

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian terdahulu

Penelitian ini dilakukan tidak terlepas dari penelitian-penelitian sebelumnya yang dibandingkan sebagai bahan pembanding. Adapun hasil-hasil penelitian yang di jadikan perbandingan tidak lepas dari penelitian yang berbungan dengan Blow Moulding adapun penelitian terdahulu antara lain.

Mochamad Mas'ud (2017) Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) yang dihitung menggunakan *software* Minitab 16. Menggunakan *Box Behnken Design* dan 3 *level* faktorial, 15 eksperimen dijalankan. Berdasarkan hasil parameter kondisi optimal yaitu *preblow* sebesar 6,5 bar, temperatur *preform* sebesar 114°C, dan P1 *Point* sebesar 25 mm. Dengan pengaturan ini, respons ketebalan botol akan menjadi 0,1446, dan kemiringan botol adalah 0,1875.

Berdasarkan hasil yang pernah dilakukan Feri Pranata pada skripsinya yang berjudul 'Analisis Pengaruh Variasi Suhu Plastik Terhadap Cacat Produk Pada Mesin *Extruder* Berbahan *Polypropylene* (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

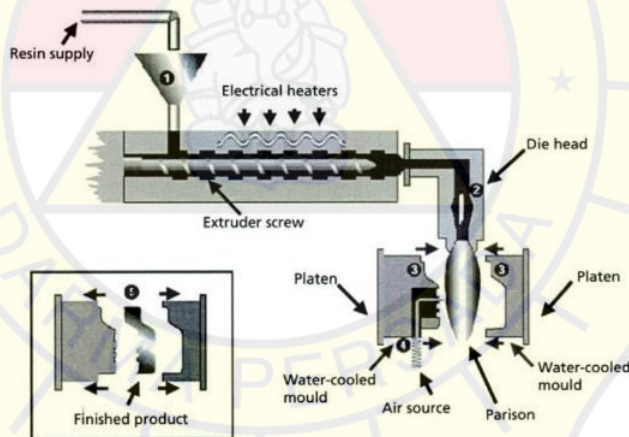
setiap suhu yang berbeda kecuali pada pengujian keempat dengan suhu 210°C tidak ada kecacatan hanya saja *specimen* menjadi hitam, di karenakan *temperature* terlalu tinggi. Pengaturan variasi suhu pada mesin *extruder* mempengaruhi kualitas produk plastik, baik dari dimensi maupun tampilan produk.

Dalam penelitian Wicaksono (2022) yang berjudul ‘Rancang Bangun Alat *Ekstruder* 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 *ekstruder* 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 kesetabilan diameter cukup baik terjadi pada temperatur 210°C, sedangkan pada temperatur 230°C merupakan titik *melting point* terbaik.

2.2 Blow Moulding

Mesin *Blow Moulding* adalah mesin yang memiliki prinsip kerja mencetak *preform* dengan cara ditiup. Botol *preform* yang telah dipanaskan kemudian dimasukkan ke dalam cetakan (*mold cavity*) kemudian diinjeksikan dengan tekanan udara tertentu agar *preform* dapat mengembang dan membentuk profil atau produk yang diinginkan (Norman C. Lee, 2006).

Pada mesin *blow moulding* terdapat alat yang disebut alat tiup injeksi. Alat ini memiliki komponen yang disebut alat injeksi yang memiliki peran penting sebagai alat injeksi atau peniup udara bertekanan tinggi dari kompresor ke *soft bottle preform* sehingga *bottle preform* mengembang dan membentuk profil atau model yang diinginkan.



Gambar 2.1 Proses *extrusion Blow Molding* (Norman C. Lee, 2006)

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 *parison* membentuk sesuai dengan cetakan. Proses *extrusion blow molding* dapat dilihat pada gambar 2.1.

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, 2006).

2.3 Komponen Utama Mesin *Blow Molding*

2.3.1 *Mold*

Cetakan adalah rongga di mana bahan cair (plastik atau logam) terbentuk. Cetakan terdiri dari dua bagian yaitu *movable plate* dan *stationary plate*. Sesuai dengan namanya, *movable plate* dipasang pada *movable platen* di mesin cetak injeksi dan *stationary plate* dipasang pada *stationary platen*. Di dalam cetakan ada saluran saluran pendingin. *Mold* memiliki konstruksi yang kompleks dimana pembuatannya membutuhkan mesin presisi tinggi seperti CNC dan EDM. Sebagian besar cetakan terbuat dari baja dan beberapa terbuat dari aluminium. Untuk cetakan yang membutuhkan perpindahan panas tinggi, digunakan paduan tembaga-berilium (setyawan, 2017).



Gambar 2.2 Mold injeksi plastik (setyawan, 2017)

2.3.2 Motor Stepper

Motor *stepper* merupakan suatu komponen elektronika yang gerakan pada rotornya dapat dikendalikan oleh pulsa-pulsa dari mikroprosesor. Tidak seperti motor AC dan DC konvensional yang berputar secara kontinyu, perputaran motor *stepper* adalah secara incremental atau langkah per langkah (*step by step*). Pergerakan motor *stepper* sesuai dengan jumlah pulsa digital yang diberikan. Seperti halnya motor DC, motor *stepper* juga dapat berputar dalam dua arah yaitu searah jarum jam (CW) atau berlawanan arah jarum jam (CCW) yaitu dengan memberikan polaritas yang berbeda. Pada prinsipnya motor mengkonversi daya elektrik menjadi tenaga mekanik. Motor *stepper* mengkonversi sinyal elektrik kedalam 10 pergerakan (putaran) spesifik. Pergerakan yang diciptakan oleh sinyal masing-masing dapat diulang dengan tepat, itulah sebabnya mengapa motor *stepper* sangat efektif untuk aplikasi pergerakan posisi. (Putra, 2011)

Kelebihan motor *stepper* dibandingkan motor DC biasa adalah :

1. Sudut rotasi motor proporsional dengan pulsa yang masuk sehingga lebih mudah diatur.
2. Motor dapat langsung memberikan torsi penuh pada saat awal pergerakan.
3. Posisi dan pergerakan repetisinya dapat ditentukan secara presisi.
4. Memiliki respon yang sangat baik terhadap perintah mulai, berhenti, hingga putaran.
5. Dapat diandalkan karena tidak adanya sikat yang bersentuhan dengan rotor.
6. Dapat menghasilkan perputaran yang lambat sehingga beban dapat dikoneksikan langsung dengan porosnya.

7. Frekuensi perputaran dapat ditentukan secara bebas dan mudah pada jangkauan yang luas. (Pratama, 2017)

Perhitungan untuk mendapat kecepatan rotasi motor menggunakan persamaan sebagai berikut (Satria Gunawan Zain, 2019) :

$$N = [\Psi \times (s/s)]/6 \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

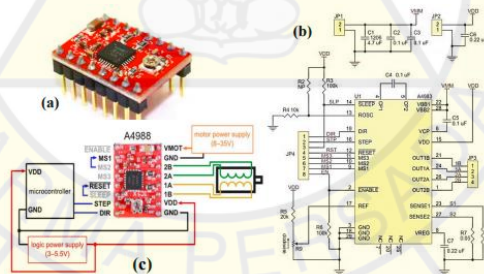
N = kecepatan motor (rpm)

Ψ = Step angle (degree)

s/s = jumlah step per detik

2.3.3 Driver A4988

A4988 driver motor stepper adalah breakout micro stepping all ego yang mudah digunakan untuk driver motor stepper bipolar A4988 dan merupakan pengganti drop-in untuk carrier driver. (Visconti, 2017)



Gambar 2.3 Driver A4988 (Visconti, 2017)

2.3.4 Archimedean Screw

Archimedean screw biasanya terdiri dari poros yang terpasang screw yang berputar dalam barrel dan unit penggerak. Archimedean screw mempunyai fungsi utama untuk conveying polymer. Pada saat screw berputar, polymer dimasukkan melalui feeding hopper ke screw yang bergerak maju akibat daya dorong screw,

kemudian polymer dipanaskan hingga mencair. *Polymer* dikeluarkan pada ujung *barrel* setelah itu di alirkan menuju *dies* dan *nozzle*. (Ach.Muhib Zainuri, 2006)

Menurut (Sibarani, 2018). Laju aliran (*proportional rate*) material dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$V = \frac{s.n}{60} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

S = Jarak Pitch

n = Rpm

2.3.5 Barel

Barrel adalah komponen pasangan screw berbentuk selonsong yang merupakan ruang pemanas dimana screw berada di dalam nya, berfungsi sebagai tempat berlangsungnya pemanasan dan pengadukan. (Muhammad Nazrul Azhari Barus. 2021).

Menurut (Muammad Fatkhi, 2017), Kapasitas tabung dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$v = \pi . r^2 . t \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

r = Jari-jari tabung

t = tinggi tabung

2.3.6 Heater Band

Band heater berbentuk seperti tabung berfungsi memanaskan silinder dengan dimensi tertentu. Ukuran bisa menyesuaikan dengan silinder yang akan dipanaskan Elemen pemanas listrik banyak dipakai hearts kehidupan sehari-hari, baik di dalam rumah tangga ataupun peralatan dan mesin industri. Bentuk dan

jenis dari *electrical* elemen pemanas bermacam-macam disesuaikan dengan fungsi fungsi, tempat pemasangan dan media yang dipanaskan panas yang diposkan dihasilkan pemanas elemen listrik bersumber dari kawat atau pun pita bertahanan listrik tinggi (resistance kawat) biasanya bahan yang digunakan adalah niklin yang dialiri arus listrik kedua ujungnya dan dilapisi isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga aman jika digunakan (Okatama, 2016).

Band heater umumnya ada dua jenis yaitu *band heater* standart yang materialnya *full plat* dan *band heater ceramic* yang materialnya terbuat dari *ceramic*. *band heater* ini merupakan salah satu komponen alat pelebur dan cukup mudah untuk pemasanganya (Okatama, 2016).

Band heater termasuk dalam golongan elemen pemanas bentuk lanjut yang merupakan elemen pemanas dari bentuk dasar yang dilapisi oleh pipa atau lembaran plat logam untuk maksud sebagai penyesuain terhadap penggunaan dari elemen pemanas tersebut. Bahan logam yang biasa digunakan adalah mild steel, stainless steel, tembaga dan kuningan (Wulandari, 2014).

Menurut (Aditya, 2022) Perhitungan daya (*Ampere*) yang dibutuhkan untuk mencairkan biji plastik. Dihitung dengan persamaan :

$$P = V.I \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

P = watt

V = Volt

I = Amper

2.3.7 Termokopel (*Thermocouple*)

Pengertian Termokopel (*Thermocouple*) adalah jenis sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suhu melalui dua jenis penghantar logam yang berbeda yang digabungkan pada ujungnya untuk menimbulkan efek "Termo-listrik". Efek termoelektrik pada termokopel ditemukan oleh seorang fisikawan Estonia bernama Thomas Johann Seebeck pada tahun 1821, dimana sebuah konduktor logam yang diberi perbedaan panas gradien akan menghasilkan tegangan listrik. Perbedaan tegangan listrik antara kedua sambungan ini disebut efek "Seebeck". Termokopel adalah salah satu jenis sensor suhu yang paling populer dan sering digunakan di berbagai rangkaian atau peralatan listrik dan elektronik yang berhubungan dengan suhu. Popularitasnya adalah karena responsnya yang cepat terhadap perubahan suhu dan rentang suhu pengoperasian yang luas, mulai dari -200°C hingga 2000°C . Selain respon yang cepat dan rentang temperatur yang luas, Termokopel juga tahan terhadap guncangan/getaran dan mudah digunakan (Yogie Andrian Syahputra, 2018)

2.3.8 Pulley

Pulley merupakan salah satu komponen mesin yang berfungsi mentransmisikan daya sekaligus mengatur perbandingan putaran antara poros satu ke poros yang lain. *Pulley* pada umumnya dibuat dari besi cor kelabu FC20 atau FC30, ada pula yang terbuat dari baja pres, dan aluminium. Untuk transmisi daya, katrol dihubungkan oleh sabuk. Keuntungan dari sistem ini adalah bidang kontak sabuk dengan *pulley* lebar, dan tidak menimbulkan banyak kebisingan. (Sularso, 2004).

Berdasarkan diameter *pulley* yang digerakkan maka dapat dinyatakan Persamaan sebagai berikut.

$$d_2 = \frac{N_1 \cdot d_1}{N_2} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana

d_2 = diameter *pulley* yang digerakkan (mm)

d_1 = diameter *pulley* penggerak (mm)

N_1 putaran *pulley* penggerak (rpm)

N_2 = putaran *pulley* yang digerakkan (rpm)

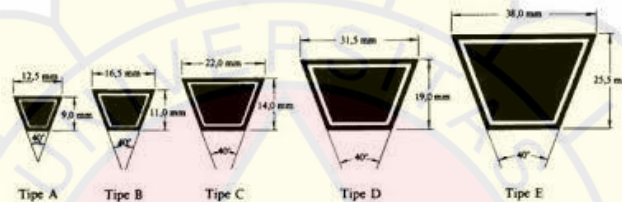
2.3.9 Sabuk-V

V-belt Penggerak berbentuk sabuk bekerja atas dasar daya gesek yang disalurkan dari mesin penggerak melalui perpotongan sabuk yang menghubungkan puli penggerak dengan puli yang akan digerakkan. Di sisi lain, sabuk memiliki sifat perekat tetapi tidak menempel pada puli dan salah satu puli harus disesuaikan (Pratomo dan Irwanto, 1983).

Syarat yang harus dipenuhi untuk bahan sabuk adalah kekuatan dan kelembutan yang berguna untuk menahan kelengkungan berulang di sekitar puli. Hal penting berikutnya adalah koefisien gesekan antara sabuk dan puli, massa per satuan panjang dan ketahanan terhadap pengaruh eksternal seperti kelembaban, panas, debu, dan sebagainya (Stolk dan Kros, 1993).

Jarak yang cukup jauh yang memisahkan kedua as roda tidak memungkinkan untuk menggunakan transmisi langsung dengan roda gigi. *V-belt* adalah solusi yang bisa diterapkan. *V-belt* adalah salah satu transmisi penghubung yang terbuat dari karet dan memiliki penampang trapesium. Dalam penggunaannya, *V-belt* dililitkan pada alur puli berbentuk V. Bagian sabuk yang

dililitkan pada puli akan menekuk sehingga lebar bagian dalam bertambah (Sularso, 1991:163). Rumus pengukuran *V-belt* memiliki keunggulan lain dimana *V-belt* akan menghasilkan transmisi daya yang besar pada tegangan yang relatif rendah dan jika dibandingkan dengan transmisi gear dan chain, *V-belt* bekerja lebih halus dan senyap. *V-belt* selain memiliki kelebihan dibandingkan dengan transmisi lainnya, *V-belt* juga memiliki kelemahan dimana *V-belt* dapat memungkinkan terjadinya slip. Adapun tampilan *V-Belt*-nya dapat dilihat pada (gambar 2.4) di bawah ini.



Gambar 2.4 *V-belt* (sularso, 1991:163)

Untuk mengetahui panjang sabuk yang melingkar dapat dihitung melalui perhitungan berikut ini:

$$L_1 = \pi (r_1 + r_2) + 2 \cdot x + \frac{(r_1^2 + r_2^2)}{x} \dots \dots \dots (2.6)$$

Berdasarkan kecepatan linier sabuk dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot N}{60} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

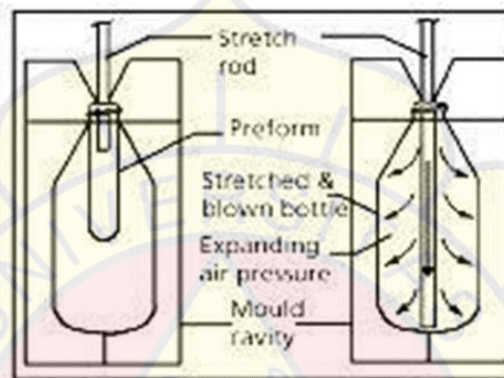
V : kecepatan linier (m/s)

d : diameter pulley yang di gerakan (m)

N : putaran puley yang di gerakkan (rpm)

2.4 *Stretch Blow Moulding*

Stretch blow molding merupakan pengetahuan baru pada industri *blow molding* dengan penggunaannya pada botol *softdrink*. *Stretch blow molding* mengaplikasikan metode pembuatan kemasan plastik dari sebuah *preform* yang direntangkan dan ditiup sehingga membentuk sesuai bentuk terakhir yang diinginkan (Norman C. Lee, 2006).



Gambar 2.5 *Stretch Blow Molding* (Norman C. Lee, 2006).

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. Pembentukan lelehan plastik dalam bentuk silinder atau tabung. bentuk silinder atau tabung tersebut pada umumnya disebut *parisson*. *Parisson* dibentuk dengan dua metode dan 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 *parisson* dapat dilakukan secara kontinyu maupun bertahap. Dalam berbagai permasalahan, beberapa

metode harus menyajikan akhir penutupan *parisson* sehingga parison tersebut dapat ditiup. Metode akhir penutupan yang umum adalah melakukan penangkapan parison dengan cara penutupan kedua bagian cetakan. Parison pada *injection blow moulding* dibentuk oleh injeksi resin pada *core pin*.

3. Setelah pembentukan parison, parison berada di dalam cetakan dan kemudian ditiup sehingga plastik mengembang dan menekan dinding *cavity*. Peniupan dilakukan melalui pin yang dimasukkan melalui celah botol. proses peniupan *parisson* dapat dilihat pada gambar 2.5.
4. Proses pendinginan di dalam cetakan dan kemudian dikeluarkan.
5. Proses akhir adalah proses penyempurnaan. Pada proses ini parison yang yang belum sempurna di tutup dengan penjepit. Bentuk yang belum sempurna tersebut harus dihilangkan dengan cara memotong bagian *parisson* yang tidak dibutuhkan.

2.5 Parameter *Blow Moulding*

Untuk memperoleh benda cetak dengan kualitas hasil 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 yang signifikan dalam mempengaruhi hasil produksi yang diinginkan. Biasanya orang perlu melakukan beberapa kali percobaan hingga ditemukan parameter-parameter apa saja yang cukup berpengaruh terhadap produk akhir benda cetak. (Jurnal Teknik Mesin, 2015, 4.3: 16).

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

a. Temperatur Leleh (*Melt Temperature*)

Melt temperature adalah batas temperatur dimana bahan plastik mulai meleleh kalau diberikan energi panas. (Jurnal Teknik Mesin, 2015, 4.3: 16).

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*. (Kristyantoro,2009).

c. *Blowing Pressure*

Blowing Pressure 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 (Kristyantoro,2009).

d. *Blowing Time*

Blowing time yaitu waktu lamanya peniupan untuk mengembangkan *parisson*. Besar kecilnya waktu peniupan 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 meniupan 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 meniupan semakin lama pula waktu siklus yang dibutuhkan. Begitu pula sebaliknya semakin cepat waktu meniupan maka semakin cepat pula waktu siklus (Ihsan, 2015).

Menurut (M. Kahlil Gibran, 2016). Botol 50 ml sedang diproses dengan blow moulding. Ada banyak parameter yang mempengaruhi waktu siklus selama produksi; Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variabel proses yaitu blowing time, blowing pressure dan stop time terhadap variabel respon yaitu cycle time, net dan volume. Selain itu, untuk mendapatkan nilai optimalisasi waktu siklus produksi botol 50 ml dengan tetap menjaga nilai kualitas dalam botol, yaitu nilai bersih dan volume. Setiap parameter ditentukan tiga level yang dipilih. Tingkat menengah diambil dari pengaturan standar permesinan yang digunakan oleh industri. Level atas dan bawah diacak. Tiga waktu berhenti adalah 0,5, 1,0, dan 1,5 detik. Waktu tiup adalah 8, 9 dan 10 detik. Sedangkan, tekanan blowing 5, 5,75 dan 6,5 bar. Kombinasi antar level didasarkan pada desain Box Behnken. Dengan metode didapatkan kondisi waktu

siklus optimum adalah 12,60 detik, netto 13,34 gram, volume 89,87 ml
 Kondisi optimum dicapai pada waktu henti 1,5 detik, waktu blowing 8
 detik dan tekanan blowing 5.34254 bar. Waktu siklus, Netto, Volume, dan
 metode permukaan Respon

Tabel 2.1 Nilai Variable Proses (Gibran, 2016)

Faktor	Level Bawah	Level Menengah	Level Atas
Kode	-1	0	+1
<i>Blowing Pressure</i>	5 bar	6 bar	7 bar
<i>Blowing Time</i>	12 detik	12,5 detik	13 detik
<i>Stop Time</i>	0,5 detik	1 detik	1,5 detik

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. (Gibran, 2016).

f. *Parisson Programe*

Program *parisson* yaitu program yang di gunakan untuk mengatur ketebalan dinding *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 menghasilka ketebalan yang tepat (Kutz. M , 2011).

g. *Cooling Time*

Cooling Time atau waktu pendinginan adalah waktu dibutuhkan oleh mesin untuk mendinginkan plastik saat berada di dalam cetakan. Waktu pendinginan mempengaruhi derajat kristalinitas dan tegangan internal. Apabila waktu pendinginan terlalu lama, maka derajat kristalinitas akan meningkat tetapi tegangan internal juga akan meningkat. Tegangan internal yang meningkat dapat membuat spesimen menjadi rapuh dan memperlemah kekuatan spesimen tersebut (Sudirman dkk : 2004 : 23).

3.6 *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 perlakuan panas disertai dengan penekanan. Sehingga akan mengalami perubahan dimensi jika dibandingkan dengan ukuran pada *mold*, maka ukuran produknya akan berbeda, yaitu ukuran luar benda kerja akan lebih kecil dibanding *cavity* (Amri, 2009).

Penyusutan material (*shrinkage*) dinyatakan dalam prosen, sehingga jika dirumuskan:

$$Shrinkage = \frac{\Delta D_y}{D_0} \times 100\% \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

D_y = Diameter *Mold*

D_0 = Diameter Botol

2.7 Jenis-Jenis Plastik

Plastik tentunya sudah menjadi sebagian dari kehidupan manusia. Umumnya manusia banyak menggunakan plastik untuk kebutuhan sehari-hari dan dalam berbagai aktivitas. Ada berbagai jenis plastik yang digunakan untuk kemasan plastik. Berguna untuk melindungi suatu produk dan tentunya juga tidak membahayakan kesehatan konsumennya. Terdapat berbagai jenis-jenis plastik sesuai dengan bahannya yang cocok digunakan untuk plastik kemasan. Berikut jenis-jenis plastik yang banyak digunakan, diantaranya :

2.7.1 PET (*Polyethylene Terephthalate*)

Beberapa properti umum adalah: Tangguh dan jernih, kekuatan dan kekakuan yang baik, bahan kimia dan tahan panas, sifat penghalang yang baik untuk oksigen dan karbon dioksida. Digunakan dalam kemasan, minuman ringan dan air mineral botol, serat untuk pakaian, film, wadah makanan, transportasi, industri bangunan dan peralatan (karena tahan api), (Siddiqui & Pandey, 2013).

2.7.2 PP (*Polypropylen*)

Properti adalah: Kepadatan rendah, sangat baik ketahanan kimia, ketahanan stres lingkungan, tinggi titik leleh, kemampuan proses yang baik, sifat dielektrik, rendah biaya, ketahanan mulur. Digunakan untuk membuat botol, medis wadah, pipa, seprai, sedotan, film, furnitur, peralatan rumah tangga, koper, mainan, pengering rambut, kipas angin, dll. (Siddiqui & Pandey, 2013).

2.7.3 PVC (*Polivinilklorida*)

Sifat-sifatnya adalah: Keserbagunaan, penghematan energi, kemampuan beradaptasi dengan perubahan waktu dan lingkungan, daya tahan, tahan api. Ini digunakan dalam industri seperti bangunan dan konstruksi, pengemasan, medis,

pertanian, transportasi. Juga digunakan untuk membuat kabel dan kabel, furnitur, alas kaki, peralatan rumah tangga, film dan lembaran, botol, dll. (Siddiqui & Pandey, 2013).

2.7.4 HDPE (*High Density Polyethylene*)

Beberapa sifat umum: Kemampuan proses yang baik, keseimbangan kekakuan dan kekuatan benturan yang sangat baik, ketahanan kimia yang sangat baik, kristal, titik leleh (130-1350C), dan penghalang uap air yang sangat baik properti. Digunakan untuk membuat produk cetakan tiup (berbagai jenis wadah, botol air), pipa, cetakan injeksi produk (tempat penyimpanan, tutup, ember), dll. (Siddiqui & Pandey, 2013).

2.7.4 PS (*Polystyrene*)

Beberapa sifat polistirena adalah: Permukaan kaca, bening hingga buram, kaku, keras, kejernihan tinggi, dipengaruhi oleh lemak dan pelarut. Digunakan untuk membuat listrik dan peralatan komunikasi mis. colokan, soket, pelat sakelar, bentuk kumparan, papan sirkuit, spacer dan rumah. Juga digunakan untuk membuat wadah, mainan, ubin dinding, keranjang, peralatan makan, piring, cangkir, gelas, wadah susu, dll. (Siddiqui & Pandey, 2013).

2.7.5 LDPE (*Low Density Polyethylene*)

Karakteristik LDPE adalah: Kemampuan proses yang mudah, kepadatan rendah, sifat semi kristal, rentang leleh rendah, titik pelunakan rendah, ketahanan kimia yang baik, sifat dielektrik yang sangat baik, penghalang kelembaban rendah, ketahanan abrasi dan peregangan yang buruk. Digunakan untuk membuat tas pembawa, tas tugas berat, tas pembibitan, pemerasan kecil botol. Juga digunakan dalam kemasan susu, isolasi kawat, dll. (Siddiqui & Pandey, 2013).