



**OPTIMASI PRODUKSI BOTOL 400 ml PADA PROSES
*EXTRUSION BLOW MOULDING***

Studi Kasus di PT. Dynaplast Tbk

SKRIPSI

Oleh

Nugroho Wahyu Waskito

NIM 141910101013

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019



**OPTIMASI PRODUKSI BOTOL 400 ml PADA PROSES
*EXTRUSION BLOW MOULDING***

Studi Kasus di PT. Dynaplast Tbk

SKRIPSI

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

Oleh

Nugroho Wahyu Waskito

NIM 141910101013

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019

PERSEMBAHAN

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

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

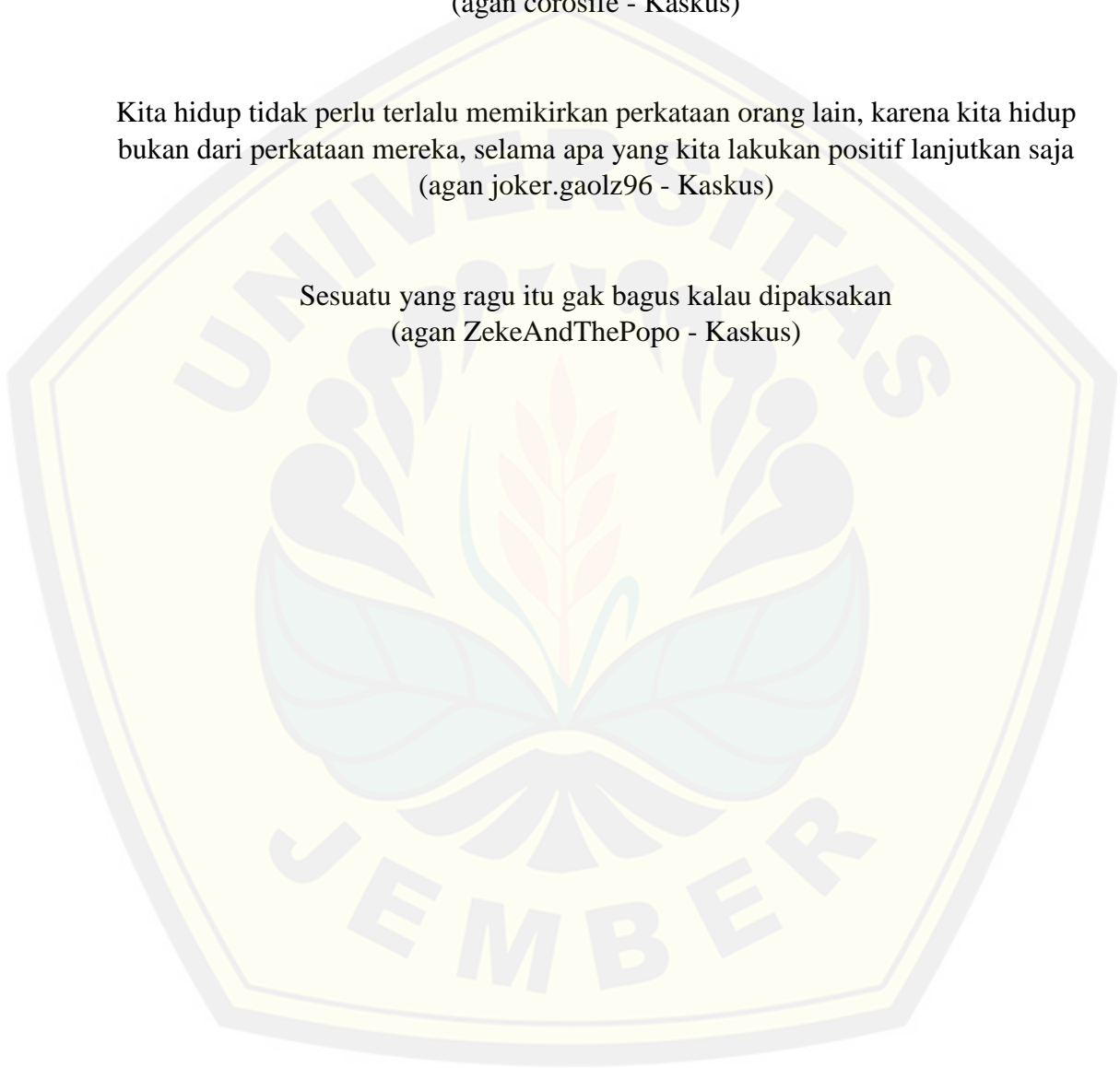
1. Ayahanda Miseran dan ibunda Mujiati yang senantiasa memberikan semangat, dorongan, kasih sayang dan pengorbanan yang tidak kenal lelah, dan doa yang tiada hentinya tucurahkan dengan sepuuh hati;
2. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang senantiasa menularkan ilmunya, semoga ilmu yang bermanfaat dan barokah dikemudian hari. Ir. FX. Kristianta, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Utama, Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang selalu memberikan saran dan arahan yang sangat membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Dr. Gaguk Jatisukamto, S.T. M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan Mahros Darsin, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan saran dan arahan menuju ke arah yang benar dalam menyelesaikan skripsi ini;
3. Guru-guruku sejak Taman Kanak-kanak sampai SMA yang tidak kenal lelah memberikan ilmunya, membimbing dan mendidik menuju arah yang lebih baik sehingga sampai ke jenjang perguruan tinggi;
4. Kelompok penelitian yaitu Yogi Burhanuddin yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini, serta teman-temanku Teknik Mesin angkatan 2014 yang tidak kenal Lelah memberikan dukungan dan doa serta kasih sayang;
5. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTO

Pada akhirnya kita benar benar menyadari tidak ada salah dan benar dalam hidup ini, semu, yang ada adalah soal risiko dan konsekuensi dari setiap tindakan yang kita ambil dan kita pilih
(agan corosife - Kaskus)

Kita hidup tidak perlu terlalu memikirkan perkataan orang lain, karena kita hidup bukan dari perkataan mereka, selama apa yang kita lakukan positif lanjutkan saja
(agan joker.gaolz96 - Kaskus)

Sesuatu yang ragu itu gak bagus kalau dipaksakan
(agan ZekeAndThePopo - Kaskus)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nugroho Wahyu Waskito

NIM : 141910101013

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Optimasi Produksi Botol 400 ml pada Proses *Extrusion Blow Moulding* Studi Kasus di PT. Dynaplast Tbk” 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 dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 5 Juli 2019

Yang Menyatakan,

Nugroho Wahyu W.

NIM 141910101013

SKRIPSI

OPTIMASI PRODUKSI BOTOL 400 ml PADA PROSES *EXTRUSION BLOW MOULDING*

Studi Kasus di PT. Dynaplast Tbk

Oleh

Nugroho Wahyu Waskito

NIM 141910101013

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. FX. Kristianta, M.Eng.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Optimasi Produksi Botol 400 ml pada Proses *Extrusion Blow Moulding*: Studi Kasus di PT. Dynaplast Tbk" karya Nugroho Wahyu Waskito telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Jumat, 5 Juli 2019

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Ir. FX. Kristianta, M.Eng.

Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T.

NIP 19650120 200112 1 001

NIP 19600812 199802 1 001

Penguji I,

Penguji II,

Dr. Gaguk Jatisukamto, S.T., M.T.

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

NIP 19690209 199802 1 001

NIP 19700322 199501 1 001

Mengesahkan
Dekan,

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

NIP 19661215 199503 2 001

RINGKASAN**OPTIMASI PRODUKSI BOTOL 400 ml PADA PROSES *EXTRUSION BLOW MOULDING***

Nugroho Wahyu Waskito, 141910101013; 2019; 78 halaman; Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Kebutuhan dan konsumsi plastik di Indonesia cukup besar terutama pada industry makanan dan minuman. Dibuktikan dari meningkatnya permintaan kebutuhan plastik impor di Indonesia pada akhir tahun 2017 sebesar 1,8 juta ton dengan produksi dalam negeri mencapai 2,3 juta ton plastik. Mengakibatkan industri plastik di Indonesia harus meningkatkan produksi plastik baik dari kualitas maupun kuantitas, sehingga mampu bersaing dengan industri lainnya dan tidak mengalami kerugian dalam produksinya. Salah satu metode yang digunakan dalam proses pembuatan produk berbahan plastik pada industri kemasan plastik yaitu *extrusion blow moulding*. *Extrusion blow moulding* merupakan proses bersiklus untuk menghasilkan produk yang serupa dari sebuah cetakan, dan proses ini merupakan paling banyak ke tiga di dunia dalam pembuatan produk dengan material plastik (*polymer*).

Permasalahan yang sering dijumpai dalam dunia industri manufaktur *blow moulding* adalah banyaknya limbah plastik yang dihasilkan dari sisa proses produksi, limbah plastik ini dapat didaur ulang akan tetapi juga akan menurunkan kualitas dari produk karena bahan daur ulang tidak sebaik plastic yang berasal dari granule murni. Penelitian yang dilaksanakan di PT Dynaplast Tbk. Dalam memproduksi botol kemasan 400 ml ini masih menghasilkan sisa limbah plastik yang masih terlalu banyak. Sisa limbah plastik ini berupa dalam bentuk *parison tail*. Sehingga dalam proses produksinya perlu meminimalkan hasil limbah plastik yang dihasilkan.

Metode *Taguchi* merupakan suatu metodologi dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses, namun dalam waktu yang bersamaan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Metode *Taguchi*

berupaya mencapai sasaran tersebut dengan menjadikan produk atau proses tidak menjadi sensitif terhadap berbagai faktor seperti misalnya material, perlengkapan manufaktur, tenaga kerja manusia, dan kondisi-kondisi operasional. Metode *Taguchi* membuat produk atau proses bersifat kokoh (*robust*) terhadap faktor gangguan (*noise*), oleh karenanya metode ini disebut juga sebagai perancangan kokoh.

Dalam penelitian ini, tahap pertama yang dilakukan yaitu menentukan desain eksperimen yang akan digunakan dalam penelitian sesuai dengan kondisi yang terdapat dalam perusahaan sebagai hasil dari studi literatur. Kemudian barulah dilakukan pengambilan data dengan kombinasi parameter sesuai dengan desain eksperimen yang telah dibentuk (*ortogonal array*). Selanjutnya data yang diperoleh berupa hasil berat *parison tail* dan *cycle time* yang terjadi kemudian dihitung rata-rata nya kemudian dihitung pula nilai S/N ratio untuk kemudian dilakukan analisis signifikansi pengaruh parameter menggunakan ANOVA. Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk optimasi menggunakan metode *taguchi*. Hasil perhitungan dan analisis yang didapatkan kemudian akan dibandingkan dengan protokol produksi yang digunakan dan hasil produksi pada perusahaan.

Dari hasil perhitungan dan analisis data yang dilakukan dalam proses produksi botol 400 ml didapatkan kombinasi parameter yang baru sebagai berikut: *blowing pressure* sebesar 8 bar, *blowing time* sebesar 13 sekon, *screw inner layer* sebesar 66 rpm, dan *screw outer layer* 28 rpm. Dari *setting* tersebut didapatkan nilai *parison tail* paling kecil yaitu 9,81 gram, dengan menggunakan *setting* ini mampu menurunkan berat *parison tail* dalam proses produksi.

Kombinasi parameter *blowing pressure* sebesar 7 bar, *blowing time* sebesar 13 sekon, *screw inner layer* 66 rpm dan *screw outer layer* sebesar 29 rpm. Dari *setting* tersebut didapatkan waktu siklus 18,13 sekon dengan *netto* produk yang masih sesuai dengan standar perusahaan yaitu sebesar $30,5 \pm 2$ gram. Dengan menggunakan *setting* ini mampu meningkatkan produktifitas pembuatan botol kemasan 400 ml sebesar 18,14% dari jumlah produksi sebelumnya.

SUMMARY

OPTIMIZATION OF THE PRODUCTION OF 400 ML BOTTLES IN THE CASE STUDY EXTRUSION BLOW MOLDING PROCESS AT PT.DYNAPLAST TBK

Nugroho Wahyu Waskito, 141910101013; 2019; 78 pages; Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Jember University.

The needs and consumption of plastics in Indonesia is very has quite large especially in the food and beverage industry. It is evident from the increase in demand for imported plastic in Indonesia at the end of the year by 1.8 million tons with domestic production reaching 2.3 million tons of plastic. Making the plastic industry in Indonesia have to increase plastic production both in quality and quantity, so as to compete with industry others and do not experience loss in production. One method used in the process of making plastic products in the plastic packaging industry is extrusion blow molding.

The problem that is often encountered in the world of blow molding manufacturing industry is that the production waste produces a lot of plastic waste from the rest of the production process, this plastic waste can be recycled but will also reduce the quality of the product because recycled material is not as good as granule pure. research conducted at PT Dynaplast Tbk. In producing this 400 ml bottle of packaging still produces too much plastic waste, the remaining plastic waste is in the form of a parison tail. So that the production process needs to minimize the results of the waste plastic produced

Extrusion blow molding is a cyclic process to produce a similar product from a mold, and this process is the third largest in the world in making products with plastic material (polymer).

The Taguchi method is a new methodology in the field of engineering that aims to improve the quality of products and processes, but at the same time reduce

costs and resources to a minimum. The Taguchi method seeks to achieve these goals by making products or processes insensitive to various factors such as materials, manufacturing equipment, human labor, and operational conditions. The Taguchi method makes a product or process robust to noise, therefore this method is also called a sturdy design.

In this research, the first step is to determine the experimental design that will be used in the study in accordance with the conditions contained in the company as a result of literature studies. Then the data is collected using a combination of parameters according to the experimental design that has been formed (orthogonal array). Furthermore, the data obtained is in the form of the weight of the parison tail and the cycle time that occurs, then the average is calculated, then the s/n ratio is calculated for the analysis of the significance of the parameters using anova. Then the calculation for optimization is done using the Taguchi method. The results of the calculation and analysis obtained will then be compared with the production protocol used and the production results in the company.

From the results of calculations and data analysis carried out in the 400 ml bottle production process new combinations of parameters were obtained as follows: blowing pressure of 8 bar, blowing time of 13 seconds, inner layer screw of 66 rpm, and screw outer layer 28 rpm. From this setting, the smallest parison tail value is 9.81gr, using this setting can reduce the weight of the parison tail in the production process.

The combination of blowing pressure parameters is 7 bar, blowing time is 13 seconds, inner layer 66 rpm screw and screw outer layer is 29 rpm. From these settings, the cycle time is 18.13 seconds with the net product that is still in accordance with the company standard, which is 30.5 ± 2 grams. Using this setting is able to increase the productivity of making 400 ml packaging bottles by 18.14% from the previous production amount.

PRAKATA

Alkhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian sekaligus penyusunan skripsi yang berjudul "Optimasi Produksi Botol 400 ml pada Proses *Extrusion Blow Moulding* Studi Kasus di PT. Dynaplast Tbk". Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam penyelesaian pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Dalam penulisan skripsi ini tentunya banyak pihak yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materil. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua saya, ayahanda Miseran dan ibunda Mujiati atas segala dukungan dan doa yang tidak pernah berhenti dipanjatkan sehingga saya bisa menyelesaikan studi S1;
2. Seluruh keluarga yang senantiasa memberikan semangat dan doa untuk saya;
3. Bapak Ir Digdo Listyadi Setyawan, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
4. Bapak Ir. FX Kristianta, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan arahan demi terselesaikannya skripsi ini;
5. Bapak Dr. Gaguk Jatisukamto, S.T., M.T. selaku dosen penguji 1 dan Bapak Mahros Darsin, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku dosen penguji 2 yang telah memberikan saran dan kritikan yang membangun untuk penyusunan skripsi ini;
6. Seluruh staf pengajar dan administrasi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu, membimbing, dan membantu kelancaran saya selama saya duduk di bangku perkuliahan.
7. Partner saya Yogi Burhanuddin. yang telah dengan sabar bersedia menemani dan memberikan saran selama proses awal hingga akhir penelitian saya;
8. Dulur-dulur Teknik Mesin 2014 yang telah berjuang bersama, dan telah membantu terselesaikannya skripsi ini;

9. Teman-teman kontrakan C6 dan kos apart yang telah memberikan bantuan, semangat dan motivasi untuk terus berjuang menyelesaikan skripsi;

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, karena sempurna hanya milik Allah SWT. Harapan penulis adalah supaya informasi dari skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Jember, Mei 2019

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	xiv
DAFTAR ISI	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xxii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Hipotesa	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Umum Plastik	6
2.2 <i>Extrusion Blow Molding</i>	7
2.3 Bagian Mesin <i>Extrusion Blow Molding</i>	11
2.3.1 Extruder	12
2.3.2 <i>Die Head</i>	12
2.3.3 Clamping Unit	14
2.3.4 <i>Blow Pin</i>	15

2.3.5 Mould.....	16
2.3.6 Main Frame	17
2.4 Proses Pembuatan Produk Botol 400 ml	17
2.5 Waktu Siklus.....	19
2.6 Penelitian Sebelumnya.....	20
2.7 Parameter yang Diteliti	21
2.7.1 Screw Inner Layer	21
2.7.2 Screw Outer Layer.....	21
2.7.3 Blowing Time.....	22
2.7.4 Blowing Pressure.....	22
2.8 Desain Eksperimen	22
2.9 Metode <i>Taguchi</i>	23
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	34
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	34
3.2 Bahan dan Alat	34
3.2.1 Bahan.....	34
3.2.2 Alat	34
3.3 Tahap Identifikasi Permasalahan.....	36
3.4 Tahap Pengambilan dan Pengolahan Data	39
3.5 Penarikan Kesimpulan	43
3.6 Diagram Alir Penelitian.....	43
BAB 4. PEMBAHASAN.....	45
4.1 Data Percobaan	45
4.1.1 Data Berat <i>Parison Tail</i> dan <i>Cycle Time</i>	45
4.2 Pengolahan dan Analisis Data	45
4.2.1 Berat <i>Parison Tail</i>	45
4.2.2 Waktu Siklus	61
4.3 Interpretasi Hasil Perhitungan	73
BAB 5. PENUTUP.....	76
5.1 Kesimpulan.....	76
5.2 Saran	77

DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN.....	80



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Contoh <i>Orthogonal Array</i> untuk L16 (2^{15}).....	23
Tabel 2.2 Data Hasil Pengujian.....	24
Tabel 2.3 Anova Dua Arah	28
Tabel 3.1 Nilai Level yang Digunakan Perusahaan	36
Tabel 3.2 Nilai Level yang Digunakan dalam Penelitian	36
Tabel 3.3 Rancangan Matriks <i>Orthogonal Array</i> L16 (2^4).....	39
Tabel 3.4 Data Waktu Siklus (<i>Cycle Time</i>) Hasil Penelitian	39
Tabel 3.5 Data Berat <i>Parison Tail</i> Produk Hasil Penelitian	40
Tabel 3.6 Rencana Jadwal Penelitian.....	43
Tabel 4.1 Data Respon Hasil Pengujian.....	46
Tabel 4.2 Data Perhitungan S/N Ratio Berat <i>Parison Tail</i>	48
Tabel 4.3 Hasil Analisa Varian Untuk Berat <i>Parison Tail</i>	51
Tabel 4.4 Perhitungan Efek Faktor Untuk S/N Ratio Berat <i>Parison Tail</i> ...	55
Tabel 4.5 Data Hasil Perhitungan S/N Ratio Hasil <i>Cycle Time</i>	62
Tabel 4.6 Hasil Analisis Varian Untuk <i>Cycle Time</i>	65
Tabel 4.7 Perhitungan Efek Faktor Untuk S/N Ratio <i>Cycle Time</i>	69
Tabel 4.8 Interpretasi Hasil Perhitungan.....	74
Tabel 4.9 Perbandingan <i>Setting</i> Standar dan Penelitian <i>Parison Tail</i>	74
Tabel 4.10 Perbandingan <i>Setting</i> Standar dan Penelitian <i>Cycle Time</i>	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Klasifikasi Plastik.....	6
Gambar 2.2 Proses Blowing Dari Parison Menjadi Botol	7
Gambar 2.3 Skema Proses <i>Injection Blow Molding</i>	9
Gambar 2.4 Skema Proses <i>Extrusion Blow Molding</i>	10
Gambar 2.5 <i>Stretch Blow Molding</i>	11
Gambar 2.6 Extruder.....	12
Gambar 2.7 <i>Die Head</i>	14
Gambar 2.8 <i>Clamping Unit</i>	14
Gambar 2.9 <i>Blow Pin</i>	15
Gambar 2.10 <i>Mold Unit</i>	16
Gambar 2.11 <i>Main Frame</i>	16
Gambar 2.12 Produk Botol <i>Cussions Morning Fresh</i> 400 ml	18
Gambar 3.1 Mesin <i>Extrusion Blow Molding</i>	33
Gambar 3.2 Neraca Analitis.....	34
Gambar 3.3 Diagram Alur Penelitian	43
Gambar 3.4 Mesin <i>Injection Molding</i>	32
Gambar 3.5 Neraca Analitis.....	34
Gambar 3.6 Diagram Alur Penelitian.....	41
Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Faktor Terhadap <i>Parison Tail</i>	56
Gambar 4.2 Grafik Pengaruh I Interaksi 2 Faktor Terhadap <i>Parison Tail</i> .	56
Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Faktor Terhadap <i>Cycle Time</i>	70
Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Interaksi 2 Faktor Terhadap <i>Cycle Time</i>	70

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A.1 Data Berat <i>Parison Tail</i>	79
Lampiran A.2 Data Waktu Siklus (<i>Cycle Time</i>)	79
Lampiran B. Tabel Distribusi F Dengan $\alpha= 5\%$	80
Lampiran C.1 Spesifikasi Produk Botol 400 ml	81
Lampiran C.2 Spesifikasi Mesin SMC 2000 DTC.....	81
Lampiran C.3 Material <i>High Density Polyetilene</i> (HDPE).....	82
Lampiran C.4 Pengambilan <i>Parison Tail</i>	82
Lampiran C.5 Uji Kebocoran (<i>leak tester</i>).....	83
Lampiran D.6 Pengukuran Surat Keterangan Penelitian	84

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan plastik di Indonesia semakin meningkat. Hal ini dapat dilihat dengan meningkatnya permintaan produk plastik di Indonesia sekitar 4,6 juta ton per tahun dengan pertumbuhan rata-rata 5% per tahun, dimana porsi terbesar (40%) adalah untuk plastik kemasan (*Industry updates*, warta global, volume 17 oktober 2017).

Hal tersebut mengakibatkan industri plastik di Indonesia harus mampu meningkatkan produksinya, baik dalam hal kuantitas maupun kualitas produksinya. Untuk meningkatkan produksinya. Dalam proses *blow molding* harus dapat memenuhi meningkatnya permintaan pasar terhadap produk berkualitas tinggi, dengan harga yang terjangkau. Pada proses pembuatan plastik dengan metode *extrusion blow moulding* perusahaan dituntut untuk meningkatkan kuantitas produksi namun di lain sisi industri ini harus memperhatikan kualitas produknya sehingga mampu bersaing dengan industri kemasan plastik lainnya dan tidak mengalami kerugian dalam produksinya (Gibran, 2016).

Waktu proses produksi sangat berpengaruh terhadap kualitas maupun kuantitas produksi. Semakin cepat waktu siklus produksi semakin meningkat kuantitas produksinya. Namun dalam hal ini, semakin cepat waktu siklus produksi belum tentu kualitas produksi meningkat.

Tujuan *extrusion blow molding* adalah untuk menghasilkan produk dengan karakteristik kualitas terbaik seperti tampilan yang bagus, permukaan akhir, sifat mekanis dan sifat fisik, stabilitas dimensi dan lain lain. Namun *extrusion blow molding* juga menghasilkan banyak limbah potongan-potongan plastik sisa proses produksi, sisa limbah plastik ini dapat didaur ulang akan tetapi juga akan menurunkan kualitas dari produk karena bahan daur ulang tidak sebaik plastic yang berasal dari granule murni (Kamaruddin dkk, 2016).

Mesin SMC 2000 DTC merupakan salah satu mesin *extrusion blow molding* yang digunakan untuk memproduksi kemasan plastik. Mesin SMC 2000 DTC

digunakan oleh salah satu industri kemasan untuk memproduksi produk botol 400 ml. Proses produksi botol 400 ml pada PT. Dynaplast membutuhkan waktu siklus selama ± 22 detik sehingga kapasitas produksinya sebesar 8640 botol per shift. Hal tersebut dinilai masih kurang karena dalam produksinya masih ditemukan produk reject dan kapasitas produksinya masih kurang memenuhi kapasitas yang diinginkan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dibutuhkan optimasi pada waktu siklus produksi botol 400 ml namun harus memperhatikan kualitas produknya, yang dilakukan dengan beberapa pengujian kualitas seperti *top load*, *caping force*, dan uji keseimbangan botol. Dimana produk botol yang dihasilkan harus lolos uji tersebut dan juga lolos defect yang memenuhi spesifikasi dari *customer*.

Namun dalam proses pembentukan plastik menggunakan mesin *blow moulding* tidak lepas dari adanya scrap plastik selama proses produksi berlangsung. Penggunaan material *regrain* dari scrap proses produksi sebelumnya harus di minimalisasi untuk peningkatan kualitas produk itu sendiri. Terdapat penelitian yang dilakukan (Kamaruddin, 2016) membahas tentang pengaruh parameter proses terhadap mereduksi *plastic scrap*. Dalam penelitian tersebut menyebutkan bahwa terdapat pengaruh *extrusion speed* atau rpm ekstruder terhadap jumlah produksi scrap plastik. Viskositas yang tinggi pada plastic cair akan menurunkan laju aliran menghasilkan ketebalan dinding parison meningkat karenanya akan menghasilkan berat sisa plastik. Disamping itu hasilnya menggambarkan bahwa ketebalan parison dan kecepatan ekstrusi yang lebih tinggi akan meningkatkan pemborosan plastik. tabung parison tebal meningkatkan berat sisa-sisa yang dihasilkan. sebagai kecepatan ekstrusi meningkat, lebih banyak tabung parison diekstrusi menghasilkan bahan yang berlebihan diberikan selama proses manufaktur.

Sisa limbah plastik / *scrap product* dalam bentuk *parison tail* yang dihasilkan dari proses produksi nantinya akan didaur ulang. PT Dynaplast memanfaatkan sisa limbah plastik ini untuk didaur ulang kembali menjadi bahan pembuat produk tersebut. Dikarenakan komposisi dari bahan pembuat produk botol 400 ml menggunakan 80% *granule plastic* murni dan 20% material *regrain*.

Maka dari itu penelitian ini diharapkan mampu untuk mengurangi sisa limbah plastik dari proses produksi selain itu dengan berkurangnya jumlah limbah plastik juga akan membuat kualitas produk terjaga karena akan mengurangi kontaminasi dari bahan yang digunakan.

Dalam penelitian ini akan dilakukan analisa *cycle time* dan berat *parison tail* untuk mereduksi material *avfal/regrain* produksi kemasan botol 400ml pada proses *extrusion blow molding* dengan menggunakan metode *Taguchi*. Alasan menggunakan metode *Taguchi* adalah karena merupakan suatu metode baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses, namun dalam waktu yang bersamaan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Analisis metode *Taguchi* menggunakan seperangkat matriks khusus yang disebut *orthogonal array*. Matriks standar ini merupakan langkah untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberikan informasi sebanyak mungkin semua faktor yang memengaruhi. Selain itu metode *Taguchi* juga memerhatikan faktor gangguan lain/ *noise* yang tidak terdapat pada metode lainnya. Variasi percobaan berdasarkan *orthogonal array*, yang mana pada penelitian penelitian sebelumnya menggunakan rancangan *Box Behnken* dan metode *response surface*. Adapun parameter yang digunakan yaitu *blowing pressure*, *blowing time*, *rpm screw inner layer* dan *rpm screw outer layer*. Maka dari itu penulis melakukan penelitian dengan harapan dapat memberikan gambaran untuk mengetahui pengaruh parameter-parameter yang ada pada proses *extrusion blow molding*, sehingga nantinya didapat hasil kemasan produk yang optimal, baik dari segi kuantitas maupun kualitas.

1.2 Rumusan Masalah:

Rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi parameter (*blowing pressure*, *blowing time*, *rpm screw inner layer* dan *rpm screw outer layer*) terhadap *cycle time*, berat *parison tail* dan *netto* produk kemasan botol 400ml;

2. Bagaimana menentukan parameter yang optimal pada pembuatan kemasan produk botol 400ml yang berkualitas;

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh parameter (*blowing pressure, blowing time, putaran screw inner layer dan putaran screw outer layer*) terhadap *cycle time* dan berat *parison tail* produk botol 400ml.
2. Dapat menentukan parameter yang optimal pada pembuatan kemasan produk botol 400ml yang berkualitas.

1.4 Manfaat Penelitian

Penyusunan tugas akhir ini diharapkan mampu mendapatkan beberapa manfaat sebagai berikut, yaitu:

1. Dapat mengetahui penerapan teori perhitungan menggunakan metode *Taguchi*.
2. Dapat menentukan *cycle time* yang optimal dan produk berkualitas dengan perhitungan menggunakan metode *Taguchi*.
3. Meningkatkan produksi kemasan botol 400ml.

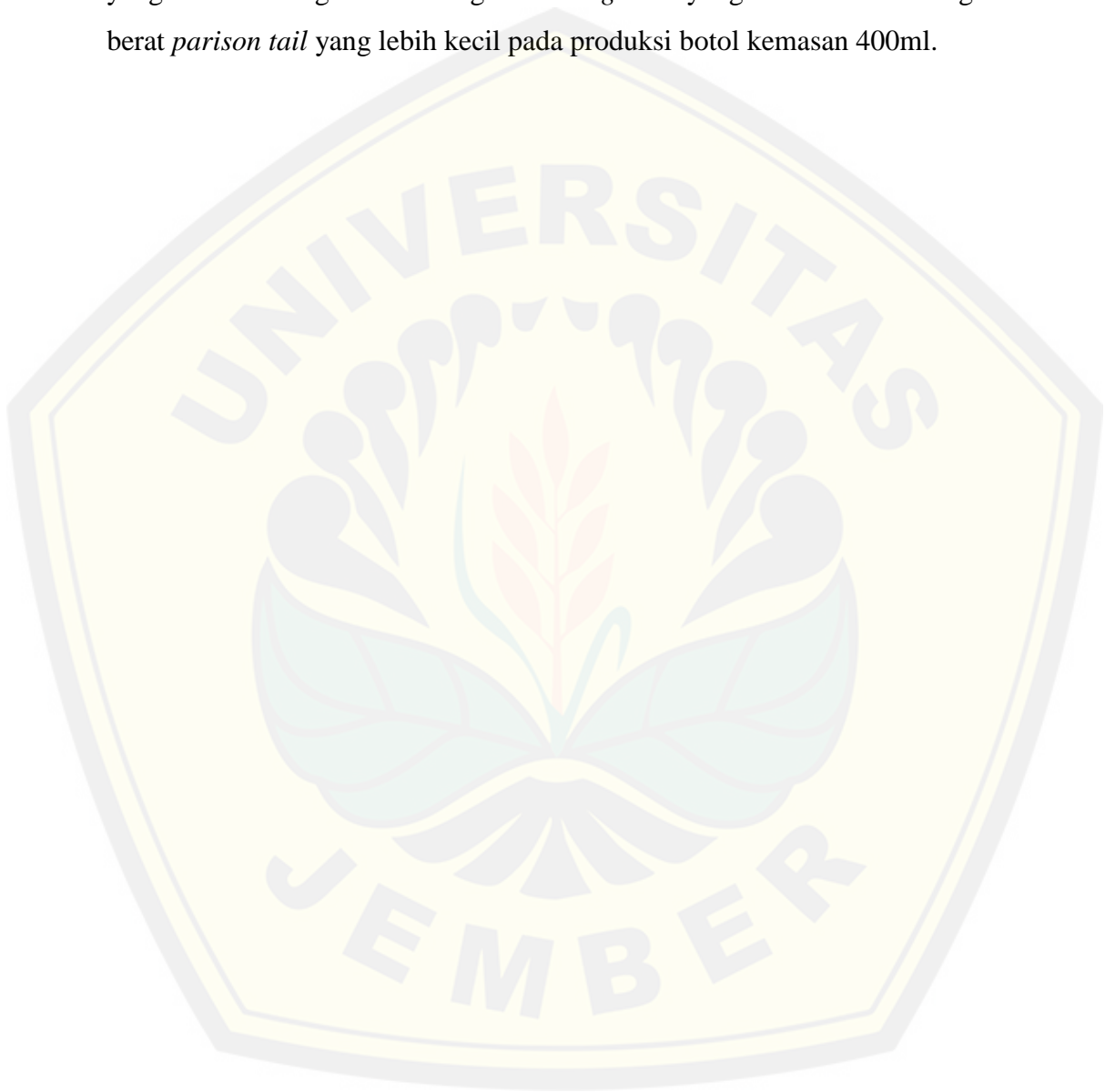
1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam pembahasan tugas akhir ini yaitu:

1. Perhitungan optimasi menggunakan metode *taguchi* dengan parameter *blowing pressure, blowing time, putaran screw inner layer dan putaran screw outer layer*;
2. Material yang digunakan adalah *HDPE (High density polyethylene)*;
3. Tidak membahas proses kimia material plastic;
4. Mesin yang digunakan adalah SMC 2000 DTC pembuatan tahun 2016;

1.6 Hipotesa

Hipotesa awal dalam penelitian ini adalah semakin tinggi nilai putaran *screw inner layer* dan putaran *screw outer layer* akan menghasilkan waktu siklus yang semakin singkat dan dengan *blowing time* yang rendah akan menghasilkan berat *parison tail* yang lebih kecil pada produksi botol kemasan 400ml.

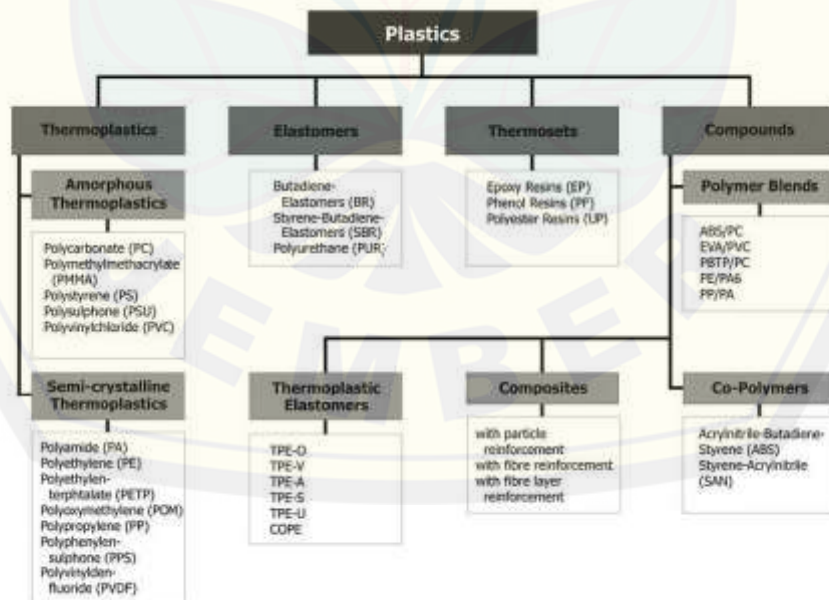


BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum Plastik

Plastik merupakan polimer rantai panjang dari atom yang mengikat satu sama lain. Secara umum plastik tersusun dari polimer yaitu rantai panjang satuansatuan yang lebih kecil yang disebut monomer (Siswono, 2008).

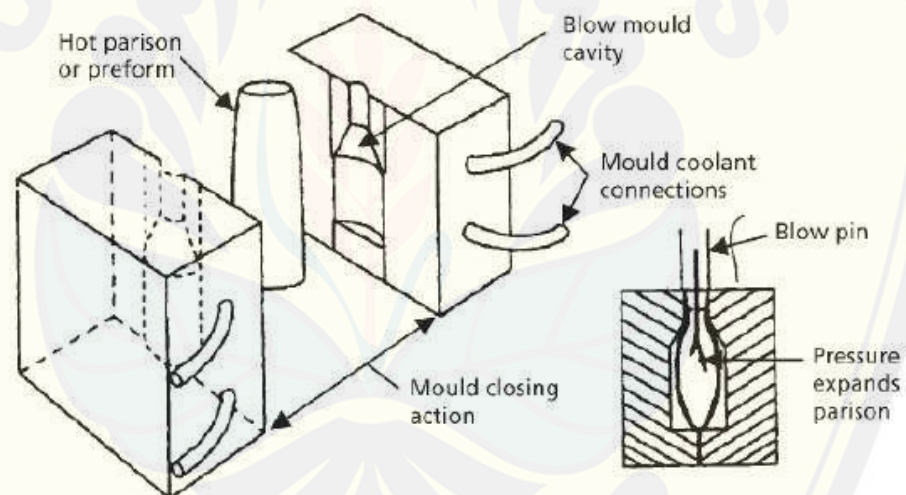
Plastik digolongkan menjadi 4 macam, yaitu: *thermosets*, *thermoplastics*, *elastomers* dan *compound*. Termoplastik merupakan jenis plastik yang dapat mencair dengan pemanasan dan mengeras kembali dengan pendinginan tanpa perubahan signifikan dari sifat mekanik. Elastomer adalah jenis plastik yang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



Gambar 2.1 Klasifikasi plastik (Klein, 2011)

2.2 Extrusion Blow Molding

Blow molding adalah proses pengembangan material thermoplastik menjadi bentuk berongga (hollow) atau mengikuti arah aliran parison dalam kondisi panas (suhu leleh material) berada didalam cetakan (mold) yang tertutup, sehingga pada akhir proses pengembangan dibantu dengan fluida tekan (gas) akan terbentuklah profil material thermoplastik yang sesuai dengan bentuk cetakan (mold), dengan ketebalan dinding yang uniform dan fokus perhatian adalah lebih diberikan pada bagian outside dari produk komponen yang dihasilkan. (PT. INDOPOLIMER Mitra Mandiri, 2011). Secara umum ada tiga macam blow molding, yaitu *extrusion blow molding*, *injection blow molding* dan *stretch blow molding* (PT. Tri Polyta Indonesia. Tbk, 2007).



Gambar 2.2 Proses blowing dari parison menjadi botol (Yuswinanto, 2011)

Menurut (Yuswinanto, 2011) tahapan utama dari proses blow molding bisa dijelaskan secara singkat sebagai berikut :

- Material thermoplastic dipanaskan sampai keadaan lelehnya tercapai
- Selanjutnya lelehan diekstrusi melalui *die head* untuk membentuk *tube* berongga (*hollow*) yang biasa dikenal sebagai *parison*
- Parison* lalu dijatuhkan diantara dua bagian cetakan yang melingkar yang selanjutnya di gelembugkan dengan fluida pendorong (gas, udara dll)

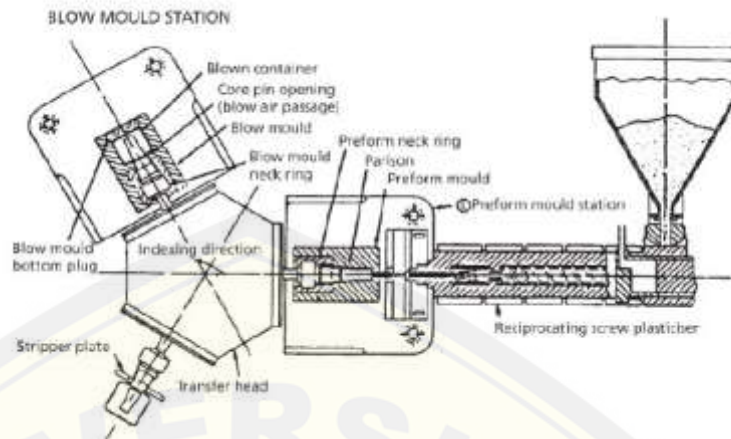
- d. Lelehan thermoplastic selanjutnya akan mengalami pengerasan karena proses pendinginan yang diberikan oleh cetakan (mold)
- e. Setelah tercapai waktu pendinginan optimum maka cetakan (mold) akan terbuka dan produk akhir terjatuh akibat gaya gravitasi atau penggerak otomatis lainnya

Produk utama yang dihasilkan melalui Teknik blow molding adalah botol plastik yang selanjutnya bisa diproduksi dengan berbagai macam plastik yang berbeda-beda namun yang banyak di aplikasikan pada dunia industry meliputi *extrusion blow molding*, *injection blow molding* dan *stretch blow molding*. Seiring perkembangan teknologi, proses *blow molding* ikut berkembang menyesuaikan aplikasi penggunaannya yang semakin luas, berdasarkan aplikasi dan prosesnya sendiri *blow molding* terdiri dari beberapa macam proses. Diantaranya sebagai berikut :

1) *Injection blow molding*

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

Proses *injection blow molding* diawali dengan proses penginjekan material *thermoplastic* yang sudah dilelehkan ke dalam *cavity* dan mengelilingi batang *core* untuk membentuk parison setengah jadi yang disebut *preform*. Proses selanjutnya cetakan lain menutup dan mengapit *preform* dan udara ditiupkan sehingga *preform* membentuk dimensi terakhir yang diinginkan, seperti pada gambar



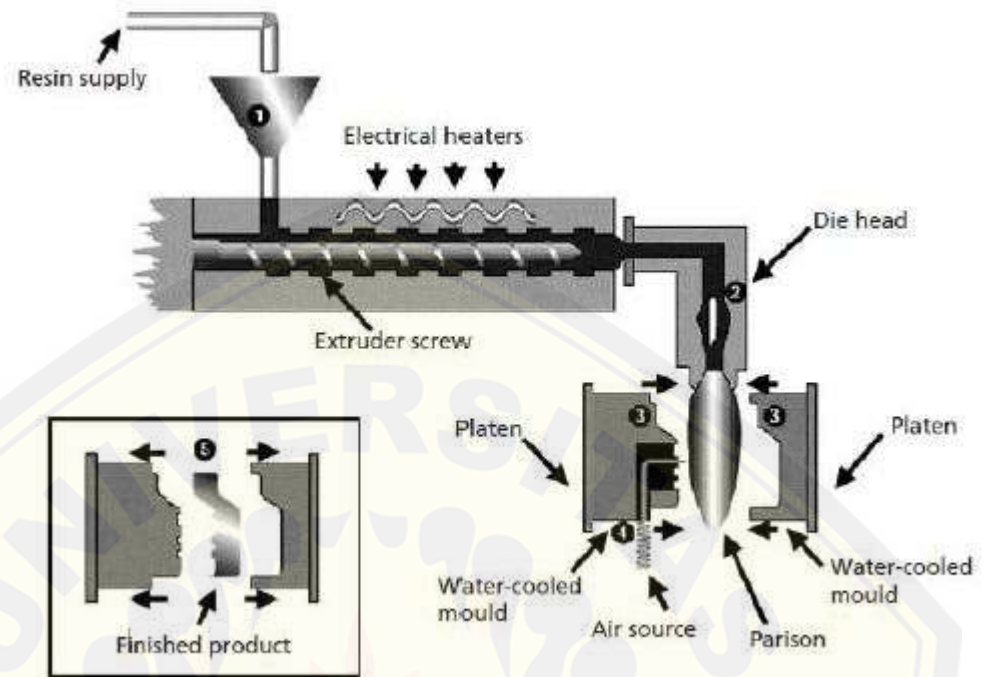
Gambar 2.3 Skema proses *injection blow molding* (Norman, 2006)

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

2) *Extrusion Blow Molding*

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

Proses pada *extrusion blow molding* diawali dengan pelelehan material yang kemudian didorong oleh *screw* menuju *die head* untuk menghasilkan bentuk seperti pipa, yang kemudian ditangkap oleh cetakan dan dilakukan proses peniupan udara bertekanan sehingga parison membentuk sesuai bentuk cetakan. Proses *Extrusion blow molding* dapat dilihat pada gambar

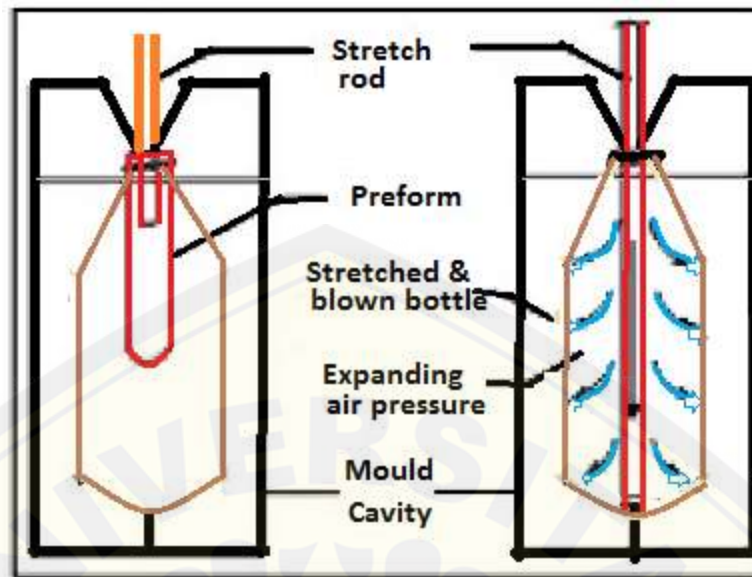


Gambar 2.4 Skema proses extrusion blow molding (Norman, 2006)

Kelebihan dari proses *extrusion blow molding* adalah pembentukan rongga yang natural, sesuai untuk kemasan dengan volume yang besar. Namun proses ini memiliki kekurangan diantaranya sulit mengatur ketebalan dinding produk, dan sulit mengontrol permukaan serta memiliki toleransi dimensi yang lebih besar (Norman, 2006).

3) *Stretch Blow molding*

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



Gambar 2.5 *Stretch blow molding* (Marco, 2009)

2.3 Bagian Mesin Extrusion Blow Molding

Teknologi mesin blow molding pada umumnya mempunyai dua fase fundamental, yang pertama adalah *extrusion* yaitu plastic meleleh dalam *extruder* kemudian plastic cair di ekstrusi di dalam *die head* untuk membentuk plastic tubular atau *parison*. Fase yang kedua yaitu pada bagian *Moulding Unit* dimana *parison* ditekan terhadap dua bagian cetakan dan ditiup oleh udara bertekanan untuk memberikan bentuk di *mold* sesuai yang diinginkan (*SMC Corporation Ltd, 2016*)

Mungkin bagian yang paling penting pada mesin blow molding untuk mencapai produk yang baik adalah di *extruder*. Biasanya *single screw extruder* digunakan untuk produk *one layered product*. Namun kualitas akhir dari produk tidak hanya di tentukan pada *extruder*, semua sistem tambahan yang lainnya juga penting

Mesin blow molding pada umumnya terdiri dari komponen-komponen berikut (sesuai urutan aliran produksi) :

- Extruder
- Die Head
- Mould
- Clamping / Moulding System

- Blow Pin
- Main Frame (termasuk sistem hidrolik)

2.3.1 Extruder

Biji plastic / plastic pallet dimasukkan kedalam *feed throat* dari *hopper*. Ketika plastik keluar *feed throat*, plastic akan bersentuhan / bergesekan dengan *screw* yang berputar, *extruder screw*, extruder screw terdapat didalam barrel. Extruder screw menekan plastic melalui *barrel* dan mengakibatkan plastic tercampur dan mengalami kompresi serta gesekan oleh putaran *screw extruder* dengan dinding *barrel*. Pada saat plastic bergesekan dan menimbulkan panas kemudian plastic meleleh disaat itulah terjadi homogenizing plastic cair maupun homogenizing dengan colourant atau masterbatch plastic. Dan putaran screw extruder terus menekan ke arah nozzle barrel, disitu plastic juga mengalami kompresi/ tekanan agar nantinya dapat menuju die head.



Gambar 2.6 Extruder / barrel (SMC Corporation Ltd, 2016)

2.3.2 Die Head

Setelah dilelehkan, *die head* akan membentuk plastic menjadi tabung hollow, disebut *parison*. *Die head* dipasang pada ujung keluarnya *extruder screw* dan *barrel*. Plastic leleh ditekan didalam *die head* dengan rotasi dari *screw extruder*. *Die head* menerima plastik leleh dari *extruder* yang dipasang secara horizotal dan mengubah aliran yang tadinya horizotal menjadi aliran ke arah vertikal ke bawah. Di dalam *die head*, plastic melewati *mandrel* (part yang berbentuk seperti torpedo) dimana *mandrel* tersebut yang membentuk plastic

menjadi selongsong pipa yang disebut *parison*. Kualitas *mandrel* dan *die head* secara keseluruhan memainkan peran penting dalam menentukan kualitas *parison* dan itu bagian kualitas proses.

Ada banyak desain *die head* yang berbeda, baik dengan hanya satu *parison* atau hingga enam atau lebih, dengan ekstrusi terus menerus. Ada juga desain lain yang menggunakan *cylinder hydraulic* untuk menekan plastic cair dalam *chamber* penyimpanan, yang disebut *accumulator head*.

Dalam kasus lain, pada mesin *injection moulding* tidak menggunakan *Die Head*. Karena plastic panas akan di injeksikan secara langsung ke dalam *mould* oleh gaya tekan dari *reciprocating screw*.

Di dalam *die head*, resin mengalir mengelilingi diantara *mandrel* untuk membentuk *parison*. Di sebagian besar mesin *blow molding*, *parison* umumnya diekstrusi ke bawah. Itu diinginkan untuk memiliki pembatasan di sekitar area *head* dimana resin terbentuk bersama di sekitar *mandrel (forming pin)*. Pembatasan mendukung distribusi aliran yang lebih seragam sehingga ketebalan dinding seragam.

Pin konvergen dan divergen bersama dengan *mandrel* dipasang langsung ke silinder yang dapat di program (silinder hidrolis dipasang dibagian atas *die head*). Yang dapat diprogram untuk menggerakkan *mandrel* ke atas dan ke bawah untuk membuka atau menutup celah antara pin dan *die opening*. Dengan demikian ketebalan dinding perbandingan dapat disesuaikan untuk memungkinkan lebih banyak material pada titik titik tertentu sesuai dengan bentuk cetakan */mould*.

Kontrol yang digunakan untuk menentukan tingkat dimana *gap* dibuka atau ditutup disebut *parison control* atau *parison programming*.

Diameter *parison* tergantung pada banyak faktor dan penting untuk control *parison*. Faktor penting lain yang mempengaruhi ukuran perbandingan final disebut "*swell factor*". Faktor ini menentukan tingkat bagaimana perbandingan akan meningkat dalam ukuran ketika meninggalkan *die head*. Itu fungsi yang sangat rumit untuk menghitung *swell factor* karena banyak faktor lain harus dimasukkan seperti berat *parison*, jenis plastic, suhu dan sebagainya.



Gambar 2.7 Die head

2.3.3 Clamping Unit

Clamping unit memegang *moulds*, alat dengan rongga berbentuk negative dari produk jadi, dan menjepit mereka di sekitar parison. *Clamping unit* harus menahan parison sepanjang seluruh proses pembentukan dan memampatkan setiap kelebihan plastic, yang disebut *flash*. Oleh karena itu *clamping forces* membutuhkan banyak gaya untuk proses *holding*, dan biasanya sistem *clamping forces* didorong oleh hidrolik.

Dalam kasus mesin *injection moulding*, *clamping unit* di gunakan didalam proses pada pembentukan *tubing station*, dalam plastic yang akan di injeksikan, bukan *mould* menutup sekitar parison.

Fungsi dari mekanisme *clamping unit* adalah digunakan untuk memegang dan mensejajarkan bagian *mould* (cetakan), membuka dan menutup cetakan (*mould*), menahan dan memegang terhadap tekanan udara. Melewati gaya penjepit melalui.



Gambar 2.8 Clamping unit

2.3.4 Blow Pin

Biasanya mesin blow molding menggunakan dua stasiun terpisah untuk membentuk parison.

Pertama, cetakan menutup sekitar parison dan parison dan *neck* sebagian ditiup. Kedua *mould* bergeser ke blow pin, mendekati blow pin (*calibration*) dimana *parison* sepenuhnya dikembangkan sehingga mengansumsikan bentuk cetakan dan leher (*neck*) sudah selesai.

Tekanan akan ditahan sampai plastik didinginkan sebelum bagian yang terbentuk dilepaskan.



Gambar 2.9 Blow pin

2.3.5 Mould

Fungsi Mould ada dua: menanamkan bentuk yang diinginkan ke parison dan mendinginkan bagian yang dimodelkan. Cetakan terdiri dari dua lubang, yang tertutup di sekitar parison dalam sistem ekstrusi atau bentuk awal (*test tube shape*) di dalam sistem injeksi

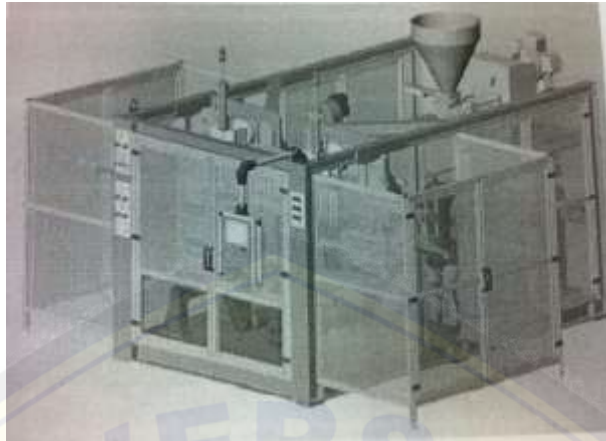
Mould terhubung ke sistem pendingin mesin. Dengan demikian suhu cetakan / *mould* dapat disesuaikan dengan cara untuk mencapai kualitas terbaik saat plastik didinginkan.



Gambar 2.10 Mould unit

2.3.6 Main Frame

Main frame pada dasarnya memegang semua bagian bersama dan menopang extruder. Dalam *main frame*, sistem hidrolis berada di *main frame* dan sebagian besar bagian yang bergerak dari unit *clamping* terdapat dalam penutup bingkai *mainframe*. Bagian – bagian yang terdapat dalam *main frame* biasanya hanya harus diakses dalam hal pekerjaan pemeliharaan utama dan dengan demikian tidak terfokus dengan operasi sehari hari.



Gambar 2.11 Main frame (SMC Corporation Ltd, 2016)

2.4 Proses Pembuatan Produk Botol 400 ml

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

a. Persiapan material plastik

Material plastik yang digunakan dalam pembuatan botol 400 ml adalah *High Density Polyetilene* (HDPE). Dalam pembuatan botol 400 ml, material yang digunakan tidak semuanya murni material HDPE. Selain digunakan material murni (HDPE) digunakan material *afval* HDPE dengan tujuan menghemat material murni.

Komposisi material plastik (80% murni dan 20% *regrain*) yang kemudian dimasukkan ke dalam tandon material (*hopper*). Dari tandon material kemudian disedot masuk ke dalam alat pencampur sekaligus penimbang antara material *afval* dan material murni. Didalam alat tersebut terdapat pengatur prosentase berat dari masing-masing material sesuai kebutuhan. Setelah material ditimbang kemudian material masuk ke dalam *hopper* dan siap di proses.

b. Proses pemanasan

Tahap selanjutnya adalah proses pemanasan. Dalam hal ini adalah material *polyetilene* dengan massa jenis tinggi (HDPE) dipanaskan dengan temperatur proses 177 – 260 °C (Strong, 2000). Proses pemanasan tersebut terjadi di dalam *barrel (extruder)* yang dilakukan secara kontinyu. *Extruder* berputar dengan kecepatan 25 rpm untuk mesin yang memproduksi produk botol *morning fresh*

cussons yaitu mesin SMC 2000 DTC. Selain proses pemanasan di dalam *extruder* juga terjadi proses pemampatan dengan tujuan agar material plastic homogen. Proses pemanasan material tersebut, perbandingan antara material murni dan *afval* adalah 80% material murni HDPE dan 20% material *afval*.

c. Proses Pembentukan Lelehan Plastik (*Parisson*)

Setelah material homogen dengan cara dipanaskan dan dimampatkan, material tersebut masuk ke zona *die head* untuk membentuk lelehan plastic (*parisson*). Dalam *die head* terdapat *pin* dan *die* yang berfungsi untuk membentuk diameter dan ketebalan *parison*.

d. Proses Pembentukan Produk

Setelah *parisson* keluar dari *die head* secara otomatis *parisson* ditangkap oleh *mold* (cetakan) dan *blow pin* bergerak menuju *mold*. Ujung *blow pin* masuk ke dalam *mold* dan kemudian *blow pin* menghasilkan tiupan kedalam cetakan sehingga menghasilkan produk yang sesuai dengan cetakan (*mold*). Dalam hal ini *mold* yang digunakan adalah *mold* khusus produk botol 400ml (kemasan *hand sanitizer*). Dalam pembentukan produk botol 400 ml material plastic (HDPE) tidak memerlukan *coulourant* (pewarna) karena material plastic (HDPE) sudah memenuhi standar warna produk yang diinginkan.

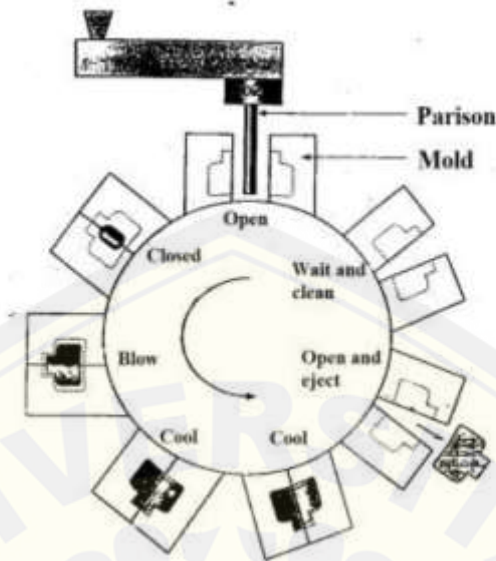
Proses di atas adalah proses pembentukan atau pembuatan produk setengah jadi. Yang di maksud produk setengah jadi adalah produk yang belum siap kirim karena harus melalui tahap proses *printing* dan pelabelan. Produk setengah jadi atau produk botol 400 ml dapat dilihat pada gambar 2.12



Gambar 2.12 Produk botol *cussons morning fresh* 400ml

2.5 Waktu Siklus (*cycle time*)

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



Gambar 2.13 Siklus blow molding (Krisyanto, 2009)

2.6 Penelitian Sebelumnya

Dalam penelitian (Hermawan, 2009) yang berjudul Optimasi Waktu Siklus Pembuatan Kemasan Produk Chamomile 120 ml Pada Proses Blow Molding dengan parameter proses yang digunakan *Blowing Pressure* menggunakan tiga level dengan nilai 4 bar, 5 bar, 6 bar, *Blowing Time* menggunakan tiga level dengan nilai 10,5 detik, 11,5 detik, 12,5 detik, dan parameter *stop time* menggunakan nilai level sebesar 0,1 detik, 0,55 detik dan 1 detik. Kombinasi diantara level berdasarkan rancangan *Box Behnken*, dengan metode *response surface* didapatkan nilai waktu siklus yang optimal yaitu 20,5 detik dan netto sebesar 19,19 gram yang masih sesuai spesifikasi produk. Kondisi optimum ini dicapai pada kondisi *stop time* 0,1 detik, *blowing time* 11,35 detik dan *blowing pressure* 5,1 bar.

Terdapat penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Gibran, 2016) tentang optimasi produksi kemasan botol plastik pada proses blow molding antara lain Optimasi Waktu Siklus Produksi Kemasan Produk 50 ml pada proses blow molding dengan parameter yang digunakan yaitu *blowing time* dengan nilai level 12 detik, 12,5 detik dan 13 detik, *blowing pressure* dengan nilai level 5 bar, 6 bar dan 7 bar dan *stop time* dengan nilai level 0,5 detik, 1 detik, 1,5 detik. Hasil penelitian diperoleh keadaan optimum pada kondisi *blowing pressure* sebesar 5,34

bar; *blowing time* sebesar 8 detik; dan *stop time* sebesar 1,5 detik. Pada keadaan ini produksi dapat naik sebesar 16%. Dari keadaan optimum tersebut *netto* yang dihasilkan sesuai dengan standar yaitu 13,34 gram dan *cycle time* yang dihasilkan yaitu 12,6 detik.

Terdapat penelitian lain yang dilakukan oleh (Haq, 2018) tentang Analisis Proses Blow Molding Terhadap Waktu Siklus Produk Botol 100ml menggunakan metode *response Surface* dengan parameter yang digunakan yaitu *blowing time* menggunakan nilai level sebesar 7,5 detik, 8 detik dan 8,5 detik, *blowing pressure* dengan nilai level 6,9 bar, 7,2 bar dan 7,5 bar dan *idle time* dengan nilai level 0,3 detik, 0,5 detik dan 0,7 detik. Hasil Penelitian diperoleh keadaan optimum pada kondisi *blowing pressure* sebesar 7,5 bar; *blowing time* sebesar 7,65 detik; dan *idle time* sebesar 0,3 detik. Pada keadaan ini *cycle time* menjadi lebih cepat sebesar 5,12%. Dari keadaan optimum tersebut *cycle time* yang dihasilkan 12,09 detik.

2.7 Parameter yang Diteliti

2.7.1 Screw Inner Layer

Salah satu parameter proses yang berpengaruh pada kualitas produk final adalah rpm ekstruder, rpm ekstruder adalah besarnya kecepatan putaran pada screw didalam ekstruder yang menyebabkan plastic bergerak mengalir untuk di ekstrusi. Ekstruder pada mesin SMC 2000 DTC ini terbagi menjadi dua : *screw inner layer* dan *screw outer layer*. Dimana fungsi dari dua ekstruder adalah untuk membentuk *layer* (lapisan) dari botol yang diproduksi. Pada penelitian terbaru menunjukkan terdapat pengaruh yang signifikan interaksi antara aliran material (*flow*) dengan holding time dimana aliran material (*flow*) dipengaruhi oleh rpm ekstruder (Alzoubi, 2016)

2.7.2 Screw Outer Layer

Dalam proses blow molding perubahan nilai ekstruder speed (*rpm*) memberikan efek secara bertahap terhadap panjang parison. Ekstruder speed sangat berpengaruh dan berkaitan dengan viscosity material, viskositas tinggi pada material plastic cair akan menurunkan laju aliran yang akan menyebabkan

ketebalan dari parison meningkat dan meningkatkan berat scrap plastic. Di sisi lain, ketebalan parison yang tinggi dan extrusion speed yang tinggi akan meningkatkan scrap sisa plastic (Kamaruddin, 2016).

2.7.3 Blowing Time

Setelah pembentukan *parisson*, *parisson* berada didalam cetakan dan kemudian ditiup dengan udara bertekanan sehingga parison mengembang dan menekan dinding *cavity* pada *mold*. Peniupan dilakukan melalui *pin* yang dimasukkan melalui celah botol. Lama nya waktu proses peniupan didalam *cavity* ini disebut proses Blowing Time (Strong, 2000)

2.7.4 Blowing Pressure

Parisson yang mengalir berbentuk selongsong berongga ditangkap dan dijepit oleh *mold* dan ditiup dengan tekanan tertentu oleh *blow pin*. Besarnya tekanan udara pada proses blowing ini disebut *blowing pressure*

2.8 Desain Eksperimen

Desain eksperimen adalah suatu rancangan percobaan (dengan tiap langkah tindakan yang betul-betul terdefiniskan) sehingga informasi yang berhubungan dengan atau diperlukan untuk persoalan yang sedang diteliti dapat dikumpulkan. Dengan kata lain, desain sebuah eksperimen merupakan langkah-langkah lengkap yang perlu diambil jauh sebelum eksperimen dilakukan agar data yang seharusnya diperlukan dapat tercapai sehingga akan membawa kepada analisis obyektif dan kesimpulan yang berlaku untuk persoalan yang sedang dibahas. Dan tujuan dari desain eksperimen adalah untuk memperoleh atau mengumpulkan informasi yang diperlukan sebanyak-banyaknya dan berguna dalam melakukan penelitian persoalan yang akan dibahas (Sudjana, 1994:1). Untuk memahami desain eksperimen maka diperlukan pemahaman terhadap prinsip dasarnya. Prinsip dasar yang lazim digunakan biasa dinamakan replikasi, pengacakan dan control local, berikut pengertiannya (Sudjana, 1994:2).

a. Replikasi

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

b. Pengacakan

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

c. Kontrol lokal

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

2.9 Metode *Taguchi*

Metode *taguchi* merupakan suatu metodologi baru dalam bidang Teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses, namun dalam waktu yang bersamaan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Metode *taguchi* berupaya mencapai sasaran tersebut dengan menjadikan produk atau proses tidak sensitif terhadap berbagai faktor seperti misalnya, perlengkapan manufaktur, tenaga kerja manusia, dan kondisi-kondisi operasional. Metode *taguchi* membuat produk atau proses bersifat kokoh (*robust*) terhadap faktor gangguan (*noise*), oleh karenanya metode ini disebut juga sebagai perancangan kokoh (Soejanto, 2009). Metode analisis *taguchi* yang merupakan implementasi atas konsep desain kokoh (*robust design*), secara pokok terdiri dari beberapa tahap, yaitu:

a. Tahapan Perencanaan Eksperimen

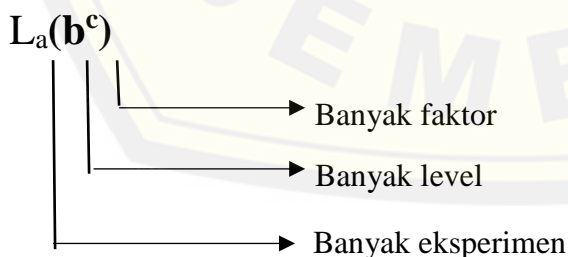
Tahapan awal dari pelaksanaan penelitian yaitu perencanaan eksperimen dimana tahapan ini merupakan tahapan terpenting yang akan berpengaruh terhadap hasil dari eksperimen yang akan dilakukan. Beberapa hal yang perlu dilakukan dalam membuat perencanaan eksperimen yaitu (Soejanto, 2009):

- 1) Perumusan masalah
- 2) Menentukan variabel tak bebas
- 3) Identifikasi faktor-faktor atau variabel bebas
- 4) Penentuan jumlah level dan nilai level faktor
- 5) Perhitungan derajat kebebasan
- 6) Penentuan matriks orthogonal

b. Pemilihan *Orthogonal array*

Matriks *orthogonal* (*Orthogonal Array*) adalah suatu matriks yang elemen-elemennya disusun menurut baris dan kolom. Kolom merupakan faktor yang dapat diubah dalam eksperimen. Baris merupakan kombinasi level dari faktor dalam eksperimen. Matriks tersebut disebut *orthogonal* karena level-level dari faktor berimbang dan dapat dipisahkan dari pengaruh faktor lain dalam eksperimen (Soejanto, 2009).

Matriks ortonormal memiliki kemampuan untuk mengevaluasi sejumlah variabel proses dengan jumlah percobaan yang minimum. Suatu matriks orthogonal dilambangkan dalam bentuk :



Dalam memilih matriks *orthogonal* yang sesuai diperlukan suatu persamaan dari matriks *orthogonal* tersebut yang mempresentasikan jumlah faktor, jumlah level dan jumlah pengamatan yang dilakukan. Penyesuaian dalam pemilihan matriks *orthogonal* didasarkan oleh derajat bebas yang dimiliki oleh eksperimen

dibandingkan dengan derajat bebas yang dimiliki oleh matriks *orthogonal*. Jumlah derajat bebas yang dimiliki oleh matriks *orthogonal* harus sama atau lebih besar daripada derajat bebas yang dimiliki oleh eksperimen sehingga matriks *orthogonal* dapat memenuhi syarat untuk digunakan dalam pelaksanaan eksperimen tersebut. Untuk dua level, tabel *orthogonal array* terdiri dari L4, L8, L12, L16 dan L32. Pada penelitian ini, menggunakan matriks *orthogonal array* L16 (2^4), dimana 4 faktor dengan 2 level dan sejumlah 16 eksperimen. Dua level yaitu terdiri dari level bawah dan level atas, dengan lambing -1 (untuk level bawah) dan 1 (untuk level atas).

Tabel 2.1 Contoh *orthogonal array* untuk L16 (2^4)

Eksperimen	Perlakuan untuk			
	faktor A	faktor B	faktor C	faktor D
1	-1	-1	-1	-1
2	-1	-1	-1	1
3	-1	-1	1	-1
4	-1	-1	1	1
5	-1	1	-1	-1
6	-1	1	-1	1
7	-1	1	1	-1
8	-1	1	1	1
9	1	-1	-1	-1
10	1	-1	-1	1
11	1	-1	1	-1
12	1	-1	1	1
13	1	1	-1	-1
14	1	1	-1	1
15	1	1	1	-1
16	1	1	1	1

c. Melaksanakan percobaan dan pengumpulan data

Pada tahap ini dilakukan proses percobaan untuk mengumpulkan data respon sebanyak jumlah baris pada matriks *Orthogonal Array* yang telah dipilih. Data respon yang telah diperoleh itu kemudian diubah menjadi *S/N ratio* (*Signal to Noise Ratio*).

Tabel 2.2 Data hasil pengujian

No	Faktor kendali				Replikasi	Cycle time	Berat Parison Tail
	A	B	C	D			
1					I		
	-1	-1	-1	-1	II		
2					I		
	-1	-1	-1	1	II		
3					I		
	-1	-1	1	-1	II		
4					I		
	-1	-1	1	1	II		
5					I		
	-1	1	-1	-1	II		
6					I		
	-1	1	-1	1	II		
7					I		
	-1	1	1	-1	II		
8					I		
	-1	1	1	1	II		
9					I		
	1	-1	-1	-1	II		
10					I		
	1	-1	-1	1	II		
11					I		
	1	-1	1	-1	II		
12					I		
	1	-1	1	1	II		
13					I		
	1	1	-1	-1	I		

					II
14					I
	1	1	-1	1	II
15					I
	1	1	1	-1	II
16					I
	1	1	1	1	II

S/N Ratio merupakan suatu bilangan yang didapatkan dari hasil perhitungan dengan pengolahan dari data yang telah didapatkan setelah melaksanakan percobaan. *S/N Ratio* digunakan untuk memilih faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variasi pada suatu respon. *S/N Ratio* merupakan rancangan transformasi pengulangan data ke dalam suatu nilai yang merupakan ukuran dari variasi yang timbul. Penggunaan *S/N Ratio* sendiri dimaksudkan untuk mengetahui level dari faktor mana yang berpengaruh terhadap hasil eksperimen (Soejanto, 2009).

Ada tiga jenis *S/N Ratio* yang biasa dipakai dalam optimasi permasalahan static yaitu:

1) *Smaller the Better*

Optimasi jenis ini biasanya dipakai untuk mengoptimasi suatu cacat pada produk, yang mana harga idealnya kalau bisa harus sama dengan nol. Dapat juga digunakan untuk menentukan waktu produksi tercepat (paling produktif). Untuk menghitungnya dapat menggunakan rumus:

$$S/NRatio = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana n = jumlah data

y_i = data respon pengukuran

2) *Larger the Better*

Optimasi jenis ini merupakan kebalikan dari optimasi *Smaller the Better*. Merupakan karakteristik terukur dengan nilai non negatif dengan nilai ideal tak

terhingga. Contohnya : ketahanan terhadap korosi, umur pemakaian produk dan lainnya. Rumus yang digunakan adalah:

$$S/NRatio = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana n = jumlah data
 y = data respon pengukuran

3) *Nominal is the Best*

Optimasi ini sering digunakan apabila nilai yang telah ditetapkan merupakan sesuatu yang mutlak atau sangat diharapkan. Jadi tidak boleh lebih besar atau lebih kecil dari nilai yang telah ditetapkan sebelumnya. Contohnya adalah dimensi pada komponen-komponen mekanik (pada industry manufaktur), perbandingan unsur kimiawi pada suatu campuran (pada industry kimia), dan lain-lain. Rumus yang digunakan adalah:

$$S/NRatio = 10 \log_{10} \left[\frac{\mu^2}{\sigma^2} \right] \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\mu = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \right]$$

$$\sigma^2 = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2 \right]$$

Dimana n = jumlah data
 y = data respon pengukuran
 μ = rata rata
 σ² = standar deviasi

d. Analisis hasil percobaan

Setelah pengolahan data percobaan, selanjutnya dilakukan analisis untuk menentukan pengaruh relative dari bermacam-macam parameter kendali tersebut. Analisis pada metode *taguchi* dibagi menjadi dua, yaitu :

1) Analisis rata-rata (*Analysis of Mean / ANOM*)

Anom atau analisis rata-rata, digunakan untuk mencari kombinasi dari parameter kendali sehingga diperoleh hasil yang optimal sesuai dengan keinginan. Caranya adalah membandingkan nilai rata-rata *S/N ratio* setiap level dan masing-masing parameter kendali dengan menggunakan grafik. Dari perbandingan tersebut

dapat diketahui apakah parameter kendali yang dimaksud berpengaruh terhadap proses atau tidak.

2) Analisis varian (*Analysis of Variant / ANOVA*)

Anova adalah Teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif memperkirakan kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon. Analisis varian yang digunakan pada desain parameter berguna untuk mengidentifikasi kontribusi faktor, sehingga akurasi perkiraan model dapat ditentukan.

Berbagai rumus jumlah kuadrat yang akan ditentukan dalam *analysis of variant* antara lain :

- 1) SS_T (Jumlah kuadrat total)

$$SS_T = n_A [\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2] \dots \dots \dots (2.4)$$

- 2) SS_m (Jumlah kuadrat karena rata-rata (*mean*))

$$SS_m = n \bar{y}^2 \dots \dots \dots (2.5)$$

- 3) SS_A (Jumlah kuadrat faktor A)

$$SS_A = n_A [\sum_{i=1}^n (y_{Ai} - \bar{y})^2] \dots \dots \dots (2.6)$$

- 4) SS_B (Jumlah kuadrat faktor B)

$$SS_B = n_B [\sum_{i=1}^n (y_{Bi} - \bar{y})^2] \dots \dots \dots (2.7)$$

- 5) SS_{AxB} (Jumlah kuadrat interaksi AxB)

$$SS_{AxB} = n_A [\sum_{i=1}^n (y_{Ai} - \bar{y})^2] \times n_B [\sum_{i=1}^n (y_{Bi} - \bar{y})^2] \dots \dots \dots (2.8)$$

- 6) SS_C (Jumlah kuadrat faktor C)

$$SS_C = n_C [\sum_{i=1}^n (y_{Ci} - \bar{y})^2] \dots \dots \dots (2.9)$$

- 7) SS_{AxC} (Jumlah kuadrat interaksi AxC)

$$SS_{AxC} = n_A [\sum_{i=1}^n (y_{Ai} - \bar{y})^2] \times n_C [\sum_{i=1}^n (y_{Ci} - \bar{y})^2] \dots \dots \dots (2.10)$$

- 8) SS_{BxC} (Jumlah kuadrat interaksi BxC)

$$SS_{BxC} = n_B [\sum_{i=1}^n (y_{Bi} - \bar{y})^2] \times n_C [\sum_{i=1}^n (y_{Ci} - \bar{y})^2] \dots \dots \dots (2.11)$$

- 9) SS_D (Jumlah kuadrat faktor D)

$$SS_D = n_D [\sum_{i=1}^n (y_{Di} - \bar{y})^2] \dots \dots \dots (2.12)$$

- 10) SS_{AxD} (Jumlah kuadrat interaksi AxD)

$$SS_{AxD} = n_A [\sum_{i=1}^n (y_{Ai} - \bar{y})^2] \times n_D [\sum_{i=1}^n (y_{Di} - \bar{y})^2] \dots \dots \dots (2.13)$$

- 11) SS_{BxD} (Jumlah kuadrat interaksi BxD)

$$SS_{BxD} = n_B [\sum_{i=1}^n (y_{Bi} - \bar{y})^2] \times n_D [\sum_{i=1}^n (y_{Di} - \bar{y})^2] \dots\dots\dots(2.14)$$

12) SS_{CxD} (Jumlah kuadrat interaksi CxD)

$$SS_{CxD} = n_C [\sum_{i=1}^n (y_{Ci} - \bar{y})^2] \times n_D [\sum_{i=1}^n (y_{Di} - \bar{y})^2] \dots\dots\dots(2.15)$$

13) SS_e (Jumlah kuadrat error)

$$SS_e = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AxB} - SS_C - SS_{AxC} - SS_{BxC} - SS_D - SS_{AxD} - SS_{BxD} - SS_{CxD} \dots\dots\dots(2.16)$$

Tabel ANOVA dua arah disajikan kedalam bentuk tabel dimana didalamnya terdapat SS merupakan jumlah kuadrat, V merupakan derajat bebas, Ms merupakan rata-rata dari jumlah kuadrat, nilai F ratio, serta nilai dari kontribusi dari masing-masing faktor maupun interaksi antar faktor. Hasil dari perhitungan disajikan dalam bentuk tabel seperti terlihat pada tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Tabel ANOVA dua arah

Sumber Variasi	Sum of Square (SS)	Degree of freedom (df)	Mean Square (MS)	F ratio (F ₀)
Faktor A	$SS_A = nA \left[\sum_{i=1}^n (y_{Ai} - \bar{y})^2 \right]$	kA - 1	$MS_A = \frac{SS_A}{df_A}$	MS_A/MS_e
Faktor B	$SS_B = nB \left[\sum_{i=1}^n (y_{Bi} - \bar{y})^2 \right]$	kB - 1	$MS_B = \frac{SS_B}{df_B}$	MS_B/MS_e
Faktor _{AxB}	$SS_{AxB} = nA \left[\sum_{i=1}^n (y_{Ai} - \bar{y})^2 \right] \times nB \left[\sum_{i=1}^n (y_{Bi} - \bar{y})^2 \right]$	(kA - 1). (kB - 1)	$MS_{AxB} = \frac{SS_A}{df_A} \cdot \frac{SS_B}{df_B}$	MS_{AxB}/MS_e

Faktor C	$SS_C = nC \left[\sum_{i=1}^n (y_{Ci} - \bar{y})^2 \right]$	kC - 1	$MS_C = \frac{SS_C}{df_C}$	MS_C/MS_e
Faktor _{AxC}	$SS_{AxC} = nA \left[\sum_{i=1}^n (y_{Ai} - \bar{y})^2 \right] x$ $nC \left[\sum_{i=1}^n (y_{Ci} - \bar{y})^2 \right]$	(kA - 1). (kC - 1)	$MS_{AxC} = \frac{SS_A}{df_A} \cdot \frac{SS_C}{df_C}$	MS_{AxC}/MS_e
Faktor _{BxC}	$SS_{BxC} = nB \left[\sum_{i=1}^n (y_{Bi} - \bar{y})^2 \right] x$ $nC \left[\sum_{i=1}^n (y_{Ci} - \bar{y})^2 \right]$	(kB - 1). (kC - 1)	$MS_{BxC} = \frac{SS_B}{df_B} \cdot \frac{SS_C}{df_C}$	MS_{BxC}/MS_e
Faktor D	$SS_D = nD \left[\sum_{i=1}^n (y_{Di} - \bar{y})^2 \right]$	kD - 1	$MS_D = \frac{SS_D}{df_D}$	MS_D/MS_e
Faktor _{AxD}	$SS_{AxD} = nA \left[\sum_{i=1}^n (y_{Ai} - \bar{y})^2 \right] x$ $nD \left[\sum_{i=1}^n (y_{Di} - \bar{y})^2 \right]$	(kA - 1). (kD - 1)	$MS_{AxD} = \frac{SS_A}{df_A} \cdot \frac{SS_D}{df_D}$	MS_{AxD}/MS_e
Faktor _{BxD}	$SS_{BxD} = nB \left[\sum_{i=1}^n (y_{Bi} - \bar{y})^2 \right] x$ $nD \left[\sum_{i=1}^n (y_{Di} - \bar{y})^2 \right]$	(kB - 1). (kD - 1)	$MS_{BxD} = \frac{SS_B}{df_B} \cdot \frac{SS_D}{df_D}$	MS_{BxD}/MS_e
Faktor _{CxD}	$SS_{CxD} = nC \left[\sum_{i=1}^n (y_{Ci} - \bar{y})^2 \right] x$ $nD \left[\sum_{i=1}^n (y_{Di} - \bar{y})^2 \right]$	(kC - 1). (kD - 1)	$MS_{CxD} = \frac{SS_C}{df_C} \cdot \frac{SS_D}{df_D}$	MS_{CxD}/MS_e
Residual	$SS_e = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AxB} - SS_C - SS_{AxC} - SS_{BxC} - SS_D - SS_{AxD} - SS_{BxD} - SS_{CxD}$	df error	$MS_e = \frac{SS_{error}}{df_{error}}$	-

Total $SS_T = nA \left[\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 \right]$ N-1 - -

Keterangan :

kA = banyaknya level pada faktor A

kB = banyaknya level pada faktor B

kC = banyaknya level pada faktor C

kD = banyaknya level pada faktor D

nA = banyaknya replikasi level faktor A

nB = banyaknya replikasi level faktor B

nC = banyaknya replikasi level faktor C

nD = banyaknya replikasi level faktor D

\bar{y} = rata-rata total seluruh eksperimen

n = jumlah total eksperimen

Dimana :

df A = derajat bebas faktor A

$$df A = k_A - 1 = (\text{level} - 1) \dots\dots\dots (2.17)$$

df B = derajat bebas faktor B

$$df B = k_B - 1 = (\text{level} - 1) \dots\dots\dots (2.18)$$

df C = derajat bebas faktor C

$$df C = k_C - 1 = (\text{level} - 1) \dots\dots\dots (2.20)$$

df D = derajat bebas faktor D

$$df D = k_D - 1 = (\text{level} - 1) \dots\dots\dots (2.23)$$

df Total = derajat bebas total

$$df_{\text{Total}} = N - 1 \dots\dots\dots (2.27)$$

df error = derajat bebas error

$$df \text{ error} = df_T - df_A - df_B - V_C - V_D \dots\dots\dots (2.28)$$

MS_A = rata-rata jumlah kuadrat faktor A (The mean sum of square)

$$MS_A = \frac{SS_A}{df_A} \dots\dots\dots (2.29)$$

MSe = rata-rata jumlah kuadrat error

$$MS_e = \frac{SS_{error}}{df_{error}} \dots\dots\dots (2.30)$$

3) Persen Kontribusi

Persen kontribusi merupakan fungsi jumlah kuadrat untuk masing-masing item yang signifikan. Persen kontribusi mengindikasikan kekuatan relatif dari suatu faktor dan atau interaksi dalam mengurangi variansi. Pada Analisis variansi nilai MS untuk suatu faktor (misalnya faktor A) sebenarnya adalah :

$$MS_A = MS'_A + MS_e \dots\dots\dots (2.31)$$

$$MS_A = \frac{SS_A}{df_A} \dots\dots\dots (2.32)$$

Maka :

$$SS'_A = SS_A - (Df_A).(Df_e) \dots\dots\dots (2.33)$$

SS_A adalah jumlah kuadrat deviasi dari target, SS'_A adalah jumlah kuadrat sesungguhnya dari faktor A, df_A adalah derajat kebebasan dari faktor A, dan V_e adalah varian. Bagian dari jumlah kuadrat df_A dan V_e harus ditambahkan pada jumlah kuadrat karena error untuk meyakinkan bahwa jumlah kuadrat total sudah diperhitungkan.

Kita dapat menentukan nilai persen kontribusi (ρ) sebagai presentase dari jumlah kuadrat suatu sumber yang sesungguhnya terhadap jumlah kuadrat total (S_t):

$$\rho_A = \frac{SA'}{S_t} \times 100\% \dots\dots\dots (2.34)$$

1. Uji Hipotesis

Uji hipotesis F dilakukan dengan cara membandingkan variasi yang disebabkan masing-masing faktor dan variasi error. Variasi error adalah variasi setiap individu dalam pengamatan yang timbul karena faktor yang tidak dapat dikendalikan. Dalam hal ini :

$$F_{sumber} = \frac{\text{variasi karena perlakuan} + \text{variasi karena error}}{\text{variasi karena error}} \dots\dots\dots (2.35)$$

Nilai F_{sumber} tersebut dibandingkan nilai F dari tabel yang terdapat pada lampiran B dengan harga α tertentu dengan derajat kebebasan $((k-1).(N-k))$. Dimana k adalah jumlah level suatu faktor dan N adalah jumlah total perlakuan.

Hipotesis pengujian dalam suatu percobaan adalah :

H_0 = tidak ada pengaruh perlakuan, sehingga $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_j = \mu_k$

H_1 = ada pengaruh perlakuan, sehingga sedikit ada satu μ_1 yang tidak sama

Apabila nilai F_{hitung} lebih kecil nilai F_{tabel} ($F_{\text{hitung}} < F_{\text{Tabel}}$), maka hipotesis H_0 diterima. Namun jika nilai F_{hitung} lebih besar dari nilai F_{tabel} ($F_{\text{hitung}} > F_{\text{Tabel}}$), maka hipotesis H_0 ditolak.

Pada uji hipotesis ini ditentukan *level of signifikan* (α) adalah 0,05 atau dengan tingkat kepercayaan 95%. Hal ini dapat diartikan ada kemungkinan satu diantara empat puluh delapan keputusan penolakan hipotesis nol adalah keputusan yang keliru.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Dynaplast 02 Jl. Industri Jatake blok F, daerah industry Jatake, Tangerang, Jawa Barat Indonesia. Studi Kasus telah dilaksanakan pada Juli-Agustus yang terpdapat pada lampiran D.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *High Density Polyetilene* (HDPE) pada lampiran C.3 dengan komposisi 80% *granule* plastic murni, 20% plastic *avfal* atau *regrain* (sisa pembentukan produk yang tidak ikut dalam konstruksi dasar produk yang kemudian digiling dan diolah kembali sebagai campuran material murni). Adapun spesifikasi bahan plastik HDPE (*High Density Polyetilene*) adalah sebagai berikut :

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

3.2.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Mesin *Extrusion Blow Molding* jenis SMC 2000 DTC yang memproduksi kemasan produk 400ml. Mesin ini mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

Data teknis mesin

- Merk : SMC
- *Machine Model* : SMC 2000 DTC
- Tahun Pembuatan : 2016
- *Controller* : OMRON (CJ2M-CPU11)
- *Jumlah cavity/mold* : 3 *cavity* dengan 2 *mold*
- *Screw & barrel size* : *Inner Layer 70 mm., Outer layer 52 mm*
- *Total Heating Zone* : 18 *zones*
- *Die Head Model* : 3. 100mm, 2 layer
- *Auto Deflashing* : *Hydraulic Punh*
- *Power Consumption*
- *Main Supply Voltage* : 3 × 380 VAC 50Hz
- *Driver Supply Voltage* : 3 × 380 VAC 50Hz
- *Heaters Supply Voltage* : 220 VAC 50 Hz
- *Connected Load Drive* : 55,5 kW 110.0 A
- *Connected Load Heater* : 28,40 kW 43,61 A
- *Total Connected Load* : 83,9 kW 153,61 A
- *Power Machine Consumption* : 41,95 kW 53,76 A
- *Hydraulic System Pressure* : 80 – 100 bar
- *Pneumatic System Pressure* : 6 – 8 bar



Gambar 3.1 Mesin extrusion blow molding

- b. *Stop Watch* untuk mengukur kecepatan waktu siklus produksi pada mesin SMC 2000 DTC
- c. Neraca analitis untuk menimbang berat produk atau *netto* dan berat *parison tail*



Gambar 3.2 Neraca analitis

3.3 Tahap Identifikasi Masalah

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

a. Survei Lapangan dan Identifikasi Variabel Faktor yang Berpengaruh

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan informasi sebanyak-banyaknya yang berkaitan dengan seluruh aktivitas produksi perusahaan dengan tujuan untuk mengetahui kondisi nyata objek yang akan diteliti. Studi lapangan ini meliputi studi proses produksi, spesifikasi produk, dan karakter kualitas. Selain survei lapangan juga di ikuti dengan identifikasi faktor yang berpengaruh. Identifikasi ini bertujuan untuk mengetahui permasalahan yang ada dalam perusahaan tersebut yang kemudian dijadikan bahan penelitian. Pada penelitian ini survei lapangan di PT. Dynaplast Tbk dilakukan pada divisi *blow molding* pada mesin SMC 2000 DTC yang memproduksi produk botol 400 ml.

b. Studi Pustaka

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

c. Perumusan masalah dan Penentuan Tujuan Penelitian

Setelah mengetahui kondisi proses produksi yang terdapat pada perusahaan maka tahap selanjutnya adalah melakukan perumusan masalah dan penentuan tujuan penelitian. Perumusan masalah dan penentuan tujuan dari penelitian ini yaitu memperoleh waktu siklus yang optimal dari mesin SMC 2000 DTC yang memproduksi produk botol 400 ml namun *netto* dan *volume* sesuai dengan target yang ditentukan oleh perusahaan, tujuan tersebut dikarenakan waktu siklus produksi dari mesin SMC 2000 DTC dinilai masih terlalu lama sehingga berpengaruh terhadap jumlah produksi setiap shiftnya.

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

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

1) Variabel Respon (Variabel tak Bebas)

Merupakan salah satu karakteristik kualitas yang kritis pada botol yang dipilih untuk diamati. Dalam hal ini variabel respon yang dipilih adalah waktu siklus (*cycle time*) dan berat *parison tail (bottom)*.

2) Variabel Proses (Variabel Bebas)

Merupakan variabel yang besarnya dapat ditentukan dan dikendalikan berdasarkan pertimbangan tertentu dan tujuan dari penelitian itu sendiri. Terdapat banyak variabel yang dapat dikendalikan dalam proses *blow molding*. Akan tetapi dalam penelitian ini dipilih empat faktor kendali yang diduga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap waktu siklus (*cycle time*) dan berat *parison tail*. Faktor faktor tersebut adalah *blowing pressure, blowing time, screw inner layer, screw outer layer*.

3) Level yang Digunakan

Penentuan level pada tahap ini bertujuan untuk memberikan batasan terhadap penelitian yang akan dilaksanakan dari setiap faktor yang digunakan. Penentuan level ini mengacu pada protocol yang telah ditentukan oleh perusahaan, level yang digunakan menggunakan 2 level dengan masing – masing kode untuk setiap level. Level bawah dengan kode -1, dan level atas dengan kode 1. Nilai yang akan digunakan dalam penentuan masing-masing level disesuaikan dengan toleransi yang diizinkan oleh perusahaan yaitu :

- *Blowing pressure* : ± 1 Bar
- *Blowing time* : ± 2 s
- *Screw inner layer* : ± 4 rpm
- *Screw outer layer* : ± 2 rpm

Dari toleransi yang telah ditentukan dapat ditentukan level dari masing-masing faktor yaitu sebagai berikut :

Tabel 3.1 Nilai level yang digunakan perusahaan

Faktor	Level Perusahaan
<i>Blowing pressure</i>	8 bar
<i>Blowing time</i>	14 s
<i>Screw inner layer</i>	62 rpm
<i>Screw outer layer</i>	28 rpm

Tabel 3.2 Nilai level yang digunakan dalam penelitian

Faktor	Level Bawah	Level Atas
Kode	-1	1
<i>Blowing pressure</i>	7 bar	8 bar
<i>Blowing time</i>	13 s	14 s
<i>Screw inner layer</i>	64 rpm	66 rpm
<i>Screw outer layer</i>	28 rpm	29 rpm

3.4 Tahap Pengambilan dan Pengolahan Data

Tahapan ini dilakukan setelah permasalahan penelitian sudah teridentifikasi. Berdasarkan tahapan identifikasi yang telah dilaksanakan sebelumnya diketahui bahwa metode pemecahan masalah yang digunakan menggunakan desain eksperimen. Tahapan - tahapan yang digunakan dalam metode desain eksperimen kemudian dapat disusun menjadi langkah – langkah pemecahan masalah secara sistematis. Tahapan ini terdiri dari:

a. Penentuan Desain Eksperimen

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

- 1) Perumusan masalah
 - 2) Menentukan variabel tak bebas
 - 3) Identifikasi faktor – faktor atau variabel bebas
 - 4) Penentuan jumlah level dan nilai level faktor
 - 5) Perhitungan derajat kebebasan
 - 6) Penentuan matriks orthogonal
- b. Pelaksanaan Penelitian (Eksperimen)

Dalam melaksanakan penelitian terdapat beberapa langkah yang digunakan dalam proses pengambilan data atau secara umum dapat didefinisikan sebagai prosedur pelaksanaan eksperimen yakni sebagai berikut:

- 1) Memasukkan bahan baku plastic ke dalam tandon material dan mengatur perbandingan material murni dan material *afval* yang akan diproses yaitu 80% material murni HDPE dan 20% material *afval*.
- 2) Mengatur temperatur *extruder* sesuai dengan *melting point* HDPE.
- 3) Mengatur *blowing pressure* sesuai standar awal perusahaan yaitu 7 bar.
- 4) Mengatur *blowing time* sesuai standar awal yaitu 24 detik
- 5) Mengatur *screw rpm inner* sesuai standar awal yaitu 64 rpm
- 6) Mengatur *screw rpm outer* sesuai standar awal yaitu 28 rpm
- 7) Menjalankan mesin dengan kondisi maksimum. Yang dimaksud mesin dalam kondisi maksimum adalah mesin pada kondisi panas dan produk yang dihasilkan stabil.

- 8) Ulangi langkah (1) sampai (7) dengan merubah nilai variabel *blowing pressure*, *blowing time*, *screw rpm inner* dan *screw rpm outer* sesuai dengan level.
- 9) Pengambilan dan pengukuran berat produk dilakukan tiap dua kali mesin melakukan produksi hingga selesai atau *mold* dalam keadaan terbuka. Jeda satu kali proses produksi dimaksudkan untuk memberikan waktu pada mesin agar lebih beradaptasi pada perubahan *setting* yang dilakukan.
- 10) Pengukuran waktu siklus produksi (*cycle time*) menggunakan *stopwatch* dan pengukuran berat produk menggunakan timbangan yang dimiliki PT. Dynaplast Tbk.
- 11) Pengukuran berat netto dan berat *parison tail* produk 400 ml menggunakan neraca atau timbangan dan mistar yang dimiliki perusahaan.
- 12) Dilakukan pemeriksaan kualitas pada setiap hasil percobaan. Kualitas produk harus sesuai dengan kriteria yang diinginkan PT. Dynaplast Tbk.

c. Analisis Data dan Optimasi

Metode yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini yaitu metode *taguchi* yang didalamnya terdapat perhitungan *Analysis of Mean* (ANOM) dan *Analisis of Variant* (ANOVA). Proses pengolahan data dilakukan menggunakan 2 *software* yaitu *Microsoft Office Excel* dan *Minitab 18*. Tahapan-tahapan yang harus dilakukan dalam Analisa data dan optimasi yaitu:

- 1) Melakukan pengambilan data.

Pengambilan data yang dilakukan berdasarkan kombinasi nilai level dari faktor/parameter sesuai dengan rancangan matriks *orthogonal array* yaitu L16 (2^4) karena nilai dari derajat bebas adalah 10 dan faktor yang digunakan yaitu 4 faktor dengan masing – masing memiliki 2 nilai level, faktor yang digunakan antara lain *Blowing Pressure* (BP), *Blowing Time* (BT), *Screw inner layer* (SI), *Screw outer layer* (SO) Rancangan matriks *orthogonal Array* L16(2^4) dapat dilihat pada tabel :

Tabel 3.3 Rancangan matriks *orthogonal array* L16(2^4)

Eks	Blowing Pressure (bar)	Blowing Time (Second)	Screw Inner Layer (rpm)	Screw Outer Layer (rpm)
1	7	13	64	28
2	7	13	64	29
3	7	13	66	28
4	7	13	66	29
5	7	14	64	28
6	7	14	64	29
7	7	14	66	28
8	7	14	66	29
9	8	13	64	28
10	8	13	64	29
11	8	13	66	28
12	8	13	66	29
13	8	14	64	28
14	8	14	64	29
15	8	14	66	28
16	8	14	66	29

2) Melakukan analisis berdasarkan data yang telah diperoleh menggunakan beberapa perhitungan matematis yaitu:

- a) ANOM (*Analysis of mean*)
- b) ANOVA (*Analysis of Variant*)
- c) Persen Kontribusi

3) Melakukan Uji Hipotesis

Hasil dari pengujian hipotesis ini adalah adanya keputusan menerima atau menolak dugaan dari hipotesis tersebut. Pengambilan keputusan untuk menerima dan menolak hipotesis tidak mutlak mengindikasikan bahwa hipotesis tersebut memang pasti benar atau pasti salah. Penolakan dilakukan bila ditemukan yang tidak konsisten ataupun tidak signifikan dengan hipotesis dan penerimaan dilakukan bila tidak ditemukannya bukti untuk menolak hipotesis. Pada penelitian ini ditetapkan nilai taraf signifikasnsi α sebesar 5% atau 0,05 untuk variabel respon

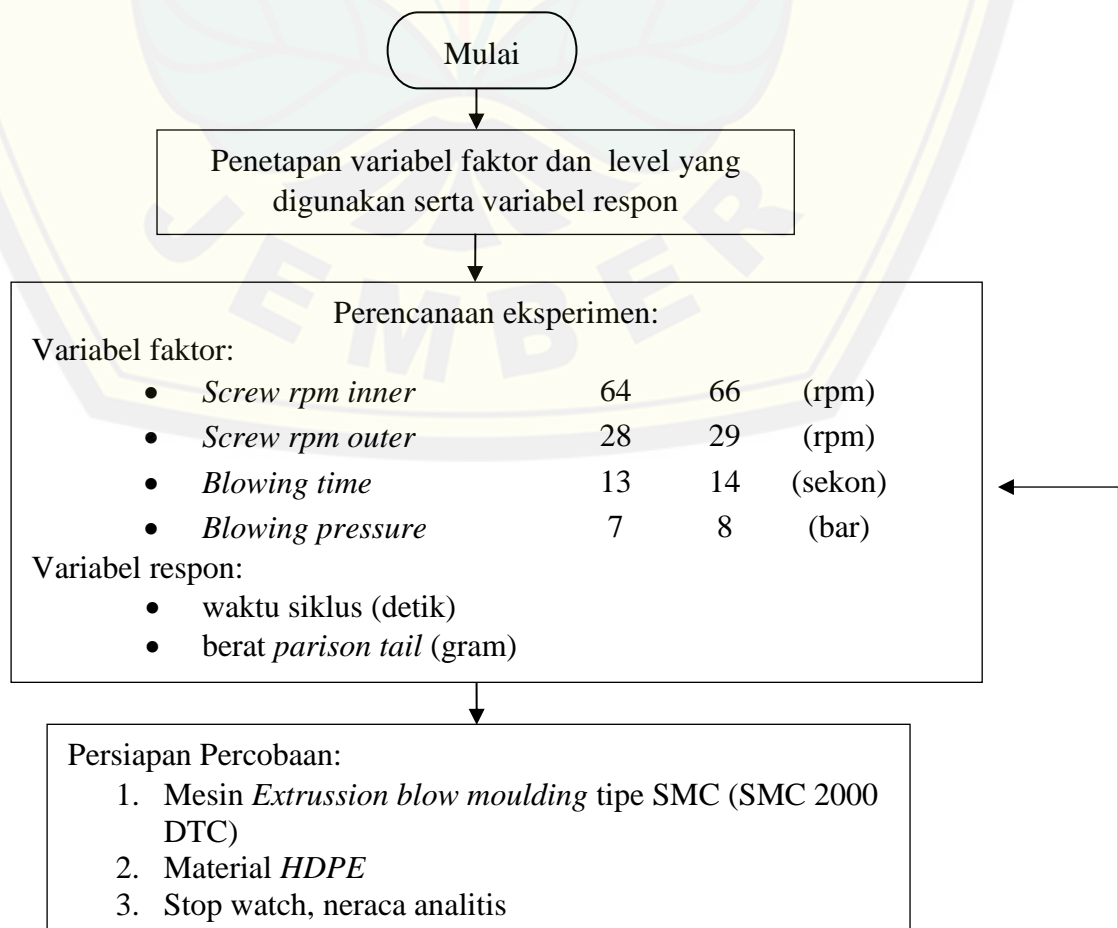
dengan artian ada kemungkinan satu diantara empat puluh delapan keputusan penolakan hipotesis nol adalah keputusan yang keliru.

3.5 Penarikan Kesimpulan

Penarikan kesimpulan merupakan tahap terakhir dari serangkaian tahapan penelitian. Pada tahap ini dilakukan analisis dan penafsiran terhadap hasil pengolahan dan eksperimen. Dari hasil analisis serta penafsiran yang telah dilakukan tersebut dapat digunakan sebagai dasar penarikan beberapa kesimpulan yang digunakan untuk menjawab permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya. Kemudian diberikan saran yang membangun untuk penelitian selanjutnya agar didapatkan hasil yang sesuai.

3.6 Diagram Alir Penelitian

Tahapan-tahapan dalam pelaksanaan penelitian disajikan dalam dalam sebuah diagram alir guna mempermudah dalam pemahaman setiap langkah yang akan dilaksanakan. Adapun diagram alir dari penelitian yang dilakukan dari awal hingga akhir yaitu:





BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis data yang telah dilakukan menggunakan seperangkat aturan dalam metode *taguchi*, maka dapat ditarik suatu kesimpulan bahwa:

- a. Faktor *blowing time*, *screw inner layer* dan *screw outer layer* yang semakin rendah akan membuat respon berat *parisohon tail* semakin kecil dan untuk respon *cycle time* faktor yang paling berpengaruh adalah *blowing time*.
- b. Dari hasil perhitungan dan optimasi didapatkan bahwa kondisi optimal *setting* parameter pembuatan produk botol kemasan 400 ml yaitu dengan kombinasi parameter *blowing pressure* sebesar 7 bar, *blowing time* sebesar 13 sekon, *screw*

inner layer sebesar 66 rpm, dan *screw outer layer* sebesar 29 rpm. Dari *setting* tersebut didapatkan hasil waktu siklus (*cycle time*) yang paling cepat sebesar 18,13 detik dengan *netto* produk yang masih sesuai dengan standar kelayakan perusahaan yaitu sebesar $30,5 \pm 2$ gram. Dengan menggunakan *setting* ini mampu meningkatkan produktivitas pembuatan botol kemasan 400 ml sebesar 18,14 % dari jumlah produksi sebelumnya.

- c. Dari hasil perhitungan dan optimasi didapatkan bahwa kondisi optimal *setting* parameter pembuatan produk botol kemasan 400 ml yaitu dengan kombinasi parameter *blowing pressure* sebesar 8 bar, *blowing time* sebesar 13 sekon, *screw inner layer* sebesar 64 rpm, dan *screw outer layer* sebesar 28 rpm. Dari *setting* tersebut didapatkan hasil berat *parison tail* terkecil yaitu 8,91 gram. Dengan menggunakan *setting* ini mampu menurunkan jumlah berat *parison tail* yang terjadi dalam proses pembuatan botol kemasan 400 ml.

5.2 Saran

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

- a. Penelitian yang dilakukan di PT. Dynaplast Tbk merupakan salah satu upaya dalam mengatasi permasalahan produksi dengan bantuan perhitungan statistik guna memperoleh kombinasi parameter dan level optimal sehingga jumlah produksi dan kualitas hasil produksi dapat meningkat. Dari pihak perusahaan dapat menjadikan hasil penelitian ini sebagai pertimbangan dalam melaksanakan pengembangan dalam *setting* parameter produk botol kemasan 400 ml.
- b. Jumlah parameter atau faktor dalam mesin *extrusion blow molding* masih banyak yang belum dikaji, sehingga untuk penelitian selanjutnya supaya mengkaji ulang parameter yang digunakan sehingga didapatkan data analisis yang lebih lengkap mengenai pengaruh faktor terhadap hasil produksi *extrusion blow molding*.



DAFTAR PUSTAKA

- Alzoubi, K. 2016. Parametric Study for a Reciprocating Screw Blow Injection Molding Process Using Design of Experiments Tool. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*. 10(4): 279-284
- Gibran, M.K. 2016. Optimasi Waktu Siklus Produksi Kemasan Produk 50 ml Pada Proses Blow Moulding dengan Metode Response Surface. *Jurnal ROTOR*. 9(1): 35-39.

- Hermawan, Y., I M. Astika. 2009. Optimasi Waktu Siklus Pembuatan Kemasan Produk Chamomile 120 ml Pada Proses Blow Molding. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra M.* 3(1): 18-25.
- Irawan. Nur. 2006. *Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14.* Yogyakarta: Andi Yogyakarta.
- Rini, A R. 2017. *Warta Global Industri Manufaktur.* Jakarta : kemenperin.go.id
- Montgomery, D.C. 1997. *Design and Analysis of Experiments.* 5th edition. Australia: John Wiley & Sons Inc.
- Musthofa, A. 2014. Penentuan Setting Parameter Pembuatan Botol DK 8251 Pada Proses Blow Moulding dengan Menggunakan RSM (Response Surface Methodology) Studi Kasus di PT. Rexam Packaging Indonesia. *JTM.* 2(3): 47-55.
- Prasanko, A. W. 2017. Analisis Parameter Injection Molding Terhadap Waktu Siklus dan Cacat Flash Produk Tutup Botol 180 ml Menggunakan Metode Taguchi. *Jurnal ROTOR.* Jember: Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.
- Soejanto, I. 2009. *Desain Eksperimen Metode Taguchi.* Cetakan pertama. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sudjana. 1994. *Desain dan Analisis Eksperimen.* Edisi III. Bandung :Tarsito.
- Strong, A., Brent. 2000. *Plastic Materials and Processing Second Edition.* New Jersey: Pearson Education.
- Norman. C. 2006. *Practical Guide to Blow Molding.* Inggris : Rapra Technology.
- Tahboub, K K., I A. Rawabdeh. 2016. A Design of Experiments Approach for Optimizing an Extrusion Blow Molding Process. *Journal of Quality in Maintenance Engineering.* 10(1): 47-54

- Wuryandari, T., T. Widiari, dan S D. Anggraini. 2009. Metode Taguchi Untuk Optimalisasi Produk Pada Rancangan Faktorial. *Media Statistika*. 2(2): 81-92.
- Kamaruddin, S., N S. Zakaria, dan N M. Mehat. 2016. The Influence Of Plastic Extrusion Blow Molding Parameter On Waste Reduction. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 11(20): 12029-12032.
- Klein, R. 2011. *Materials Properties of Plastics in Laser Welding of Plastics : Materials Processes and Industrial Application*. Wiley-VHC GmbH & co.kGaA, Weinheim, Germany.
- Haq, R. 2018. Analisis Proses Blow Molding Terhadap Waktu Siklus Produk Botol 100ml Dengan Menggunakan Metode Respon Surface. Jember: Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.
- Yuswinanto. 2011. *Basic Blow Molding*. Indopolimer. Jakarta.

LAMPIRAN A. DATA HASIL PENELITIAN

A.1 Data Berat Parison Tail

eks	Blowing Pressure (bar)	Blowing Time (second)	Screw Inner Layer (rpm)	Screw Outer Layer (rpm)	Berat 1 Parison Tail (gram)	Berat 2 Parison Tail (gram)	Rata Rata Berat Parison Tail (gram)
1	7	13	64	28	10.06	10.00	10.03
2	7	13	64	29	11.80	12.66	12.23

3	7	14	66	28	16.88	17.06	16.97
4	7	14	66	29	18.68	18.86	18.77
5	7	13	66	28	16.92	17.16	17.04
6	7	13	66	29	17.88	17.74	17.81
7	7	14	64	28	11.25	11.39	11.32
8	7	14	64	29	12.70	12.60	12.65
9	8	13	66	28	16.81	16.33	16.57
10	8	13	66	29	17.42	17.58	17.50
11	8	14	64	28	11.02	10.72	10.87
12	8	14	64	29	12.78	13.00	12.89
13	8	13	64	28	10.02	9.60	9.81
14	8	13	64	29	11.93	13.07	12.50
15	8	14	66	28	17.48	17.36	17.42
16	8	14	66	29	17.85	18.19	18.02

A.2 Data Waktu Siklus (*Cycle Time*)

eks	Blowing Pressure (bar)	Blowing Time (second)	Screw Inner Layer (rpm)	Screw Outer Layer (rpm)	Cycle Time 1 (second)	Cycle Time 2 (second)	Rata Rata Cycle Time (second)
1	7	13	64	28	19,30	19,46	19,38
2	7	13	64	29	19,24	19,16	19,20
3	7	14	66	28	19,78	19,96	19,87
4	7	14	66	29	20,81	20,89	20,85
5	7	13	66	28	19,10	19,14	19,12
6	7	13	66	29	18,09	18,17	18,13
7	7	14	64	28	23,48	23,52	23,50
8	7	14	64	29	20,74	20,82	20,78
9	8	13	66	28	19,09	19,11	19,10
10	8	13	66	29	18,15	18,19	18,17
11	8	14	64	28	23,72	23,82	23,77
12	8	14	64	29	22,17	22,21	22,19
13	8	13	64	28	20,35	20,45	20,40
14	8	13	64	29	20,03	20,07	20,05
15	8	14	66	28	20,09	20,11	20,10
16	8	14	66	29	19,81	19,93	19,87

LAMPIRAN B. TABEL DISTRIBUSI F DENGAN $\alpha=5\%$

Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilita = 0,05

df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	161	199	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	245	246
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.42	19.42	19.43
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.40	2.37	2.35
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.22	2.20
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.22	2.20	2.18
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.20	2.17	2.15
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.18	2.15	2.13
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.15	2.13	2.11
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.14	2.11	2.09
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.12	2.09	2.07
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.10	2.08	2.06
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.09	2.06	2.04
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.08	2.05	2.03
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.06	2.04	2.01
31	4.16	3.30	2.91	2.68	2.52	2.41	2.32	2.25	2.20	2.15	2.11	2.08	2.05	2.03	2.00
32	4.15	3.29	2.90	2.67	2.51	2.40	2.31	2.24	2.19	2.14	2.10	2.07	2.04	2.01	1.99
33	4.14	3.28	2.89	2.66	2.50	2.39	2.30	2.23	2.18	2.13	2.09	2.06	2.03	2.00	1.98
34	4.13	3.28	2.88	2.65	2.49	2.38	2.29	2.23	2.17	2.12	2.08	2.05	2.02	1.99	1.97
35	4.12	3.27	2.87	2.64	2.49	2.37	2.29	2.22	2.16	2.11	2.07	2.04	2.01	1.99	1.96
36	4.11	3.26	2.87	2.63	2.48	2.36	2.28	2.21	2.15	2.11	2.07	2.03	2.00	1.98	1.95
37	4.11	3.25	2.86	2.63	2.47	2.36	2.27	2.20	2.14	2.10	2.06	2.02	2.00	1.97	1.95
38	4.10	3.24	2.85	2.62	2.46	2.35	2.26	2.19	2.14	2.09	2.05	2.02	1.99	1.96	1.94
39	4.09	3.24	2.85	2.61	2.46	2.34	2.26	2.19	2.13	2.08	2.04	2.01	1.98	1.95	1.93
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.97	1.95	1.92
41	4.08	3.23	2.83	2.60	2.44	2.33	2.24	2.17	2.12	2.07	2.03	2.00	1.97	1.94	1.92
42	4.07	3.22	2.83	2.59	2.44	2.32	2.24	2.17	2.11	2.06	2.03	1.99	1.96	1.94	1.91
43	4.07	3.21	2.82	2.59	2.43	2.32	2.23	2.16	2.11	2.06	2.02	1.99	1.96	1.93	1.91
44	4.06	3.21	2.82	2.58	2.43	2.31	2.23	2.16	2.10	2.05	2.01	1.98	1.95	1.92	1.90
45	4.06	3.20	2.81	2.58	2.42	2.31	2.22	2.15	2.10	2.05	2.01	1.97	1.94	1.92	1.89

LAMPIRAN C. DOKUMENTASI HASIL PENELITIAN



Gambar C.1 Spesifikasi Produk Botol 400ml



Gambar C.2 Spesifikasi Mesin SMC 2000 DTC



Gambar C.3 Material *High Density Polyethylene* (HDPE)



Gambar C.4 Pengambilan *Parison Tail*



Gambar C.5 Uji Kebocoran (*leak tester*)



Gambar C.6 Pengukuran berat sampel produk

LAMPIRAN D. SURAT KETERANGAN PENELITIAN

**DYNAPACK**
INDONESIAPT. Dynapack Indonesia
Dynaplast Tower 9-10th Fl | Jl. MH Thamrin No.1 | Lippo Karawaci, Tangerang | Banten 15811 | INDONESIAT +6221 546 3111, 546 1112-5 | F +6221 546 1255, 546 1266
www.dynapackasia.comNomor : HR009/DNPI-TWR/REC/III/2018
Perihal : Surat Keterangan Penelitian Skripsi

Tangerang, 16 Agustus 2018

Dengan Hormat,

Dalam rangka kegiatan **Penelitian Skripsi** di lingkungan kerja PT Dynapack Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :Nama : Katarina Arifin
NIK : 2253
Jabatan : HRM Division Head

Menyebutkan bahwa Mahasiswa/i di bawah ini :

Nama : Nugroho Wahyu Waskito
NIM : 141910101013
Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Mesin
Universitas : Universitas Jemberadalah benar telah melaksanakan **Penelitian Skripsi di PT Dynapack Indonesia** selama 3,5 bulan terhitung efektif mulai tanggal **25 Mei 2018 s.d 15 Agustus 2018**.

Dengan lokasi atau area magang adalah di bagian Produksi (Extrusion Blow Molding) – SHLC (Soebekti Hambali Learning Centre)

Selama Sdr. Nugroho melakukan kerja magang, yang bersangkutan telah melaksanakan tugas yang menjadi kewajibannya dengan baik.

Demikian surat keterangan Penelitian Skripsi ini saya sampaikan, mohon dapat digunakan sebagaimana semestinya.

Hormat saya,

Katarina Arifin

Human Resources Group Division Head