



**ANALISIS PARAMETER *INJECTION MOLDING* TERHADAP  
WAKTU SIKLUS DAN CACAT *FLASH* PRODUK TUTUP  
BOTOL 180 ML MENGGUNAKAN METODE *TAGUCHI***

**SKRIPSI**

Oleh

**Andika Wahyu Prasanko**

**NIM 131910101002**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2017**



**ANALISIS PARAMETER *INJECTION MOLDING* TERHADAP  
WAKTU SIKLUS DAN CACAT *FLASH* PRODUK TUTUP  
BOTOL 180 ML MENGGUNAKAN METODE *TAGUCHI***

**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

**Andika Wahyu Prasanko**

**NIM 131910101002**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2017**

## 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. Kedua orang tua tercinta, ayahanda Prayitno serta ibu Winarti;
2. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
3. Ustadh dan ustadzahku di TPQ Sunan Gunung Jati;
4. Seluruh dosen, staff pengajar dan administrasi Fakultas Teknik Universitas Jember
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)<sup>1</sup>

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

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)<sup>3</sup>

---

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

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

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

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andika Wahyu Prasanko

NIM : 131910101002

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Parameter *Injection Molding* Terhadap Waktu Siklus dan Cacat *Flash* Produk Tutup Botol 180 ml Menggunakan Metode *Taguchi*” 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, 27 Mei 2017  
Yang Menyatakan,

Andika Wahyu Prasanko  
NIM 131910101002

**SKRIPSI**

**ANALISIS PARAMETER *INJECTION MOLDING* TERHADAP WAKTU  
SIKLUS DAN CACAT *FLASH* PRODUK TUTUP BOTOL 180 ML  
MENGUNAKAN METODE *TAGUCHI***

Oleh

Andika Wahyu Prasanko

NIM 131910101002

Pembimbing

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

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

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Analisis Parameter *Injection Molding* Terhadap Waktu Siklus dan Cacat *Flash* Produk Tutup Botol 180 ml Menggunakan Metode *Taguchi*” karya Andika Wahyu Prasanko telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Senin, 5 Juni 2017

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

**Tim Penguji**

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Ir. Dwi Djumhariyanto M.T.  
NIP 19600812 199802 1 001  
Penguji I,

Dr. Agus Triono S.T.,M.T.  
NIP 19700807 200212 1 001  
Penguji II,

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

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

Mengesahkan  
Dekan,

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



**RINGKASAN**

**ANALISIS PARAMETER *INJECTION MOLDING* TERHADAP WAKTU SIKLUS DAN CACAT *FLASH* PRODUK TUTUP BOTOL 180 ML MENGGUNAKAN METODE *TAGUCHI***

Andika Wahyu Prasanko, 131910101002; 2017; 122 halaman; Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Kebutuhan dan konsumsi plastik di Indonesia masih cukup besar terutama pada industri makanan dan minuman, tercatat terdapat 892 industri kemasan plastik yang menghasilkan *rigid packaging*, *flexible packaging thermoforming*, dan *extrusion* dengan kapasitas yang dapat dihasilkan yaitu kurang lebih 23,5 juta ton per tahun dengan utilitas sebesar 70%, sehingga produksi rata-rata yang dilakukan oleh industri kemasan plastik yaitu sebesar 1,65 juta ton per tahun. Plastik memiliki sifat ringan, mudah dibentuk, anti karat, memiliki nilai ekonomis murah, dan beberapa jenis plastik dapat di daur ulang yang menjadikan plastik lebih dominan diminati baik dari pihak produsen maupun konsumen. 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 pada mesin *injection molding* dengan produk tutup botol ulir ukuran 180 ml pada PT. Berlina Tbk. Dalam memproduksi benda kerja mesin ini masih menghasilkan beberapa produk yang tidak sesuai dengan standar perusahaan diantaranya dari segi waktu siklus produksi dan cacat produk. Cacat yang sering dijumpai yakni munculnya *flash* pada bagian tepi produk yang mengharuskan adanya pekerjaan tambahan untuk menjaga kualitas dari produk tersebut.

*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 waktu siklus produksi, berat bersih produk, dan jumlah cacat *flash* yang terjadi kemudian dihitung rata-ratanya 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 tutup botol 180 ml didapatkan kombinasi parameter yang baru sebagai berikut: Kombinasi parameter *injection pressure* sebesar 1320 bar, *injection speed* sebesar 50 mm/s, *holding pressure* sebesar 300 bar, dan *nozzle temperature* sebesar 255°C. Dari *setting* tersebut didapatkan hasil waktu siklus

(*cycle time*) sebesar 15,72 detik dengan *netto* produk yang masih sesuai dengan standar kelayakan perusahaan yaitu sebesar  $\pm 3,56$  gram. Dengan menggunakan *setting* ini mampu meningkatkan produktifitas pembuatan tutup botol 180 ml sebesar 5,64 % dari jumlah produksi sebelumnya.

Kombinasi parameter *injection pressure* sebesar 1280 bar, *injection speed* sebesar 50 mm/s, *holding pressure* sebesar 300 bar, dan *nozzle temperature* sebesar 245°C. Dari *setting* tersebut didapatkan hasil jumlah cacat flash terkecil yaitu sebanyak 12 unit dari jumlah sampel penelitian sebanyak 80 unit. Dengan menggunakan *setting* ini mampu menurunkan jumlah cacat *flash* yang terjadi dalam proses pembuatan tutup botol 180 ml. dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa dengan pemilihan kombinasi parameter dan nilai level yang tepat dapat menghasilkan proses produksi dengan tingkat kualitas dan kuantitas yang baik.

**SUMMARY**

***ANALYSIS OF INJECTION MOLDING PARAMETERS REGARDING TO CYCLE TIME AND FLASH DEFECT OF 180 ML BOTTLE CAP USING TAGUCHI METHOD***

*Andika Wahyu Prasanko, 131910101002; 2017; 122 pages; Departmen of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Jember University.*

*The needs and consumption of plastics in Indonesia is still has quite large especially in the food and beverage industry, noted that there are 892 plastic packaging industry that produces rigid packaging, flexible packaging thermoforming, and extrusion with a capacity that can be produced which is approximately 23.5 million tons per year with 70% of utility, so the average production made by the plastic packaging industry is 1.65 million tons per year. Plastic has a lightweight, easily shaped, anti-rust, has a low economic value, and some types of plastics can be recycled that makes the plastic more dominant demand from both producers and consumers. One of the methods used in the process of making plastic products in the plastic packaging industry is injection molding.*

*The problems often encountered in the industrial world that is the mismatch between the planned form and the results of production. The case study was conducted on an injection molding machine with a 180 ml screw cap cap product at PT. Berlina Tbk. In producing workpieces this machine still produces some products that are not in accordance with company standards such as in terms of production cycle time and product defects. Defects are often encountered ie the emergence of flash on the edge of the product that requires additional work to maintain the quality of the product.*

*Injection molding is a cyclical process to produce similar products from a mold, and this process is most widely used in the manufacture of products with plastic materials (polymer). The advantage of using this process is the capacity and repeatability of manufacturing products that have intricate shapes at high*

*production ratios. Injection molding is an important polymer processing machine in the plastics industry, in the process the polymer is pressed (inject) into the mold cavity and molded into the shape of the mold.*

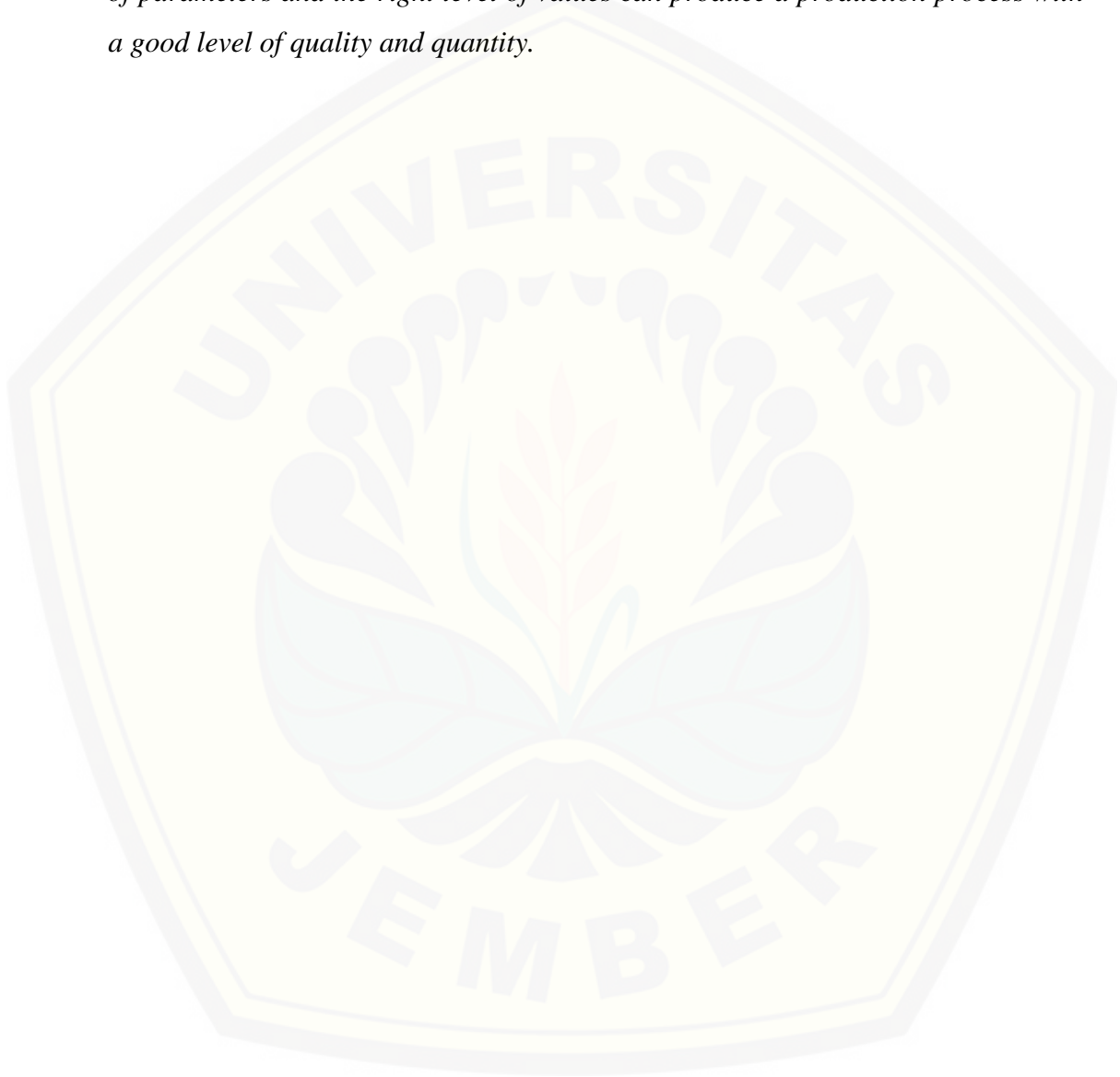
*The taguchi method is a new methodology in engineering that aims to improve the quality of products and processes, while at the same time minimizing costs and resources to a minimum. Taguchi method seeks to achieve these goals by making the product or process insensitive to various factors such as materials, manufacturing equipment, human labor, and operational conditions. Taguchi method makes the product or process robust against the noise factor, hence the method is also called robust design.*

*In this research, the first step is to determine the design of experiments that will be used in research accordance with the conditions contained in the company as a result of literature study. Data retrieval is done afterward with a combination of parameters correspond to experimental design that has been formed (orthogonal array). Furthermore, the data obtained in the form of the cycle time production, net weight of product, and the number of flash defects that occur then calculated the average then calculated the value of  $s/n$  ratio for later analysis of the significance of the influence of parameters using anova. Further done calculations for optimization using taguchi method. The results of the calculation and analysis obtained then will be compared with the production protocol used and the production results in the company.*

*From the calculation and data analysis done in the production process of 180 ml bottle cap product, the combination of injection pressure parameters was 1320 bar, injection speed 50 mm / s, holding pressure of 300 bar, and nozzle temperature equal to 255°C. From this setting, the results of cycle time (cycle time) can be obtained up to 15.72 seconds with net products which are still in accordance with the company's feasibility standard of  $\pm 3.56$  grams. By using this setting, the productivity of 180 ml bottle caps can be increase up to 5.64% from the amount of previous production.*

*The combination of injection pressure parameters of 1280 bar, injection speed of 50 mm/s, holding pressure of 300 bar, and nozzle temperature of 245°C.*

*From the settings the smallest number of flash defects can be obtained up to 12 units of the total sample of 80 units. By using this setting, the number of flash defects that occur in the process of making 180 ml bottle cap will be reduced. From the results of this research, it can be concluded that with the selection of combinations of parameters and the right level of values can produce a production process with a good level of quality and quantity.*





## PRAKATA

Alkhamdu lillah, 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* Terhadap Waktu Siklus dan Cacat *Flash* Produk Tutup Botol 180 ml Menggunakan Metode *Taguchi*”. 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, Bapak Prayitno dan ibu Winarti 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 Dedi Dwilaksana, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
4. Bapak Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Bapak Dr. Agus Triono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan arahan demi terselesaikannya skripsi ini;
5. Bapak Hari Arbiantara Basuki, S.T., M.T. selaku dosen penguji 1 dan Bapak Boy Arief Fachri, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen penguji ii 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 Eka Sari Tiarawati yang telah dengan sabar bersedia menemani dan memberikan saran selama proses awal hingga akhir penelitian saya;

8. Dulur-dulur Teknik Mesin 2013 yang telah berjuang bersama, dan telah membantu terselesaikannya skripsi ini;
9. Keluarga Kontrakan Pojok yang telah memberikan bantuan, semangat dan motivasi untuk terus berjuang menyelesaikan skripsi;
10. Dulur-dulur KEMAPATA (Keluarga Mahasiswa Penataran Blitar di Jember) yang tak lelah menemaniku serta memberikan dukungan.

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, 5 Juni 2017

Penulis



**DAFTAR ISI**

<b>HALAMAN SAMPUL</b>	
<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN MOTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>viii</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xx</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xxii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Hipotesis .....	5
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Tinjauan Umum Material Plastik.....	6
2.1.1 Pengertian Plastik .....	6
2.1.2 Klasifikasi Material Plastik .....	7
2.2 Mesin <i>Injection Molding</i> .....	10
2.3 Mekanisme Kerja <i>Injection Molding</i> .....	11
2.4 Parameter Proses <i>Injection Molding</i> .....	13
2.5 Bagian-bagian Mesin <i>Injection Molding</i> .....	15
2.6 Cacat Pada <i>Injection Molding</i> .....	18

2.6.1 Jenis Cacat Pada <i>Injection Molding</i> .....	19
2.7 Metode <i>Taguchi</i> .....	21
2.7.1 Tahapan Dalam Metode <i>Taguchi</i> .....	21
2.7.2 Matriks Orthogonal .....	28
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>30</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	30
3.2 Bahan dan Alat .....	30
3.2.1 Bahan .....	30
3.2.2 Alat .....	31
3.3 Tahap Identifikasi Permasalahan .....	33
3.4 Tahap Pengambilan dan Pengolahan Data .....	35
3.5 Penarikan Kesimpulan .....	40
3.6 Diagram Alir Penelitian .....	40
3.7 Rencana Jadwal Penelitian .....	42
<b>BAB 4. PEMBAHASAN .....</b>	<b>43</b>
4.1 Data Percobaan .....	43
4.1.1 Data Waktu Siklus ( <i>Cycle Time</i> ) .....	43
4.1.2 Data <i>Netto</i> Produk .....	43
4.1.3 Data Jumlah Cacat <i>Flash</i> .....	44
4.2 Pengolahan dan Analisis Data .....	45
4.2.1 Waktu Siklus ( <i>Cycle Time</i> ).....	45
4.2.2 <i>Netto</i> Produk .....	60
4.2.3 Cacat <i>Flash</i> .....	77
4.3 Interpretasi Hasil Perhitungan dan Perbandingan <i>Setting</i> Perusahaan dan Penelitian .....	92
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>95</b>
5.1 Kesimpulan .....	95
5.2 Saran .....	96
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>97</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>99</b>

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Tabel ANOVA dua arah .....	26
Tabel 2.2 Contoh <i>Orthogonal Array</i> untuk L16 ( $2^{15}$ ).....	29
Tabel 3.1 Nilai Level yang Digunakan Perusahaan .....	34
Tabel 3.2 Nilai Level yang Digunakan Dalam Penelitian.....	35
Tabel 3.3 Rancangan Matriks <i>Orthogonal Array</i> L16( $2^{15}$ ).....	37
Tabel 3.4 Tabel Data Waktu Siklus ( <i>cycle time</i> ) Hasil Penelitian .....	38
Tabel 3.5 Tabel Data <i>Netto</i> Produk Hasil Penelitian .....	38
Tabel 3.6 Tabel Data Cacat <i>Flash</i> Produk Hasil Penelitian.....	39
Tabel 3.7 Rencana Jadwal Penelitian.....	42
Tabel 4.1 Data Waktu Siklus ( <i>Cycle Time</i> ) Hasil Pengujian .....	43
Tabel 4.2 Data <i>Netto</i> Hasil Pengujian .....	44
Tabel 4.3 Data Jumlah Cacat <i>Flash</i> Hasil Pengujian.....	44
Tabel 4.4 Data Hasil Perhitungan S/N Ratio dari Hasil Waktu Siklus .....	45
Tabel 4.5 Hasil Analisis Varian untuk Waktu Siklus .....	49
Tabel 4.6 Perhitungan Efek Faktor untuk S/N Ratio Waktu Siklus.....	52
Tabel 4.7 Pemecahan Interaksi <i>Injection Pressure</i> dan <i>Injection Speed</i> ....	54
Tabel 4.8 Data Hasil Perhitungan S/N Ratio dari Hasil <i>Netto</i> .....	62
Tabel 4.9 Hasil Analisis Varian untuk <i>Netto</i> .....	65
Tabel 4.10 Perhitungan Efek Faktor untuk S/N Ratio <i>Netto</i> .....	68
Tabel 4.11 Pemecahan Interaksi <i>Injection Pressure</i> dan <i>Holding Pressure</i>	70
Tabel 4.12 Data Hasil Perhitungan S/N Ratio dari Hasil Cacat <i>Flash</i> .....	77
Tabel 4.13 Hasil Analisis Varian untuk Cacat <i>Flash</i> .....	81
Tabel 4.14 Perhitungan Efek Faktor untuk S/N Ratio Cacat <i>Flash</i> .....	84
Tabel 4.15 Pemecahan Interaksi <i>Injection Pressure</i> dan <i>Injection Speed</i> .	86
Tabel 4.16 Interpretasi Hasil Perhitungan.....	92
Tabel 4.17 Perbandingan <i>Setting</i> Standar dan Penelitian Terhadap Waktu Siklus .....	93
Tabel 4.15 Perbandingan <i>Setting</i> Standar dan Penelitian Terhadap <i>Netto</i> ..	94

Tabel 4.16 Perbandingan *Setting* Standar dan Penelitian Terhadap

Cacat *Flash*..... 94



**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 Klasifikasi Polimer .....	7
Gambar 2.2 Skema Mesin <i>Injection Molding</i> Tanpa <i>Mold</i> .....	10
Gambar 2.3 Proses Pengisian Material Plastik kedalam rongga cetak .....	11
Gambar 2.4 Proses Penahanan ( <i>Holding Pressure</i> ) .....	12
Gambar 2.5 Proses Pendinginan dan Pengisian Ulang material Plastik .....	12
Gambar 2.6 Proses Membukanya Cetakan .....	13
Gambar 2.7 Proses Pelepasan Benda Kerja .....	13
Gambar 2.8 Bagian-bagian Mesin <i>Injection Molding</i> .....	15
Gambar 2.9 Mekanisme <i>Clamping Unit</i> (a) <i>Toggle Clamp</i> (b) <i>Hydraulic Clamp</i> .....	16
Gambar 2.10 <i>Mold Unit</i> .....	17
Gambar 2.11 Bagian <i>Injection Unit</i> dari Mesin <i>Injection Molding</i> .....	18
Gambar 2.12 Contoh Cacat <i>Flash</i> .....	19
Gambar 2.13 Cacat <i>Sink Mark</i> .....	19
Gambar 2.14 Cacat <i>Short Moulding</i> .....	20
Gambar 2.15 <i>Weld Line Simulation</i> .....	20
Gambar 2.16 Cacat <i>Burn Marks</i> .....	21
Gambar 2.17 Cacat <i>Black Dots</i> .....	21
Gambar 3.1 Biji Plastik <i>PolyPropylene</i> .....	30
Gambar 3.2 Biji Plastik <i>PolyPropylene</i> (PP) yang Tercampur <i>Afval</i> .....	31
Gamabr 3.3 Produk Tutup Botol 180 ml.....	31
Gambar 3.4 Mesin <i>Injection Molding</i> .....	32
Gambar 3.5 Neraca Analitis .....	32
Gambar 3.6 Diagram Alur Penelitian.....	41
Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Faktor Terhadap Waktu Siklus .....	53

Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Interaksi 2 faktor Terhadap Waktu Siklus ...	53
Gambar 4.3 <i>Interaction Plot Injection Pressure x Injection Speed</i> .....	55
Gambar 4.4 <i>Interaction Plot Injection Speed x Injection Pressure</i> .....	56
Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Faktor Terhadap <i>Netto</i> .....	69
Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Interaksi 2 faktor Terhadap <i>Netto</i> .....	69
Gambar 4.7 <i>Interaction Plot Injection Pressure x Holding Pressure</i> .....	71
Gambar 4.8 <i>Interaction Plot Holding Pressure x Injection Pressure</i> .....	72
Gambar 4.9 Grafik Pengaruh Faktor Terhadap Cacat <i>Flash</i> .....	85
Gambar 4.10 Grafik Pengaruh Interaksi 2 faktor Terhadap Cacat <i>Flash</i> ...	85
Gambar 4.11 <i>Interaction Plot Injection Pressure x Injection Speed</i> .....	87
Gambar 4.12 <i>Interaction Plot Injection Speed x Injection Pressure</i> .....	88



**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran A.1 Tabel Data Penelitian Waktu Siklus .....	99
Lampiran A.3 Tabel Data Penelitian Cacat <i>Flash</i> .....	100
Lampiran A.2 Tabel Data Penelitian <i>Netto</i> .....	101
Lampiran B.1 Analisis Anova Dan <i>Taguchi</i> Untuk Waktu Siklus .....	102
Lampiran B.2 Gambar Grafik Respon Parameter Untuk Waktu Siklus .....	103
Lampiran B.3 Gambar Grafik Respon Interaksi Parameter Untuk Waktu Siklus .....	104
Lampiran C.1 Analisis Anova Dan <i>Taguchi</i> Untuk <i>Netto</i> .....	105
Lampiran C.2 Gambar Grafik Respon Parameter Untuk <i>Netto</i> .....	106
Lampiran C.3 Gambar Grafik Respon Interaksi Parameter Untuk <i>Netto</i> .....	107
Lampiran D.1 Analisis Anova Dan <i>Taguchi</i> Untuk Cacat <i>Flash</i> .....	108
Lampiran D.2 Gambar Grafik Respon Parameter Untuk Cacat <i>Flash</i> .....	109
Lampiran D.3 Gambar Grafik Respon Interaksi Parameter Untuk Cacat <i>Flash</i> .....	110
Lampiran E.1 Tabel Distribusi F Dengan $A= 5\%$ .....	111
Lampiran F Gambar Material Pp Dan <i>Avfal</i> .....	112
Lampiran G. Mesin <i>Injection Molding</i> Arburg Allrounder 420 C.....	113
Lampiran H.1 Gambar Produk Penelitian.....	114
Lampiran H.2 Gambar Produk Dengan Cacat <i>Flash</i> .....	115
Lampiran I.1 Protokol Produk.....	116
Lampiran I.2 Spesifikasi Produk.....	117
Lampiran J.1 Desain Produk.....	118
Lampiran J.2 Desain Dan Spesifikasi <i>Mould</i> .....	119
Lampiran K. Lokasi Pt. Berlina Tbk.....	120
Lampiran L. Denah Pt. Berlina Tbk.....	121



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan dan konsumsi plastik di Indonesia masih cukup besar terutama pada industri makanan dan minuman, tercatat terdapat 892 industri kemasan plastik yang menghasilkan *rigid packaging*, *flexible packaging thermoforming*, dan *extrusion* dengan kapasitas yang dapat dihasilkan yaitu kurang lebih 23,5 juta ton per tahun dengan utilitas sebesar 70%, sehingga produksi rata-rata yang dilakukan oleh industri kemasan plastik yaitu sebesar 1,65 juta ton per tahun (Kemenperin, 2016). Penggunaan plastik dalam berbagai bidang kehidupan tidak lepas dari karakteristik yang dimiliki oleh material plastik yang dapat menggantikan fungsi dari material lain seperti karet, kayu, ataupun logam. Plastik juga memiliki sifat ringan, mudah dibentuk, anti karat, memiliki nilai ekonomis murah, dan beberapa jenis plastik dapat di daur ulang yang menjadikan plastik lebih dominan diminati baik dari pihak produsen maupun konsumen. Salah satu metode yang digunakan dalam proses pembuatan produk berbahan plastik pada industri kemasan plastik yaitu *injection molding*.

*Injection molding* merupakan salah satu teknik manufaktur yang terdiri dari serangkaian proses yang bersiklus dan digunakan untuk mencetak material *thermoplastic*. Proses *injection molding* sering digunakan dalam proses pembuatan produk dengan bentuk dasar yang rumit dan banyak digunakan untuk produksi massal. Proses *injection molding* dimulai dengan memasukkan biji plastik kedalam *hopper*, kemudian plastik akan meleleh ketika di panaskan pada *barrel* dan didorong oleh *screw* menuju *nozzle*, material yang telah meleleh akan terdorong melewati *sprue* dan memasuki *cavity* dan diberikan tekanan (*holding pressure*) untuk menghindari *shrinkage* pada saat proses pendinginan hingga material plastik tercetak sesuai dengan bentuk yang diinginkan (Abdurokhman, 2012).

Permasalahan yang sering dijumpai dalam dunia industri yakni ketidaksesuaian antara bentuk yang direncanakan dengan bentuk hasil dari produksi. Studi kasus yang dilakukan yakni pada mesin *injection molding* dengan produk tutup botol ulir ukuran 180 ml pada PT. Berlina Tbk. Dalam memproduksi

benda kerja mesin ini masih menghasilkan beberapa produk yang tidak sesuai dengan standar perusahaan diantaranya dari segi waktu siklus produksi dan cacat produk. Cacat yang sering dijumpai yakni munculnya *flash* pada bagian tepi produk yang mengharuskan adanya pekerjaan tambahan untuk menjaga kualitas dari produk tersebut. Oleh karenanya perlu adanya optimasi yang berfokus pada waktu siklus dan cacat produk yang sering terjadi berdasarkan parameter-parameter terkait pada mesin *injection molding* agar tujuan produksi dapat tercapai.

Upaya optimasi yang dapat dilakukan yaitu dengan memvariasikan parameter menggunakan metode *taguchi*. Analisis metode *taguchi* menggunakan seperangkat matriks khusus yang disebut Matriks *Orthogonal*. Matriks standar ini merupakan langkah untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberikan informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter (Soejanto, 2009). Dalam satu matriks terdiri dari beberapa faktor dan beberapa level dimana penentuan faktor disesuaikan dengan parameter dan untuk penentuan level disesuaikan dengan tujuan penelitian.

Neeraj Singh Chauhan dalam penelitiannya yang berjudul “*Optimizing Cycle Time of DVD-R Injection Moulding Machine*” menyebutkan bahwa waktu siklus produksi dari mesin *injection molding* dipengaruhi oleh kesesuaian dari pengaturan (*setting*) parameter yang digunakan. Parameter yang berpengaruh dalam hasil waktu siklus diantaranya adalah *inject time*, *inject speed*, *hold on time*, *hold on pressure*, *cooling time*, *eject time*, dan *robot take time*. Dalam penelitiannya Neeraj Singh Chauhan hanya menggunakan 3 parameter yaitu *cooling time*, *hold on time*, dan *Robot take time* dengan kombinasi *hold on time* sebesar 0,2 detik, *cooling time* sebesar 1,6 detik, *robot take time* sebesar 0,24 detik dengan tingkat signifikansi sebesar  $\alpha=5\%$ .

Penelitian lain yang dilakukan oleh Rizka Zahra Wulansari yang berjudul “*Analisis Produk Spion Ps 135 Dengan Pengaturan Parameter Melt Temperature Material Plastik Polypropylene (Pp) Pada Proses Injection Molding*” menyebutkan bahwa parameter *melt temperature* pada mesin *injection molding* mempengaruhi berat produk total (*total weight*). Dalam penelitiannya variasi nilai *melt temperature* yang digunakan bervariasi mulai 230°-290° dengan kenaikan 10°. Peningkatan nilai

parameter *melt temperature* menyebabkan penurunan berat produk dikarenakan *melt temperature* berkaitan erat dengan tingkat penyusutan material.

Cacat produk yang terjadi pada proses *injection molding* dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti dijelaskan oleh Dadi Cahyadi dalam penelitiannya yang berjudul “Analisis Parameter Operasi Proses Plastik *Injection Molding* untuk Pengendalian Cacat Produk” dijelaskan bahwa tekanan injeksi, temperatur injeksi dan waktu pendinginan berpengaruh terhadap terjadinya cacat produk. Untuk produk stationery TB 650, didapatkan *setting* yang optimum adalah sebagai berikut: tekanan injeksi ( $P_{Inj}$ ) = 8.578 MPa, temperatur injeksi ( $T_{Melt}$ ) = 240°C, serta waktu pendinginan ( $t_{Col}$ ) = 20 s. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa parameter *injection pressure* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap cacat produk hasil proses *injection molding*. Kecenderungan yang terjadi yakni semakin kecil tekanan yang diberikan akan mengakibatkan terjadinya cacat *short shoot*, dan *sink mark* sedangkan bila nilai tekanan semakin besar akan mengakibatkan cacat *part flashing* yaitu produk atau hasil cetakan berlebihan atau tidak pas sesuai cetakan. Demikian pula dengan parameter suhu, semakin kecil suhu akan mengakibatkan cacat *short shoot*, *sink mark*, *dirty*, dan *flow mark* sedangkan semakin besar suhu akan mengakibatkan terjadinya cacat *part flashing*.

Berdasarkan pengamatan dan proses mempelajari penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya penulis mencoba mengangkat judul penelitian yang berkaitan dengan penerapan metode *taguchi* yang digunakan sebagai media optimasi waktu siklus pada proses *injection molding* dengan tidak mengabaikan *netto* dan cacat *flash* pada produk sehingga tetap dihasilkan produk dengan kualitas baik sesuai dengan standar yang telah ditentukan oleh perusahaan. Diharapkan penelitian yang akan diangkat penulis dengan judul “Analisis Parameter Injection Molding Terhadap Waktu Siklus Dan Cacat Flash Produk Tutup Botol 180 ML Menggunakan Metode Taguchi” dapat digunakan sebagai kajian dalam mengoptimasi waktu siklus dan mengurangi terjadinya cacat *flash* pada mesin *injection molding* yang terdapat pada Pt. Berlina Tbk.

## 1.2 Rumusan Masalah

Penelitian yang akan dilakukan yaitu analisis parameter proses terhadap waktu siklus dan *netto* produk pada mesin *injection molding* menggunakan metode *taguchi*. Adapun perumusannya yaitu:

1. Bagaimana pengaruh variasi parameter proses (*injection pressure*, *injection speed*, *holding pressure*, dan *nozzle temperature*) terhadap waktu siklus, *netto* produk, dan cacat flash pada produk tutup botol 180 ml.
2. Bagaimana menentukan variasi parameter mesin yang sesuai agar waktu siklus produksi menjadi optimal pada pembuatan produk tutup botol 180 ml menggunakan perhitungan metode *taguchi*.
3. Bagaimana menentukan variasi parameter proses yang optimal agar *netto* produk sesuai dengan standar perusahaan dalam pembuatan produk tutup botol 180 ml berdasarkan metode *taguchi*.
4. Bagaimana menentukan variasi parameter yang optimal agar cacat *flash* pada produk dapat diminimalkan pada proses produksi produk tutup botol 180 ml.

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Percampuran material utama plastik dan material pendamping (*avfal*) dianggap homogen.
2. Tidak membahas proses perpindahan panas yang terjadi dalam proses *injection molding*.
3. Pada saat proses pengambilan data mesin dan alat ukur yang digunakan telah terkalibrasi.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pelaksanaan penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui waktu siklus yang optimal dari proses pembuatan tutup botol ukuran 180 ml berdasarkan perhitungan menggunakan metode *taguchi*.
2. Mengetahui kombinasi parameter mesin *injection molding* yang sesuai dan optimal agar *netto* produk sesuai dengan standar yang telah ditentukan pabrik pada pembuatan tutup botol ukuran 180 ml.



3. Mengetahui kombinasi parameter mesin *injection molding* yang sesuai dan optimal sehingga cacat produk dapat diminimalkan.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh setelah melaksanakan penelitian yaitu:

1. Dapat mengetahui penerapan metode *taguchi* untuk mengetahui kombinasi yang optimal dari parameter proses *injection molding*.
2. Dapat mengetahui parameter kerja optimal dari mesin untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang baik.
3. Dapat menentukan waktu siklus yang optimal pada mesin *injection molding* berdasarkan analisis menggunakan metode *taguchi*.
4. Meningkatkan kuantitas produksi tutup botol 180 ml.

### 1.6 Hipotesis

Berdasarkan pengamatan yang didasari pada penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dapat ditarik sebuah hipotesis awal yaitu dengan kombinasi nilai *injection pressure* dan *injection speed* yang tinggi serta nilai *nozzle temperature* dan *holding pressure* yang rendah akan menghasilkan waktu siklus produksi tutup botol ukuran 180 ml yang optimal dengan *netto* produk, yang masih dalam batas standar yang telah ditetapkan dan dapat digunakan sebagai sarana meminimalisir cacat produk berupa *flash* yang sering terjadi.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tinjauan Umum Material Plastik

#### 2.1.1 Pengertian Plastik

Plastik merupakan material sintetis yang sering disebut dengan istilah polimer, yang mana plastik merupakan zat yang terdiri dari keberulangan ikatan satuan rantai molekul yang panjang dan dihubungkan secara bersama-sama. Satuan (*unit*) ini mengandung berbagai kombinasi dari oksigen, hidrogen, nitrogen, karbon, silikon, *chlorine*, *fluorine*, dan *sulfur*. Walaupun demikian plastik memiliki karakteristik lunak, mudah dibentuk, dan bentuknya mendekati cair selama proses pembentukan, kemudian akan mengeras ketika telah selesai dibentuk (Avenue, 2000).

Penggunaan material plastik kini semakin meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dunia serta naiknya harga logam. Penggunaan material plastik dalam kehidupan sehari-hari tidak lain karena plastik memiliki sifat-sifat yang lebih unggul dibandingkan material yang lain (Surono & Ismanto, 2016). Beberapa keunggulan tersebut diantaranya yakni:

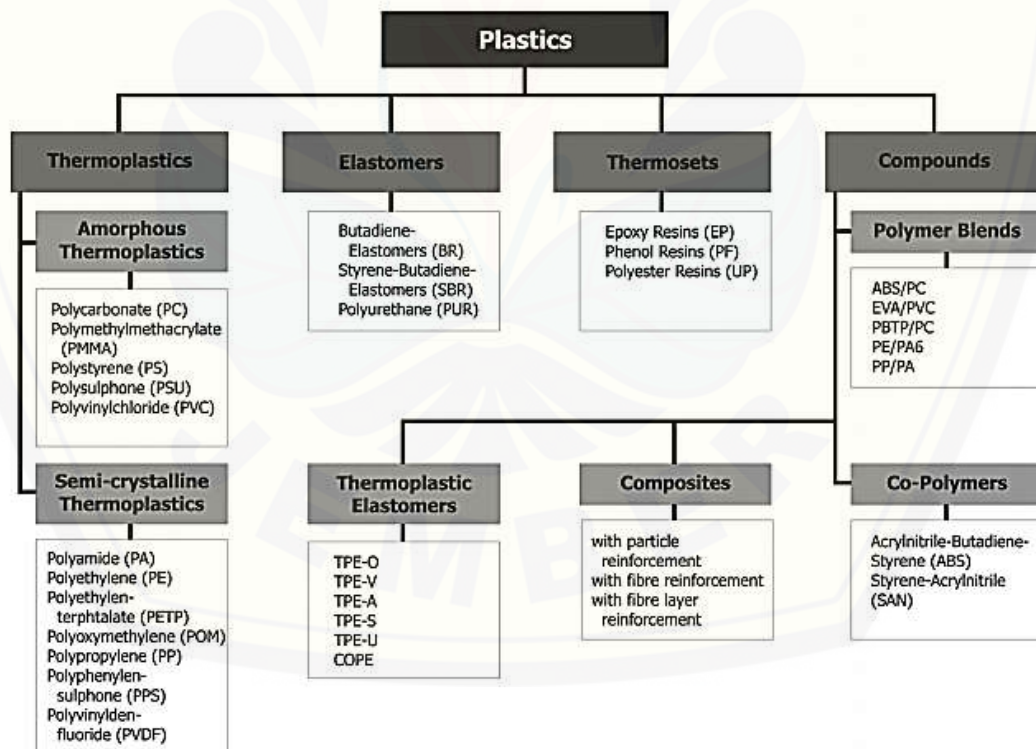
1. Beberapa material plastik memiliki sifat kuat
2. Memiliki massa jenis yang rendah sehingga membuatnya bersifat ringan
3. Fleksibel atau lentur
4. Tahan terhadap korosi
5. Mudah dibentuk (*Moldable*)
6. Tidak mudah pecah
7. Mudah diberi warna
8. Isolator panas dan listrik yang baik

Namun demikian material plastik juga memiliki beberapa kelemahan yakni:

1. Tidak dapat terurai dengan cepat
2. Mengurangi kesuburan tanah
3. Mengeluarkan zat-zat berbahaya bila dibakar
4. Hanya dapat digunakan satu kali dalam penggunaan kemasan makanan

### 2.1.2 Klasifikasi Material Plastik

Berdasarkan struktur makromolekul dan sifat fisis material yakni sifat *thermal*, maka material plastik diklasifikasikan menjadi beberapa kelas yang berbeda yakni *Thermoplastic*, *Thermosetting*, *Elastomers*, dan *Compound*. Gambar 2.1 akan menjelaskan klasifikasi dari material plastik beserta beberapa contoh material plastik yang sering digunakan. *Thermoplastic* merupakan material yang memiliki sifat keras dan ulet namun dapat di lelehkan kembali menggunakan energi masukan dari luar (mekanik, *thermal*, dan energi radiasi). *Elastomers* merupakan polimer yang memiliki sifat lunak dan elastis namun biasanya tidak dapat di lelehkan kembali. *Thermosets* adalah polimer yang memiliki sifat keras dan getas serta tidak dapat dilelehkan kembali. 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 Polimer (Klein, 2011)

#### 1. Bahan *Thermoplastic*

Plastik jenis *thermoplastic* merupakan material yang dapat melunak bila dipanaskan dan dapat mengeras bila didinginkan. Sebagian besar *thermoplastic*



dapat bersifat larut namun hanya pada zat pelarut tertentu dan juga dapat terbakar pada derajat tertentu. Temperatur pelunakan bervariasi berdasarkan dengan tipe dan kelas dari polimer yang digunakan, hal ini dikarenakan *thermoplastic* memiliki sifat sensitif terhadap panas. Oleh karenanya perlu adanya pengawasan dan ketepatan dalam pemberian panas agar tidak terjadi kerusakan (*degrading*, *decomposing*, dan *igniting*) pada material ini.

Plastik semacam ini sangat mudah mengalami deformasi apabila terkena gaya yang relatif kecil karena posisi antar molekul yang mudah bergeser. Ketika dipanaskan rantai-rantai molekul akan terlepas sehingga membentuk aliran plastik, ketika didinginkan rantai-rantai atom dan molekul akan menyatu kembali dan bergabung menjadi kuat seperti sebelum dipanaskan (Avenue, 2000).

## 2. Polypropylene (PP)

*Polypropylene* terbentuk berdasarkan hasil kondensasi polimerisasi *propylene*. Struktur molekul yang dimiliki oleh *polypropylene* hampir sama dengan struktur molekul pada *polyethylene* namun memiliki sebuah kelompok *methyl* pada pengganti atom karbon ikatan rantai. *Polypropylene* memiliki sifat lebih getas daripada *polyethylene* namun melunak pada temperatur 40°C ke atas. *Polypropylene* banyak digunakan pada industri otomotif untuk bagian interior, panel instrumen, pengemasan makanan, dan lainya (Julianti & Nurminah, 2006).

Sifat-sifat yang dimiliki oleh material ini antara lain:

- a) Ringan (densitas 0.9 g/cm<sup>3</sup>)
- b) Tembus pandang dan jernih dalam bentuk film, tapi tidak transparan dalam bentuk kemasan kaku
- c) Pada suhu rendah akan rapuh, dalam bentuk murninya mudah pecah pada suhu -30°C sehingga perlu ditambahkan PE atau bahan lain untuk memperbaiki ketahanan terhadap benturan.
- d) Tidak dapat digunakan untuk kemasan beku.
- e) Tidak mudah sobek sehingga mudah dalam penanganan dan distribusi.
- f) Tahan terhadap suhu tinggi sampai dengan 150°C, sehingga dapat dipakai untuk mensterilkan bahan pangan.

- g) Mempunyai titik lebur yang tinggi, sehingga sulit untuk dibentuk menjadi kantung dengan sifat kelim panas yang baik.
- h) *Polypropylene* juga tahan lemak, asam kuat dan basa, sehingga baik untuk kemasan minyak dan sari buah. Pada suhu kamar tidak terpengaruh oleh pelarut kecuali oleh HCl.
- i) pada suhu tinggi PP akan bereaksi dengan *benzen, siklen, toluen, terpentin* dan asam nitrat kuat.

### 3. Bahan *Thermoset*

*Thermoset* adalah plastik yang mengalami perubahan kimia selama proses menuju larut secara permanen. *Phenolic, Amino, Epoxy, dan Polyester* jenuh merupakan beberapa contoh dari plastik *thermoset*. Struktur dari plastik *thermoset* hampir sama dengan *thermoplast* yakni membentuk sebuah ikatan rantai kimia, namun yang menjadi pembeda utama antara *thermoset* dan *thermoplastic* yakni sistem *cross-linking* yang dimiliki oleh masing-masing. Ketika *thermoset* mengalami proses pengerasan *cross-linking* terbentuk diantara molekul namun letaknya sangat berdekatan (hampir menempel), sehingga menghasilkan jaringan yang saling berkaitan namun sangat kompleks. Ikatan silang ini menghalangi rantai molekul yang sendiri (*individual chain*) agar tidak terpisah (*slip*), proses penghalangan aliran plastik ini terjadi ketika panas mulai diberikan. Jika panas yang diberikan pada resin *thermoset* terlalu berlebih setelah *cross-linking* terbentuk maka polimer akan mengalami kerusakan (*degraded*) dan tidak akan meleleh (Avenue, 2000).

### 4. *Elastomer*

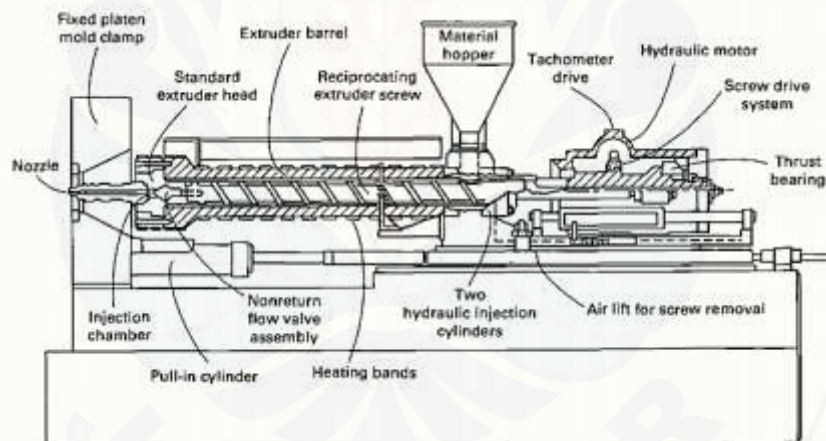
*Elastomer* adalah polimer yang memiliki ikatan silang (*cross linking*) diantara molekul. Biasanya *elastomers* tidak dapat dilunakkan tanpa mengalami kerusakan dari struktur molekul yang dimiliki. Meskipun memiliki sifat yang berbeda dari *thermoset* namun struktur dari karet ini lebih mirip dengan *thermoset* daripada *thermoplastic*. Dan ketika terkena panas karet juga akan mengeras setelah dingin dan tidak bisa melunak kembali. *Elastomers* memiliki sifat lunak dan elastis, dan dalam kehidupan sehari-hari sering disebut sebagai karet (Klein, 2011).

## 5. Compound

Polimer *compound* merupakan susunan fisik maupun kimia dari polimer yang berbeda untuk menghasilkan karakteristik material yang spesial seperti elastisitas atau kekuatan *fatigue*.

### 2.2 Mesin *Injection Molding*

Teknik *plastic injection molding* pertama kali dikenalkan oleh John Wesley Hyatt pada tahun 1868, dengan melakukan injeksi *celluloid* panas ke dalam  *mold*, untuk membuat bola billiar. Bersama saudara perempuannya Isaiiah, dia mematenkan mesin *injection mold* untuk penyedot debu tahun 1872. Tahun 1946 James Hendri untuk pertama kalinya membuat mesin *screw injection mold*, sehingga terjadi perubahan besar pada industri plastik dan 95 % mesin *molding* saat ini mengikuti teknik ini, untuk menghasilkan efisiensi panas, efisiensi campuran dan injeksi plastik ke *molding* (Jamaludin, 2007).



Gambar 2.2 Skema Mesin *Injection Molding* Tanpa *Mold* (Gauthier, 1995)

*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 (Kavade & Kadam, 2012).

### 2.3 Mekanisme Kerja *Injection Molding*

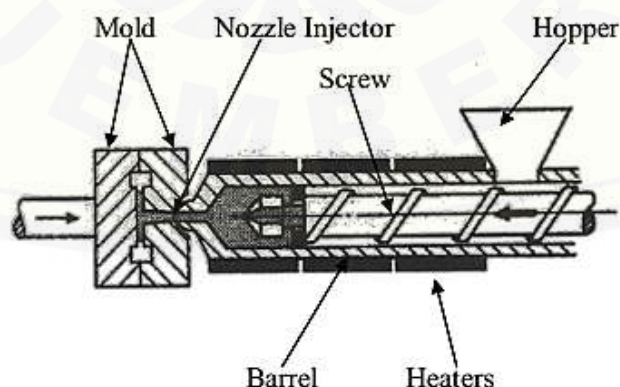
Dalam melaksanakan proses pembentukan material plastik, mesin *injection molding* memiliki 6 langkah utama yaitu (Bambang, 2011):

#### 1. Pengapitan (*Clamping*)

*Clamping* merupakan bagian yang terdapat pada mesin *injection molding* yang berfungsi sebagai pemegang dua belah cetakan (*mold*) secara bersama. Pada proses ini *clamping* akan berfungsi pada mekanisme menutupnya cetakan.

#### 2. Suntikan (*Injecting*)

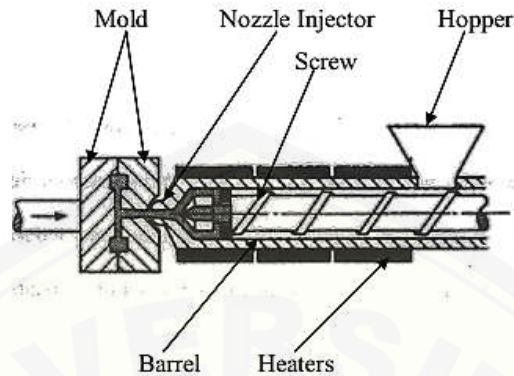
Sebelum dilakukan proses *injection* material plastik umumnya masih dalam bentuk butiran (*pellet*), kemudian material ini akan dimasukkan melalui saluran tuang (*hopper*) yang terletak di bagian atas mesin. Karena efek gravitasi material akan turun ke *barrel* yang kemudian akan dilakukan proses pencairan. Di dalam *barrel* terdapat *screw* yang digunakan sebagai alat untuk mengaduk dan mencampur material serta membawa material ke ujung *barrel*. Ketika material yang berada pada ujung *barrel* telah cukup untuk dilakukan proses pencetakan, maka proses *injection* dapat dilakukan. Plastik cair mulai di tekan ke dalam cetakan melalui saluran (*nozzle*) menuju rongga cetak (*cavity*) yang terdapat pada *molding unit* untuk kemudian dicetak sesuai dengan bentuk yang telah ditetapkan sebelumnya. Besarnya tekanan dan kecepatan pengisian diatur melalui *screw*, namun demikian pada beberapa mesin *injection molding* tertentu menggunakan pendorong lain sebagai pengganti dari *screw*.



Gambar 2.3 Proses Pengisian Material Plastik kedalam rongga cetak (Bambang, 2011)



### 3. Penahanan (*Holding*)

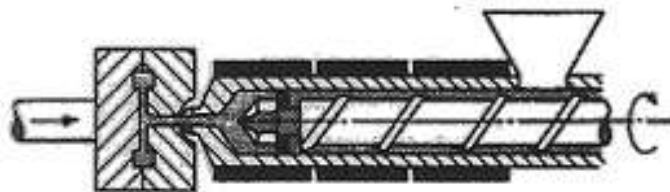


Gambar 2.4 Proses Penahanan (*Holding Pressure*) (Bambang, 2011)

Tahapan penahanan (*holding*) dilakukan ketika plastik cair telah memasuki rongga cetak. Plastik cair yang telah masuk ke dalam cetakan kemudian diberikan tekanan (*pressure*) dengan besar tertentu dan tekanan tersebut dipertahankan beberapa saat dengan tujuan untuk memastikan bahwa material plastik yang masuk ke dalam rongga cetak dapat masuk ke seluruh rongga pada cetakan secara merata. Karena proses penahanan yang dilakukan menggunakan tekanan maka proses penahanan ini disebut sebagai *holding pressure*.

### 4. Pendinginan (*Cooling*)

Plastik yang telah memenuhi rongga cetak kemudian didinginkan untuk mendapatkan bentuk padatnya. Dalam cetakan terdapat saluran-saluran kecil yang digunakan untuk dilalui cairan pendingin yang biasanya digunakan air. Cairan pendingin ini digunakan sebagai media transfer panas pada cetakan sehingga suhu yang ada pada cetakan akan menurun kemudian panas yang terdapat pada material plastik akan diserap atau berpindah pada cetakan sehingga material plastik akan lebih cepat mengeras. Pada tahap ini dilakukan pula proses pengisian ulang bahan plastik dari *hopper* untuk dilakukan proses pencetakan berikutnya.



Gambar 2.5 Proses Pendinginan dan Pengisian Ulang material Plastik (Bambang, 2011)

#### 5. Membuka Cetakan (*Open Mold*)

Setelah proses pendinginan selesai, *clamping unit* akan membuka cetakan dengan cara memisahkan kedua belah cetakan untuk kemudian dilakukan proses pelepasan (*ejecting*) benda kerja dari cetakan.

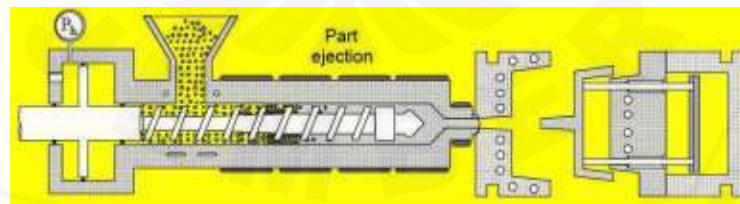


Gambar 2.6 Proses Membukanya Cetakan (Bambang, 2011)

#### 6. Pengeluaran (*Ejecting*)

Langkah terakhir adalah mengeluarkan benda jadi dari dalam cetakan 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 *molding* tidak perlu dilakukan pekerjaan lanjutan pemotongan *runner* dan *sprue*. Untuk tujuan dan desain tertentu, terkadang *runner* dan *sprue* tidak dipotong secara langsung pada saat proses *ejection*. Setelah langkah-langkah tersebut bekerja dan menghasilkan produk *molding*, maka dilanjutkan dengan proses berikutnya dengan langkah yang sama secara berulang-ulang hingga mencapai jumlah produksi yang dikehendaki.



Gambar 2.7 Proses Pelepasan Benda Kerja (Arafat, 2010)

### 2.4 Parameter Proses *Injection Molding*

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

#### 1. Temperatur injeksi

Temperatur injeksi adalah temperatur material lastik cair saat di injeksikan ke dalam cetakan melalui *nozzle*. Penentuannya ditentukan menurut zona

temperatur pemanas pada *barrel* dan *nozzle* yang telah disesuaikan menurut spesifikasi material yang ditentukan industri pengolahan bahan plastik. Pada umumnya, temperatur material plastik yang terjadi saat injeksi lebih rendah 10°C-20°C dari temperatur pada *nozzle* mesin injeksi.

## 2. Waktu tahan (*holding time*)

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

## 3. *Injection pressure*

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

## 4. Kecepatan injeksi ( *injection rate/speed* )

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

## 5. *Holding pressure*

Tekanan tahan ( *holding pressure*) diberikan saat akhir langkah injeksi dan digunakan untuk akhir 5% pengisian dari bentuk  *cavity*. Tekanan ini dinamakan tekanan tahan ( *holding pressure*) karena berfungsi untuk menahan tekanan selama proses pendinginan plastik agar memenuhi profil  *cavity* sampai



plastik membeku. Hal ini membantu untuk memastikan pengisian pada bagian yang menyempit, pencetakan dengan tekanan seragam/merata, dan mengendalikan penyusutan (*shrinkage*). Tekanan tahan biasanya sebesar 50% dari tekanan injeksi. Sehingga bila diperlukan tekanan injeksi sebesar 10.000 psi (703,1 kg/cm<sup>2</sup>), tekanan tahan haruslah mendekati nilai 5000 psi (351,5 kg/cm<sup>2</sup>).

#### 6. Batas tekanan (*pressure limit*)

*Pressure limit* adalah batas tekanan udara yang perlu diberikan untuk menggerakkan piston guna menekan bahan plastik yang telah dilelehkan (cair). Terlalu rendah tekanan, maka bahan plastik kemungkinan tidak akan keluar atau terinjeksi ke dalam cetakan. Akan tetapi jika tekanan udara terlalu tinggi dapat mengakibatkan terseburnya bahan plastik dari dalam cetakan dan hal ini akan berakibat proses produksi menjadi tidak efisien.

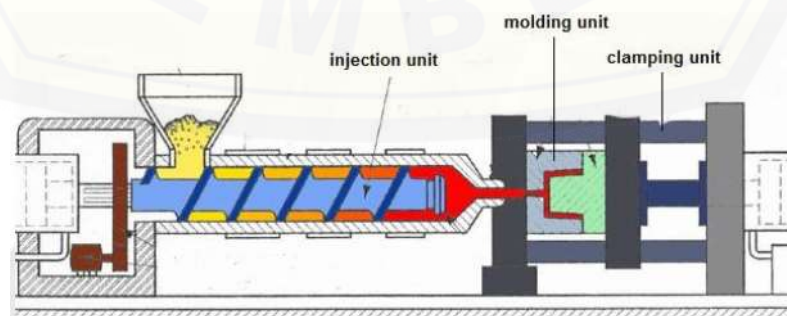
#### 7. Waktu pendinginan (*cooling time*)

Waktu pendinginan merupakan bagian waktu siklus yang sangat penting dalam proses injeksi plastik, ini berguna agar produk tidak rusak ketika terkena *ejector*. Waktu pendinginan ialah sejumlah waktu yang dibutuhkan untuk mendinginkan material plastik, dimana material mengalami 1) pembekuan, 2) menjadi cukup kaku untuk dikeluarkan dari *mold* dengan mekanisme *ejector*.

#### 8. *Eject time*

Adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengeluarkan produk dari *mold*, jumlah *ejector* dan besarnya tekanan yang diberikan yang dapat memengaruhi *eject time*.

### 2.5 Bagian-bagian Mesin *Injection Molding*



Gambar 2.8 Bagian-bagian Mesin *Injection Molding* (Sunaryo, 2015)

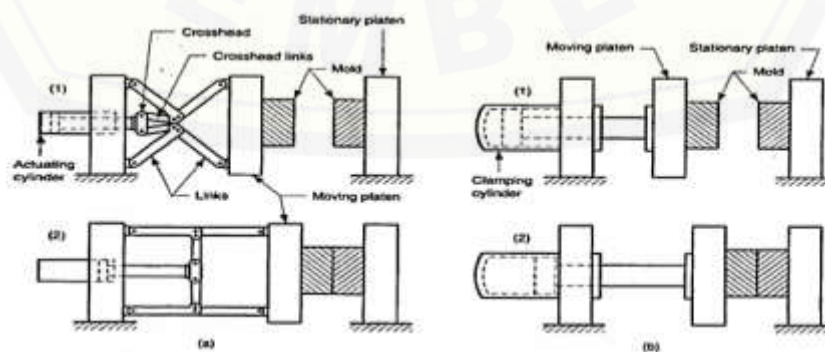
Secara umum mesin *injection molding* dibagi menjadi 3 bagian utama yaitu *injection unit*, *molding unit*, dan *clamping unit*.

### 1. *Clamping Unit*

*Clamping unit* merupakan bagian dalam mesin *injection molding* yang berfungsi sebagai pengatur gerakan dari  *mold unit* serta gerakan *ejector* saat melepas benda kerja dari *molding unit*. *Clamping unit* merupakan bagian yang begitu kompleks yang terdiri dari mesin *molding* (cetakan), *dwelling* untuk memastikan *molding* terisi penuh oleh resin, *injection* untuk memasukan resin melalui *sprue* pendingin, dan *ejector* untuk mengeluarkan hasil cetakan plastik dari *molding* (Sunaryo, 2015).

Terdapat 3 macam *clamping unit* yang dipakai pada umumnya, yaitu:

- Mechanism Toggle Clamp*, yaitu mekanisme gerakan mesin membuka dan menutup  *mold* dengan menggunakan mekanisme gerakan *toggle* seperti engsel pada lengan manusia, contohnya ; Mesin Niigata, Hyundai, dll.
- Mechanism Hydraulic clamp*, yaitu mekanisme gerakan mesin dengan menggunakan mekanisme *electric* motor dan pompa *hydraulic* sebagai mekanisme penggerak utamanya, contohnya ; Mesin Arburg, Mitsubishi, dll.
- Mechanism Servo Motor*, yaitu mekanisme gerakan utama mesin dengan menggunakan sistem *electric/servo* motor yang memiliki variabel *speed* yang diatur dengan program *logic*, pada mekanisme ini terjadi perubahan dari gaya *radial* akibat putaran motor menjadi gaya *aksial*, contohnya ; Mesin Fanuc, Mitsubishi, dll

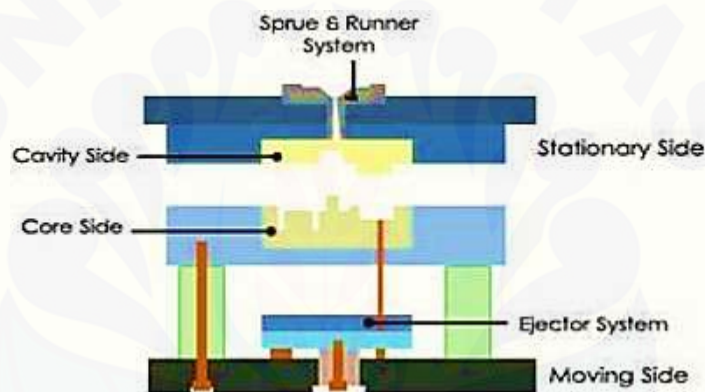


Gambar 2.9 Mekanisme *Clamping Unit* (a) *Toggle Clamp* (b) *Hydraulic Clamp*  
([http://www.sinotech.com/Tutorial:injection molded part](http://www.sinotech.com/Tutorial:injection%20molded%20part))

Pada saat mencekam  *mold*, mesin harus mampu menahan gaya membuka (*open force*) ketika proses injeksi berlangsung. Karena proses injeksi menggunakan kekuatan *hidraulic* yang cukup besar. Jika mesin tidak mampu menahan, maka  *mold* akan sedikit membuka sehingga material cair plastik akan meluber dari cetakan dan terjadi cacat.

## 2. Molding Unit

*Molding Unit* pada dasarnya merupakan bagian dari  *injection unit*. *Molding unit* merupakan bagian yang mengatur proses pembentukan material plastik menjadi bentuk sesuai dengan cetakan ( *mold*). *Molding unit* terdiri dari serangkaian peralatan yang membentuk sistem pencetak. Peralatan pembentuk tersebut yaitu:



Gambar 2.10 *Mold Unit* (<http://www.ok.or.id>)

- Stationary side* : yaitu bagian dari  *molding unit* yang posisinya berhubungan langsung dengan  *nozzle* serta letaknya stasioner atau diam.
- Moving side* : yaitu bagian dari  *molding unit* yang berfungsi pada mekanisme membuka dan menutupnya  *mold*.
- Ejector system* : merupakan sistem yang digunakan sebagai alat untuk melepaskan benda kerja dari cetakan.
- Mold* : merupakan bagian yang digunakan untuk membentuk material menjadi bentuk-bentuk tertentu sesuai dengan perencanaan yang telah ditetapkan sebelumnya.
- Cooling system* : merupakan sistem yang mengatur proses pendinginan plastik cair ketika proses  *filling* telah selesai dilakukan. Tujuan dari proses  *cooling* ini agar produk dapat segera mengeras sehingga dapat mengurangi waktu produksi dan dapat menambah jumlah produksi.

### 3. *Injection Unit*

Merupakan bagian yang berfungsi sebagai tempat pengolahan plastik. Dimulai dari masuknya biji plastik (*granule*) melalui *hopper* menuju tungku pemanas (*barrel*), didalam *barrel* material akan dipanaskan menggunakan *heater* dengan temperatur sesuai dengan *melting point* dari material plastik yang digunakan. Selain dilelehkan plastik akan mengalami proses pengadukan (*mixing*), proses pengadukan yang dilakukan menggunakan bantuan *screw* yang terdapat di dalam *barrel*. Fungsi lain dari *screw* selain sebagai media tekan (*inject*) juga merupakan sebagai pengaduk material plastik cair agar didapatkan material plastik yang homogen.



Gambar 2.11 Bagian *Injection Unit* dari Mesin *Injection Molding* (<http://www.netstal.com>)

### 2.6 Cacat Pada *Injection Molding*

Cacat atau *defect* merupakan sebuah kerusakan yang terjadi akibat ketidaksesuaian parameter proses, maupun prosedur pelaksanaan proses produksi yang mengakibatkan produk yang dihasilkan menjadi tidak sempurna. Penyebab utama cacat pada produk pada *injection molding* yaitu (Anonymous, 2014) :

1. Kualitas dari material plastik cair.
2. Kecocokan (homogenitas) dari material tambahan.
3. Kondisi proses.
4. Perawatan dari cetakan dan mesin *injection molding*.
5. Desain sistem *runner*, instalasi dari cetakan dan temperatur.
6. Desain cetakan, posisi *gate*, ukuran *gate*, saluran udara, dan posisi ejector.
7. Tidak meratanya desain *cooling* cetakan.



### 2.6.1 Jenis-jenis Cacat *Injection Molding*

#### 1. *Flash*

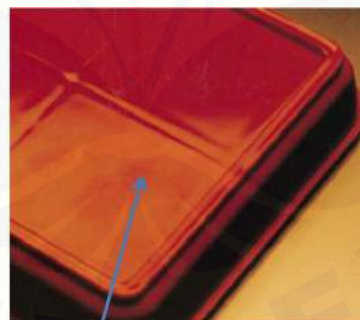
*Flash* merupakan material plastik yang terbentuk di sekitar bagian garis dari produk dan biasanya terbentuk karena adanya sedikit celah terbuka pada cetakan selama proses pengisian atau pada saat fase penahanan.



2.12 Contoh Cacat *Flash* (Anonymous, 2014)

#### 2. *Sink Marks*

*Sink marks* merupakan bagian yang menggelembung secara merata dan sedikit lebih tebal di area tertentu pada produk seperti ditunjukkan pada gambar 2.13 pada bagian permukaan “A”.



'A' Surface

Gambar 2.13 Cacat *Sink Mark* (Anonymous, 2014)

#### 3. *Short Mouldings*

*Short moulding* merupakan cacat yang sering terjadi pada bagian pojok atau pada bagian yang tipis. Cacat ini merupakan tidak sempurnanya hasil pencetakan produk karena cetakan tidak terisi dengan sempurna oleh material

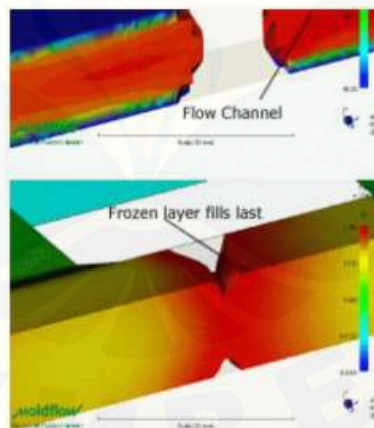
plastik. Faktor lain yang mengakibatkan terjadinya cacat *short moulding* yaitu *shoot size* yang terlalu kecil.



Gambar 2.14 Cacat *Short Moulding* (Anonimous, 2014)

#### 4. *Weld Line*

*Weld line* merupakan garis yang dapat terbentuk pada permukaan produk dan biasanya terletak diantara *gate* atau hilir lubang. *Weld line* terbentuk ketika material plastik yang terpisah menjadi berlainan arah bertemu membentuk suatu garis pada salah satu bagian permukaan benda kerja yang mengakibatkan menurunnya kekuatan dari produk tersebut.

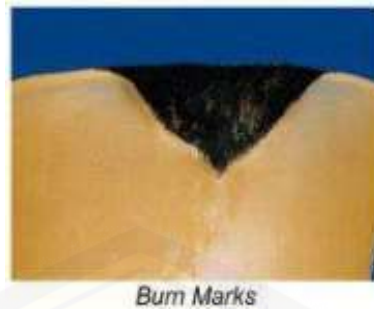


Gambar 2.15 *Weld Line Simulation* (Anonimous, 2014)

#### 5. *Burn Marks or Gas Traps*

Merupakan cacat yang terjadi akibat adanya udara yang terperangkap ketika proses pengisian material plastik ke dalam cetakan. Udara ini tidak mampu melepaskan diri menuju saluran pembuangan udara dan terkompresi oleh panas yang dihasilkan oleh temperatur plastik leleh dan membentuk bagian seperti terbakar.





Gambar 2.16 Cacat *Burn Marks* (Anonymous, 2014)

#### 6. *Black Dot*

Merupakan cacat pada produk hasil *injection molding* yang berbentuk bintik berwarna hitam atau coklat pada permukaan dari produk. Cacat ini biasanya terjadi karena adanya kontaminasi berupa kotoran baik yang terdapat pada material maupun yang berada pada cetakan.



Gambar 2.17 Cacat *Black Dots* (Anonymous, 2014)

### 2.7 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 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 (Soejanto, 2009).

#### 2.7.1 Tahapan Dalam Metode *Taguchi*

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

## 1. 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):

- a. Perumusan masalah
  - b. Menentukan variabel tak bebas
  - c. Identifikasi faktor-faktor atau variabel bebas
  - d. Penentuan jumlah level dan nilai level faktor
  - e. Perhitungan derajat kebebasan
  - f. Penentuan matriks orthogonal
- ## 2. 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 ratios (Signal to Noise Ratio)*.

*S/N Ratio* merupakan suatu bilangan yang didapatkan dari hasil perhitungan dan 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 kedalam 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 statik yaitu:

### a. *Smaller to 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:

$$S / N \text{ Ratio} = -10 \times \log \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana n = jumlah data  
y = data respon pengukuran

b. *Large the Better*

Optimasi jenis ini merupakan kebalikan dari optimasi *Smaller the Better*. Rumus yang digunakan adalah:

$$S / N \text{ Ratio} = -10 \times \log \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \dots\dots\dots(2.2)$$

c. *Nominal the Better*

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 industri manufaktur), perbandingan unsur kimiawi pada suatu campuran (pada industri kimia), dan lain-lain. Rumus yang dapat digunakan adalah:

$$S / N \text{ Ratio} = -10 \log V_e \dots\dots\dots(2.3)$$

$$S / N \text{ Ratio} = -10 \log \left( \frac{V_m - V_e}{n V_e} \right) \dots\dots\dots(2.4)$$

d. *Sum of Square*

*Sum of Square* adalah jumlah variasi nilai S/N ratio dari setiap level pada masing-masing parameter kendali. Besarnya *Sum of Square* dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$SS = \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2 \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana: n = jumlah level dari setiap *control factor*  
R<sub>i</sub> = nilai S/N Ratio pada level ke-n  
R̄ = nilai rata-rata S/N Ratio dari ke-3 level

3. Analisis hasil percobaan

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

a. 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.

b. 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)

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

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

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

- 3)  $SS_A$  (Jumlah kuadrat faktor A)

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

- 4)  $SS_B$  (Jumlah kuadrat faktor B)

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

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

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

6)  $SS_C$  (Jumlah kuadrat faktor C)

$$SS_C = \frac{[Total\ C1]^2}{n_1} + \frac{[Total\ C2]^2}{n_2} - \frac{[Total\ C]^2}{n_1+n_2} \dots\dots\dots(2.11)$$

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

$$SS_{A \times C} = \frac{[Total\ A \times C1]^2}{n_1} + \frac{[Total\ A \times C2]^2}{n_2} - \frac{[Total\ C]^2}{n_1+n_2} \dots\dots\dots(2.12)$$

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

$$SS_{B \times C} = \frac{[Total\ B \times C1]^2}{n_1} + \frac{[Total\ B \times C2]^2}{n_2} - \frac{[Total\ C]^2}{n_1+n_2} \dots\dots\dots(2.13)$$

9)  $SS_D$  (Jumlah kuadrat faktor D)

$$SS_D = \frac{[Total\ D1]^2}{n_1} + \frac{[Total\ D2]^2}{n_2} - \frac{[Total\ D]^2}{n_1+n_2} \dots\dots\dots(2.14)$$

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

$$SS_{A \times D} = \frac{[Total\ A \times D1]^2}{n_1} + \frac{[Total\ A \times D2]^2}{n_2} - \frac{[Total\ D]^2}{n_1+n_2} \dots\dots\dots(2.15)$$

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

$$SS_{B \times D} = \frac{[Total\ B \times D1]^2}{n_1} + \frac{[Total\ B \times D2]^2}{n_2} - \frac{[Total\ D]^2}{n_1+n_2} \dots\dots\dots(2.16)$$

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

$$SS_{C \times D} = \frac{[Total\ C \times D1]^2}{n_1} + \frac{[Total\ C \times D2]^2}{n_2} - \frac{[Total\ D]^2}{n_1+n_2} \dots\dots\dots(2.17)$$

13)  $SS_e$  (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 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 2.1 berikut:



Tabel 2.1 Tabel ANOVA dua arah (Sidi : 2013)

Sumber Variasi	S	V	MS	F Hitung	Kontribusi
Faktor A	SS <sub>A</sub>	V <sub>A</sub>	MS <sub>A</sub>	MS <sub>A</sub> /MS <sub>e</sub>	SS' <sub>A</sub> /SS <sub>T</sub>
Faktor B	SS <sub>B</sub>	V <sub>B</sub>	MS <sub>B</sub>	MS <sub>B</sub> /MS <sub>e</sub>	SS' <sub>B</sub> /SS <sub>T</sub>
Faktor AxB	SS <sub>AxB</sub>	V <sub>AXVB</sub>	MS <sub>AxB</sub>	MS <sub>AxB</sub> /MS <sub>e</sub>	SS' <sub>AxB</sub> /SS <sub>T</sub>
Faktor C	SS <sub>C</sub>	V <sub>C</sub>	MS <sub>C</sub>	MS <sub>C</sub> /MS <sub>e</sub>	SS' <sub>C</sub> /SS <sub>T</sub>
Faktor AxC	SS <sub>AxC</sub>	V <sub>AXVB</sub>	MS <sub>AxC</sub>	MS <sub>AxC</sub> /MS <sub>e</sub>	SS' <sub>AxC</sub> /SS <sub>T</sub>
Faktor BxC	SS <sub>BxC</sub>	V <sub>BxC</sub>	MS <sub>BxC</sub>	MS <sub>BxC</sub> /MS <sub>e</sub>	SS' <sub>BxC</sub> /SS <sub>T</sub>
Faktor D	SS <sub>D</sub>	V <sub>D</sub>	MS <sub>D</sub>	MS <sub>D</sub> /MS <sub>e</sub>	SS' <sub>D</sub> /SS <sub>T</sub>
Faktor AxD	SS <sub>AxD</sub>	V <sub>AXVD</sub>	MS <sub>AxD</sub>	MS <sub>AxD</sub> /MS <sub>e</sub>	SS' <sub>AxD</sub> /SS <sub>T</sub>
Faktor BxD	SS <sub>BxD</sub>	V <sub>BxD</sub>	MS <sub>BxD</sub>	MS <sub>BxD</sub> /MS <sub>e</sub>	SS' <sub>BxD</sub> /SS <sub>T</sub>
Faktor CxD	SS <sub>CxD</sub>	V <sub>CxD</sub>	MS <sub>CxD</sub>	MS <sub>CxD</sub> /MS <sub>e</sub>	SS' <sub>CxD</sub> /SS <sub>T</sub>
Residual	S <sub>se</sub>	V <sub>e</sub>	MS <sub>e</sub>	1	SS' <sub>e</sub> /SS <sub>T</sub>
Total	SS <sub>T</sub>	V <sub>T</sub>	-	-	100%

Dimana :

V<sub>A</sub> = derajat bebas faktor A

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

V<sub>B</sub> = derajat bebas faktor B

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

V<sub>AxB</sub> = derajat bebas faktor AxB

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

V<sub>C</sub> = derajat bebas faktor C

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

V<sub>AxC</sub> = derajat bebas faktor AxC

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

V<sub>BxC</sub> = derajat bebas faktor BxC

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

V<sub>D</sub> = 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

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

c. 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 :

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

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

Maka :

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

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

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

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

#### 4. 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 :

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

Nilai  $F_{\text{sumber}}$  tersebut dibandingkan nilai F dari tabel pada harga  $\alpha$  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  $\mu_1$  yang tidak sama

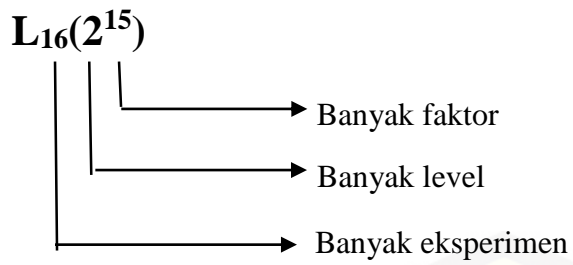
Apabila nilai  $F_{\text{hitung}}$  lebih kecil nilai  $F_{\text{tabel}}$  ( $F_{\text{hitung}} < F_{\text{Tabel}}$ ), maka hipotesis  $H_0$  diterima. Namun jika nilai  $F_{\text{hitung}}$  lebih besar dari nilai  $F_{\text{tabel}}$  ( $F_{\text{hitung}} > F_{\text{Tabel}}$ ), maka hipotesis  $H_0$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

Pada uji hipotesis ini ditentukan *level of signifikan* ( $\alpha$ ) 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.

#### 2.7.2 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 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.

Tabel 2.2 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

## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian mengenai proses produksi menggunakan *injection molding* dilaksanakan di PT. Berlina Tbk Jl. Pandaan – Malang KM 43 Kecamatan Pandaan Kabupaten Pasuruan Propinsi Jawa Timur. Waktu pelaksanaan penelitian yakni dijadwalkan bulan Maret 2017 - April 2017.

### 3.2 Bahan dan Alat

#### 3.2.1 Bahan

Dalam proses pencetakan produk tutup botol dengan ukuran 180 ml, bahan yang digunakan dalam penelitian ini yakni *PolyPropylene* (PP). Material PP memiliki sifat kuat dibandingkan dengan beberapa material plastik yang lain. Adapun spesifikasi dari material PP yaitu:

- a) Kristalinitas : 60 %
- b) Massa Jenis [ $10^3 \text{ kg.m}^{-3}$ ] : 0,90
- c) Tg [ $^{\circ}\text{C}$ ] : 10
- d) Tm [ $^{\circ}\text{C}$ ] : 176
- e) Tegangan Tarik [ $\text{N.mm}^{-2}$ ] : 30 sampai 40
- f) Modulus Tarik [ $\text{N.mm}^{-2}$ ] : 1,1 sampai 1,6
- g) Perpanjangan [%] : 50 sampai 600
- h) *Hardness* [R Scale] : 80



Gambar 3.1 Biji Plastik *PolyPropylene* (PP)

Selain menggunakan material murni PP, dalam proses pembuatan produk tutup botol tipe ulir dengan ukuran 120 ml juga menggunakan material campuran



yaitu *afval* yang digunakan untuk memberikan warna pada produk serta untuk menghemat material murni PP. Material *afval* pada dasarnya merupakan hasil daur ulang dari produk yang tidak masuk dalam kualifikasi produksi (*reject*) atau pun material sisa dari hasil produksi seperti material pada *runner* dan *gate*.



Gambar 3.2 Biji Plastik *PolyPropylene* (PP) yang Tercampur *Afval*



Gambar 3.3 Produk Tutup Botol 180 ml

### 3.2.2 Alat

Alat yang digunakan untuk penelitian adalah sebagai berikut :

1. Mesin ARBURG All Rounder 420 C tipe ARB 1000 290 yang memproduksi tutup botol 180 ml. Untuk spesifikasi mesin adalah sebagai berikut :
  - a. Tahun Pembuatan : 2011
  - b. Jumlah *cavity/mold* : 8
  - c. Diameter *Screw* : 45 mm
  - d. Kecepatan *Screw* : 11 - 75 rpm
  - e. *Max Open Stroke* : 500 mm
  - f. *Min Mould Height* : 250 mm
  - g. *Max Platten Daylight* : 750 mm

- h. *Clearance Between Tiebar* : 420 x 420
- i. *Ejector Stroke* : 176 mm
- j. *Diameter Locating Ring* : 125 mm
- k. *Jumlah Panel Cooling* : 22°C 5 buah, dan 27°C 7 buah
- l. *Core Pneumatic* : 1
- m. *Pneumatic Blowing* : 2
- n. *Operating Voltage* : 400 V 3~ 50 Hz
- o. *Control Voltage* : 230 V ~ 50 Hz
- p. *Motor/Heating Rated Current* : 66/14 A
- q. *Total Rated Current* : 80 A



Gambar 3.4 Mesin *Injection Molding*

2. Neraca analitis Star type 0s untuk menimbang berat produk atau *netto* produk tutup botol 180 ml. Spesifikasi alat adalah sebagai berikut :

- Toleransi :  $\frac{1}{1000}$  g
- S/N : C 300513



Gambar 3.5 Neraca Analitis

### 3.3 Tahap Identifikasi Permasalahan

Tahapan ini merupakan tahap awal dari pelaksanaan proses penelitian, identifikasi masalah bertujuan untuk mengetahui berbagai jenis permasalahan (studi kasus) yang nantinya dapat digunakan sebagai topik dalam penelitian. Tahap ini terdiri dari:

a. Survei Lapangan dan Identifikasi Faktor yang Berpengaruh

Tahapan ini dilakukan untuk mendapatkan informasi sebanyak mungkin mengenai keseluruhan aktivitas proses produksi yang terjadi di perusahaan. Dari tahap ini akan didapatkan informasi nyata mengenai proses produksi, produk hasil produksi, spesifikasi produk, permasalahan yang sering terjadi serta karakter kualitas yang dimiliki oleh perusahaan. Selain itu juga dilakukan identifikasi faktor yang berpengaruh pada proses produksi, tahapan ini dilakukan guna mengetahui faktor-faktor apa saja yang menjadi penyebab terjadinya permasalahan dalam perusahaan kemudian selanjutnya diangkat menjadi kajian sebagai dasar pelaksanaan penelitian. Survey lapangan yang dilakukan yaitu pada PT Berlina Tbk pada divisi *injection molding* pada mesin ARBURG All Rounder 420 C tipe ARB 1000 290 yang memproduksi tutup botol tipe ulir ukuran 180 ml.

b. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan guna memperoleh informasi yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilaksanakan baik berupa materi terkait, penelitian terdahulu, buku, jurnal, maupun sumber lain yang relevan dan dapat dipertanggungjawabkan sumbernya. Tahap ini sangat penting untuk dilakukan mengingat pelaksanaan penelitian akan dilaksanakan pada suatu instansi tertentu serta hasil yang didapat dari penelitian akan digunakan sebagai kajian bagi instansi tersebut untuk diaplikasikan dalam proses produksi selanjutnya. Selain itu teori dan informasi yang didapatkan dari studi literatur dapat dijadikan sebagai landasan dan kerangka berfikir dalam menjabarkan suatu permasalahan.

c. Perumusan Masalah dan Penentuan Tujuan Penelitian

Tahapan selanjutnya yaitu perumusan permasalahan dan tujuan penelitian sesuai dengan kondisi proses produksi beserta permasalahan yang terjadi di perusahaan.

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

Pada dasarnya terdapat banyak variabel proses atau faktor yang berpengaruh terhadap proses *injection molding* pada PT Berlina Tbk. Dalam hal ini terdapat dua jenis variabel yaitu:

1) Variabel Respon (Variabel tak Bebas)

Merupakan variabel yang menjadi objek penelitian yang akan diamati, variabel ini merupakan karakteristik kualitas yang kritis yang dimiliki oleh produk tutup botol yang dipilih yaitu tipe ulir dengan ukuran 180 ml. dalam hal ini variabel respon yang dipilih adalah waktu siklus (*cycle time*), *netto* produk, dan cacat *flash* yang terjadi pada produk.

2) Variabel Proses (Variabel Bebas)

Merupakan variabel yang besarnya dapat dirubah, ditentukan dan dikendalikan sesuai dengan pertimbangan dan tujuan dari penelitian yang akan dilakukan. Dalam penelitian ini akan digunakan empat faktor kendali yang diduga memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel respon. Faktor-faktor yang akan digunakan adalah *injection pressure*, *injection speed*, *holding pressure*, dan *nozzle temperature*.

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 protokol 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 2. Nilai yang akan digunakan dalam penentuan masing-masing level disesuaikan dengan toleransi yang diizinkan oleh perusahaan yaitu:

- Tekanan :  $\pm 50$  bar
- Temperatur :  $\pm 20^{\circ}\text{C}$

- Speed :  $\pm 50$  mm/s

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
Kode	Perusahaan
<i>Injection Pressure</i>	1300 bar
<i>Injection Speed</i>	45 mm/s
<i>Holding Pressure</i>	350 bar
<i>Nozzle Temperature</i>	250°C

Tabel 3.2 Nilai Level yang Digunakan Dalam Penelitian

Faktor	Level Bawah	Level Atas
Kode	1	2
<i>Injection Pressure</i>	1280 bar	1320 bar
<i>Injection Speed</i>	40 mm/s	50 mm/s
<i>Holding Pressure</i>	300 bar	400 bar
<i>Nozzle Temperature</i>	245°C	255°C

### 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. Menimbang material bahan baku plastik PP dan dicampurkan dengan material tambahan *afval* PP sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan.
2. Memasukkan material yang telah tercampur kedalam tendon (*hopper*) pada mesin *injection molding* untuk kemudian dilaksanakan proses selanjutnya.
3. Mengatur temperatur *barrel* pada mesin sesuai dengan *melting temperature* material plastik PP.
4. Mengatur *injection pressure* sesuai standar awal dari perusahaan yaitu 1300 bar.
5. Mengatur *injection speed* sesuai standar awal dari perusahaan yaitu 45 mm/s
6. Mengatur *holding pressure* sesuai standar awal dari perusahaan yaitu 350 bar.
7. Mengatur *nozzle temperature* sesuai standar awal dari perusahaan yaitu 250°C
8. Menjalankan mesin sampai pada kondisi yang maksimal yaitu sampai mesin menghasilkan produk yang baik dan stabil.
9. Ulangi langkah (1) sampai dengan (8) dengan mengubah nilai level dari variabel *injection pressure*, *injection speed*, *holding pressure*, dan *nozzle temperature* sesuai dengan tabel 3.1.
10. Pengukuran waktu siklus (*cycle time*) dilakukan dengan mencatat data yang telah tertera pada layar monitor mesin *injection molding*.
11. Pengambilan dan pengukuran *netto* produk dilakukan tiap dua kali mesin melakukan proses produksi hingga selesai atau  *mold* dalam keadaan terbuka. Jeda satu kali proses produksi dimaksudkan untuk memberikan waktu pada mesin agar lebih beradaptasi pada perubahan *setting* yang

dilakukan. Pengukuran *netto* produk menggunakan neraca yang dimiliki oleh PT. Berlina Tbk.

12. Dilakukan pemeriksaan terhadap kualitas produk yang dihasilkan oleh mesin dengan berbagai kombinasi parameter yang telah dilakukan selama penelitian. Hal terpenting yang perlu diamati adalah cacat yang terjadi pada produk akhir, kualitas dari produk harus sesuai dengan kriteria yang diinginkan oleh PT. Berlina 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 16*. 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  $L_{16}(2^{15})$  karena nilai dari derajat bebas adalah 10 dan faktor yang digunakan yaitu 4 faktor dengan masing-masing memiliki 2 nilai level. Rancangan matriks *orthogonal array* dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Rancangan Matriks *Orthogonal Array*  $L_{16}(2^{15})$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
eks	Injection Pressure (bar)	Injection Speed (mm/s)	IPXIS	Holding Pressure (bar)	IPXHP	ISXHP	HPxNT	Nozzle Temperature (oC)	IPxNT	ISxNT
1	1280	40	1	300	1	1	1	245	1	1
2	1280	40	1	300	1	1	1	255	2	2
3	1280	40	1	400	2	2	2	245	1	1
4	1280	40	1	400	2	2	2	255	2	2
5	1280	50	2	300	1	2	2	245	1	2
6	1280	50	2	300	1	2	2	255	2	1
7	1280	50	2	400	2	1	1	245	1	2
8	1280	50	2	400	2	1	1	255	2	1
9	1320	40	2	300	2	1	2	245	2	1
10	1320	40	2	300	2	1	2	255	1	2
11	1320	40	2	400	1	2	1	245	2	1
12	1320	40	2	400	1	2	1	255	1	2
13	1320	50	1	300	2	2	1	245	2	2
14	1320	50	1	300	2	2	1	255	1	1
15	1320	50	1	400	1	1	2	245	2	2
16	1320	50	1	400	1	1	2	255	1	1

Tabel 3.4 Tabel Data Waktu Siklus (*cycle time*) Hasil Penelitian

eks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Cycle Time (s)		
	Injection Pressure (bar)	Injection Speed (mm/s)	IPXIS	Holding Pressure (bar)	IPXHP	ISXHP	HPxNT	Nozzle Temperature (oC)	IPxNT	ISxNT	1	2	3
1	1280	40	1	300	1	1	1	245	1	1			
2	1280	40	1	300	1	1	1	255	2	2			
3	1280	40	1	400	2	2	2	245	1	1			
4	1280	40	1	400	2	2	2	255	2	2			
5	1280	50	2	300	1	2	2	245	1	2			
6	1280	50	2	300	1	2	2	255	2	1			
7	1280	50	2	400	2	1	1	245	1	2			
8	1280	50	2	400	2	1	1	255	2	1			
9	1320	40	2	300	2	1	2	245	2	1			
10	1320	40	2	300	2	1	2	255	1	2			
11	1320	40	2	400	1	2	1	245	2	1			
12	1320	40	2	400	1	2	1	255	1	2			
13	1320	50	1	300	2	2	1	245	2	2			
14	1320	50	1	300	2	2	1	255	1	1			
15	1320	50	1	400	1	1	2	245	2	2			
16	1320	50	1	400	1	1	2	255	1	1			

Tabel 3.5 Tabel Data *Netto* Produk Hasil Penelitian

eks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Data Netto (gram)		
	Injection Pressure (bar)	Injection Speed (mm/s)	IPXIS	Holding Pressure (bar)	IPXHP	ISXHP	HPxNT	Nozzle Temperature (oC)	IPxNT	ISxNT	1	2	3
1	1280	40	1	300	1	1	1	245	1	1			
2	1280	40	1	300	1	1	1	255	2	2			
3	1280	40	1	400	2	2	2	245	1	1			
4	1280	40	1	400	2	2	2	255	2	2			
5	1280	50	2	300	1	2	2	245	1	2			
6	1280	50	2	300	1	2	2	255	2	1			
7	1280	50	2	400	2	1	1	245	1	2			
8	1280	50	2	400	2	1	1	255	2	1			
9	1320	40	2	300	2	1	2	245	2	1			
10	1320	40	2	300	2	1	2	255	1	2			
11	1320	40	2	400	1	2	1	245	2	1			
12	1320	40	2	400	1	2	1	255	1	2			
13	1320	50	1	300	2	2	1	245	2	2			
14	1320	50	1	300	2	2	1	255	1	1			
15	1320	50	1	400	1	1	2	245	2	2			
16	1320	50	1	400	1	1	2	255	1	1			

Tabel 3.6 Tabel Data Cacat *Flash* Produk Hasil Penelitian

eks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Flash (unit)
	Injection Pressure (bar)	Injection Speed (mm/s)	IPXIS	Holding Pressure (bar)	IPXHP	ISXHP	HPxNT	Nozzle Tempera ture (oC)	IPxNT	ISxNT	
1	1280	40	1	300	1	1	1	245	1	1	
2	1280	40	1	300	1	1	1	255	2	2	
3	1280	40	1	400	2	2	2	245	1	1	
4	1280	40	1	400	2	2	2	255	2	2	
5	1280	50	2	300	1	2	2	245	1	2	
6	1280	50	2	300	1	2	2	255	2	1	
7	1280	50	2	400	2	1	1	245	1	2	
8	1280	50	2	400	2	1	1	255	2	1	
9	1320	40	2	300	2	1	2	245	2	1	
10	1320	40	2	300	2	1	2	255	1	2	
11	1320	40	2	400	1	2	1	245	2	1	
12	1320	40	2	400	1	2	1	255	1	2	
13	1320	50	1	300	2	2	1	245	2	2	
14	1320	50	1	300	2	2	1	255	1	1	
15	1320	50	1	400	1	1	2	245	2	2	
16	1320	50	1	400	1	1	2	255	1	1	

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 bukti yang tidak konsisten ataupun tidak signifikan dengan hipotesis dan penerimaan dilakukan bila tidak ditemukannya bukti untuk menolak hipotesis. Pada penelitian ini ditetapkan nilai taraf signifikansi  $\alpha$  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.

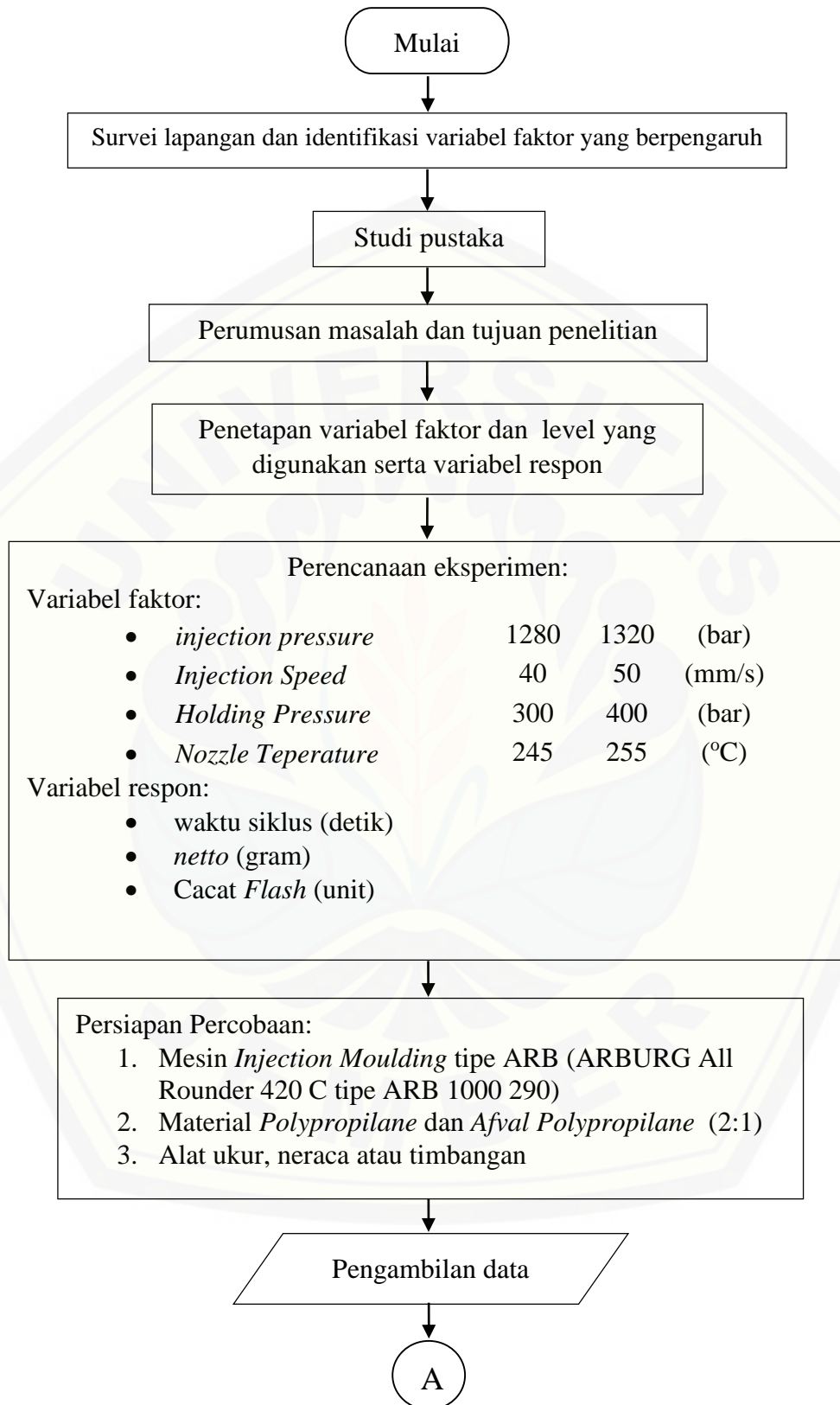
### **3.5 Penarikan Kesimpulan**

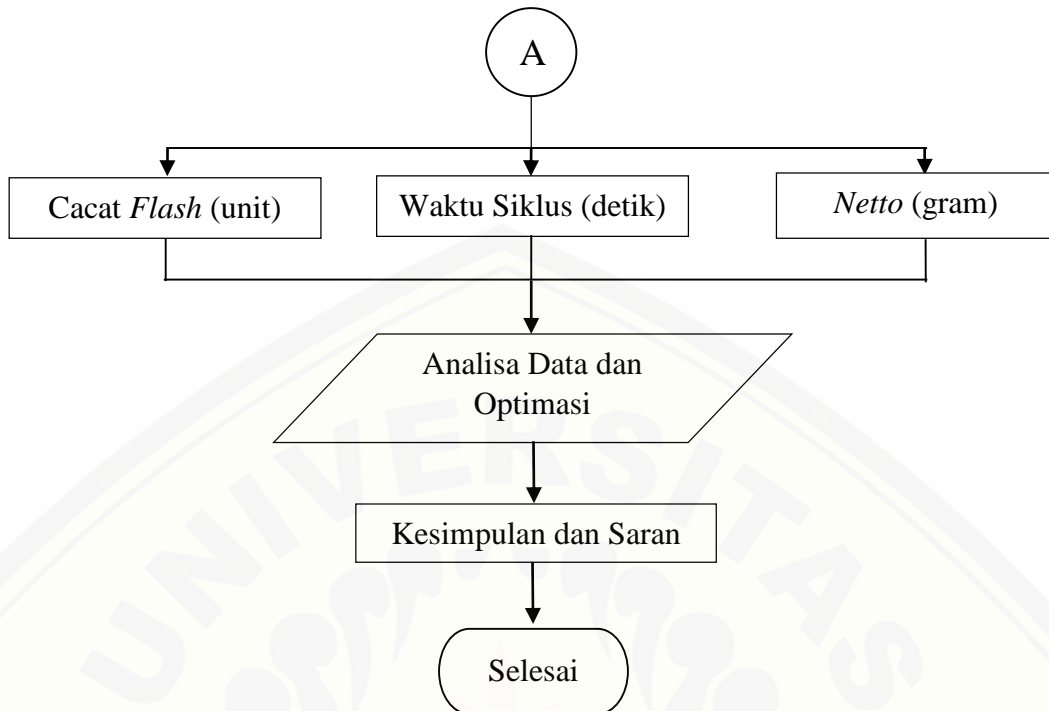
Penarikan kesimpulan merupakan tahap terakhir dari serangkaian tahapan penelitian. Pada tahap ini dilakukan analisis dan penafsiran terhadap hasil pengolahan dan eksperimen. Dari hasil analisis serta penafsiran yang telah dilakukan tersebut dapat digunakan sebagai dasar penarikan beberapa kesimpulan 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 sebuah diagram alir guna mempermudah dalam pemahaman setiap langkah yang akan dilaksanakan. Adapun diagram alir dari penelitian yang dilakukan dari awal hingga akhir yaitu:







Gambar 3.5 Diagram Alur Penelitian

### 3.7 Rencana Jadwal Penelitian

Adapun rencana jadwal kegiatan penelitian dapat dilihat pada tabel 3.6 dibawah ini:

Tabel 3.7 Rencana Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Februari				Maret				April				Mei							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Studi Literatur	█																			
2	Penyusunan proposal					█															
4	Pelaksanaan Penelitian									█											
5	Analisis Data													█							
6	Penyusunan Laporan																	█			

## 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:

1. Setelah dilakukan perhitungan dan analisis data menggunakan *software minitab* 16 dapat diketahui bahwa dengan *level of significant* ( $\alpha$ ) sebesar 0,05, parameter yang digunakan dalam penelitian yang memiliki pengaruh signifikan terhadap waktu siklus yaitu *injection pressure* dan *nozzle temperature* namun secara individu parameter yang paling memberikan pengaruh terhadap waktu siklus yaitu *nozzle temperature* sebesar 255°C.
2. Setelah dilakukan perhitungan dan analisis data menggunakan *software minitab* 16 dapat diketahui bahwa dengan *level of significant* ( $\alpha$ ) sebesar 0,05, parameter yang digunakan dalam penelitian yang memiliki pengaruh signifikan terhadap *netto* produk yaitu *injection pressure*, *holding pressure*, dan *nozzle temperature* namun secara individu parameter yang paling memberikan pengaruh terhadap *netto* yaitu *holding pressure* sebesar 300 bar.
3. Setelah dilakukan perhitungan dan analisis data menggunakan *software minitab* 16 dapat diketahui bahwa dengan *level of significant* ( $\alpha$ ) sebesar 0,05, parameter yang digunakan dalam penelitian yang memiliki pengaruh signifikan terhadap cacat *flash* produk yaitu hanya *injection pressure* sebesar 1280 bar.
4. Dari hasil perhitungan dan optimasi didapatkan bahwa kondisi optimal *setting* parameter pembuatan produk tutup botol 180 ml yaitu dengan kombinasi parameter *injection pressure* sebesar 1320 bar, *injection speed* sebesar 50 mm/s, *holding pressure* sebesar 300 bar, dan *nozzle temperature* sebesar 255°C. Dari *setting* tersebut didapatkan hasil waktu siklus (*cycle time*) sebesar 15,72 detik dengan *netto* produk yang masih sesuai dengan standar kelayakan perusahaan yaitu sebesar  $\pm 3,56$  gram. Dengan menggunakan *setting* ini mampu meningkatkan produktifitas pembuatan tutup botol 180 ml sebesar 5,64 % dari jumlah produksi sebelumnya.

5. Dari hasil perhitungan dan optimasi didapatkan bahwa kondisi optimal *setting* parameter pembuatan produk tutup botol 180 ml yaitu dengan kombinasi parameter *injection pressure* sebesar 1280 bar, *injection speed* sebesar 50 mm/s, *holding pressure* sebesar 300 bar, dan *nozzle temperature* sebesar 245°C. Dari *setting* tersebut didapatkan hasil jumlah cacat flash terkecil yaitu sebanyak 12 unit dari jumlah sampel penelitian sebanyak 80 unit. Dengan menggunakan *setting* ini mampu menurunkan jumlah cacat *flash* yang terjadi dalam proses pembuatan tutup botol 180 ml.

## 5.2 Saran

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

1. Penelitian yang dilakukan di PT. Berlina 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 sebaiknya menggunakan hasil penelitian ini sebagai pertimbangan dalam melaksanakan pengembangan dalam *setting* parameter produk tutup botol 180 ml.
2. 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. 9-10.
- Anonimous. (2014). Injection Moulding - Trouble Shooting Guide. English: Pentagon Plastics.
- Arafat, Y. (2010). Pengaruh Variasi Campuran dan Temperatur Polypropylene, Polyethylene, dan Polystyrene Pada Proses Plastic Molding. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Avenue, M. (2000). Designing With Plastic The Fundamentals. USA: Ticona.
- Bambang, E. (2011). Pengaruh Variasi Temperatur Pada Proses Plastic Injection Molding Jenis RN.350 dengan Bahan Bauk Polypropylene Murni, Campuran Polypropylene, Polyethylene dan Polystyrene. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Chauhan, N. S. (2012). Optimizing Cycle Time of DVD-R Injection Moulding Machine. International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST), 1982-1990.
- Dadi Cahyadi, S. M. (t.thn.). Analisis Parameter Operasi Pada Proses Plastik Injection Molding Untuk Pengendalian Cacat Produk. SINTEK, 8-16.
- Gauthier, M. M. (1995). Engineered Materials Handbook Desk Edition. Amerika: ASM International.
- 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 Manufactur. Dipetik Desember 02, 2016, dari <http://anifmaterial.blogspot.com>
- Julianti, E., & Nurminah, M. (2006). Teknologi Pengemasan. Medan: Universitas Sumatra Utara.
- 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, 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 (IOSR-JMCE), 49-58.



- Kemenperin. (2016). Industri Plastik Harus Terus Dikembangkan. Diambil kembali dari kemenperin.go.id:  
<http://www.kemenperin.go.id/artikel/4709/Industri-Plastik-Harus-Terus-Dikembangkan>
- Klein, R. (2011). *Laser Welding of Plastics*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Mujiarto, I. (2005). *Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif Traksi*.
- Nugroho, P. A., Wijayanto, D. S., & Harjanto, B. (2014). Analisis Produk Spion PS135 dengan Pengaturan Parameter Mold Temperature Material Plastik Polipropilene pada Proses Injection Molding.
- San, G. S., Tjitro, S., & Santoso, D. A. (2010). Aplikasi Metode Desain Faktorial Umtuk Mengoptimalkan Proses Pembuatan Ember Plastik. Seminar Nasional Teknik Mesin.
- Soejanto, I. (2009). *Desain Eksperimental dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Soejanto, I. (2009). *Desain Eksperimental dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sunaryo, F. H. (2015). *Perancangan Mold Base YO-YO Tipe 1A Pada PT. Yogyakarta Presisi Teknikatama Industri*. Yogyakarta: Universitas Atma Jaya.
- Surono, U. B., & Ismanto. (2016). Pengolahan Sampah Plastik Jenis PP, PET, dan PE Menjadi Bahan Bakar Minyak dan Karakteristiknya. *Jurnal Mekanika dan Sistem Termal (JMST)*, 32-37.
- Wahyudi, D., & Alimin, R. (1999). Aplikasi Rekayasa Mutu untuk Mengurangi Cacat Pada Mesin Injection Molding. *Jurnal Teknik Mesin*, 134-142.
- Wulansari, R. Z., Yuyun Estriyanto, S., & Budi Harjanto, S. (2013). Analisis Produk Spion PS135 dengan Pengaturan Parameter Melt Temperature Material Plastik Polypropylene (Pp) Pada Proses Injection Molding.
- yang, Y., & Gao, F. (2006). Injection Molding Product Weight : Online Prediction and Control Based on a Nonlinear Principal Cmpnent Regression Model. *Polymer Engineering and Science*.
- Zhil'tsova, T., Oliveira, M., & Ferreira, J. (2009). Relative Influence of Injection Molding Processing Conditions on HDPE Acetabular Cups Dimensional Stability. *Journal of Materials Processing Technology*, 3894-3904.

## LAMPIRAN A.1 TABEL DATA PENELITIAN WAKTU SIKLUS

eks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Data Waktu Siklus (s)		
	IP (bar)	IS (mm/s)	IPX IS	HP (bar)	IPX HP	ISX HP	HPx NT	NT (oC)	IPx NT	ISx NT	1	2	3
1	1280	40	1	300	1	1	1	245	1	1	16,420	16,330	16,170
2	1280	40	1	300	1	1	1	255	2	2	15,790	15,800	15,760
3	1280	40	1	400	2	2	2	245	1	1	15,780	15,760	15,790
4	1280	40	1	400	2	2	2	255	2	2	15,860	15,890	15,880
5	1280	50	2	300	1	2	2	245	1	2	15,900	15,910	15,890
6	1280	50	2	300	1	2	2	255	2	1	15,730	15,740	15,720
7	1280	50	2	400	2	1	1	245	1	2	15,880	15,890	15,900
8	1280	50	2	400	2	1	1	255	2	1	15,860	15,870	15,870
9	1320	40	2	300	2	1	2	245	2	1	15,760	15,750	15,740
10	1320	40	2	300	2	1	2	255	1	2	15,770	15,770	15,760
11	1320	40	2	400	1	2	1	245	2	1	15,790	15,750	15,760
12	1320	40	2	400	1	2	1	255	1	2	15,870	15,870	15,880
13	1320	50	1	300	2	2	1	245	2	2	15,870	15,850	15,830
14	1320	50	1	300	2	2	1	255	1	1	15,740	15,710	15,720
15	1320	50	1	400	1	1	2	245	2	2	15,930	15,900	15,910
16	1320	50	1	400	1	1	2	255	1	1	15,860	15,870	15,870

## LAMPIRAN A.2 TABEL DATA PENELITIAN NETTO

eks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Data Netto (gram)		
	IP (bar)	IS (mm/s)	IPX IS	HP (bar)	IPX HP	ISX HP	HPx NT	NT (oC)	IPx NT	ISx NT	1	2	3
1	1280	40	1	300	1	1	1	245	1	1	29,095	28,902	28,894
2	1280	40	1	300	1	1	1	255	2	2	28,814	28,854	28,942
3	1280	40	1	400	2	2	2	245	1	1	28,83	28,99	28,525
4	1280	40	1	400	2	2	2	255	2	2	28,846	28,79	28,298
5	1280	50	2	300	1	2	2	245	1	2	29,047	28,806	28,862
6	1280	50	2	300	1	2	2	255	2	1	28,678	28,846	28,325
7	1280	50	2	400	2	1	1	245	1	2	28,67	28,87	28,996
8	1280	50	2	400	2	1	1	255	2	1	28,862	28,999	28,846
9	1320	40	2	300	2	1	2	245	2	1	28,686	28,726	28,902
10	1320	40	2	300	2	1	2	255	1	2	28,742	28,718	28,882
11	1320	40	2	400	1	2	1	245	2	1	28,958	28,565	28,75
12	1320	40	2	400	1	2	1	255	1	2	28,966	28,748	28,807
13	1320	50	1	300	2	2	1	245	2	2	28,902	28,894	28,999
14	1320	50	1	300	2	2	1	255	1	1	28,71	28,806	28,557
15	1320	50	1	400	1	1	2	245	2	2	29,057	28,621	29,015
16	1320	50	1	400	1	1	2	255	1	1	28,75	28,702	28,814

## LAMPIRAN A.3 TABEL DATA PENELITIAN CACAT FLASH

eks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Flash (unit)
	IP (bar)	IS (mm/s)	IPX IS	HP (bar)	IPX HP	ISX HP	HPx NT	NT (oC)	IPx NT	ISx NT	
1	1280	40	1	300	1	1	1	245	1	1	12
2	1280	40	1	300	1	1	1	255	2	2	15
3	1280	40	1	400	2	2	2	245	1	1	16
4	1280	40	1	400	2	2	2	255	2	2	17
5	1280	50	2	300	1	2	2	245	1	2	13
6	1280	50	2	300	1	2	2	255	2	1	16
7	1280	50	2	400	2	1	1	245	1	2	13
8	1280	50	2	400	2	1	1	255	2	1	14
9	1320	40	2	300	2	1	2	245	2	1	18
10	1320	40	2	300	2	1	2	255	1	2	19
11	1320	40	2	400	1	2	1	245	2	1	16
12	1320	40	2	400	1	2	1	255	1	2	20
13	1320	50	1	300	2	2	1	245	2	2	18
14	1320	50	1	300	2	2	1	255	1	1	18
15	1320	50	1	400	1	1	2	245	2	2	19
16	1320	50	1	400	1	1	2	255	1	1	16

## LAMPIRAN B.1 ANALISIS ANOVA DAN TAGUCHI UNTUK WAKTU SIKLUS

### Taguchi Design

Taguchi Orthogonal Array Design

L16(2\*\*4)

Factors: 4

Runs: 16

Columns of L16(2\*\*15) Array

1 2 4 8

Analysis of Variance for SN ratios

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
IP	1	0,007084	0,007084	0,007084	7,19	0,010
IS	1	0,000445	0,000445	0,000445	0,45	0,504
HP	1	0,000014	0,000014	0,000014	0,01	0,898
NT	1	0,008200	0,008200	0,008200	8,33	0,002
IP*IS	1	0,005628	0,005628	0,005628	5,72	0,012
IP*HP	1	0,007547	0,007547	0,007547	7,66	0,004
IP*NT	1	0,005902	0,005902	0,005902	5,99	0,011
IS*HP	1	0,007715	0,007715	0,007715	7,83	0,004
IS*NT	1	0,000102	0,000102	0,000102	0,10	0,728
HP*NT	1	0,016419	0,016419	0,016419	4,29	0,029
Residual Error	37	0,024243	0,024243	0,000985		
Total	47	0,083299				

Unusual Observations for SN ratios

Observation	SN ratios	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
1	-24,247	-24,161	0,058	-0,087	-2,23 R

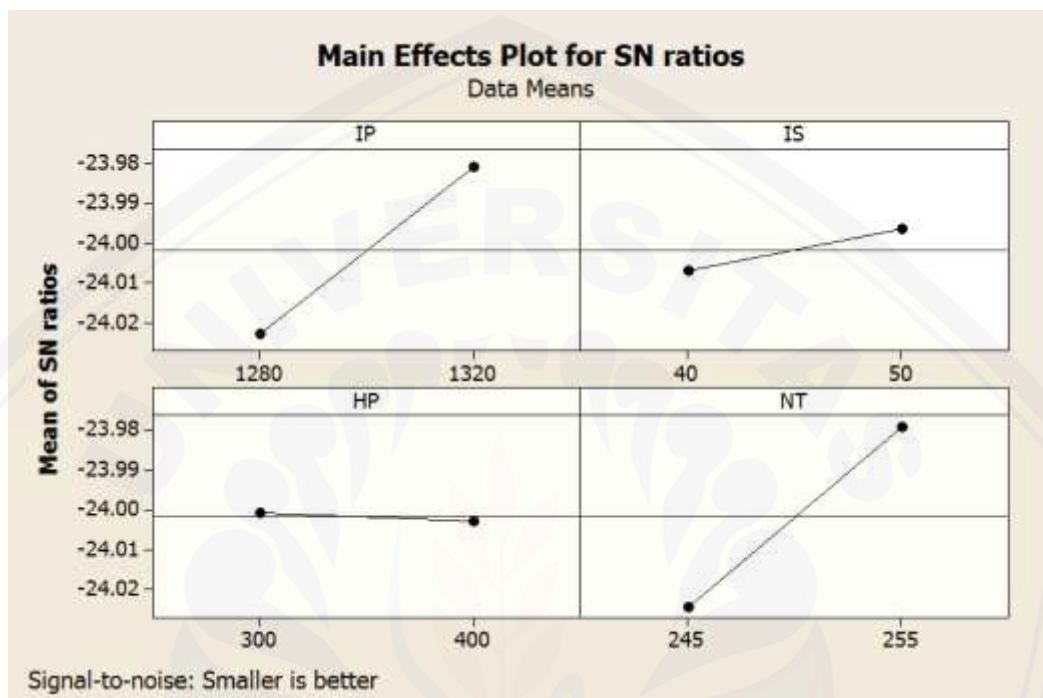
R denotes an observation with a large standardized residual.

Response Table for Signal to Noise Ratios  
Smaller is better

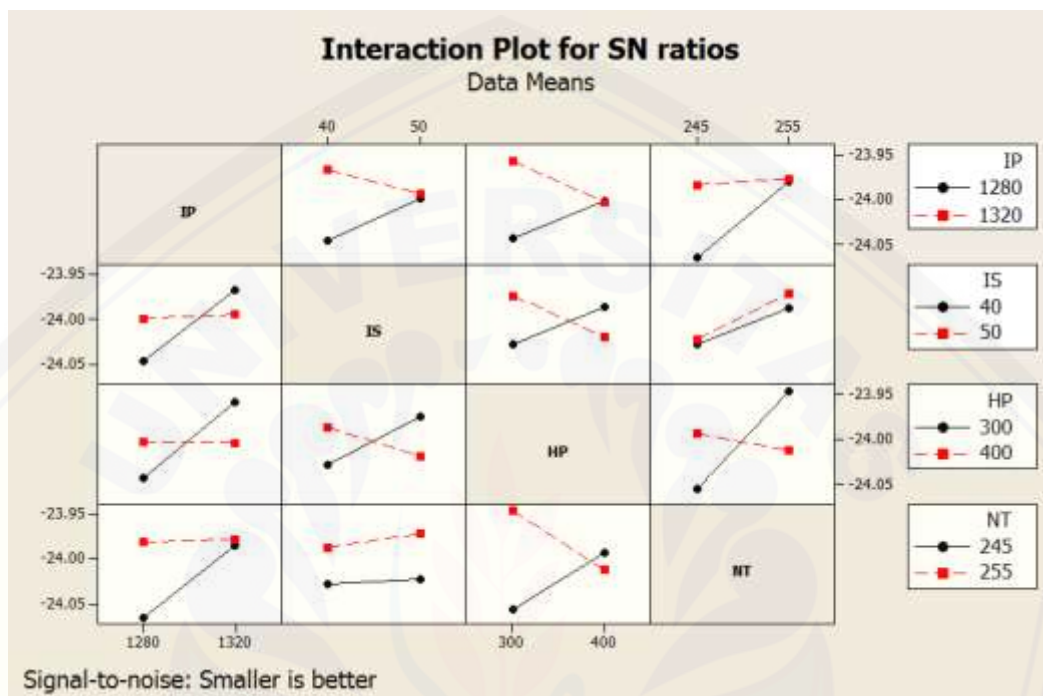
Level	IP	IS	HP	NT
1	-24,02	-24,01	-24,00	-24,02
2	-23,98	-24,00	-24,00	-23,98
Delta	0,04	0,01	0,00	0,05
Rank	2	3	4	1



**LAMPIRAN B.2 GAMBAR GRAFIK RESPON PARAMETER UNTUK  
WAKTU SIKLUS**



**LAMPIRAN B.3 GAMBAR GRAFIK RESPON INTERAKSI PARAMETER  
UNTUK WAKTU SIKLUS**



**LAMPIRAN C.1 ANALISIS TAGUCHI DAN ANOVA UNTUK NETTO****Taguchi Design**

Taguchi Orthogonal Array Design

L16(2\*\*4)

Factors: 4

Runs: 16

Columns of L16(2\*\*15) Array

1 2 4 8

Analysis of Variance for SN ratios

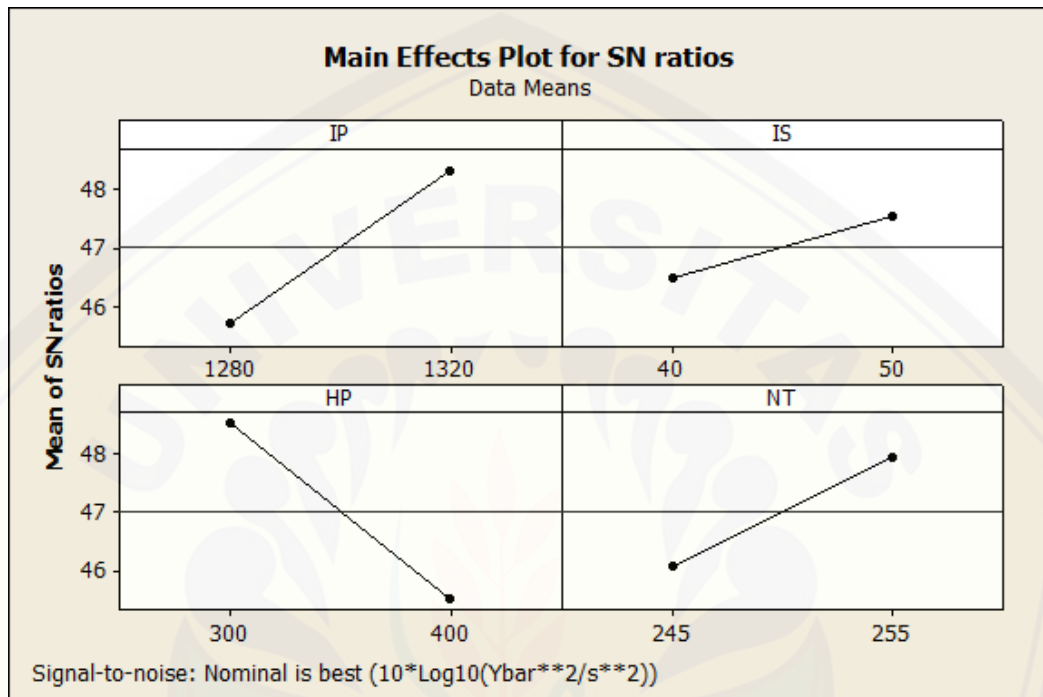
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
IP	1	27,024	27,024	27,0237	6,87	0,012
IS	1	4,362	4,362	4,3619	1,11	0,298
HP	1	36,014	36,014	36,0142	9,15	0,004
NT	1	13,828	13,828	13,8284	3,51	0,067
IP*IS	1	2,249	2,249	2,2485	0,57	0,453
IP*HP	1	0,000	0,000	0,0004	0,00	0,992
IP*NT	1	7,707	7,707	7,7074	1,96	0,168
IS*HP	1	52,385	52,385	52,3853	13,31	0,001
IS*NT	1	1,314	1,314	1,3144	0,33	0,566
HP*NT	1	46,800	46,800	46,8000	10,77	0,002
Residual Error	37	141,174	141,174	3,9349		
Total	47	332,858				

Response Table for Signal to Noise Ratios

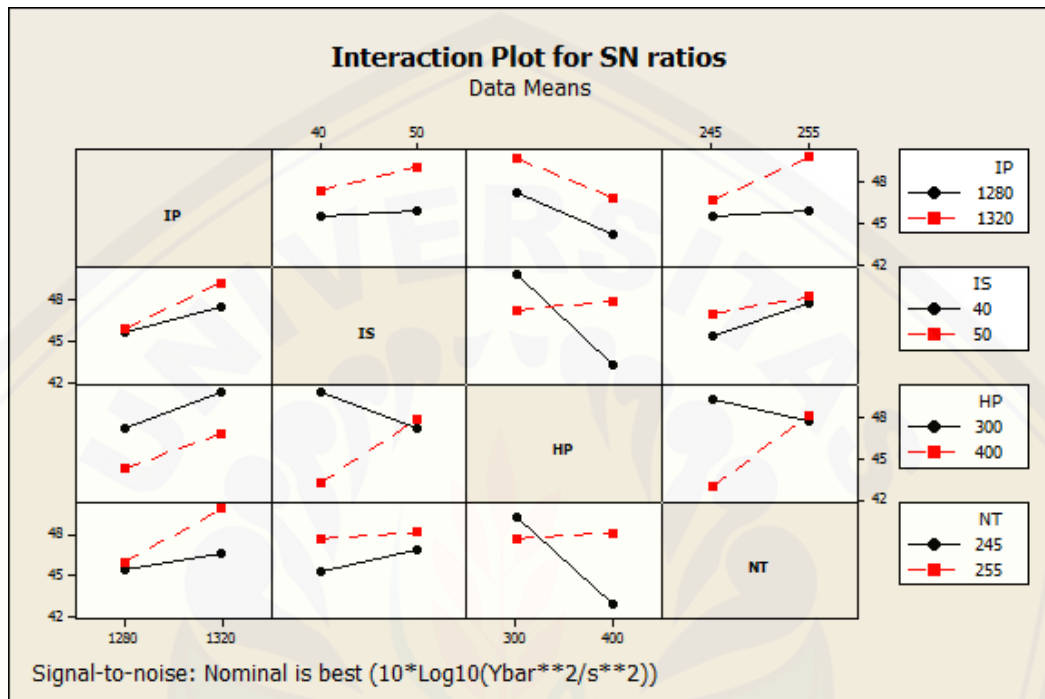
Nominal is best ( $10 \cdot \log_{10}(\bar{Y}^2/s^2)$ )

Level	IP	IS	HP	NT
1	45,71	46,49	48,51	46,08
2	48,31	47,54	45,51	47,94
Delta	2,60	1,04	3,00	1,86
Rank	2	4	1	3

LAMPIRAN C.2 GAMBAR GRAFIK RESPON PARAMETER UNTUK  
*NETTO*



LAMPIRAN C.3 GAMBAR GRAFIK RESPON INTERAKSI PARAMETER  
UNTUK *NETTO*





**LAMPIRAN D.1 ANALISIS ANOVA DAN TAGUCHI UNTUK CACAT****FLASH****Taguchi Design**

Taguchi Orthogonal Array Design

L16(2\*\*4)

Factors: 4

Runs: 16

Columns of L16(2\*\*15) Array

1 2 4 8

Analysis of Variance for SN ratios

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
IP	1	14,6160	14,6160	14,6160	18,86	0,001
IS	1	0,6199	0,6199	0,6199	0,80	0,315
HP	1	0,1048	0,1048	0,1048	0,14	0,675
NT	1	2,1222	2,1222	2,1222	2,74	0,074
IP*IS	1	0,1087	0,1087	0,1087	0,14	0,670
IP*HP	1	0,7908	0,7908	0,7908	1,02	0,259
IP*NT	1	0,9984	0,9984	0,9984	1,29	0,207
IS*HP	1	1,3934	1,3934	1,3934	1,80	0,140
IS*NT	1	0,9594	0,9594	0,9594	1,24	0,216
HP*NT	1	0,4211	0,4211	0,4211	0,54	0,137
Residual Error	5	3,8739	3,8739	0,7748		
Total	15	26,0087				

Unusual Observations for SN ratios

Observation	SN ratios	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
11	-24,082	-25,153	0,730	1,070	2,17 R

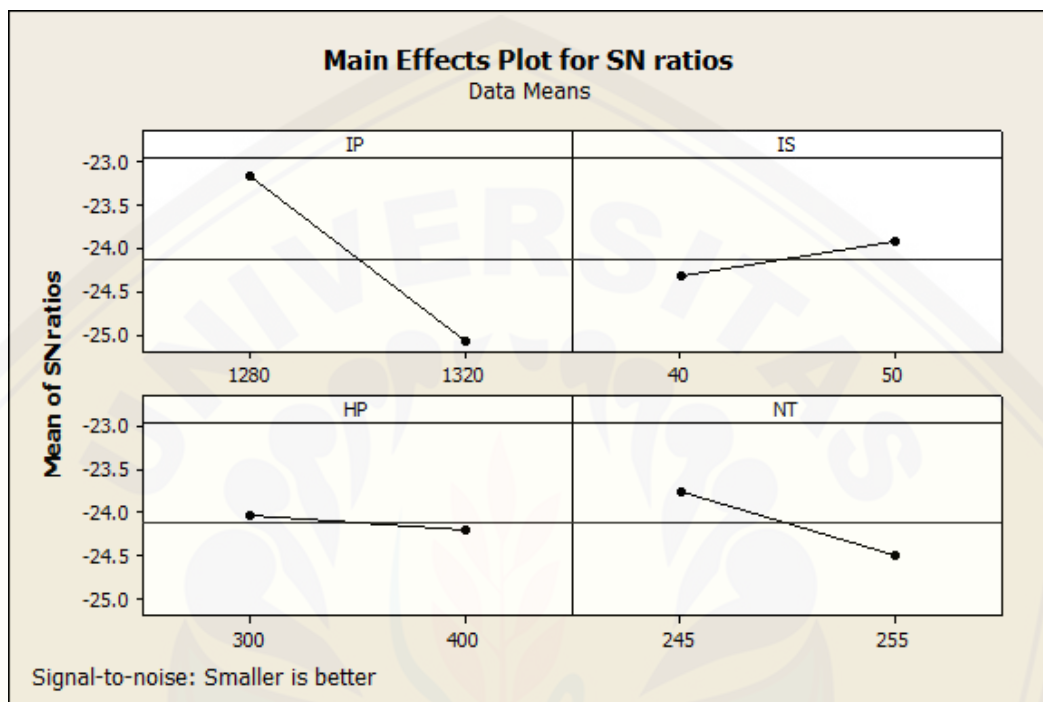
R denotes an observation with a large standardized residual.

Response Table for Signal to Noise Ratios

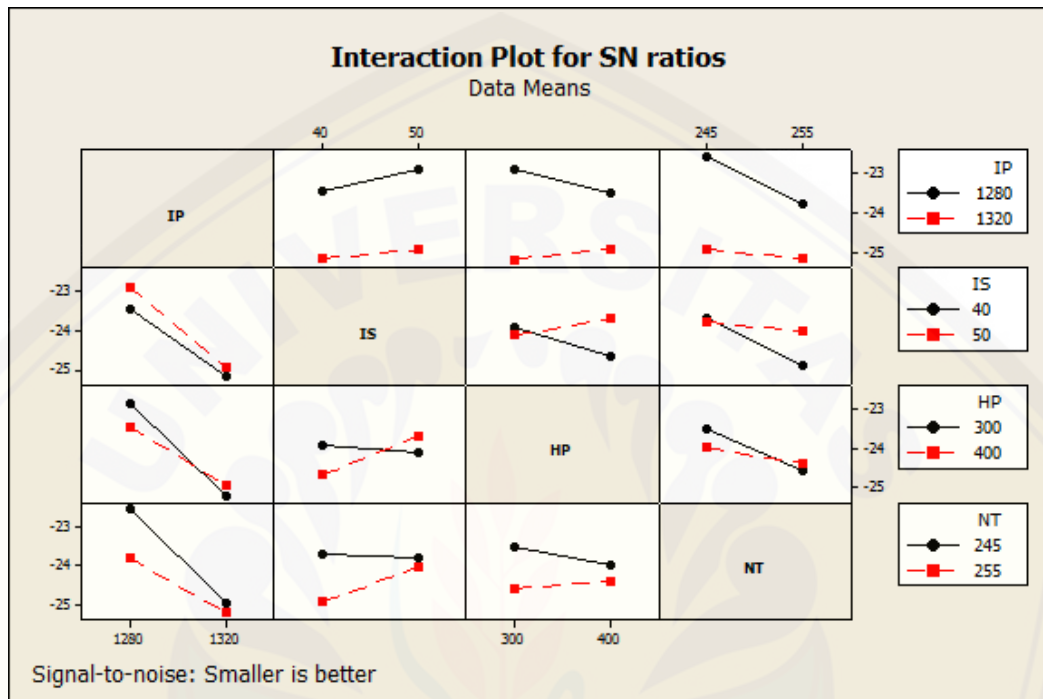
Smaller is better

Level	IP	IS	HP	NT
1	-23,17	-24,32	-24,04	-23,76
2	-25,08	-23,93	-24,21	-24,49
Delta	1,91	0,39	0,16	0,73
Rank	1	3	4	2

**LAMPIRAN D.2 GAMBAR GRAFIK RESPON PARAMETER UNTUK  
CACAT *FLASH***



**LAMPIRAN D.3 GAMBAR GRAFIK RESPON INTERAKSI PARAMETER  
UNTUK CACAT FLASH**



LAMPIRAN E.1 TABEL DISTRIBUSI F DENGAN  $\alpha=5\%$

Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilitas = 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 GAMBAR MATERIAL PP DAN AVFAL**





**LAMPIRAN G. MESIN *INJECTION MOLDING* ARBURG ALLROUNDER**

**420 C**



**LAMPIRAN H.1 GAMBAR PRODUK PENELITIAN**



LAMPIRAN H.2 GAMBAR PRODUK DENGAN CACAT *FLASH*







LAMPIRAN I.2 SPESIFIKASI PRODUK

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

**PRODUCT SPECIFICATION**

Specification No : 001/15/DPD Page : 1 of 1

Customer : PT. Reklam Berkiter Indonesia

Product Name : Cap VANESSH - 180 ml

Drawing No : R9 180/21/2 Drawing No. : A

Product Code : PSR00100460411 Customer Code : \_\_\_\_\_

Material : PP Brand : Trilene Hi 10 Ho

Addres : \_\_\_\_\_ Product Shape : Round

Color : Pink According to : Sample approval

Weight : 4 x 0,5 GR

Decoration : Printing : \_\_\_\_\_ Color : \_\_\_\_\_ Passes : \_\_\_\_\_

Hot Stamping : \_\_\_\_\_ Color : \_\_\_\_\_ Passes : \_\_\_\_\_

Shrink Label : \_\_\_\_\_

Sticker : \_\_\_\_\_

Other : \_\_\_\_\_

Capping System : Thread System

Standard Packing : Rezon 34 Isi : 2000 pcs

Plastic Bag : Ukr. Kantong plastik 0.03 x 1100 x 1000 mm

Others : Akan menggunakan wadding Ø28.2 x 2 mm

Urutan pengerjaan : 1. Moulding

2. Pasang Wadding

---

Mould Type : Injection Moulding Machine Type : ARB 100

Mould Maker : Berlina Mould Shop Gating System : Center Gate

Surface Finishing : Sand Blasted (Dop) Cycle Time : 17"

No. of Cavities : 8 cav. Parison : \_\_\_\_\_

CD of Cavity : \_\_\_\_\_ Die Head Type : \_\_\_\_\_

Remarks : Kualitas dan appearance product harap disesuaikan dengan physical Approval

Standart Pengetesan : \_\_\_\_\_

- Leak Test : Diassembling dengan cap, diberi tekanan udara 0,35 bar selama 30 detik

**CONTROLLED**

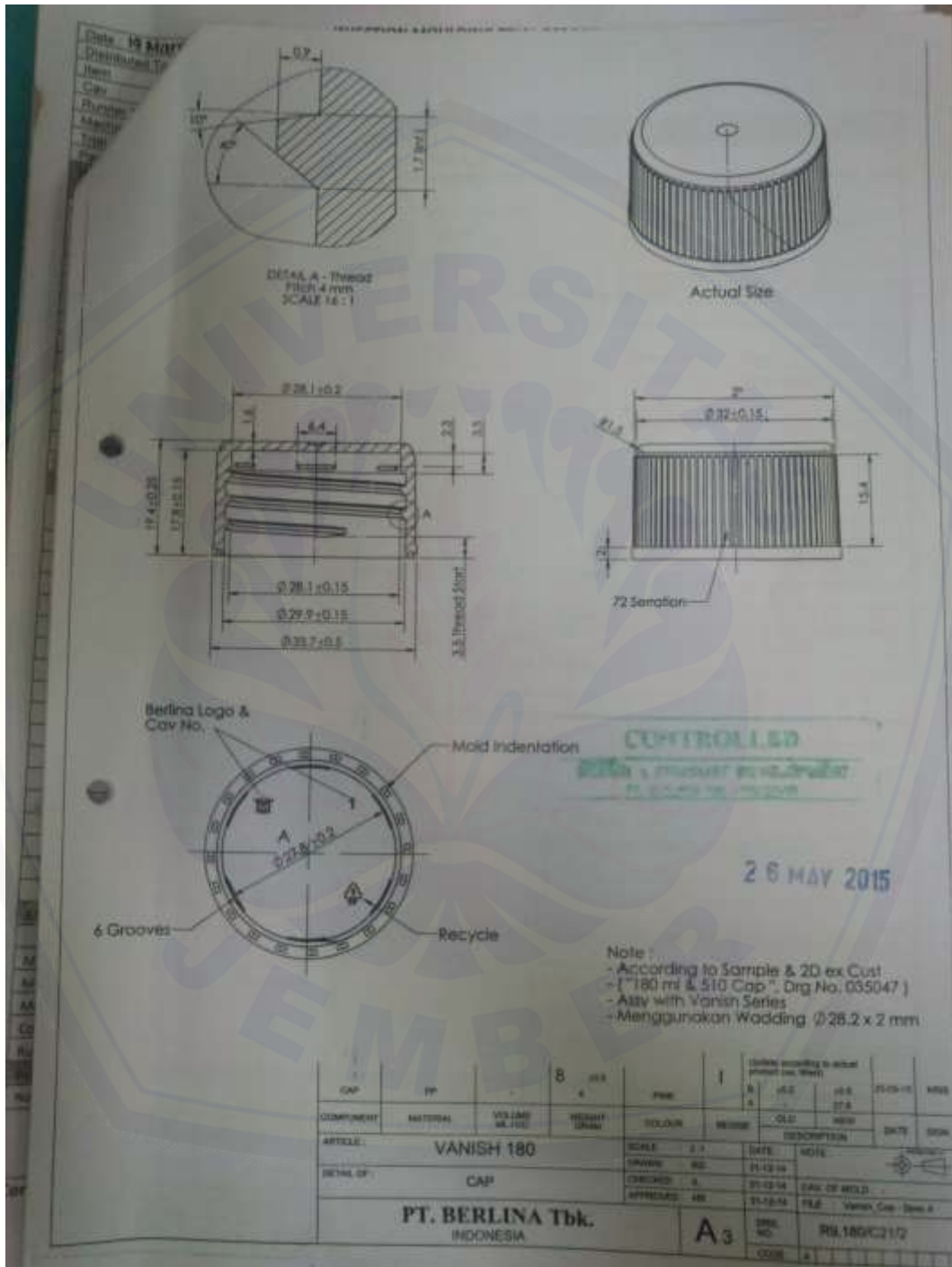
**26 MAY 2015**

Rev. No.	Revision Date	Description		Prepared By	Reviewed By	Approved By
		Old	New			
01	25-05-2015	Spec tgl. 3-1-15	Spec tgl. 25-3-15			

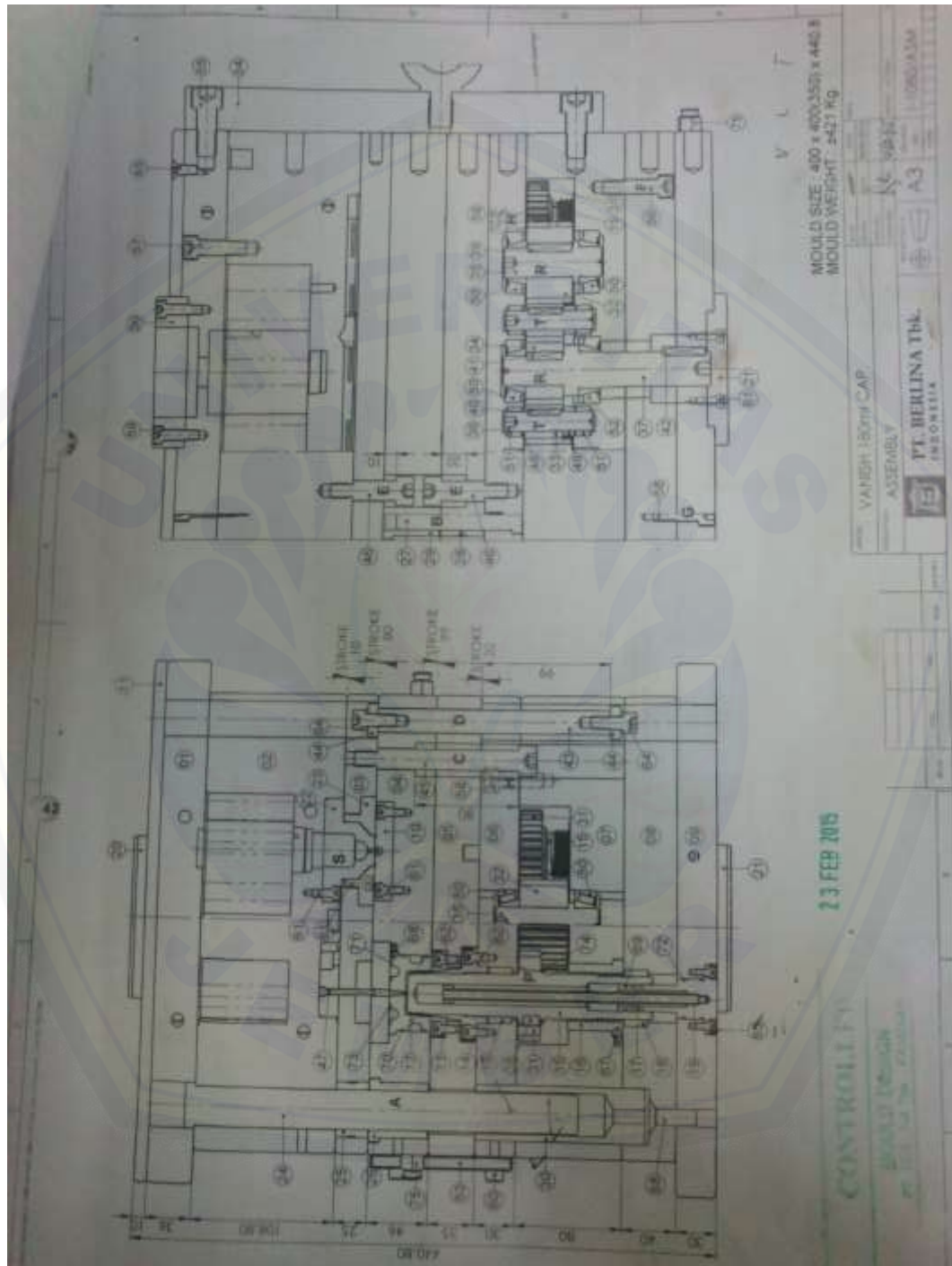
Form No : SP-22-00-03-P-001  
 Revised Date : 10 / 03 / 2003  
 Rev. No. : 06



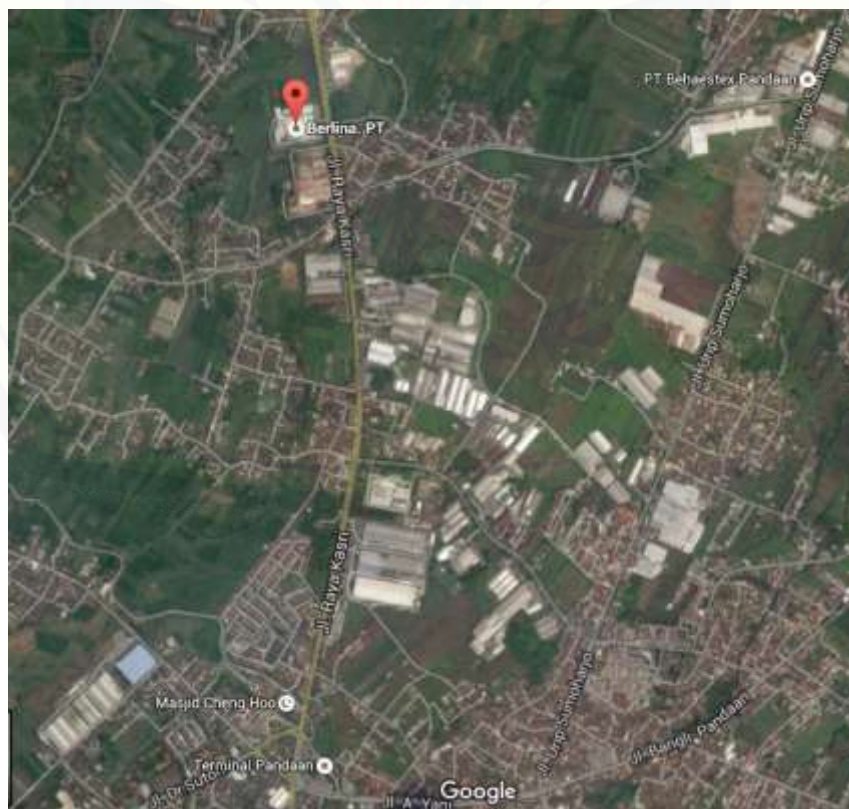
LAMPIRAN J.1 DESAIN PRODUK



LAMPIRAN J.2 DESAIN DAN SPESIFIKASI *MOULD*



LAMPIRAN K. LOKASI PT. BERLINA TBK





LAMPIRAN L. DENAH PT. BERLINA TBK

