



**PENGARUH PARAMETER *BARREL TEMPERATURE*,  
*BLOWING TIME* DAN *BLOWING PRESSURE* TERHADAP  
*VOLUME* PRODUK BOTOL 215 ml**

**Proposal Skripsi**

Oleh :

**Muhammad Bagus Amirullah**

**141910101053**

**PROGRAM STUDI STRATA-1 TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2019**



**PENGARUH PARAMETER *BARREL TEMPERATURE*, *BLOWING TIME* DAN *BLOWING PRESSURE* TERHADAP *VOLUME* PRODUK BOTOL 215 ml**

**SKRIPSI**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik Mesin dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Muhammad Bagus Amirullah**

**NIM 141910101053**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2019**

## PERSEMBAHAN

Yang utama dari segalanya, sembah sujud serta syukur kepada Allah SWT atas limpahan kasih dan karunia-Mu telah memberikan kekuatan serta kemudahan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Sholawat serta salam selalu terlimpahkan keharibaan Rasulullah Muhammad SAW.

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayahanda dan ibunda yang senantiasa memberikan semangat, dorongan, kasih sayang dan pengorbanan yang tidak kenal lelah, dan doa yang tiada hentinya tercurahkan dengan sepenuh hati;
2. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang senantiasa menularkan ilmunya, semoga ilmu yang bermanfaat dan barokah dikemudian hari, terutama kepada Danang Yudistiro, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, Dr. Agus Triono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang selalu memberikan saran dan arahan yang sangat membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Mahros Darsin, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Penguji Utama dan Dr. R. Koekoeh, K.W., S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan saran dan arahan menuju ke arah yang benar dalam menyelesaikan skripsi ini;
3. Guru-guruku sejak Taman Kanak-kanak sampai SMA yang tidak kenal lelah memberikan ilmunya, membimbing dan mendidik menuju arah yang lebih baik sehingga sampai ke jenjang perguruan tinggi;
4. Kelompok penelitian yaitu Rizky Bagus Anggara, Moch. Ryan Rizky P, Khoirul Fahmi Aziz, Dheo Ardi Nugraha, Risnanda Ari Jupiter dan Afria Sando Wahyu A. yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini, serta teman-temanku Teknik Mesin angkatan 2014 yang tidak kenal lelah memberikan dukungan dan doa serta kasih sayang;
5. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

**MOTO**

Kemenangan yang seindah-indahnya dan sesukar-sukarnya yang boleh direbut oleh manusia ialah menundukan diri sendiri.

(Ibu Kartini)

Tidak ada jalan mudah menuju kebebasan, dan banyak dari kita akan harus melewati lembah gelap menyeramkan. Lagi dan lagi sebelum akhirnya kita meraih puncak kebahagiaan.



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Bagus Amirullah

NIM : 141910101053

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “PENGARUH PARAMETER *BARREL TEMPERATURE*, *BLOWING TIME*, DAN *BLOWING PRESSURE* TERHADAP *VOLUME* PRODUK BOTOL 215 ml” adalah hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Dengan demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 12 September 2019

Yang menyatakan,

(Muhammad Bagus Amirullah)

NIM 141910101053

**SKRIPSI**

**PENGARUH PARAMETER BARREL TEMPERATURE,  
BLOWING TIME DAN BLOWING PRESSURE TERHADAP  
VOLUME PRODUK BOTOL 215 ml**

**Oleh:**

**MUHAMMAD BAGUS AMIRULLAH**

**NIM 141910101053**

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Danang Yudistiro, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Agus Triono, S.T., M.T.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Pengaruh Parameter *Barrel Temperature*, *Blowing Time* dan *Blowing Pressure* terhadap Volume Produk Botol 215 ml” karya Muhammad Bagus Amirullah telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : 12 September 2019

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

**Danang Yudistiro, S.T., M.T.**

**Dr. Agus Triono, S.T., M.T.**

NIP 197902072015041001

NIP 197008072002121001

Penguji I,

Penguji II,

**Mahros Darsin, S.T., M.Sc., Ph.D**

**Dr. R. Koekoeh, K.W., S.T., M.Eng**

NIP 197003221995011001

NIP 196707081994121001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember

**Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M**

NIP 196612151995032001

## RINGKASAN

### **PENGARUH PARAMETER *BARREL TEMPERATURE*, *BLOWING TIME* DAN *BLOWING PRESSURE* TERHADAP *VOLUME* PRODUK BOTOL 215 ml**

Muhammad Bagus Amirullah, 141910101053; 2019; 52 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Plastik mulai banyak diminati di kalangan masyarakat. Penyebabnya adalah faktor kebutuhan akan penggunaan plastik, serta adanya kemajuan teknologi manufaktur dari material itu sendiri. Pada saat ini industri plastik harus bisa mengatasi permasalahan-permasalahan yang muncul, seperti produk yang dihasilkan dengan kualitas tinggi, tentunya sesuai dengan tuntutan masyarakat. Oleh sebab itu, industri plastik harus meningkatkan produksinya baik dalam hal kualitas maupun kuantitas.

Untuk menghasilkan produk plastik yang berkualitas ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, salah satunya adalah mesin yang digunakan. Ada beberapa macam mesin yang digunakan industri plastik, seperti *blow molding*, *injection molding* dan *extrusion molding*. Dari beberapa mesin tersebut, yang biasa digunakan adalah *blow molding*. *Blow molding* ialah metode untuk mencetak benda kerja berongga dengan cara menghembuskan udara ke dalam material menggunakan cetakan yang terdiri dari dua belahan  *mold*  yang tidak menggunakan inti sebagai pembentuk rongga tersebut. Pemilihan parameter yang tepat merupakan faktor yang terpenting dalam proses pembuatan produk plastik, karena pemilihan atau *setting* parameter ini memiliki pengaruh yang besar terhadap hasil produk.

Metode desain eksperimen yang digunakan adalah metode respon permukaan dan pengolahan data dilakukan dengan bantuan *software* Minitab. Penelitian ini menggunakan tiga parameter dan tiga level pada setiap parameternya yang dilakukan dengan tiga kali pengulangan. Hasil yang diharapkan pada penelitian ini adalah



volume sesuai target dengan variasi parameter *blowing pressure*, *barrel temperature* dan *blowing time*. Pengukuran volume dilakukan dengan gelas ukur.

Hasil yang didapatkan dari pengolahan data menyebutkan bahwa parameter dengan pengaruh terbesar terhadap volume botol adalah *barrel temperature*, sedangkan pengaruh terkecil adalah pada *blowing time*. Nilai rata-rata volume tertinggi yaitu sebesar 216 ml dengan variasi *blowing pressure* 7 bar, *blowing time* 5 s dan *barrel temperature* 200°C. Sedangkan nilai rata-rata volume terkecil yaitu sebesar 203 ml dengan variasi *blowing pressure* 6 bar, *blowing time* 5 s dan *barrel temperature* 190°C.

**SUMMARY**

***THE EFFECT OF TEMPERATURE BARREL, BLOWING TIME AND BLOWING PRESSURE PARAMETERS ON 215 ml BOTTLE VOLUME PRODUCTS***

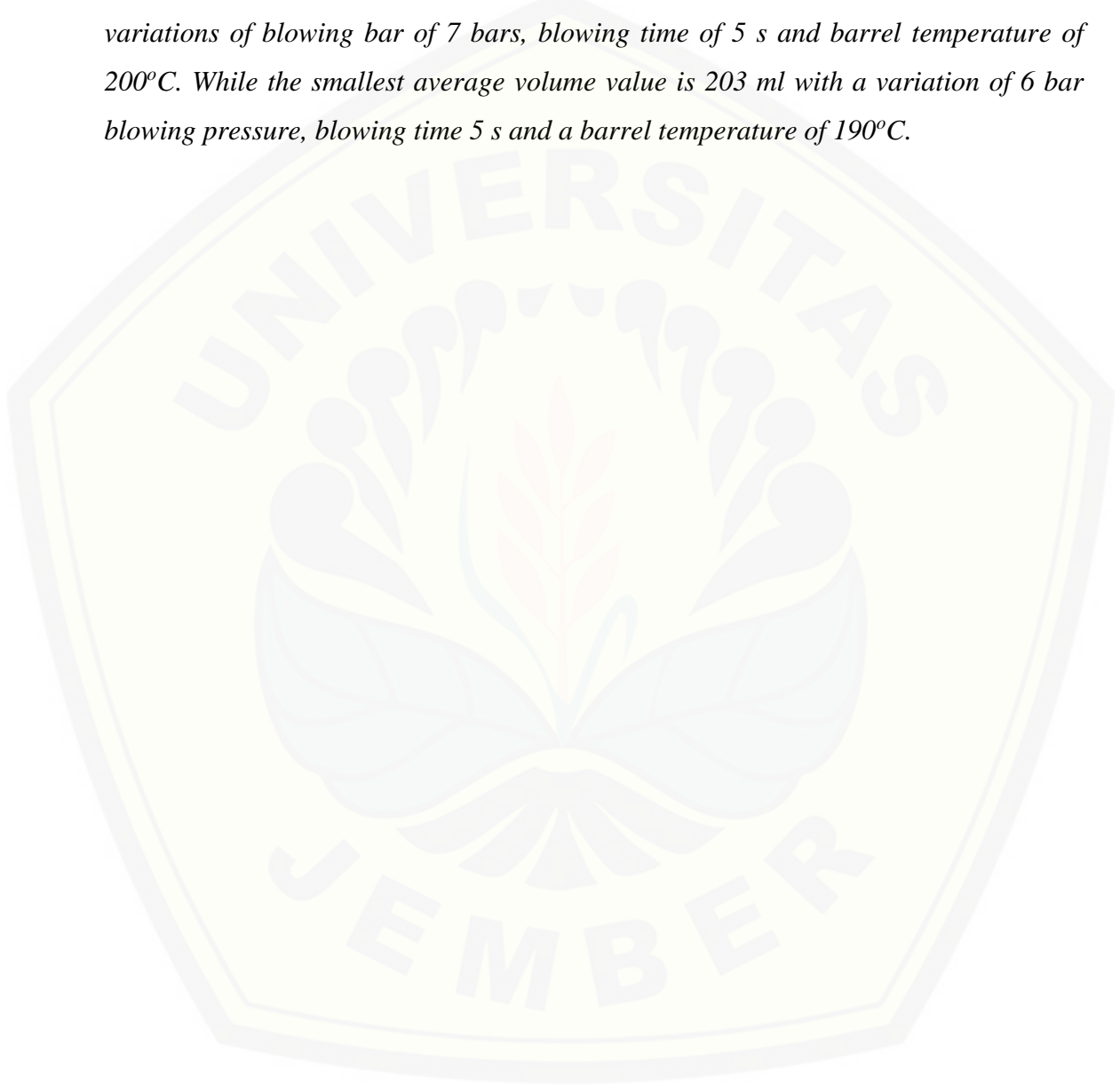
*Muhammad Bagus Amirullah, 141910101053; 2019; 52 pages; Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Jember University.*

*Plastics began to be in great demand among the people. The reason is the factor of need for the use of plastics, as well as the advancement of manufacturing technology from the material itself. At this time the plastic industry must be able to overcome the problems that arise, such as products produced with high quality, of course, in accordance with the demands of the community. Therefore, the plastics industry must increase its production both in terms of quality and quantity.*

*To produce a quality plastic product there are several factors that must be considered, one of which is the machine used. There are several types of machines used by the plastics industry, such as blow molding, injection molding and extrusion molding. From some of these machines, commonly used is blow molding. Blow molding is a method for printing hollow workpieces by blowing air into the material using a mold consisting of two halves of the mold that does not use the core to form the cavity. The selection of the right parameters is the most important factor in the process of making plastic products, because the selection or setting of these parameters has a great influence on product results.*

*The experimental design method used is the surface response method and data processing is done with the help of Minitab software. This study uses three parameters and three levels for each parameter performed with three repetitions. The expected results in this study are volume according to target with variations in blowing pressure, barrel temperature and blowing time parameters. Volume measurement is done by measuring cup.*

*The results obtained from data processing states that the parameter with the greatest effect on the volume of the bottle is barrel temperature, while the smallest influence is on blowing time. The highest average volume value is 216 ml with variations of blowing bar of 7 bars, blowing time of 5 s and barrel temperature of 200°C. While the smallest average volume value is 203 ml with a variation of 6 bar blowing pressure, blowing time 5 s and a barrel temperature of 190°C.*



## PRAKATA

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Parameter *Barrel Temperature*, *Blowing Time* dan *Blowing Pressure* terhadap Volume Produk Botol 215 ml”. Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Proses penelitian dan penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

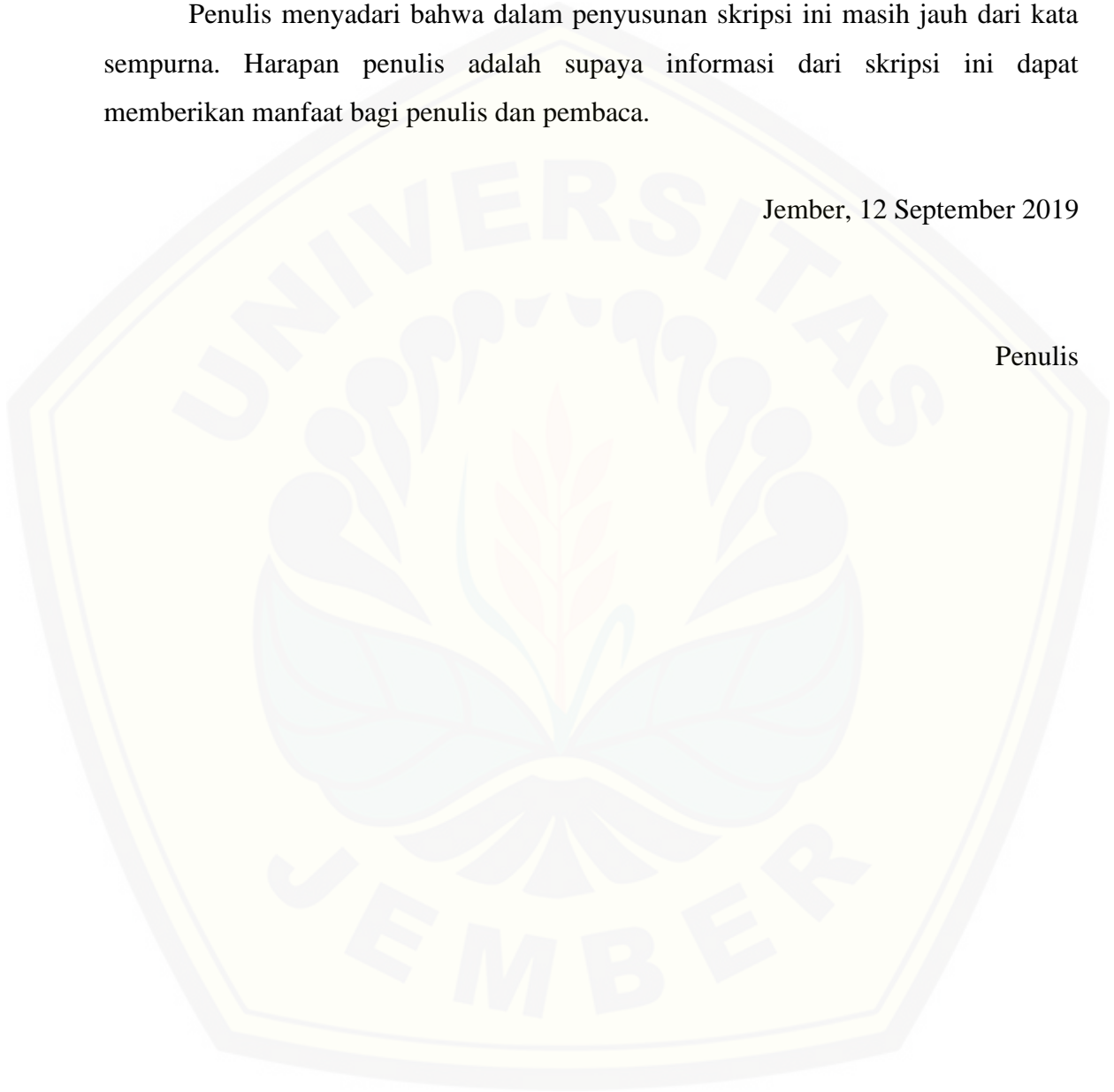
1. Kedua orang tua saya atas segala dukungan dan doa yang tidak pernah berhenti dipanjatkan sehingga saya dapat menyelesaikan studi S1;
2. Seluruh keluarga yang senantiasa memberikan semangat dan doa untuk saya;
3. Bapak Ir. Ahmad Syuhri, M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa;
4. Bapak Danang Yudistiro, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama, dan Bapak Dr. Agus Triono, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing anggota yang telah meluangkan waktu pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan arahan demi terselesaikannya skripsi ini;
5. Bapak Mahros Darsin, S.T., M.Sc., Ph.D selaku dosen penguji satu, dan Bapak Dr. R. Koekoeh, K.W., ST., M.Eng selaku dosen penguji dua yang telah memberikan saran dan kritikan yang membangun untuk penyusunan skripsi ini;
6. Seluruh staf pengajar dan administrasi jurusan teknik mesin fakultas teknik universitas jember yang telah memberikan ilmu, membimbing dan membantu kelancaran saya selama duduk dibangku perkuliahan;
7. Dulur-dulur mesin 2014 yang telah berjuang bersama, dan telah membantu terselesaikannya skripsi ini;

8. Tim riset yang telah dengan sabar bersedia menemani dan memberikan saran selama proses awal hingga akhir penelitian saya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Harapan penulis adalah supaya informasi dari skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Jember, 12 September 2019

Penulis

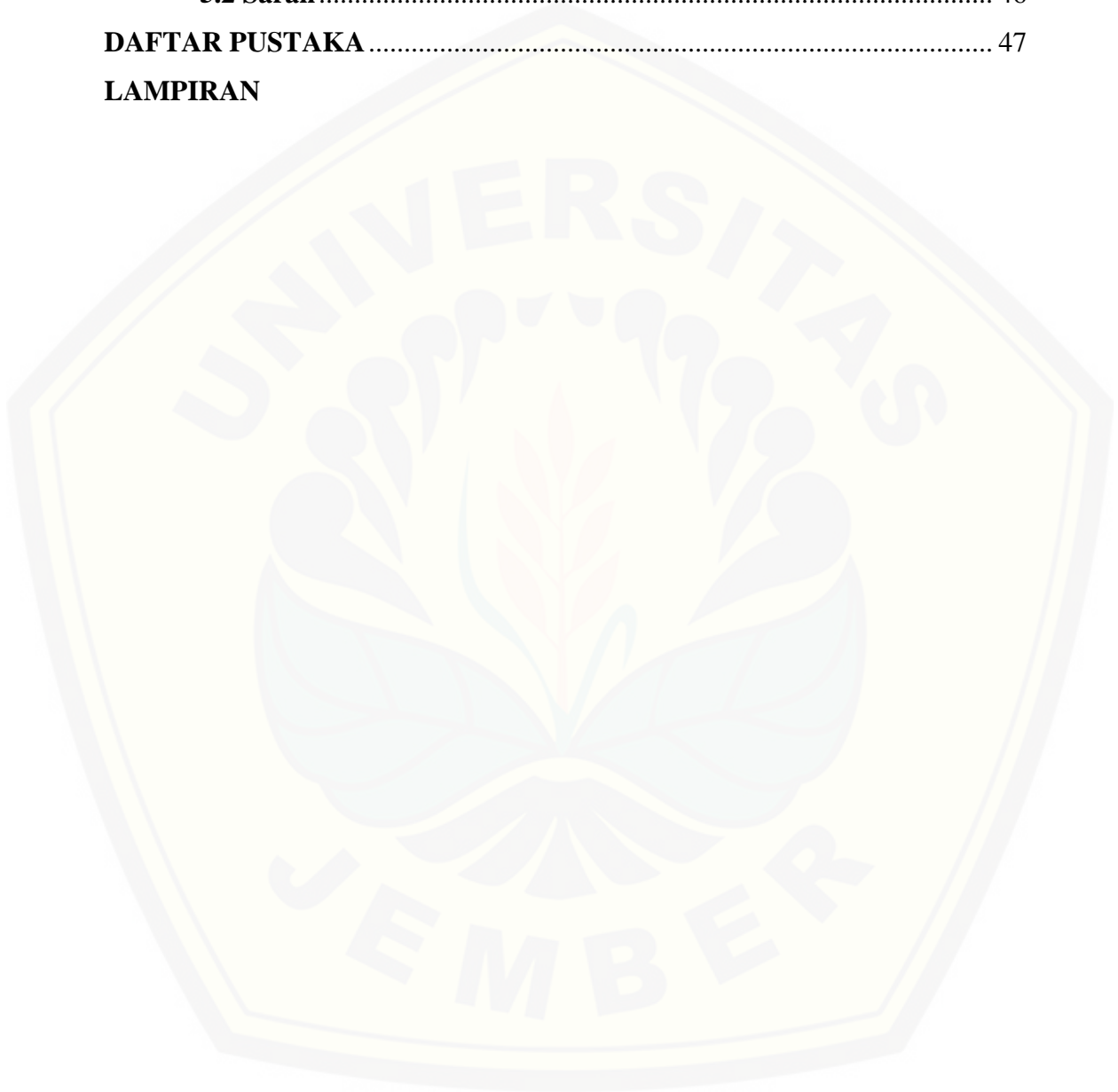


DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iii
HALAMAN MOTO .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN .....	viii
PRAKATA.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	
BAB 1. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Hipotesa .....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Definisi Plastik.....	5
2.2 Proses Pembentukan Material Plastik .....	7
2.2.1 Proses <i>Injection Molding</i> .....	7
2.2.2 Proses <i>Extrusion Molding</i> .....	7
2.2.3 Proses <i>Blow Molding</i> .....	8

<b>2.3 Parameter Pada Proses <i>Blow Molding</i></b> .....	10
2.3.1 <i>Blowing Time</i> .....	11
2.3.2 <i>Blowing Pressure</i> .....	11
2.3.3 <i>Barrel Temperature</i> .....	11
<b>2.4 Proses Pembentukan Produk Botol 210 ml</b> .....	12
<b>2.5 <i>Response Surface Methodology (RSM)</i></b> .....	13
2.5.1 <i>Central Composite Design</i> .....	14
2.5.2 <i>Box Behken Design</i> .....	15
2.5.3 Pengujian Model .....	18
<b>2.6 Optimasi Respon</b> .....	20
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	23
<b>3.1 Waktu dan Tempat Penelitian</b> .....	23
<b>3.2 Alat dan Bahan</b> .....	23
3.2.1 Alat .....	23
3.2.2 Bahan .....	23
<b>3.3 Tahap Penelitian</b> .....	24
<b>3.4 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data</b> .....	27
<b>3.5 Tahap Penarikan Kesimpulan</b> .....	29
<b>3.6 Diagram Alir Penelitian</b> .....	29
<b>BAB 4. PEMBAHASAN</b> .....	31
<b>4.1 Data Percobaan</b> .....	31
<b>4.2 Analisis Data Volume</b> .....	32
4.2.1 Pembentukan Model .....	33
4.2.2 Pengujian Kesesuaian Model .....	34
4.2.3 Pengujian Residual .....	36
4.2.4 Analisis <i>Coutour</i> dan <i>Surface Plot</i> .....	38
<b>4.3 Optimasi Respon</b> .....	42
<b>4.4 Pembahasan</b> .....	43

<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	46
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	46
<b>5.2 Saran</b> .....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	47
<b>LAMPIRAN</b>	





**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 2.1 Titik leleh termoplastik .....	6
Tabel 2.2 Tabel <i>central composite design</i> (CCD) .....	15
Tabel 2.3 Rancangan <i>Box Behken Design</i> dengan $k=3$ .....	16
Tabel 3.1 Level yang digunakan .....	26
Tabel 3.2 Data penelitian .....	26
Tabel 3.3 Rancangan percobaan <i>Box-Behken Design</i> dengan $k=3$ .....	28
Tabel 4.1 Desain eksperimen dan hasil pengukuran volume botol .....	32
Tabel 4.2 Koefisien regresi penduga .....	33
Tabel 4.3 <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) untuk volume .....	36

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
Gambar 2.1 Kurva plastik .....	5
Gambar 2.2 Proses <i>Injection Molding</i> .....	9
Gambar 2.3 Proses <i>Extrusion blow molding</i> .....	10
Gambar 2.4 <i>Stretch Blow Molding</i> .....	10
Gambar 2.5 Alur Proses Pada Mesin <i>Blow Molding</i> .....	12
Gambar 2.6 Material LDPE .....	12
Gambar 3.1 Mesin <i>Blow Molding</i> BM 01.....	23
Gambar 3.2 Produk Botol 215 ml .....	25
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian .....	29
Gambar 4.1 gelas ukur .....	31
Gambar 4.2 Plot residual <i>versus fitted values</i> .....	36
Gambar 4.3 Plot <i>autocorrelation function</i> (AFC) untuk volume .....	37
Gambar 4.4 Plot normal <i>probability</i> untuk volume .....	38
Gambar 4.5 BP dan BT terhadap volume pada <i>barrel temperature</i> 190°C .	39
Gambar 4.6 BP dan BT terhadap volume pada <i>barrel temperature</i> 200°C .	40
Gambar 4.7 BP dan BT terhadap volume pada <i>barrel temperature</i> 210°C .	41
Gambar 4.8 Grafik variasi variabel proses yang menghasilkan volume sesuai target .....	42
Gambar 4.9 Cacat pada botol .....	45

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada masa sekarang ini plastik mulai banyak diminati di kalangan masyarakat. Penyebabnya adalah faktor kebutuhan akan penggunaan plastik, serta adanya kemajuan teknologi manufaktur dari material itu sendiri. Perkembangan teknologi tersebut mengakibatkan persaingan dalam segala bidang semakin ketat, hal ini juga berlaku kepada para industri plastik. Pada saat ini industri plastik harus bisa mengatasi permasalahan-permasalahan yang muncul, seperti produk yang dihasilkan dengan kualitas tinggi, tentunya sesuai dengan tuntutan masyarakat. Oleh sebab itu, industri plastik harus meningkatkan produksinya baik dalam hal kualitas maupun kuantitas (Gibran & Kristianta, 2016). Dengan begitu, secara perlahan plastik dapat menggantikan peranan besi atau baja, karena sifat mampu bentuknya atau *formability* yang lebih baik serta beratnya yang lebih ringan (Firdaus, 2002).

Untuk menghasilkan produk plastik yang berkualitas ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, salah satunya adalah mesin yang digunakan. Ada beberapa macam mesin yang digunakan industri plastik, seperti *blow molding*, *injection molding* dan *extrusion molding*. Dari beberapa mesin tersebut, yang biasa digunakan adalah *blow molding* (Hermawan & Astika, 2009). *Blow molding* sendiri ialah metode untuk mencetak benda kerja berongga dengan cara menghembuskan udara ke dalam material menggunakan cetakan yang terdiri dari dua belahan *modal* yang tidak menggunakan inti sebagai pembentuk rongga tersebut. Secara umum ada 3 macam proses *blow molding*, yaitu proses *injection blow molding*, *extrusion blow molding* dan *stretch blow molding* (Merari dkk, 2016).

Pemilihan parameter yang tepat merupakan faktor yang terpenting dalam proses pembuatan produk plastik, karena pemilihan atau *setting* parameter ini memiliki pengaruh yang besar terhadap hasil produk. Pemilihan parameter ini dilakukan dengan menggunakan metode respon permukaan (RSM). Metode respon permukaan sendiri adalah suatu metode dengan menggabungkan teknik matematika

dengan teknik statistika untuk membuat model serta menganalisis suatu respon (faktor Y) yang dipengaruhi beberapa variabel bebas (faktor X), dengan tujuan mengoptimalkan respon. Tujuan menggunakan metode ini adalah mempermudah mendapatkan nilai optimal dari masing-masing parameter yang diduga berpengaruh dalam hasil produksi (Meylina & Sunaryo, 2006). Kemudian dalam *blow molding* sendiri terdapat beberapa parameter yang digunakan, yaitu *blowing time*, *stop time*, *blowing pressure*, *barrel temperature*, *cooling time*, dan lain sebagainya. Dalam hal ini pemilihan parameter yang tepat akan sangat berpengaruh terhadap hasil produksi (Musthofa & Rifai, 2014).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Meylina & Sunaryo (2006), didapatkan keadaan optimum pada temperature barrel 210°C, *blowing time* 9,35s, dan *blowing pressure* 6 bar menghasilkan *volume* sebesar 67,286 ml dan diameter dalam mulut botol selebar 8,130 mm.

Penelitian yang dilakukan Gibran & Kristianta (2016) menyatakan bahwa, dengan menggunakan variasi parameter *stop time* 1,5 s, *blowing time* 8 s dan *blowing pressure* 5 bar didapatkan hasil optimum dari *cycle time* 13 s, *netto* 13 gr dan *volume* 90 ml

Keterbaruan dalam penelitian ini adalah *volume* produk yang dihasilkan dan penggunaan mesin yang berbeda dengan penelitian sebelumnya. Mesin yang akan digunakan adalah mesin *blow molding* BM 01, mesin ini baru dioperasikan kembali oleh penulis. Tidak adanya acuan setting parameter yang digunakan, mengharuskan penulis melakukan riset pendahuluan sebelum penelitian dilakukan. Penelitian skripsi yang akan dilakukan dengan judul “Pengaruh parameter *barrel temperature*, *blowing pressure* dan *blowing time* terhadap *volume* produk botol 215 ml”. Hasil yang diharapkan dalam penelitian ini adalah mendapatkan produk yang optimal dari segi kualitas maupun kuantitas.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka dirumuskan masalahnya sebagai berikut:

- a) Bagaimanakah pengaruh parameter *barrel temperature*, *blowing pressure*, *blowing time* terhadap *volume* produk botol 215 ml.
- b) Bagaimanakah analisis variasi parameter terhadap *volume* produk botol 215 ml dengan menggunakan metode respon permukaan.

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

- a) Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah *barrel temperature*, *blowing pressure* dan *blowing time*.
- b) Material yang digunakan adalah LDPE.
- c) Menganalisis pengaruh parameter terhadap optimasi produk botol 215 ml.
- d) Penelitian dilakukan dengan menggunakan mesin *blow molding* yang berada di laboratorium jurusan teknik mesin Universitas Jember.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Untuk mengetahui pengaruh parameter *barrel temperature*, *blowing pressure* dan *blowing time* terhadap *volume* produk botol 215 ml.
- b) Untuk menganalisis variasi parameter terhadap *volume* produk botol 215 ml dengan metode respon permukaan.

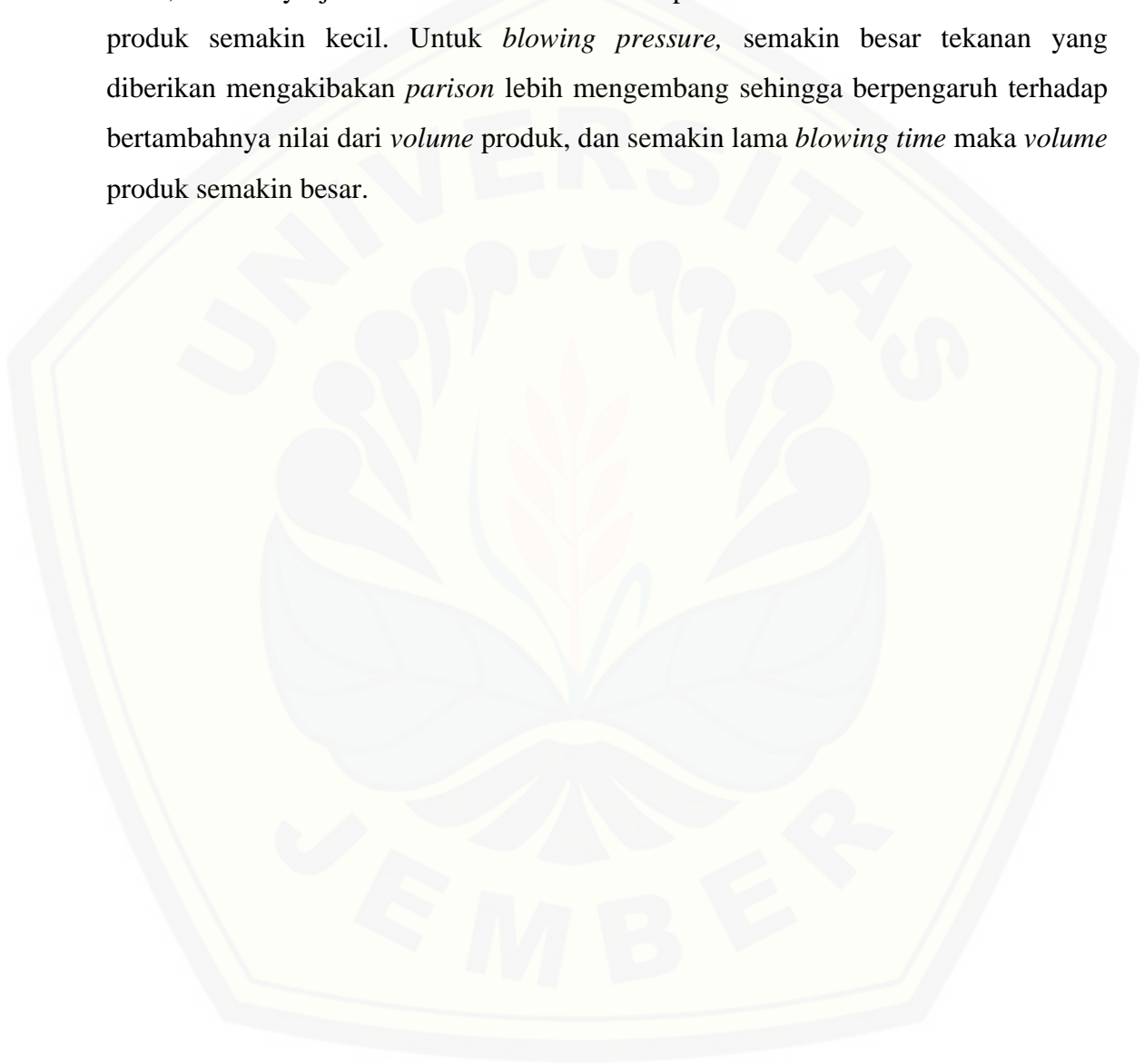
## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

- a) Dapat mengoptimalkan *volume* produk botol 215 ml dengan metode respon permukaan.
- b) Dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas produk.
- c) Mendapatkan pengetahuan baru pada proses penelitian serta dapat mengetahui penerapan metode respon permukaan.

### 1.6 Hipotesa

Hipotesa awal dalam penelitian ini adalah, jika *barrel temperature* tinggi maka ketebalan parison semakin tipis yang mengakibatkan *volume* produk semakin besar, sebaliknya jika terlalu rendah ketebalan parison semakin besar maka *volume* produk semakin kecil. Untuk *blowing pressure*, semakin besar tekanan yang diberikan mengakibatkan *parison* lebih mengembang sehingga berpengaruh terhadap bertambahnya nilai dari *volume* produk, dan semakin lama *blowing time* maka *volume* produk semakin besar.



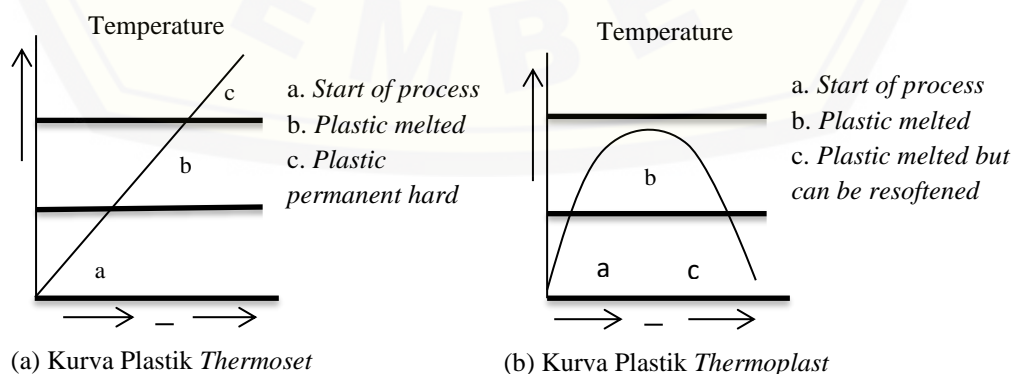
## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Definisi Plastik

Komponen utama plastik sebelum membentuk polimer adalah monomer, yaitu rantai yang paling pendek. Kemudian untuk polimer sendiri yaitu kumpulan atau gabungan dari beberapa monomer yang akan membentuk rantai yang sangat panjang. Rantai tersebut akan seperti tumpukan jerami jika di kelompokkan bersama-sama, hal ini disebut *amorf*. Jika teratur dengan hamper sejajar maka disebut kristalin dengan sifat yang lebih keras (Syarief & Irawati, 1988).

Jadi plastik ialah salah satu jenis makromolekul yang dibentuk dengan proses polimerisasi, yaitu proses penggabungan beberapa molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer). Plastik dibagi menjadi 2, yaitu termoplastik dan termosetting. Pada thermoplastik sendiri bahan plastik yang dipanaskan sampai suhu tertentu akan meleleh atau mencair sehingga dapat dibentuk lagi sesuai kebutuhan dan akan mengeras apabila didinginkan. Sedangkan untuk termosetting adalah kebalikan dari termoplastik, jika bahan plastik telah dibentuk dalam bentuk padat tidak bisa dicairkan kembali dengan cara dipanaskan dengan kata lain tidak dapat didaur ulang (Landi & Ariyanto, 2017).

Pada kurva Gambar 2.1 telah menjelaskan bahwa *thermosetting* tidak dapat di bentuk kembali meskipun dalam suhu tinggi, sedangkan *thermoplastic* bisa dibentuk kembali karena akan meleleh jika dipanaskan lagi dalam temperature tinggi (Domininghous, 1993).



Gambar 2.1 Kurva plastik (Mujiarto, 2005)

Bahan plastik mempunyai karakteristik yang berbeda-beda oleh karena itu bahan termoplastik mempunyai titik leleh yang beragam sesuai dengan monomer pembentukannya. Pada Tabel 2.1 dapat dilihat titik leleh termoplastik sebagai berikut ini :

Tabel 2.1 Titik leleh termoplastik (Kristiyantoro dkk, 2011)

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>	190-288	374-550
<i>Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)</i>	117-260	350-500
<i>Nylon</i>	260-327	500-620
<i>Polyethylene terephthalane (PET)</i>	227-349	440-660
<i>Polycarbonate (PC)</i>	271-300	520-572
<i>Polyphenylene oxide (PPO)</i>	204-354	400-670

Definisi *low density polyethylene* (LDPE) ialah salah satu jenis polimer dengan kerapatan atau kepadatan yang tinggi atau sama dengan  $0.920 \text{ g/cm}^3$ . LDPE dapat didaur ulang dan memiliki nomor 4 pada simbol daur ulang.. Untuk sifat mekanis dari LDPE adalah kuat, agak tembus cahaya, fleksibel dan permukaan agak berlemak. Pada suhu dibawah  $60^\circ\text{C}$  sangat resisten terhadap senyawa kimia, daya proteksi terhadap uap air tergolong baik akan tetapi kurang baik bagi gas-gas lain seperti oksigen (Manurung, 2017).

Adapun spesifikasi bahan LDPE (*Low Density Polyethylene*) adalah sebagai berikut:

1. Temperature leleh mencapai  $232^\circ\text{C}$ .
2. Massa jenis  $0,91-0,94 \text{ g/cm}^3$ .
3. Kristalisasi 50- 60%.
4. Kekuatan Tarik  $245-335 \text{ kgf/cm}^2$ .
5. Perpanjangan 10-25 %.
6. Kekuatan impak  $17-53 \text{ kgf.cm/cm}^2$ .



## 2.2 Proses Pembentukan Material Plastik

Pada proses molding ada beberapa faktor yang mempengaruhi agar kita mengetahui sifat-sifat plastik, beberapa faktor tersebut ialah pemilihan material yang tepat juga dari segi bentuk atau desain. Sebelum mengetahui beberapa faktor tadi kita harus mengenal terlebih dahulu beberapa macam metode dasar yang digunakan, antara lain (Andrady, 2003):

- a. Proses *injection molding*.
- b. Proses *blow molding*.
- c. Proses *extrusion molding*.

### 2.2.1 Proses *Injection Molding*

Pada proses ini material plastik yang berbentuk butiran diletakkan ke dalam corong (*hopper*) kemudian material tersebut akan turun atau masuk ke dalam silinder injeksi. Proses selanjutnya material akan didorong dengan torak piston ke dalam silinder pemanas, hal tersebut mengakibatkan material plastik menjadi meleleh dan lunak. Plastik yang sudah meleleh akan diinjeksikan oleh screw injeksi melalui nozzle kedalam cetakan yang didinginkan oleh air. Tujuan pendinginan adalah untuk mempercepat pengerasan material yang telah diinjeksi kedalam cavity dan kemudian produk dikeluarkan dari cetakan (Kazmer, 1992).

### 2.2.2 Proses *Extrusion Molding*

Proses pada *extrusion molding* sendiri hampir sama dengan proses *injection molding*, hal yang membedakan ialah pada produk yang dihasilkan pada proses ini berupa material dengan bentuk yang panjang. Keuntungan proses ekstrusi ini ialah dapat memproses bahan yang rapuh karena cara kerja pada proses ini hanya dengan tegangan tekan dan tidak adanya tegangan tarik sama sekali. Pada proses ekstrusi ini proses pemanasan dan pelunakan material terjadi didalam barrel akibat pemanas dan adanya gesekan antar material akibat dari putaran *screw*. Kemudian proses pendinginan benda kerja dengan mengalirkan udara pada cetakan agar dapat merata ke semua bagian cetakan (Kazmer, 1992).

### 2.2.3 Proses *Blow Molding*

Pada proses ini ditujukan pada pembuatan produk-produk berongga. Proses yang dilakukan dengan metode mencetak benda kerja (produk berongga), langkah-langkah yang dilakukan adalah dengan meniupkan udara dengan tekanan tertentu kedalam suatu material. Setelah itu material akan keluar atau turun kemudian kedua belahan cetakan akan menjepit material tersebut. Agar material tersebut mengembang pada bagian bawah terdapat alat peniup yang berfungsi untuk menginjeksikan udara kedalam material plastik yang masih lunak atau belum mengeras (Kazmer, 1992).

Secara umum proses blow molding sendiri ada 3 macam, yaitu *injection blow molding*, *extrusion blow molding*, *stretch blow molding*.

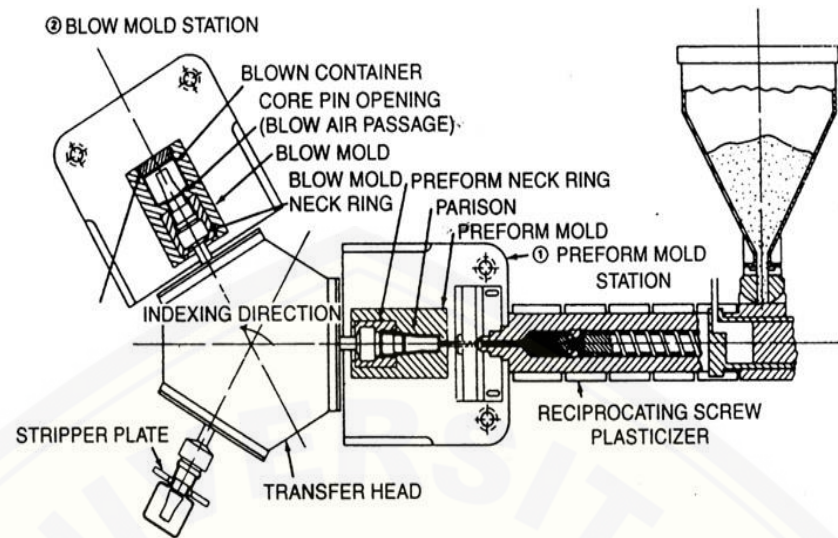
#### a. *Injection blow molding*

Proses *injection blow molding* ini memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan, yaitu sebagai berikut ini:

- Kelebihannya adalah tidak adanya sisa material *thermoplastic* dan menghasilkan leher botol dan ulir dengan kualitas yang bagus.
- Kekurangannya adalah pada proses ini membutuhkan biaya yang lebih mahal jika dibandingkan dengan metode *blow molding* lainnya.

Kemudian untuk proses awal dari *injection blow molding* sendiri adalah dengan menginjeksikan terlebih dahulu bijih plastik yang akan diproses menjadi bakalan plastik (*preform*). Ada dua komponen pada proses ini yaitu komponen pengisi (*injection*) dan peniup (*blower*). Saat bakalan plastik masih panas, bakalan plastik tersebut dipindahkan pada batang inti untuk membentuk rongga botol. Kemudian udara ditiupkan dengan tujuan bakalan plastik (*preform*) tadi bisa membentuk dimensi akhir yang diinginkan (Lee, 2006).

Pada Gambar 2.2 plastik dalam keadaan *melting* diinjeksikan kedalam kaviti dalam bentuk bakalan, kemudian plastik dipindah ke cetakan dan udara di tiupkan sehingga plastik mengembang dan menempel sesuai bentuk mold, langkah terakhir yaitu cetakan akan membuka untuk pengeluaran produk (Lee, 2006).

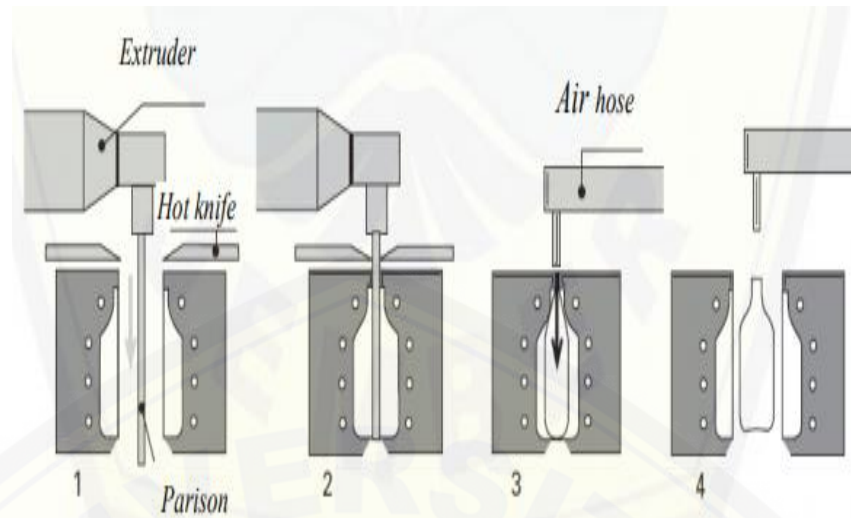


Gambar 2.2 Proses *Injection Molding* (Lee, 2006)

b. *Extrusion Blow Molding*

Metode ini bisa digunakan pada produk yang bervariasi bentuknya, ukurannya, maupun bukaan leher pada botol. Proses pada *extrusion blow molding* ini yaitu dengan melelehkan material termoplastik sampai mencapai temperatur leleh didalam *barrel*. Selanjutnya *screw* akan berputar mendorong lelehan plastik sampai kedalam suatu celah yang berpenampang cincin, yaitu *pin* dan *die* dengan hasil bentuk seperti selongsong pipa panas (*parison*). Proses selanjutnya *parison* tersebut ditangkap oleh cetakan (*mold*) dan akan dialirkan udara dengan tekanan tertentu dengan tujuan *parison* mengembang dan menempel pada dinding cetakan (*mold*). Proses terakhir adalah pendinginan kemudian mengeluarkan produk dari cetakan (Kazmer, 2017).

Pada Gambar 2.3 menjelaskan bahwa plastik dilunakkan didalam barrel dan didorong melalui *die* menjadi bentuk pipa (*parison*), kemudian *parison* ini ditangkap oleh pasangan *mold* yang berpendingin setelah itu *parison* dipotong oleh pisau. Proses berikutnya *mold* ditiup dengan udara bertekanan sampai membentuk produk berongga. Setelah bahan plastik mendingin dan mengeras *mold* terbuka dan produk plastik di *eject* keluar (Kazmer, 1992).

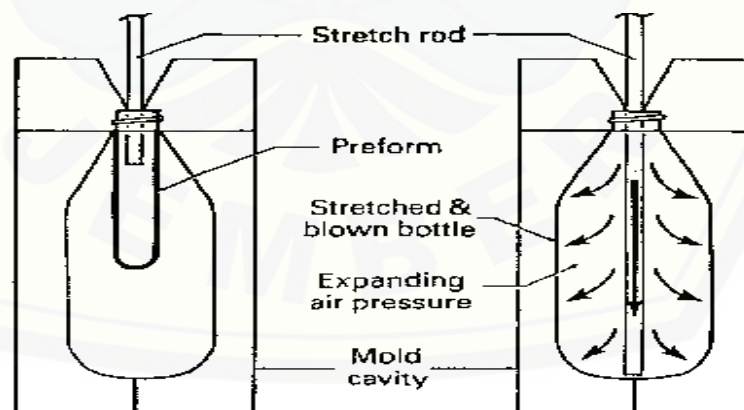


Gambar 2.3 Proses *extrusion blow molding* (Norman, 2006)

c. *Stretch Blow Molding*

Proses ini merupakan salah satu metode pembuatan kemasan plastik yaitu dengan merenggangkan preform kemudian mengalirkan udara dengan bertekanan sehingga sesuai bentuk akhir yang diinginkan (Norman, 2006).

Gambar 2.4 menjelaskan setelah proses pemanasan dan masih dalam *temperature* tinggi kemudian *preform* dimasukkan ke dalam cetakan dan dilakukan proses peniupan menjadi botol (Mas'ud, 2017).



Gambar 2.4 *Stretch blow molding* (Norman, 2006)

### 2.3 Parameter pada Proses *Blow Molding*

Meningkatkan kualitas produk tentunya sebuah mesin harus memiliki *setting* parameter yang tepat. Oleh karena itu, penggunaan atau pemilihan

parameter memiliki pengaruh yang besar terhadap kualitas produk. Ada banyak parameter yang digunakan dalam proses blow molding, seperti *blowing time*, *stop time*, *blowing pressure*, *temperature barrel*, *cooling time*, dan lain sebagainya. Namun, pada proses *blow molding* ini parameter yang digunakan ada 3, yaitu *blowing time*, *blowing pressure* dan *barrel temperature*.

### 2.3.1 *Blowing Time*

*Blowing time* adalah waktu yang digunakan untuk meniup parison pada *mold* (cetakan). *Blowing time* akan berpengaruh terhadap dimensi botol yang dihasilkan karena besar kecilnya waktu yang digunakan dapat mempengaruhi proses pendinginan. Jika *blowing time* terlalu lama maka akan menyebabkan dimensi botol relatif menjadi lebih besar dan jika *blowing time* terlalu pendek maka akan menyebabkan temperatur botol tinggi dan penyusutan lebih besar.

### 2.3.2 *Blowing Pressure*

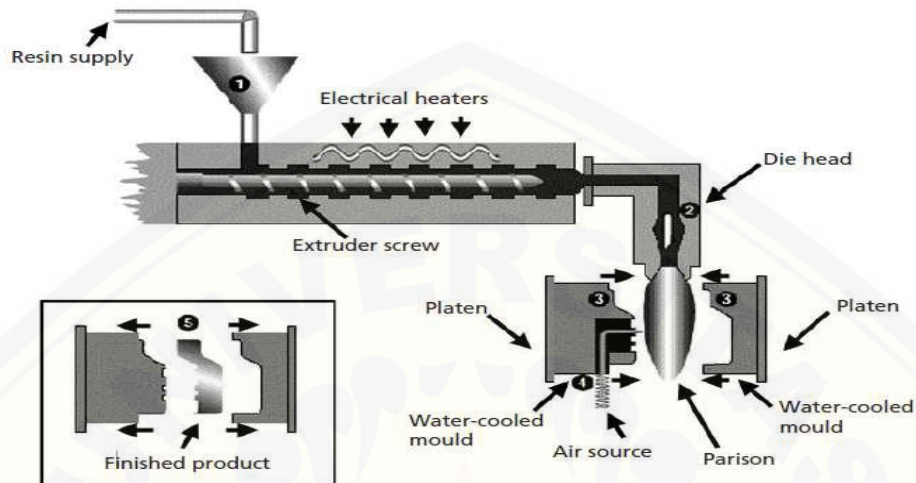
*Blowing pressure* adalah tekanan yang dibutuhkan untuk meniup parison pada cetakan. Jika *blowing pressure* terlalu rendah maka produk yang terbentuk tidak sempurna dan dimensi yang dihasilkan tidak sesuai dengan spesifikasi. Jika *blowing pressure* terlalu besar akan menyebabkan *parting line* dari produk melebar dan akhirnya pecah.

### 2.3.3 *Barrel Temperature*

*Barrel temperature* adalah temperatur atau suhu pada yang digunakan untuk melelehkan plastik menjadi parison. Suhu harus diatur agar material yang akan dilelehkan tidak terlalu lembek atau tidak terlalu padat. Semakin panas temperatur parison yang keluar maka parison akan lembek, lengket, dan parison yang keluar kebanyakan lebih panjang. Sementara, semakin dingin temperatur parison yang keluar maka parison akan sulit mengembang.

## 2.4 Proses Pembentukan Produk Botol 215 ml

Gambar 2.5 berikut ini merupakan mekanisme dari mesin blow molding sampai menghasilkan produk botol.



Gambar 2.5 Alur proses pada mesin *blow molding* (Lee, 2006)

Penjelasan dari Gambar 2.5 adalah sebagai berikut:

### 1. Persiapan Material

Langkah pertama adalah menyiapkan material plastik yang akan digunakan. Dalam proses pembuatan produk botol 215 ml ini material plastik yang digunakan adalah *low density polyethylene* (LDPE), dengan komposisi 100% biji plastik murni. Kemudian material tersebut akan ditimbang sesuai dengan kebutuhan, setelah itu material akan dimasukkan ke dalam *hopper* (nomor 1 pada Gambar 2.5) dan siap proses.



Gambar 2.6 Material LDPE (Hermawan & Astika, 2009)

## 2. Proses Pemanasan Material

Material *low density polyethylene* (LDPE) dipanaskan dengan temperatur proses 149 – 232°C (Kristiyantoro dkk, 2011). Proses pemanasan tersebut terjadi di dalam *barrel* yang dilakukan secara kontinyu. *Screw* berputar dengan kecepatan tertentu untuk mesin yang memproduksi botol 215 ml yaitu mesin *Blow Molding* BM 01.

## 3. Proses Pembentukan Lelehan Plastik (*Parisson*)

Setelah material dipanaskan, material tersebut masuk ke zona *die head* untuk membentuk lelehan plastik (*parisson*). Dalam *die head* terdapat *pin* dan *die* yang berfungsi untuk membentuk diameter dan ketebalan *parisson*, sesuai dengan gambar 2.5 yaitu pada nomor 2.

## 4. Proses Pembentukan Produk

Setelah *parisson* keluar dari *die head* secara otomatis *parisson* ditangkap oleh *mold* (cetakan) dan *blow pin* bergerak menuju *mold*. Ujung *blow pin* masuk ke dalam *mold* dan kemudian *blow pin* menghasilkan tiupan ke dalam cetakan sehingga menghasilkan produk yang sesuai dengan cetakan (*mold*). Kemudian produk didinginkan dan dikeluarkan produk dari cetakan.

## 5. Proses Pengukuran *volume* produk

Pada proses ini pengukuran dilakukan dengan menggunakan gelas ukur, dengan cara mengisi penuh gelas ukur dengan air kemudian di tuangkan ke dalam produk botol 215 ml. Ulangi cara tersebut hingga volume botol penuh.

### 2.5 *Response Surface Methodology* (RSM)

*Response surface methodology* (RSM) atau metode permukaan respon merupakan salah satu metode yang berperan penting dalam merancang, merumuskan, mengembangkan serta menganalisis suatu kajian ilmiah dan produk. Menurut Hill dan Hunter, metode ini pertama kali diperkenalkan oleh G.E.P Box dan Wilson di tahun 1951-an. Namun menurut Mead dan Pike, RSM berawal pada tahun 1930-an menggunakan *curves respons* (Montgomery, 2002).

Penelitian yang telah dilakukan oleh Myers menyatakan bahwa desain *orthogonal* dilatarbelakangi oleh Box dan Wilson pada tahun 1951 dalam kasus

model orde pertama. Dalam model orde ke-2, adanya pengetahuan tentang *the central composite design* (CCDs) dan juga *three-level design* oleh Box dan Behken (1960). Selain Myers, Hartley pada tahun 1959 juga melakukan penelitian yang berkontribusi penting, yaitu meringkas atau membuat lebih ekonomis dalam arti lain membuat desain komposit menjadi lebih kecil (Montgomery, 2002).

Metode respon permukaan (RSM) sendiri adalah suatu metode dengan menggabungkan teknik matematika dengan teknik statistika untuk membuat model serta menganalisis suatu respon (faktor Y) yang dipengaruhi oleh beberapa variabel bebas (faktor X), dengan tujuan mengoptimalkan respon. Ada dua desain dalam menggunakan metode RSM, yaitu *central composite design* dan *box behken design* (Montgomery, 2002).

Baik dari industri proses maupun industri manufaktur telah menggunakan metode RSM ini guna untuk menentukan parameter yang optimal. Tujuan dari metode ini adalah sebagai berikut:

- Mencari fungsi respon sebagai model yang menunjukkan antara hubungan variabel bebas dan variabel respon.
- Menentukan nilai dari variabel bebas yang menghasilkan respon yang optimal.

#### 2.5.1 Central Composite Design

*Central composite design* ini adalah desain yang merekomendasikan untuk perencanaan desain yang dilakukan secara berulang-ulang. Pada desain dengan jumlah faktor yang sama, maka jumlah eksperimen yang dilakukan lebih banyak jika dibanding dengan *box behken design*.

Tabel 2.2 yaitu *central composite design* yang terdiri atas faktorial  $2^k$  (fraksional faktorial dengan resolusi V) atau disebut  $2k$  titik atau percobaan aksial, dan titik pusat (*center point*) sebanyak  $N_c$ . Terdapat 2 parameter yang harus diketahui dalam rancangan ini, yaitu jarak titik aksial  $\alpha$  dari pusat rancangan dan berapa banyak *center point*  $n_c$  (Faulina dkk, 2011).



Tabel 2.2 Tabel *central composite design* (CCD)

	Jumlah Variabel, k				
	2	3	4	5	6
$n_f$ (untuk 2 atau $2^k$ )	4	8	16	32	64
Banyaknya titik aksial = $2k$	4	6	8	10	12
$\alpha = (nf)1/4$	1.414	1.682	2.000	2.378	2.828
$N_c$	$N_c$	$N_c$	$N_c$	$N_c$	$N_c$
Total	$8+nc$	$14+nc$	$24+nc$	$42+nc$	$76+nc$

### 2.5.2 Box Behken Design

Untuk tahapan ini merupakan kebalikan dari *central composite design*. Penjelasannya, pada *box behken design* perencanaan yang digunakan untuk desain eksperimen yang tidak sekuensial atau tidak secara berulang-ulang. Artinya perencanaan hanya dilakukan sekali eksperimen saja. Untuk desain dengan jumlah faktor yang sama, jumlah eksperimen yang dilakukan lebih sedikit dibanding dengan *central composite design*. Box dan Behnken (1960) memperkenalkan rancangan tiga-tahap untuk menyusun respon surface. Rancangan ini dibentuk dengan mengombinasikan factorial  $2k$  dengan rancangan kelompok tidak lengkap (*incomplete blocking*). Hasil rancangan umumnya sangat efisien dalam kaitannya dengan menentukan banyaknya percobaan yang harus dilakukan serta rancangan ini memenuhi rotatabilitas atau paling tidak hampir rotatabilitas.

Tabel 2.3 merupakan *Box-Behnken* dengan  $k=3$  yaitu desain respon permukaan tiga tingkat desain faktorial. Menggabungkan dua tingkat desain faktorial dengan desain blok lengkap dengan cara tertentu. Desain Box-Behnken diperkenalkan untuk membatasi ukuran sampel sebagai jumlah parameter tumbuh. Ukuran sampel disimpan ke nilai yang cukup untuk estimasi koefisien dalam derajat kedua kuadrat mendekati jumlahnya banyak. Dalam desain *Box-Behnken*, blok sampel yang sesuai dengan dua level desain faktorial diulang lebih dari *set* yang berbeda dari parameter. Parameter yang tidak termasuk dalam desain faktorial tetap pada tingkat rata-rata mereka di seluruh blok. Jenis (penuh atau pecahan), ukuran faktorial, dan jumlah blok yang dievaluasi, tergantung pada jumlah parameter dan dipilih sehingga desain memenuhi, persis atau sekitar,

kriteria rotatability. Desain eksperimental dikatakan diputar jika varians dari respon diprediksi pada setiap titik merupakan fungsi dari jarak dari titik pusat saja. Dimana 3 parameter: 3 dari 3 blok dengan  $2^2$  faktorial lengkap, ditambah titik pusat.

Seperti yang dijelaskan sebelumnya, pada tahap pertama ditujukan untuk mencari fungsi respon sebagai model regresi yang menunjukkan antara variabel bebas dan variable respon. Kemudian memilih model yang paling sesuai, biasanya diperiksa apakah model antar variabel adalah model linier (model orde satu) atau model polynomial (Peterson, 1985).

Menurut Kristiyantoro (2009), secara umum bentuk persamaan model regresi orde pertama dinyatakan sebagai berikut :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \mathcal{E} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan : Y = Variabel respon

$\beta_0$  = Intesep

$\beta_1$  = Koefisien parameter model

$X_1$  = Nilai koding variabel bebas

$\mathcal{E}$  = Residual dengan asumsi IIDN  $(0, \sigma^2)$

Pendugaan untuk orde pertama dapat ditunjukkan pada persamaan berikut (Kristiyantoro, 2009) :

$$Y = b_0 + \sum_{k=0}^n b_i X_i \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan : Y = Nilai pendugaan

$b_0$  = Konstanta

$b_i$  = Taksiran parameter

$X_i$  = Variabel bebas

Persamaan orde kedua dinyatakan sebagai berikut :

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i < j} \beta_{ij} X_i X_j + \mathcal{E} \dots \dots \dots (3)$$

Pendugaan untuk orde kedua adalah dapat ditunjukkan pada persamaan berikut (Kristiyantoro, 2019) :

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_{1i} X_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k b_{ij} X_i X_j \dots \dots \dots (4)$$

Jika  $K = 3$  penduga untuk orde kedua, menjadi (Kristiyantoro, 2009) :

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2 + b_{33} X_3^2 + b_{12} X_1 X_2 + b_{13} X_1 X_3 + b_{23} X_2 X_3 \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan :  $X_i$  = Variabel bebas

$i = 1, 2, 3, \dots, k$

$b_0$  = Konstanta

$b_i$  = Koefisien parameter mode

### 2.5.3 Pengujian Model

#### a. Koefisien Korelasi (R)

Koefisien korelasi menunjukkan kedekatan hubungan antara nilai X (prediktor) dan nilai Y (respon). Semakin mendekati angka 1 atau -1 nilai koefisien korelasinya maka semakin besar pengaruh X terhadap Y. Koefisien korelasi dilambangkan dengan R dan nilainya terletak antara  $-1 \leq R \leq 1$ . Jika  $R < 0$  atau negatif maka semakin nilai R mendekati angka -1 semakin besar pula korelasinya. Artinya semakin besar nilai X menyebabkan nilai Y-nya semakin kecil. Sebaliknya jika nilai  $R \leq 1$  atau positif maka semakin nilai R mendekati angka 1 maka korelasinya semakin besar atau semakin besar X menyebabkan semakin besar pula nilai Y.

#### b. Koefisien Determinasi ( $R^2$ )

Koefisien determinasi ( $R^2$ ) adalah suatu nilai statistik yang dapat digunakan untuk mengetahui apakah ada hubungan pengaruh antara dua variabel (variabel X dan Y). Nilai koefisien determinasi menunjukkan prosentase total variasi nilai variabel dependen (Y) yang dapat dijelaskan oleh persamaan regresi yang dihasilkan. Koefisien determinasi nilainya terletak antara  $0 < R^2 < 1$ . Semakin besar nilai  $R^2$  maka semakin besar pula pengaruh semua variabel X

terhadap variabel Y. Untuk mendapatkan model yang baik maka nilai  $R^2$  diharapkan mendekati 1.

c. Pengujian Adanya Penyimpangan (Uji *Lack of Fit*)

Dalam menentukan ketepatan model diperlukan uji *lack of fit*. Tujuan pengujian *lack of fit* adalah untuk mengetahui kesesuaian model yang dihasilkan. Uji ini menggunakan *mean square lack of fit* dan *mean square pure error* dengan nilai distribusi F. Hipotesisnya :

$H_0$  = tidak ada *lack of fit* dalam model

$H_1$  = ada *lack of fit* dalam model

Uji statistik yang digunakan adalah:

$$F_{rasio} = \frac{MS_{LOF}}{MS_{PE}} \dots\dots\dots(6)$$

Tolak  $H_0$  apabila  $F_{rasio} > F_{(\alpha; n-k-1-n_e)}$  yang berarti ada ketidak-sesuaian (*lack of fit*) antara model yang diduga dengan model sebenarnya.

d. Pengujian Parameter Serentak

Hipotesis yang digunakan dalam pengujian parameter regresi secara serentak adalah sebagai berikut:

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = 0$

$H_1$  : minimal ada satu  $\beta_j \neq 0 ; j = 1, 2, \dots, k$

Uji statistik yang digunakan:

$$F_{hitung} = \frac{MS_R}{MS_E} = \frac{SS_R / k}{SS_E / (N-1-k)} \dots\dots\dots(7)$$

Daerah penolakan yaitu tolak  $H_0$  pada tingkat signifikansi  $\alpha$  apabila  $F_{hitung} > F_{(\alpha; k; n-1-k)}$  yang berarti secara statistik variabel-variabel bebas terhadap terjadinya perubahan pada variabel respon Y dalam model.

Hipotesisnya adalah sebagai berikut:

$H_0: \beta_i = 0$

$H_1: \beta_1 \neq 0$

Statistik uji :

$$t = \frac{b_i}{s(b_i)} \text{ dengan } b_i \text{ adalah taksiran } \beta_i \text{ dan } s(b_i) = \sqrt{\frac{\alpha^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})}} \dots \dots \dots (8)$$

Penolakan hipotesis dilakukan jika  $|t_{hit}| > t_{n-k-1; \alpha/2}$

#### e. Pemeriksaan Asumsi Residual

Residual didefinisikan sebagai selisih antara nilai pengamatan dan nilai dugaannya  $e_i = Y_i - \hat{Y}_i$ . Dalam analisis regresi terdapat asumsi bahwa residual bersifat bebas satu sama lain (independen) mempunyai mean nol dan varians yang konstan  $\alpha^2$  (identik) dan berdistribusi normal atau  $\varepsilon_i \sim \text{IIDN}(0, \alpha^2)$ . Oleh karena itu dalam setiap pendugaan model harus dilakukan pemeriksaan asumsi apakah terpenuhi atau tidak. Untuk pemeriksaan asumsi apakah model terpenuhi atau tidak, dibawah ini terdapat beberapa uji untuk pemeriksaan asumsi yaitu sebagai berikut:

##### 1) Uji Identik

Pengujian varian identik bertujuan untuk memenuhi apakah residual mempunyai penyebaran yang sama. Hal ini dilakukan dengan memeriksa plot  $e_i$  terhadap  $\hat{Y}_i$  (secara visual). Jika penyebaran datanya acak (menyebar disekitar garis nol) dan tidak menunjukkan pola-pola tertentu maka asumsi identik terpenuhi.

##### 2) Uji Independen

Uji independen digunakan untuk menjamin bahwa pengamatan telah dilakukan secara acak yang berarti antar pengamatan tidak ada korelasi. Pemeriksaan asumsi ini dilakukan dengan menggunakan plot ACF (*Auto Correlation Function*). Bila nilai korelasi berada dalam interval  $\pm \frac{2}{\sqrt{n}}$  maka residual bersifat independen.

##### 3) Uji Distribusi Normal

Uji distridusi normal dilakukan untuk menguji apakah residual terdistribusi normal atau tidak dilakukan dengan menggunakan *normal probability plot* yang menyatakan probabilitas dari residual suatu respon. Jika plot membentuk garis lurus dari kiri bawah ke kanan atas menunjukkan residual berdistribusi normal (Amrillah, 2006). *Kolmogorov-smirnov normality test*

merupakan salah satu pengujian kenormalan residual. Hipotesa yang digunakan adalah:

$H_0$  : residual berdistribusi normal

$H_1$  : residual tidak berdistribusi normal.

Terima  $H_0$  apabila  $Pvalue > \alpha$

## 2.6 Optimasi Respon

Optimasi merupakan usaha di dalam penelitian untuk mendapatkan level-level variabel bebas agar mendapatkan respon yang optimal. Pendekatan fungsi *desirability* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk optimasi multi-respon. Adapun persamaannya adalah:

$$D = (d_1(y_1)d_2(y_2)...d_p(y_p))^{1/p} \dots\dots\dots(9)$$

dimana :

D = *desirability* total

$d_p$  = fungsi *desirability* masing-masing

p = jumlah *output* yang diinginkan

y = *transfer function* masing-masing

Metoda *desirability* memiliki empat cara untuk menyelesaikan optimasi respon dan masing-masing cara hanya cocok untuk kasus tertentu, yaitu:

### a. *The Large is Better*

Pada kasus ini nilai maksimum dari  $y_i$  adalah nilai yang paling diinginkan dan  $d_i(y_i)$  didefinisikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} d_i(y_i) &= 0 & y_i &\leq L_i \\ d_i(y_i) &= \left(\frac{y_i - L_i}{U_i - L_i}\right)^{\omega_i} & L_i &\leq y_i \leq U_i \dots\dots\dots(10) \\ d_i(y_i) &= 1 & y_i &\geq U_i \end{aligned}$$

b. *The Smaller is Better*

Pada kasus ini nilai minimum dari  $y_i$  adalah nilai yang paling diinginkan dan  $d_i(y_i)$  didefinisikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 d_i(y_i) &= 1 & y_i &\leq L_i \\
 d_i(y_i) &= \left(\frac{y_i - L_i}{U_i - L_i}\right)^{\omega_i} & L_i &\leq y_i \leq U_i \dots\dots\dots(11) \\
 d_i(y_i) &= 0 & y_i &\geq U_i
 \end{aligned}$$

c. *Nominal The Best*

Pada kasus ini target dari respon adalah hasil yang paling diinginkan dan  $d_i(y_i)$  didefinisikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 d_i(y_i) &= 0 & y_i &\leq L_i \\
 d_i(y_i) &= \left(\frac{y_i - L_i}{U_i - L_i}\right)^{\omega_{1i}} & L_i &\leq y_i \leq U_i \dots\dots\dots(12)
 \end{aligned}$$

$$d_i(y_i) = \left(\frac{y_i - L_i}{U_i - L_i}\right)^{\omega_{2i}} \quad T_i \leq y_i \leq U_i \dots\dots\dots(13)$$

$$d_i(y_i) = 0 \quad y_i \geq U_i$$

d. *Constrain*

Pada kasus ini respon yang diinginkan adalah sepanjang batas atas dan batas bawah dan  $d_i(y_i)$  didefinisikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 d_i(y_i) &= 0 & y_i &\leq L_i \\
 d_i(y_i) &= 1 & L_i &\leq y_i \leq U_i \dots\dots\dots(14) \\
 d_i(y_i) &= 0 & y_i &\geq U_i
 \end{aligned}$$

dimana :

$L_i$  = batas bawah  $y_i$

$U_i$  = batas atas  $y_i$

$T_i$  = nilai target

$\omega_i$  = bobot relative

### BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kemasan Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember, Kabupaten Jember. Sedangkan waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2018 sampai dengan September 2019.

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Bahan

Pada penelitian yang dilakukan, bahan yang akan digunakan adalah LDPE (*Low Density Polyethylene*) dengan komposisi 100% biji plastik murni LDPE.

##### 3.2.2 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah mesin *Blow Molding* BM 01, dengan spesifikasi:

1. Tegangan listrik : 220 v, 200 watt
2. Tekanan kompresor : 8 bar
3. *Temperature heater* : 40°C – 400°C
4. Putaran motor : maksimal 3000 rpm



Gambar 3.1 Mesin *blow molding* BM 01



### 3.3 Tahap Penelitian

Tujuan dari tahap penelitian ini adalah mendapatkan informasi permasalahan yang akan diteliti serta mengetahui kondisi pada tempat penelitian tersebut. Tahapan penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

a) Identifikasi Masalah dan Studi Lapangan

Pada tahap ini merupakan tahap permulaan dari penguasaan masalah, dengan artian kita mencari suatu objek tertentu dan dalam kondisi atau situasi tertentu pada penelitian yang kita lakukan tentunya, guna untuk mengetahui hal yang menurut kita menjadi suatu masalah. Kemudian dari masalah tersebut kita mencari solusi agar dapat menyelesaikan masalah tersebut. Studi lapangan dilakukan pada mesin blow molding yang memproduksi produk botol 215 ml di Laboratorium Kemasan Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.

b) Studi Pustaka

Dari studi pustaka kita diharuskan untuk mencari informasi yang berkaitan dengan penelitian. Informasi tersebut dapat diperoleh dari berbagai referensi atau sumber, seperti pada penelitian yang dilakukan sebelumnya, kemudian bisa dari jurnal atau skripsi, dll. Tujuan dari studi pustaka sendiri adalah untuk mengumpulkan informasi agar kita mendapatkan teori dan konsep, sehingga kita mempunyai landasan serta kerangka berpikir untuk menjelaskan permasalahan tersebut.

c) Perumusan Masalah dan Penentuan Tujuan Penelitian.

Setelah mendapatkan pokok permasalahan dan mendapatkan referensi sebagai acuan dalam menyelesaikan masalah tersebut kemudian tahap selanjutnya adalah perumusan masalah dan penentuan tujuan masalah.

d) Penetapan Variabel Faktor dan Level yang digunakan serta Variabel Respon.

Terdapat variabel proses yang mempengaruhi dalam proses *blow molding*, ada dua variabel yaitu:

### 1. Variabel Respon (Variabel tak bebas)

Variabel respon sendiri meliputi karakteristik kualitas yang kritis pada produk botol yang akan diamati dan diteliti. Dalam penelitian ini variabel respon yang digunakan adalah *volume* produk. Adapun gambar produk disajikan dalam Gambar 3.2 berikut ini :



Gambar 3.2 Botol 215 ml

### 2. Variabel Proses (Variabel Bebas)

Pada variabel proses ini merupakan variabel yang besarnya dapat ditentukan dan dikendalikan berdasarkan pertimbangan tertentu dan tujuan penelitian itu sendiri. Ada tiga variabel proses yang diduga berpengaruh terhadap *volume* produk, yaitu *blowing time* (5, 6 dan 7 s), *blowing pressure* (5, 6 dan 7 bar) dan *barrel temperature* (190, 200 dan 210°C).

Pada penelitian ini alat yang digunakan adalah mesin *blow molding* BM 01. Mesin ini tidak pernah dioperasikan sebelumnya, sehingga tidak adanya acuan yang dapat digunakan untuk

mengoperasikan alat tersebut. Berdasarkan hal tersebut maka peneliti melakukan *pra-riset* terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai yang akan digunakan pada masing-masing variabel proses.

Tabel 3.1 Level yang digunakan

Faktor	Level 1	Level 2	Level 3
Kode	-1	0	+1
<i>Blowing Pressure</i>	5 bar	6 bar	7 bar
<i>Blowing Time</i>	5 s	6 s	7 s
<i>Temperature barrel</i>	190°C	200°C	210°C

Tabel 3.2 Desain eksperimen

Parameter			Volume (ml)
Blowing Pressure	Blowing Time	Barrel Temperature	
5	5	200	
7	5	200	
5	7	200	
7	7	200	
5	6	190	
7	6	190	
5	6	210	
7	6	210	
6	7	190	
6	7	190	
6	5	210	
6	7	210	
6	6	200	
6	6	200	
6	6	200	

### 3.4 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Tahap ini dilakukan setelah dapat mengidentifikasi permasalahan dalam penelitian, setelah itu kita dapat menyusun langkah-langkah pemecahan masalah secara sistematis. Tahap ini terdiri dari:

#### a. Penentuan Desain Eksperimen

Pada tahap ini agar penentuan desain eksperimen yang dilakukan sesuai target dan sesuai tujuan yang diinginkan, maka harus melakukan perencanaan sebelum eksperimen dilakukan, sebagai berikut :

- Mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh dalam proses
- Menentukan variabel faktor pada proses
- Penetapan level-level faktor
- Perencanaan eksperimen

#### b. Tahap Eksperimen

Langkah-langkah eksperimen adalah sebagai berikut :

1. Memasukkan bahan baku ke dalam tandon material dengan bahan LDPE, komposisi 100% biji plastik murni.
2. Mengatur *barrel temperature* dengan *melting temperature*, yaitu 190°C, 200°C, 210°C kemudian jalankan mesin.
3. Mengatur *blowing time*, yaitu 5s, 6s, dan 7s dan *blowing pressure*, yaitu 5 bar, 6 bar , 7 bar ,
4. Setelah produk jadi, melakukan pengukuran *volume* produk dan Mencatat hasil.
5. Mengulangi langkah 1–3 dengan mengubah nilai variabel *barrel temperature*, *blowing time* dan *blowing pressure* sesuai dengan level.
6. Melakukan pengambilan data dan kombinasi level berdasarkan rancangan *box-behken design*.
7. Kemudian pengolahan data menggunakan *software* Minitab 18.
8. penyusunan laporan.

c. Tahap Analisa Data

Pada tahap ini menggunakan metode permukaan respon (*respon surface methodology*), tahapannya adalah sebagai berikut:

1. Penyajian Data

Setelah proses pengambilan data selesai proses selanjutnya adalah memasukkan data sesuai rancangan desain *box-behken*, dengan  $k=3$ :

Table 3.3 Rancangan percobaan *Box-Behken Design* dengan  $k=3$

No.	$X_1$	$X_2$	$X_3$
1	-1	-1	0
2	1	-1	0
3	-1	1	0
4	1	1	0
5	-1	0	-1
6	1	0	-1
7	-1	0	1
8	1	0	1
9	0	-1	-1
10	0	1	-1
11	0	-1	1
12	0	1	1
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0

## 2. Pengolahan Data

Untuk pengolahan data menggunakan aplikasi perhitungan statistik Minitab 18, sehingga mendapatkan nilai koefisien. Setelah itu nilai koefisien tersebut kita masukkan ke dalam persamaan penduga untuk model orde kedua.

## 3. Pengujian Data

Langkah pertama yang harus dilakukan dalam tahap ini adalah melakukan pengujian kesesuaian model. Tahap tersebut antara lain :

- a Uji *lack of Fit*
- b Uji parameter serentak
- c Uji koefisien determinasi ( $R^2$ )

Setelah tahap pengujian kesesuaian model tahap berikutnya adalah pengujian residual, tujuannya adalah untuk mengetahui apakah residual memenuhi asumsi *Normally independent distributed* (IIDN  $(0, \alpha^2)$ ). Ada beberapa tahap dalam pengujian residual, yaitu uji identik, uji independen, uji distribusi normal.

## 4. Menentukan kondisi optimum (optimasi respon)

Pada tahap ini menggunakan cara pendekatan *desirability* dengan tujuan mencari kombinasi dari level-level variabel proses yang menghasilkan respon yang optimum. Ada empat cara pendekatan *desirability*, dan masing masing cara tersebut hanya cocok untuk kasus tertentu. Empat cara tersebut ialah :

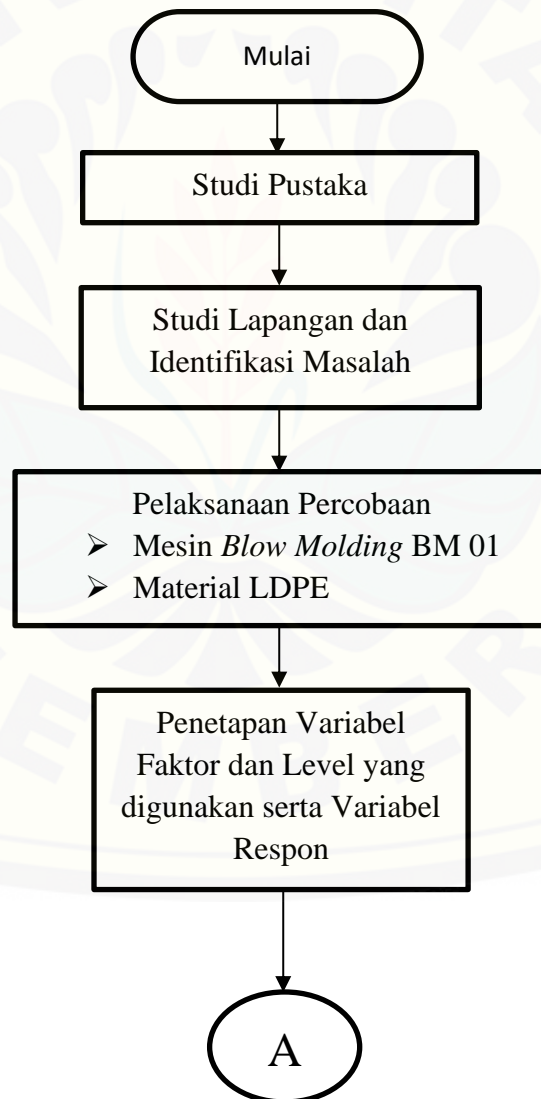
1. *Large is Better*
2. *The Smaller is Better*
3. *Nominal the Best*
4. *Constrain*

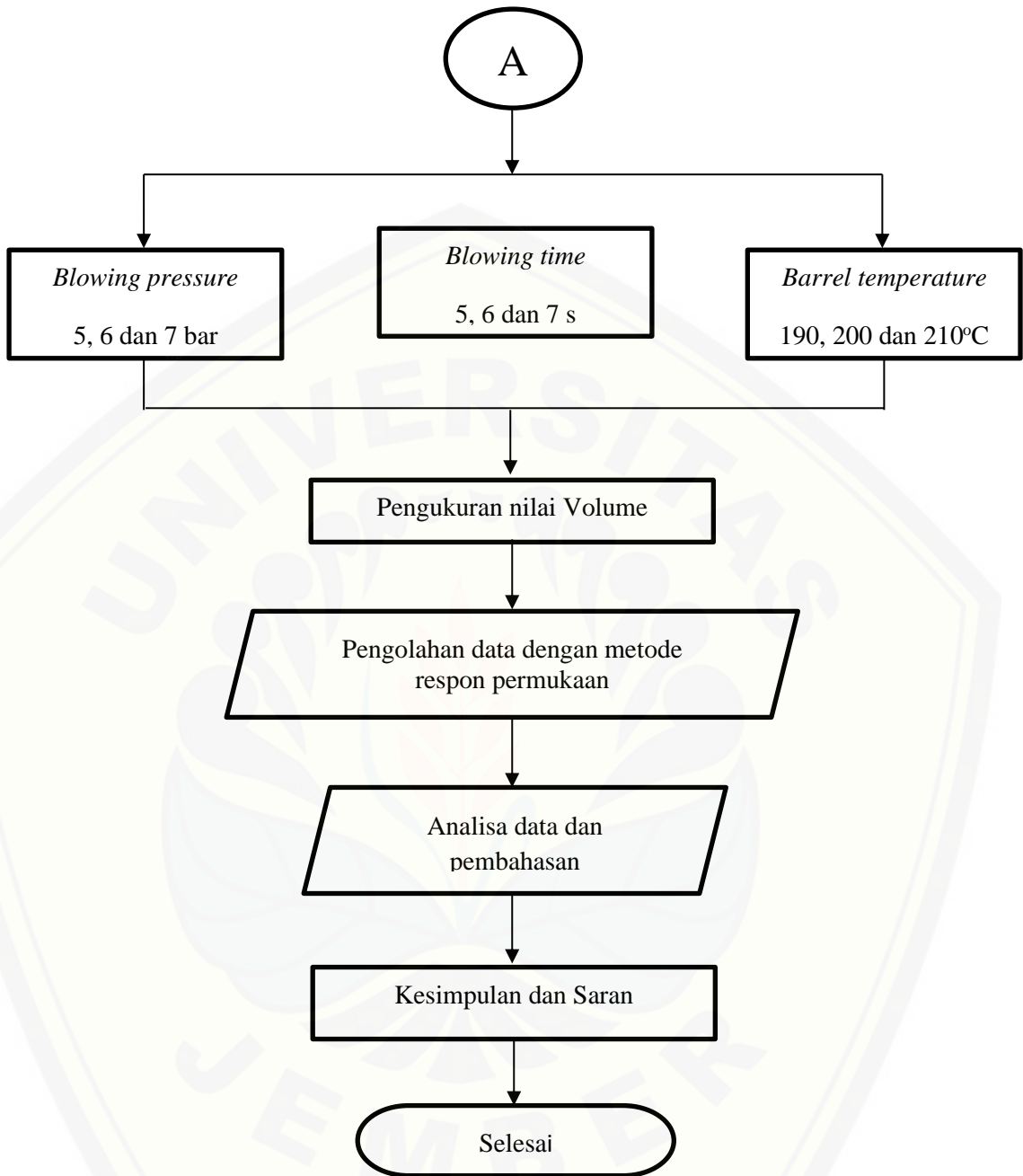
### 3.5 Tahap Penarikan Kesimpulan

Setelah melakukan analisis dan mendapatkan hasil pada tahap pengolahan data langkah berikutnya adalah menarik kesimpulan dari proses tersebut. Sehingga bisa menjawab dari rumusan masalah pada faktor yang diteliti. Serta saran-saran yang membangun dan berguna untuk penelitian-penelitian berikutnya.

### 3.6 Diagram Alir Penelitian

Tahapan dalam pelaksanaan penelitian disajikan dalam sebuah diagram alir guna mempermudah pemahaman setiap langkah yang akan dilaksanakan. Adapun diagram alir dari penelitian ditunjukkan Gambar 3.3.





Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian



## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian dan analisis data menggunakan metode respon permukaan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa:

- a. Variasi parameter yang paling berpengaruh terhadap volume botol adalah *barrel temperature* dengan koefisien regresi penduga bernilai positif sebesar 5,000 hal ini menunjukkan bahwa *barrel temperature* memiliki pengaruh terbesar terhadap volume produk yang dihasilkan dibanding parameter yang lain. Sedangkan pengaruh terkecil adalah pada *blowing time* dengan koefisien regresi penduga sebesar 0,167.
- b. Analisis yang didapatkan pada penelitian ini, yaitu variasi parameter terhadap volume telah mencapai target yang diharapkan. Untuk mencapai volume 215 ml, dibutuhkan parameter *blowing pressure* sebesar 6,0 bar, *blowing time* sebesar 6,0 s dan *barrel temperature* sebesar 206°C.

### 5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian, saran yang dapat penulis sampaikan adalah sebagai berikut:

- a. Dalam penelitian ini penulis menggunakan respon volume, diharapkan untuk peneliti selanjutnya menggunakan respon yang berbeda.
- b. Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode respon permukaan sebagai metode pengolahan data, diharapkan untuk peneliti selanjutnya menggunakan metode pengolahan data lainnya.

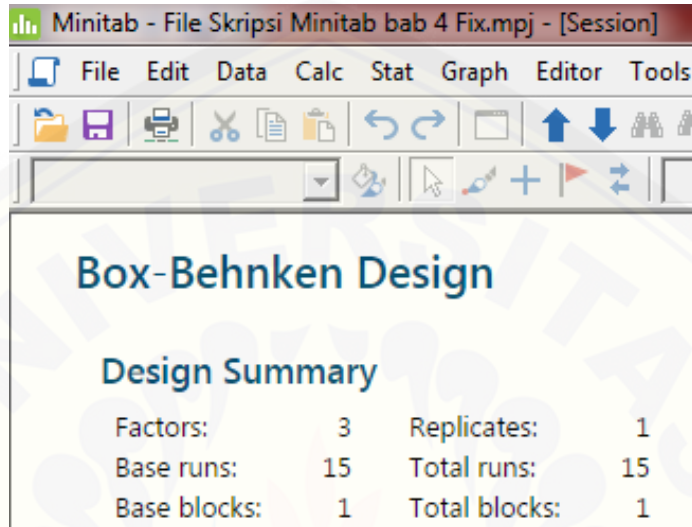
**DAFTAR PUSTAKA**

- Ahvenainen, R. 2003. *Modern Plastics Handbook*. Woodhead Publishing Limited. 1:4.
- Andrady, A. L., 2003. *Plastic and The Environment*. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey.
- Anhar, M. A., F. Bisono, dan N. Arumsari. 2016. Optimasi Parameter Proses *Blow Moulding* Terhadap Ketebalan dan Dimensi *Snap* pada Botol dengan Metode Taguchi *Grey Relational Analysis*. *Proceedings Conference on Design Manufacture Engineering and its Application*. P.169-172. Surabaya. Indonesia.
- Dominghous, H. 1993. *Plastics for Engineers*. Munich. New York. Hanser Publisher.
- Faulina, R., S. Andari, dan D. Anggraeni. 2011. *Response surface methodology (RSM) dan aplikasinya*. *Skripsi*. Surabaya: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh November.
- Firdaus. 2002. Studi eksperimental pengaruh parameter proses pencetakan bahan plastik terhadap cacat penyusutan (*Shrinkage*) pada benda cetak *pneumatics holder*. *Jurnal Teknik Mesin*. 4(2): 75-80.
- Gibran, M. K., dan FX. Kristianta. 2016. Optimasi waktu siklus produksi kemasan produk 50 ml pada proses *blow molding* dengan metode respon permukaan. *Jurnal Rotor*. 9(1): 35-39.
- Harper. 1975. *Handbook of plastic and elastomer*. Westing House Electric Corporation, Baltimore. Maryland.
- Hermawan, Y., dan I. M. Astika. 2009. Optimasi waktu siklus pembuatan kemasan produk *chamomile* 120 ml pada proses *blow molding*. *Jurnal Teknik Mesin*. 3(1): 18-25.
- Kazmer, D. 1992. *Simulation of the blow molding and thermoforming processes*. *Proceedings of the International Industrial Engineering Conference*. P.269-275. Chicago. IL.

- Kristiyantoro, T., M. Darsin, dan Y. Hermawan. 2011. *Optimization of Cycle Time by Response Surface Method in Manufacturing Chamomile 120 ml Bottle Using Blow Molding Process. Proceeding of the 11th International Conference on QiR*. P.1270-1273. Depok. Indonesia.
- Landi, T., dan Arijanto. 2017. Perancangan dan uji alat pengolah sampah plastik jenis LDPE menjadi bahan bakar *alternative*. *Jurnal Teknik Mesin*. 5(1): 1-8.
- Lee, N. C. 2006. *Practical guide to blow molding*. North America. Ismithers Rapra Publishing.
- Manurung, N. 2017. Pembuatan bahan bakar minyak dari limbah plastik dengan menggunakan dua kondensor. *JITEKH*. 6(1): 11-16.
- Mas'ud, M. 2017. Optimasi proses mesin *stretch blow moulding* pada botol 600 ml dengan metode RSM. *Jurnal Teknik Mesin*. 18(1): 15-23.
- Merari, A.D., S. Rina, dan T. A. Setiawan. 2016. Perencanaan interval perawatan mesin *blow molding type* HBD 1 dengan metode reliability centered maintenance (RCM) di perusahaan manufaktur plastik. *Jurnal Teknik Mesin*. 15(2): 341-349.
- Meylina, L. D., dan S. Sunaryo. 2006. Optimasi *multi response surface* pada Industri kemasan botol plastik dengan pendekatan *fuzzy programming*. *Jurnal Teknik Mesin*. 2(3): 22-27.
- Montgomery, D. C. (2002). *Design and analysis of experiments*. 5th Ed. USA: John Wiley & Sons.
- Mujiarto, I. 2005. Sifat dan karakteristik material plastik dan bahan aditif. *Jurnal Teknik Mesin*. 3(2). 24-28.
- Musthofa, A., dan M. A. Irfai 2014. Penentuan *setting parameter* pembuatan botol DK. 8251 B pada proses *blow moulding* dengan menggunakan RSM (*Response Surface Methodology*). *Jurnal Teknik Mesin*. 2(3): 47-55.
- Syarief, R., dan Irawati. 1988. Pengetahuan bahan untuk industri pertanian. Jakarta : Mediatama Sarana Perkasa.

LAMPIRAN

6.1 Lampiran tabel data minitab



Gambar 6.1 Box-behnken design

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
	StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	BP	BT	TB	Volume Botol A	Volume Botol B	Volume Botol C	Rata-rata Volume
1	1	1	2	1	5	5	200	210	213	210	211,00
2	2	2	2	1	7	5	200	215	217	215	215,67
3	3	3	2	1	5	7	200	216	205	215	212,00
4	4	4	2	1	7	7	200	215	215	213	214,33
5	5	5	2	1	5	6	190	205	210	200	205,00
6	6	6	2	1	7	6	190	213	195	210	206,00
7	7	7	2	1	5	6	210	215	215	215	215,00
8	8	8	2	1	7	6	210	215	215	215	215,00
9	9	9	2	1	6	5	190	205	210	195	203,33
10	10	10	2	1	6	7	190	210	200	207	205,67
11	11	11	2	1	6	5	210	215	216	215	215,33
12	12	12	2	1	6	7	210	215	214	215	214,67
13	13	13	0	1	6	6	200	215	210	216	213,67
14	14	14	0	1	6	6	200	213	215	215	214,33
15	15	15	0	1	6	6	200	206	215	214	211,67

Gambar 6.2 Penyajian data minitab 18

Minitab - File Skripsi Minitab bab 4 Fix.mpj - [Session]

File Edit Data Calc Stat Graph Editor Tools Window Help Assistant

Response Surface Regression: Rata-rata Volume versus ... emperature

**Analysis of Variance**

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	9	251,730	27,970	14,95	0,004
Linear	3	208,222	69,407	37,11	0,001
Blowing Pressure	1	8,000	8,000	4,28	0,093
Blowing Time	1	0,222	0,222	0,12	0,744
Barrel Temperature	1	200,000	200,000	106,93	0,000
Square	3	39,646	13,215	7,07	0,030
Blowing Pressure*Blowing Pressure	1	0,257	0,257	0,14	0,726
Blowing Time*Blowing Time	1	0,206	0,206	0,11	0,754
Barrel Temperature*Barrel Temperature	1	38,667	38,667	20,67	0,006
2-Way Interaction	3	3,861	1,287	0,69	0,597
Blowing Pressure*Blowing Time	1	1,361	1,361	0,73	0,433
Blowing Pressure*Barrel Temperature	1	0,250	0,250	0,13	0,730
Blowing Time*Barrel Temperature	1	2,250	2,250	1,20	0,323
Error	5	9,352	1,870		
Lack-of-Fit	3	5,500	1,833	0,95	0,549
Pure Error	2	3,852	1,926		
Total	14	261,081			

Gambar 6.3 ANOVA

Minitab - File Skripsi Minitab bab 4 Fix.mpj - [Session]

File Edit Data Calc Stat Graph Editor Tools Window Help Assistant

Surface Plot of Rata-rata Volume vs Blowing Time; Blowing Pressure

Surface Plot of Rata-rata Volume vs Blowing Time; Blowing Pressure

**Response Optimization: Rata-rata Volume**

**Parameters**

Response	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Importance
Rata-rata Volume	Target	203,333	215	215,667	1	1

**Solution**

Solution	Blowing Pressure	Blowing Time	Barrel Temperature	Rata-rata Volume Fit	Composite Desirability
1	6	6	205,547	215,000	1,00000

**Multiple Response Prediction**

Variable	Setting
Blowing Pressure	6
Blowing Time	6
Barrel Temperature	205,547

Response	Fit	SE Fit	95% CI	95% PI
Rata-rata Volume	215,000	0,743	(213,091; 216,909)	(211,000; 219,000)

Gambar 6.4 Response optimization average volume

Minitab - File Skripsi Minitab bab 4 Fix.mpj - [Session]

File Edit Data Calc Stat Graph Editor Tools Window Help Assistant

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1,36761	96,42%	89,97%	62,97%

Coded Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	213,222	0,790	270,04	0,000	
Blowing Pressure	1,000	0,484	2,07	0,093	1,00
Blowing Time	0,167	0,484	0,34	0,744	1,00
Barrel Temperature	5,000	0,484	10,34	0,000	1,00
Blowing Pressure*Blowing Pressure	0,264	0,712	0,37	0,726	1,01
Blowing Time*Blowing Time	-0,236	0,712	-0,33	0,754	1,01
Barrel Temperature*Barrel Temperature	-3,236	0,712	-4,55	0,006	1,01
Blowing Pressure*Blowing Time	-0,583	0,684	-0,85	0,433	1,00
Blowing Pressure*Barrel Temperature	-0,250	0,684	-0,37	0,730	1,00
Blowing Time*Barrel Temperature	-0,750	0,684	-1,10	0,323	1,00

Gambar 6.5 Koefisien regresi penduga

## 6.2 Bahan yang digunakan



Gambar 6.6 Biji plastik LDPE

6.3 Foto saat penelitian'



(a)



(b)



(c)

(a) Mesin *blow molding* BM-01; (b) Kompresor; (c) Produk botol 215 ml

Gambar 6.7 Alat yang digunakan beserta produk boto