



**ANALISIS PARAMETER *INJECTION MOULDING* TERHADAP
WAKTU SIKLUS TUTUP BOTOL 500 ML MENGGUNAKAN
DESAIN *BOX-BEHNKEN***

SKRIPSI

Oleh

**Dwi Sulistiyanto
NIM 121910101078**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**



**ANALISIS PARAMETER *INJECTION MOULDING* TERHADAP
WAKTU SIKLUS TUTUP BOTOL 500 ML MENGGUNAKAN
DESAIN *BOX-BEHNKEN***

SKRIPSI

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

Oleh

**Dwi Sulistiyanto
NIM 121910101078**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda dan Ayahanda tercinta, sebagai tanda bakti, hormat dan rasa terimakasih yang tiada terhingga, penulis persembahkan karya kecil ini karena telah memberikan kasih sayang, segala dukungan motivasi, inspirasi, dan doa yang tak mungkin bisa membalasnya hanya dengan tulisan ini. Terimakasih atas semua yang telah diberikan selama ini sehingga sampai sekarang penulis dapat berjuang dan semangat untuk menyelesaikan tugas akhir;
2. Saudara perempuanku Yuliani, S.Pd. terimakasih telah menjadi sosok yang seperti ibu kedua bagi penulis, atas semua doa yang selalu dipanjatkan serta tak henti-hentinya memberikan semangat baik moral dan materil yang tak mungkin bisa dibalas oleh penulis.
3. 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 Boy Arief Fachri, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang selalu memberikan saran dan arahan yang sangat membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini. Bapak Hari Arbiantara Basuki, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan Bapak Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji anggota yang banyak sekali memberikan saran yang sangat membantu dan arahan menuju ke arah yang benar dalam penyelesaian skripsi ini;
4. Saudara-saudaraku mahasiswa Teknik Mesin Universitas Jember angkatan 2012 yang senantiasa memberikan motivasi dan semangat selama awal perkuliahan hingga saat ini dan semoga persaudaraan ini akan tetap kekal meskipun kita nantinya tidak bersama dalam satu tempat lagi. Salam Solidarity Forever.

5. Serta semua civitas akademik baik di lingkungan UNEJ maupun seluruh instansi pendidikan, perusahaan dan lembaga terkait.



MOTTO

Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah (nasib) suatu kaum sampai mereka mengubah diri mereka sendiri.

(Terjemahan Surat Ar-Ra'd Ayat 11)¹⁾

Sesungguhnya Allah telah membeli dari orang-orang mu'min diri dan harta mereka dengan memberikan surga untuk mereka.

(Terjemahan Surat At-Taubah Ayat 111)¹⁾

¹⁾ Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. Al Qur'an dan Terjemahannya. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Dwi Sulistiyanto

NIM : 121910101078

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “ANALISIS PARAMETER INJECTION MOULDING TERHADAP WAKTU SIKLUS TUTUP BOTOL 500 ml MENGGUNAKAN DESAIN BOX-BEHNKEN” 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, 20 Oktober 2016

Yang menyatakan,

Dwi Sulistiyanto

NIM 121910101078

SKRIPSI

**ANALISIS PARAMETER *INJECTION MOULDING* TERHADAP
WAKTU SIKLUS TUTUP BOTOL 500 ML MENGGUNAKAN
DESAIN *BOX-BEHNKEN***

Oleh

Dwi Sulistiyanto

NIM 121910101078

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Boy Arief Fachri., S.T., M.T., Ph.D.

Dosen Pembimbing Anggota : Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Parameter *Injection Moulding* Terhadap Waktu Siklus Tutup Botol 500 ml Menggunakan Desain *Box-Behnken*” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : 20 Oktober 2016

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Boy Arief Fachri, S.T., M.T., Ph.D.
NIP 19740901 199903 1 002

Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T.
NIP 19681207 199512 1 002

Anggota I,

Anggota II,

Hari Arbiantara B., S.T., M.T.
NIP 19670924 199412 1 001

Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T, M.T.
NIP 19711114 199903 1 002

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.
NIP. 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

ANALISIS PARAMETER *INJECTION MOULDING* TERHADAP WAKTU SIKLUS TUTUP BOTOL 500 ML MENGGUNAKAN DESAIN *BOX-BEHNKEN*; Dwi Sulistiyanto, 121910101078; 2016; 72 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penggunaan kemasan material plastik dari tahun ke tahun semakin meningkat, sehingga menyebabkan persaingan dunia industri semakin tinggi, maka dari itu perusahaan-perusahaan harus meningkatkan produksi dan kualitas produknya. Material plastik telah menggeser penggunaan logam dalam berbagai produk, contohnya yaitu banyak dijumpai sebagai bahan dasar berbagai perlengkapan rumah tangga, peralatan elektronik, komponen otomotif dan lain sebagainya.

Mesin *injection moulding* merupakan salah satu mesin industri manufaktur yang digunakan untuk memproduksi produk dengan material plastik. ARB 420C 1000 350 adalah salah satu jenis mesin *injection moulding*, mesin ini digunakan untuk memproduksi tutup botol 500 ml. Dalam memproduksi tutup botol ini, *cycle time* telah mencapai nilai 22,5 detik. Nilai tersebut didapatkan dari beberapa trial-trial manual dalam pengaturan parameter mesin, sehingga memerlukan banyak waktu dalam prosesnya. Hal tersebut berkemungkinan bahwa nilai *cycle time* yang diperoleh belum optimal, sehingga perlu dilakukan analisis dan evaluasi terhadap parameter/variabel faktor mesin *injection moulding*.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode respon permukaan (desain *Box-Behnken*) dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh variasi variabel faktor terhadap waktu siklus dan menentukan waktu siklus yang optimal dengan tetap menjaga kualitas produknya. Percobaan dilaksanakan dengan menggunakan tiga variabel faktor, antara lain *injection pressure*, *holding pressure* dan *cooling time*, sedangkan variabel responnya adalah *cycle time* dan berat *netto*.

Dari hasil penelitian diperoleh nilai yang paling signifikan terhadap *cycle time* adalah *cooling time* dan untuk berat *netto* adalah *injection pressure*. Sedangkan dari hasil optimasi diperoleh kondisi optimum *setting* variabel faktor pembuatan tutup botol 500 ml, yaitu untuk nilai faktor *injection pressure* sebesar 1151,984 bar, nilai *cooling time* sebesar 9,5 detik, dan nilai *holding pressure* sebesar 522,108 bar. Dengan *setting* parameter ini didapatkan nilai optimum *cycle time* sebesar 20,208 detik dan nilai berat *netto* yang masih dalam toleransi perusahaan yaitu sebesar 68,616 gram. Hasil ini dapat meningkatkan produksi sebesar 7,9362%.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT. atas segala rahmat, karunia, serta taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Analisis Parameter *Injection Moulding* Terhadap Waktu Siklus Tutup Botol 500 ml Menggunakan Desain *Box-Behnken*”. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun kejalan yang lurus yaitu agama Islam yang sempurna dan menjadi anugerah serta rahmat bagi seluruh alam semesta. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua Orangtua penulis tercinta yang senantiasa mendoakan dan memberi semangat dorongan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik;
2. Saudara Perempuan Yuliani, S.Pd yang selalu memberi arahan dan semangat;
3. Bapak Boy Arief Fachri, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, memberi arahan, masukan, dan ide dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini;
4. Bapak Hari Arbiantara Basuki, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan Bapak Dr. Nasrul Iminnafik, S.T., M.T. 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 mengajar dan membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;

6. PT. Berlina Tbk. yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian, serta Ibu Susilowati, Bapak Suroso dan Bapak Afifi yang telah bersedia menjadi pembimbing penulis di PT. Berlina Tbk;
7. Kepada Dhita Geneti yang selalu memberikan semangat, dukungan dan bantuan sehingga penulis dapat bertahan melewati susah dan senang sampai selesainya pengerjaan tugas skripsi ini;
8. Saudara seperjuangan dalam penyusunan skripsi ini M. Iman Tarnando, S.T., Nicolaus Dwi S., S.T., dan Himawan Try P., S.T. atas bantuan, masukan, arahan, inspirasi, dan motivasinya.
9. Sahabat-sahabatku Handoko, S.Pd., Artha Sabhila Shakti, S.T., Septa Lukman Andes, A.Md., Arief Anta Asmara, S.E., Rio Ahmadi, dan Irma Puspitasari, S.T. yang selama ini selalu mendoakan, memotivasi dan menginspirasi untuk membantu meringankan beban penulis;
10. Saudara-saudaraku Teknik Mesin 12 Universitas Jember yang selama ini telah mengajarkan arti kebersamaan, persaudaraan, kekompakan dan kesetiaan;
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, 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, 20 Oktober 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Plastik	5
2.1.1 Klasifikasi Polimer.....	6
2.2 Proses Injection Moulding	9
2.2.1 Bagian – Bagian Utama Mesin <i>Injection Moulding</i>	10
2.2.2 Siklus proses <i>Injection Moulding</i>	11
2.3 Desain Eksperimen	17

2.3.1 Metode Respon Permukaan	18
2.3.2 Pemeriksaan Asumsi Klasik	20
2.3.3 Pengujian Kesesuaian Model	22
2.4 Optimasi Respon	24
2.5 Hipotesa	26
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 Diagram Alir Penelitian	27
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	28
3.3 Alat dan Bahan	28
3.3.1 Alat	28
3.3.2 Bahan	30
3.4 Tahap Identifikasi Masalah	31
3.5 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data	33
3.6 Tahap Penarikan Kesimpulan	37
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Data Hasil Percobaan	38
4.2 Data Hasil Percobaan	39
4.2.1 Pembentukan dan Pengujian Model.....	39
4.2.2 Analisis <i>Contour</i> dan <i>Surface plot</i>	42
4.3 Analisa Data Berat Netto	45
4.3.1 Pembentukan dan Pengujian Model.....	45
4.3.2 Analisis <i>Contour</i> dan <i>Surface plot</i>	48
4.4 Optimasi Respon	50
4.5 Perbandingan Hasil <i>Setting</i> Standar dengan <i>Setting</i> Hasil Penelitian	52
BAB 5. PENUTUP	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	59

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Klasifikasi plastik	7
2.2 Masa jenis berbagai material plastik dan bahan industri	8
2.3 Bagian detail mesin <i>injection moulding</i>	10
2.4 Waktu siklus <i>injection moulding</i>	12
2.5 Produk tutup botol 500 ml	16
2.6 Dimensi produk tutup botol 500 ml	17
3.1 Diagram alir penelitian	27
3.2 Mesin <i>injection moulding</i> tipe ARB 420C 1000 350	29
3.3 Neraca analitik	29
3.4 (a) Material <i>polypropilane</i> murni (b) Material <i>afval</i> atau <i>regrain</i> PP	30
3.5 Representasi <i>box-behken design</i>	35
4.1 Hubungan korelasi <i>cycle time</i> pengamatan dan <i>cycle time</i> prediksi	42
4.2 (a) <i>surface plot</i> dan (b) <i>Contour plot cycle time</i> terhadap <i>cooling time</i> dan <i>injection pressure</i> pada <i>holding pressure</i> 495 bar	43
4.3 (a) <i>Surface plot</i> dan (b) <i>Contour plot cycle time</i> terhadap <i>holding pressure</i> dan <i>injection pressure</i> pada <i>cooling time</i> 9,5 detik.....	43
4.4 (a) <i>Surface plot</i> dan (b) <i>contour plot cycle time</i> terhadap <i>holding pressure</i> dan <i>cooling time</i> pada <i>injection pressure</i> 1080 bar	44
4.5 Hubungan korelasi berat <i>netto</i> pengamatan dan berat <i>netto</i> prediksi	47
4.6 (a) <i>Surface plot</i> dan (b) <i>Contour polt</i> berat <i>netto</i> terhadap <i>cooling time</i> dan <i>injection pressure</i> pada <i>holding Pressure</i> 495 bar.....	48
4.7 (a) <i>Surface plot</i> dan (b) <i>contour plot</i> berat <i>netto</i> terhadap <i>holding pressure</i> dan <i>injection pressure</i> pada <i>cooling time</i> 9,5 detik.....	49
4.8 (a) <i>Contour plot</i> dan (b) <i>surface plot berat netto</i> terhadap <i>holding pressure</i> dan <i>cooling time</i> pada <i>injection pressure</i> 1080 bar	49

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Temperatur leleh termoplastik	9
3.1 Level yang digunakan	33
3.2 Rancangan Percobaan dengan <i>Box-Behnken Design</i>	36
4.1 Data Hasil Percobaan (<i>Cycle Time</i> Tutup Botol 500 ml)	38
4.2 Data Hasil Percobaan (Berat <i>Netto</i> Tutup Botol 500 ml)	39
4.3 <i>Analysis of variance</i> (Anova) untuk <i>Cycle Time</i>	40
4.4 <i>Analysis of variance</i> (Anova) untuk berat <i>Netto</i>	46
4.5 Tabel solusi hasil optimasi dengan <i>design-expert</i>	52
4.6 Kombinasi Variabel Proses yang Menghasilkan Respon Optimum	52
4.7 Perbandingan <i>Setting</i> Standar Pabrik dengan <i>Setting</i> Hasil Penelitian	53

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. DATA PENGAMBILAN SAMPEL <i>CYCLE TIME</i>	59
B. DATA PENGAMBILAN SAMPEL BERAT <i>NETTO</i>	60
C. OPTIMASI	61
C.1 <i>Constraints</i>	61
C.2 <i>Solutions</i>	61
C.3 <i>RAMP</i> (LERENGAN)	62
C.4 <i>BAR GRAPH (DESIRABILITY)</i>	62
D. TABEL DISTRIBUSI <i>CHI</i> (2)	63
E. TABEL DISTRIBUSI <i>F</i> (= 5%)	65
F. TABEL DISTRIBUSI <i>t</i>	67
G. GAMBAR PRODUK PENELITIAN	69
H. PROTOKOL PRODUK TUTUP BOTOL 500 ML	70
I. SPESIFIKASI PRODUK TUTUP BOTOL 500 ML	71
j. SURAT KETERANGAN MELAKUKAN PENELITIAN	72

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Persaingan teknologi di dunia industri saat ini semakin ketat, maka dari itu perusahaan-perusahaan harus meningkatkan produksi dan kualitas produknya. Khususnya dalam industri kemasan, ini bisa dilihat dari perkembangan kemasan plastik yang meningkat dalam penggunaan dan kualitasnya dari tahun ke tahun. Material plastik banyak dijumpai sebagai bahan dasar berbagai perlengkapan rumah tangga, peralatan elektronik, komponen otomotif dan lain sebagainya. Material plastik bahkan sudah menggeser penggunaan logam dalam berbagai produk, karena plastik lebih ekonomis, serbaguna, mudah didaur ulang, mudah dibentuk dan plastik memiliki kelebihan lain yaitu ringan dan tidak mudah pecah.

Mesin *injection moulding* merupakan salah satu mesin industri manufaktur yang digunakan untuk memproduksi produk dengan material plastik (termoplastik). Proses produksi mesin ini memiliki kecepatan tinggi dan otomatis yang dapat mengolah plastik dengan geometri kompleks. Injection molding memiliki beberapa langkah proses, yaitu mulai dari memasukkan biji plastik kedalam *hopper*, kemudian biji plastik masuk kedalam *barrel*/pemanas yang menjadikan material plastik meleleh. Material plastik leleh didorong oleh putaran *screw*, sehingga mengalir ke *nozzle*, lalu menuju *sprue*, *runner*, *gate* dan masuk ke dalam *cavity*. Kemudian material yang ada didalam *cavity* akan ditahan didalam *mold* di bawah tekanan tertentu (*holding pressure*) untuk menjaga tidak ada *shrinkage* saat produk mengalami proses pendinginan (*cooling*) (Abdurokhman, 2012).

PT.Berlina Tbk, Pandaan Jawa Timur adalah perusahaan yang memproduksi komponen-komponen plastik dengan berbagai jenis mesin, salah satunya yaitu mesin *injection moulding*. ARB 420C 1000 350 adalah salah satu mesin *injection moulding* yang memproduksi tutup botol 500 ml. Dalam memproduksi tutup botol ini, *cycle*

time PT. Berlina Tbk telah mencapai dibawah standard yaitu 22,5 detik, karena *cycle time* dari perhitungan engineering (Divisi Desain *Mould*) adalah 25 detik. Ini merupakan pencapaian nilai yang bagus buat perusahaan, karena semakin cepat *cycle time*, maka semakin banyak produk yang dapat diproduksi. Nilai *cycle time* ini didapat dari beberapa *trial* manual yang dilakukan oleh PT. Berlina dari tahun ke tahun, sehingga memerlukan banyak waktu dalam memperoleh hasil tersebut. *Cycle time* atau waktu siklus adalah waktu yang dibutuhkan mesin untuk memproduksi suatu produk. Besar kecilnya *cycle time* dapat dipengaruhi beberapa faktor : antara lain kesalahan desain *mould* dan kesalahan operasi akibat dari parameter proses injeksi kurang sesuai.

Dalam hal ini didapat permasalahan yaitu ketika melakukan *setting* parameter mesin, PT. Berlina Tbk harus melakukan *trial-trial* manual untuk mendapatkan nilai parameter yang tepat untuk mendapatkan produk yang sesuai permintaan. Tentunya ini membutuhkan waktu yang lama dan ketelitian tinggi dalam memvariasikan parameter dan tidak menutup kemungkinan bahwa nilai parameter yang didapat masih belum optimal. Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis dan evaluasi terhadap parameter proses (variabel faktor) injeksi tersebut, dengan harapan dapat mempercepat waktu siklus produksi tanpa mengurangi kualitas produk dengan menggunakan metode statistik matematika (metode respon permukaan).

Metode respon permukaan (*Respon Surface Method/RSM*) adalah himpunan metode-metode statistika dan matematika yang digunakan untuk melihat hubungan antara satu atau lebih variabel berbentuk kuantitatif dengan variabel respon yang bertujuan untuk mengoptimalkan, meningkatkan, dan mengembangkan respon tersebut dalam suatu percobaan (Montgomery, 2001). Penerapan dari RSM sangat penting terutama di bidang rancangan, pengembangan, analisa dan perumusan produk baru, atau pada peningkatan rancangan produk yang sudah ada.

Terdapat beberapa penelitian sebelumnya mengenai optimasi waktu siklus *injection moulding*, antara lain : *Optimizing cycle time of dvd-r injection moulding machine*, dari penelitian ini ada 6 variabel faktor penting yang mempegaruhi waktu

siklus mesin *injection moulding*, yaitu : *injection time*, *injection speed*, *hold on time*, *hold on pressure*, *cooling time*, *eject time*, dan *robot take out time* (Chauhan, 2012). Dan *Optimization of critical processing parameters for plastic injection molding for enhance productivity and reduced time for development*, menurut penelitian ini variabel faktor yang paling efektif terhadap waktu siklus adalah *melt temperature* dan *injection pressure*, sedangkan faktor kedua adalah *cooling time* (Lahoti *et al*, 2014).

Dari hasil pengamatan dan studi literatur penelitian-penelitian yang telah ada, maka akan dilakukan penerapan metode respon permukaan untuk menganalisis produksi tutup botol 500 ml, dengan memvariasikan beberapa parameter *injection moulding* (*injection pressure*, *cooling time*, dan *holding pressure*) terhadap waktu siklus dan berat *netto* sebagai variabel responnya.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam Penelitian ini akan dilakukan analisa dan evaluasi waktu siklus pembuatan produk tutup botol 500 ml pada proses *injection moulding* menggunakan metode respon permukaan dengan desain eksperimen *Box-behnken*. Adapun perumusannya yaitu:

1. Bagaimana pengaruh variasi parameter (*cooling time*, *holding pressure*, *Injection Pressure*) terhadap waktu siklus produksi kemasan produk tutup botol 500 ml;
2. Bagaimana pengaruh variasi parameter (*cooling time*, *holding pressure*, *Injection Pressure*) terhadap berat *netto* kemasan produk tutup botol 500 ml;
3. Bagaimana menentukan waktu siklus yang optimal pada pembuatan kemasan produk tutup botol 500 ml dengan teori perhitungan metode respon permukaan.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tidak membahas proses kimia material plastik;
2. Penelitian yang dilakukan terbatas dengan peralatan yang ada di PT. Berlina Tbk;

3. Pada saat pengambilan data, mesin dan alat ukur yang digunakan telah terkalibrasi;
4. Tidak membahas mengenai efisiensi pendinginan pada saluran pendingin.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi parameter (*cooling time, holding pressure, Injection Pressure*) terhadap waktu siklus produksi kemasan produk tutup botol 500 ml;
2. Mengetahui pengaruh variasi parameter (*cooling time, holding pressure, Injection Pressure*) terhadap berat *netto* produksi kemasan produk tutup botol 500 ml;
3. Dapat menentukan waktu siklus yang optimal pada proses produksi produk tutup botol 500 ml dengan metode respon permukaan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Dapat mengetahui pengaruh variasi parameter (*cooling time, holding pressure, Injection Pressure*) terhadap waktu siklus dan berat *netto* produksi kemasan produk tutup botol 500 ml;
2. Dapat mengetahui penerapan teori perhitungan dengan menggunakan metode respon permukaan;
3. Dapat menentukan waktu siklus yang optimal dengan perhitungan menggunakan metode respon permukaan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plastik

Di industri pemesinan telah banyak menggunakan bahan sintesis, dari industri kecil sampai industri besar. Pengolahan bahan sintesis lebih murah dibandingkan dengan bahan yang didapatkan dari pertambangan (logam). Jika ditinjau dari segi ekonomi dan proses, bahan sintesis lebih murah dan lebih cepat dari pada bahan tambang. Pengolahan bahan sintesis tidak harus berdekatan dengan bahan asal diperolehnya, jadi bisa ditempatkan dimana-mana. Plastik merupakan material yang sangat penting dalam dunia permesinan dan industri modern. Plastik adalah bahan sintesis berasal dari gas alam, minyak mineral, dll, contohnya adalah naphtha, yaitu bahan baku penyulingan gas alam dan minyak bumi (Surono, 2013).

Plastik merupakan suatu polimer yang mempunyai sifat- sifat unik dan luar biasa. Polimer adalah gabungan dari beberapa unit molekul yang disebut monomer. Homopolimer adalah gabungan dari beberapa monomer yang sejenis, dan jika monomernya berbeda akan disebut kopolimer. Polimer berasal dari alam, antara lain : protein, karet alam, selulosa, dan sejenisnya. Bahan yang berat molekulnya rendah berubah menjadi cair akan menguap jika dipanaskan dan dengan viskositas rendah, sedangkan bahan polimer akan mencair kental dan tidak menguap (Saito, 1999). Material plastik telah berkembang pesat, hingga sekarang mempunyai peranan yang sangat penting dibidang transportasi, pertanian, tekstil, elektronika, furnitur, konstruksi, mainan anak-anak dan produk industri lainnya.

Sifat yang penting dalam polimer adalah masa jenisnya, karena menyangkut banyak sifat-sifat polimer. Polimer memiliki masa jenis yang lebih rendah dari logam dan keramik. Dalam perbandingan bahan-bahan yang menyangkut berat dan volume, bahan polimer sering dipakai untuk memperkecil masa jenis, karena itulah masa jenis menjadi faktor penting dalam pemilihan bahan (Saito, 1999).

Sifat-sifat plastik pada umumnya adalah sebagai berikut (Saito, 1999):

1. Pembentukan plastik dengan teknik cetak dapat dilakukan dengan baik.
2. Produk yang dibuat dari plastik ringan dan kuat, berat plastik lebih rendah dari keramik dan logam.
3. Kebanyakan plastik bersifat isolasi yang baik.
4. Tahan air dan zat-zat kimia.
5. Kekerasan permukaan kurang dibandingkan keramik.
6. Mudah termuati listrik secara elektrostatik.
7. Pada suhu yang sangat rendah, bahan termoplastik mulai melunak dan mempunyai wujud yang menarik dan dapat diberi warna, ada juga yang transparan (tanpa warna).

Sifat mekanik terpenting dari plastik adalah tidak mudah pecah, karena pukulan, tekanan, atau yang lainnya (tidak rapuh). Beberapa bahan plastik koefisien geseknya sangat rendah sehingga sering digunakan sebagai bantalan kering. Kelemahan-kelemahan plastik adalah sebagai berikut (Saito, 1999):

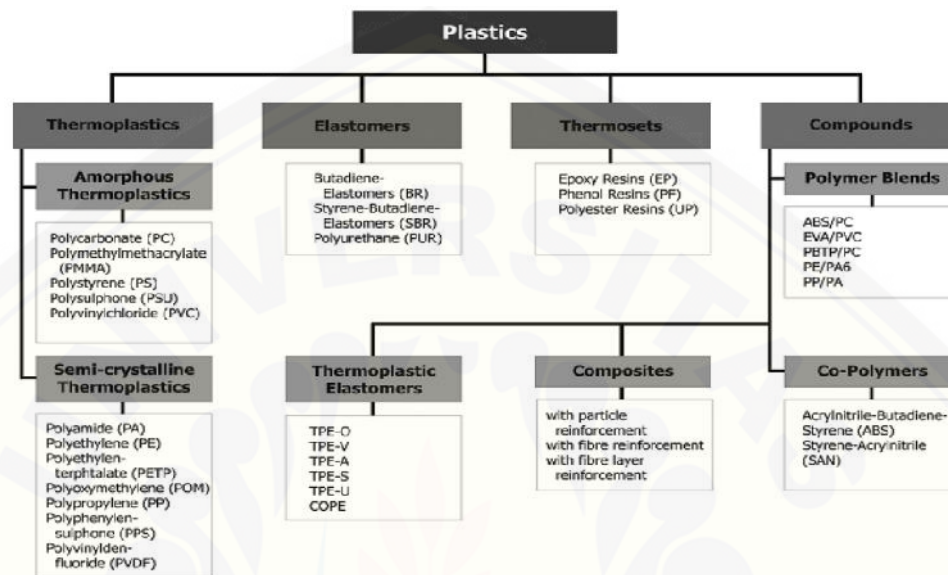
1. Kecenderungannya memuai yaitu menjadi lebih panjang dengan adanya beban.
2. Sifatnya menjadi kurang baik ketika berada di atas suhu 200 °C.
3. Terjadi perubahan polinier selama pemakaian, akibat aksi dari sinar ultraviolet.

2.1.1 Klasifikasi Polimer

Klasifikasi polimer berdasarkan material rekayasa adalah polimer *termoset*, *termoplastik*, *elastomer*, dan *compounds*. Plastik yang biasa digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah termoplastik dan *termoset*, sedangkan *elastomer* dikenal dengan nama karet (Oktaviandi, 2012).

Termoplastik adalah material yang mudah sekali melunak jika terkena panas pada suhu yang tidak terlalu tinggi, dan masih dibawah logam titik cairnya. Setelah melunak, plastik akan mencair lama kelamaan dan ketika dingin akan mengeras. Maka dari itu material termoplastik mudah sekali dibentuk dan ekonomis. Contoh

termoplastik yaitu : polietilen (PE), polivinil klorida (PVC), polipropilen (PP), polistiren (PS), dan nilon.



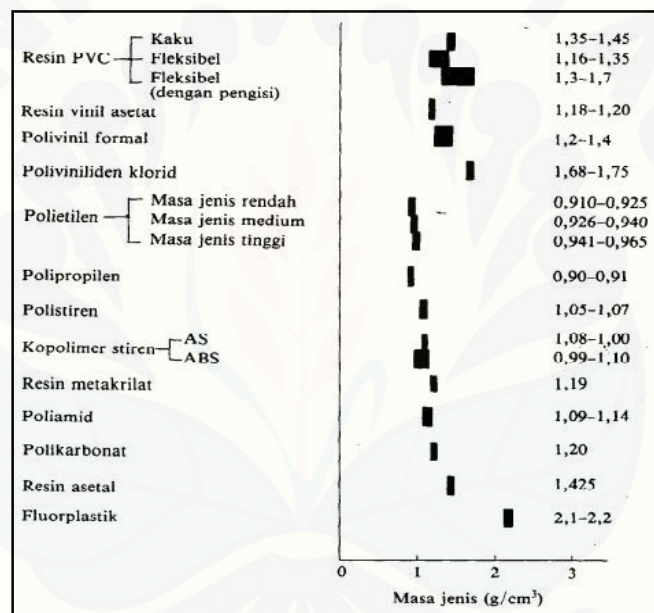
Gambar 2.1 Klasifikasi plastik (Klein.R, dalam Ihsan, 2015)

Termoplastik digolongkan menjadi dua. Pertama adalah termoplastik yang berstruktur gelas (*amorf*). Jenis ini memiliki suhu transisi (T^g), jika berada diatas suhu transisi polimer bersifat ulet menyerupai karet/*elastomer*, namun jika berada dibawah suhu transisinya polimer bersifat keras dan getas. Termoplastik ini dapat dibuat produk dengan tingkat kejernihan tertentu dan jenis ini memiliki ketahanan kimia yang lemah (dapat mengalami retak tegang). Jenis kedua yaitu memiliki struktur semi kristalin, yang mana rantai-rantai penyusunnya tersusun teratur dalam tingkatan tertentu (menyerupai struktur kristal logam). Apabila tingkat kristalinitasnya lebih besar dari panjang gelombang cahaya, maka polimer ini tidak dapat ditembus oleh cahaya atau memiliki nilai kekeruhan yang tinggi (Oktaviandi, 2012).

1. Polypropylene

Material baku *polypropylene* (PP) didapatkan dari penguraian petroleum (*naftan*) dengan cara memberi *hydrogen* gas petroleum pada pemecahan minyak dan

gas alam. Prosesnya serupa dengan metode tekanan rendah untuk *polyethylene* (PE), mempergunakan katalis *Zieger-Natta*, *polyprophylene* (PP) dengan keteraturan ruang dapat diperoleh dari *prophylene*. Sifat-sifat *polyprophylene* (PP) serupa dengan sifat-sifat *polyethylene* (PE) dimana masa jenisnya rendah (0,90-0,92), termasuk kelompok yang paling ringan diantara bahan *polymer*, dan dapat terbakar kalau dinyalakan. Bila dibandingkan dengan *polyethylene* (PE) masa jenis rendah dan suhu cairnya tinggi, kekuatan tarik, kekuatan lentur dan kekakuannya lebih tinggi, tetapi ketahanan impaknya rendah terutama pada temperatur rendah (Amri, 2009).



Gambar 2.2 Masa jenis berbagai material plastik dan bahan industri (Saito, 1999)

Sifat tembus cahayanya pada pencetakan lebih baik dari pada *polyethylene* (PE) dengan permukaan yang mengkilap, penyusutan (*shrinkage*) pada proses pencetakan kecil, penampilan dan ketelitian dimensinya lebih baik. Sifat mekaniknya dapat ditingkatkan sampai batas tertentu dengan jalan mencampurkan *fiberglass*/serat gelas. Pemuaian thermal dapat diperbaiki sampai setingkat dengan resin *thermosetting* (Amri, 2009).

Tabel 2.1 Temperatur leleh termoplastik (Kristyantoro, 2009)

No	Material	°C	°F
1	LDPE	149-232	300-450
2	HDPE	177-260	350-500
3	PP	190-288	374-550
4	ABS	117-260	350-500
5	Nylon	260-327	500-620

2.2 Proses Injection Moulding

Banyak kesamaan antara proses pembentukan logam dengan proses pembentukan polimer. Dalam menentukan teknik pembentukan polimer ada beberapa faktor, diantaranya:

1. Jenis polimer apakah thermoplastik atau termoset;
2. Titik leleh material;
3. Kestabilan material ketika dibentuk;
4. Bentuk dan ukuran produk akhir.

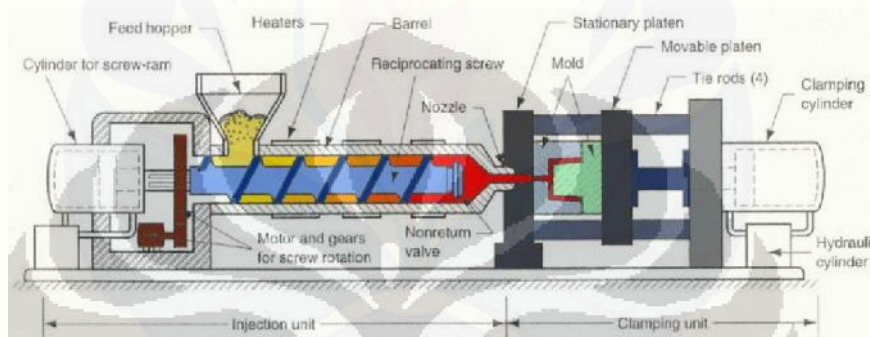
Proses pembentukan material polimer biasanya dilakukan pada suhu tinggi dan dengan aplikasi tekanan. Tekanan diberikan untuk mempertahankan bentuk atau pola cetakan ketika produk mengalami pendinginan. Namun untuk material termoset biasanya dapat dikeluarkan pada saat masih panas, karena bentuknya sudah stabil atau tetap bertahan (Oktaviandi, 2012). Macam-macam metode pembentukan plastik yaitu *injection moulding*, *blow moulding*, *extrusion*, *vacuum forming*, dan lain sebagainya.

Injection moulding merupakan salah satu teknik pembentukan polimer yang paling banyak digunakan. *Injection moulding* mengkonversi lilin, termoplastik, termoset serta bubuk logam dan magnesium ke ribuan produk. Berbagai macam produk yang diproduksi dengan menggunakan *injection molding*, yang sangat bervariasi dalam ukuran, kompleksitas, dan aplikasinya (Lahoti *et al*, 2014).

Waktu siklus produksi mesin *injection molding* untuk material thermoplastik cukup singkat (umumnya sekitar 10-30 detik tergantung besar kecilnya produk) karena produk langsung membeku setelah diinjeksikan ke dalam *mold*. Namun untuk material thermoset dibutuhkan waktu yang agak lama, karena pemanasan terjadi selama material berada dalam tekanan didalam cetakan bersuhu tinggi (Oktaviandi, 2012). Contoh produk yang dihasilkan yaitu *casing printer, keyboard, mouse*, tutup botol, wadah makanan & minuman, *dashboard* mobil, helm, dan lainnya.

2.2.1 Bagian – Bagian Utama Mesin *Injection Moulding*

Mesin *injection moulding* terdiri dari dua bagian besar, yaitu unit injeksi dan *unit clamping*. Setiap tipe mesin injeksi yang berbeda maka akan berbeda juga bagian dalam unit injeksi dan unit *clamping*-nya (Abdurokhman, 2012).



Gambar 2.3 Bagian detail mesin *injection moulding* (Abdurokhman, 2012).

a. *Injection unit*, merupakan tempat untuk mencairkan plastik dan proses injeksi plastik ke dalam *mould*, yang terdiri dari beberapa bagian yaitu :

- *Feed hopper*, merupakan wadah penampung plastik yang akan dipanaskan dan dicairkan untuk dialirkan ke *screw*. Dalam *hopper*, bahan akan dipanaskan oleh aliran udara dari blower yang dipanaskan oleh elemen panas (*heater*). Hal ini dilakukan untuk menghilangkan air yang terdapat dalam bahan baku karena adanya air akan menyebabkan hasil dari pembuatan plastik tidak sempurna, dapat menyebabkan porositas.

- *Injection moulding ram*, merupakan bagian yang memberikan tekanan pada plastik leleh agar masuk ke dalam rongga *mould/cavity*.
 - *Barrel*, merupakan bagian utama yang mengalirkan plastik cair dari *hopper* melalui *screw* ke *mould*. Pada *barrel* terdapat beberapa *heater* (setiap mesin berbeda-beda) untuk menjaga panas resin pada temperatur yang sesuai untuk proses injeksi.
 - *Injection screw*, merupakan bagian yang mengatur aliran resin dari *hopper* ke *mould*. Putaran *screw* akan menyebabkan bahan akan terkumpul di ujung *screw* (*nozzle*) sebelum di injeksikan. Kemudian *screw* akan mundur selama beberapa saat, dan akan maju mendorong bahan yang telah dicairkan di dalam *barrel* menuju *nozzle*.
 - *Injection cylinder*, merupakan bagian yang dihubungkan ke sebuah motor *hidraulik* untuk menyediakan tenaga untuk menginjeksikan resin tergantung dari karakteristik resin dan tipe produk pada kecepatan dan tekanan yang diperlukan.
- b. *Clamping unit*, merupakan tempat diletakkannya *mould*, membuka dan menutup *mould* secara otomatis, dan mengeluarkan *part* yang sudah selesai terbentuk. Terdiri dari :
- *Injection mould*, merupakan cetakan dari produk yang akan dibuat. Terdapat dua tipe *injection mould* yaitu *cold runner* dan *hot runner*.
 - *Injection platens*, merupakan plat baja pada mesin *moulding* untuk peletakkan *mould*. Umumnya digunakan dua plat, satu plat yang diam (*stationary*) dan satunya bergerak (*moveable*). Menggunakan hidrolis untuk membuka dan menutup.
 - *Clamping cylinder*, merupakan bagian yang menyediakan tenaga untuk *clamping* dengan bantuan tenaga *pneumatic* dan *hidraulic*.
 - *Tie bar*, menopang kekuatan *clamping* dan terdapat 4 *die* diantara *fixing platen* dan *support platen*.

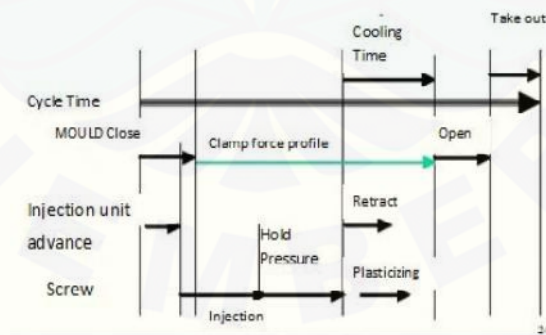
2.2.2 Siklus Proses *Injection Moulding*

Unit untuk melakukan control kerja dari *injection moulding*, terdiri dari motor sebagai penggerak *screw*, *piston* injeksi menggunakan sistem hidraulik untuk

mengalirkan fluida dan menginjeksi resin cair ke *moulding*. Siklus proses injeksi untuk thermoplastik terdiri dari beberapa langkah kerja, antara lain meliputi (Malloy, dalam Abdurokhman, 2012) :

- Mold Filling*, terjadi pada saat setelah *mould* menutup, aliran plastik yang mencair dari *injection unit* dari *nozzle* mesin masuk ke *mould* yang relatif lebih dingin melalui *sprue*, *runner*, *gate*, dan masuk ke rongga cetakan atau *cavity*.
- Holding pressure*, plastik leleh ditahan di dalam *mould* di bawah tekanan tertentu untuk mengkompensasi atau mencegah adanya *shrinkage* yang terjadi selama pendinginan berlangsung. Tekanan *holding* biasanya diberikan sampai ada tanda bahwa *gate* telah membeku.
- Cooling*, setelah *holding pressure* selesai, kemudian mengalami pendinginan dan membeku.
- Part Ejection*, *mould* membuka dan produk yang telah membeku tadi dikeluarkan dari *cavity* menggunakan sistem *ejector* mekanis. Produk didorong oleh *ejector* hingga produk jatuh atau keluar dari *mould*.

Proses *injection molding* akan memerlukan suatu waktu tertentu untuk dapat melakukan satu kali proses produksi yang biasa disebut *cycle time*.



Gambar 2.4 Waktu siklus *injection moulding* (Chauhan, 2012)

Menurut PT. Berlina Tbk (2016), *Cycle time* adalah waktu yang dibutuhkan mesin untuk memproduksi satu siklus produk. *Sequence cycle time* yaitu mulai dari *core in* maju – *mould close* – *Injection unit* maju – injeksi – *holding pressure* –

cooling time paralel dengan *plastisizing – decompressor – Injection unit* mundur – *cooling time* habis – *mould open s/d intermediate stop – core out* bersama *mould open* dan *valve* udara – dan terakhir produk jatuh keluar didorong *ejector*.

Pengurangan waktu siklus adalah Pendekatan tercepat dan paling ampuh untuk peningkatan profitabilitas, terutama bagi perusahaan yang telah menyadari sebagian besar peluang inti mereka adalah kemajuan efisiensi proses manufaktur produknya. Pengurangan waktu siklus akan langsung berdampak hampir setiap biaya pengeluaran proses produksi. Faktor yang mempengaruhi *injection molding* waktu siklus mesin adalah *Injection pressure, Injection speed, Holding time, Holding pressure, Cooling time, Ejection time*, dan *Robot take out time* (Chauhan, 2012).

Menurut Chauhan (2012), dalam penelitiannya yang berjudul *Optimizing cycle time of dvd-r Injection moulding machine* yang bertujuan untuk optimalisasi *cycle time*, menyimpulkan bahwa *cooling time, holding time*, dan *robot take out time* adalah parameter yang efektif untuk mengurangi waktu siklus mesin DVD *molding* hingga 2,70 detik.

Sedangkan menurut Lahoti *et al* (2014), dalam penelitiannya yang berjudul *Optimization of critical processing parameters for plastic injection molding for enhance productivity and reduced time for development*, menyimpulkan bahwa hasil analisis ANOVA, parameter utama atau yang paling efektif terhadap waktu siklus adalah *Melt temperature* dan *injection pressure*, dengan variasi kecil akan mempengaruhi besar pada proses dan faktor kedua dalam kasus ini adalah *cooling time*, sedangkan faktor lainnya jauh lebih rendah pengaruhnya.

1. Parameter *injection moulding*

Mesin *injection moulding* memiliki beberapa parameter mesin, antara lain (Abdurokhman, 2012) :

a. Temperatur injeksi

Temperatur injeksi adalah temperatur leleh plastik saat di injeksikan ke dalam cetakan melalui *nozzle*. Penentuannya ditentukan menurut zona temperatur pemanas pada *barrel* dan *nozzle* yang telah disesuaikan menurut spesifikasi

material yang ditentukan industri pengolahan bahan plastik. Pada umumnya, temperatur material plastik yang terjadi saat injeksi lebih rendah 10°C - 20°C dari temperatur pada *nozzle* mesin injeksi.

b. Waktu pendinginan (*cooling time*)

Waktu pendinginan merupakan bagian waktu siklus yang sangat penting dalam proses injeksi plastik, ini berguna agar tidak rusak ketika terkena *ejector*. Waktu pendinginan ialah sejumlah waktu yang dibutuhkan untuk mendinginkan material plastik, dimana material mengalami 1) pembekuan, 2) menjadi cukup kaku untuk dikeluarkan dari *mould* dengan mekanisme *ejector*. Walaupun produk telah membeku, namun bukan berarti bahwa produk cukup kuat untuk didorong keluar dari cetakan. Hal ini disebabkan karena proses pendinginan sebenarnya memakan waktu selama 30 hari untuk menyelesaikannya. Pendinginan awal biasanya cepat, dan 95% dari pendinginan total terjadi di *mould*. Namun sisa 5% pendinginan terjadi di luar *mould*. Bila kulit terluar dari produk plastik membeku sampai pada kedalaman yang sesuai, pendinginan sisa tidak akan mempunyai efek yang berarti pada produk plastik. Namun bila kulit produk plastik terlalu tipis pendinginan sisa akan menyebabkan *shirnkage stress* dan produk plastik akan mengalami *warp*, *blister*, *twist*, atau *crack*. Semakin tebal produk, semakin lama waktu pendinginan yang dibutuhkan, namun pada rata-rata ketebalan produk 0,062 in (1,57 mm), waktu pendinginan harus mencapai antara 9-12 detik untuk membeku (tergantung jenis material plastik) sampai pada titik dimana produk kuat untuk didorong keluar dari mold tanpa mengalami distorsi fisik pada produk.

c. *Holding pressure*

Tekanan tahan (*holding pressure*) diberikan saat akhir langkah injeksi dan digunakan untuk akhir 5% pengisian dari bentuk *cavity*. Tekanan ini dinamakan tekanan tahan (*holding pressure*) karena berfungsi untuk menahan tekanan selama proses pendinginan plastik agar memenuhi profil *cavity* sampai plastik membeku. Hal ini membantu untuk memastikan pengisian pada bagian yang menyempit, pencetakan dengan tekanan seragam/merata, dan mengendalikan penyusutan

(*shrinkage*). Tekanan tahan biasanya sebesar 50% dari tekanan injeksi. Sehingga bila diperlukan tekanan injeksi sebesar 10.000 psi (703,1 kg/cm²), tekanan tahan haruslah mendekati nilai 5000 psi (351,5 kg/cm²).

d. *Injection pressure*

Adalah tekanan yang diberikan untuk menginjeksikan plastik leleh ke dalam *mould*, dari *barrel* menuju *nozzle*, kemudian *sprue*, *runner*, *gate*, dan rongga cetakan (*cavity*). Tekanan injeksi yang diberikan kesetiap produk berbeda beda tergantung ukuran dan tingkat kerumitan bentuk rongga *cavity*-nya. Tekanan injeksi akan menentukan meratanya cairan plastik kedalam *cavity*, bila terlalu besar akan timbul *flash* dan jika terlalu kecil maka sudut-sudut *cavity* berkemungkinan tidak dapat dijangkau oleh cairan plastik.

e. Waktu tahan (*holding time*)

Adalah waktu yang diukur dari saat awal pelelehan plastik hingga keseluruhan bahan plastik yang ada dalam tabung pemanas benar-benar telah mencair keseluruhannya. Hal ini dikarenakan sifat rambatan panas yang memerlukan waktu untuk merambat ke seluruh bagian yang ingin dipanaskan. Dikhawatirkan jika waktu tahan ini terlalu cepat maka sebagian bahan plastik dalam tabung pemanas belum meleleh semuanya, sehingga akan mempersulit jalannya aliran bahan plastik dari dalam *nozzle* dan akan menghambat proses produksi.

f. Kecepatan injeksi (*injection rate/speed*)

Yaitu kecepatan lajunya material plastik yang telah meleleh keluar dari *nozzle* untuk mengisi rongga cetak/*cavity*. Untuk mesin-mesin injeksi tertentu kecepatan ini dapat terukur, tetapi untuk mesin-mesin injeksi sederhana kadang-kadang tidak dilengkapi dengan pengukur kecepatan ini.

2. Proses Pembuatan Produk Tutup Botol 500 ml

Langkah-langkah pembuatan tutup botol 500 ml menggunakan mesin *injection moulding* adalah sebagai berikut:

a. Persiapan material plastik

Material plastik yang digunakan dalam pembuatan tutup botol 500 ml adalah *Polypropilane* (PP), dengan perbandingan komposisi antara PP murni dan *afval* adalah 3 : 1. Tujuan dari paduan ini agar lebih hemat dalam penggunaan PP murni. Setelah itu material di masukan ke dalam *hopper* untuk diproses produksi.

b. Proses Pemanasan dan pelelehan plastik

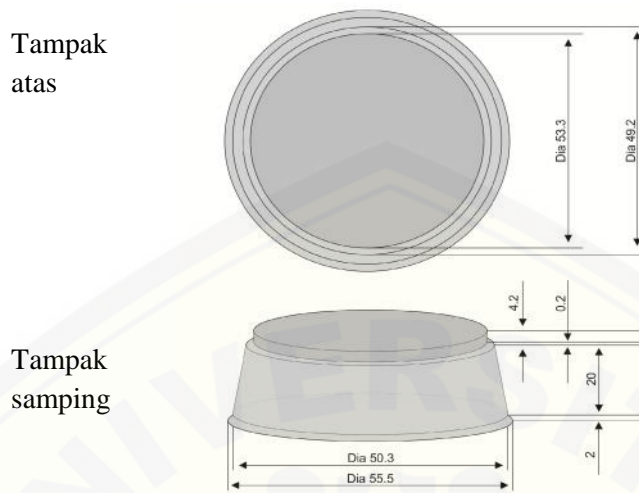
Tahap selanjutnya adalah proses pemanasan. Dalam hal ini adalah material *polypropilane* dipanaskan dengan temperatur proses 190 – 288°C . Proses pemanasan (oleh *heater*) tersebut terjadi di dalam *barrel (extruder)* yang dilakukan secara kontinyu. *Screw* yang terdapat didalam *barrel* berputar dengan kecepatan antara 11-75 rpm, untuk mesin yang memproduksi tutup botol yaitu mesin *ARBURG 420 C All Rounder 1000 350*. Selain proses pemanasan di dalam *barrel* juga terjadi proses pemampatan dengan tujuan agar material plastik homogen oleh *screw*. Jadi fungsi *screw* disini selain mencampur juga sebagai pemampat lelehan plastik.

c. Proses Pembentukan Produk

Setelah plastik dilelehkan dan homogen, selanjutnya plastik cair tadi disuntikkan kedalam *cavity* hingga terisi penuh dan membentuk produk sesuai *mould* yang dipasang pada mesin. Selanjutnya produk didinginkan (*cooling*) dengan media air. Setelah itu produk dikeluarkan dari *mould* dibantu dengan *ejector*. Proses ini merupakan proses pembuatan produk setengah jadi, Maksudnya produk setengah jadi adalah produk yang belum siap kirim karena harus melalui tahap proses *printing* dan pelabelan. Produk dan dimensi *tutup botol 500 ml* dapat dilihat pada Gambar 2.5 dan 2.6.



Gambar 2.5 Produk tutup botol 500 ml



Gambar 2.6 Dimensi produk tutup botol 500 ml

2.3 Desain Eksperimen

Desain eksperimen merupakan salah satu metode statistik yang digunakan sebagai alat untuk meningkatkan dan melakukan perbaikan kualitas. Desain eksperimen memiliki peran penting dalam pengembangan proses dan dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam suatu proses agar kinerja proses tersebut meningkat lebih baik. Desain eksperimen memiliki arti sebagai suatu uji atau rentetan uji dengan memvariasikan *variable input* (faktor) suatu proses sehingga bisa diketahui penyebab perubahan *output/variable respon* (Iriawan dan Astuti, 2006).

Prinsip dasar dalam melakukan desain eksperimen ada 3, yaitu replikasi, randomisasi, dan kontrol lokal (Iriawan dan Astuti, 2006). Prinsip pertama adalah replikasi atau perlakuan yang sama pada unit yang berbeda. Fungsi dari replikasi adalah untuk mengetahui kesalahan pengukuran variabilitas alami. Dengan melakukan replikasi, berkemungkinan memperoleh nilai taksiran pengaruh yang lebih tepat. Replikasi memiliki 2 properti penting, yaitu :

Pertama, penyimpangan taksiran, merupakan unit pengukuran dasar untuk menentukan waktu terjadi perbedaan pengamatan dalam data secara statistik yang

berbeda secara nyata. Kedua rata-rata sampel yang digunakan untuk menaksir pengaruh suatu faktor dalam eksperimen.

Prinsip kedua adalah randomisasi. Dalam eksperimen harus memberikan perlakuan acak pada unit-unit. Karena metode statistik mengharapkan bahwa pengamatan atau eror adalah variabel independen, random, dan berdistribusi tertentu.

Prinsip ketiga adalah kontrol lokal, maksudnya sembarang metode yang dapat menjelaskan dan mengurangi variabilitas alami. Prinsip ini melakukan pengelompokan satuan unit eksperimen yang mirip ke dalam kelompok tertentu yang bertujuan untuk meningkatkan ketepatan data eksperimen.

2.3.1 Metode Respon Permukaan

Response surface methodology (RSM) adalah kumpulan metode matematika dan teknik statistik yang bertujuan untuk membuat model dan melakukan analisis mengenai respon yang dipengaruhi oleh beberapa variabel. Peneliti sering menggunakan RSM sebagai cara mencari fungsi yang tepat untuk memprediksi respon. Kemudian, peneliti menggunakan RSM karena ingin menentukan nilai-nilai variabel independen yang dapat mengoptimalkan respon. Jadi, tujuan RSM adalah mengoptimalkan respon (Iriawan dan Astuti, 2006). Optimasi dengan metode permukaan respon bisa diterapkan pada penelitian ilmu pangan, Pertanian, Bioteknologi, Kehutanan, Biologi, Teknik, Sosial, Ilmu Kesehatan, dll. Metode ini menggunakan analisis regresi pada data eksperimen dan plot 3D model permukaan respon (Fitria, 2015).

Tahap pertama dalam RSM adalah mencari fungsi hubungan antara *variable respon* dan *variable independent* (faktor) yang tepat. Dalam permasalahan RSM, sering tidak diketahui hubungan antara variabel respon dan variabel independen. Untuk memodelkannya, perlu memeriksa apakah model antar variabel adalah model linier (model orde satu/regresi linier berganda) atau model polinomial. Apabila dalam sistem terdapat pola tidak linier, tentu model yang tepat adalah model

polinomial orde tinggi (model regresi kuadrat berganda/orde dua) (Iriawan dan Astuti, 2006). Dalam penggunaan metoda permukaan respon terdapat dua jenis desain yang dapat digunakan, yaitu (Kristiyanto, dalam Ihsan, 2015) :

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-Behnken Design*.

2. *Box-Behnken 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*.

Tahap pertama dalam metode permukaan respon adalah mencari fungsi antara variabel respon (y) dan variabel bebas (independen atau x) yang tepat. Untuk mengetahui hubungan tersebut biasanya dibuat 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, dalam Ihsan, 2015) :

$$Y = S_0 + S_1X_1 + S_2X_2 + \dots + S_kX_k + v \dots\dots\dots(1)$$

Pendugaan untuk orde pertama adalah :

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

Sedangkan untuk persamaan model orde kedua ditunjukkan oleh persamaan berikut :

$$Y = S_0 + \sum_{i=1}^k S_iX_i + \sum_{i=1}^k S_{ii}X_i^2 + \sum_{i<j} S_{ij}X_iX_j + v \dots\dots\dots(3)$$

Pendugaan untuk model orde kedua dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

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

Jika k = 3 penduga untuk model orde kedua menjadi:

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

- Dengan: Y = nilai pendugaan/respon
- X_i = variabel bebas, i = 1,2,3,.....,k
- b₀ = konstanta, b_i = koefisien parameter model, i = 1,2,3,.....,k
- S₀ = intersep, S_i = koefisien parameter model
- v = residual dengan asumsi IIDN (0, σ²)

2.3.2 Pemeriksaan Asumsi Klasik

Analisis regresi linier berganda menggunakan teknik perhitungan *ordinary least square* untuk mendapatkan nilai duga koefisien parameter regresi. Nilai duga harus memenuhi beberapa asumsi agar dapat diterima atau sah. Dengan OLS, kesalahan nilai duga sangat kecil dan merupakan yang terbaik. Asumsi ini biasa disebut dengan asumsi klasik, yaitu: Normalitas, autokorelasi (independen), heteroskedastisitas, dan multikolinieritas. Pengujian asumsi klasik menggunakan data residual kecuali multikolinieritas, residual didefinisikan sebagai selisih antara nilai pengamatan dan nilai dugaannya $e_i = Y_i - \hat{Y}_i$.

Variabel prediktor disebut juga variabel independen (bebas), yang berarti variabel prediktor tidak memiliki hubungan atau korelasi terkait satu sama lain (*intercorrelation*). Dengan kata lain, variabel prediktor ini tidak memiliki sifat multikolinieritas. Koefisien regresi diasumsikan *error* () bersifat identik dan independen (IID) dan berdistribusi normal (normalitas) dengan rata-rata nol dengan varian tertentu (0, σ²) atau tidak memiliki sifat heteroskedastisitas (varian konstan). Asumsi juga tidak memiliki ketergantungan diantara komponen *error* terhadap unsur

waktu (*time series*). Untuk pemeriksaan asumsi apakah model terpenuhi atau tidak, dibawah ini terdapat pengertian beberapa uji untuk pemeriksaan asumsi klasik yaitu sebagai berikut (Ihsan, 2015):

1) Uji normalitas

Uji distribusi normal dilakukan untuk menguji apakah residual terdistribusi normal atau tidak dilakukan dengan menggunakan *normal probability plot* yang menyatakan probabilitas dari residual suatu respon. Secara visual dapat diketahui jika plot membentuk garis lurus dari kiri bawah ke kanan atas menunjukkan residual berdistribusi normal (Amrillah, 2006). Dapat juga dilakukan pengujian dengan metode formal, yaitu uji *Kolmogorov-smirnov normality test*, *Anderson-darling*, dan lainnya. Residual berdistribusi normal apabila $Pvalue > \alpha$.

2) Uji Heteroskedastisitas

Pengujian ini bertujuan untuk memenuhi apakah residual mempunyai penyebaran yang sama atau tidak. Prasyarat yang harus terpenuhi dalam model regresi yaitu tidak ada kasus heteroskedastisitas yang berarti varian menyebar sama (identik) Hal ini dilakukan dengan memeriksa plot e_i terhadap \hat{y}_i (secara visual). Deteksi secara visual dapat dilakukan versus fits dengan cara memplotkan nilai ZPRED (prediksi) dengan SRESID (residual), jika penyebaran datanya acak (menyebar disekitar garis nol) dan tidak menunjukkan pola-pola tertentu maka asumsi identik terpenuhi. Dapat juga dilakukan uji formal statistik yaitu uji glejser, uji white, dan uji park. Residual tidak identik jika $t^2_{hitung} > t^2_{tabel}$.

$$\text{Statistik uji: } R^2 = \frac{SSR}{SST} \times 100\%$$

$$t^2_{hitung} = n * R^2 \dots\dots\dots(6)$$

3) Uji Autokorelasi (Independen)

Uji independen digunakan untuk menjamin bahwa pengamatan telah dilakukan secara acak yang berarti antar pengamatan tidak ada korelasi. Autokorelasi dalam hal ini berarti nilai *error* berkorelasi berdasarkan waktu (*time series*) pada data

itu sendiri (Iriawan dan Astusi, 2006). Uji ini dilakukan jika data yang di uji adalah data *time series* misalnya pengaruh biaya penjualan dari bulan januari sampai desember. Jika data yang dimiliki adalah *cross-sectional* maka tidak perlu dilakukan uji ini, contohnya pengaruh variabel kimia X terhadap reaksi senyawa kimia Y. Untuk mengetahui adanya autokorelasi dapat dilakukan dengan uji *durbin-watson*.

4) Uji Multikolinieritas

Asumsi ini menunjukkan adanya hubungan yang kuat diantara variabel-variabel prediktor dalam suatu model regresi linier berganda. Model regresi yang baik adalah antar variabel prediktor tidak memiliki korelasi. Untuk mendeteksi model regresi memiliki sifat multikolinieritas yaitu dengan menggunakan nilai VIF (*Variance Inflation Factor*). Jika nilai $VIF > 5$ berarti antar variabel prediktor terjadi multikolinieritas yang serius pada model regresi (Iriawan dan Astusi, 2006).

2.3.3 Pengujian Kesesuaian Model

a. Koefisien Determinasi (R^2)

Koefisien R-Sq (*R-square*, R^2), suatu nilai statistik yang menunjukkan koefisien determinasi, yaitu nilai yang menerangkan besarnya keragaman dalam peubah tak bebas (Y) yang dapat dijelaskan oleh peubah bebasnya (X). Dengan kata lain koefisien ini menunjukkan seberapa besar hubungan (*good of fit*) antara variabel prediktor secara serentak terhadap variabel respon (Supranto, 1996). Nilai ini umumnya dinyatakan dalam persen (%). Secara manual, R^2 tersebut dapat pula dihitung dengan rumus:

$$R^2 = \frac{JKR}{JKT} \cdot 100\% = b_1 \cdot \frac{JK_{XY}}{JK_Y} \cdot 100\% \dots\dots\dots(7)$$

Semakin besar nilai R^2 maka semakin besar pula pengaruh semua variabel X terhadap variabel Y. Model yang baik adalah model yang memiliki nilai R^2 yang

tinggi mendekati 100% atau 1 (koefisien determinasi nilainya terletak antara $0 < R^2 < 1$) (Ihsan, 2015).

R-Sq (adj) (*R-square adjusted*), yaitu merupakan nilai R^2 yang telah dikoreksi dengan derajat bebasnya. Nilai ini dapat pula dihitung dengan rumus:

$$R^2_{(adj)} = \left(1 - \frac{(JKS)/(n-p)}{(JKT)/(n-1)} \right) \times 100\% \dots\dots\dots(8)$$

dengan: p = banyaknya koefisien regresi (dalam RLS, $p = 2$)

b. 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 atau distribusi P.

Uji statistik yang digunakan adalah (Kristiyanto, dalam Ihsan, 2015):

$$F_{rasio} = \frac{MS_{LOF}}{MS_{PE}} \dots\dots\dots(9)$$

Apabila $F_{rasio} > F_{(r;n-k-1-n_e;n_e)}$ atau $P_{value} >$ yang berarti tidak ada ketidaksesuaian (*lack of fit*) antara model yang diduga dengan model sebenarnya.

c. Pengujian Parameter Serentak (simultan)

Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah koefisien dari model secara serentak (simultan) nyata atau tidak. Uji simultan berfungsi untuk mengetahui apakah antara variabel-variabel bebas X dan terikat Y signifikan, atau setidaknya ada salah satu dari variabel prediktor yang berpengaruh signifikan. Hipotesis yang digunakan dalam pengujian parameter regresi secara serentak adalah sebagai berikut (Kristiyanto, dalam Ihsan, 2015):

$$H_0 : S_1 = S_2 = \dots = S_k = 0$$

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

Uji statistik yang digunakan (Kristiyanto, dalam Ihsan, 2015):

$$F_{hitung} = \frac{MS_R}{MS_E} = \frac{SS_R / k}{SS_E / (N - 1 - k)} \dots\dots\dots(10)$$

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

d. Uji parsial

Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah dalam suatu variabel prediktor X memiliki kontribusi terhadap variabel respon Y. Dalam pengujian ini dilakukan secara terpisah kepada masing-masing variabel prediktor apakah secara signifikan memberikan kontribusinya ke variabel respon.

Uji parsial ini menggunakan uji-t, yaitu:

Jika $|t_{hitung}| > t_{tabel} (n-p)$, maka variabel prediktor X tersebut memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel respon Y.

- Dengan: n = banyaknya pengamatan
- p = banyaknya parameter model regresi linier

2.4 Optimasi Respon

Optimasi merupakan usaha di dalam penelitian untuk mendapatkan level-level variabel bebas agar mendapatkan respon yang optimal. Untuk memperoleh nilai variabel prediktor (*injection pressure, cooling time, dan holding pressure*) dalam mengoptimalkan *cycle time* yang optimum (minimum) dan berat *netto* sesuai standar (target) dapat menggunakan metode respon permukaan pendekatan fungsi *desirability*. Pendekatan fungsi *desirability* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk optimasi multi-respon. Adapun persamaannya adalah (Kristiyanto, dalam Ihsan, 2015):

$$D = (d_1(y_1)d_2(y_2)...d_p(y_p))^{1/p} \dots\dots\dots(12)$$

- Dengan :
- 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, dalam Ihsan, 2015) :

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:

$$\begin{aligned}
 d_i(y_i) &= 0 & y_i &\leq L_i \\
 d_i(y_i) &= \left(\frac{y_i - L_i}{U_i - L_i} \right)^{\xi_i} & L_i &\leq y_i \leq U_i \\
 d_i(y_i) &= 1 & y_i &\geq U_i \dots\dots\dots (13)
 \end{aligned}$$

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:

$$\begin{aligned}
 d_i(y_i) &= 1 & y_i &\leq L_i \\
 d_i(y_i) &= \left(\frac{y_i - L_i}{U_i - L_i} \right)^{\xi_i} & L_i &\leq y_i \leq U_i \dots\dots\dots (14) \\
 d_i(y_i) &= 0 & y_i &\geq U_i
 \end{aligned}$$

c. *Nominal The Best*

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

$$\begin{aligned}
 d_i(y_i) &= 1 & y_i &\leq L_i \\
 d_i(y_i) &= \left(\frac{y_i - L_i}{U_i - L_i} \right)^{\xi_{1i}} & L_i &\leq y_i \leq U_i \dots\dots\dots (15) \\
 d_i(y_i) &= \left(\frac{y_i - L_i}{U_i - L_i} \right)^{\xi_{2i}} & T_i &\leq y_i \leq U_i
 \end{aligned}$$

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

d. *Constrain*

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

$$\begin{aligned} d_i(y_i) = 0 & \quad y_i \leq L_i \\ d_i(y_i) = 1 & \quad L_i \leq y_i \leq U_i \dots\dots\dots (16) \\ d_i(y_i) = 0 & \quad y_i \geq U_i \end{aligned}$$

Dengan: L_i = batas bawah y_i
 U_i = batas atas y_i
 T_i = nilai target
 i = bobot relatif

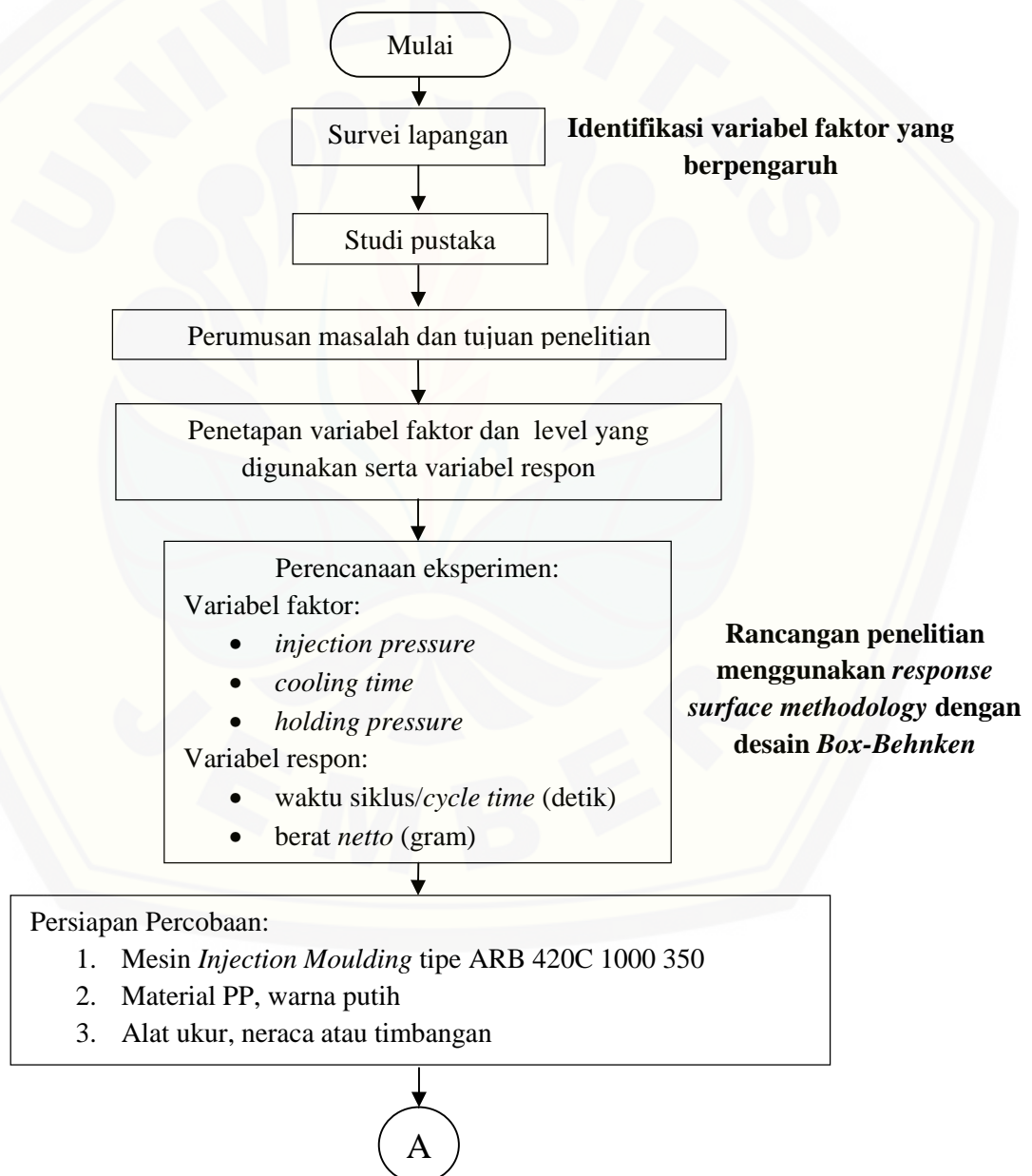
2.5 Hipotesa

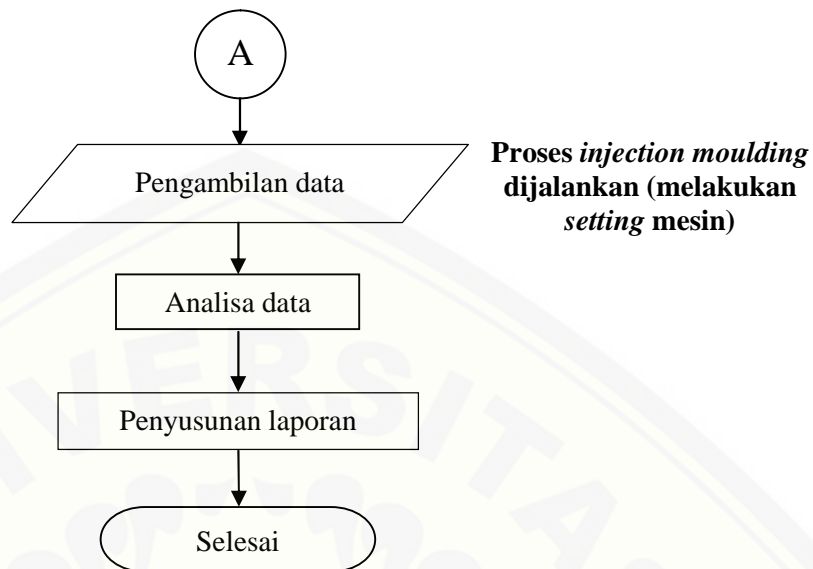
Hipotesa dalam penelitian ini adalah kombinasi nilai *injection pressure*, *holding pressure* yang tinggi serta *cooling time* yang rendah akan menghasilkan waktu siklus pembuatan produk tutup botol 500 ml yang optimal dengan nilai berat *netto* yang dihasilkan sesuai protokol produk, hal tersebut disebabkan nilai *injection pressure* yang tinggi akan menurunkan secara otomatis nilai *injection time* sehingga mempercepat waktu siklus pembuatan produk tutup botol 500 ml. Sedangkan kombinasi nilai *injection pressure* dan *holding pressure* akan menghasilkan tekanan yang cukup sehingga membuat suplai masuknya lelehan plastik tetap terjaga walaupun *injection timenya* berkurang, dan berat *netto* produk menjadi stabil.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir yang dilakukan dari awal sampai akhir penelitian adalah sebagai berikut:





Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 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 dilaksanakan pada bulan Juni 2016.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Mesin *Injection Moulding* tipe/merk ARB 420C 1000 350 yang memproduksi produk tutup botol 500 ml. Mesin ini mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

- Jumlah *cavity/mold* : 6
- Diameter *Screw* : 45 mm
- *Pump* : 160 bar
- *Power Load* : 45 KW
- *Open Stroke* : 500 mm

- *Min Mould* : 250 mm
- *Max Platen Daylight* : 750 mm
- *Clearance Between Tiebars* : 420 x 420 mm
- *Dia Lubang Locating Sprue* : 125 mm
- *Dia Lubang Locating Ejector* : 125 mm
- *Ejector Stroke* : 175 mm
- *Nozle R/Ø* : R 35 / 1.5 mm



Gambar 3.2 Mesin *Injection Moulding* tipe ARB 420C 1000 350

- b. Neraca analitis untuk menimbang berat produk atau *netto* produk tutup botol 500 ml.

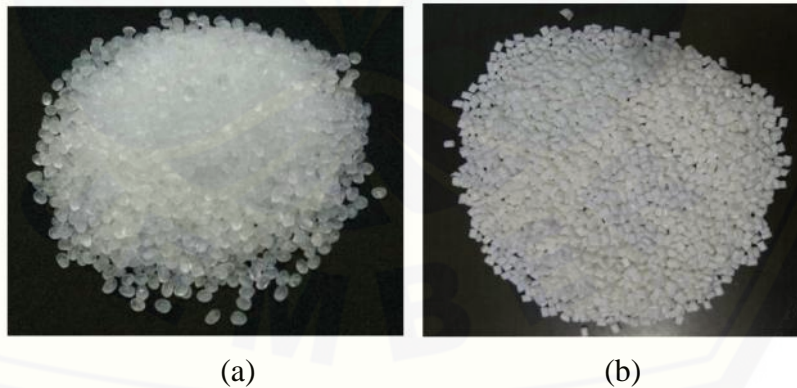


Gambar 3.3 Neraca Analitik

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *Polypropylene*. Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah campuran antara PP murni dan *Afval* dengan perbandingan 3 : 1. Adapun spesifikasi bahan plastik *Polypropylene* adalah sebagai berikut:

- a. Temperatur leleh mencapai 190-288 °C
- b. Massa jenis 0,855 (tak terbentuk) - 0,946 (kristalin) g/cm³
- c. Kekuatan tarik 3,3-4,2 kgf/mm²
- d. Perpanjangan 200-700 % (koefisien muai panjang 6-10/°C x 10⁻⁵)
- e. Kekuatan impak 17-13 Kgf.cm/cm².
- f. Kekuatan tekan 4,2-5,6 kgf/m²
- g. Kekuatan lentur 4,2-5,6 kgf/mm²
- h. *Elastic modulus* 3300 MN/m² (1,1-1,4 kgf/mm²x10²)
- i. *Thermal diffusivity* 0,08 mm²/s
- j. Panas jenis 0,46 cal/°C
- k. Ketahanan panas ~120°C



Gambar 3.4 (a) Material *polypropilane* murni (b) Material *afval* atau *regrain* PP

3.4 Tahap Identifikasi Masalah

Tahap ini merupakan langkah awal yang dilakukan dalam penelitian yang bertujuan untuk mengetahui kondisi perusahaan yang akan menjadi tempat penelitian (studi kasus). 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 penyebab permasalahan yang ada dalam perusahaan tersebut yang kemudian dijadikan bahan penelitian. Pada penelitian ini survei lapangan di PT. Berlina Tbk dilakukan pada divisi *injection moulding* pada mesin tipe ARB 420C 1000 350 yang memproduksi produk tutup botol 500 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 materi 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 tujuan dari penelitian ini yaitu memperoleh waktu siklus yang optimal dari mesin tipe ARB 420C 1000 350 yang memproduksi produk tutup botol 500 ml dengan tetap menjaga nilai berat *netto* sesuai dengan target yang ditentukan oleh perusahaan dan menganalisis variabel-variabel yang berpengaruh terhadap respon dengan menggunakan metode respon permukaan. Penelitian ini dilakukan karena waktu siklus produksi dari mesin tipe ARB 420C 1000 350

diperoleh dari hasil trial-trial manual yang dilakukan oleh pihak PT. Berlina Tbk., sehingga masih memungkinkan bahwa waktu siklus yang didapat belum optimal.

d. Penetapan variabel faktor dan level yang digunakan serta variabel respon

Dalam hal ini terdapat dua jenis variabel yaitu meliputi:

1) Variabel Respon (Variabel tak Bebas)

Merupakan salah satu karakteristik kualitas kritis dari produk tutup botol 500 ml yang dipilih untuk diamati. Dalam hal ini variabel respon yang dipilih adalah waktu siklus (*cycle time*) dan berat *netto* tutup botol 500 ml.

2) Variabel Proses Prediktor (Variabel Bebas)

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

Selanjutnya penentuan level faktor, penentuan level tahap awal ini bertujuan untuk memperoleh batasan 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 *Injection Pressure*

Untuk mendapatkan level yang diinginkan maka perlu dilakukan analisa secara bertahap. Penentuan level *Injection pressure* berdasarkan standard toleransi dari perusahaan dan juga melakukan konsultasi dengan pembimbing lapangan dari perusahaan. Toleransi tekanan injeksi adalah 10%, sedangkan nilai standard perusahaan adalah 1200 bar, maka nilai level yang digunakan yaitu Level bawah

(kode -1): 1080 bar, Level menengah (kode 0): 1200 bar, dan Level atas (kode +1): 1320 bar.

- Penentuan Level *Cooling Time*

Penentuan level cooling time sama dengan level injection moulding, dengan menggunakan toleransi 10% ($\pm 1,15$ detik) dari nilai standard (11,5 detik). Namun pembimbing lapang perusahaan menyarankan untuk mengubah level menjadi ± 2 detik, karena penggunaan level $\pm 1,15$ detik tidak membuat perubahan yang signifikan. Sehingga nilai level yang digunakan yaitu Level bawah (kode -1) : 9,5 detik, Level menengah (kode 0): 11,5 detik, dan Level atas (kode +1): 13,5 detik.

- Penentuan Level *Holding Pressure*

Dalam menentukan nilai level parameter ini sama dengan metode menentukan nilai level *injection pressure*. Nilai standard perusahaan yaitu 550 bar, maka nilai level yang digunakan yaitu Level bawah (kode -1): 495 bar, Level menengah (kode 0): 550 bar, dan Level atas (kode +1): 605 bar.

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>Injection Pressure</i>	1080 bar	1200 bar	1320 bar
<i>Cooling Time</i>	9,5 detik	11,5 detik	13,5 detik
<i>Holding Pressure</i>	495 bar	550 bar	605 bar

3.5 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

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, dan perencanaan eksperimen

b. Pelaksanaan Ekperimen

Pelaksanaan eksperimen dilakukan dengan memvariasikan variabel faktor yang telah ditentukan dan variabel-variabel proses lain dibuat tetap sesuai standard perusahaan (*cooling rate*: 270 liter/menit dengan T_{in} air dingin: 18°C, dan T_{out} : 20°C). Berikut ini adalah langkah-langkah yang digunakan dalam prosedur melakukan eksperimen atau pengambilan data adalah sebagai berikut:

1. Butiran (Polipropilen) plastik murni dan plastik *afval* dicampur dengan perbandingan 3 : 1.
2. Memasukkan bahan baku plastik PP ke dalam tandon material dan mengatur temperatur *barrel* sesuai dengan *melting point* PP.
3. Mengatur *injection pressure* sesuai standar awal perusahaan yaitu 1200 bar.
4. Mengatur *Cooling time* sesuai standar awal yaitu 11,5 detik.
5. Mengatur *holding pressure* sesuai standar awal yaitu 550 bar.
6. Menjalankan mesin dengan kondisi maksimum, yaitu mesin pada kondisi panas dan produk yang dihasilkan stabil.
7. Ulangi langkah (1) sampai dengan (6) dengan merubah nilai variabel *injection pressure*, *cooling time*, dan *holding pressure* sesuai dengan level-level rancangan percobaan.
8. Pengambilan dan pengukuran berat produk dilakukan setelah satu kali mesin melakukan proses produksi hingga selesai atau *modal* dalam keadaan terbuka.

Jeda satu kali proses produksi dimaksudkan untuk memberikan waktu pada mesin agar lebih beradaptasi pada perubahan *setting* yang dilakukan.

9. Pengambilan sampel sebanyak 2 kali proses produksi (2 x 6 produk).
10. Pengukuran berat netto produk tutup botol 500 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.

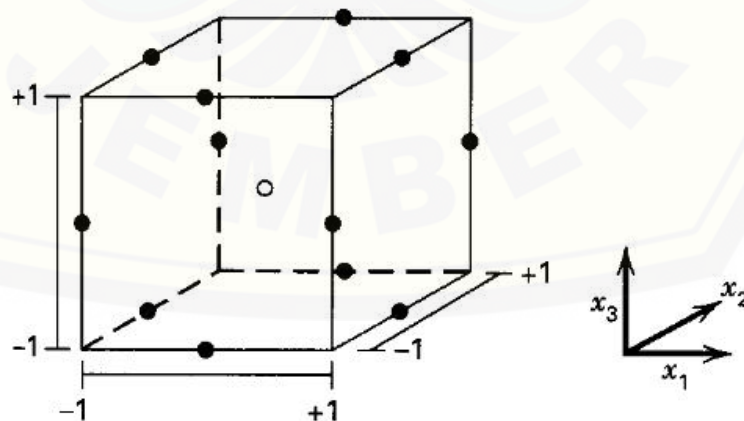
Gambar produk dan dimensi produk tutup botol 500 ml sudah tertera di bab sebelumnya pada gambar 2.5 dan 2.6.

c. Analisa Data dan Optimasi

Metode yang digunakan pada tahap ini adalah metode permukaan respon (*Response Surface Methodology*) dengan desain eksperimen *Box-Behnken*. 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.



Gambar 3.5 Representasi *Box-Behnken design* (Montgomery, 2001)

Tabel 3.2 Rancangan Percobaan dengan *Box-Behnken Design*

No	Injection Pressure	Cooling Time	Holding Pressure	(A) Injection Pressure (bar)	(B) Cooling Time (detik)	(C) Holding Pressure (bar)
1	-1	-1	0	1080	9,5	550
2	1	-1	0	1320	9,5	550
3	-1	1	0	1080	13,5	550
4	1	1	0	1320	13,5	550
5	-1	0	-1	1080	11,5	495
6	1	0	-1	1320	11,5	495
7	-1	0	1	1080	11,5	605
8	1	0	1	1320	11,5	605
9	0	-1	-1	1200	9,5	495
10	0	1	-1	1200	13,5	495
11	0	-1	1	1200	9,5	605
12	0	1	1	1200	13,5	605
13	0	0	0	1200	11,5	550
14	0	0	0	1200	11,5	550
15	0	0	0	1200	11,5	550

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, dalam Ihsan, 2015):

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

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 asumsi klasik IIDN $(0, \alpha^2)$. Pengujian tersebut antara lain uji identik, uji distribusi normal, dan uji multikolinieritas. Setelah dilakukan pengujian asumsi klasik dilakukan pengujian kesesuaian model. Pengujian yang dilakukan yaitu antara lain uji determinasi (R^2), uji *lack of fit*, uji parameter serentak dan uji parsial.

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 4 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* untuk waktu siklus. Karena pada metode *The Smaller is Better*, nilai minimum dari respon adalah hasil yang paling diinginkan. Dan *Nominal The Best* untuk berat *netto*. Karena pada metode *Nominal is Best*, nilai nominal dari respon yang diinginkan.

3.6 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.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis data penelitian menggunakan metode respon permukaan dengan desain *Box-Behnken*, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan tabel Anova, semua variabel prediktor secara signifikan berpengaruh terhadap *cycle time*. Variabel prediktor tersebut adalah *injection pressure*, *cooling time*, dan *holding pressure*, namun secara individu variabel yang paling berpengaruh adalah *cooling time*, dimana nilai *F-value cooling time* lebih tinggi dibanding variabel proses yang lain yaitu 14430,92.
2. Berdasarkan tabel Anova, variabel prediktor secara signifikan yang berpengaruh terhadap berat *netto* adalah *injection pressure* dan *holding pressure*, namun secara individu variabel yang paling berpengaruh adalah *injection pressure* dimana nilai *F-value injection pressure* lebih tinggi di banding dengan nilai variabel yang lain yaitu 35,57.
3. Dari hasil optimasi yang dilakukan, diperoleh kondisi optimum *setting* parameter pembuatan tutup botol 500 ml, yaitu untuk nilai parameter *injection pressure* sebesar 1151,984 bar, nilai *cooling time* sebesar 9,5 detik, dan nilai *holding pressure* sebesar 522,108 bar. Dengan setting parameter ini didapatkan nilai optimum *cycle time* sebesar 20,208 detik dan nilai berat *netto* yang masih dalam toleransi perusahaan yaitu sebesar 68,616 gram. Hasil ini dapat meningkatkan produksi sebesar 7,9362%.

5.2 Saran

Bedasarkan analisis data penelitian dai hasil eksperimen di PT. Berlina Tbk., penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Penelitian ini merupakan solusi dalam mengatasi masalah optimasi produksi dengan perhitungan statistik, perusahaan diharapkan dapat menjadikan acuan dan pertimbangan dari hasil penelitian ini dalam *setting* parameter baik pada produk tutup botol 500 ml maupun produk yang lain.
2. Diharapkan ada penelitian lebih lanjut mengenai masalah ini menggunakan variabel prediktor yang berbeda dengan menerapkan *setting* parameter prediktor dari hasil penelitian ini.
3. Dalam pengambilan sampel pada suatu penelitian diharapkan melakukan pengulangan percobaan lebih dari penelitian ini, agar nilai taksiran respon lebih tepat dan distribusi normalnya lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurokhman, M. 2012. “Analisis Konsumsi Energi pada Proses *Injection Moulding* untuk Efisiensi Energi”. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Depok: Fakultas Teknik UI.
- Amri, A. 2009. “Pengaruh Pendinginan dalam Proses *Injection Molding* Pembuatan *Acetabular Cup* pada Sambungan *Hip*”. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Solo: Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Athijayamani, Ganesamoorthy, Loganathan, dan Sidhardhan. 2015. Modeling and Analysis of the Mechanical Properties of Agave Sisalana Variegata Fibre / Vinyl Ester Composites Using Box-Behnken Design of Response Surface Methodology. *Journal of Mechanical Engineering*. 62(2016)5: 273-280.
- Bachtiyar, C. dan Amrillah, R. 2011. Setting Parameter Mesin Press dengan Metode Respon Permukaan pada Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Riset Industri*. Vol. 5 (2) :153-160.
- Chauhan, N. S. 2012. Optimizing Cycle Time of Dvd-R Injection Moulding Machine. *Int. J. Engineering Sci. Technol.* ISSN 0975-5462. Vol. 4 (5): 1982-1990.
- Dewi, K. A., Sumarjaya, I. W., dan Srinadi, I. G. A. M. 2013. Penerapan Metode Permukaan Respons Dalam Masalah Optimalisasi. *E-Jurnal Matematika*. ISSN 2303-1751. Vol. 2 (2): 32-36.
- Dwivedi, S. dan Sharma, S. 2016. Optimization of Resistance Spot Welding Process Parameter on Shear Tensile Strength of SAE 1010 steel sheets Joint using Box-Behnken Design. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*. ISSN 1995-6665. Vol. 10 (2): 115-122.
- Fitria, N. 2015. “Optimalisasi Parameter Regresi *Response Surface Methodology* Dalam Laba Usaha Pedagang Buah dan Aplikasinya Menggunakan *Matlab*”. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Semarang: FKIP Universitas Negeri Semarang.
- Ihsan, M. S. 2015. “Optimasi Waktu Siklus Produk Botol 150 ml pada Proses *Blow Molding* Menggunakan Metode Respon Permukaan”. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Indiyanto, R. (Tanpa Tahun). “Pengantar Pengetahuan Bahan Teknik”. Tidak Diterbitkan. Diktat. Surabaya: Fakultas Teknik Industri UPN Veteran.

- Iriawan, N. dan Astuti, S. P. 2006. *Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*. Yogyakarta: C.V. Andi Offset.
- Isnaini, N., Hadi, A. F., dan Juliyanto, B. 2012. Model Permukaan Respon pada Percobaan Faktorial. *Majalah Ilmiah Matematika dan Statistika*. ISSN 1411-6669. Vol. 12: 24-32.
- Kittur, J. K., Choudhari, M. N., dan Parappagourdar, M. B. 2015. Modeling and Multi-response Optimization of Pressure Die Casting Process using Response Surface Methodology. *Int J Adv Manuf Technol*. 77: 211-224.
- Kristiyantoro, T. 2009. "Optimasi Waktu Siklus Pembuatan Kemasan Produk *Chamomile* 120 ml dengan Proses *Blow Molding*". Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.
- Lahoti, S. N., Nadar, M. D., dan Kulkarni, S. S. 2014. Optimization of Critical Processing Parameters for Plastic Injection Molding for Enhance Productivity and Reduced Time for Development. *Int. J. Adv. Engg. Res. Studies*. E-ISSN 2249-8974. Vol. 3 (2): 66-71.
- Lee, N. C. 2006. *Practical Guide to Blow Molding*. Inggris : Rapra Tegnology.
- Montgomery, D. C. 2001. *Design and Analysis of Experiments*. 5th edition. Australia : John Wiley & Sons Inc.
- Musthofa, A. 2014. Penentuan Setting Pembuatan Botol DK 8251 B pada Proses Blow Moulding dengan Menggunakan RSM (Response Surface Methodology) Studi Kasus di PT. Rexam Packaging Indonesia. *JTM*. Vol. 2 (3): 47-55.
- Oktaviandi, S. D. 2012. "Analisa Pengaruh Parameter Tekanan dan Waktu Penekanan Terhadap Sifat Mekanik dan Cacat Penyusutan dari Produk *Injection Molding* Berbahan *Polyethylene* (PE)". Tidak Diterbitkan. Skripsi. Cilegon: Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- PT. Berlina Tbk. 2016. *Protokol Proses Produksi*. Pasuruan.
- Saito, S. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Terjemahan oleh Surdia, T. 1999. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Supranto, J. 1996. *Pengantar probabilita dan statistik induktif*. Jakarta: Erlangga.
- Surono, B. U. 2013. Berbagai metode konversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak. *JTM*. Vol. 3 (1): 32-40.

LAMPIRAN A. DATA PENGAMBILAN SAMPEL *CYCLE TIME*

NO	Level Parameter			Parameter			Hasil		
	(A)	(B)	(C)	<i>Injection Pressure</i> (bar)	<i>Cooling Time</i> (detik)	<i>Holding Pressure</i> (bar)	<i>Cycle Time</i> Tutup Botol 500 ml (detik)		
	<i>Injection pressure</i>	<i>Cooling Time</i>	<i>Holding Pressure</i>				Replikasi 1	Replikasi 2	Rata-rata
1	-1	-1	0	1080	9,5	550	20,19	20,15	20,17
2	1	-1	0	1320	9,5	550	19,70	19,76	19,73
3	-1	1	0	1080	13,5	550	24,17	24,11	24,14
4	1	1	0	1320	13,5	550	23,72	23,64	23,68
5	-1	0	-1	1080	11,5	495	22,21	22,31	22,26
6	1	0	-1	1320	11,5	495	21,99	21,83	21,91
7	-1	0	1	1080	11,5	605	21,89	21,91	21,90
8	1	0	1	1320	11,5	605	21,40	21,38	21,39
9	0	-1	-1	1200	9,5	495	20,21	20,21	20,21
10	0	1	-1	1200	13,5	495	24,17	24,7	24,12
11	0	-1	1	1200	9,5	605	19,87	19,85	19,86
12	0	1	1	1200	13,5	605	23,87	23,87	23,87
13	0	0	0	1200	11,5	550	21,99	21,97	21,98
14	0	0	0	1200	11,5	550	21,95	21,93	21,94
15	0	0	0	1200	11,5	550	21,95	21,95	21,95

LAMPIRAN B. DATA PENGAMBILAN SAMPEL BERAT *NETTO*

NO	Level Parameter			Parameter			Hasil		
	(A)	(B)	(C)	<i>Injection Pressure</i>	<i>Cooling Time</i>	<i>Holding Pressure</i>	Berat <i>Netto</i> Tutup Botol 500 ml (gram)		
	<i>Injection pressure</i>	<i>Cooling Time</i>	<i>Holding Pressure</i>	(bar)	(detik)	(bar)	Replikasi 1	Replikasi 2	Rata-rata
1	-1	-1	0	1080	9,5	550	68,8671	68,7273	68,7972
2	1	-1	0	1320	9,5	550	69,2778	69,0936	69,1857
3	-1	1	0	1080	13,5	550	68,3188	68,3998	68,3593
4	1	1	0	1320	13,5	550	68,7508	69,1504	68,9506
5	-1	0	-1	1080	11,5	495	68,5022	68,4818	68,4920
6	1	0	-1	1320	11,5	495	69,1705	68,8548	69,0126
7	-1	0	1	1080	11,5	605	68,2188	68,6723	68,4455
8	1	0	1	1320	11,5	605	69,3261	69,2063	69,2662
9	0	-1	-1	1200	9,5	495	68,5302	68,4907	68,5104
10	0	1	-1	1200	13,5	495	68,3890	68,4189	68,4039
11	0	-1	1	1200	9,5	605	68,9104	68,9059	68,9081
12	0	1	1	1200	13,5	605	68,8130	68,8018	68,8074
13	0	0	0	1200	11,5	550	68,4836	68,4730	68,4783
14	0	0	0	1200	11,5	550	68,5190	68,6590	68,5890
15	0	0	0	1200	11,5	550	68,5059	68,4859	68,4959

LAMPIRAN C. OPTIMASI

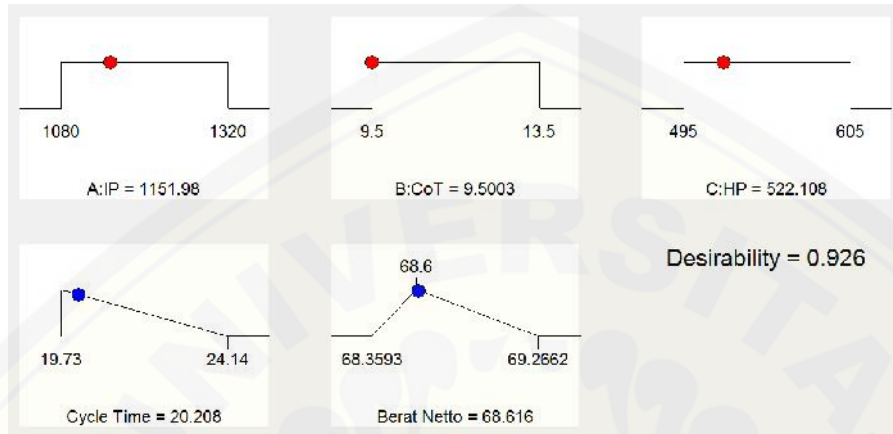
C.1 Constraints

Name	Goal	Lower Limit	Upper Limit	Lower Weight	Upper Weight	Importance
A:IP	is in range	1080	1320	1	1	3
B:CoT	is in range	9.5	13.5	1	1	3
C:HP	is in range	495	605	1	1	3
Cycle Time	minimize	19.73	24.14	1	1	3
Berat Netto	is target = 68.6	68.3593	69.2662	1	1	3

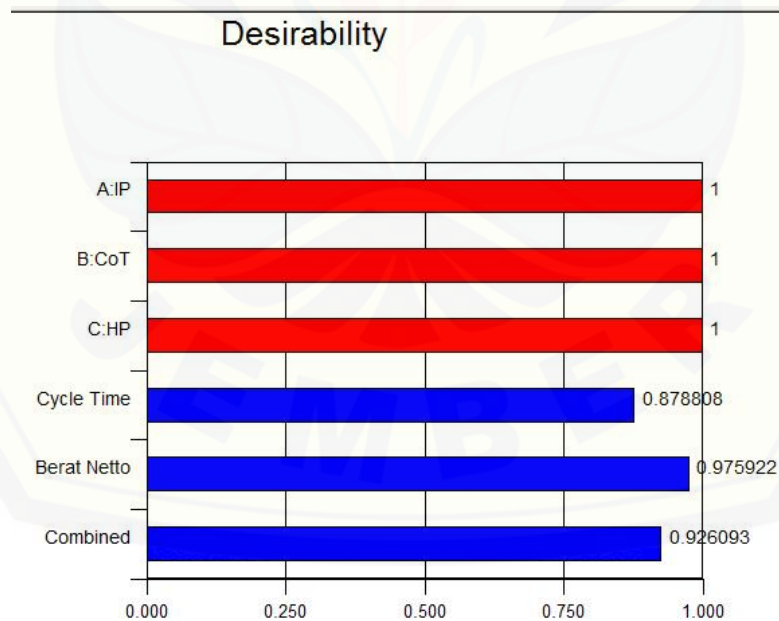
C.2 Solutions

No	IP	CoT	HP	Cycle Time	Berat Netto	Desirability w/o Intervals	
1	1152.311	9.500	521.684	20.209	68.616	0.926	0.933
2	1152.185	9.500	521.348	20.210	68.616	0.926	0.933
3	<u>1151.984</u>	<u>9.500</u>	<u>522.108</u>	<u>20.208</u>	<u>68.616</u>	<u>0.926</u>	<u>0.933</u> Selected
4	1153.119	9.500	521.256	20.210	68.616	0.926	0.933
5	1153.734	9.500	520.719	20.211	68.616	0.926	0.933
6	1152.248	9.516	521.591	20.224	68.614	0.926	0.933
7	1174.568	9.500	507.303	20.234	68.619	0.920	0.927
8	1200.531	9.500	516.752	20.163	68.656	0.902	0.909

C.3 RAMP (LERENGAN)



C.4 BAR GRAPH (DESIRABILITY)



LAMPIRAN D. TABEL DISTRIBUSI χ^2 (²)

Tabel Distribusi χ^2



df	0.995	0.990	0.975	0.950	0.900	0.100	0.050	0.025	0.010	0.005
1	0.000393	0.001571	0.000982	0.003932	0.015708	2.70554	3.84176	5.02389	6.63490	7.87944
2	0.0100251	0.2010070	0.0506356	0.1025780	0.2107200	4.60517	5.99147	7.37776	9.21034	10.59666
3	0.0717212	0.1148320	0.2157950	0.3518460	0.5843750	6.25139	7.81473	9.34840	11.3449	12.8381
4	0.2066900	0.2971100	0.4844150	0.7107210	1.0636230	7.77944	9.48773	11.1433	13.2767	14.8602
5	0.4117400	0.5543000	0.8312110	1.1454760	1.6103100	9.23635	11.0705	12.8325	15.0863	16.7496
6	0.675727	0.872085	1.237347	1.63539	2.20413	10.6446	12.5916	14.4494	16.8119	18.5476
7	0.969265	1.239043	1.689670	2.16735	2.83311	12.0170	14.0671	16.0128	18.4733	20.2777
8	1.34419	1.646482	2.179730	2.73264	3.48954	13.3616	15.5073	17.5346	20.0902	21.9550
9	1.734926	2.087912	2.700390	3.32511	4.16816	14.6837	16.9190	19.0228	21.6660	23.5893
10	2.155850	2.558210	3.246970	3.94030	4.86518	15.9871	18.3070	20.4831	23.2093	25.1882
11	2.60321	3.05347	3.81575	4.57481	5.57779	17.2750	19.6751	21.9000	24.7250	26.7569
12	3.07381	3.57056	4.40379	5.22603	6.30380	18.5494	21.0261	23.3367	26.2170	28.2995
13	3.56503	4.10691	5.00874	5.89186	7.04150	19.8119	22.3621	24.7356	27.6883	29.8194
14	4.07468	4.66073	5.62872	6.57063	7.78953	21.0642	23.6848	26.1190	29.1413	31.3193
15	4.60094	5.22935	6.26214	7.26094	8.54675	22.3072	24.9958	27.4884	30.5779	32.8013

LANJUTAN TABEL D ...

454

← Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14

df	α												
	0,995	0,990	0,975	0,950	0,900	0,100	0,050	0,025	0,010	0,005			
16	5,14224	5,81221	6,90766	7,96164	9,31223	23,5418	26,2962	28,8454	31,9999	34,2672			
17	5,69724	6,40776	7,56418	8,67176	10,0852	24,7690	27,5871	30,1910	33,4087	35,7185			
18	6,26481	7,01491	8,23075	9,39046	10,8649	25,9894	28,8693	31,8523	34,8053	37,1564			
19	6,84398	7,63273	8,90655	10,1170	11,6509	27,2036	30,1435	32,8523	36,1908	38,5822			
20	7,43386	8,26040	9,59083	10,8508	12,4426	28,4120	31,4104	34,1696	37,5662	39,9968			
21	8,03366	8,89720	10,28293	11,5913	13,2396	29,6151	32,6705	35,4789	38,9321	41,4010			
22	8,64272	9,54249	10,9823	12,3380	14,0415	30,8133	33,9244	36,7807	40,2894	42,7956			
23	9,26043	10,19567	11,6885	13,0905	14,8476	32,0069	35,1725	38,0757	41,6384	44,1813			
24	9,88623	10,8564	12,4011	13,8484	15,6587	33,1963	36,4151	39,3657	42,9798	45,5585			
25	10,5197	11,5240	13,1197	14,6114	16,4734	34,3816	37,6525	40,6465	44,3141	46,9278			
26	11,1603	12,1981	13,8439	15,3791	17,2919	35,5631	38,8852	41,9232	45,6417	48,2899			
27	11,8076	12,8786	14,5733	16,1513	18,1138	36,7412	40,1133	43,1944	46,9630	49,6449			
28	12,4613	13,5648	15,3079	16,9279	18,9392	37,9159	41,3372	44,4607	48,2782	50,9933			
29	13,1211	14,2565	16,0471	17,7083	19,7677	39,0875	42,5569	45,7222	49,5879	52,3356			
30	13,7867	14,9535	16,7908	18,4926	20,5992	40,2560	43,7729	46,9792	50,8922	53,6720			
40	20,7065	22,1643	24,4331	26,5093	29,0505	51,8050	55,7585	59,3417	63,6907	66,7659			
50	27,9907	29,7067	32,3574	34,7642	37,6886	63,1671	67,5048	71,4202	76,1539	79,4900			
60	35,5346	37,4848	40,4817	43,1879	46,4589	74,3970	79,0819	83,2976	88,3794	91,9517			
70	43,2752	45,4418	48,7576	51,7393	55,3290	85,5271	90,5312	95,0231	100,425	104,215			
80	51,1720	53,5400	57,1532	60,3915	64,2778	96,5782	101,879	106,629	112,329	116,321			
90	59,1963	61,7541	65,6466	69,1260	73,2912	107,565	113,145	118,136	124,116	128,299			
100	67,3276	70,0648	74,2219	77,9295	82,3581	118,498	124,342	129,561	135,807	140,169			

LAMPIRAN E. TABEL DISTRIBUSI F ($\alpha = 5\%$)

Tabel Distribusi F ($\alpha = 0,05$)



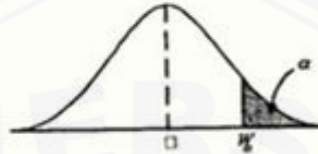
ν_2	ν_1	Derajat bebas (df) pembilang (ν_1)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	236,8	238,9	240,5
2	1	18,51	19,0	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,37	19,38
3	1	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81
4	1	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00
5	1	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77
6	1	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10
7	1	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68
8	1	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39
9	1	2,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18
10	1	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02
11	1	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90
12	1	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80
13	1	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,93	2,77	2,71
14	1	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65
15	1	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59
16	1	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54
17	1	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49
18	1	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46
19	1	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42
20	1	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39
21	1	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37
22	1	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34
23	1	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32
24	1	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30
25	1	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,40	2,34	2,28
26	1	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27
27	1	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,31	2,25
28	1	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24
29	1	4,18	3,33	2,93	2,70	2,55	2,43	2,35	2,28	2,22
30	1	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21
40	1	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12
60	1	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04
120	1	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,09	2,02	1,96
∞	1	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88

LANJUTAN TABEL E ...

458 ← Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14

Lanjutan Tabel A5...

ν_1	Derajat bebas (df) pembilang (ν_1)									
	ν_2	10	12	15	20	30	40	60	120	∞
1		241,9	243,9	245,9	248,0	250,1	251,1	252,2	253,3	254,3
2		19,40	19,41	19,43	19,45	19,46	19,47	19,48	19,49	19,50
3		8,79	8,74	8,70	8,66	8,62	8,59	8,57	8,55	8,53
4		5,96	5,91	5,86	5,80	5,75	5,72	5,69	5,66	5,63
5		4,74	4,68	4,62	4,56	4,50	4,46	4,43	4,40	4,36
6		4,06	4,00	3,94	3,87	3,81	3,77	3,74	3,70	3,67
7		3,64	3,57	3,51	3,44	3,38	3,34	3,30	3,27	3,23
8		3,35	3,28	3,22	3,15	3,08	3,04	3,01	2,97	2,93
9		3,14	3,07	3,01	2,94	2,86	2,83	2,79	2,75	2,71
10		2,98	2,91	2,85	2,77	2,70	2,66	2,62	2,58	2,54
11		2,85	2,79	2,72	2,65	2,57	2,53	2,49	2,45	2,40
12		2,75	2,69	2,62	2,54	2,47	2,43	2,38	2,34	2,30
13		2,67	2,60	2,53	2,46	2,38	2,34	2,30	2,25	2,21
14		2,60	2,53	2,46	2,39	2,31	2,27	2,22	2,18	2,13
15		2,54	2,48	2,40	2,33	2,25	2,20	2,16	2,11	2,07
16		2,49	2,42	2,35	2,28	2,19	2,15	2,11	2,06	2,01
17		2,45	2,38	2,31	2,23	2,15	2,10	2,06	2,01	1,96
18		2,41	2,34	2,27	2,19	2,11	2,06	2,02	1,97	1,92
19		2,38	2,31	2,23	2,16	2,07	2,03	1,98	1,93	1,88
20		2,35	2,28	2,20	2,12	2,04	1,99	1,95	1,90	1,84
21		2,32	2,25	2,18	2,10	2,01	1,96	1,92	1,87	1,81
22		2,30	2,23	2,15	2,07	1,98	1,94	1,89	1,84	1,78
23		2,27	2,20	2,13	2,05	1,96	1,91	1,86	1,81	1,76
24		2,25	2,18	2,11	2,03	1,94	1,89	1,84	1,79	1,73
25		2,24	2,16	2,09	2,01	1,92	1,87	1,82	1,77	1,71
26		2,22	2,15	2,07	1,99	1,90	1,85	1,80	1,75	1,69
27		2,20	2,13	2,06	1,97	1,88	1,84	1,79	1,73	1,67
28		2,19	2,12	2,04	1,96	1,87	1,82	1,77	1,71	1,65
29		2,18	2,10	2,03	1,94	1,85	1,81	1,75	1,70	1,64
30		2,16	2,09	2,01	1,93	1,84	1,79	1,74	1,68	1,62
40		2,08	2,00	1,92	1,84	1,74	1,69	1,64	1,58	1,51
60		1,99	1,92	1,84	1,75	1,65	1,59	1,53	1,47	1,39
120		1,91	1,83	1,75	1,66	1,55	1,50	1,43	1,35	1,25
∞		1,83	1,75	1,67	1,57	1,46	1,39	1,32	1,22	1,00

LAMPIRAN F. TABEL DISTRIBUSI t **Tabel Distribusi t** 

df	α					
	0,25	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005
1	1,000	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657
2	0,816	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	0,765	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	0,741	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	0,727	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	0,718	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	0,711	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	0,706	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	0,703	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	0,700	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	0,697	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	0,695	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	0,694	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	0,692	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	0,691	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	0,690	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	0,689	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	0,688	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	0,688	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	0,687	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	0,686	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	0,686	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	0,685	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	0,685	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	0,684	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	0,684	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	0,684	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	0,683	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	0,683	1,311	1,669	2,045	2,462	2,756
30	0,683	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750
40	0,681	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704
60	0,679	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660
120	0,677	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617
∞	0,674	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576

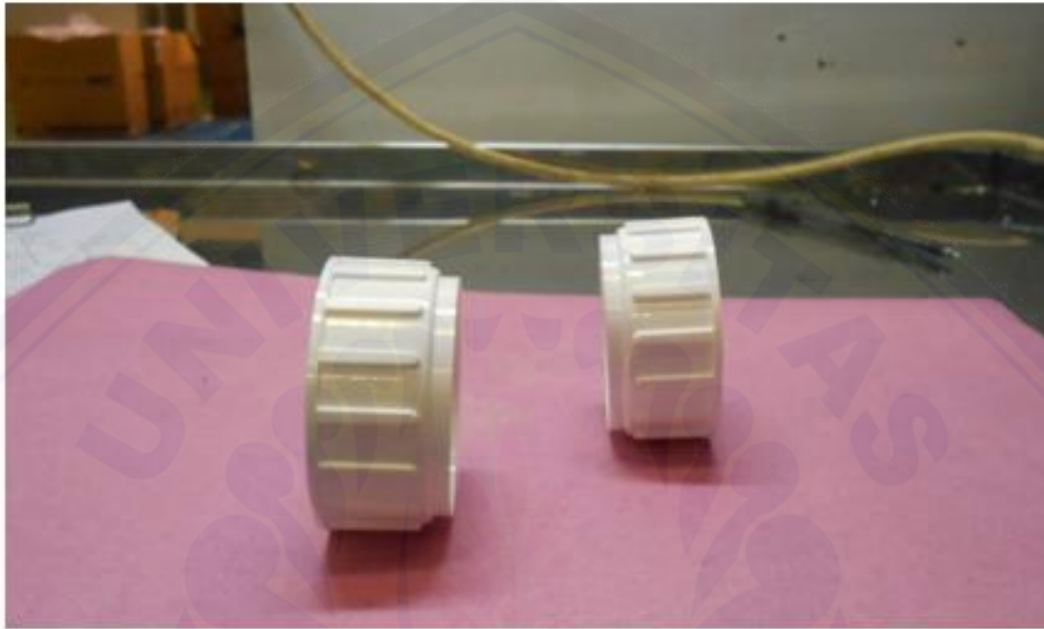
LANJUTAN TABEL F ...

452 ← Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14

Lanjutan Tabel A2...

df	α							
	0,0025	0,0010	0,0005	0,00025	0,00010	0,00005	0,00025	0,00001
1	127,321	318,309	636,619	1.273,239	3.183,099	6.366,198	12.732,395	31.830,989
2	14,089	22,327	31,598	44,705	70,700	99,992	141,416	233,603
3	7,453	10,214	12,924	16,326	22,204	28,000	35,298	47,928
4	5,598	7,173	8,610	10,306	13,034	15,544	18,522	23,332
5	4,773	5,893	6,869	7,976	9,678	11,178	12,893	15,547
6	4,317	5,208	5,959	6,788	8,025	9,082	10,261	12,032
7	4,029	4,785	5,408	6,082	7,063	7,885	8,782	10,103
8	3,833	4,501	5,041	5,618	6,442	7,120	7,851	8,907
9	3,690	4,297	4,781	5,291	6,010	6,594	7,215	8,102
10	3,581	4,144	4,587	5,049	5,694	6,211	6,757	7,527
11	3,497	4,025	4,437	4,863	5,453	5,921	6,412	7,098
12	3,428	3,930	4,318	4,716	5,263	5,694	6,143	6,756
13	3,372	3,852	4,221	4,597	5,111	5,513	5,928	6,501
14	3,326	3,787	4,141	4,499	4,985	5,363	5,753	6,287
15	3,286	3,733	4,073	4,417	4,880	5,239	5,607	6,109
16	3,252	3,686	4,015	4,346	4,791	5,134	5,484	5,960
17	3,223	3,646	3,965	4,286	4,714	5,044	5,379	5,832
18	3,197	3,610	3,922	4,233	4,648	4,966	5,288	5,722
19	3,174	3,579	3,883	4,187	4,590	4,897	5,209	5,627
20	3,153	3,552	3,850	4,146	4,539	4,837	5,139	5,543
21	3,135	3,527	3,819	4,110	4,493	4,784	5,077	5,469
22	3,119	3,505	3,792	4,077	4,452	4,736	5,022	5,402
23	3,104	3,485	3,768	4,048	4,415	4,693	4,972	5,343
24	3,090	3,467	3,745	4,021	4,382	4,654	4,927	5,290
25	3,0778	3,450	3,725	3,997	4,352	4,619	4,887	5,241
26	3,067	3,435	3,707	3,974	4,324	4,587	4,850	5,197
27	3,057	3,421	3,690	3,954	4,299	4,558	4,816	5,157
28	3,047	3,408	3,674	3,935	4,275	4,530	4,784	5,120
29	3,038	3,396	3,659	3,918	4,254	4,506	4,756	5,086
30	3,030	3,385	3,646	3,902	4,234	4,482	4,729	5,054
40	2,971	3,307	3,551	3,788	4,094	4,321	4,544	4,835
50	2,937	3,261	3,496	3,723	4,014	4,228	4,438	4,711
60	2,915	3,232	3,460	3,681	3,962	4,169	4,370	4,631
70	2,899	3,211	3,435	3,651	3,926	4,127	4,323	4,576
80	2,887	3,195	3,416	3,629	3,899	4,096	4,288	4,535
90	2,878	3,183	3,402	3,612	3,878	4,072	4,261	4,503
100	2,871	3,174	3,390	3,598	3,862	4,053	4,240	4,478
∞	2,807	3,090	3,291	3,481	3,719	3,891	4,056	4,265

LAMPIRAN G. GAMBAR PRODUK PENELITIAN



LAMPIRAN H. PROTOKOL PRODUK TUTUP BOTOL 500 ML

Protokol No: 63/IM/2016/P

PROTOKOL PROSES PRODUKSI INJECTION MOULDING

No revisi: 00

Nama produk : CAP BASF KS 50 (LOGO)
 Jumlah cavity : 6 CAV
 Cycle time std : 25"
 Material : PP
 NOZLE R / Ø : R 35 / 1.5 MM

Tanggal : 05-04-2016
 Mesin : ARB 100 4
 Cycle actual : 22.5" + WHITE
 Warna : VARIANT
 Campuran material : MURNI & CAMP AFVAL = 3 : 1

Sequence : Core in maju - Mould close - IU maju - Injeksi - Holding - Cooling time paralel dengan plasticizing - Decomp - IU mundur - Cooling time habis - Mould open s/d intermediate stop - Core out bersamaan mould open dan valve udara - and produk jatuh - core in lagi

TEMPERATURE

ZONA 1 : 200 °C
 ZONA 2 : 200 °C
 ZONA 3 : 225 °C
 ZONA 4 : 245 °C
 ZONA 5 : °C
 ZONA 6 : °C
 ZONA 7 : °C
 NOZZLE : 265 °C

INJECTION UNIT

FILLING PHASE

	4	3	2	1
Speed (mm/s)			70	90
Press (Bar / Kn)			900	1200
Step inj (mm)				24
Start holding (mm)	19.0			
Melt cushion (mm)	2.7			
Time Inj monitr (s)				
Time inj act (s)	0.91			

HOLDING PHASE

	1	2	3
V	15		
P	450	550	
T	1.0	3.0	

PLASTICIZING

Shot Weight (mm) : 83
 RPM : 477
 Back press (bar) : 80
 Decomp speed (mm/s) : 25
 Decomp stroke (mm) : 8
 Cooling time (sec) : 12
 Monitr. time plasticizing :
 IU Retract (mm) : 15

CLOSE

	1	2	3	4	5
Close Force (Kn)	40	35	8.5		
Close speed (mm/s)	250	210	160	55	
Step close (mm)	40	20	10	0.5	

MOULD PROTECTION FORCE (Bar / KN) :
 Monitoring time mould protection (s) :
 Position start Clamping Force (mm) : 0.2
 Toleransi start clamping Force (mm) : 2.0
 Clamping Force (Bar / KN) : 600
 Actual position zero point (mm) :

CLAMPING UNIT

OPEN

	3	2	1
Open Press (Bar / Kn)	35	30	20
Open speed (mm/ste)	325	300	220
Step Open (mm)	215	190	110
Start Core Position :	105		
Max Open (mm) :	215		
Blowing start (mm) :	-		
Blowing time (sec) :	15		
Blowing delay (sec) :	0.5		

PROGRAM EJECTOR

Clearance ejector MC with Mould : No
 Start Ejector (mm) :
 Ejector Adv press (bar) :
 Ejector Adv speed :
 Step Ejector Adv (mm) :
 Ejector Adv switch Monitoring :
 Ejector back press (bar) :
 Ejector back speed (mm / s) :
 Ejector back switch Monitoring :

No	Core program	Function	Start open position	Start close position	core selenoid and connector hose	pezeal	in sequence switch	timer	all interogation	without interogation	std core	ject increasing device	retaining function	time core	monitoring time(sec)	in	iv	pressure core	speed core
1	Core 1 In	M. close		215 mm															
2	Core 1 Out	M. Open mengeluarkan produk	100 mm															85	70

MOULD

Mould Dimention :
 Length : (mm)
 Width : (mm)
 Height : (mm)
 Total stroke : - (mm)
 Max open : 215 (mm)
 Locating ring : (mm)
 Radius of Sprue : R. 35 (mm)
 Cavities : 6 (pcs)

cav position (Male)

Hot runner system (°C) : No

Sprue °C :
 Manifold °C : 1=, 2=, 3=, 4=, 5=, 6=, 7=
 Cavities °C : 8=, 9=, 10=, 11=, 12=, 13=, 14=, 15=, 16=, 17=, 18=, 19=, 20=, 21=, 22=, 23=, 24=, 25=, 26=, 27=, 28=, 29=, 30=, 31=, 32=

GAMBAR COOLING

MALE FEMALE PLAT RUNNER

Rev. No	Revisi	Old	Description	New	Prepared	Reviewed	Approved
00					DK	DK	SRS

Form No : BP-11.20-127-438 Revisi Date : 03/01/2013 Rev. No : 00

LAMPIRAN I. SPESIFIKASI PRODUK TUTUP BOTOL 500 ML

DESIGN & PRODUCT DEV. DEPT. - PT. BERLINA Tbk

PRODUCT SPECIFICATION

Specification No : 014/08/DPD Page : 1 of 1

Customer : PT. Sanova

Product Name : Cap BASF KS 50 --(CPBASF KSS0)

Drawing No : S30.100 C1/2 Drawing Code : A

Product Code : XSS6 001 04 02 Customer Code : -

Material : HDPE Brand : - Rigidex 5218 EA

Additive : UV+LTH Stabilizer Product Shape : Round

Colour : White According to : Colour Scheme/Sample

Weight : 11^{±1} Gr

Decoration : Printing : - colours - passes
 Hot Stamping : - colours - passes
 Shrink Label : -
 Sticker : -
 Other : Gravir pada Top Cap

Capping System : Thread System

Box : Rexona 21 Isi : 350 pcs
Ukr. Kantong plastic : 0,03 x 85 x 100

Others : - Digunakan untuk botol BASF 100, 250, 500 & 1000 ml
- Urutan pengerjaan : 1. Moulding
2. Assembling Induction Seals

Mould Type : Injection Moulding Machine Type : B 80 M, Arb 100

Mould Maker : Berlina Mould Shop Gating System : Center Gate

Surface Finishing : Polished Cycle Time : 25"

No. of Cavities : 6 Cav. Parison : -

CD of Cavity : - Die Head Type : -

Remarks : - Kualitas dan appearance product harap disesuaikan dengan physical approval

Rev. No.	Revision Date	Description		Prepared By	Reviewed By	Approved By
		Old	New			
00	12-11-2008	Spec tgl. 17-4-08	Spec tgl. 12-11-08	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>

CONTROLLED

DESIGN & PRODUCT DEVELOPMENT
PT. BERLINA Tbk - PAKELAH

17 NOV 2008

Form No. BP-22 00-03-F-001
 Revised Date 10/03/2003
 Rev. No. 00

LAMPIRAN J. SURAT KETERANGAN MELAKUKAN PENELITIAN



PT BERLINA Tbk.
 Head Office & Cikarang Factory
 Jl. Jababeka Raya Blok E 12 - 17 Kawasan Industri Jababeka Cikarang
 Dk. Wangun Jaya, Cikarang Utara, Bekasi 17520 Jawa Barat - Indonesia
 P +62 21 898 30160 • F +62 21 898 30161
www.berlina.co.id
 Certified On : • ISO 9001 • ISO 14001 • OHSAS 18001

SURAT KETERANGAN
 No. 031/VI/16/SW

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa :

N a m a : Dwi Sulistyanto
 NIM : 121910101078
 Program Studi : Teknik Mesin – Univ. Negeri Jember

telah melakukan kegiatan Penelitian di Perusahaan kami untuk keperluan penyusunan skripsi dengan judul "**Analisis Parameter Injection Moulding Terhadap Waktu Siklus Tutup Botol 500ml dengan Metode Respon Permukaan**", pada tanggal 06 Juni s/d 20 Juni 2016.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Pandaan, 21 Juli 2016


PT. BERLINA Tbk.
Susilowati
 HRD Dept.

Panekan Factory :
 Jl. Raya Bojone Kiri 43
 Panekan 67024 - Ponorogo
 East Java - Indonesia
 P +62 341 931 901 • F +62 341 931 902

Tumpang Factory :
 Jl. Raya Madi, Toba Km. 5 K3, Pongowong
 Kecamatan Perak Jaya, Kecamatan Perak
 Tumpang 63101 Indonesia
 P +62 21 523 3540 • F +62 21 523 3538

PT. PARABEN PLASTIC PAKSIWONO Co. Ltd
 No. 20 Sheng He Road
 Baha Industrial Zone
 Hetao City - China 200201
 P +86 531 66 400 765 • F +86 531 6810 8886

PT. QUANTER
 Jl. Sateo Suroto Km. 8
 Kumpang Cikarang 47160 R
 Kar. Gedean I, Cikarang - Tangerang 12137
 P +62 21 898 9330 9335 9334 • F +62 21 898 9332