



**OPTIMASI WAKTU SIKLUS PRODUK BOTOL 150 ml
PADA PROSES BLOW MOLDING MENGGUNAKAN
METODE RESPON PERMUKAAN**

SKRIPSI

Oleh

M. Syaifuddin Ihsan

NIM 111910101091

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2015



**OPTIMASI WAKTU SIKLUS PRODUK BOTOL 150 ml
PADA PROSES BLOW MOLDING MENGGUNAKAN
METODE RESPON PERMUKAAN**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

M. Syaifuddin Ihsan

NIM 111910101091

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayah tercinta Selamat Hermanto yang sedang berusaha gigih untuk kesembuhannya. Terimakasih atas semua yang telah diberikan meskipun dalam keadaan yang membatasinya selama ini sehingga sekarang penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.
2. Ibuku tersayang Mariah, wanita pertama yang dicintai oleh penulis, terimakasih atas semua doa yang selalu dipanjatkan serta tak henti-hentinya memberikan semangat baik moral dan materil. Serta untuk seluruh keluarga besarku yang selalu meberika semangat.
3. Almarhum Om (Mukhromin S.T., M.T.) dan almarhum sahabatku (Oka).
4. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang tiada lelah membimbing dan mengarahkan, semoga menjadi ilmu yang bermanfaat dan barokah dikemudian hari. Bapak Dedi Dwilaksana S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak Dr. Agus Triono S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang selalu memberikan saran dan arahan yang sangat membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini. Bapak Hari Arbiyantara S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan Bapak Ir. FX Kristianta M.Eng selaku Dosen Penguji anggota yang banyak sekali saran yang sangat membantu dan arahan menuju ke arah yang benar dalam penyelesaian skripsi ini;
5. Saudara-saudaraku mahasiswa Teknik Mesin Universitas Jember angkatan 2011 yang senantiasa memberikan motivasi dan semangat selama awal perkuliahan hingga saat ini dan semoga akan selalu menjadi “DULUR SAK LAWASE”. Salam Solidarity Forever.
6. Serta semua civitas akademik baik dilingkungan UNEJ maupun seluruh instansi pendidikan, perusahaan dan lembaga terkait.

MOTTO

Sesungguhnya setelah kesusahan akan ada kemudahan.
(Terjemahan Surat Al-Insirah Ayat 6)

Jika ingin maju, jangan tunggu sampai ada orang yang memerintah kepada kita apa yang harus kita lakukan. Bergerak bukan karena perintah, bersemangat bukan karena takut, rajin bukan karena upah. Kegagalan bukan akhir dari pekerjaan tapi permulaan untuk mencapai sukses.
(Edward Joung)

Menerima kehidupan berarti menerima kenyataan bahwa tak ada hal sekecil apapun yang terjadi karena kebetulan. Ini fakta pencipta yang tak terbantahkan
(Harun Yahya)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : M. Syaifuddin Ihsan

NIM : 111910101091

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “OPTIMASI WAKTU SIKLUS PRODUK BOTOL 150 ml PADA PROSES BLOW MOLDING MENGGUNAKAN METODE RESPON PERMUKAAN” adalah benar-benar 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.

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

Jember, Desember 2015

Yang menyatakan,

(M. Syaifuddin Ihsan)

NIM 111910101091

SKRIPSI**OPTIMASI WAKTU SIKLUS PRODUK BOTOL 150 ml
PADA PROSES BLOW MOLDING MENGGUNAKAN
METODE RESPON PERMUKAAN**

Oleh

M. Syaifuddin Ihsan

NIM 111910101091

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T.

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

RINGKASAN

Optimasi Waktu Siklus Produk Botol 150 ml pada Proses *Blow Molding* Menggunakan Metode Respon Permukaan; M. Syaifuddin Ihsan, 111910101091; 2015; 89 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Seiring perkembangan zaman kebutuhan untuk plastik di Indonesia khususnya untuk kemasan meningkat. Peningkatan kebutuhan tersebut mengakibatkan industri kemasan plastic di Indonesia harus meningkatkan kuantitas dan kualitas produksinya. Mesin SMC1500DST merupakan salah satu mesin *extrusion blow molding* yang digunakan untuk memproduksi botol 150 ml. Pada proses produksi botol 150 ml ini dibutuhkan waktu siklus selama ± 20 detik dan menghasilkan 2880 botol per shift. Hal tersebut dinilai masih kurang karena kapasitas produksinya masih kurang memenuhi kapasitas yang diinginkan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dibutuhkan optimasi pada waktu siklus produksi botol 150 ml namun harus memperhatikan kualitas produknya, dalam hal ini adalah *netto* dan *volume* botol.

Dalam penelitian ini variabel proses (parameter) yang diambil antara lain *blowing pressure*, *blowing time* dan *stop time*, sedangkan variabel respon yang dipilih pada penelitian ini adalah *cycle time*, *netto* dan *volume*. Metode analisa yang digunakan adalah Metode Permukaan Respon. Metode analisa tersebut menghasilkan nilai variabel proses terhadap variabel respon yang optimal. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan variabel proses yang paling berpengaruh terhadap *cycle time* dan *netto* adalah *stop time*.

Dari hasil penelitian diperoleh keadaan optimum pada kondisi *blowing pressure* sebesar 6,01158 bar; *blowing time* sebesar 12 detik; dan *stop time* 1,06566 detik. Pada keadaan ini produksi dapat naik sebesar 9,105%. Dari keadaan optimum tersebut *netto* dan *volume* yang dihasilkan sesuai dengan standar yaitu 23,1 gram dan 210,1 ml, dan *cycle time* yang dihasilkan yaitu 18,179 detik.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Optimasi Waktu Siklus Produk Botol 150 ml pada Proses *Blow Molding* Menggunakan Metode Respon Permukaan”. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai sumber inspirasi dan panutan umat manusia dalam menjalani kehidupan di dunia ini. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis sangat berterima kasih kepada semua pihak yang telah membantu karena tidak lain tidak lepas dari bantuan berbagai pihak selama penyusunan skripsi ini kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia yang tidak pernah henti dapat penulis rasakan setiap detik dalam hidup ini.
2. Ayahanda dan ibunda tercinta yang senantiasa mendoakan dan memberi semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
3. Bapak Dedi Dwilaksana S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak Ir. Dwi Djumhariyanto M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, masukan, dan ide dalam penulisan skripsi ini.
4. Bapak Hari Arbiantara Basuki S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan Bapak Ir. FX Kristianta M.Eng selaku Dosen Penguji Anggota yang memberikan banyak sekali saran dan arahan yang sangat membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Seluruh dosen Universitas Jember khususnya Jurusan Teknik Mesin yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa.
6. Kepada Ayu Nurfitria Sugianingrum S.Kg yang tak pernah berhenti untuk memberikan semangat, masukan positif dan bantuan sehingga penulis dapat bertahan menghadapi semua permasalahan sampai selesainya pengerjaan tugas skripsi ini.

7. Sahabat-sahabatku Surya Cakra (alm), Erwin Prayogi S.E., Bovoni Rianti, Epritamala Pradika, Akhmad Mahfud S.T., Mariy Muslih S.T., Nala Hakam Amrullah S.T., Wahyu Budiku S.T., Yohana Kristianti S.T., Ichal Sonoe S.T., Dicky Dharmawan S.T., Vicky Kepo S.T., yang selama ini selalu mendoakan, memotivasi dan menginspirasi serta tak pernah lelah untuk meringangankan beban penulis.
8. Saudara-saudarakuku Teknik Mesin 11 universitas jember yang telah mengajarkan arti kebersamaan, persaudaraan, kekompakan dan kesetiaan kalian semua adalah “Dulur Sak Lawase” saudara seperjuangan yang selalu maju bersama tanpa saling menyingkirkan.
9. Saudara-saudaraku tim mobil listrik TITEN Universitas Jember yang telah mengajarkan pelajaran penting yang mungkin tak diberikan oleh para pendidik yang ada yaitu bagaimana cara memperjuangkan suatu tanpa mengharapakan sebuah pujian melainkan sebuah kebanggaan atas yang kita perjuangkan.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa manusia tidak luput dari salah dan lupa sehingga penulis sangat menerima adanya kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga hasil dari penelitian pada skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada semua pihak.

Jember, Desember 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Hipotesa	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Umum Plastik	6
2.2 <i>Blow Molding</i>	7
2.3 Proses Pembuatan Produk Botol 150 ml	11
2.4 Waktu Siklus Produksi	14
2.5 Desain Eksperimen	15
2.6 Metode Respon Permukaan	16

2.6.1 Pengujian Model	20
2.7 Optimasi Respon	23
BAB 3. METODE PENELITIAN	26
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	26
3.2 Bahan dan Alat	26
3.2.1 Bahan	26
3.2.2 Alat	26
3.3 Tahap Identifikasi Masalah	28
3.4 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data	31
3.5 Tahap Penarikan Kesimpulan	35
3.7 Urutan Pengerjaan	36
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Data Percobaan	38
4.2 Analisis Data <i>Cycle Time</i>	39
4.3.1 Pembentukan Model	39
4.3.2 Pengujian Kesesuaian Model	41
4.3.3 Pengujian Residual	42
4.3 Analisis Data <i>Netto</i>	47
4.2.1 Pembentukan Model	48
4.2.2 Pengujian Kesesuaian Model	49
4.2.3 Pengujian Residual	51
4.4 Analisis Data <i>Volume</i>	56
4.3.1 Pembentukan Model	56
4.3.2 Pengujian Kesesuaian Model	57
4.3.3 Pengujian Residual	59
4.5 Optimasi Respon	64
4.5 Pembahasan	68
4.5.1 Analisa Variabel Proses terhadap <i>Cycle Time</i>	68
4.5.2 Analisa Variabel Proses terhadap <i>Netto</i>	69

4.5.3 Analisa Variabel Proses Terhadap <i>Volume</i>	70
4.6 Perbandingan Hasil <i>Setting</i> Standar dengan <i>Setting</i> Hasil Penelitian	71
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	73
5.1 Kesimpulan	73
5.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN	76

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Klasifikasi Plastik	6
2.2 Proses Dasar Blow Molding	7
2.3 Proses <i>Injection Blow Molding</i>	9
2.4 Proses <i>Extrusion Blow Molding</i>	10
2.5 <i>Stretch Blow Molding</i>	11
2.6 Material <i>High Density Polyethylene</i> (HDPE)	12
2.7 Material <i>Afval</i> atau <i>Regrain</i> HDPE	12
2.8 Produk Botol 150 ml	14
2.9 Sistem Rotasi Cetakan Pada Proses Pembentukan Produk	15
3.1 Mesin <i>Blow Molding</i> Tipe SMC 1500	27
3.2 Neraca Analitik	28
4.1 <i>Plot residual versus fitted values</i> untuk <i>cycle time</i>	43
4.2 <i>Plot Autocorrelation Function</i> untuk <i>Cycle time</i>	44
4.3 <i>Plot probability</i> untuk <i>cycle time</i>	45
4.4 <i>Surface Plot Blowing Time</i> dan <i>Stop Time</i> terhadap <i>Cycle Time</i> pada <i>Blowing Pressure</i> 5 bar.....	45
4.5 <i>Contour Plot Blowing Pressure</i> dan <i>Stoiping Time</i> terhadap <i>Cycle Time</i> pada <i>Blowing Time</i> 12,0 detik.....	46
4.6 <i>Contour Plot Blowing Pressure</i> dan <i>Stop Time</i> terhadap <i>Cycle Time</i> pada <i>Stoiping Time</i> 0,5 detik	51
4.7 <i>Plot residual versus fitted values</i> untuk <i>netto</i>	52
4.8 <i>Plot Autocorrelation Function</i> untuk <i>Netto</i>	52
4.9 <i>Plot probability</i> untuk <i>netto</i>	53

4.10 <i>Contour Plot Blowing Time dan Stop Time terhadap Netto pada Blowing Pressure 5 bar</i>	54
4.11 <i>Surface Plot Blowing Pressure dan Blowing Time terhadap Netto pada Stop Time 0,5 detik</i>	55
4.12 <i>Contour Plot Blowing Pressure dan Stop Time terhadap Netto pada Blowing Time 12 detik</i>	55
4.13 <i>Plot residual versus fitted values untuk netto</i>	60
4.14 <i>Plot Autocorrelation Function untuk Volume</i>	61
4.15 <i>Plot probability untuk volume</i>	62
4.16 <i>Contour Plot Blowing Time dan Stop Time terhadap Volume pada Blowing Pressure 5 bar</i>	62
4.17 <i>Contour Plot Blowing Pressure dan Blowing Time terhadap Volume pada Stop Time 0,5 detik</i>	63
4.18 <i>Contour Plot Blowing Pressure dan Stop Time terhadap Volume pada Blowing Time 12 detik</i>	64
4.19 <i>Grafik Kombinasi Variabel-Variabel Proses yang Menghasilkan Respon Optimum</i>	67

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Tabel CCD	17
2.2 Rancangan Percobaan <i>Box-Behnken Design</i> dengan $k = 3$	18
3.1 Level yang Digunakan	32
4.1 Data Hasil Percobaan	38
4.2 Koefisien Penduga untuk <i>Cycle Time</i>	39
4.3 <i>Analysis of Variance</i> untuk <i>Cycle Time</i>	41
4.4 Koefisien Penduga untuk <i>Netto</i>	48
4.5 <i>Analysis of Variance</i> untuk <i>Netto</i>	50
4.6 Koefisien Penduga untuk <i>Cycle Time</i>	57
4.7 <i>Analysis of Variance</i> untuk <i>Cycle Time</i>	59
4.8 Nilai <i>Global Solution</i> dari Pendekatan Fungsi <i>Desirability</i> untuk <i>Netto</i> dan <i>Cycle Time</i>	66
4.9 Kombinasi Variabel Proses yang Menghasilkan Respon Optimum	67
4.10 Perbandingan <i>Setting</i> Standar Pabrik dengan <i>Setting</i> Hasil Penelitian .	68

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Data Hasil Percobaan Menggunakan Design Box Behken	76
B.1 Analisa <i>Response Surface</i> untuk <i>Cycle Time</i>	77
B.2 Gambar plot <i>surface</i> untuk <i>Cycle Time</i>	78
C.1 Analisa <i>Response Surface</i> untuk <i>Netto</i>	80
C.2 Gambar plot <i>surface</i> untuk <i>Netto</i>	81
D.1 Analisa <i>Response Surface</i> untuk <i>Volume</i>	83
D.2 Gambar plot <i>surface</i> untuk <i>Volume</i>	84
E Foto Foto Penelitian	86
F Surat Keterangan Penelitian	88
G Protokol Untuk Produk Botol 150 ml	89

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring perkembangan zaman kebutuhan akan plastik di Indonesia semakin meningkat. Hal ini dapat dilihat dengan meningkatnya permintaan produk plastik di Indonesia sekitar 4,6 juta ton per tahun dengan pertumbuhan rata-rata 5% per tahun, dimana porsi terbesar (40%) adalah untuk plastik kemasan (*Industry update bank mandiri*, volume 12 Juni 2012).

Hal tersebut mengakibatkan industri plastik di Indonesia harus mampu meningkatkan produksinya, baik dalam hal kuantitas maupun kualitas produksinya. Untuk meningkatkan produksinya, industri kemasan plastik harus mampu mengoptimalkan waktu siklus pada setiap proses produksinya, dimana waktu siklus merupakan waktu yang dibutuhkan sebuah mesin untuk menghasilkan satu produk. Permasalahan lain yang muncul adalah industri kemasan plastik dituntut untuk meningkatkan kuantitas produksi namun di lain sisi industri ini harus memperhatikan kualitas produknya sehingga mampu bersaing dengan industri kemasan plastik lainnya dan tidak mengalami kerugian dalam produksinya.

Industri plastik di Indonesia menggunakan proses blow molding dalam proses produksinya, dimana proses blow molding terdiri dari proses *injection blow molding*, *extrusion blow molding* dan *stretch blow molding*.

Mesin SMC1500DST merupakan salah satu mesin *extrusion blow molding* yang digunakan untuk memproduksi kemasan plastik. Mesin SMC 1500DST digunakan oleh salah satu industri kemasan untuk memproduksi produk botol 150ml. Proses produksi botol 150 ml ini membutuhkan waktu siklus selama ± 20 detik sehingga kapasitas produksinya sebesar 2880 botol per shift. Hal tersebut dinilai masih kurang karena dalam produksinya masih ditemukan produk reject dan kapasitas produksinya masih kurang memenuhi kapasitas yang diinginkan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dibutuhkan optimasi pada waktu siklus produksi botol 150 ml namun harus memperhatikan kualitas produknya, dalam hal ini adalah *netto* dan *volume* botol.

Dari permasalahan di atas perlu dilakukan penelitian sehingga hasil akhir yang diharapkan adalah memperoleh waktu siklus yang optimal dan dapat meningkatkan produksi, selain itu dari pentian ini diharapkan dengan waktu yang optimal tersebut, *netto* dan *volume* produk yang dihasilkan sesuai dengan standard yang di tentukan oleh industri kemasan plastik untuk mesin SMC1500DST ini. Parameter yang diambil pada penelitian ini antara lain *stop time*, *blowing time*, dan *blowing pressure*. Dan metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah metode respon permukaan.

Metode respon permukaan merupakan metode mamtematis dan statistis untuk memodelkan dan menganalisi masalah dimana tingkat respon dipengaruhi beberapa variable dengan tujuan untuk mengoptimalkan respon tersebut. Sehingga dengan metode ini dapat mempermudah mendapatkan nilai optimal dari masing masing parameter yang berpengaruh dalam proses produksi produk tersebut dengan proses blow moulding.

Terdapat penelitian sebelumnya tentang optimasi siklus waktu proses pembuatan kemasan plastik pada proses blow molding antara lain Optimasi Waktu Siklus Pembuatan Kemasan Produk Chamomile 120 Ml Pada Proses Blow Molding (Hermawan, 2009). Adapun metode yang digunakan adalah metode *surface respon*, dengan parameter yang sama yaitu *stop time*, *bloingw time*, dan *blowing preassure*. hasil penelitian diperoleh keadaan optimum pada kondisi *blowing pressure* sebesar 5,1 bar; *blowing time* sebesar 11,35 detik; dan *stop time* 0,1 detik. Pada keadaan ini produksi dapat naik sebesar 10,8 %. Dari keadaan optimum tersebut *netto* yang dihasilkan sesuai dengan standar yaitu 19,19 gram dan *cycle time* yangn dihasilkan yaitu 20,5 detik.

Setelah mengamati dan mempelajari penelitian-penelitian sebelumnya penulis mencoba mengangkat suatu penelitian mengenai penerapan metode respon permukaan untuk mengoptimasi waktu siklus produksi tanpa mengabaikan *netto* dan volume produk yang dihasilkan sehingga sesuai dengan standard yang diinginkan perusahaan. Diharapkan penelitian skripsi dengan judul "*Optimasi Waktu Siklus*

Produk Kemasan Produk 150 ml pada Proses Blow Molding Menggunakan Metode Respon Permukaan” dapat menjadi kajian untuk mengoptimasi waktu siklus produksi pada mesin SMC1500DST

1.2 Rumusan Masalah

Dalam Penelitian ini akan dilakukan analisa waktu siklus pembuatan kemasan produk botol 150 ml pada proses *blow moulding* dengan menggunakan metode respon permukaan. Adapun perumusannya yaitu :

1. Bagaimana pengaruh variasi parameter (*blowing pressure, blowing time dan stop time*) terhadap waktu siklus produksi kemasan produk botol 150 ml.
2. Bagaimana pengaruh variasi parameter (*blowing pressure, blowing time dan stop time*) terhadap berat *netto* kemasan produk botol 150 ml.
3. Bagaimana pengaruh variasi parameter (*blowing pressure, blowing time dan stop time*) terhadap berat *volume* kemasan produk botol 150 ml.
4. Bagaimana menentukan waktu siklus yang optimal pada pembuatan kemasan produk botol 150 ml. dengan teori perhitungan metode respon permukaan.

1.3 Batasan masalah.

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Perhitungan optimasi menggunakan metode respon permukaan dengan parameter *stop time, blowing time, dan blowing pressure*;
- b. Material yang digunakan adalah *HDPE (High density polyethylene)*
- c. Tidak membahas proses kimia material plastik;
- d. Penelitian yang dilakukan terbatas dengan peralatan yang ada di PT. Berlina Tbk;
- e. Mesin yang digunakan adalah SMC1500DST.
- f. Pada saat pengambilan data, mesin dan alat ukur yang digunakan telah terkalibrasi.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh parameter (*blowing pressure*, *blowing time*, dan *stop time*) terhadap waktu siklus produksi produk botol 150 ml;
2. Mengetahui pengaruh parameter (*blowing pressure*, *blowing time*, dan *stop time*) terhadap *netto* produksi produk botol 150 ml;
3. Mengetahui pengaruh parameter (*blowing pressure*, *blowing time*, dan *stop time*) terhadap *volume* produksi produk botol 150 ml;
4. Dapat menentukan waktu siklus yang optimal pada proses produksi produk botol 150 ml dengan metode respon permukaan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Dapat mengetahui penerapan teori perhdengaitungan menggunakan metode respon permukaan;
2. Mengetahui metode perhitungan untuk optimasi waktu siklus;
3. Dapat menentukan waktu siklus yang optimal dengan perhitungan menggunakan metode respon permukaan;
4. Meningkatkan produksi produk botol 150 ml.

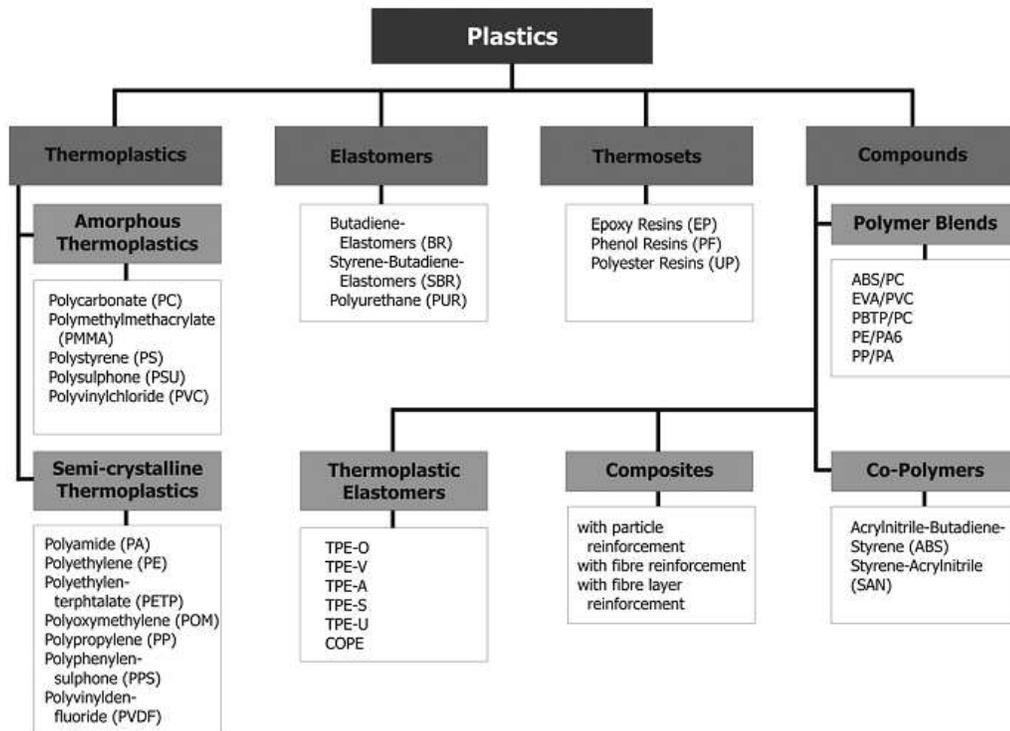
1.6 Hipotesa

Hipotesa awal dalam penelitian ini adalah kombinasi nilai *blowing pressure* yang tinggi dengan *blowing time* serta *stopping time* yang rendah akan menghasilkan waktu siklus pembuatan produk botol 150 ml yang optimal dengan nilai *netto* yang dihasilkan lebih kecil dan nilai *volume* yang lebih besar. Hal tersebut disebabkan nilai *blowing time* dan *stopping* yang rendah akan mempercepat waktu siklus pembuatan produk botol 150 ml, sedangkan nilai *blowing pressure* yang besar akan menghasilkan tekanan yang lebih besar sehingga membuat *parison* lebih mengembang yang membuat *netto* produk botol 150 ml lebih sedikit sedangkan *volumenya* akan lebih besar.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum Plastik

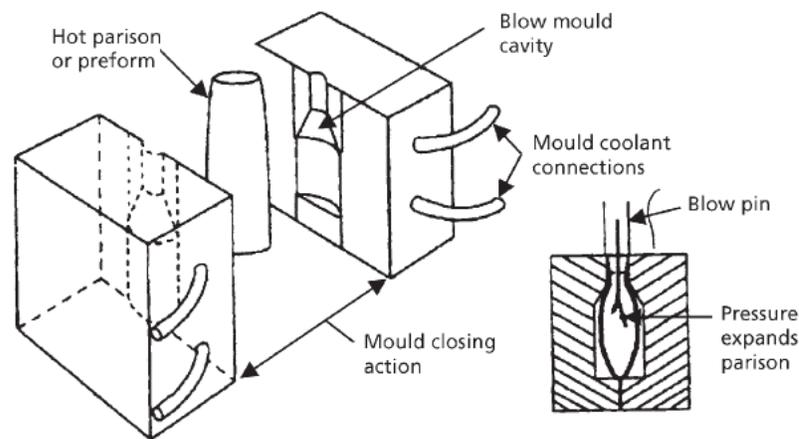
Plastik digolongkan menjadi 4 macam, yaitu: *thermosets*, *thermoplastics*, *elastomers* dan *compound*. Termoplastik merupakan jenis plastik yang dapat mencair dengan pemanasan dan mengeras kembali dengan pendinginan tanpa perubahan signifikan dari sifat mekanik. Elastomer adalah jenis plastik yang memiliki renda silang yang lebar anatr molekul, biasanya tidak dapat dicairkan tanpa degradasi struktur molekul. Termoset adalah jenis plastik yang memiliki sifat fisik yang keras dan getas, Sedangkan plastik *compound* adalah plastik yang dihasilkan dari campuran olimer yang berbeda untuk mendapatkan sifat khusus, yaitu seperti elastisitas (Klein. R, 2011).



Gambar 2.1 Klasifikasi plastik (Klein.R, 2011)

2.2 Blow Molding

Blow Molding adalah suatu proses manufaktur benda berongga yang salah satu ujungnya tertutup, dengan cara mengembungkan *preform* atau *parison* *thermoplastics* panas di dalam cetakan yang tertutup, sehingga bentuk hasil pengembangan tersebut sesuai dengan bentuk cetakan. Secara umum ada tiga macam blow molding, yaitu *extrusion blow molding*, *injection blow molding* dan *stretch blow molding* (PT. Tri Polyta Indonesia. Tbk, 2007).



Gambar 2.2 Proses Dasar pada *Blow Molding*
(Norman C. Lee, 2006)

Menurut Norman C. Lee (2006:1-2) langkah-langkah umum dalam proses *blow molding* adalah sebagai berikut:

1. Pelelehan resin (bijih plastik). Pelelehan bijih plastik dilakukan oleh *extruder* yang merupakan bagian dari mesin *blow molding*. Peralatan yang digunakan ekstruder adalah pemanas (*heater*) dan sekrup penekan (*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 molding* adalah *extrusion blow molding* dan *injection blow*

molding. Pada *extrusion blow molding* 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 *parisson* tersebut dapat ditiup. *Metode akhir penutupan yang umum adalah melakukan penangkapan parisson dengan cara penutupan kedua bagian cetakan. Parisson pada injection blow molding dibentuk oleh injecting (menyuntikkan) resin pada core pin.*

3. Setelah pembentukan *parisson*, *parisson* 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 2.2.

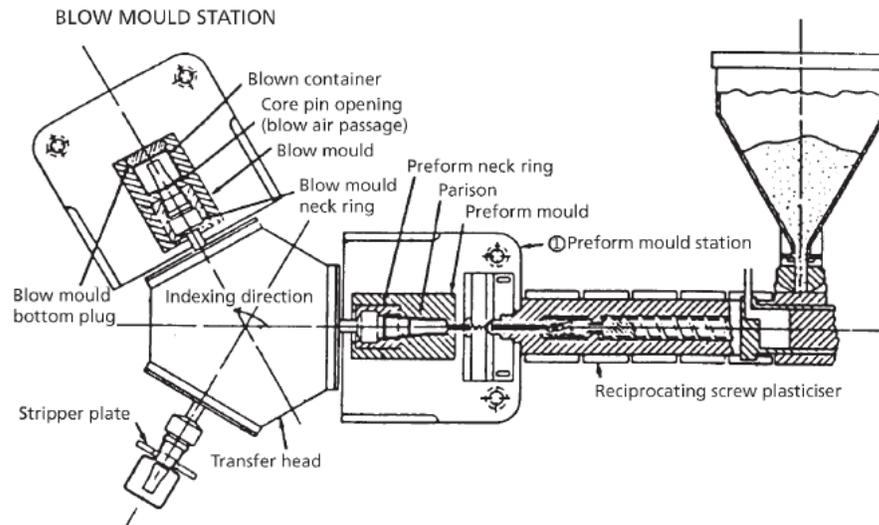
Seiring perkembangan teknologi, proses *blow molding* ikut berkembang menyesuaikan aplikasi penggunaannya yang semakin luas, berdasarkan aplikasi dan prosesnya sendiri *blow molding* terdiri dari beberapa macam proses. Diantaranya sebagai berikut :

1. *Injection blow molding*

Pada proses *injection blow molding* *parisson* yang dihasilkan sudah memiliki leher dan ulir yang sudah dibentuk untuk dimensi akhirnya yang diinginkan. Proses ini biasanya digunakan untuk menghasilkan botol-botol farmasi kecil dan botol yang memiliki toleransi leher botol dan ulir yang sangat tinggi.

Proses *injection blow molding* diawali dengan proses peninjekan material *thermoplastic* yang sudah dilelekan ke dalam *cavity* dan mengelilingi batang *core* untuk membentuk *parisson* setengah jadi yang disebut *preform*. Proses selanjutnya cetakan lain menutup dan mengapit *preform* dan udara di

tiupkan sehingga *preform* membentuk dimensi terakhir yang diinginkan, seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Proses *Injection Blow Molding* (Norman C. Lee, 2006)

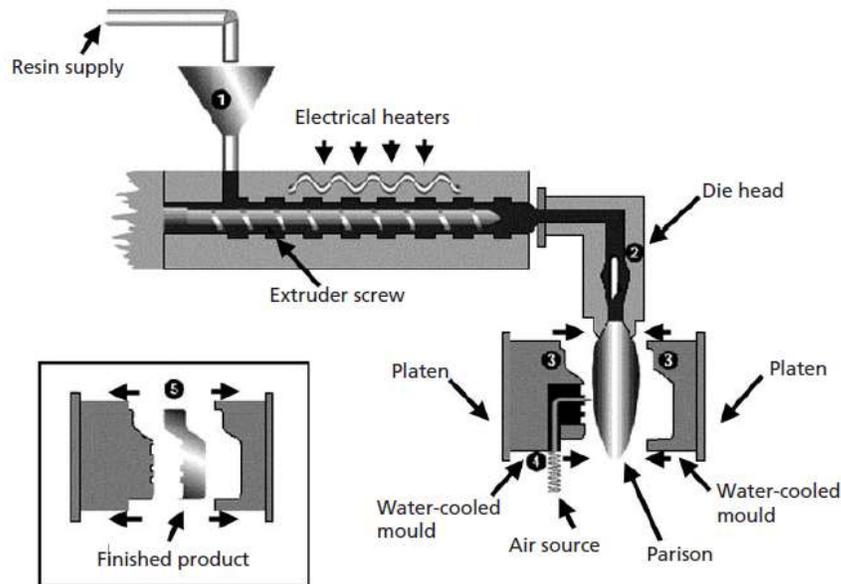
Kelebihan pada proses *injection blow molding* adalah tidak adanya sisa material *thermoplastic* dan menghasilkan leher botol dan ulir yang memiliki kualitas yang bagus. Namun proses ini juga memiliki kekurangan yaitu tidak bis mengendalikan kerugian pada bagian leher dan ulir serta membutuhkan biaya yang lebih mahal jika dibandingkan dengan metode *blow molding* lainnya (Norman C. Lee, 2006).

2. *Extrusion Blow molding*

Berbeda dengan *injection blow molding*, pada proses *ekstrusion blow molding* material *thermoplastic* yang sudah dilelehkan akan dikeluarkan dalam bentuk seperti pipa atau sedotan yang kemudian ditangkap oleh cetakan.

Proses pada *extrusion blow molding* diawali dengan pelelehan material yang kemudian didorong oleh *screw* menuju *die head* untuk menghasilkan bentuk seperti pipa, yang kemudian ditangkap oleh cetakan dan dilakuakn proses peniupan uadara bertekan sehingga parison membentuk

bentuk sesuai cetakan. Proses *extrusion blow molding* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



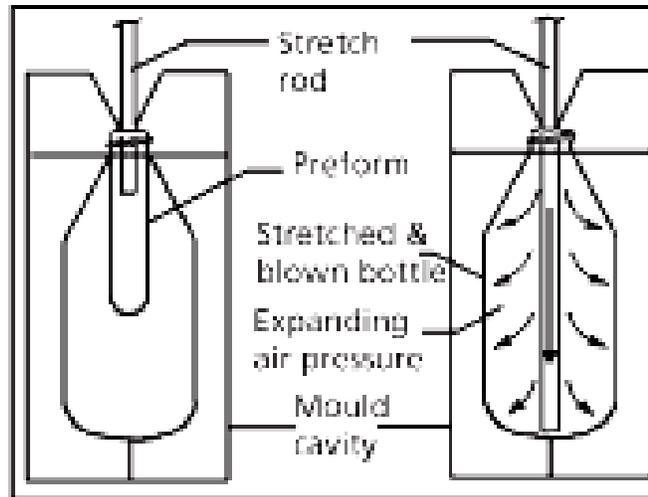
Gambar 2.4 Proses *Extrusion Blow Molding* (Norman C. Lee, 2006)

Kelebihan dari proses *extrusion blow molding* adalah pembentukan rogga 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 lebih besar (Norman C. Lee, 2006).

3. *Stretch Blow molding*

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)

2.3 Proses Pembuatan Produk Botol 150 ml

Langkah-langkah pembuatan *chamomile* menggunakan mesin *blow molding* adalah sebagai berikut:

a. Persiapan material plastik

Material plastik yang digunakan dalam pembuatan botol 150 ml adalah *High Density Polyethylene* (HDPE). Dalam pembuatan botol 150 ml, material yang digunakan tidak semuanya murni material HDPE. Selain digunakan material murni HDPE (Gambar 2.3) digunakan material *afval* HDPE (Gambar 2.4) dengan tujuan menghemat material murni.

Komposisi material plastik (70 % murni dan 30 % *afval*) yang kemudian dimasukkan ke dalam tandon material. Dari tandon material kemudian disedot masuk ke dalam alat pencampur sekaigus penimbang antara material *afval* dan material murni. Di dalam alat tersebut terdapat pengatur prosentase berat dari masing-masing material sesuai kebutuhan. Setelah material ditimbang kemudian material masuk ke dalam *hopper* dan siap di proses.

Gambar 2.6 Material *High Density Polyethylene* (HDPE)Gambar 2.7 Material *Afval* atau *Regrain* HDPE

b. Proses Pemanasan

Tahap selanjutnya adalah proses pemanasan. Dalam hal ini adalah material *polyethylene* dengan massa jenis tinggi (HDPE) dipanaskan dengan temperatur proses 177 – 260 °C (A. Brent Strong, 2000). Proses pemanasan tersebut terjadi di dalam *barrel (extruder)* yang dilakukan secara kontinyu. *Extruder* berputar dengan kecepatan 26 rpm untuk mesin yang memproduksi *chamomile* yaitu mesin SMC 1500 DST. Selain proses pemanasan di dalam *barrel* juga terjadi proses pemampatan dengan tujuan agar material plastik homogen. Proses pemanasan material tersebut, perbandingan antara material murni dan *afval* adalah 70 % material murni HDPE dan 30 % material *afval*.

c. Proses Pembentukan Lelehan Plastik (*Parisson*)

Setelah material homogen dengan cara dipanaskan dan dimampatkan, 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*.

d. Proses Pembentukan Produk

Setelah *parisson* keluar dari *die head* secara otomatis *parisson* ditangkap oleh *modal* (cetakan) dan *blow pin* bergerak menuju *modal*. Ujung *blow pin* masuk ke dalam *modal* dan kemudian *blow pin* menghasilkan tiupan ke dalam cetakan sehingga menghasilkan produk yang sesuai dengan cetakan (*modal*). Dalam hal ini *modal* yang digunakan adalah *modal* khusus produk botol 150 ml (kemasan pelembab wajah). Dalam pembentukan produk botol 150 ml material plastik (HDPE) tidak memerlukan

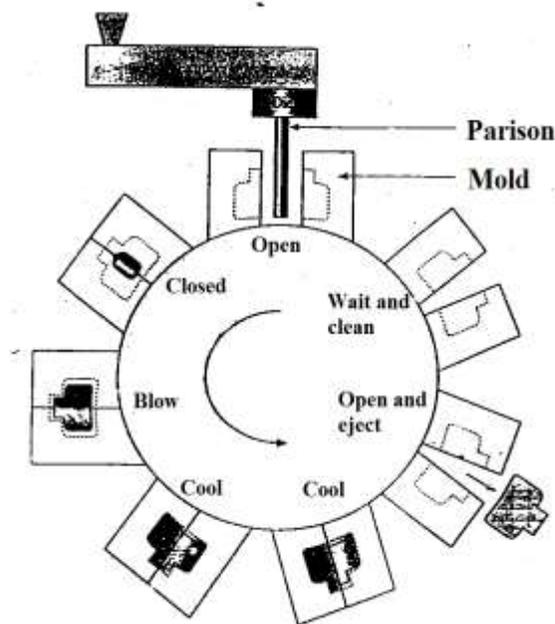
colourant (pewarna) karena material plastik (HDPE) sudah memenuhi standar warna produk yang diinginkan.

Proses di atas adalah proses pembentukan atau pembuatan produk setengah jadi. Yang maksud produk setengah jadi adalah produk yang belum siap kirim karena harus melalui tahap proses *printing* dan pelabelan. Produk setengah jadi atau produk botol 150 ml dapat dilihat pada Gambar 2.8.

Gambar 2.8 Produk Botol 150 ml

2.4 Waktu Siklus (*cycle time*)

Pada suatu mesin, waktu siklus adalah waktu yang dibutuhkan untuk membuat suatu produk. Dan pada mesin *blow molding* yaitu merupakan waktu sirkulasi (perputaran) rotasi cetakan (*mold*) yang diawali dengan pembukaan cetakan kemudian diikuti oleh penurunan *parisson*, dimana kemudian *parisson* ditangkap oleh cetakan dan *blow pin* masuk ke dalam cetakan untuk melakukan proses peniupan dengan tekanan tertentu hingga *parisson* mengembang mengikuti bentuk dari cetakan. Setelah proses peniupan, *blow pin* keluar lalu dilanjutkan dengan proses pendinginan. *Blow pin* yang keluar melakukan pendinginan pada *afval neck* dan terjadi pula pendinginan pada cetakan pada waktu yang hampir sama. Setelah proses pendinginan berlangsung, proses selanjutnya adalah pembukaan *mold* dan *eject* kemudian terjadi proses seperti di atas begitu seterusnya. Intinya satu waktu siklus produksi adalah diawali dengan penutupan *mold* sampai dengan penutupan *mold* berikutnya (Kristiyanto, 2009).



Gambar 2.9 Sistem Rotasi Cetakan Pada Proses Pembentukan Produk
(A. Brent Strong, 2000)

2.5 Desain Eksperimen

Desain eksperimen adalah suatu rancangan percobaan (dengan tiap langkah tindakan yang betul-betul terdefiniskan) sehingga informasi yang berhubungan dengan atau diperlukan untuk persoalan yang sedang diteliti dapat dikumpulkan. Dengan kata lain, desain sebuah eksperimen merupakan langkah-langkah lengkap yang perlu di ambil jauh sebelum eksperimen dilakukan agar data yang seharusnya diperlukan dapat tercapai sehingga akan membawa kepada analisis obyektif dan kesimpulan yang berlaku untuk persoalan yang sedang dibahas. Dan tujuan dari desain eksperimen adalah untuk memperoleh atau mengumpulkan informasi yang diperlukan sebanyak-banyaknya dan berguna dalam melakukan penelitian persoalan yang akan dibahas (Sudjana, 1994:1).

2.5.1 Prinsip Dasar Desain Eksperimen

Untuk memahami desain eksperimen maka diperlukan pemahaman terhadap prinsip dasarnya. Prinsip dasar yang lazim digunakan biasa dinamakan replikasi, pengacakan dan kontrol lokal, berikut pengertiannya (Sudjana, 1994:2).

A. Replikasi

Replikasi disini diartikan pengulangan eksperimen dasar, ini diperlukan untuk memberikan taksiran kekeliruan eksperimen yang dapat dipakai untuk menentukan panjang interval konfidens (selang kepercayaan), menghasilkan taksiran yang lebih akurat untuk kekeliruan eksperimen dan memungkinkan untuk memperoleh taksiran yang lebih baik mengenai efek rata-rata suatu faktor.

B. Pengacakan

Pengacakan dilakukan untuk membuat korelasi antar kekeliruan sekecil-kecilnya dan untuk menghilangkan bias. Dengan kata lain pengacakan menyebabkan pengujian menjadi berlakudan memungkinkan data di analisis dengan anggapan seolah-olah asumsi tentang independen telah dipenuhi.

C. Kontrol lokal

Kontrol lokal merupakan sebagian daripada keseluruhan prinsip desain yang harus dilaksanakan. Jika replikasi dan pengacakan pada dasarnya akan memungkinkan berlakunya uji keberartian, maka kontrol lokal menyebabkan desain lebih efisien, yaitu menghasilkan prosedur pengujian dengan kuasa yang lebih tinggi.

2.6 Metode Respon Permukaan

Metode respon permukaan atau yang sering disingkat RSM (*Response Surface Methodology*) adalah teknik matematika dan statistika yang berguna untuk memodelkan dan menganalisis data dimana respon yang diteliti dipengaruhi oleh beberapa variabel dan bertujuan untuk mengoptimalkan respon (Montgomery, 2001:427). Kebanyakan dalam masalah RSM, eksperimen dilakukan dalam dua tahap, yaitu eksperimen orde I (model regresi linier berganda) yang merupakan tahap

penyaringan faktor dan eksperimen orde II (model regresi kuadrat berganda) yaitu tahap optimasi. Dalam penggunaan metoda permukaan respon terdapat dua jenis desain yang dapat digunakan, yaitu (Kristiyanto, 2009):

1. *Central Composite Design*,

Merupakan *design* yang direkomendasikan untuk desain eksperimen yang sekuensial (*sequential experiment*) atau perencanaan desain yang dilakukan secara berulang-ulang. Untuk desain dengan jumlah faktor yang sama, jumlah eksperimen yang dilaksanakan lebih banyak dibanding dengan *Box-Behken Design*.

Tabel 2.1 Tabel CCD (*Central Composite Design*) (Ahyani, 2011)

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

2. *Box-Behken Design*

Merupakan perencanaan desain yang digunakan untuk desain eksperimen yang tidak sekuensial yang hanya merencanakan untuk satu kali eksperimen. Untuk desain dengan jumlah faktor yang sama, jumlah eksperimen yang dilaksanakan lebih sedikit dibanding dengan *Central Composite Design*.

Tabel 2.2 Rancangan Percobaan *Box-Behnken Design* dengan $k = 3$
(Kristiyanto, 2009)

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

Tahap pertama dalam metode permukaan respon adalah mencari fungsi antara variabel respon dan variabel bebas yang tepat. Untuk mengetahui hubungan tersebut biasanya di buat model regresi. Untuk memilih model yang paling sesuai biasanya diperiksa apakah model antar variabel adalah model linier (model orde satu) atau model polinomial. Secara umum bentuk persamaan regresi orde pertama dinyatakan sebagai berikut (Kristiyanto, 2009):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \dots\dots\dots(1)$$

Dimana : Y = Variabel respon

β_0 = inteseq

β_i = Koefisien parameter model

X_i = Nilai koding variabel bebas

ε = Residual dengan asumsi IIDN $(0, \sigma^2)$

Pendugaan untuk orde pertama adalah (Kristiyanto, 2009):

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i X_i \dots\dots\dots(2)$$

Dengan : Y = Nilai Pendugaan

b_0 = konstanta

b_i = taksiran parameter

X_i = variabel bebas

Sedangkan untuk persamaan model orde kedua ditunjukkan oleh persamaan berikut (Kristiyanto, 2009):

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

Pendugaan untuk model orde kedua dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut (Kristiyanto, 2009):

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

Jika $k = 3$ penduga untuk model orde kedua menjadi (Kristiyanto, 2009):

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

Dimana: X_i = variabel bebas, $i = 1,2,3,\dots,k$

b_0 = konstanta, b_i = koefisien parameter model, $i = 1,2,3,\dots,k$

2.6.1 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 statistic yang digunakan adalah (Kristiyanto, 2009):

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

Tolak H_0 apabila $F_{rasio} > F_{(\alpha; n-k-1-n_e; n_e)}$ yang berarti ada ketidaksesuaian (*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 (Kristiyanto, 2009):

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

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

Uji statistik yang digunakan (Kristiyanto, 2009):

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

Daerah penolakan yaitu tolak H_0 pada tingkat signifikansi α 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:

$$H_0 : \beta_i = 0$$

$$H_1 : \beta_i \neq 0$$

Statistik uji :

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

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

f. 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 α^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 (Amrillah, 2006).

2) Uji Independen

Uji independen digunakan untuk menjamin bahwa pengamatan telah dilakukan secara acak yang berarti antar pengamatan tidak ada korelasi (independen). 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 (Amrillah, 2006).

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 $Pvalue > \alpha$

2.7 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 (Kristiyanto, 2009):

$$D = (d_1(y_1)d_2(y_2)..d_p(y_p))^{1/p} \dots\dots\dots (8)$$

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 (Kristiyanto, 2009):

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:

$$\begin{aligned}
 d_i(y_i) &= 0 & y_i &\leq L_i \\
 d_i(y_i) &= \left(\frac{y_i - L_i}{U_i - L_i} \right)^{\omega_i} & L_i &\leq y_i \leq U_i \dots\dots\dots (9) \\
 d_i(y_i) &= 1 & y_i &\geq U_i
 \end{aligned}$$

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:

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

c. *Nominal The Best*

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

$$\begin{aligned}
 d_i(y_i) &= 1 & y_i &\leq L_i \\
 d_i(y_i) &= \left(\frac{y_i - L_i}{U_i - L_i} \right)^{\omega_{1i}} & L_i &\leq y_i \leq U_i \dots\dots\dots (11) \\
 d_i(y_i) &= \left(\frac{y_i - L_i}{U_i - L_i} \right)^{\omega_{2i}} & T_i &\leq y_i \leq U_i \\
 d_i(y_i) &= 0 & y_i &\geq U_i
 \end{aligned}$$

d. *Constrain*

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

$$\begin{aligned}
 d_i(y_i) &= 0 & y_i &\leq L_i \\
 d_i(y_i) &= 1 & L_i &\leq y_i \leq U_i \dots\dots\dots (12) \\
 d_i(y_i) &= 0 & y_i &\geq U_i
 \end{aligned}$$

dimana: L_i = batas bawah y_i
 U_i = batas atas y_i
 T_i = nilai target
 ω_i = bobot relatif

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Berlina Tbk Jl. Pandaan - Malang KM 43 Kecamatan Pandaan Kabupaten Pasuruan Propinsi Jawa Timur. Waktu penelitian dijadwalkan dari bulan oktober 2015

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *High Density Polyethylene* (HDPE) dengan komposisi 70 % bijih plastik murni, 30 % plastik *afval* atau *regrain* (sisa pembentukan produk yang tidak ikut dalam konstruksi dasar produk yang kemudian digiling dan diolah kembali sebagai campuran material murni). Adapun spesifikasi bahan plastik HDPE (*High Density Polyethlene*) adalah sebagai berikut:

- a. Temperatur leleh mencapai 300 °C
- b. Massa jenis 0,941-0,965 g/cm³
- c. Kristalinitas 85-95 %
- d. Kekuatan tarik 245-335 kgf/cm²
- e. Perpanjangan 10-25 %
- f. Kekuatan impak 17-13 Kgf.cm/cm².

3.2.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mesin *blow molding* tipe SMC 1500 DST yang memproduksi produk x 150ml. Mesin ini mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

Data teknis mesin

- Merk : SMC 1500
- Jumlah *cavity/mold* : 2
- Diameter *Screw* : 100 mm

- Kecepatan *Screw* : 11 - 75 rpm
- *Extruding Heating* : 3 zones
- *Transer Stroke* : 700 mm
- *Dry Cycle* : 3,6 detik

Power Consumption

- *Invertor Drive Motor* : 75 kW
- *Extruder Heater* : 25 kW
- *Hydraulic Pump Motor* : 55 kW
- *Cooling Motor* : 4 kW
- *Die Heater* : 18,5 – 20 kW
- *Max. Consumption* : 177.5 – 179 kW

Gambar 3.1 Mesin *Blow Molding* Tipe SMC 1500

- b. *Stop watch* untuk mengukur kecepatan waktu siklus produksi pada mesin SMC 1500 DST
- c. Neraca analitis untuk menimbang berat produk atau *netto* produk botol 150 ml.

Gambar 3.2 Neraca Analitik

3.3 Tahap Identifikasi Masalah

Pada tahap ini merupakan langkah awal yang dilakukan dalam penelitian yang bertujuan untuk mengetahui kondisi perusahaan yang akan menjadi tempat penelitian. Tahap ini terdiri dari:

- a. Survei Lapangan dan Identifikasi Variabel Faktor yang Berpengaruh

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan informasi sebanyak-banyaknya yang berkaitan dengan seluruh aktivitas produksi perusahaan dengan tujuan untuk mengetahui kondisi nyata obyek yang akan diteliti. Studi lapangan ini meliputi studi proses produksi, spesifikasi produk, dan karakter kualitas. Selain survei lapangan juga di ikuti dengan identifikasi faktor yang berpengaruh. Identifikasi ini bertujuan untuk mengetahui permasalahan yang ada dalam perusahaan tersebut yang kemudian dijadikan bahan penelitian. Pada penelitian ini survei lapangan di PT. Berlina Tbk dilakukan pada divisi *blow molding* pada mesin SMC 1500 DST yang memproduksi produk botol 150 ml.

- b. Studi Pustaka

Studi pustaka bertujuan untuk mencari informasi yang berkaitan dengan permasalahan yang diteliti berupa penelitian terdahulu, buku, jurnal, dan dari internet yang relevan dengan permasalahan yang diteliti. Tujuan dari studi pustaka ini adalah untuk memperoleh teori dan konsep yang dapat dijadikan landasan atau kerangka berpikir dalam menjelaskan permasalahan.

- c. Perumusan masalah dan Penentuan Tujuan Penelitian

Setelah mengetahui kondisi proses produksi yang terdapat pada perusahaan maka tahap selanjutnya adalah melakukan perumusan masalah dan penentuan tujuan penelitian. Perumusan masalah dan penentuan tujuan dari penelitian ini yaitu memperoleh waktu siklus yang optimal dari mesin SMC 1500 DST yang memproduksi produk botol 150 ml namun *netto* dan *volume* sesuai dengan target yang ditentukan oleh perusahaan, tujuan tersebut dikarenakan waktu siklus produksi dari mesin SMC 1500 DST dinilai masih terlalu lama sehingga berpengaruh terhadap jumlah produksi setiap shiftnya.

d. Penetapan Variabel faktor dan Level yang Digunakan serta variabel respon

Terdapat banyak variabel proses atau faktor yang berpengaruh terhadap proses *blow molding* di PT. Berlina Tbk. Dalam hal ini terdapat dua jenis variabel yaitu meliputi:

1) Variabel Respon (Variabel tak Bebas)

Merupakan salah satu karakteristik kualitas yang kritis pada botol yang dipilih untuk diamati. Dalam hal ini variabel respon yang dipilih adalah waktu siklus (*cycle time*), *netto* dan *volume*.

2) Variabel Proses (Variabel Bebas)

Merupakan variabel yang besarnya dapat ditentukan dan dikendalikan berdasarkan pertimbangan tertentu dan tujuan dari penelitian itu sendiri. Terdapat banyak variabel yang dapat dikendalikan dalam proses *blow molding*. Akan tetapi dalam penelitian ini dipilih tiga faktor kendali yang diduga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap waktu siklus (*cycle time*) dan *netto*. Faktor-faktor tersebut adalah *blowing pressure*, *blowing time*, dan *stop time*.

3) Level yang Digunakan

Penentuan level tahap awal ini bertujuan untuk memperoleh batasan atau level dari variabel yang akan diamati. Level-level tersebut terdiri atas level bawah dengan kode -1, level menengah dengan kode 0, dan level atas dengan kode +1. Penentuan level yang digunakan berdasarkan standard yang sudah

ditentukan oleh perusahaan. Penentuan level masing-masing faktor atau parameter yaitu:

- Penentuan Level *Blowing Pressure* Tahap Awal

Untuk mendapatkan level yang diinginkan maka perlu dilakukan analisa secara bertahap. Penurunan *setting* tekanan dilakukan setiap 1 bar dari *setting* standar hingga mencapai tekanan 5 bar. Bila penurunan tekanan di bawah 5 bar, produk yang dihasilkan tidak sempurna dan dimensi yang dihasilkan tidak sesuai dengan spesifikasi. Pada percobaan untuk menaikkan tekanan secara bertahap didapatkan nilai maksimum 7 bar. Bila *setting* tekanan di atas 7 bar akan menyebabkan dimensi produk menjadi tidak sempurna dan pecah karena kelebihan udara. Nilai level yang digunakan yaitu Level bawah (kode -1): 5 bar, Level menengah (kode 0): 6 bar, dan Level atas (kode +1): 7 bar.

- Penentuan Level *Blowing Time* Tahap Awal

Dengan menggunakan metode yang sama dengan penentuan nilai level dari *blowing pressure* yaitu dilakukan perubahan waktu secara bertahap. Perubahan waktu *blowing time* dilakukan setiap 0.5 detik. Dengan melakukan perubahan waktu secara bertahap didapatkan *setting* waktu paling rendah adalah 12 detik. Kemudian nilai level atas diperoleh maksimum 13 detik. Nilai level yang digunakan yaitu Level bawah (kode-1) : 12 detik, Level menengah (kode 0): 12,5 detik, dan Level atas (kode +1): 13 detik.

- Penentuan Level *Stop Time* Tahap Awal

Metode menentukan nilai level sama dengan metode menentukan nilai level *blowing pressure* dan *blowing time*. Perubahan waktu setiap 0,5 detik didapatkan 0,5 detik sebagai batas bawah. Batas maksimal didapatkan 1,5 detik. Nilai level yang digunakan yaitu Level bawah: 0,5 detik, Level menengah: 1 detik, dan Level atas: 1,5 detik.

Untuk lebih jelas penjabaran level dari variabel proses di atas dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Level yang Digunakan

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

3.4 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan setelah permasalahan penelitian teridentifikasi. Berdasarkan tahap identifikasi yang telah dilakukan diketahui bahwa metode pemecahan masalah yang digunakan adalah desain eksperimen. Metode desain eksperimen selanjutnya dapat disusun langkah-langkah pemecahan masalah secara sistematis. Tahap ini terdiri dari:

a. Penentuan Desain Eksperimen

Tahap ini merupakan tahap perencanaan sebelum dilakukan eksperimen dengan tujuan agar percobaan yang dilakukan akan mencapai sasaran yang tepat sesuai tujuan yang diinginkan. Tahap ini meliputi:

- Identifikasi faktor-faktor yang berpengaruh pada proses
- Penentuan variabel faktor pada proses
- Penetapan level-level faktor
- Perencanaan eksperimen

b. Pelaksanaan Ekperimen

Berikut ini adalah langkah-langkah yang digunakan dalam pengambilan data atau prosedur melakukan eksperimen adalah sebagai berikut:

1. Memasukkan bahan baku plastik ke dalam tandon material dan mengatur perbandingan material murni dan material *afval* yang akan diproses yaitu 70 % material murni HDPE dan 30 % material *afval*.
2. Mengatur temperatur *barrel* sesuai dengan *melting point* HDPE.
3. Mengatur *blowing pressure* sesuai standar awal perusahaan yaitu 6 bar.
4. Mengatur *blowing time* sesuai standar awal yaitu 12,5 detik.
5. Mengatur *stop time* sesuai standar awal yaitu 1,5 detik.
6. Menjalankan mesin dengan kondisi maksimum. Yang dimaksud mesin dalam kondisi maksimum adalah mesin pada kondisi panas dan produk yang dihasilkan stabil.
7. Ulangi langkah (1) sampai dengan (6) dengan merubah nilai variabel *blowing pressure*, *blowing time*, dan *stop time* sesuai dengan level.
8. Pengambilan dan pengukuran berat produk dilakukan tiap dua kali mesin melakukan proses produksi hingga selesai atau *mold* dalam keadaan terbuka. Jeda satu kali proses produksi dimaksudkan untuk memberikan waktu pada mesin agar lebih beradaptasi pada perubahan *setting* yang dilakukan.
9. Pengukuran kecepatan waktu siklus produksi (*cycle time*) menggunakan *stopwatch* dan pengukuran berat produk menggunakan timbangan yang dimiliki PT. Berlina Tbk.
10. Pengukuran berat netto produk botol 150 ml menggunakan neraca atau timbangan yang dimiliki perusahaan.
11. Dilakukan pemeriksaan kualitas pada setiap hasil percobaan. Kualitas produk harus sesuai dengan kriteria yang diinginkan PT. Berlina Tbk.

c. Analisa Data dan Optimasi

Metode yang digunakan pada tahap ini adalah metode permukaan respon (*Response Surface Methodology*). Tahapan yang harus dilakukan pada analisa data dan optimasi adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengambilan data.

Metode pengambilan data dan kombinasi level berdasarkan rancangan *Box-Behnken Design*. Alasan memakai rancangan tersebut karena jumlah eksperimen yang dilakukan lebih sedikit sehingga mempersingkat waktu eksperimen. Rancangan *Box-Behnken Design* dapat dilihat pada Tabel 3.2 di bawah ini.

Tabel 3.2 Rancangan Percobaan *Box-Behnken Design* dengan (Setyawan, 2008)

No	<i>Blowing Pressure</i>	<i>Blowing Time</i>	<i>Stopping Time</i>
1	5	12	1
2	7	12	1
3	5	13	1
4	7	13	1
5	5	12.5	0.5
6	7	12.5	0.5
7	5	12.5	1.5
8	7	12.5	1.5
9	6	12	0.5
10	6	13	0.5

11	6	12	1.5
12	6	13	1.5
13	6	12.5	1
14	6	12.5	1
15	6	12.5	1

2. Pembentukan model.

Pembentukan model ini adalah pembentukan model yang menyatakan hubungan variabel proses dengan variabel respon yang dibentuk dari nilai koefisien penduga model regresi (model percobaan orde dua). Persamaan penduga untuk model regresi adalah sebagai berikut:

Jika $k = 3$ penduga untuk model orde kedua menjadi (Setyawan, 2008):

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

Untuk mendapatkan nilai koefisien, langkah pertama yang dilakukan adalah mengolah data eksperimen menggunakan *software* komputer sehingga didapatkan nilai koefisien. Kemudian nilai koefisien tersebut dimasukkan kedalam persamaan tersebut di atas.

3. Pengujian model.

Pengujian dilakukan dengan pengujian kesesuaian model. Pengujian kesesuaian model tersebut antara lain uji *Uji Lack of Fit*, uji parameter serentak, dan uji koefisien determinasi (R^2). Setelah dilakukan pengujian kesesuaian model dilakukan pengujian residual untuk mengetahui apakah residual memenuhi asumsi *Normally and Independently Distributed* atau IIDN ($0, \alpha^2$). Pengujian yang dilakukan terhadap residual antara lain uji identik, uji independen, dan uji distribusi normal.

4. Menentukan kondisi optimum dari model orde kedua yang sesuai.

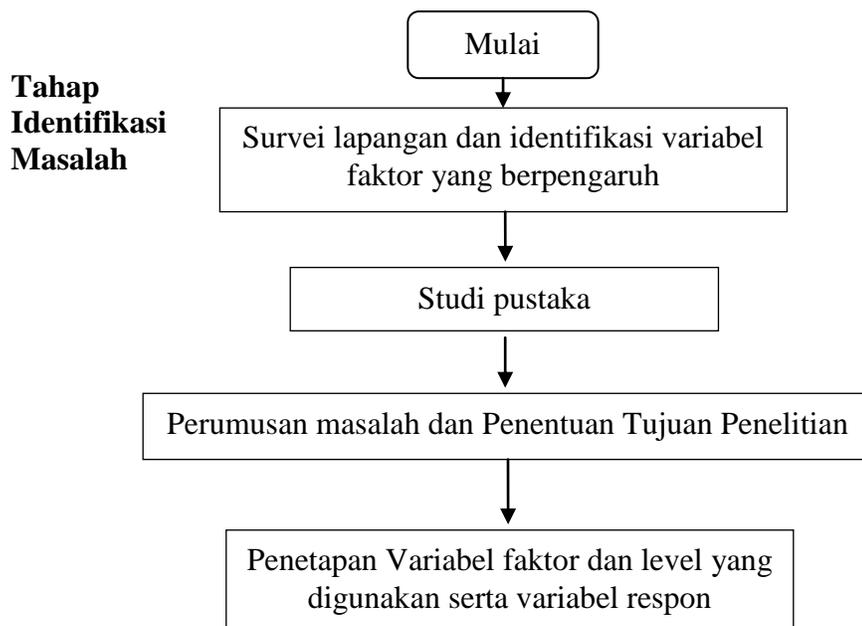
Penentuan kondisi optimum dilakukan pendekatan fungsi *desirability* yang merupakan salah satu metode yang digunakan untuk optimasi multi respon. Metode ini mempunyai empat cara untuk menyelesaikan optimasi respon dan masing-masing cara hanya cocok untuk kasus tertentu yaitu *The Large is Better*, *The Smaller is Better*, *Nominal The Best*, dan *Constrain*. Metode optimasi yang cocok untuk menyelesaikan permasalahan ini adalah metode *The Smaller is Better* karena pada metode *The Smaller is Better* nilai minimum dari respon adalah hasil yang paling diinginkan.

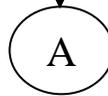
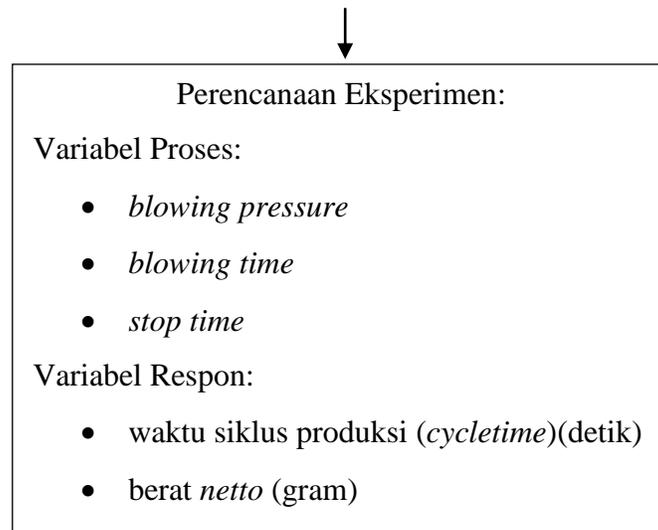
3.5 Tahap Penarikan Kesimpulan

Tahap ini merupakan tahap akhir dari penelitian yaitu melakukan analisis dan interpretasi (tafsiran) terhadap hasil pengolahan data eksperimen. Dengan analisis dan interpretasi tersebut dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai jawaban atas permasalahan yang telah dirumuskan. Selain itu juga diberikan saran yang berguna untuk penelitian selanjutnya.

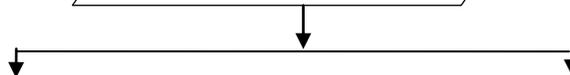
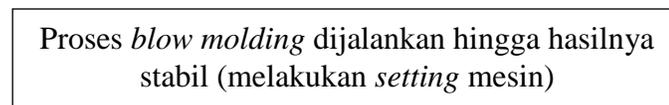
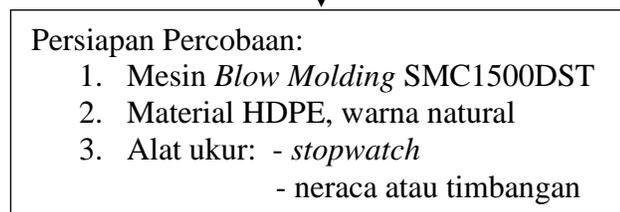
3.6 Urutan Pengerjaan

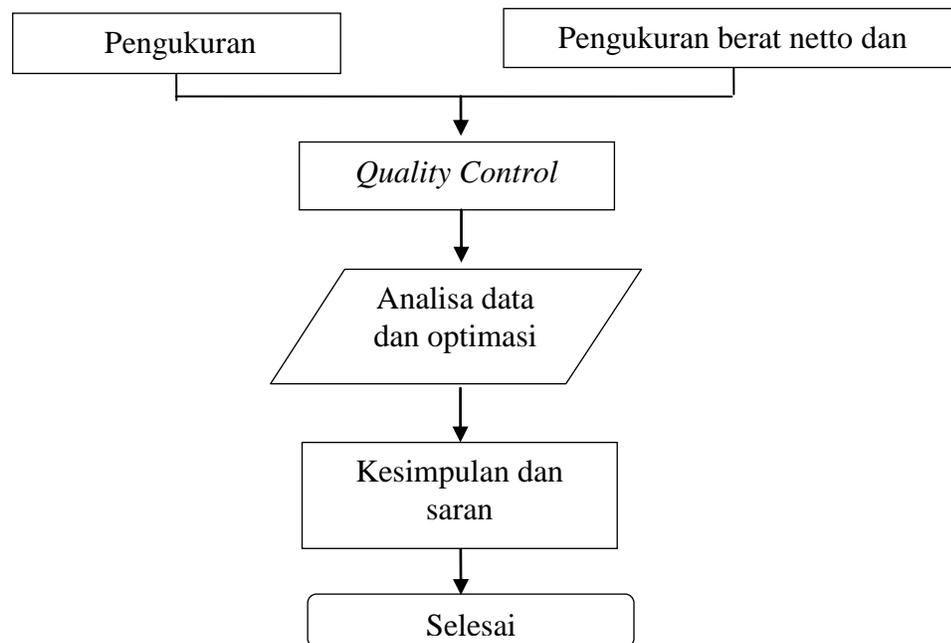
Adapun urutan kerja yang dilakukan dari awal sampai akhir penelitian adalah sebagai berikut:





**Tahap
Pengumpulan
dan
Pengolahan
Data
Tahap
Penarikan
Kesimpulan**





Gambar 3.2 Diagram Alur Penelitian