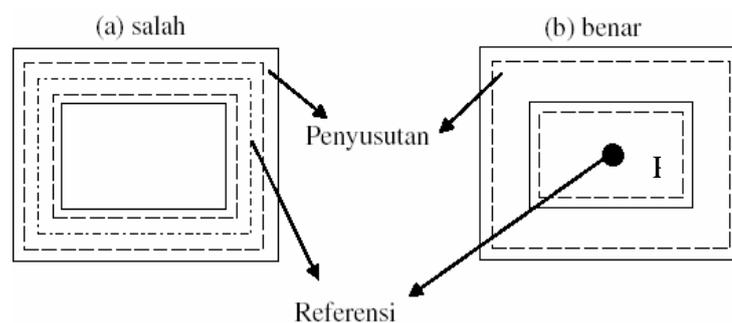
mold, maka ukuran produk yang didapat akan berbeda, yaitu ukuran luar benda kerja akan lebih kecil dibanding *cavity* (Amri, 2009).

Proses *molding* yang di jalankan dengan tujuan mencairkan material plastik kemudian di padatkan untuk menghasilkan produk, penyusutan dan bentuk melengkung akan terjadi pada produk. Penyusutan tergantung pada ketebalan dinding atau ketebalan *parisson*, karena tingkat pendinginan yang berbeda dan terlalu cepat pendinginan. Sehingga *temperature* masih tinggi ketika produk di keluarkan mengakibatkan terjadinya penyusutan.

Waktu siklus sangat penting untuk meminimalisir penyusutan dengan cara mendinginkan bagian dinding yang paling tebal. Sehingga penyusutan yang terjadi dapat mempengaruhi nilai volume produk botol. Pendinginan pada plastik terdiri dari tiga mekanisme :

1. Konduksi panas di dinding *parisson*.
2. Konduksi panas di dinding cetakan.
3. Konveksi perpindahan panas dalam cairan pendingin.

Tingkat pendinginan sebagian besar proses dibatasi lebih oleh laju konduksi dalam plastik di bandingkan laju konduksi dalam cetakan. Waktu siklus biasanya sangat tergantung pada ketebalan dinding sehingga mempengaruhi besarnya volume yang dihasilkan (Kutz. M , 2011).



Gambar 2.6 Arah Penyusutan (Moerbani,1999)

Sumber : Moerbani, 1999

Rumus *Shrinkage* :

Δd_y = Perbedaan diameter

d_0 = Diameter *mold*

d_y = Diameter luar botol

Shrinkage :

$$S = \frac{\Delta d_y}{d_0} \times 100\% \dots\dots\dots(2.2)$$

Sebelum menghitung *shrinkage* diperlukan perhitungan perbedaan diameter botol dan diameter *cavity*.

Perbedaan diameter :

$$\Delta d_y = d_0 - d_y \dots\dots\dots(2.3)$$

Untuk menghitung ukuran *cavity* ataupun *core* dengan cara mengalikan ukuran pada produk (benda kerja) dengan faktor *shrinkage* yang sudah ditetapkan/dihitung.

Faktor *Shrinkage* :

$$F = \left(1 + \frac{\Delta d_y}{d_0} \right) \dots\dots\dots(2.4)$$

Penyusutan terjadi berdasarkan variabel berikut:

- a. Bahan Plastik

Bahan yang berbeda memiliki nilai ekspansi arah yang berbeda, tetapi bahan

dengan struktur kimia dan fisik yang sama memiliki nilai ekspansi arah yang lebih spesifik, yang mempengaruhi penyusutan.

b. Geometri Produk

Ini termasuk jenis ketebalan dinding (dimensi) dan bentuk permukaan, bingkai, dll. Terapkan untuk

c. Desain Cetakan

Perancang harus selalu mempertimbangkan adanya penyusutan material setelah produk kerja/material memadat dan meninggalkan rongga cetakan. Hal ini karena terjadi perubahan fasa dari bahan cair yang dirancang untuk mengalami perubahan volume menjadi bahan padat.

d. Kondisi Cetakan

pengaturan mesin, suhu pendinginan cetakan, kelembaban plastik, waktu injeksi, jumlah cetakan, lingkungan lingkungan, dll.

Tabel 2.3 Nilai penyusutan (Virasantoto, 2008)

Material	<i>Shrinkage (%)</i>
<i>ABS</i>	0.005 – 0.007
<i>Acetal, axially</i>	0.021 – 0.026
<i>Acetal, radially</i>	0.018 – 0.020
<i>Acrylic</i>	0.004 – 0.007
<i>EVA</i>	0.007 – 0.020
<i>Nylon 6</i>	0.006 – 0.014
<i>Nylon 66 Axxially</i>	0.012 – 0.033
<i>Nylon 66 Radially</i>	0.020 – 0.028
<i>Polycarbonate</i>	0.006 – 0.008
<i>PE</i>	0.015 – 0.050

<i>PE, 30% Glass Reinforced</i>	0.004 – 0.0045
<i>PET</i>	0.005 – 0.012
<i>PP</i>	0.012 – 0.022
<i>PP, 30 % Glass Reinforced</i>	0.004 – 0.045
<i>PS</i>	0.002 – 0.006
<i>PS, 30 % Glass Reinforced</i>	0.0005 – 0.0010
<i>PVC</i>	0.003 – 0.008

2.9 *Blowing Temperatur*

Temperatur berfungsi untuk mengatur suhu pada *parison* agar produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi. Pengaturan suhu harus dilakukan agar material yang akan dilelehkan tidak terlalu lembek (cair) atau tidak terlalu padat. Semakin tinggi temperatur *parison* yang keluar maka *parison* akan lembek, lengket, dan *parison* yang keluar kebanyakan lebih panjang. Sementara, semakin rendah temperatur *parison* yang keluar maka *parison* akan sulit mengembang. Menurut, *setting* untuk temperatur *die* adalah 178° C. dengan cara menaikkan dan menurunkan temperatur *die*. Atas dasar tersebut sehingga dipilih tiga level temperatur yang dipakai dalam percobaan serta masih dalam interval temperatur yang diizinkan, yaitu level bawah adalah 160° C, level tengah 180° C, dan level atas adalah 200° C agar menghasilkan botol yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. (Setyawan, 2008).

2.10 *Blowing Pressure*

Blowing pressure adalah tekanan yang diperlukan untuk meniup benda kerja ke dalam cetakan. Jika tekanan terlalu rendah, produk yang dicetak tidak sempurna dan ukuran yang dihasilkan tidak sesuai spesifikasi. Jika tekanan

terlalu besar, itu akan meregangkan garis pemisah produk dan akhirnya putus. Menurut Setyawan, tekanan *blowing plant* diatur sebesar 8 *bar*. Untuk mencapai karakteristik kualitas yang optimal, pemilihan grade dilakukan dengan mengurangi tekanan pukulan. Hasilnya, tiga tekanan yakni 4 *bar*, 6 *bar* sedang dan 8 *bar* dipilih dalam rentang tekanan yang memungkinkan perusahaan untuk memproduksi produk botol yang sesuai dengan spesifikasi kualitas dan kuantitas dengan karakteristik perusahaan. (Setyawan, 2008).

2.11 Cacat Pada *Blow Moulding*

Cacat yang terjadi pada proses *blow moulding* antara lain sebagai berikut (Cahyadi, D. 2014) :

a. *Shrinkage*

Suatu kondisi perubahan (penyusutan) pada proses pembentukan plastik, perencana harus selalu memperhitungkan adanya penyusutan material setelah material atau (benda kerja) terbentuk. Hal ini disebabkan karena adanya perlakuan panas disertai dengan penekanan. Sehingga akan menghasilkan perubahan dimensi jika dibandingkan dengan dimensi pada *mold*, maka dimensi produknya akan berbeda, yaitu ukuran luar benda kerja akan lebih kecil dibanding *cavity*.

b. *Short Shot*

Cacat visual yang tidak sempurna ditandai dengan tidak ratanya plastik. Cacat ini terjadi karena cepatnya waktu *filling injection*.

c. *Black Dot*