



**ANALISIS PARAMETER *INJECTION MOLDING* UNTUK
MEREDUKSI *SHRINKAGE* DAN *CYCLE TIME* PADA
PRODUK *COVER* KNALPOT**

SKRIPSI

Oleh

Yogi Burhanuddin

NIM 141910101042

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019



**ANALISIS PARAMETER *INJECTION MOLDING* UNTUK
MEREDUKSI *SHRINKAGE* DAN *CYCLE TIME* PADA
PRODUK *COVER* KNALPOT**

Studi Kasus 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

Yogi Burhanuddin

NIM 141910101042

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019

PERSEMBAHAN

Yang utama dari segalanya, sembah sujud serta syukur kepada Allah SWT 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. Keluargaku, ayahanda Juwari dan ibunda Sulik, serta adik tercinta yang senantiasa memberikan semangat, dorongan, kasih sayang dan pengorbanan yang tidak kenal lelah, dan doa yang tiada hentinya tercurahkan dengan sepenuh hati;
2. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang senantiasa menularkan ilmunya, semoga ilmu yang bermanfaat dan barokah dikemudian hari. Ir. Ahmad Syuhri, M.T. dan Hary Sutjahjono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang selalu memberikan saran dan arahan yang sangat membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T. 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 Nugroho Wahyu Waskito 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

Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya bersama
kesulitan ada kemudahan
(terjemahan Surat Al-Insyiroh ayat 5-6)¹

Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum hingga mereka
mengubah diri mereka sendiri
(terjemahan Surat Ar-Ra'd ayat 11)²

Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi
(pula) kamu menyukai sesuatu padahal ia amat buruk bagimu, Allah mengetahui
sedangkan kamu tidak mengetahui
(terjemahan Surat Al-Baqarah ayat 216)³

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

² Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo

³ Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yogi Burhanuddin

NIM : 141910101042

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Parameter *Injection Molding* Untuk Mereduksi *Shrinkage* Dan *Cycle Time* Pada Produk *Cover Knalpot*” 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 di junjung 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, 10 Januari 2019
Yang Menyatakan,

Yogi Burhanuddin
NIM 141910101042

SKRIPSI

**ANALISIS PARAMETER *INJECTION MOLDING* UNTUK MEREDUKSI
SHRINKAGE DAN *CYCLE TIME* PADA PRODUK *COVER KNALPOT***

Oleh

Yogi Burhanuddin

NIM 141910101042

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Ahmad Syuhri, M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Analisis Parameter *Injection Molding* Untuk Mereduksi *Shrinkage* dan *Cycle Time* Pada Produk *Cover Knalpot*" karya Yogi Burhanuddin telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal : Kamis, 10 Januari 2019

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Ir. Ahmad Syuhri, M.T.
NIP 19670123 199702 1 001

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

Penguji I,

Penguji II,

Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T.
NIP 19691201 199602 1 001

Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T.
NIP 19850117 201212 1 001

Mengesahkan
Dekan,

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

RINGKASAN

ANALISIS PARAMETER *INJECTION MOLDING* UNTUK MEREDUKSI *SHRINKAGE* DAN *CYCLE TIME* PADA PRODUK COVER KNALPOT

Yogi Burhanuddin, 141910101042; 2019; 68 halaman; Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Berjalannya kemajuan zaman saat ini kebutuhan akan plastik di Indonesia sangatlah banyak digunakan. Dibuktikan dari meningkatnya permintaan kebutuhan plastik impor di Indonesia pada akhir tahun sebesar 1,8 juta ton dengan produksi dalam negeri mencapai 2,3 juta ton plastik. Plastik sendiri lebih dipilih sebagai bahan pembuatan dari barang-barang kebutuhan manusia dari pada bahan lain karena plastik dirasa lebih mudah didapat, mudah dibentuk, tahan terhadap korosi dan awet, serta memiliki harga yang mudah dijangkau. 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 *injection molding*.

Permasalahan yang sering dijumpai dalam dunia industri yakni ketidaksesuaian antara bentuk yang direncanakan dengan bentuk hasil dari produksi. Studi kasus yang dilakukan yakni mesin *injection molding* pada produk cover knalpot yang dilaksanakan di PT Dynaplast Tbk. Dalam memproduksi benda kerja mesin ini masih menghasilkan beberapa produk yang tidak sesuai dengan standar perusahaan diantaranya dari segi cacat produk yakni penyusutan pada lubang baut *cover* knalpot dan waktu siklus produksi.

Injection molding merupakan proses bersiklus untuk menghasilkan produk yang serupa dari sebuah cetakan, dan proses ini yang paling banyak digunakan dalam pembuatan produk dengan material plastik (*polymer*). Keuntungan menggunakan proses ini yaitu kapasitas dan keberulangan pembuatan produk yang memiliki bentuk rumit pada rasio produksi tinggi. *Injection molding* merupakan

sebuah mesin pemroses polimer yang penting dalam industri plastik, dalam prosesnya polimer di tekan (*inject*) kedalam rongga cetak dan dibentuk menjadi bentuk dari cetakan.

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 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 (*orthogonal array*). Selanjutnya data yang diperoleh berupa hasil *shrinkage* 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 produk *cover knalpot* didapatkan kombinasi parameter yang baru sebagai berikut: Kombinasi parameter *injection velocity* sebesar 50 mm/s, *holding pressure* sebesar 300 kgf/cm², *back pressure* sebesar 20 kgf/cm², dan *melt temperature* sebesar 265°C. Dari *setting* tersebut didapatkan nilai penyusutan (*shrinkage*) paling kecil yaitu 0,08%, dengan *cycle time* yang lebih cepat yaitu 38,21 detik sehingga dalam satu shift kerja (8 jam) dapat menghasilkan 754 produk *cover knalpot* yang memiliki kenaikan nilai optimasi waktu siklus 30,5%.

SUMMARY

ANALYSIS OF INJECTION MOLDING PARAMETERS TO REDUCE SHRINKAGE AND CYCLE TIME ON THE COVER MUFFLER PRODUCT

Yogi Burhanuddin, 141910101042; 2019; 68 pages; Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Jember University.

The progress of the current era of the need for plastic in Indonesia is very widely used. It was proven by the increasing 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. Plastics themselves are preferred as material for the manufacture of goods for human needs rather than other materials because plastic is found to be easier to obtain, easy to form, corrosion resistant and durable, and has a price that is easily accessible. The cause of the plastic industry in Indonesia must increase plastic production both in quality and quantity, so as to be able to compete with other industries and not suffer losses in their production. One method used in the process of making plastic products in the plastic packaging industry is injection molding.

Problems that are often encountered in the industrial world are incompatibility between the planned form and the results of production. The case study was carried out, namely the machine injection molding on the exhaust cover product carried out at PT Dynaplast Tbk. In producing workpieces this machine still produces several products that are not in accordance with company standards including in terms of product defects namely shrinking the bolt hole cover exhaust and production cycle time.

Injection molding is a cyclic process to produce a similar product from a mold, and this process is most widely used in making products with plastic material (polymer). The advantage of using this process is the capacity and repeatability of the product that has a complicated form at a high production ratio. Injection molding is an important polymer processing machine in the plastic industry, in the

process the polymer is injected into the print cavity and formed into a shape from the mold.

The method Taguchi 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 method Taguchi seeks to achieve these goals by making products or processes insensitive to various factors such as materials, manufacturing equipment, human labor, and operational conditions. Methods Taguchi to make products or processes are sturdy(robust)against disturbance factors (noise),there fore this method is also known as 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 in the form of results shrinkage and cycle time that occur then calculated the average then calculated the value of s / n ratio and then carried out a significance analysis of the effect of parameters using ANOVA. Then the calculation is done for optimization using the method Taguchi. The results of the calculation and analysis obtained will then be compared with the production protocol used and production results in the company.

From the results of calculations and data analysis carried out in the production process of products cover exhaust, the new combination of parameters was obtained as follows: Combination of parameters injection velocity of 50 mm/s, holding pressure of 300 kgf/cm², back pressure of 20 kgf/cm², and a melt temperature of 265°C. From this setting the value shrinkage smallestis 0.08%, with cycle time a faster of 38.21 seconds so that in one work shift (8 hours) can produce 754 products cover exhaust that has an increase in the optimization value of the cycle time of 30.5%.

PRAKATA

Alkhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian sekaligus penyusunan skripsi yang berjudul ”Analisis Parameter *Injection Molding* Untuk Mereduksi *Shrinkage* Dan *Cycle Time* Pada Produk *Cover Knalpot*”. 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 Juwari dan ibunda Sulik serta adikku Davit Firmansyah 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 Robertus Sidartawan, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
4. Bapak Ir. Ahmad Syuhri, M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota, dan Bapak Hary Sutjahjono, S.T., M.T. yang telah meluangkan waktu, fikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan arahan demi terselesaikannya skripsi ini;
5. Bapak Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T. selaku dosen penguji 1 dan Bapak Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T. 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 Atmazeal Achmad Firdaus, S.T. dan Nugroho Wahyu Waskito, S.T. 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, kos apart dan teman-teman KKN 13 yang telah memberikan bantuan, semangat dan motivasi untuk terus berjuang menyelesaikan skripsi;
10. Dulur-dulur IKMJJ (Ikatan Keluarga Mahasiswa Jombang di Jember) yang tak lelah menemaniku serta memberikan dukungan.
11. Kepada Anik Masruroh, S.E. yang tak pernah berhenti untuk memberikan semangat, masukan positif dan bantuan sehingga penulis dapat bertahan menghadapi semua permasalahan sampai selesainya pengerjaan skripsi ini.

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, 10 Januari 2019

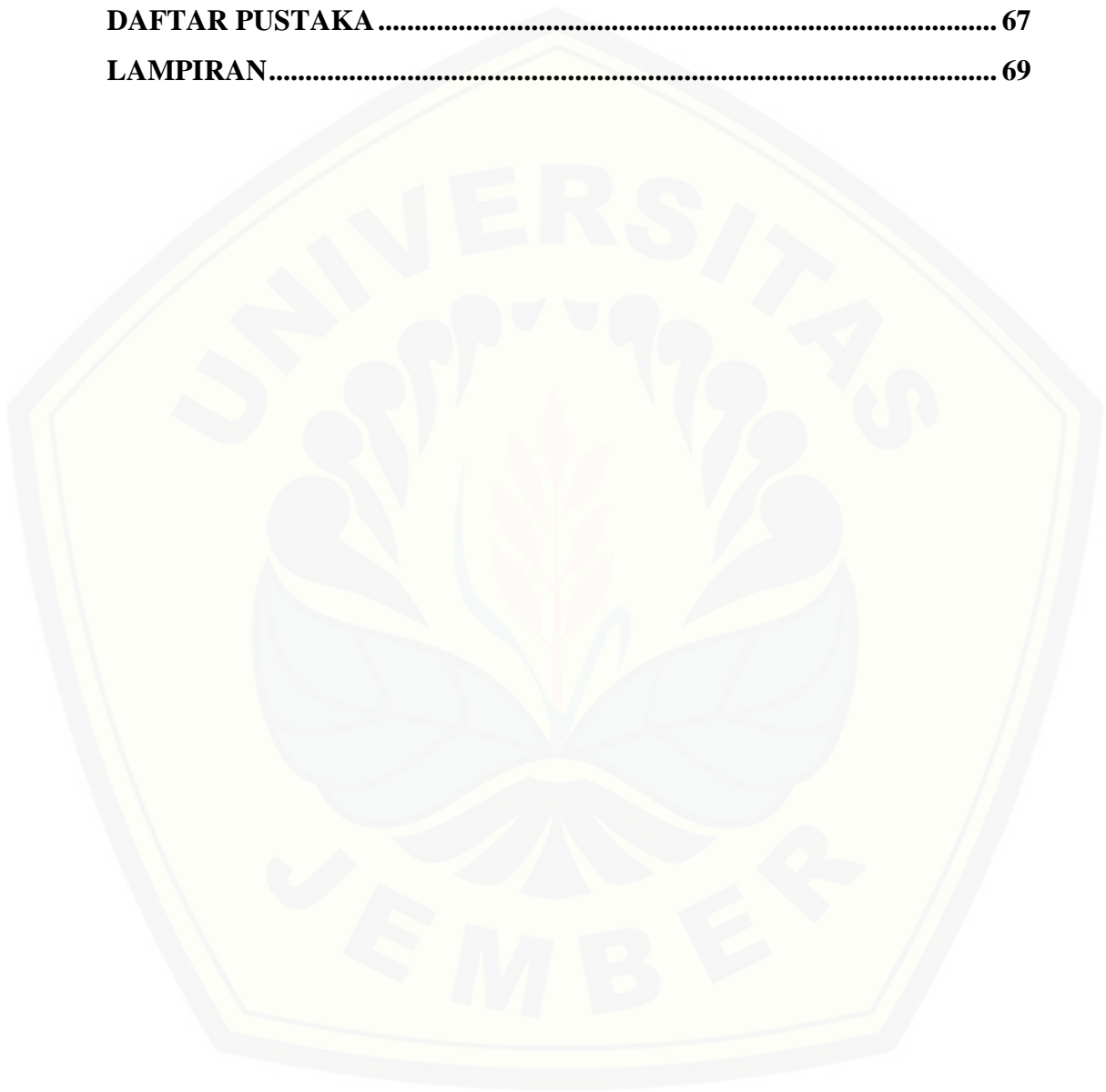
Penulis

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 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Plastik	5
2.2 <i>Cover Knalpot (Cover Muffler)</i>	7
2.3 <i>Injection Molding</i>	7
2.3.1 <i>Pengertian Injection Molding</i>	7
2.3.2 <i>Bagian-bagian Mesin Injection Molding</i>	8
2.4 <i>Mekanisme Kerja Mesin Injection Molding</i>	11
2.4.1 <i>Pengapitan (Clamping)</i>	11
2.4.2 <i>Suntikan (Injection)</i>	11

2.4.3 Penahanan (Holding)	11
2.4.4 Pendinginan (Cooling).....	12
2.4.5 Membuka Cetakan (Mold Open).....	12
2.4.6 Pengeluaran (Ejecting)	12
2.5 Parameter Mesin <i>Injection Molding</i>	12
2.6 Penyusutan (<i>Shrinkage</i>).....	14
2.7 Waktu Siklus (Cycle Time)	15
2.8 Metode Desain Eksperimen <i>Taguchi</i>	16
2.8.1 Tahapan Dalam Metode <i>Taguchi</i>	16
2.8.2 Matriks Orthogonal	23
2.9 Hipotesa	25
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Metode Penelitian	26
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	26
3.3 Alat dan Bahan	26
3.3.1 Alat	26
3.3.2 Bahan.....	27
3.4 Tahap Identifikasi Masalah.....	27
3.5 Tahap Pengambilan dan Pengolahan Data	30
3.6 Tahap Penarikan Kesimpulan	34
3.7 Diagram Alir Penelitian	34
BAB 4. PEMBAHASAN	38
4.1 Data Percobaan	38
4.1.1 Data Penyusutan (<i>Shrinkage</i>)	38
4.1.2 Data Waktu Siklus (<i>Cycle Time</i>)	38
4.2 Pengolahan dan Analisis Data	39
4.2.1 Penyusutan (<i>Shrinkage</i>).....	39
4.2.2 Waktu Siklus (<i>Cycle Time</i>).....	51
4.3 Interpretasi Hasil Perhitungan dan Perbandingan <i>Setting</i> Perusahaan dan Penelitian	63

BAB 5. PENUTUP.....	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA.....	67
LAMPIRAN.....	69



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Jenis Plastik dan Penggunaannya.....	6
Tabel 2.2 Anova Dua Arah	20
Tabel 2.3 <i>Orthogonal Array</i>	24
Tabel 3.1 Nilai Level yang Digunakan Perusahaan	29
Tabel 3.2 Nilai Level yang Digunakan Dalam Penelitian.....	29
Tabel 3.3 Rancangan Matriks <i>Orthogonal Array</i> L16(2^{15}).....	32
Tabel 3.4 Data Penyusutan (<i>Shrinkage</i>) Hasil Penelitian	32
Tabel 3.5 Data Waktu Siklus (<i>Cycle Time</i>) Produk Hasil Penelitian.....	33
Tabel 4.1 Data Penyusutan (<i>Shrinkage</i>) Hasil Pengujian	38
Tabel 4.2 Data Waktu Siklus (<i>Cycle Time</i>) Hasil Pengujian	39
Tabel 4.3 Data Hasil Perhitungan S/N Ratio dari Hasil <i>Shrinkage</i>	40
Tabel 4.4 Hasil Analisis Varian untuk <i>Shrinkage</i>	43
Tabel 4.5 Perhitungan Efek Faktor untuk S/N Ratio <i>Shrinkage</i>	46
Tabel 4.6 Data Hasil Perhitungan S/N Ratio dari Hasil <i>Cycle Time</i>	52
Tabel 4.7 Hasil Analisis Varian untuk <i>Cycle Time</i>	55
Tabel 4.8 Perhitungan Efek Faktor untuk S/N Ratio <i>Cycle Time</i>	58
Tabel 4.9 Interpretasi Hasil Perhitungan.....	63
Tabel 4.10 Perbandingan <i>Setting</i> Standar dan Penelitian Terhadap <i>Shrinkage</i>	63
Tabel 4.11 Perbandingan <i>Setting</i> Standar dan Penelitian Terhadap <i>Cycle Time</i>	64

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Nomer Kode Plastik	6
Gambar 2.2 <i>Cover</i> Knalpot (<i>Cover Muffler</i>).....	7
Gambar 2.3 Skema Mesin <i>Injection Molding</i>	8
Gambar 2.4 Corong (<i>Hopper</i>)	9
Gambar 2.5 Tungku Pemanas (<i>Barrel</i>)	9
Gambar 2.6 <i>Screw</i>	9
Gambar 2.7 Macam-macam <i>Clamping Unit</i>	10
Gambar 2.8 Waktu Siklus (<i>Cycle Time</i>)	15
Gambar 3.1 Mesin <i>Injection Molding</i>	26
Gambar 3.2 <i>Vernier Caliper</i>	26
Gambar 3.3 Material <i>Polypropilene</i>	31
Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian	36
Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Faktor Terhadap <i>Shrinkage</i>	47
Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Interaksi 2 faktor Terhadap <i>Shrinkage</i>	47
Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Faktor Terhadap <i>Cycle Time</i>	59
Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Interaksi 2 faktor Terhadap <i>Cycle Time</i>	59

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A.1 Data Penyusutan (<i>Shrinkage</i>)	69
Lampiran A.2 Data Waktu Siklus (<i>Cycle Time</i>)	69
Lampiran B.1 Data Analisa <i>Anova</i> Dan <i>Taguchi</i> Penyusutan (<i>Shrinkage</i>)	70
Lampiran B.2 Data Analisa <i>Anova</i> Dan <i>Taguchi</i> Waktu Siklus (<i>Cycle Time</i>)....	70
Lampiran C.1 Grafik Respon Parameter Untuk Penyusutan (<i>Shrinkage</i>).....	71
Lampiran C.2 Grafik Respon Parameter Untuk Waktu Siklus (<i>Cycle Time</i>)....	71
Lampiran D.1 Grafik Respon Interaksi Parameter Untuk Penyusutan (<i>Shrinkage</i>).....	72
Lampiran D.2 Grafik Respon Interaksi Parameter Untuk Waktu Siklus (<i>Cycle Time</i>).....	72
Lampiran E. Tabel Distribusi F Dengan $\alpha= 5\%$	73
Lampiran F.1 Gambar Material <i>Polypropylene</i> (PP)	74
Lampiran F.2 Gambar Mesin <i>Injection Molding</i> JSW 450AD type 1400H	74
Lampiran F.3 Gambar Pengambilan <i>Runner</i>	75
Lampiran F.4 Gambar Pengukuran <i>Shrinkage In</i>	75
Lampiran F.5 Gambar Pengukuran <i>Shrinkage Out</i>	76
Lampiran F.6 Gambar Pengukuran Menggunakan Standar Perusahaan (JIG) ...	76
Lampiran G. Surat Keterangan Penelitian	77

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berjalannya kemajuan zaman saat ini kebutuhan akan plastik di Indonesia sangatlah banyak digunakan. Dibuktikan dari meningkatnya permintaan kebutuhan plastik impor di Indonesia pada akhir tahun sebesar 1,8 juta ton dengan produksi dalam negeri mencapai 2,3 juta ton plastik (Bisnis.com, 2017). Penggunaan plastik saat ini telah banyak menggantikan bahan yang biasanya telah digunakan seperti kayu, rotan, bambu dan lain sebagainya. Contoh pada kehidupan dalam rumah tangga yang rata-rata pembuatannya dari bahan plastik diantaranya yaitu lemari, piring, sendok, meja, kursi dan masih banyak yang lainnya. Plastik sendiri lebih dipilih sebagai bahan pembuatan dari barang-barang kebutuhan manusia dari pada bahan lain karena plastik dirasa lebih mudah didapat, mudah dibentuk, tahan terhadap korosi dan awet, serta memiliki harga yang mudah dijangkau. Selain digunakan pada kebutuhan rumah tangga plastik juga banyak digunakan pada kemasan makanan dan minuman. 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. Proses pembentukan plastik saat ini yang sering kali digunakan pada industri plastik yaitu *injection molding*, *blow molding*, *blow film extrusion*, dan *vacuum forming*.

Injection molding merupakan proses pembentukan plastik dengan siklus tertutup yang melibatkan 4 faktor penting yang mempengaruhi kualitas produk seperti: setting parameter, pemilihan bahan plastik, desain produk dan desain cetakan. *Injection molding* digunakan untuk memproduksi bahan plastik yang lebih rumit dan bisa diproduksi secara masal. Adapun beberapa langkah yang terdapat pada proses *injection molding* yaitu, proses pertama diawali dengan langkah pengisian material yaitu berupa biji plastik dimasukkan kedalam *hopper*, kemudian biji plastik dipanaskan didalam pemanas (*barrel*) sampai meleleh, dan *screw* akan mendorong lelehan biji plastik menuju *nozzle*, biji plastik yang telah meleleh terdorong melewati *sprue*, *runner*, *gate* dan masuk kedalam jumlah *part* dalam

sekali injek (*cavity*) dan akan diberikan tekanan (*holding pressure*) agar terjaga tidak ada *shrinkage* saat produk mengalami proses pendinginan (*cooling*) (Abdurokhman, 2012)

Terdapat beberapa penelitian-penelitian sebelumnya mengenai optimasi parameter pada *injection molding*, antara lain: *Analisa Pengaruh Parameter Proses Injection Molding Terhadap Berat Produk Cap Lem Fox Menggunakan Metode Taguchi*, penelitian ini diambil 4 variabel bebas yang diantaranya temperatur leleh, *injection speed*, *holding time*, dan *cooling time* dengan alasan karena di dalam *injection* unit terdiri 4 fase yaitu, *injection filling phase*, *holding phase*, dan *plasticizing* (Purnomo dkk., 2014). Selanjutnya *Optimalisasi Parameter Proses Injeksi Pada ABS Recycle Material Untuk Memperoleh Shrinkage Longitudinal Dan Transversal Minimum*, pada proses ini *shrinkage* yang terjadi mengakibatkan menurunnya kualitas produk plastik yang dihasilkan (Maulana dkk., 2017). Jadi tujuan dari penelitian ini sebagai optimalisasi dalam meningkatkan kualitas produk dengan mengoptimalkan parameter-parameter yang berpengaruh terhadap *shrinkage*, yang menggunakan metode *design of experiments* (DOE) taguchi dalam mendapatkan data parameter yang optimal terhadap *shrinkage*.

Design Of Experiments (DOE) yaitu suatu perkakas yang telah digunakan untuk menemukan efek-efek yang belum diketahui melalui pendekatan sistematis untuk menginvestigasi proses atau sistem. DOE sendiri merupakan desain yang berisi informasi-informasi yang terkumpul berdasarkan sebuah variasi dan pengalaman, baik informasi tersebut berupa eksperimen ataupun tidak. DOE mempunyai beberapa komponen yang terdiri dari: Level, faktor dan *response*. *Response* merupakan output dari sebuah proses dalam sebuah percobaan yang bertujuan untuk menghindari keharusan optimasi proses dalam satu respon dengan mengorbankan respon yang lainnya. Dapat dilakukan upaya optimasi dengan memvariasikan parameter menggunakan metode *design experiment taguchi*. Analisa yang digunakan dalam metode ini menggunakan matriks *orthogonal* yaitu seperangkat matriks khusus yang ada di metode *taguchi*. Matriks ini merupakan langkah standart dalam menentukan jumlah eksperimen minimal dapat memberikan

informasi sebanyak mungkin dari semua faktor parameter yang dipengaruhi (Soejanto, 2009)

Berdasarkan studi kasus yang sudah dilaksanakan di PT Dynaplast Tbk dan studi literatur dari penelitian-penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya penulis mencoba mengangkat judul yang berkaitan dengan penerapan metode *Design Of Experiments taguchi* yang digunakan sebagai media analisa parameter *injection molding* untuk mereduksi *shrinkage*, sehingga pada penelitian kali dengan judul “Analisis Parameter *Injection Molding* Untuk Mereduksi *Shrinkage* dan *Cycle Time* pada produk *Cover Knalpot*”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat disajikan rumusan masalah sebagai berikut.

- a. Bagaimana menentukan kombinasi parameter *injection molding* (*injection velocity, holding pressure, back pressure, dan melt temperature*) yang ideal untuk mereduksi *shrinkage* pada produk *cover knalpot*?
- b. Bagaimana menentukan kombinasi parameter *injection molding* (*injection velocity, holding pressure, back pressure, dan melt temperature*) yang ideal untuk mereduksi *cycle time* pada produk *cover knalpot*?

1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini cukup luas sehingga dibutuhkan batasan masalah agar penelitian lebih terarah untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Tidak membahas proses perpindahan panas dan proses kimia material yang terjadi dalam proses *injection molding*.
- b. Tidak ada material tambahan atau campuran bahan baku pada proses *injection molding*.
- c. Pada saat pengambilan data, mesin dan alat ukur yang digunakan telah dikalibrasi.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Mengetahui kombinasi parameter *injection molding* (*injection velocity, holding pressure, back pressure, dan melt temperature*) yang ideal untuk mereduksi *shrinkage* pada pembuatan *cover knalpot*.
- b. Mengetahui kombinasi parameter *injection molding* (*injection velocity, holding pressure, back pressure, dan melt temperature*) yang ideal untuk mereduksi *cycle time* pada pembuatan *cover knalpot*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Menambah pengetahuan operator tentang pengoperasian *setting* parameter *injection molding* pada produk *cover knalpot*.
- b. Menghasilkan produk yang berkualitas.
- c. Meningkatkan kuantitas produksi *cover knalpot*.
- d. Dapat digunakan sebagai referensi penelitian dimasa mendatang.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plastik

Plastik merupakan bagian dari kebutuhan sehari-hari manusia. Kemasan plastik banyak digunakan menggantikan penggunaan kaleng dan gelas, di mana telah mendominasi industri makanan dan menempati angka 80%. Jumlah plastik kemasan luwes yang digunakan untuk mengemas makanan mencapai 53%, sedangkan kemasan kaku banyak digunakan untuk kemasan minuman (Nasution, 2015). Plastik merupakan bahan organik yang apabila terpapar panas dan tekanan dapat dibuat ke berbagai bentuk. Bentuk plastik yaitu batangan, lembaran dan blok serta ada bentuk produk dapat berupa botol, pembungkus makanan, pipa, peralatan makan dan sebagainya (Purwaningrum, 2016).

Unsur penyusun utama plastik adalah karbon dan hidrogen. Plastik dibentuk dengan proses polimerisasi. Polimerisasi adalah penggabungan beberapa molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer) (Suroño dkk., 2016). Polimer tersusun dari monomer-monomer yang terikat oleh rantai kimia. Selain polimer, tambahan komposisi material plastik adalah zat adiktif (Purwaningrum, 2016).

Plastik dikelompokkan menjadi dua yaitu plastik *thermoplastic* dan *thermosetting*. Plastik *thermoplastic* jika dipanaskan hingga temperatur tertentu akan mencair dan akhirnya dapat dibentuk menjadi bentuk yang diinginkan. Yang termasuk *thermoplastic* adalah: PE, PP, PS, ABS, SAN, nylon, PE, BPT, PC, *Polyacemol* (POM) dll. Sedangkan *thermosetting* adalah plastik dalam bentuk padat yang bila dipanaskan tidak dapat dicairkan kembali (Suroño dkk., 2016). Yang termasuk *thermosetting* antara lain: *Poly Urethene* (PU), *polyester*, *epoksi*, *Melamine Formaldehyde* (MF), *Urea Formaldehyde* (UF) dll. Plastik mempunyai sifat berupa densitas yang rendah, kemampuan isolasi listrik yang baik memiliki kekuatan mekanik yang bervariasi tergantung jenis plastik, ketahanan suhu yang terbatas, tahan terhadap bahan kimia (Purwaningrum, 2016). Jenis plastik, kode dan penggunaannya disajikan pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Jenis plastik dan penggunaannya (Surono dkk., 2016)

Jenis Plastik	Penggunaan
PET (<i>Polyethylene terephthalate</i>)	botol kemasan air mineral, botol minyak goreng, jus, botol sambal, botol obat, dan botol kosmetik
HDPE (<i>High-density Polyethylene</i>)	botol obat, botol susu cair, jerigen pelumas, dan botol kosmetik
PVC (<i>Polyvinyl Chloride</i>)	pipa selang air, pipa bangunan, mainan, taplak meja dari plastik, botol shampoo, dan botol sambal.
LDPE (<i>Low-density Polyethylene</i>)	kantong kresek, tutup plastik, plastik pembungkus daging beku, dan berbagai macam plastik tipis lainnya.
PP (<i>Polypropylene /Polypropene</i>)	cup plastik, tutup botol dari plastik, mainan anak, dan margarine
PS (<i>Polystyrene</i>)	kotak CD, sendok dan garpu plastik, gelas plastik, atau tempat makanan dari styrofoam, dan tempat makan plastik transparan
<i>Other</i> (O), jenis plastik lainnya selain dari no.1 hingga 6	botol susu bayi, plastik kemasan, gallon air minum, suku cadang mobil, alat-alat rumah tangga, komputer, alat-alat elektronik, sikat gigi, dan mainan lego



Gambar 2.1 Nomor kode plastik (Surono dkk., 2016)

2.2 Cover Knalpot (Cover Muffler)



Gambar 2.2 Pelindung Knalpot (Cover Muffler)

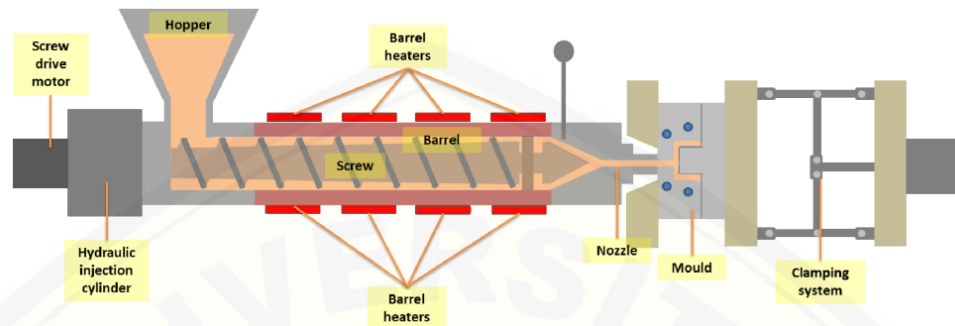
Cover knalpot adalah alat yang digunakan untuk melindungi atau mengurangi seseorang dari panas yang ditimbulkan oleh knalpot saat mengendarai motor selain itu juga tampilan pada motor terlihat lebih bagus. Material yang digunakan pada *cover muffler* yaitu material plastik jenis *polypropylene* (PP), alasan digunakan ini yaitu *polypropylene* mampu menahan panas, mudah dibentuk, dapat didaur ulang dan mempunyai kekuatan yang tinggi.

2.3 Injection Molding

2.3.1 Pengertian Injection Molding

Injection molding merupakan pembentukan material *thermoplast* dari biji plastik (*Pellet*) di mana material dipanaskan untuk dicairkan dan kemudian diinjeksikan oleh *plunger* ke dalam *mold* yang telah dialiri media pendingin dan akan mengeras membentuk benda yang diinginkan sesuai bentuk *mold*. Proses *injection molding* adalah pembentukan benda kerja dari material *compound* yang berbentuk butiran dalam suatu torong (*hopper*) dan masuk kedalam silinder *injection* selanjutnya didorong oleh screw yang berputar kemudian diinjeksikan dengan *nozzle* menuju *sprue* melalui rongga (*cavity*) kemudian masuk ke dalam *mold* yang sudah tertutup. Setelah beberapa saat pendinginan, *mold* akan membuka benda kerja yang akan dikeluarkan dari dalam *mold* menggunakan *ejector*. Material pada penggunaan *injection molding* yang sesuai yaitu material *thermoplast* karena pemanasan dari material ini cukup mudah lunak dan mengeras bila didinginkan kembali.

Perubahan yang terjadi hanya bersifat fisik, jadi bukan perubahan kimiawi yang akan memungkinkan untuk mendaur ulang material sesuai dengan kebutuhan (Jamaludin, dalam Putra, 2017).



Gambar 2.3 Skema Mesin *Injection Molding* (Ebook PT. Dynaplast)

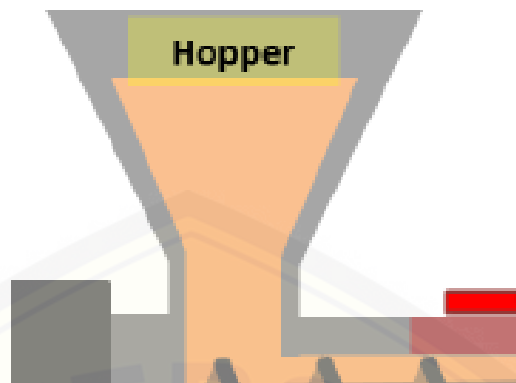
Injection molding adalah proses pembentukan secara bersiklus untuk menghasilkan produk seperti cetakan yang diinginkan, dan dalam pembuatannya proses ini paling banyak menggunakan material plastik (*polymer*). Pada proses pembentukan material plastik ini memiliki keuntungan dalam pembuatannya yaitu kapasitas dan keberulangan pembuatan produk yang mempunyai bentuk rumit pada rasio produksi tinggi. *Injection molding* merupakan sebuah mesin dalam memproduksi material *polymer* yang sangat penting dalam industri plastik.

2.3.2 Bagian-Bagian Mesin *Injection Molding*

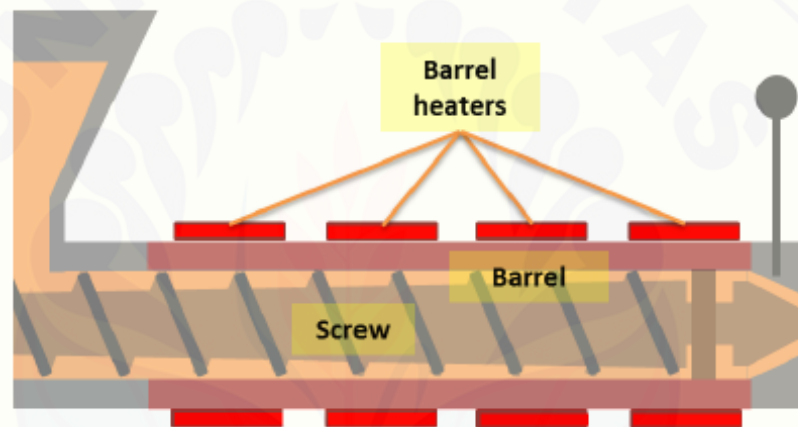
Secara umum mesin *injection molding* dibagi menjadi 3 bagian utama yaitu *injection unit*, *molding unit* dan *clamping unit*.

a. *Injection Unit*

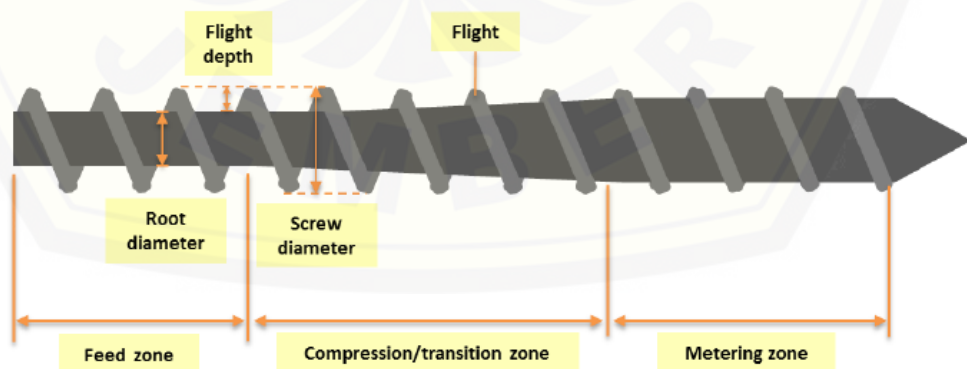
Adalah tempat pengolahan plastik dimulai dari awal masuknya biji plastik (*pellet*) melalui corong (*hopper*) menuju tungku pemanas (*barrel*), di dalam *barrel* material akan dipanaskan menggunakan *heater* dengan temperatur sesuai dengan *melting point* dari material plastik yang digunakan. Selain dilelehkan plastik akan mengalami proses pencampuran dan pengadukan (*mixing*), proses ini dibantu dengan *screw* yang ada didalam *barrel*. Selain itu *screw* juga memiliki fungsi utama yaitu sebagai media tekan (*inject*) untuk memudahkan material masuk kedalam *nozzle* sebelum penginjeksian dilakukan.



Gambar 2.4 Corong (*Hopper*) (*Ebook PT. Dynaplast*)



Gambar 2.5 Tungku Pemanas (*Barrel*) (*Ebook PT. Dynaplast*)



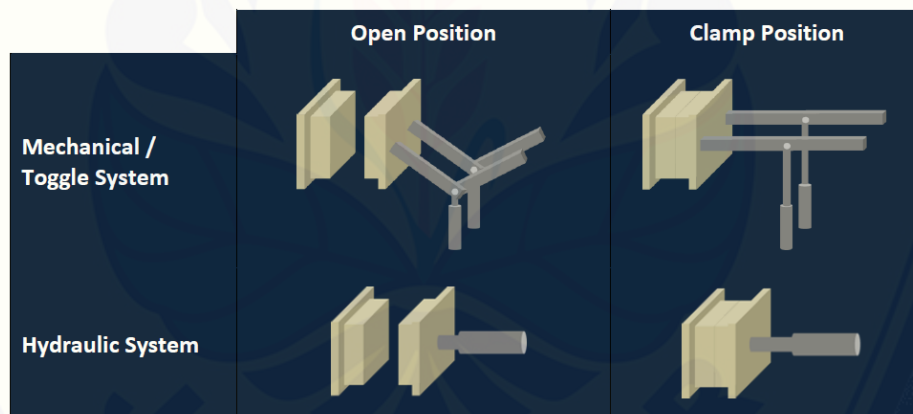
Gambar 2.6 *Screw* (*Ebook PT. Dynaplast*)

b. *Molding Unit*

Molding unit pada dasarnya adalah bagian dari *injection unit*. *Molding unit* merupakan bagian yang mengatur proses pembentukan setelah selesai dilakukan proses *injection* yang menuju kedalam cetakan (*mold*). *Molding unit* terdiri dari beberapa serangkaian peralatan yang dibutuhkan yaitu *stationary slide*, *mold*, *cooling system*, *moving slide*, dan *ejector system*.

c. *Clamping Unit*

Clamping unit digunakan sebagai pengatur gerakan *ejector* saat mengeluarkan benda yang sudah jadi dari *molding unit*. Selain itu *clamping unit* merupakan bagian yang digunakan sebagai pengatur pelumasan *hydraulic clamp*, pengoperasian pintu penutup area *block clamping* agar mesin dapat beroperasi dengan aman, dan sebagai tempat pemasangan *mold* bagian *core* yang disebut *moving plate*. Pada umumnya terdapat 2 macam *clamping unit* yang telah di pakai yaitu:



Gambar 2.7 Macam-macam *Clamping Unit* (Ebook PT. Dynaplast)

- 1) *Mechanism Hydraulic Clamp* merupakan mekanisme gerakan mesin dengan menggunakan *electric* motor dan pompa *hydraulic* sebagai mekanisme penggerak utamanya, contohnya ; Mesin *Japan Steel Works (JSW)*, *Mitsubishi*, *Arburg*, dll.
- 2) *Mechanism Toggle Clamp*, yaitu mekanisme gerakan mesin membuka dan menutup mold dengan menggunakan mekanisme seperti gerakan pada engsel manusia, contohnya ; Mesin *Hyundai*, *Niigata*, dll.

2.4 Mekanisme Kerja Mesin *Injection Molding*

Proses pembentukan material plastik pada mesin *injection molding* memiliki beberapa langkah dalam pengerjaannya antara lain yaitu (Bambang, 2011):

2.4.1 Pengapitan (*Clamping*)

Clamping berfungsi sebagai pemegang dua belah cetakan (*mold*) secara Bersama. Pada proses *injection molding clamping* berfungsi sebagai mekanisme menutup dan membukanya cetakan.

2.4.2 Suntikan (*Injection*)

Proses *injection* dilakukan setelah dimasukkannya material awal atau bentuk butiran (*pellet*) ke dalam saluran tuang (*hopper*) yang terletak pada bagian atas mesin *injection*. Efek gravitasi mempengaruhi jatuhnya butiran material kedalam *barrel* yang kemudian akan dilakukan proses pencairan. Di dalam *barrel* terdapat *screw* yang digunakan sebagai alat untuk mengaduk dan mencampur material serta membawanya ke ujung *barrel*. Ketika material yang ada pada ujung *barrel* sudah terpenuhi untuk dilakukan proses pencetakan, maka proses *injection* dapat dilakukan. Plastik yang sudah cair mulai ditekan ke dalam cetakan melalui saluran *nozzle* menuju rongga cetak (*cavity*) yang terdapat pada *molding unit* untuk kemudian dicetak dengan bentuk yang telah ditetapkan sebelumnya. Besarnya tekanan dan kecepatan pengisian diatur oleh *screw*, namun demikian pada beberapa mesin *injection molding* tertentu menggunakan pendorong lain sebagai pengganti *screw*.

2.4.3 Penahanan (*Holding*)

Penahanan dilakukan ketika plastik cair sudah memasuki rongga cetak atau pada area *velocity pressure transfer* (VPT). Plastik cair yang sudah masuk kedalam cetakan kemudian diberikan tekan (*pressure*) dengan besar tekanan tertentu dan dipertahankan beberapa saat dengan tujuan untuk memastikan bahwa material plastik sudah mencapai 100% sehingga akan masuk kedalam rongga cetakan secara merata. Proses penahanan yang dilakukan dengan tekanan ini disebut sebagai *holding pressure*.

2.4.4 Pendinginan (*Cooling*)

Plastik yang sudah diinjeksikan ke dalam *mold* akan didinginkan untuk mendapatkan bentuk padatnya. Dalam cetakan (*mold*) terdapat lubang saluran pendingin (*collant*) yang biasanya menggunakan air. Cairan pendingin ini digunakan sebagai media tranfer panas pada cetakan sehingga suhu yang ada pada cetakan akan menurunkan panas pada material yang berada di dalam cetakan sehingga material plastik akan lebih cepat mengeras membentuk benda yang diinginkan.

2.4.5 Membuka Cetakan (*Mold Open*)

Selesai proses pendinginan material yang sudah padat akan dikeluarkan, dengan menggerakkan *clamping unit* untuk memisahkan kedua belah cetakan. Kemudian dilakukan proses pelepasan (*ejecting*) benda kerja dari dalam *mold*.

2.4.6 Pengeluaran (*Ejecting*)

Langkah terakhir yaitu pengeluaran benda kerja yang sudah jadi dari *mold* agar proses penginjeksian berikutnya dapat dilakukan. Pada langkah *ejection* biasanya, desain-desain molding tertentu digunakan untuk memotong *runner* dan *sprue* dari material plastik.

Dengan demikian maka benda hasil dari proses *molding* tidak perlu dilakukan pekerjaan lanjutan pemotongan *runner* dan *sprue*. Pada setiap *mold design* memiliki perbedaan terkadang *runner* dan *sprue* tidak otomatis terpotong secara langsung pada saat *ejection*. Langkah-langkah yang sudah dilakukan dan menghasilkan produk hasil *molding*, maka dilanjutkan dengan proses berikutnya dengan langkah yang sama secara berulang-ulang hingga mencapai jumlah produk yang diinginkan.

2.5 Parameter Mesin *Injection Molding*

Mesin *injection molding* juga mempunyai parameter yang dapat di ubah-ubah nilainya sesuai dengan kebutuhan benda cetak untuk mencapai hasil yang optimal. Parameter yang digunakan tentu sangat berperan penting dalam proses *injection molding* maka perlu dilakukan beberapa kali percobaan hingga ditemukan parameter-parameter yang akan digunakan seterusnya untuk mencapai produk akhir

yang dibutuhkan. Parameter-parameter pada mesin *injection molding* antara lain (Abdurokhman, 2012):

a. Tekanan Injeksi (*Injection Pressure*)

Tekanan injeksi adalah tekanan yang diberikan untuk menginjeksikan lelehan plastik kedalam cetakan (*mold*), yang awalnya biji plastik dilelehkan dalam *barrel* menuju *nozzle*, kemudian *sprue*, *runner*, *gate*, dan rongga cetakan (*cavity*).

b. Tekanan tahan (*Holding Pressure*)

Tekanan tahan diberikan pada saat akhir langkah proses injeksi dan digunakan untuk akhir 5% pengisian dari bentuk cetak. Tekanan ini dinamakan tekanan tahan karena berfungsi untuk menahan tekanan pada saat proses pendinginan plastik agar memenuhi bentuk profil *cavity* pada *mold* sampai plastik membeku. Hal ini membantu agar pengisian pada bagian yang sulit dijangkau atau menyempit, pencetakan dengan tekanan yang merata, dan mengendalikan penyusutan (*shrinkage*) pada produk. Tekanan tahan biasanya sebesar 50% dari tekanan *Injection*. Sehingga jika dibutuhkan tekanan injeksi sebesar 10.000 psi (703,1 kg/cm²), tekanan tahan seharusnya memiliki nilai sebesar 5000 psi atau 351,5 kg/cm²).

c. Waktu Tahan (*Holding Time*)

Adalah waktu yang diukur pada saat awal pelelehan plastik yang masih terdapat pada barrel yang benar benar sudah mencair keseluruhan. Sifat rambatan panas pada plastik untuk mencair sangat membutuhkan waktu beberapa saat oleh karena itu waktu tahan yang diperlukan harus memerhatikan material plastik yang digunakan, dikhawatirkan pada material plastik belum mencair sepenuhnya akan mempersulit *nozzle* untuk menginjeksikan lelehan material kedalam *mold*, namun jika waktu tahan semakin lama akan mengakibatkan material plastik terbakar pada *barrel*.

d. Kecepatan Injeksi (*Injection Velocity*)

Injection Velocity adalah kecepatan lajunya material lelehan plastik yang keluar dari *nozzle* untuk mengisi rongga cetak (*cavity*). Kecepatan ini terkadang hanya dapat diukur oleh mesin-mesin tertentu, tetapi untuk mesin-mesin injeksi sederhana tidak dilengkapi dengan pengukur kecepatan ini.

e. *Nozzle Temperature*

Adalah batas temperatur di mana bahan plastik mulai meleleh kalau diberikan energi panas yang terdapat pada zona temperatur pemanas pada *barrel* dan *nozzle* yang sudah disesuaikan menurut spesifikasi material yang ditentukan oleh perusahaan industri pengolahan bahan plastik. Pada umumnya, *nozzle temperature* material plastik yang terjadi saat *injection* lebih rendah 10°C-20°C dari *nozzle temperature* pada *nozzle* mesin *injection*.

f. Temperatur Cetakan (*Mold Temperature*)

Yaitu temperatur awal sebelum dituangi lelehan bahan plastik. Pengaturan temperatur ini melalui cairan yang dialirkan ke dalam cetakan. Temperatur permukaan *mold* dengan temperatur cairan akan terdapat perbedaan maka agar hasil produk lebih baik seharusnya kedua temperatur tersebut perlu untuk dikontrol.

g. *Eject Time*

Adalah waktu yang digunakan untuk mengeluarkan bahan plastik dalam *mold* yang sudah membeku, jumlah *ejector* dan besarnya tekanan yang diberikan dapat mempengaruhi *eject time* oleh karena itu harus benar-benar memperhatikan kontrol yang diberikan agar tidak menabrak dengan dinding cetakan ketika *mold* terbuka.

h. Tekanan Balik (*Back Pressure*)

Merupakan tekanan yang terjadi dan sengaja dibuat (*adjust*) untuk menahan mundurnya *screw* pada saat proses *charging* berlangsung. *Back pressure* ini diaktifkan pada mode operasi *Semi-Auto* atau *Full-Auto*. Bila diaktifkan pada saat manual *charging*, maka yang terjadi adalah *drolling*, yaitu keluarnya material plastik cair dari lubang *nozzle* tanpa mundurnya *screw* tetapi akan memakan waktu lama untuk mencapai *shot size*.

2.6 Penyusutan (*Shrinkage*)

Shrinkage merupakan salah satu cacat yang sering kali didapatkan pada saat melakukan proses pembentukan material plastik. *Shrinkage* akan timbul apabila terjadi perubahan densitas dari temperatur proses ke temperatur ruangan, cacat *shrinkage* tidak dapat dihilangkan namun dapat direduksi atau diminimalisir

prosentase penyusutannya dalam sebuah produk. Material plastik dari bahan semi kristal akan lebih besar nilai *shrinkagenya* dibandingkan dengan bahan *amorphous*.

Penyusutan yang terjadi pada proses *injection molding* yang terjadi terbagi menjadi dua macam yaitu *molding shrinkage* adalah perbedaan ukuran antara produk yang dihasilkan dengan produk ukuran cetakan, dan *post shrinkage* adalah penyusutan ukuran produk setelah dibentuk, dalam kurun waktu penyimpanan, atau kurun waktu pemakaian (Oktaviandi, 2013)

Nilai *shrinkage* biasanya ditunjukkan dalam satuan % rumus yang dapat digunakan untuk mengetahui nilai *shrinkage* adalah:

$$S = \frac{Lm - Lp}{Lm} \times 100\%$$

S : Nilai *Shrinkage*

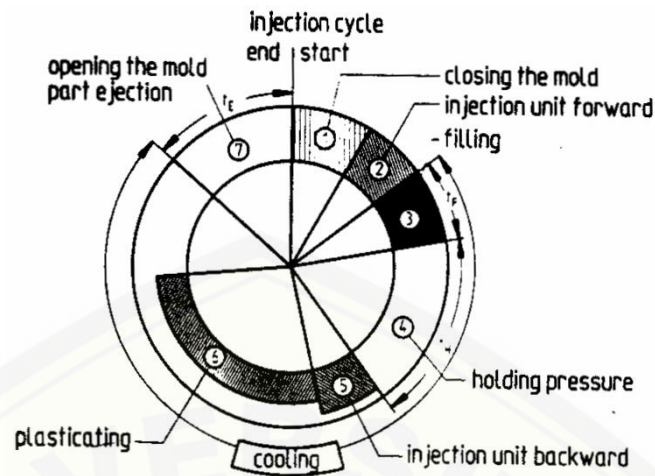
Lm : Panjang Ukuran Cetakan (mm)

Lp : Panjang Ukuran Produk (mm)

Pada saat proses proses pembentukan plastik dengan mesin *injection molding* harus dapat memperhatikan parameter-parameter yang digunakan (Oktaviandi, 2013).

2.7 Waktu Siklus (*Cycle Time*)

Waktu siklus adalah waktu yang dibutuhkan untuk memperoleh suatu proses untuk menghasilkan satu produk. Satu waktu siklus pada *injection molding*, diawali dengan *core in* maju – *mold close* – bagian *injection unit* maju – *fill only* – *holding pressure* – *cooling time* paralel dengan *plastizing* – *decompressor* – *injection unit* mundur – *mold open* – dan terakhir *ejection*.



Gambar 2.8 Waktu siklus (*Cycle Time*) *injection molding* (Marwanto, dalam Putra, 2017)

Siklus pada *injection molding* diawali dengan gerakan *screw* membawa material yang meleleh di dalam barrel menuju *nozzle* untuk diinjeksikan ke dalam cetakan (*mold*). Volume material yang di pindahkan menuju cetakan disebut dengan *shot size*. Kemudian masuk ke dalam satu siklus mesin.

2.8 Metode Desain Eksperiment *Taguchi*

Desain Eksperimen *taguchi* adalah metodologi teknik untuk merekayasa atau memperbaiki produktivitas selama tahap pengembangan supaya produk menghasilkan kualitas yang tinggi dapat dihasilkan secara cepat dan dengan biaya yang rendah. Metode tersebut berprinsip pada perbaikan mutu dengan memperkecil akibat dari variasi tanpa menghilangkan penyebabnya. Metode ini dalam pembuatan produk dan prosesnya bersifat kokoh (*robust*) terhadap faktor gangguan (*noise*), oleh karena itu metode ini disebut juga sebagai perancangan kokoh (Soejanto, 2009).

2.8.1 Tahapan Dalam Metode *Taguchi*

Metode analisa *taguchi* yang merupakan implementasi atas konsep desain kokoh (*robust design*), secara pokok terdiri dari beberapa tahap, yaitu:

a. Tahapan desain eksperimen

Tahapan ini adalah awal dari pelaksanaan penelitian di mana tahapan ini merupakan tahapan penting yang akan berpengaruh terhadap hasil eksperimen yang akan dilakukan. Ada beberapa hal yang harus dilakukan dalam membuat desain eksperimen yaitu (Soejanto, 2009):

- 1) Rumusan 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. Melaksanakan percobaan dan pengumpulan data

Pelaksanaan eksperimen *taguchi* adalah melakukan pengerjaan berdasarkan faktor yang sudah ditentukan dan dapat dilakukan proses percobaan untuk mengumpulkan data respon pada matriks *Orthogonal Array* sesuai banyaknya jumlah baris yang telah dipilih. Data respon yang telah diperoleh kemudian diubah menjadi *S/N ratios (Signal to Noise Ratio)*.

S/N Ratio merupakan nilai yang didapatkan dari hasil perhitungan dan pengolahan data yang telah didapatkan dari pelaksanaan percobaan. *S/N Ratio* digunakan untuk memilih faktor-faktor yang memiliki pengaruh besar untuk pengurangan variasi pada suatu respon. *S/N Ratio* adalah rancangan matriks pengulangan data ke dalam suatu nilai yang merupakan ukuran dari variasi yang timbul. Pada penggunaan *S/N Ratio* sendiri dimaksudkan untuk mengetahui level dari faktor mana yang sangat berpengaruh terhadap hasil eksperimen (Soejanto, 2009).

Optimasi permasalahan statistik yang dapat digunakan ada 3 jenis *S/N Ratio* yaitu :

1) *Smaller the Better*

Optimasi ini biasanya dipakai untuk mengoptimasi suatu cacat pada produk, yang mana harga idealnya kalau bisa sama dengan nol. Dapat juga digunakan pada

c. Analisis hasil percobaan

Setelah pengambilan dan pengolahan data percobaan, selanjutnya dilakukan analisis untuk menentukan pengaruh yang relative dari macam-macam parameter kendali yang digunakan. Analisis pada metode *taguchi* dibagai menjadi dua, adalah sebagai berikut:

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

Analisis rata-rata (ANOM), digunakan untuk mencari kombinasi dari parameter kendali yang digunakan sehingga diperoleh hasil yang optimal sesuai dengan keinginan. Caranya adalah dengan membandingkan nilai rata-rata S/N ratio setiap level dengan masing-masing parameter kendali menggunakan grafik. Dari perbandingan tersebut dapat diketahui parameter kendali yang digunakan apakah dapat digunakan atau tidak.

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

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

Rumus jumlah kuadrat yang akan ditentukan dalam analisis varian antara lain:

a) SS_T (Jumlah kuadrat total)

$$SS_T = \sum y^2 \dots\dots\dots (2.6)$$

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

$$SS_m = n \bar{y}^2 \dots\dots\dots (2.7)$$

c) SS_A (Jumlah kuadrat faktor A)

$$SS_A = \frac{[\text{Total A1}]^2}{n_1} + \frac{[\text{Total A2}]^2}{n_2} - \frac{[\text{Total A}]^2}{n_1+n_2} \dots\dots\dots (2.8)$$

d) SS_B (Jumlah kuadrat faktor B)

$$SS_B = \frac{[\text{Total B1}]^2}{n_1} + \frac{[\text{Total B2}]^2}{n_2} - \frac{[\text{Total B}]^2}{n_1+n_2} \dots\dots\dots (2.9)$$

e) SS_{AxB} (Jumlah kuadrat interaksi AxB)

$$SS_{AxB} = \frac{[\text{Total AxB1}]^2}{n_1} + \frac{[\text{Total AxB2}]^2}{n_2} - \frac{[\text{Total B}]^2}{n_1+n_2} \dots\dots\dots (2.10)$$

f) SS_C (Jumlah kuadrat faktor C)

$$SS_C = \frac{[\text{Total } C_1]^2}{n_1} + \frac{[\text{Total } C_2]^2}{n_2} - \frac{[\text{Total } C]^2}{n_1+n_2} \dots\dots\dots(2.11)$$

g) $SS_{A \times C}$ (Jumlah kuadrat interaksi AxC)

$$SS_{A \times C} = \frac{[\text{Total } A \times C_1]^2}{n_1} + \frac{[\text{Total } A \times C_2]^2}{n_2} - \frac{[\text{Total } C]^2}{n_1+n_2} \dots\dots\dots(2.12)$$

h) $SS_{B \times C}$ (Jumlah kuadrat interaksi BxC)

$$SS_{B \times C} = \frac{[\text{Total } B \times C_1]^2}{n_1} + \frac{[\text{Total } B \times C_2]^2}{n_2} - \frac{[\text{Total } C]^2}{n_1+n_2} \dots\dots\dots(2.13)$$

i) SS_D (Jumlah kuadrat faktor D)

$$SS_D = \frac{[\text{Total } D_1]^2}{n_1} + \frac{[\text{Total } D_2]^2}{n_2} - \frac{[\text{Total } D]^2}{n_1+n_2} \dots\dots\dots(2.14)$$

j) $SS_{A \times D}$ (Jumlah kuadrat interaksi AxD)

$$SS_{A \times D} = \frac{[\text{Total } A \times D_1]^2}{n_1} + \frac{[\text{Total } A \times D_2]^2}{n_2} - \frac{[\text{Total } D]^2}{n_1+n_2} \dots\dots\dots(2.15)$$

k) $SS_{B \times D}$ (Jumlah kuadrat interaksi BxD)

$$SS_{B \times D} = \frac{[\text{Total } B \times D_1]^2}{n_1} + \frac{[\text{Total } B \times D_2]^2}{n_2} - \frac{[\text{Total } D]^2}{n_1+n_2} \dots\dots\dots(2.16)$$

l) $SS_{C \times D}$ (Jumlah kuadrat interaksi CxD)

$$SS_{C \times D} = \frac{[\text{Total } C \times D_1]^2}{n_1} + \frac{[\text{Total } C \times D_2]^2}{n_2} - \frac{[\text{Total } D]^2}{n_1+n_2} \dots\dots\dots(2.17)$$

m) SS_e (Jumlah kuadrat error)

$$SS_T = SS_m + SS_A + SS_B + SS_{A \times B} + SS_C + SS_{A \times C} + SS_{B \times C} + SS_D + SS_{A \times D} + SS_{B \times D} + SS_{C \times D} + SS_e \dots\dots\dots(2.18)$$

$$SS_e = SS_T - SS_m - SS_A - SS_B - SS_{A \times B} - SS_C - SS_{A \times C} - SS_{B \times C} - SS_D - SS_{A \times D} - SS_{B \times D} - SS_{C \times D} \dots\dots\dots(2.19)$$

Tabel ANOVA dua arah yang disajikan ke dalam bentuk tabel di dalamnya terdapat SS merupakan jumlah kuadrat, V merupakan derajat bebas, Ms merupakan rata-rata dari jumlah kuadrat, nilai F ratio, serta nilai dari kondisi dari kontribusi pada masing-masing faktor maupun interaksi antar faktor. Hasil dari perhitungan yang disajikan dalam bentuk tabel seperti yang ada pada tabel 2.2 berikut:

Table 2.2 Tabel ANOVA dua arah

Sumber Variasi	S	V	MS	F Hitung	Kontribusi
Faktor A	SS_A	V_A	MS_A	MS_A/MS_e	SS'_A/SS_T
Faktor B	SS_B	V_B	MS_B	MS_B/MS_e	SS'_B/SS_T
Faktor $A \times B$	$SS_{A \times B}$	$V_{A \times B}$	$MS_{A \times B}$	$MS_{A \times B}/MS_e$	$SS'_{A \times B}/SS_T$
Faktor C	SS_C	V_C	MS_C	MS_C/MS_e	SS'_C/SS_T
Faktor $A \times C$	$SS_{A \times C}$	$V_{A \times C}$	$MS_{A \times C}$	$MS_{A \times C}/MS_e$	$SS'_{A \times C}/SS_T$
Faktor $B \times C$	$SS_{B \times C}$	$V_{B \times C}$	$MS_{B \times C}$	$MS_{B \times C}/MS_e$	$SS'_{B \times C}/SS_T$
Faktor D	SS_D	V_D	MS_D	MS_D/MS_e	SS'_D/SS_T
Faktor $A \times D$	$SS_{A \times D}$	$V_{A \times D}$	$MS_{A \times D}$	$MS_{A \times D}/MS_e$	$SS'_{A \times D}/SS_T$
Faktor $B \times D$	$SS_{B \times D}$	$V_{B \times D}$	$MS_{B \times D}$	$MS_{B \times D}/MS_e$	$SS'_{B \times D}/SS_T$
Faktor $C \times D$	$SS_{C \times D}$	$V_{C \times D}$	$MS_{C \times D}$	$MS_{C \times D}/MS_e$	$SS'_{C \times D}/SS_T$
Residual	S_{s_e}	V_e	MS_e	1	SS'_e/SS_T
Total	SS_T	V_T	-	-	100%

Dimana :

V_A = derajat bebas faktor A

$$V_A = k_A - 1 = (\text{level} - 1) \dots \dots \dots (2.20)$$

V_B = derajat bebas faktor B

$$V_B = k_B - 1 = (\text{level} - 1) \dots \dots \dots (2.21)$$

$V_{A \times B}$ = derajat bebas faktor $A \times B$

$$V_{A \times B} = (k_A - 1) \times (k_B - 1) \dots \dots \dots (2.22)$$

V_C = derajat bebas faktor C

$$V_C = k_C - 1 = (\text{level} - 1) \dots \dots \dots (2.23)$$

$V_{A \times C}$ = derajat bebas faktor $A \times C$

$$V_{A \times C} = (k_A - 1) \times (k_C - 1) \dots \dots \dots (2.24)$$

$V_{B \times C}$ = derajat bebas faktor $B \times C$

$$V_{B \times C} = (k_B - 1) \times (k_C - 1) \dots \dots \dots (2.25)$$

V_D = derajat bebas faktor D

$$V_D = k_D - 1 = (\text{level} - 1) \dots \dots \dots (2.26)$$

V_{AxD} = derajat bebas faktor AxD

$$V_{AxD} = (k_A - 1) \times (k_D - 1) \dots\dots\dots (2.27)$$

V_{BxD} = derajat bebas faktor BxD

$$V_{BxD} = (k_B - 1) \times (k_D - 1) \dots\dots\dots (2.28)$$

V_{CxD} = derajat bebas faktor CxD

$$V_{CxD} = (k_C - 1) \times (k_D - 1) \dots\dots\dots (2.29)$$

V_T = derajat bebas total

$$V_T = N - 1 \dots\dots\dots (2.30)$$

V_e = derajat bebas error

$$V_e = V_T - V_A - V_B - (V_{AB}) \dots\dots\dots (2.31)$$

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

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

MSe = rata-rata jumlah kuadrat error

$$MSe = \frac{SS_e}{V_e} \dots\dots\dots (2.33)$$

3) Persen kontribusi

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

$$MS_A = MS'_A + MSe \dots\dots\dots (2.34)$$

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} \dots\dots\dots (2.35)$$

Maka :

$$SS'_A = SS_A - (V_A) \cdot (V_e) \dots\dots\dots (2.36)$$

SS'_A merupakan kuadrat deviasi dari target, SS'_A adalah jumlah kuadrat sesungguhnya dari A, v_A merupakan derajat kebebasan dari faktor A, dan variannya adalah V_e . bagian pada jumlah kuadrat v_A dan V_e harus ditambahkan pada jumlah kuadrat error digunakan untuk meyakinkan bahwa jumlah kuadrat total sudah diperhitungkan.

Persen kontribusi (ρ) dapat ditentukan sebagai presentase dari jumlah kuadrat suatu sumber yang sesungguhnya terhadap jumlah kuadrat total (S_t)

$$\rho_A = \frac{SA'}{St} \times 100\% \dots \dots \dots (2.37)$$

d. Uji hipotesis

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

$$F_{\text{sumber}} = \frac{\text{variasi karena perlakuan} + \text{variasi karena error}}{\text{variasi karena error}} \dots \dots \dots (2.38)$$

Nilai F_{sumber} tersebut dibandingkan nilai F dari tabel pada harga α tertentu dengan derajat kebebasan ((k-1) (N-k)). Dimana K merupakan 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

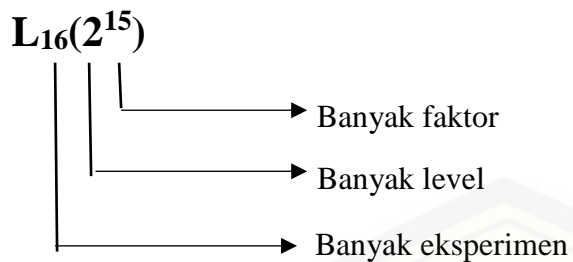
Apabila nilai F_{hitung} lebih kecil nilai F_{tabel} ($F_{\text{hitung}} < F_{\text{Tabel}}$), maka hipotesis H_0 diterima. Namun jika nilai F_{hitung} lebih besar dari nilai F_{tabel} ($F_{\text{hitung}} > F_{\text{Tabel}}$), maka hipotesis H_0 ditolak.

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.

2.8.2 Matriks *Orthogonal*

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).

Dalam penomoran matriks *orthogonal* memiliki cara tersendiri yaitu:



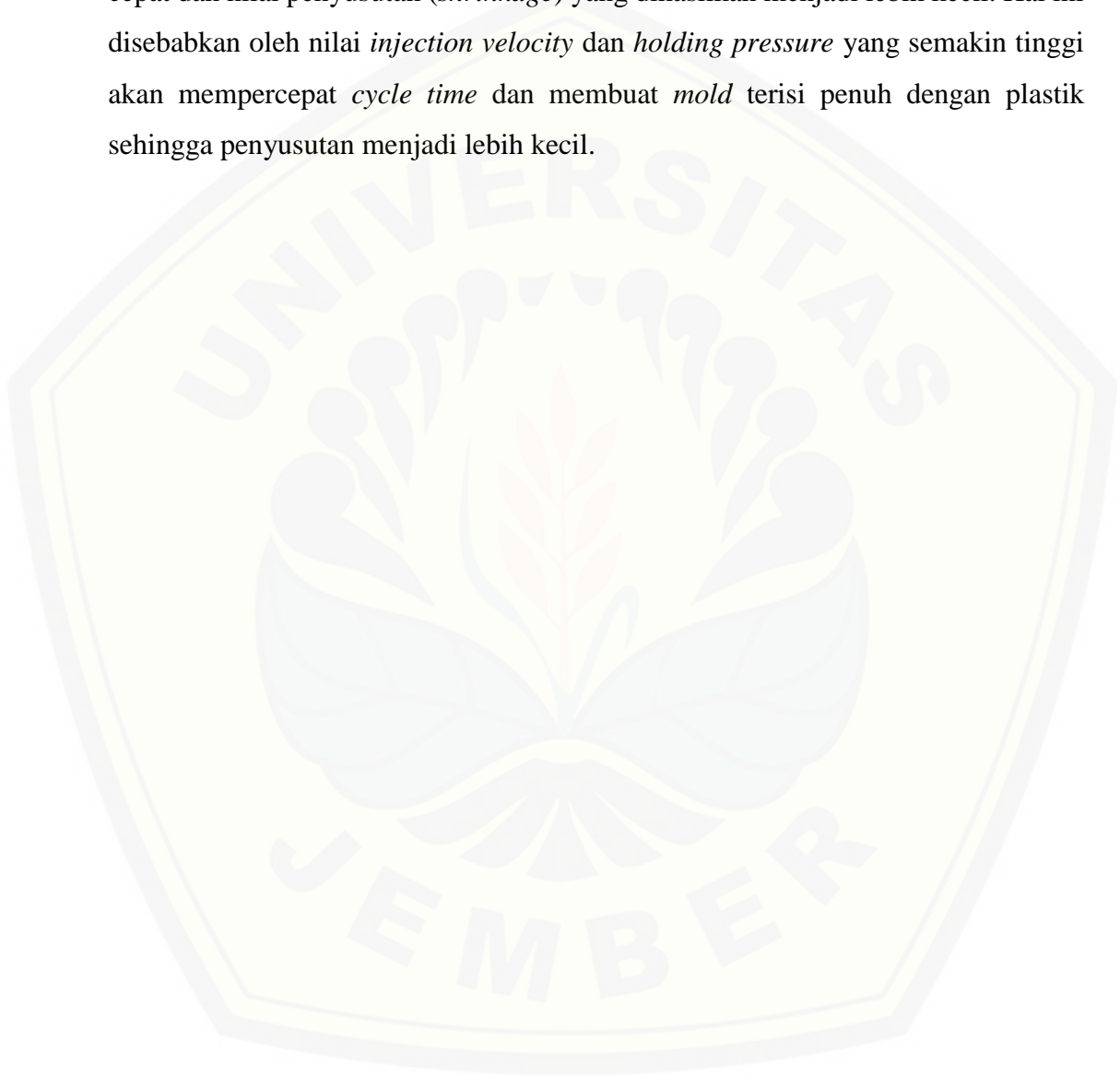
Dalam memilih matriks *orthogonal* yang sesuai diperlukan suatu persamaan dari matriks *orthogonal* tersebut yang menyatakan jumlah faktor, jumlah level dan jumlah pengamatan yang dilakukan. Penyesuaian dalam pemilihan matriks *orthogonal* didasarkan oleh derajat bebas yang dimiliki oleh eksperimen dibandingkan 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. Tabel orthogonal array dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Contoh *Orthogonal Array* untuk $L_{16}(2^{15})$

Eks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
4	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
5	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
6	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1
7	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1
8	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
9	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
10	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1
11	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1
12	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2
13	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1
14	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2
15	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2
16	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1

2.9 Hipotesa

Berdasarkan pengamatan dapat diambil hipotesis awal yaitu semakin tinggi nilai *injection velocity* dan *holding pressure*, semakin rendah nilai *back pressure* dan *melt temperature* dapat menghasilkan waktu siklus (*cycle time*) yang lebih cepat dan nilai penyusutan (*shrinkage*) yang dihasilkan menjadi lebih kecil. Hal ini disebabkan oleh nilai *injection velocity* dan *holding pressure* yang semakin tinggi akan mempercepat *cycle time* dan membuat *mold* terisi penuh dengan plastik sehingga penyusutan menjadi lebih kecil.



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan yaitu metode desain eksperimen *taguchi*. Metode ini mengusahakan timbulnya variabel – variabel yang terjadi dan selanjutnya dianalisa untuk dilihat pengaruhnya.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu dan tempat pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut.

Waktu : Oktober - November 2018

Tempat : PT. Dynaplast 2 Jl. Industri Raya Blok F No. 9, Pasir Jaya,
Jatiuwung, Tangerang, Banten 15135.

3.3 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan untuk menunjang penelitian ini adalah sebagai berikut.

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian di PT Dynaplast yaitu:

a. Mesin *injection molding* JSW 450AD tipe 1400H yang memproduksi *cover muffler* dengan spesifikasi sebagai berikut:

- 1) *Injection pressure* : 1850 kgf/cm²
- 2) *Injection capacity* : 1238 g
- 3) *Diameter screw* : 76 mm
- 4) *Injection velocity* : 300 mm/s
- 5) *Holding pressure* : 1660 kgf/cm²
- 6) *Kecepatan screw* : 55 – 150 rpm
- 7) *Plasticizing rate* : 338 kg/h
- 8) *Clamping force* : 450 ton
- 9) *Daylight opening* : 1700 mm
- 10) *Mold height* : 350-900 mm
- 11) *Distance between tie-bars (HxV)* : 900x810 mm

- | | |
|--------------------------------|--------------|
| 12) <i>Locating ring</i> | : 102 mm |
| 13) <i>Min mold size (HxV)</i> | : 470x470 mm |
| 14) <i>Mold thickness</i> | : 350-750 mm |
| 15) <i>Ejector stroke</i> | : 180 mm |
| 16) Jumlah <i>cavity</i> | : 2 |
| 17) Tahun mesin | : 2009 |



Gambar 3.1 Mesin *injection molding*

b. *Digital vernier caliper*

Digunakan sebagai mengukur dimensi benda kerja setelah proses *injection molding* yang menghasilkan ukuran penyusutan (*shrinkage*). *Shrinkage* dapat diketahui setelah 48 jam.



Gambar 3.2 *Vernier caliper*

3.3.2 Bahan

Objek yang digunakan sebagai bahan penelitian ini adalah *Polypropilene* (PP) yang digunakan sebagai bahan pembuat *cover* knalpot motor. Material PP mempunyai sifat yang tahan panas dibandingkan dengan material plastik lain. Adapun spesifikasi sebagai berikut:

- | | |
|----------------------------|-------------------------------|
| a. Temperatur leleh | : 200 – 265 °C |
| b. Perpanjangan | : 50 – 600 % |
| c. Tegangan geser maksimum | : 0,5 Mpa |
| d. <i>Shrinkage</i> | : 1,0 – 2,0 % |
| e. Massa Jenis | : 0,90 kg/m ³ |
| f. Modulus Tarik | : 1,1 – 1,6 N/mm ² |



Gambar 3.3 Material *polypropilene*

3.4 Tahap Identifikasi Masalah

Tahap ini merupakan langkah awal dalam melakukan sebuah penelitian yang bertujuan untuk mengetahui kondisi perusahaan yang akan digunakan sebagai topik dalam penelitian (studi kasus). Tahap ini terdiri dari:

- Survey lapangan dan identifikasi masalah faktor yang berpengaruh

Tahapan ini dilakukan bertujuan untuk mendapatkan informasi sebanyak mungkin mengenai aktivitas proses produksi secara keseluruhan yang ada pada perusahaan. Dari tahap ini akan didapatkan informasi nyata mengenai proses produksi, spesifikasi produk, hasil produksi, permasalahan yang sering terjadi dan

karakter kualitas produk. Selain survey lapangan juga harus dilakukan identifikasi faktor yang berpengaruh. Identifikasi ini bertujuan untuk mengetahui penyebab permasalahan yang terjadi dalam perusahaan yang akan dilakukan penelitian. Pada penelitian kali ini dilakukan survey lapangan di PT Dynaplast Tbk dilakukan pada devisi *injection molding* pada mesin JSW tipe J450ADS yang memproduksi *cover knalpot*.

b. Studi pustaka

Studi pustaka ini dilakukan untuk mencari informasi yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilaksanakan baik berupa buku, jurnal, materi terkait, penelitian terdahulu, maupun sumber lain yang relevan dan yang dapat dipertanggungjawabkan sumbernya sebagai bahan penelitian. Tujuan dari studi pustaka ini adalah untuk memperoleh konsep dasar teori yang dijadikan acuan dalam landasan atau kerangka dalam menjelaskan penelitian yang akan dilakukan.

c. Perumusan masalah dan penentuan tujuan penelitian

Setelah mengetahui kondisi proses produksi yang akan dilakukan penelitian maka tahap selanjutnya adalah menentukan perumusan masalah dan penentuan tujuan penelitian.

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

Terdapat beberapa variabel proses atau faktor yang berpengaruh terhadap proses *injection molding* pada PT Dynaplast Tbk. Adapun faktor yang digunakan yaitu:

1) Variabel respon (Variabel terikat)

Variabel respon merupakan objek penelitian yang akan diamati, variabel ini merupakan karakteristik kualitas yang kritis yang dimiliki oleh produk *cover knalpot*. Dalam hal ini variabel yang akan dilakukan penelitian yaitu penyusutan (*shrinkage*) dan waktu siklus (*cycle time*) yang akan terjadi pada produk.

2) Variabel proses (Variabel bebas)

Merupakan variabel yang besarnya dapat dikendalikan sesuai dengan pertimbangan dan tujuan yang akan dilakukan. Penelitian ini menggunakan 4 faktor variabel proses yang diduga memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel respon.

Faktor proses yang digunakan yaitu *injection velocity*, *back pressure*, *holding pressure* dan *melt temperature*.

3) Level yang digunakan

Penentuan level bertujuan untuk memberikan Batasan pada penelitian yang akan dilaksanakan dari setiap faktor yang digunakan. Penentuan level yang digunakan mengacu pada standar yang ditentukan oleh perusahaan, level yang digunakan memiliki 2 level dengan masing-masing kode pada setiap level. Level bawah dengan kode 1, dan level atas menggunakan kode 2. Nilai level yang akan digunakan untuk menentukan masing-masing level disesuaikan dengan hasil dari toleransi yang diizinkan oleh perusahaan.

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

Tabel 3.1 Nilai Level yang digunakan perusahaan

Faktor	Level	Standar Kualitas	
		<i>Shrinkage</i>	<i>Cycle Time</i>
Kode	Perusahaan	(%)	(s)
<i>Injection Velocity</i>	45 mm/s		
<i>Holding Pressure</i>	332 kgf/cm ²	0,3	55
<i>Back Pressure</i>	26 kgf/cm ²		
<i>Melt Temperature</i>	260 °C		

Tabel 3.2 Nilai Level yang digunakan dalam penelitian

Faktor	Level Bawah	Level Atas
Kode	1	2
<i>Injection Velocity</i>	40 mm/s	50 mm/s
<i>Holding Pressure</i>	300 kgf/cm ²	400 kgf/cm ²
<i>Back Pressure</i>	20 kgf/cm ²	30 kgf/cm ²
<i>Melt Temperature</i>	255 °C	265 °C

3.5 Tahap Pengambilan dan Pengolahan Data

Berdasarkan dari tahap identifikasi yang sudah dilakukan, dapat diketahui bahwa metode yang digunakan untuk pemecahan masalah adalah metode desain eksperimen. Tahapan-tahapan yang digunakan pada desain eksperimen selanjutnya disusun dengan langkah-langkah pemecahan masalah secara sistematis. Tahap ini terdiri dari:

a. Penentuan desain eksperimen

Tahapan ini merupakan tahap perencanaan awal sebelum dilakukan eksperimen dengan tujuan agar penelitian dapat mencapai sasaran yang tepat sesuai tujuan yang diharapkan. Tahap ini meliputi: perumusan masalah, menentukan variabel tak bebas, identifikasi faktor-faktor atau variabel bebas, penentuan jumlah level dan nilai level faktor, perhitungan derajat kebebasan, serta penentuan matriks orthogonal.

b. Pelaksanaan eksperimen

Pelaksanaan penelitian ini terdapat beberapa langkah yang akan dilakukan dalam proses pengambilan data atau secara umum dapat didefinisikan sebagai prosedur pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui material bahan baku yang akan digunakan pada pelaksanaan penelitian.
2. Memasukkan material PP kedalam corong (*hopper*) di atas mesin *injection molding* untuk kemudian dilakukan proses yang selanjutnya.
3. Mengatur temperatur *barrel* pada mesin sesuai dengan *melt temperature* material plastik PP dengan standart yang ada pada pabrik perusahaan yaitu 260°C
4. Mengatur *injection velocity* sesuai standart awal perusahaan yaitu 45 mm/s,.
5. Mengatur *back pressure* sesuai standart awal dari perusahaan yaitu 25 Kgf/cm².
6. Mengatur *holding pressure* sesuai standar awal dari perusahaan yaitu 332 Kgf/cm².
7. Menjalankan mesin sampai pada kondisi yang maksimal yaitu sampai mesin menghasilkan produk yang baik dan stabil.

8. Ulangi langkah (1) sampai dengan (7) dengan mengubah nilai level dari variabel *injection velocity*, *back pressure*, *holding pressure*, *melt temperature* sesuai dengan tabel 3.1.
9. Pengambilan dan data pengukuran *shrinkage* produk tiap dua kali mesin melakukan proses produksi hingga selesai atau *mold* dalam keadaan telah terbuka. Pada jeda waktu satu kali proses produksi dimaksudkan untuk memberikan waktu pada mesin agar lebih beradaptasi pada perubahan *setting* yang dilakukan. Pengukuran *shrinkage* produk menggunakan *Vernier caliper* yang dimiliki PT Dynaplast Tbk.
10. Pengukuran *cycle time* dilakukan dengan mencatat data yang telah tertera pada layar monitor mesin *injection molding*.

c. Analisis data dan optimasi

Pelaksanaan pengambilan data ini menggunakan metode *taguchi* yang di dalamnya terdapat perhitungan Analysis of Mean (ANOM) dan *Analysis of Variant* (ANOVA). Tahap ini menggunakan proses pengolahan data dengan 2 software yaitu Microsoft *Office Excel* dan *Minitab 16*. Tahapan-tahapan yang harus dilakukan dalam analisa data dan optimasi adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengambilan data.

Pengambilan data yang dilakukan berdasarkan nilai kombinasi level dari parameter yang mempengaruhi dengan rancangan matriks *orthogonal array* yaitu $L_{16}(2^{15})$ karena nilai dari derajat bebas adalah 10 faktor maka faktor yang digunakan yaitu 4 faktor dengan masing – masing memiliki 2 nilai level. Berikut adalah matriks *orthogonal array* dapat dilihat pada tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Rancangan Matriks *Orthogonal Array* L16(2¹⁵)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Eks	Injection Velocity (mm/s)	Holding Pressure (kgf/cm ²)	IV x HP	Back Pressure (kgf/cm ²)	IV x BP	HP x BP	BP x MT	Melt Temperature (°C)	IV x MT	HP x MT
1	40	300	1	20	1	1	1	255	1	1
2	40	300	1	20	1	1	1	265	2	2
3	40	400	1	30	2	2	2	255	1	1
4	40	400	1	30	2	2	2	265	2	2
5	40	300	2	30	1	2	2	255	1	2
6	40	300	2	30	1	2	2	265	2	1
7	40	400	2	20	2	1	1	255	1	2
8	40	400	2	20	2	1	1	265	2	1
9	50	300	2	30	2	1	2	255	2	1
10	50	300	2	30	2	1	2	265	1	2
11	50	400	2	20	1	2	1	255	2	1
12	50	400	2	20	1	2	1	265	1	2
13	50	300	1	20	2	2	1	255	2	2
14	50	300	1	20	2	2	1	265	1	1
15	50	400	1	30	1	1	2	255	2	2
16	50	400	1	30	1	1	2	265	1	1

Tabel 3.4 Tabel Data Penyusutan (*Shrinkage*) Hasil Penelitian

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
eks	Injection Velocity (mm/s)	Holding Pressure (kgf/cm ²)	IV x HP	Back Pressure (kgf/cm ²)	IV x BP	HP x BP	BP x MT	Melt Temperature (°C)	IV x MT	HP x MT	Shrinkage
1	40	300	1	20	1	1	1	255	1	1	
2	40	300	1	20	1	1	1	265	2	2	
3	40	400	1	30	2	2	2	255	1	1	
4	40	400	1	30	2	2	2	265	2	2	
5	40	300	2	30	1	2	2	255	1	2	
6	40	300	2	30	1	2	2	265	2	1	
7	40	400	2	20	2	1	1	255	1	2	
8	40	400	2	20	2	1	1	265	2	1	
9	50	300	2	30	2	1	2	255	2	1	
10	50	300	2	30	2	1	2	265	1	2	
11	50	400	2	20	1	2	1	255	2	1	
12	50	400	2	20	1	2	1	265	1	2	
13	50	300	1	20	2	2	1	255	2	2	
14	50	300	1	20	2	2	1	265	1	1	
15	50	400	1	30	1	1	2	255	2	2	
16	50	400	1	30	1	1	2	265	1	1	

Tabel 3.5 Tabel Data Waktu siklus (*Cycle Time*) Produk Hasil Penelitian

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
eks	Injection Velocity (mm/s)	Holding Pressure (kgf/cm ²)	IV x HP	Back Pressure (kgf/cm ²)	IV x BP	HP x BP	BP x MT	Melt Temperature (°C)	IV x MT	HP x MT	Cycle Time
1	40	300	1	20	1	1	1	255	1	1	
2	40	300	1	20	1	1	1	265	2	2	
3	40	400	1	30	2	2	2	255	1	1	
4	40	400	1	30	2	2	2	265	2	2	
5	40	300	2	30	1	2	2	255	1	2	
6	40	300	2	30	1	2	2	265	2	1	
7	40	400	2	20	2	1	1	255	1	2	
8	40	400	2	20	2	1	1	265	2	1	
9	50	300	2	30	2	1	2	255	2	1	
10	50	300	2	30	2	1	2	265	1	2	
11	50	400	2	20	1	2	1	255	2	1	
12	50	400	2	20	1	2	1	265	1	2	
13	50	300	1	20	2	2	1	255	2	2	
14	50	300	1	20	2	2	1	265	1	1	
15	50	400	1	30	1	1	2	255	2	2	
16	50	400	1	30	1	1	2	265	1	1	

2. Melakukan analisa berdasarkan data yang telah didapatkan menggunakan beberapa perhitungan matematis yaitu:

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

3. Melakukan uji hipotesis

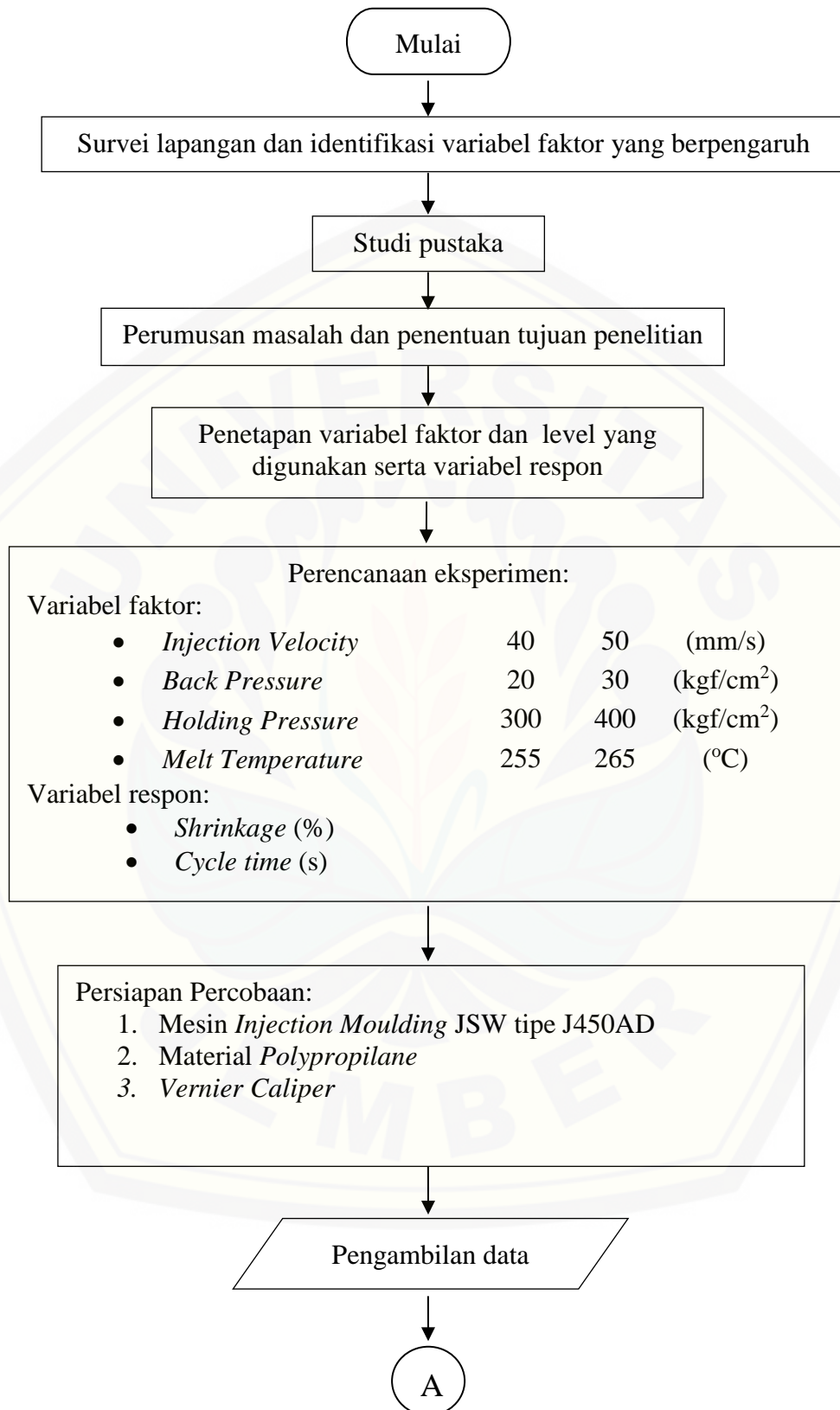
Pengujian hipotesis adalah keputusan menerima atau menolak dugaan dari hipotesis tersebut. Pengambilan keputusan untuk menerima atau menolak hipotesis tidak mutlak mengidentifikasi bahwa hipotesis tersebut memang benar atau salah. Penolakan dilakukan bila ditemukan bukti yang tidak konsisten ataupun tidak signifikan dengan hipotesis dan penerimaan dilakukan bila tidak ditemukannya bukti untuk menolak hipotesis.

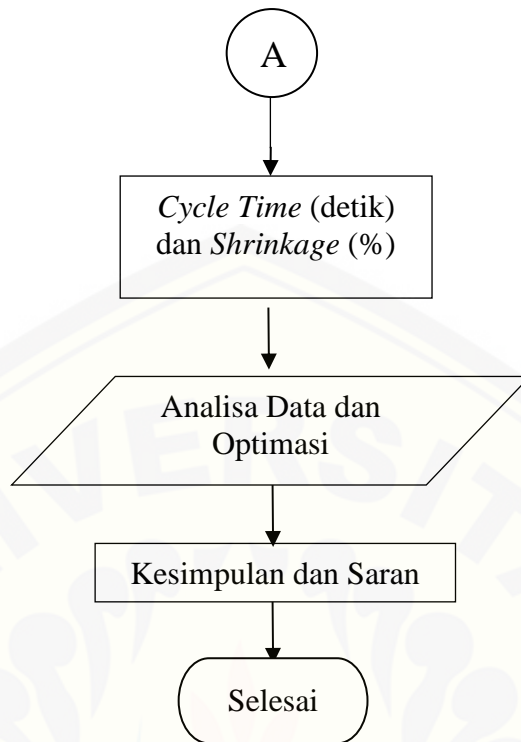
3.6 Tahap Penarikan Kesimpulan

Tahap ini merupakan tahap terakhir dari pelaksanaan penelitian yang akan dilakukan yaitu menganalisa dan interpretasi (tafsiran) terhadap hasil pengolahan data eksperimen yang telah dilakukan. Dengan analisis dan penafsiran yang telah dilakukan dapat digunakan sebagai dasar penarikan kesimpulan yang digunakan untuk menjawab permasalahan dalam rumusan masalah sebelumnya. Kemudian diberikan kesimpulan dan saran yang membangun untuk digunakan dalam penelitian selanjutnya agar didapatkan hasil yang akurat dan sesuai.

3.7 Diagram Alir Penelitian

Tahapan ini menunjukkan pelaksanaan penelitian yang disajikan dalam sebuah diagram alir guna mempermudah dalam pemahaman setiap langkah yang akan dilakukan. Adapun urutan pengerjaan yang dilakukan dari awal hingga akhir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut.





Gambar 3.4 Diagram Alur Penelitian

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

- a. Setelah dilakukan perhitungan dan analisis data menggunakan *software minitab* 16 dapat diketahui bahwa dengan *level of significant* (α) sebesar 0,05 pada parameter (*injection velocity*, *holding pressure*, *back pressure* dan *melt temperature*) yang digunakan dalam penelitian tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai penyusutan (*shrinkage*), namun secara individu parameter yang paling mendekati pengaruh terhadap nilai penyusutan yaitu faktor interaksi *holding pressure* x *melt temperature* dengan nilai $F_{hitung} = 4,85$. Optimasi didapatkan bahwa kondisi optimal *setting* parameter pembuatan produk *cover* knalpot motor yaitu dengan kombinasi parameter *injection velocity* sebesar 50 mm/s, *holding pressure* sebesar 400 kgf/cm², *back pressure* sebesar 20 kgf/cm², dan *melt temperature* sebesar 255°C dan menghasilkan nilai penyusutan (*shrinkage*) paling kecil yaitu 0,08%.
- b. Setelah dilakukan perhitungan dan analisis data menggunakan *software minitab* 16 dapat diketahui bahwa dengan *level of significant* (α) sebesar 0,05 pada parameter (*injection velocity*, *holding pressure*, *back pressure* dan *melt temperature*) yang digunakan dalam penelitian yang memiliki pengaruh signifikan terhadap waktu siklus (*cycle time*) pada produk *cover* knalpot adalah *injection velocity* yang memberikan pengaruh paling besar dengan nilai $F_{hitung} = 44,44$. Optimasi didapatkan bahwa *cycle time* yang dihasilkan dari penelitian yaitu 38,21 detik dapat menghasilkan 754 produk dalam satu *shift* kerja (8 jam) sedangkan dengan *cycle time* yang dimiliki perusahaan sebesar 55 detik dapat menghasilkan 524 produk dalam satu *shift* kerja (8 jam). dapat menghasilkan 754 produk *cover* knalpot, yang memiliki kenaikan nilai optimasi waktu siklus 30,5 %.

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 bisa digunakan sebagai pertimbangan dalam melaksanakan pengembangan dalam *setting* parameter produk *cover* knalpot motor.
- b. Jumlah parameter atau faktor dalam mesin *injection 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 *injection molding*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurokhman, M. 2012. Analisis Konsumsi Energi Pada Proses Injection Molding Untuk Efisiensi Energi. *Skripsi*. Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Bambang, E. 2011. Pengaruh Variasi Temperatur Pada Proses Plastic Injection Molding Jenis RN.350 dengan Bahan Bauk Polypropylene Murni, Campuran Polypropylene, Polyethylene dan Polystyrene. *Skripsi*. Medan: Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Chauhan, N. S. 2012. Optimizing Cycle Time of DVD-R Injection Moulding Machine. *International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)*. 1 (4): 1982-1990.
- Cahyadi, D. 2012. Analisis Parameter Operasi Pada Proses Plastik Injection Molding Untuk Pengendalian Cacat Produk. *SINTEK*. 8 (2): 8-16.
- Hakim, A. R. 2012. Pengaruh Suhu, Tekanan dan Waktu Pendinginan Terhadap Cacat Warpage Produk Berbahan Plastik.
- Jamaludin, A. 2007. Injection Molding dan Penerapannya di Industri Manufaktur. *Makalah Kuliah Umum*. Bekasi: Ilmu Material Universitas Indonesia.
- Kantz, M. R. 1974. The Effects of Melt Processing Variables on the Morphology and Properties of Injection Molded Polypropylene. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*. 1 (1): 245-258.
- Kavade, M., & Kadam, S. 2012. Parameter Optimization of Injection Molding of Polypropylene by using Taguchi Methodology. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*.
- Moayyedean, M., Abhary, K., & Marian, R. 2017. Optimization of Injection Molding Process Based on Fuzzy Quality Evaluation and Taguchi Experimental Design. *Journal of Manufacturing Science and Technology*.
- Mulana, M. P., Budiyanoro, C., & Sosiati, H. 2017. Optimalisasi Parameter Proses Injeksi Pada ABS Recycle Material Untuk Memperoleh Shrinkage Longitudinal dan Tranversal Minimum. *Jurnal Material dan Proses Manufaktur*. 1(1): 1-10.
- Nasution, R. S. 2015. Berbagai Cara Penanggulangan Limbah Plastik. *Journal of Islamic Sciene and Technology*. 1(1): 97-104

- Oktaviandi, S. D. 2012. Analisa Pengaruh Parameter Tekanan dan Waktu Penekanan Terhadap Sifat Mekanik dan Cacat Penyusutan dari Produk Injection Molding Berbahan Polyethylene (PE). *Skripsi*. Program Studi Strata-1 Universitas Sultan Agung Tirtayasa.
- Purnomo, M. H., Sidi, P., & Arumsari, N. 2014. Analisa Pengaruh Parameter Proses Injection Molding Terhadap Berat Produk Cap Lem Fox Menggunakan Metode Taguchi. *Jurnal Material dan Proses Manufaktur*. 1(1): 225-232
- Purwaningrum, P. 2016. Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik di Lingkungan. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 8(2): 141-147.
- Putra, K. P. 2017. Optimasi Waktu Siklus Produk Botol 150 ml pada Proses Blow Molding Menggunakan Metode Respon Surface. *Skripsi*. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Rini, A. S. 2017. Konsumsi Plastik di Dalam Negeri Naik 5,4%. *Industri.bisnis.com*. [Diakses pada 24 Mei 2018].
- Soejanto, I. 2009. Desain Eksperimental dengan Metode Taguchi. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Surono, U. B., & Ismanto. 2016. Pengolahan Sampah Plastik Jenis PP, PET, dan PE Menjadi Bahan Bakar Minyak dan Karakteristiknya. *Jurnal Mekanika dan Sistem Termal*. 1(1): 32-37.

LAMPIRAN A. DATA HASIL PENELITIAN**A.1 Data Penyusutan (*Shrinkage*)**

eks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Shrinkage
	IV (mm/s)	HP (kgf/cm ²)	IV _x HP	BP (kgf/cm ²)	IV _x BP	HP _x BP	BP _x MT	MT (°C)	IV _x MT	HP _x MT	
1	40	300	1	20	1	1	1	255	1	1	0,23
2	40	300	1	20	1	1	1	265	2	2	0,27
3	40	400	1	30	2	2	2	255	1	1	0,14
4	40	400	1	30	2	2	2	265	2	2	0,32
5	40	300	2	30	1	2	2	255	1	2	0,23
6	40	300	2	30	1	2	2	265	2	1	0,20
7	40	400	2	20	2	1	1	255	1	2	0,20
8	40	400	2	20	2	1	1	265	2	1	0,24
9	50	300	2	30	2	1	2	255	2	1	0,17
10	50	300	2	30	2	1	2	265	1	2	0,22
11	50	400	2	20	1	2	1	255	2	1	0,08
12	50	400	2	20	1	2	1	265	1	2	0,28
13	50	300	1	20	2	2	1	255	2	2	0,25
14	50	300	1	20	2	2	1	265	1	1	0,18
15	50	400	1	30	1	1	2	255	2	2	0,22
16	50	400	1	30	1	1	2	265	1	1	0,24

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

eks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Cycle Time (s)
	IV (mm/s)	HP (kgf/cm ²)	IV _x HP	BP (kgf/cm ²)	IV _x BP	HP _x BP	BP _x MT	MT (°C)	IV _x MT	HP _x MT	
1	40	300	1	20	1	1	1	255	1	1	48,34
2	40	300	1	20	1	1	1	265	2	2	43,45
3	40	400	1	30	2	2	2	255	1	1	52,32
4	40	400	1	30	2	2	2	265	2	2	56,32
5	40	300	2	30	1	2	2	255	1	2	50,67
6	40	300	2	30	1	2	2	265	2	1	47,34
7	40	400	2	20	2	1	1	255	1	2	48,32
8	40	400	2	20	2	1	1	265	2	1	45,21
9	50	300	2	30	2	1	2	255	2	1	45,21
10	50	300	2	30	2	1	2	265	1	2	41,45
11	50	400	2	20	1	2	1	255	2	1	38,21
12	50	400	2	20	1	2	1	265	1	2	39,78
13	50	300	1	20	2	2	1	255	2	2	40,21
14	50	300	1	20	2	2	1	265	1	1	40,58
15	50	400	1	30	1	1	2	255	2	2	42,54
16	50	400	1	30	1	1	2	265	1	1	39,89

LAMPIRAN B. ANALISIS ANOVA DAN TAGUCHI**B.1 Data Analisis Anova Dan Taguchi Penyusutan (*Shrinkage*)**

Analysis of Variance for Means

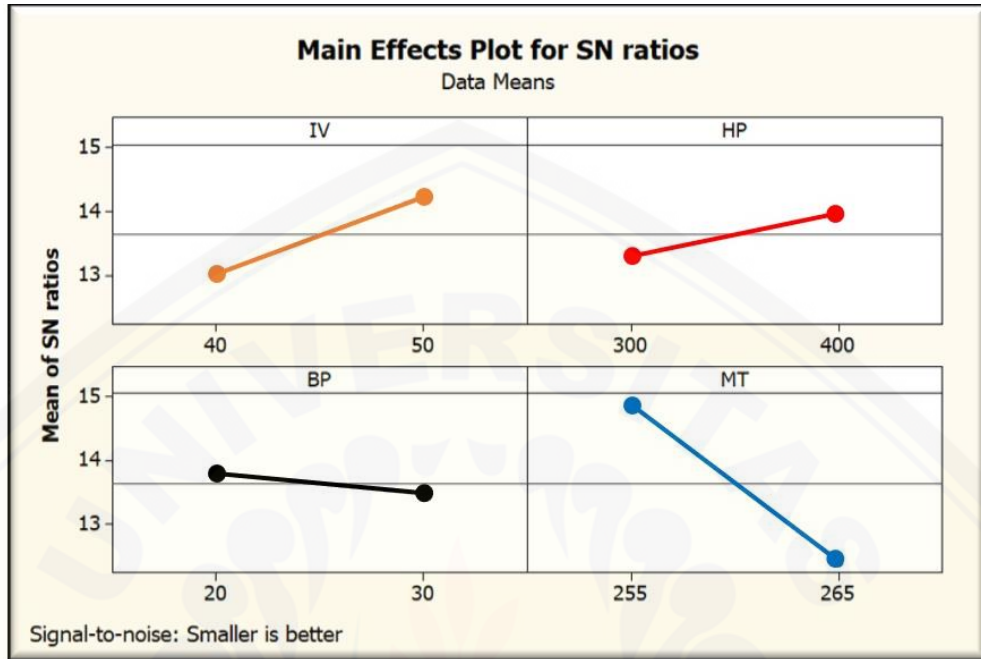
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
IV	1	5,987873	5,987873	5,987873	0,85	0,372
HP	1	3,103874	3,103874	3,103874	0,43	0,051
BP	1	1,911754	1,911754	1,911754	0,27	0,224
MT	1	24,91528	24,91528	24,91528	3,53	0,000
IV*HP	1	7,647917	7,647917	7,647917	1,08	0,023
IV*BP	1	0,022308	0,022308	0,022308	0,00	0,893
IV*MT	1	0,270512	0,270512	0,270512	0,03	0,640
HP*BP	1	5,115332	5,115332	5,115332	0,72	0,056
HP*MT	1	34,28660	34,28660	34,28660	4,85	0,000
BP*MT	1	0,433938	0,433938	0,433938	0,06	0,555
Residual Error	5	35,33360	35,33360	7,066720		
Total	15	119,02899				

B.2 Data Analisis Anova Dan Taguchi Waktu Siklus (*Cycle Time*)

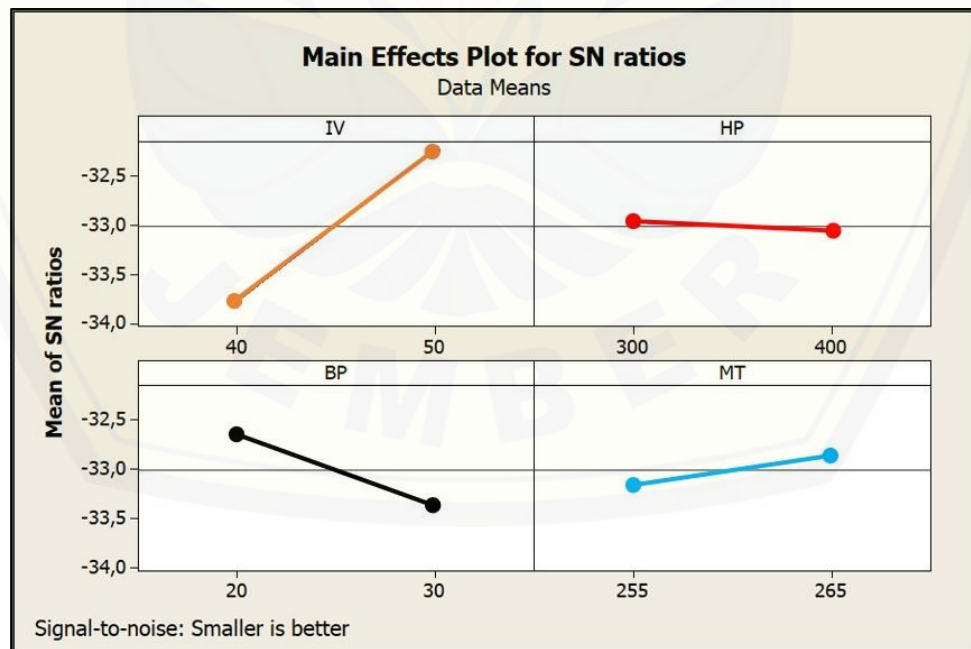
Analysis of Variance for Means

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
IV	1	9,42671	9,42671	9,42671	44,44	0,000
HP	1	0,17884	0,17884	0,17884	0,84	0,373
BP	1	0,02643	0,02643	0,02643	0,12	0,673
MT	1	0,34173	0,34173	0,34173	1,61	0,143
IV*HP	1	0,08998	0,08998	0,08998	0,42	0,441
IV*BP	1	0,81286	0,81286	0,81286	3,83	0,031
IV*MT	1	0,02039	0,02039	0,02039	0,10	0,711
HP*BP	1	0,15888	0,15888	0,15888	0,75	0,309
HP*MT	1	0,05718	0,05718	0,05718	0,27	0,537
BP*MT	1	2,18425	2,18425	2,18425	10,30	0,001
Residual Error	5	1,06055	1,06055	0,21211		
Total	15	14,3578				

LAMPIRAN C. GAMBAR GRAFIK RESPON PARAMETER

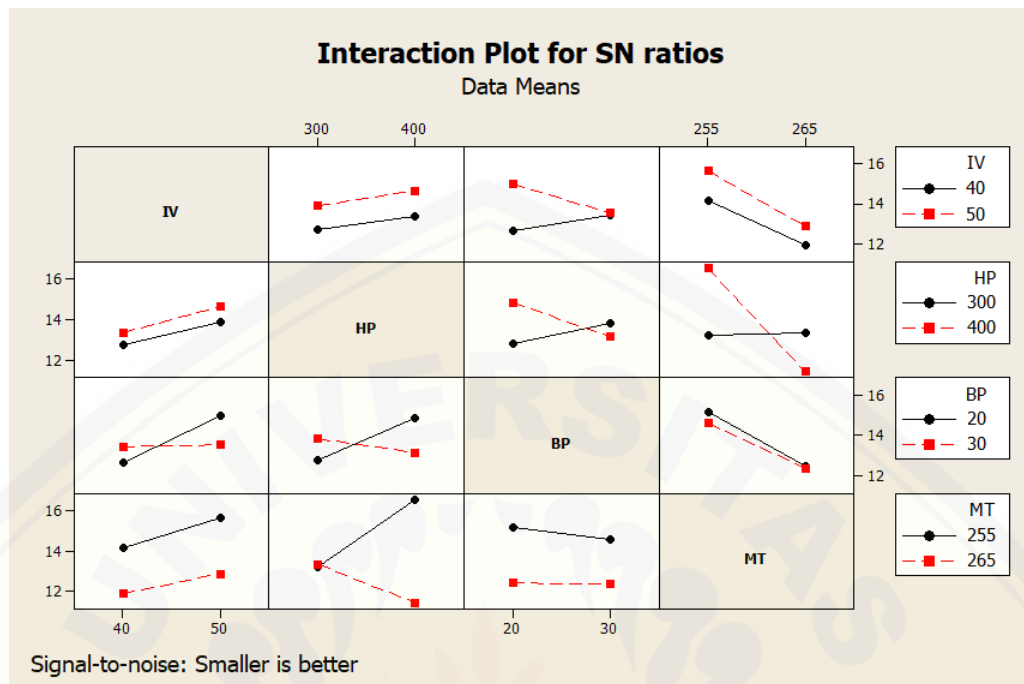


Gambar C.1 Grafik Respon Parameter Untuk Penyusutan (*Shrinkage*)

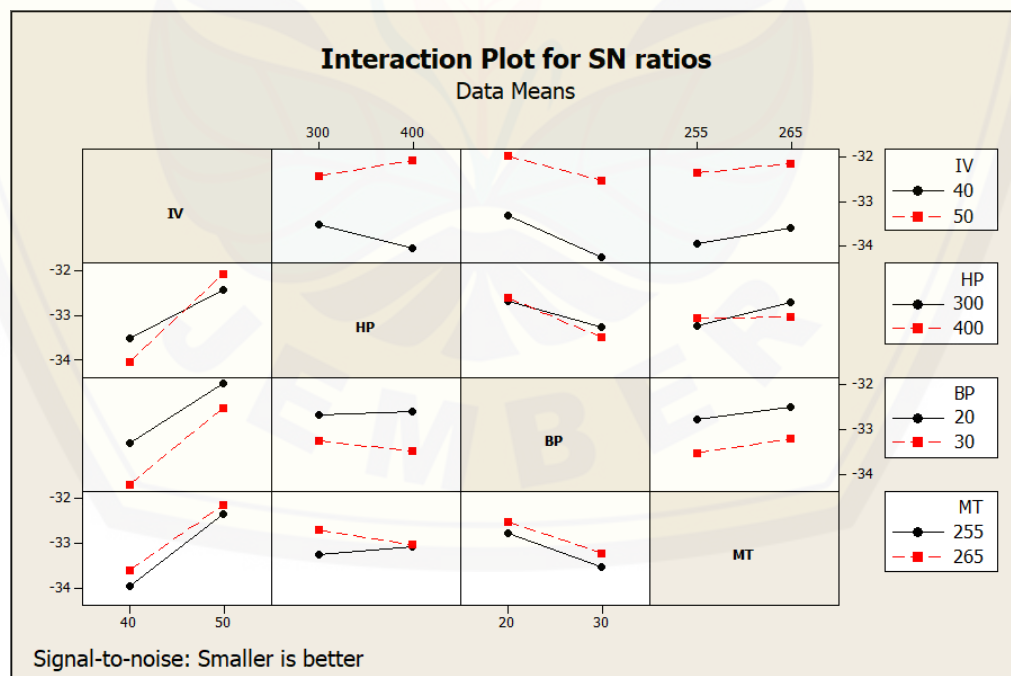


Gambar C.2 Grafik Respon Parameter Untuk Waktu Siklus (*Cycle Time*)

LAMPIRAN D. GAMBAR GRAFIK RESPON INTERAKSI PARAMETER



Gambar D.1 Grafik Respon Interaksi Parameter Untuk Penyusutan (*Shrinkage*)



Gambar D.2 Grafik Respon Interaksi Parameter Untuk Waktu Siklus (*Cycle Time*)

LAMPIRAN E. 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 F. DOKUMENTASI HASIL PENELITIAN



Gambar F.1 Material *Polypropylene* (PP)



Gambar F.2 Mesin *Injection Molding* JSW 450AD Type 1400H



Gambar F.3 Pengambilan *Runner*



Gambar F.4 Pengukuran *Shrinkage In*



Gambar F.5 Pengukuran *Shrinkage Out*



Gambar F.6 Pengukuran Menggunakan Standar Perusahaan (JIG)

LAMPIRAN G. SURAT KETERANGAN PENELITIAN



PT. Dynapack Indonesia
Dynaplast Tower 9-10th Fl | Jl. MH Thamrin No.1 | Lippo Karawaci, Tangerang | Banten 15811 | INDONESIA
T +6221 546 3111, 546 1112-5 | F +6221 546 1255, 546 1266
www.dynapackasia.com

Nomor : HR010/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 : Yogi Burhanuddin
NIM : 141910101042
Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Mesin
Universitas : Universitas Jember

adalah 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 (Injection Molding) – SHLC (Soebekti Hambali Learning Centre) Selama Sdr. Yogi 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