



**OPTIMASI WAKTU SIKLUS PRODUK KEMASAN 50 ML
PADA PROSES *BLOW MOULDING* MENGGUNAKAN
METODE *TAGUCHI***

SKRIPSI

Oleh
Anton Cahyono
NIM 111910101005

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



**OPTIMASI WAKTU SIKLUS PRODUK KEMASAN 50 ML
PADA PROSES *BLOW MOULDING* MENGGUNAKAN
METODE *TAGUCHI***

SKRIPSI

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

Oleh

**Anton Cahyono
NIM 111910101005**

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

PERSEMBAHAN

Skripsi ini kupersembahkan untuk kedua orang tuaku **Dogol** dan **Yatemi**, serta untuk kedua kakak perempuanku **Wiranti** dan **Wiwik** yang telah memberikan banyak inspirasi, motivasi, cinta, doa, senyum, semangat dan telah menjadi satu-satunya alasan untukku agar tidak pernah menyerah dalam keadaan apapun.



MOTTO

Jika kamu berbuat baik (berarti) kamu berbuat baik untuk dirimu sendiri, dan jika kamu berbuat jahat maka kejahatan itu untuk dirimu sendiri.
(Terjemahan QS Al-Isra' ayat 7)

Tidak ada harga atas waktu, tapi waktu sangat berharga.
(Buya Hamka)

Iman tanpa ilmu bagaikan lentera di tangan bayi. Namun ilmu tanpa iman, bagaikan lentera di tangan pencuri.
(Buya Hamka)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Anton Cahyono

NIM : 111910101005

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “OPTIMASI WAKTU SIKLUS PRODUK KEMASAN 50 ML PADA PROSES *BLOW MOULDING* 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 dijunjung tinggi.

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

Jember, April 2016

Yang menyatakan,

(Anton Cahyono)

NIM 111910101005

SKRIPSI

**OPTIMASI WAKTU SIKLUS PRODUK KEMASAN 50 ML
PADA PROSES *BLOW MOULDING* MENGGUNAKAN
METODE *TAGUCHI***

Oleh

Anton Cahyono
NIM 111910101005

Pembimbing:

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

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Salahuddin Junus, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Optimasi Waktu Siklus Produk Kemasan 50 ml pada Proses Blow Moulding Menggunakan Metode Taguchi ” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Jum’at, 22 April 2016

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T.
NIP 19600812199802 1 001

Anggota I,

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

Sekretaris,

Dr. Salahudin Junus, S.T., M.T.
NIP 19751006 200212 1 002

Anggota II,

Dr. R. Koekoeh K.W., S.T., M.Eng.
NIP 19670708 199412 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

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

RINGKASAN

Optimasi Waktu Siklus Produk Kemasan 50 ml pada Proses Blow Moulding Menggunakan Metode Taguchi; Anton Cahyono, 111910101005; 2016; 62 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Teknologi yang berkembang dengan sangat pesat terutama pada dunia industri membuat persaingan bisnis semakin ketat. Perkembangan teknologi pada industri yang menggunakan bahan plastik berhubungan erat dengan mesin-mesin yang digunakan untuk memproduksi bahan plastik tersebut. Salah satu mesin yang umum digunakan dalam proses produksi berbahan baku plastik adalah *blow molding*, *injection molding*, dan *extrusi*. Efisiensi waktu siklus produksi sangat berpengaruh terhadap kualitas maupun kuantitas produksi. Semakin cepat waktu siklus produksi maka akan semakin meningkat kuantitas produksinya.

Dalam penelitian kali ini difokuskan tentang peningkatan nilai kuantitas produksi botol 50 ml dengan tetap menjaga kualitas dari produk, menggunakan variasi tiga parameter respon yaitu *blowing pressure*, *blowing time* dan *stop time* dengan tiga level untuk setiap parameternya. Kombinasi ini direplikasi sebanyak 3 kali dan diolah menggunakan metode taguchi dengan *orthogonal array L9*.

Penelitian ini dilakukan di PT. Berlina Tbk Jl. Pandaan - Malang KM 43 Kecamatan Pandaan Kabupaten Pasuruan Propinsi Jawa Timur untuk mendapatkan data hasil produksi dan pengolahan data.

Dari hasil penelitian didapat bahwa pada produksi botol 50 ml berbahan 50% HDPE murni + 50% afval yang menggunakan mesin *extrusion blow moulding* parameter proses *blowing time* memiliki pengaruh paling tinggi terhadap ketiga parameter respon, yaitu *cycle time*, *netto* dan *volume* dan melalui teori statistik metode taguchi didapatkan keadaan optimum produksi, yaitu pada kondisi *blowing pressure* sebesar 5,75 bar, *blowing time* sebesar 8 detik dan *stop time* 0,5 detik dimana pada kondisi ini menghasilkan botol 50 ml dengan *cycle time* sebesar 13 detik, *netto* sebesar 14,2 gram dan *volume* sebesar 88,8 ml.

SUMMARY

Cycle Time Optimization Production of 50ml Bottle on Blow Moulding Prrocess Using Taguchi Methodology; Anton Cahyono, 111910101005; 2016; 62 Pages; Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

Technology is developing very rapidly, especially in the industrial. It's make business competition is getting tougher. Technological developments in the industries that use plastic materials is closely linked to the machines used to manufacture the plastic material. One of the machines that are commonly used in the production of plastic raw material is blow molding, injection molding, and extrusion. The efficiency of the production cycle time affects the quality and quantity of production. The faster of cycle time of the production will increase production quantity.

In the present study focused on the increase in value of production quantity 50 ml bottle while maintaining the quality of the product, using a variation of three parameters, namely the response pressure blowing, blowing time and stop time with three levels for each parameter. This combination is replicated 3 times and processed using the Taguchi method with orthogonal array L9.

This research was conducted at PT. Berlina Tbk Jl. Pandaan - Malang KM 43 Pandaan Pasuruan District of East Java Province to obtain data production and data processing.

The result is that the production of bottles of 50 ml made from 50% HDPE pure + 50% afval engine that uses extrusion blow molding process parameters blowing time have the highest impact on the three parameters of the response, the cycle time, net and volume and through statistical theory methods repon obtained surface state of optimum production, on condition of blowing pressure of 5,75 bar, blowing time of 8 seconds and stop time of 0.5 seconds which in these conditions resulted in bottles of 50 ml with a cycle time of 13 seconds, net amounted to 14.2 gram and a volume of 88.8 ml

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Optimasi Waktu Siklus Produk Kemasan 50 ml pada Proses Blow Moulding Menggunakan Metode Taguchi”. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai sumber inspirasi dan panutan umat manusia dalam menjalani kehidupan di dunia ini. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

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

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia yang tidak pernah henti dapat penulis rasakan setiap detik dalam hidup ini;
2. Kedua orang tuaku, Dogol dan Yatemi yang senantiasa mendoakan dan tiada hentinya memberikan arahan, bimbingan, motivasi, perhatian, materi, dan mengajarkan pelajaran hidup yang tidak kenal lelah;
3. Kedua kakakku, Wiranti dan Wiwik yang selalu memberikan dorongan, semangat dan motivasi;
4. Bapak Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak Dr. Salahuddin Junus, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing anggota yang telah meluangkan waktu, masukan, dan ide dalam penulisan skripsi ini;
5. Bapak Ir. Ahmad Syuhri, M.T. selaku Dosen Penguji Utama, Bapak Dr. R. Koekoeh K.W., S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji anggota yang banyak sekali saran yang sangat membantu dan arahan menuju ke arah yang benar dalam penyelesaian skripsi ini;

6. Bapak Dosen Universitas Jember khususnya Jurusan Teknik Mesin yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
7. Saudara-saudaraku Teknik Mesin 2011 Universitas Jember Ihsan, Kahlil, Doni, Sujat, Ryan, Rudin, Anugrah, Sadam, Febri, Abid, Bangkit, Angga, Pemi, Riza, Aang, Annas, Risky, Agung Widodo, Agung Fauzi, Novia, Halim, Sigit, Jupri, Muslih, Firas, Hendri, Niko, Fian, Aman, Asrofi, Arif Rahmat, Dani, Galih, Hanif, Luki, Mahfud, Mirza, Yohanes, Yunus, Tito, Lutfi, Itok, Dayu, Aisyah, Upit, Kiki, Arif War, Arif Ngipret, Wildan Mukholadun, Wildan Gobes, Mukri, Aris Niban Uchiha, Yurike, Mar'iy, Rizki Wo, Amril, Aris, Ika, Farihen, Rofiq, Romi, Muslih, Hegar, Sofyan Gundul, Malik, Haqi, Agus, irsyad, Meinovan, Sofyan Patek, Imron, dll yang selalu mengajarkan arti pengorbanan, kesetiaan dan pelajaran hidup. semoga tetap menjadi “DULUR SAK LAWASE”. Semoga kalian semua mendapatkan yang terbaik. Salam SOLVER;
8. Rekan satu tim penelitian *Blow Moulding* (Ihsan, Agus dan Kahlil) yang sudah memberikan bantuan saat penelitian dan semangat kekeluargaan;
9. Saudara-saudaraku IKAPEMMA yang sudah memberikan banyak pelajaran dan pengalaman hidup di tanah perantauan.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

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

Jember, April 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN	iv
PEMBIMBING	v
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan dan Manfaat.....	3
1.4.1 Tujuan	3
1.4.2 Manfaat	3
1.5 Hipotesa.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Tinjauan Umum Plastik.....	4
2.2. Kemasan Botol	5
2.3. Blow Moulding.....	6
2.4. Waktu Siklus	10
2.5. Metode Taguchi.....	12
2.5.1. Tahapan dalam Metode Taguchi	13

2.5.2. Analisis dalam Metode Taguchi.....	14
2.5.3. Istilah dalam Metode Taguchi	16
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1. Metode Penelitian.....	21
3.2. Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.3. Bahan dan Alat Penelitian	21
3.3.1. Bahan	21
3.3.2. Alat.....	21
3.4. Variabel Penelitian	24
3.4.1. Variabel Bebas	24
3.4.2. Variabel Terikat	24
3.5. Prosedur Penelitian.....	24
3.5.1. Tahapan Penelitian Produksi Botol 50ml.....	24
3.6. Diagram Alur Penelitian.....	26
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1. Data Percobaan.....	27
4.2. Pengolahan Data.....	28
4.2.1. Waktu Siklus	28
4.2.1. Netto Produk	28
4.2.1. Volume Produk	28
4.3. Analisis Data Waktu Siklus.....	29
4.3.1. Perhitungan Signal to Noise Ratio	29
4.3.2. Perhitungan Anova untuk Signal to Noise Ratio	32
4.3.3. Perhitungan Mean	34
4.3.4. Perhitungan Anova untuk Mean	36
4.3.5. Prediksi Waktu Siklus yang Optimal	38
4.3.6. Analisa Teknis untuk Waktu Siklus	38
4.4. Analisis Data Netto	40
4.4.1. Perhitungan Signal to Noise Ratio	40

4.4.2. Perhitungan Anova untuk Signal to Noise Ratio	42
4.4.3. Perhitungan Mean	44
4.4.4. Perhitungan Anova untuk Mean	46
4.4.5. Prediksi Netto yang Optimal	48
4.4.6. Analisa Teknis untuk Netto	48
4.5. Analisis Data Volume	50
4.5.1. Perhitungan Signal to Noise Ratio	50
4.5.2. Perhitungan Anova untuk Signal to Noise Ratio	52
4.5.3. Perhitungan Mean	54
4.5.4. Perhitungan Anova untuk Mean	56
4.5.5. Prediksi Volume yang Optimal	57
4.5.6. Analisa Teknis untuk Volume	58
4.6. Hasil Analisa	58
4.7. Perbandingan Hasil Setting Standar dengan Hasil Penelitian	59
BAB 5. PENUTUP	60
5.1. Kesimpulan	60
5.2. Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	64

DAFTAR GAMBAR

2.1 Bagian – Bagian Kemasan Botol	5
2.2 Proses Extrusion Blow Moulding	7
2.3 Mekanisme Mesin Blow Moulding	8
2.4 Proses Pembentukan Parison	9
2.5 Proses Pencetakan dan Peniupan Parison	9
2.6 Sistem Rotasi Cetakan Pada Proses Pembentukan Produk	11
2.7 Cara Penomoran Orthogonal Array	17
3.1 Timbangan Digital	23
3.2 Leak Tester Detector	23
3.3 Botol 50 ml	24
3.4 Skema Penelitian	25
4.1 Efek tiap Faktor untuk Signal to Noise Ratio Waktu Siklus.....	31
4.2 Efek tiap Faktor untuk Mean Waktu Siklus.....	35
4.3 Proses Extrusion Blow Moulding.....	39
4.4 Efek tiap Faktor untuk Signal to Noise Ratio Netto	41
4.5 Efek tiap Faktor untuk Mean Netto.....	45
4.6 Proses Pembentukan Parison	49
4.4 Efek tiap Faktor untuk Signal to Noise Ratio Volume	52
4.5 Efek tiap Faktor untuk Mean Volume.....	55

DAFTAR TABEL

2.1 Titik Leleh Termoplastik	4
2.2 Contoh Orthogonal Array L9	19
3.1 Level yang Digunakan	24
4.1 Data Hasil Percobaan Produksi Botol 50 ml.....	27
4.2 Hasil Perhitungan S/N Ratio	29
4.3 Perhitungan S/N Ratio untuk Waktu Siklus.....	30
4.4 Perhitungan Efek tiap Faktor untuk Signal to Noise Ratio Cycle Time	31
4.5 Hasil Perhitungan Anova untuk Signal to Noise Ratio Waktu Siklus	32
4.6 Perhitungan Mean untuk Waktu Siklus.....	34
4.7 Perhitungan Efek tiap Faktor untuk Mean Waktu Siklus.....	35
4.8 Hasil Perhitungan Anova untuk Mean Waktu Siklus	36
4.9 Perbandingan Efek Faktor	37
4.10 Perhitungan S/N Ratio untuk Netto	40
4.11 Perhitungan Efek tiap Faktor untuk Signal to Noise Ratio Netto	41
4.12 Hasil Perhitungan Anova untuk Signal to Noise Ratio Netto	42
4.13 Perhitungan Mean untuk Netto	44
4.14 Perhitungan Efek tiap Faktor untuk Mean Netto	45
4.15 Hasil Perhitungan Anova untuk Mean Netto	46
4.16 Perbandingan Efek Faktor	47
4.17 Perhitungan S/N Ratio untuk Volume	50
4.18 Perhitungan Efek tiap Faktor untuk Signal to Noise Ratio Volume	51
4.19 Hasil Perhitungan Anova untuk Signal to Noise Ratio Volume	52
4.20 Perhitungan Mean untuk Volume	54
4.21 Perhitungan Efek tiap Faktor untuk Mean Volume	55
4.22 Hasil Perhitungan Anova untuk Mean Volume	56
4.23 Perbandingan Efek Faktor	57

4.24 Hasil Prediksi Parameter Optimal59
4.25 Perbandingan Setting Standar Pabrik Dengan Setting Hasil Penelitian.....60



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi yang berkembang dengan sangat pesat terutama pada dunia industri membuat persaingan bisnis semakin ketat. Perkembangan teknologi pada industri yang menggunakan bahan plastik berhubungan erat dengan mesin-mesin yang digunakan untuk memproduksi bahan plastik tersebut. Salah satu mesin yang umum digunakan dalam proses produksi berbahan baku plastik adalah *blow molding*, *injection molding*, dan *extrusi*. Efisiensi waktu siklus produksi sangat berpengaruh terhadap kualitas maupun kuantitas produksi. Semakin cepat waktu siklus produksi maka akan semakin meningkat kuantitas produksinya. Namun dalam hal ini, semakin cepat waktu siklus produksi belum tentu kualitas produksi meningkat (Hermawan, 2009).

Waktu siklus perlu dioptimasi untuk meningkatkan produksi. Optimasi waktu siklus dapat dilakukan dengan metode optimasi kualitas seperti Taguchi. Metode Taguchi adalah usaha peningkatan kualitas produk yang dikenal sebagai metode *off-line quality control*. Metode Taguchi berupaya mengoptimalkan desain produk dan proses sehingga performansi akhir akan sesuai dengan target dan mempunyai nilai variabilitas yang minimum (Haumahu, 2011).

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Kristyantoro (2009) tentang optimasi waktu siklus pembuatan kemasan produk *chammomile* 120 ml dengan proses *blow moulding* membuktikan bahwa variabel-variabel proses yang mempunyai pengaruh signifikan terhadap waktu siklus adalah *blowing pressure*, *blowing time* dan *stop time*.

Penelitian serupa juga dilakukan oleh Musthofa (2014) untuk mendapatkan waktu siklus yang optimal pada pembuatan botol DK 8521 B yaitu sebesar 11,9237 detik dibutuhkan parameter *blowing pressure* sebesar 7 bar, *blowing time* sebesar 7,52192 detik dan *stop time* sebesar 0,158796 detik.

Dalam Penelitian ini akan dilakukan analisa waktu siklus pembuatan kemasan produk botol 50 ml pada proses *blow moulding* dengan menggunakan metode *taguchi* dengan harapan dapat memberikan gambaran untuk mengetahui pengaruh parameter-parameter yang ada pada proses *blow moulding*, sehingga nantinya didapatkan hasil kemasan produk yang optimal, baik dari segi kuantitas maupun kualitas.

1.2 Rumusan Masalah

Ditinjau dari latar belakang di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh nilai variasi dari parameter *blowing pressure*, *blowing time*, dan *stop time* terhadap waktu siklus, *netto*, dan *volume* produk pada mesin *blow moulding* SMC 1500-3 menggunakan metode *taguchi*.
2. Bagaimana meningkatkan produksi tanpa mengurangi kualitas produk yaitu dengan beracuan pada *netto* dan *volume* produk.

1.3 Batasan Masalah

Beberapa batasan yang diterapkan untuk memudahkan analisa penelitian ini antara lain :

1. Perhitungan optimasi menggunakan metode *taguchi* dengan parameter *blowing pressure*, *blowing time*, dan *stop time*.
2. Tidak membahas proses kimia material plastik.
3. Penelitian yang dilakukan terbatas dengan alat ukur yang ada di pabrik.
4. Mesin dianggap standar dan alat ukur telah terkalibrasi dengan baik.
5. Menggunakan mesin *blow moulding* SMC 1500-3.
6. Material yang digunakan adalah *High Density Polyethylene* (HDPE).

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi parameter *stop time*, *blowing time*, dan *blowing pressure* terhadap waktu siklus produksi dan kualitas produk botol 50 ml yaitu *netto* dan *volume*.
2. Untuk mengetahui variasi optimum waktu siklus dari parameter-parameter tersebut tanpa menghilangkan nilai standar kualitas produk botol 50 ml dengan metode taguchi.
3. Untuk mendapatkan nilai optimasi waktu siklus dengan menggunakan metode taguchi.

1.4.2 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Dapat mengetahui penerapan metode taguchi pada optimasi produksi.
2. Dapat menentukan waktu siklus yang optimal dengan menggunakan metode taguchi.
3. Dapat meningkatkan produksi botol 50 ml

1.5 Hipotesa

Hipotesa saya sebagai penulis adalah semakin besar nilai dari *blowing time* akan berpengaruh terhadap bertambahnya nilai dari *cycle time* dan bertambahnya pula nilai dari *volume* botol sedangkan akan berdampak pada berkurangnya nilai dari *netto*. Untuk parameter bebas *blowing pressure*, semakin besar nilainya maka akan berpengaruh terhadap berkurangnya nilai dari *netto* dan bertambahnya nilai dari *volume* dan tidak akan ada pengaruh yang signifikan terhadap nilai dari *cycle time*. Untuk parameter bebas *stop time*, semakin besar nilainya maka akan berpengaruh terhadap bertambahnya nilai dari *cycle time* dan tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap parameter respon lainnya yaitu *netto* dan *volume*.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum Plastik

Plastik adalah suatu polimer yang mempunyai sifat-sifat unik dan luar biasa. Secara garis besar, plastik dapat dikelompokkan menjadi dua golongan, yaitu plastik thermoplastik dan plastik thermoset. Plastik thermoplastik adalah plastik yang dapat dicetak berulang-ulang dengan adanya panas. Yang termasuk plastik thermoplastik antara lain : PE, PP, PS, ABS, SAN, nylon, PET, BPT, Polyacetal (POM), PC dan lain-lain. Sedangkan plastik thermoset adalah plastik yang apabila telah mengalami kondisi tertentu tidak dapat dicetak kembali. Yang termasuk plastik thermoset adalah : PU (Poly Urethane), UF (Urea Formaldehyde), MF (Melamine Formaldehyde), polyester, epoksi dan lain-lain (Mujiarto, 2005).

Bahan termoplastik mempunyai titik leleh sendiri-sendiri karena setiap bahan plastik mempunyai karakteristik yang berbeda-beda. Dikutip dari Kristyantoro (2009), titik leleh bahan termoplastik dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2.1 Titik Leleh Termoplastik (Kristyantoro, 2009)

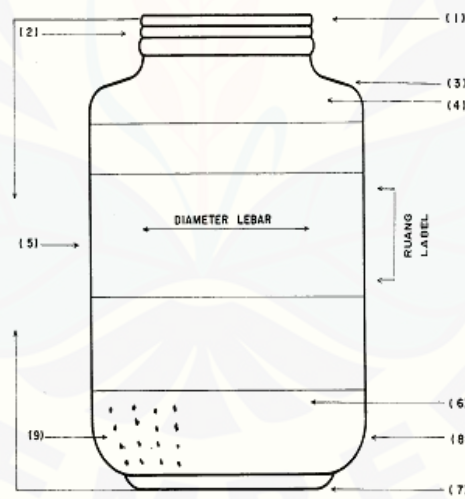
Material	°C	°F
<i>Polyethylene-low density</i> (LDPE)	149 - 232	300 - 450
<i>Polyethylene-high density</i> (HDPE)	177 - 260	350 - 500
<i>Polypropylene</i> (PP)	190 - 288	374 - 550
<i>Acrylonitrile butadiene styrene</i> (ABS)	117 - 260	350 - 500
Nylon	260 - 327	500 - 620
<i>Polyethylene terephthalate</i> (PET)	227 - 349	440 - 660
<i>Polycarbonate</i> (PC)	271 - 300	520 - 572
<i>Polyphenylene oxide</i> (PPO)	204 - 354	400 - 670

Low-Density Polyethylene bersifat tangguh dan fleksibel. LDPE tidak berasa dan tidak berbau serta dapat memberikan perlindungan kelembaban yang luar biasa, tetapi bukan penghalang gas yang baik. Secara ekonomi LDPE adalah bahan resin murah. Dibandingkan dengan LDPE, HDPE bersifat kaku, keras, dan lebih kedap.

HDPE juga tidak berasa, tidak berbau, dan tahan benturan, tetapi akan beresiko retak untuk beberapa produk seperti deterjen kecuali diformulasikan khusus. HDPE tahan panas dan merupakan pelindung produk yang lebih baik daripada LDPE. HDPE lebih mahal daripada LDPE, tetapi masih dianggap sebagai bahan yang relatif murah (Yam, 2009).

2.2 Kemasan botol

Botol merupakan salah satu bentuk kemasan yang mempunyai ciri bagian leher bulat dan menyempit untuk memudahkan penuangan isi dan memiliki lubang mulut yang sempit untuk memperkecil ukuran tutup. Contoh botol kemasan air mineral. Adapun bagian – bagian dari kemasan botol dapat dilihat pada Gambar 2.1 (Masykuri, 2003).



Gambar 2.1 Bagian – bagian kemasan botol (Masykuri, 2003)

Keterangan :

- | | | |
|-------------|------------------------------|----------------------|
| 1.) Penutup | 4.) Batas pegas bagian atas | 7.) Dasar |
| 2.) Leher | 5.) Badan | 8.) Tumit |
| 3.) Bahu | 6.) Batas pegas bagian bawah | 9.) <i>Stippling</i> |

Terdapat beberapa tahapan dalam merancang suatu kemasan botol, yaitu memperhatikan persyaratan standar botol, bahan - bahan yang akan terkandung pada produk, penggunaan, pendistribusian, estetika, dan isu-isu lingkungan. Menentukan proses manufaktur yang dipilih dan memilih jenis cetakan. Memilih bahan dan menggambar kasar profil botol. Menggambar bagian – bagian detail botol dan membuat model / *Prototype*. Menggambar *mold* / cetakan dan membuat *cavity*. Kemudian pengujian *cavity* dan finalisasi gambar. Setelah itu memproduksi dan menguji *mold* hingga mulai melakukan produksi.

Untuk mendesain sebuah botol digunakan acuan standart, dimana untuk standart industri yang digunakan saat ini adalah ASTM D2911-94(2005) yaitu standart untuk spesifikasi dimensi dan toleransi untuk botol palstik (Yam, 2009).

2.3 Blow Molding

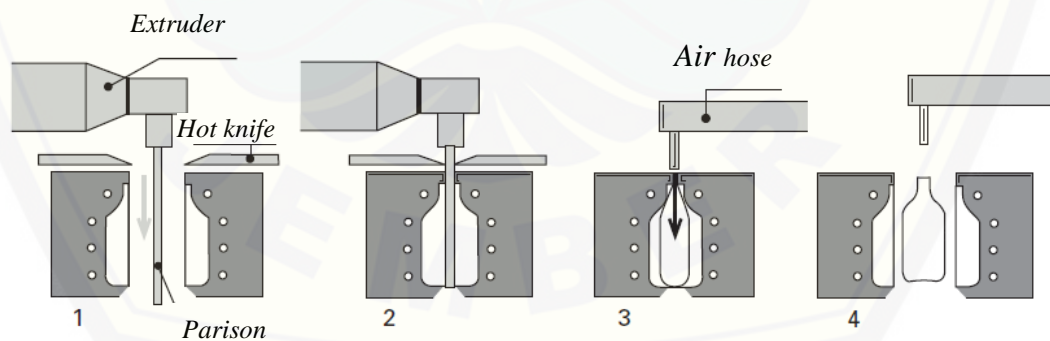
Blow molding adalah satu-satunya cara praktis untuk membuat botol plastik dan toples, metode ini juga digunakan untuk membuat wadah plastik besar seperti drum. Ada dua jenis utama dari *blow molding*, *extrusion blow moulding* dan *injection blow molding*. *Injection blow molding* adalah gabungan dari *injection molding* sebagai pencetak *parison* dan *blow molding* untuk pembentukan produk akhir. Oleh karena itu, ia mampu memberikan kontrol yang cukup akurat atas dimensi produk, terutama di bagian kritis dari botol. *Injection blow molding* lebih mahal daripada *injection molding* saja, karena memerlukan dua set cetakan dan dua proses pencetakan. Namun, ia mampu memproduksi bentuk yang tidak dapat diproduksi dengan *injection molding*. *Injection blow molding* juga menghasilkan sangat sedikit scrap. *Injection blow molding* biasa digunakan untuk membuat botol PET, teutama untuk botol obat. Pada umumnya sulit untuk mengontrol nilai ekonomis pada *injection blow molding* (Selke,2016) .

Extrusion blow molding adalah yang paling sederhana dan umumnya proses yang paling ekonomis untuk membuat botol plastik. Kontrol atas ketebalan dinding botol tidak sebaik di injeksi *blow molding*, tetapi dapat ditingkatkan dengan teknik

seperti penyetalan parison dan pembentukan *die*. *Extrusion blow molding* mampu memproduksi berbagai macam bentuk botol, termasuk botol dengan pegangan, offset leher, ruang ganda, dan banyak lagi (Selke, 2016).

Proses pencetakan dengan cara tiup yang disebut *blow moulding* diawali dengan proses pemanasan bahan baku plastik hingga mencapai temperatur leleh di dalam *barrel*. Di dalam *barrel* terdapat *screw* yang berputar secara terus-menerus hingga kedalam suatu celah yang berpenampang cincin yaitu antara *pin* dan *die*. Kemudian dari celah tersebut plastik yang sudah leleh keluar berbentuk selongsong (*parisson*) dengan ukuran diameter yang sudah ditentukan oleh *pin* dan *die*. Setelah itu *parisson* tersebut ditangkap dan dijepit oleh *mold* dan ditiup dengan tekanan tertentu oleh *blowpin* sehingga selongsong tersebut mengembang dan menempel pada dinding-dinding rongga *cavity*. Tiupan dipertahankan untuk beberapa saat sampai proses pendinginan dari dinding selongsong yang menempel pada dinding *cavity* berlangsung. Setelah plastik menjadi *solid* dan cukup kuat, tiupan dihentikan. Kemudian produk dikeluarkan dari dalam *mold* (Subagyo, 2009).

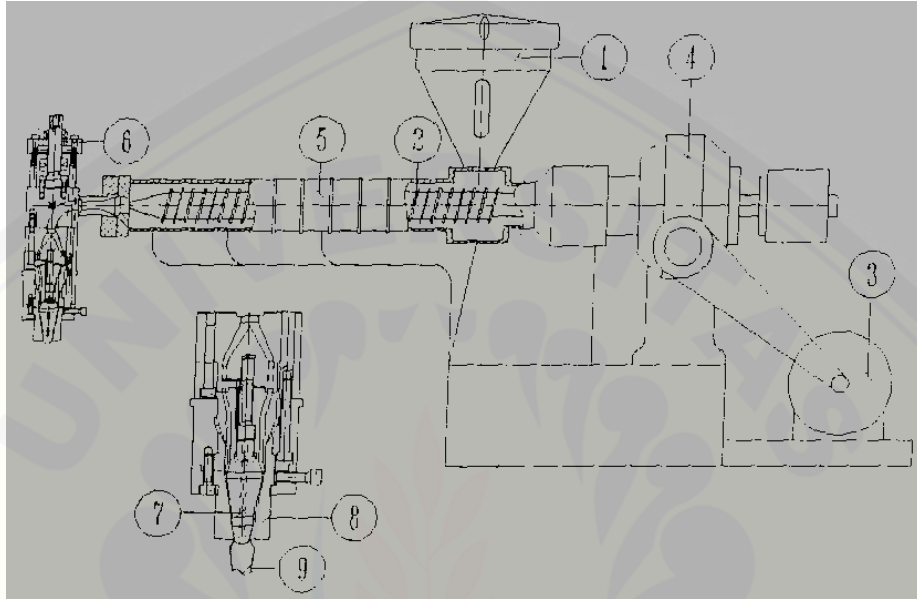
Gambar 2.2 berikut ini menjelaskan proses *extrusion blow moulding* secara singkat.



Gambar 2.2 Proses *Extrusion Blow Moulding*

(Marco, 2009)

Gambar 2.3 di bawah adalah mekanisme mesin *blow moulding* yang menjelaskan tentang proses bijih plastik yang masih berbentuk butiran sampai dengan proses pembentukan *parisson*.

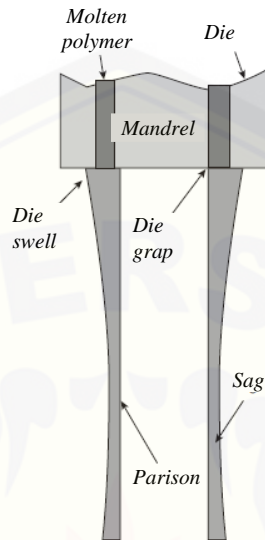


Gambar 2.3 Mekanisme Mesin *Blow Moulding*

(Subagyo, 2009)

Extruder (2) diputar secara terus-menerus oleh motor penggerak (3) setelah melewati transmisi (4). Karena putaran *extruder*, butiran dalam *hopper* (1) turun ke bawah masuk ke dalam *barrel* dan didorong ke kiri oleh putaran *extruder*. Sepanjang dinding *barrel* dipasang beberapa pemanas (5). Pada pemanas tersebut suhunya diatur sedemikian rupa mencapai suhu *melting* dari material plastik. Semakin ke kiri pengaturan suhunya semakin tinggi. Plastik yang sudah mencapai *melt* terdorong ke dalam *die head* (6). Pada ujung *die head* terdapat *pin* (7) dan *die* (8). Plastik leleh mengalir melalui celah antara *pin* dan *die*. Karena celah antara *pin* dan *die* berpenampang cincin maka setelah material plastik melewati celah ini akan berbentuk selongsong (*parisson*) (9) yang mengalir secara terus-menerus sesuai putaran *extruder*.

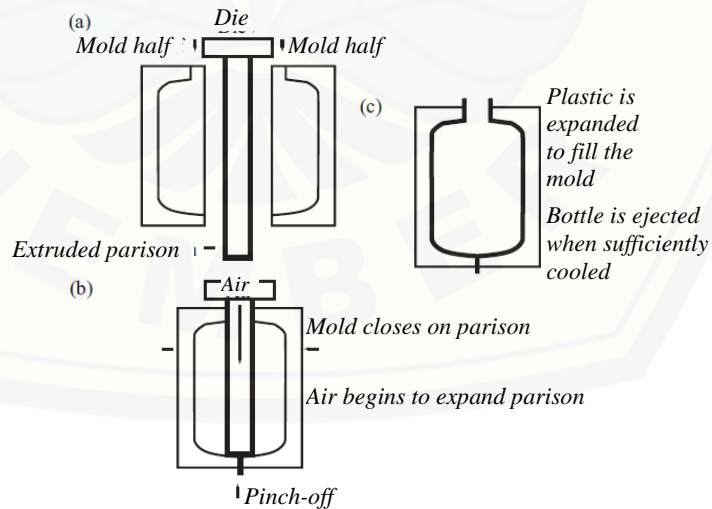
Proses pembentukan *parison* pada saat keluar dari *die* dijelaskan pada Gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 2.4 Proses Pembentukan *Parison*

(Wagner Jr, 2014)

Setelah proses pembentukan *parisson*, tahap selanjutnya adalah proses pencetakan dan peniupan. Gambar 2.5 di bawah ini menunjukkan proses pencetakan dan peniupan.



Gambar 2.5 Proses Pencetakan dan Peniupan *Parison*

(Selke, 2016)

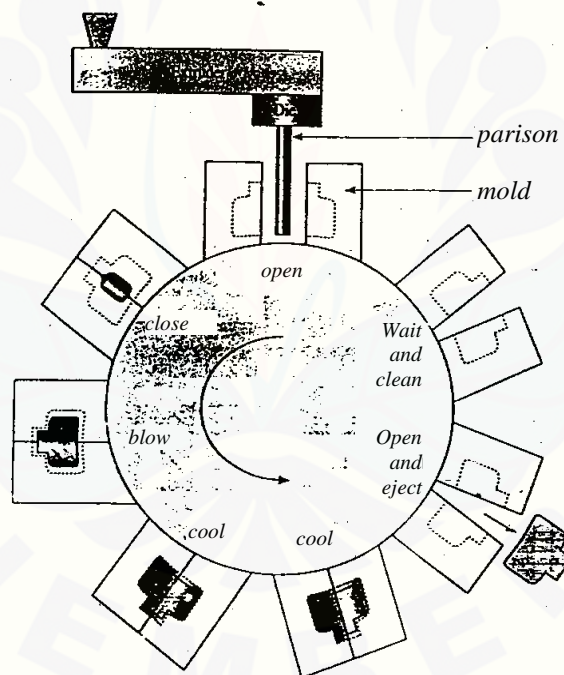
Langkah-langkah umum dalam proses *blow moulding* adalah sebagai berikut:

1. Pelelehan bijih plastik. Pelelehan bijih plastik dilakukan oleh *extruder* yang merupakan bagian dari mesin *blow moulding*. Peralatan yang digunakan ekstruder adalah *heater* dan *screw*.
2. Pembentukan lelehan plastik dalam bentuk silinder atau tabung. bentuk silinder atau tabung tersebut pada umumnya disebut *parisson*. *Parisson* dibentuk dengan dua metode dan dua metode yang paling mendasar pada proses *blow moulding* adalah *extrusion blow moulding* dan *injection blow moulding*. Pada *extrusion blow moulding* digunakan *extrusion die* untuk membentuk *parisson*. Pembentukan *parisson* dapat dilakukan secara kontinyu maupun bertahap. Dalam berbagai permasalahan, beberapa metode harus menyajikan akhir penutupan *parisson* sehingga *parisson* tersebut dapat ditiup. Metode akhir penutupan yang umum adalah melakukan penangkapan *parisson* dengan cara penutupan kedua bagian cetakan. *Parisson* pada *injection blow moulding* dibentuk oleh injeksi resin pada *core pin*.
3. Setelah pembentukan *parisson*, *parisson* berada di dalam cetakan dan kemudian ditiup sehingga plastik mengembang dan menekan dinding *cavity*. Peniupan dilakukan melalui *pin* yang dimasukkan melalui celah botol. proses peniupan *parisson* dapat dilihat pada gambar 2.5.
4. Proses pendinginan di dalam cetakan dan kemudian dikeluarkan.
5. Proses akhir adalah proses penyempurnaan. Pada proses ini *parisson* yang belum sempurna di tutup dengan penjepit. Bentuk yang belum sempurna tersebut harus dihilangkan dengan cara memotong bagian *parisson* yang tidak dibutuhkan.

2.4 Waktu Siklus

Pada suatu mesin, waktu siklus adalah waktu yang dibutuhkan untuk membuat suatu produk. Dan pada mesin *blow moulding* yaitu merupakan waktu sirkulasi rotasi *modal* yang diawali dengan pembukaan *modal* kemudian diikuti oleh

penurunan *parison*, dimana kemudian *parison* ditangkap oleh cetakan dan *blow pin* masuk ke dalam cetakan untuk melakukan proses peniupan dengan tekanan tertentu hingga *parison* mengembang mengikuti bentuk dari cetakan. Setelah proses peniupan, *blow pin* keluar lalu dilanjutkan dengan proses pendinginan. *Blow pin* yang keluar melakukan pendinginan pada *afval neck* dan terjadi pula pendinginan pada cetakan pada waktu yang hampir sama. Setelah proses pendinginan berlangsung, proses selanjutnya adalah pembukaan *mold* dan *eject* kemudian terjadi proses seperti di atas begitu seterusnya. Intinya satu waktu siklus produksi adalah diawali dengan penutupan *mold* sampai dengan penutupan *mold* berikutnya seperti dijelaskan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Sistem Rotasi Cetakan Pada Proses Pembentukan Produk
(Kristiyantoro, 2009)

Waktu siklus dapat dioptimalkan dengan mengatur *blowing time* dan *stop time*. *Stop time* adalah proses berhenti sebentar yang dilakukan *mold* pada saat

membuka dan menutup. *Stop time* berpengaruh pada waktu siklus karena terjadi pemberhentian proses untuk sementara waktu. Jika *stop time* dikurangi maka waktu siklus menjadi semakin cepat.

Blowing time adalah waktu meniupan yang dilakukan oleh *blowpin* selama proses pencetakan produk. Besar kecilnya waktu meniupan yang digunakan dapat mempengaruhi proses pendinginan. Proses meniupan ini sangat berpengaruh terhadap pembentukan produk. Proses meniupan harus sesuai dengan kebutuhan karena semakin lama meniupan akan berakibat produk yang akan dicetak meletus karena kelebihan udara dan dimensi produk menjadi lebih besar begitu pula sebaliknya semakin pendek waktu meniupan dapat berakibat temperatur produk tinggi dan penyusutan yang lebih besar sehingga berat produk tidak sesuai kualitas perusahaan. *Blowing time* berpengaruh terhadap waktu siklus. Semakin lama waktu meniupan semakin lama pula waktu siklus yang dibutuhkan begitu pula sebaliknya semakin cepat waktu meniupan semakin cepat pula waktu siklus yang dibutuhkan.

Agar kualitas tetap baik maka perlu juga mengatur *blowing pressure*. *Blowing pressure* adalah tekanan yang dibutuhkan untuk meniup *parisson* pada cetakan. Jika *blowing pressure* terlalu rendah maka produk tidak akan terbentuk dengan sempurna dan dimensi yang dihasilkan tidak sesuai dengan spesifikasi. Bila *blowing pressure* terlalu besar akan menyebabkan produk tidak sempurna dan akhirnya menjadi pecah karena kelebihan udara (Kristyantoro, 2009).

2.5 Metode Taguchi

Metode *taguchi* merupakan metode perancangan yang berprinsip pada perbaikan mutu dengan memperkecil akibat dari variasi tanpa menghilangkan penyebabnya. Hal ini dapat diperoleh melalui optimasi produk dan perancangan proses untuk membuat unjuk kerja kebal terhadap berbagai penyebab variasi suatu proses yang disebut perancangan parameter.

Metode *taguchi* menitik beratkan pada pencapaian suatu target tertentu dan mengurangi variasi suatu produk atau proses. Pencapaian tersebut dilakukan dengan

menggunakan ilmu statistik. Apabila ada sejumlah parameter yang diperkirakan mempengaruhi suatu proses, maka dengan prinsip statistika pada metode *taguchi* ini dapat dihitung seberapa besar peran masing-masing parameter tersebut dalam mempengaruhi proses ataupun hasil dari proses tersebut. Dengan metode *taguchi* ini dapat ditarik kesimpulan parameter yang dominan, maka dapat dilakukan suatu optimasi dari parameter yang dominan tersebut, sehingga diperoleh proses yang optimum.

Analisis *taguchi* juga dapat memperkirakan hasil dari proses tersebut apabila digunakan kombinasi parameter yang berbeda dengan yang dilakukan pada pengujian, manfaat hasil perkiraan ini adalah untuk merencanakan suatu produksi (Rauf, 2010).

2.5.1 Tahapan dalam Metode *taguchi*

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

a. Perumusan masalah

Pada tahap ini, perancangan harus menentukan tujuan dari optimasi proses yang dilakukan, dan menetapkan karakteristik respon yang akan dianalisis. Beberapa kegiatan yang termasuk dalam tahap ini adalah:

- Menentukan karakteristik respon yang diukur.
- Mendaftarkan pasangan parameter kendali (*control factor*). Parameter kendali adalah parameter yang berpotensi untuk mempengaruhi karakteristik dari proses pemesinan.
- Menentukan jumlah *setting* tiap parameter kendali. Istilah yang bisa dipakai adalah *level*. *Level* adalah nilai dari parameter kendali.

b. Perencanaan percobaan

Awal pada tahapan ini adalah menentukan jenis metode *taguchi*. Jenis metode *taguchi* dapat diketahui berdasarkan jumlah dari parameter kendali dan *level*

untuk setiap parameter kendali. Jenis metode *taguchi* ini menentukan jenis matriks *Orthogonal Array* yang akan dipakai.

c. Melaksanakan percobaan dan pengumpulan data

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

d. 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:

- Analisis rata-rata (*Analysis of Mean / ANOM*)
- Analisis varian (*Analysis of Variant / ANOVA*)

2.5.2 Analisis dalam *metode taguchi*

Dalam *metode taguchi* terdapat 2 macam analisis yang dilakukan dengan tujuan berbeda-beda. Kedua macam analisis tersebut adalah:

a. ANOM (*Analysis of Mean*)

ANOM atau analisis rata-rata, digunakan untuk mencari kombinasi dari parameter kendali sehingga diperoleh hasil yang optimum 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. ANOVA (*Analysis of Variant*)

ANOVA atau analisis varian, digunakan untuk mencari besarnya pengaruh dari setiap parameter kendali terhadap suatu proses. Besarnya efek tersebut dapat diketahui dengan membandingkan nilai *Sum of Square* dari suatu

parameter kendali terhadap seluruh parameter kendali. Langkah Perhitungan Anova sebagai berikut:

a) Pembuatan Tabel Respon

Berikut ini adalah contoh perhitungan pada Tabel Respon. Faktor A dengan level pertama

$$\bar{A}_1 = \frac{\sum \text{rata-rata level 1 pada faktor A}}{\text{jumlah level}}$$

b) Menghitung Jumlah Kuadrat Total (SST)

$$SST = \sum y^2$$

c) Menghitung jumlah rata – rata kuadrat (*SSmean*)

$$SS_{mean} = n \cdot \bar{y}^2$$

d) Menghitung jumlah kuadrat masing-masing faktor

$$SS_A = ((\bar{A1})^2 \times n1) + ((\bar{A2})^2 \times n2) + ((\bar{A3})^2 \times n3) - SS_{mean}$$

e) Menghitung Jumlah Kuadrat Error (*SSe*)

$$SS_e = SST - SS_{mean} - SS_A - SS_B - SS_C$$

f) Menghitung Derajat Kebebasan Faktor

$$V_{BT} = (\text{number of levels} - 1)$$

g) Menghitung Derajat Kebebasan Total

$$V_T = \text{jumlah percobaan} - 1$$

h) Menghitung Rata-rata Jumlah Kuadrat (MS)

Berikut ini adalah contoh perhitungan Rata-rata Jumlah Kuadrat A

$$MS_{BP} = \frac{SS_A}{V_A}$$

i) Menghitung Rasio (F-Ratio)

Berikut ini adalah contoh perhitungan Rasio (*F-Ratio*) A.

$$F \text{ ratio BP} = \frac{MS_A}{MS_e}$$

j) Prediksi kebulatan dan rasio S/N kondisi optimum

Setelah diketahui konfigurasi faktor level yang menghasilkan kebulatan optimum, kita bisa memprediksi rasio S/N-nya. Model persamaan kebulatan adalah sebagai berikut:

$$\mu_{\text{prediksi}} = \mu + (A - \mu) + (B - \mu) + (C - \mu)$$

2.5.3 Istilah dalam *metode taguchi*

Ada beberapa istilah yang akan sering dijumpai dan memegang peran penting dalam *metode taguchi*, yaitu:

a. Derajat bebas (*degree of freedom*)

Derajat bebas merupakan banyak perbandingan yang harus dilakukan antara *level-level* atau interaksi yang digunakan untuk menentukan jumlah percobaan minimum yang dilakukan. Perhitungan derajat bebas dilakukan agar diperoleh suatu pemahaman mengenai hubungan antara suatu faktor dengan *level* yang berbeda-beda terhadap karakteristik kualitas yang dihasilkan. Perbandingan ini sendiri akan memberikan informasi tentang faktor dan *level* yang mempunyai pengaruh signifikan terhadap karakteristik kualitas.

Dalam melakukan percobaan, efisiensi dan biaya yang harus dikeluarkan merupakan salah satu pertimbangan utama. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka sebisa mungkin digunakan *Orthogonal Array* terkecil yang masih dapat memberikan informasi yang cukup untuk dilakukannya percobaan secara komprehensif dan penarikan kesimpulan yang valid. Untuk menentukan *Orthogonal Array* yang diperlukan maka dibutuhkan perhitungan derajat kebebasan. Perhitungan untuk memperoleh derajat bebas adalah sebagai berikut, (Sidi, 2013):

$$DB = \text{Jumlah Faktor} \times (\text{Jumlah Level} - 1)$$

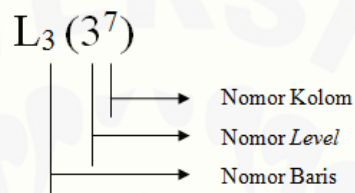
Tabel *Orthogonal Array* yang dipilih harus mempunyai jumlah baris minimum yang tidak boleh kurang dari jumlah derajat bebas totalnya.

b. Matriks *Orthogonal Array*

Orthogonal Array adalah matriks dari sejumlah baris dan kolom. Setiap kolom merepresentasikan faktor atau kondisi tertentu yang dapat

berubah dari suatu percobaan ke percobaan lainnya. Masing-masing kolom mewakili faktor-faktor yang dari percobaan yang dilakukan. *Array* disebut *Orthogonal* karena setiap *level* dari masing-masing faktor adalah seimbang (*balance*) dan dapat dipisahkan dari pengaruh faktor yang lain percobaan. *Orthogonal Array* merupakan suatu matriks faktor dan *level* yang tidak membawa pengaruh dari faktor atau *level* yang lain.

Cara penomoran *Orthogonal Array* dijelaskan pada Gambar 2.7 di bawah ini.



Gambar 2.7 Cara Penomoran *Orthogonal Array*

(Kristiyantoro, 2009)

Keterangan:

1. Notasi L

Notasi L menyatakan informasi mengenai *Orthogonal Array*

2. Nomor baris

Menyatakan jumlah percobaan yang dibutuhkan ketika menggunakan *Orthogonal Array*

3. Nomor kolom

Menyatakan jumlah faktor yang diamati dalam *Orthogonal Array*

4. Nomor *level*

Menyatakan jumlah *level* faktor

Untuk dua *level*, tabel OA terdiri dari L4, L8, L12, L16, dan L32, sedangkan untuk tiga *level* tabel OA terdiri dari L9, L18, L27. Pemilihan jenis *Orthogonal Array* akan digunakan pada percobaan didasarkan pada jumlah derajat bebas total. Penentuan derajat bebas berdasarkan pada:

1. Jumlah faktor utama yang diamati dan interaksi.
2. Jumlah *level* dari faktor yang diamati.

3. Resolusi percobaan yang diinginkan atau batasan biaya.

Angka di dalam pemilihan *orthogonal array* menandakan banyaknya percobaan di dalam *orthogonal array*, suatu matriks L8 memiliki delapan percobaan dan matriks L27 memiliki 27 percobaan dan seterusnya. Banyaknya *level* yang digunakan di dalam faktor digunakan untuk memilih *Orthogonal Array* dua level. Jika *levelnya* tiga maka digunakan *Orthogonal Array* tiga level, sedangkan jika sebagian faktor memiliki dua level dan faktor lainnya memiliki tiga level maka jumlah yang lebih besar akan menentukan jenis *Orthogonal Array* yang harus dipilih.

Orthogonal Arrays mempunyai beberapa manfaat, yaitu:

1. Kesimpulan yang diambil dapat menjangkau ruang lingkup parameter kendali dan masing-masing levelnya secara keseluruhan.
2. Sangat menghemat pelaksanaan percobaan karena tidak menggunakan prinsip *fully operational* seperti percobaan yang biasa, tetapi menggunakan prinsip *fractional factorial*. Artinya, tidak semua kombinasi level harus dilakukan percobaan, melainkan hanya beberapa saja. Untuk menentukan *level* mana yang harus dilakukan dalam pengambilan data, maka harus mengacu pada model *Orthogonal Array* yang standar. Pemilihan matriks *Orthogonal Array* disesuaikan dengan permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya.
3. Kemudahan dalam analisis data.

Setelah menentukan Orthogonal Array maka didapat tabel matrik seperti tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2.2 Contoh *Orthogonal Array* untuk L₉

Percobaan	Faktor/Level		
	A	B	C
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

c. Interaksi Antara Faktor

Interaksi antara dua faktor berarti efek satu faktor pada respon tergantung *level* faktor lain. Antara interaksi menyebabkan sistem tidak robust karena sistem menjadi sangat sensitif terhadap perubahan satu faktor.

d. *Signal to Noise Ratio* (S/N Ratio)

Optimasi proses yang dilakukan oleh *metode taguchi* adalah dengan memperhatikan nilai *S/N Ratio*. Prinsip dasarnya adalah pengaturan proses produksi mencapai kondisi yang optimum jika dapat memaksimalkan nilai *S/N Ratio*.

S/N Ratio adalah suatu bilangan yang menggambarkan perbandingan antara *signal* dan *noise* dari suatu parameter kendali. Nilai *S/N Ratio* didapat dari pengolahan data hasil percobaan untuk beberapa kombinasi *level* pada parameter kendali. Setiap kombinasi akan memiliki nilai tersendiri. Dari nilai

tersebut dapat diketahui apakah parameter kendali tersebut cukup memberikan pengaruh yang signifikan pada sebuah proses pemesinan sehingga dapat disebut sebagai sebuah signal atau parameter tersebut hanya memberikan pengaruh yang kecil sehingga dianggap sebagai *noise* atau gangguan saja.

Jika target yang dituju adalah untuk meningkatkan respon, maka yang dilakukan adalah mencari kombinasi dari parameter kendali yang nilai *S/N Ratio* dari setiap *level*nya memiliki nilai terbesar. Ada tiga jenis *S/N Ratio* yang biasa dipakai dalam optimasi permasalahan statik yaitu:

1. *Smaller the Better*

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

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

dimana n = jumlah data
 i = data respon pengukuran

2. *Larger the Better*

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

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

3. *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:

$$S / N \text{ Ratio} = 10 \times \log \left[\frac{y^{-2}}{s^2} \right] \dots \dots \dots (3)$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

- Dimana: s^2 = varian
 n = jumlah pengulangan dari setiap kombinasi
 X_i = nilai dari kombinasi ke- n
 \bar{X} = nilai rata-rata dari setiap kombinasi

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu metode percobaan yang digunakan untuk menganalisis laju nilai *cycle time* pada proses *blow moulding* kemasan 50 ml dengan variasi nilai parameter *stop time*, *blowing time*, dan *blowing pressure*.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

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

3.3 Bahan dan Alat Penelitian

3.3.1 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *High Density Polyetilene* (HDPE) dengan komposisi 50 % bijih plastik murni, 50 % plastik sisa pembentukan produk yang tidak ikut dalam konstruksi dasar produk yang kemudian digiling dan diolah kembali sebagai campuran material murni (*afval*).

3.3.2 Alat

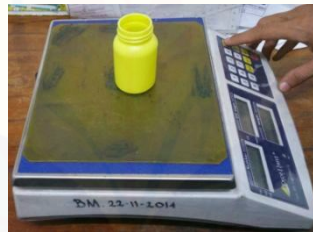
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mesin *blow moulding* tipe SMC 1500-3 yang memproduksi produk 50 ml. Mesin ini mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

Data teknis mesin

- Merk : SMC 1500-3
- *Machine width* : 3,55 m
- *Machine length* : 4,55 m
- *Machine heigth* : 2,60 m
- Jumlah *Wagon* : 1

- Jumlah *cavity/mold* : 1
 - Diameter *Screw* : 65 mm
 - Kecepatan *Screw* : 11 - 55 rpm
 - *Heating zone* : 19 zones
 - *Main supply voltage* : 3 x 380 VAC 50 Hz
 - *Power Machine consumption* : 50,34 kW 92,15 A
 - *Hydraulic system pressure* : 80 – 100 bar
 - *Pneumatic system pressure* : 6 – 8 bar
 - *Cooling system pressure* : 2 – 3 bar
- b. *Stop watch* untuk mengukur kecepatan waktu siklus produksi pada mesin SMC 1500-3.
- c. Timbangan Digital untuk menimbang berat produk dan volume dari produk 50 ml.



Gambar 3.1 Timbangan digital

- d. *Leak tester detector* untuk memeriksa adanya kebocoran pada botol

Gambar 3.2 *Leak tester detector*

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian. Variabel bebas yang digunakan adalah Variasi *blowing pressure*, *blowing time*, dan *stop time*. Variasi *blowing pressure*, *blowing time*, dan *stop time* yang digunakan dalam pembuatan produk botol 50 ml menggunakan tiga level yaitu:

Tabel 3.1 Level yang digunakan

Faktor	Level bawah	Level tengah	Level atas
Kode	1	2	3
<i>Blowing pressure</i>	5 bar	5,75 bar	6,5 bar
<i>Blowing time</i>	8 detik	9 detik	10 detik
<i>Stop time</i>	0,5 detik	1 detik	1,5 detik

3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan sepenuhnya oleh peneliti, tetapi besarnya tergantung pada variabel bebasnya. Variabel terikat pada penelitian ini adalah waktu siklus produksi, *netto* yaitu berat botol, dan *volume* yaitu kapasitas isi botol.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Tahapan penelitian pada produksi produk botol 50 ml

Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahapan yaitu sebagai berikut:

1. Memasukkan bahan baku plastik ke dalam tandon material dan mengatur perbandingan material murni dan material *afval* yang akan diproses yaitu 50 % material murni HDPE dan 50 % material *afval*.
2. Mengatur temperatur *barrel* sesuai dengan *melting point* HDPE.
3. Mengatur *blowing pressure* sesuai standar awal perusahaan yaitu 5 bar.

4. Mengatur *blowing time* sesuai standar awal yaitu 8 detik.
5. Mengatur *stop time* sesuai standar awal yaitu 0,5 detik.
6. Menjalankan mesin dengan kondisi maksimum. Yang dimaksud mesin dalam kondisi maksimum adalah mesin pada kondisi panas dan produk yang dihasilkan stabil.
7. Ulangi langkah (1) sampai dengan (6) dengan merubah nilai variabel *blowing pressure*, *blowing time*, dan *stop time* sesuai dengan level.
8. Melakukan pengambilan data, metode pengambilan data dan kombinasi level berdasarkan rancangan *Orthogonal Array* (OA) Taguchi.
9. Pengambilan dan pengukuran berat produk dilakukan tiap dua kali mesin melakukan proses produksi hingga selesai atau *mold* dalam keadaan terbuka. Jeda satu kali proses produksi dimaksudkan untuk memberikan waktu pada mesin agar lebih beradaptasi pada perubahan *setting* yang dilakukan.
10. Pengambilan data menggunakan 3 kali replikasi.
11. Pengaturan nilai parameter semua dilakukan oleh operator mesin.
12. Pengukuran kecepatan waktu siklus produksi menggunakan *stopwatch*.
13. Pengukuran berat produk dan volume produk menggunakan timbangan yang dimiliki PT. Berlina Tbk.
14. Dilakukan pemeriksaan kualitas pada setiap hasil percobaan. Kualitas produk harus sesuai dengan kriteria yang diinginkan PT. Berlina Tbk.

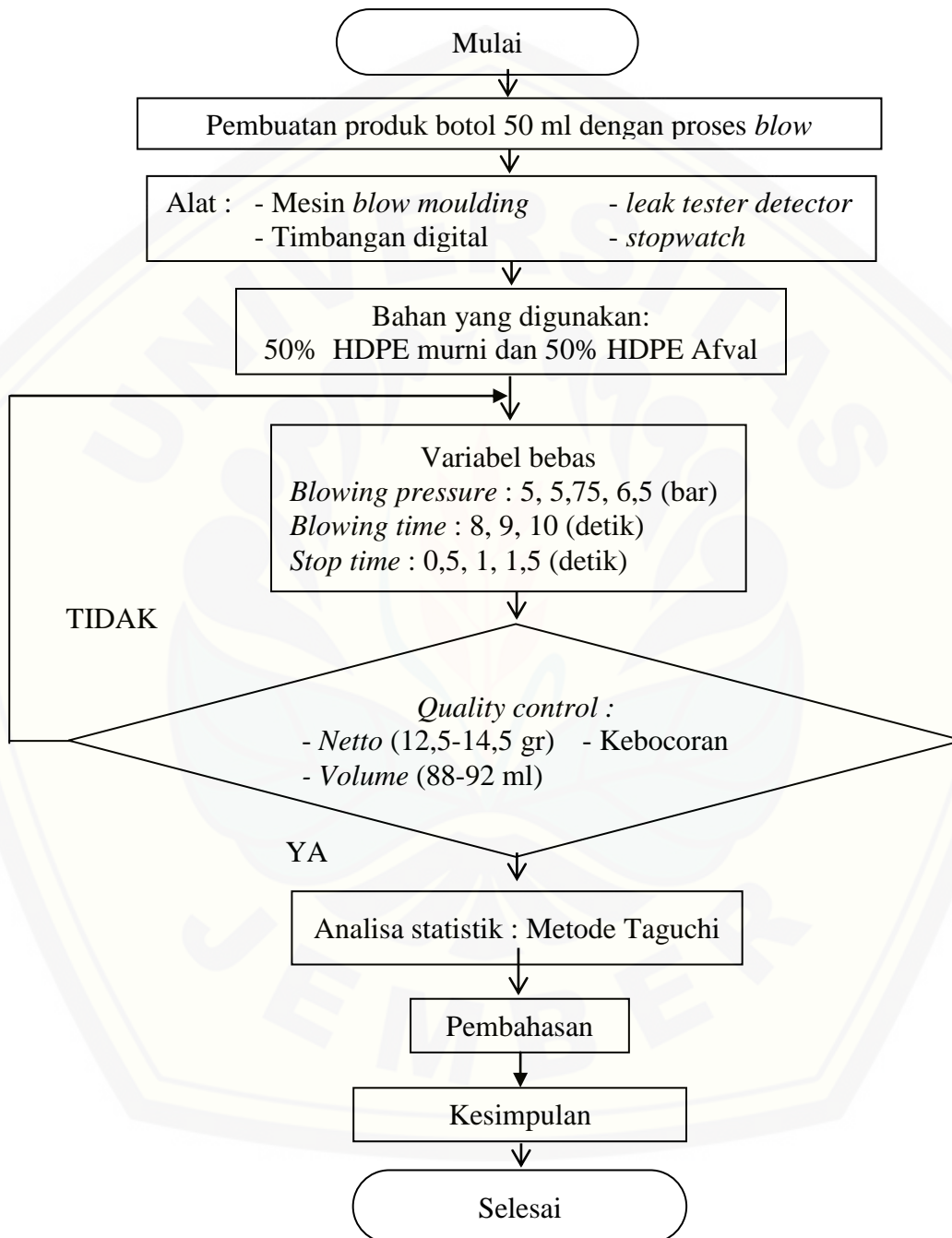
Berikut ini pada Gambar 3.3 adalah botol 50 ml



Gambar 3.3 Botol 50 ml

3.6 Diagram Alur Penelitian

Adapun diagram alur pada penelitian ini sebagai berikut :



Gambar 3.4 Skema Penelitian

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengaruh dari parameter yang dipilih adalah sebagai berikut:
 - Untuk *cycle time* pada mesin SMC 1500 variabel proses yang berpengaruh adalah *blowing time* dan *stop time*.
 - Untuk *netto* produk botol 50 ml variabel proses yang berpengaruh adalah *blowing time* dan *stop time*.
 - Untuk *volume* produk botol 50 ml variabel proses yang berpengaruh adalah *blowing time* dan *blowing pressure*.
2. Keadaan optimum untuk waktu siklus dihasilkan pada kondisi *blowing pressure* sebesar 5,75 bar; *blowing time* sebesar 8 detik; dan *stop time* 0,5 detik. Pada keadaan ini *cycle time* dapat naik sebesar 13,3% dan produksi naik sebesar 15,4% tanpa mengurangi kualitas produk botol 50 ml.
3. Dari hasil optimasi diperoleh respon *netto* sebesar 14,2 gram, *volume* 88,8 ml dan *cycle time* sebesar 13 detik.

5.2 Saran

Saran yang penulis sampaikan adalah sebagai berikut:

- a. Untuk penelitian selanjutnya supaya menggunakan variabel proses yang berbeda.
- b. Untuk perusahaan agar memakai *setting* hasil penelitian karena *cycle time* lebih optimal dan produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi. Akan tetapi keputusan selanjutnya dalam memakai *setting* hasil penelitian tergantung pada perusahaan.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengaruh dari parameter yang dipilih adalah sebagai berikut:
 - Untuk *cycle time* pada mesin SMC 1500 variabel proses yang berpengaruh adalah *blowing time* dan *stop time*.
 - Untuk *netto* produk botol 50 ml variabel proses yang berpengaruh adalah *blowing time* dan *stop time*.
 - Untuk *volume* produk botol 50 ml variabel proses yang berpengaruh adalah *blowing time* dan *blowing pressure*.
2. Keadaan optimum untuk waktu siklus dihasilkan pada kondisi *blowing pressure* sebesar 5,75 bar; *blowing time* sebesar 8 detik; dan *stop time* 0,5 detik. Pada keadaan ini *cycle time* dapat naik sebesar 13,3% dan produksi naik sebesar 15,4% tanpa mengurangi kualitas produk botol 50 ml.
3. Dari hasil optimasi diperoleh respon *netto* sebesar 14,2 gram, *volume* 88,8 ml dan *cycle time* sebesar 13 detik.

5.2 Saran

Saran yang penulis sampaikan adalah sebagai berikut:

- a. Untuk penelitian selanjutnya supaya menggunakan variabel proses yang berbeda.
- b. Untuk perusahaan agar memakai *setting* hasil penelitian karena *cycle time* lebih optimal dan produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi. Akan tetapi keputusan selanjutnya dalam memakai *setting* hasil penelitian tergantung pada perusahaan.

Lampiran A. Analisa Taguchi untuk Cycle time

Analysis of Variance for SN ratios

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
BP	2	0,00752	0,00752	0,003762	1,07	0,482
BT	2	1,05864	1,05864	0,529320	150,96	0,007
ST	2	0,45292	0,45292	0,226459	64,59	0,015
Residual Error	2	0,00701	0,00701	0,003506		
Total	8	1,52610				

Analysis of Variance for Means

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
BP	2	0,02074	0,02074	0,01037	1,47	0,404
BT	2	2,80222	2,80222	1,40111	199,11	0,005
ST	2	1,20519	1,20519	0,60259	85,63	0,012
Residual Error	2	0,01407	0,01407	0,00704		
Total	8	4,04222				

Response Table for Signal to Noise Ratios
Smaller is better

Level	BP	BT	ST
1	-23,01	-22,59	-22,76
2	-22,97	-23,01	-22,97
3	-23,04	-23,43	-23,30
Delta	0,07	0,84	0,55
Rank	3	1	2

Response Table for Means

Level	BP	BT	ST
1	14,18	13,48	13,74
2	14,09	14,14	14,09
3	14,20	14,84	14,63
Delta	0,11	1,37	0,89
Rank	3	1	2

Lampiran B. Analisa *Taguchi* untuk *Netto*

Analysis of Variance for SN ratios

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
BP	2	0,00940	0,00940	0,004700	1,46	0,407
BT	2	1,08406	1,08406	0,542030	167,83	0,006
ST	2	0,20191	0,20191	0,100955	31,26	0,031
Residual Error	2	0,00646	0,00646	0,003230		
Total	8	1,30183				

Analysis of Variance for Means

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
BP	2	0,02667	0,02667	0,01333	1,33	0,429
BT	2	2,52667	2,52667	1,26333	126,33	0,008
ST	2	0,48667	0,48667	0,24333	24,33	0,039
Residual Error	2	0,02000	0,02000	0,01000		
Total	8	3,06000				

Response Table for Signal to Noise Ratios
Nominal is best ($10 \cdot \log_{10}(\bar{Y}^2/s^2)$)

Level	BP	BT	ST
1	47,34	47,63	47,48
2	47,31	47,46	47,33
3	47,26	46,82	47,11
Delta	0,08	0,81	0,36
Rank	3	1	2

Response Table for Means

Level	BP	BT	ST
1	13,47	13,90	13,67
2	13,40	13,63	13,43
3	13,33	12,67	13,10
Delta	0,13	1,23	0,57
Rank	3	1	2

Lampiran C. Analisa Taguchi untuk Volume

Analysis of Variance for SN ratios

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
BP	2	0,063868	0,063868	0,031934	39,84	0,024
BT	2	0,030640	0,030640	0,015320	19,11	0,050
ST	2	0,000921	0,000921	0,000460	0,57	0,635
Residual Error	2	0,001603	0,001603	0,000802		
Total	8	0,097032				

Analysis of Variance for Means

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
BP	2	6,8395	6,83951	3,41975	39,57	0,025
BT	2	3,2840	3,28395	1,64198	19,00	0,050
ST	2	0,0988	0,09877	0,04938	0,57	0,636
Residual Error	2	0,1728	0,17284	0,08642		
Total	8	10,3951				

Response Table for Signal to Noise Ratios
Nominal is best ($10 \cdot \log_{10}(\bar{Y}^2/s^2)$)

Level	BP	BT	ST
1	43,74	43,77	43,84
2	43,81	43,81	43,82
3	43,94	43,91	43,82
Delta	0,20	0,14	0,02
Rank	1	2	3

Response Table for Means

Level	BP	BT	ST
1	88,78	89,11	89,89
2	89,56	89,56	89,67
3	90,89	90,56	89,67
Delta	2,11	1,44	0,22
Rank	1	2	3

Lampiran D. Protokol Produk

PT BERLINA Tbk. PANDAAN
SEKSI BLOW MOULDING

PROTOKOL PRODUK PADA MESIN BLOW MOULDING

No. Dokumen : B - PR - 09 - BM - 21	Nama Produk : BASF 50 ML	
Material : HDPE	Kode Produk : 1 S36 005 01 11	
Mesin yg dipakai : SMC	Warna Produk : YELLOW	
No. Mould / Cav : 1(1 & 2)	Ø Pir blowpin : 36,0 mm	Ø Blowpin : 29,7 mm
Type Diehead : 2 PK 85	Ø Pin / kern : 9,5 mm	Ø Stk. Plate : 33,6 mm
System Cutting : Hot CUTT.	Ø Die / duse : 13,0 mm	Ø Cutt sleavi : 33,8 mm

SETTING TEMPERATUR

Barrel	Connection	Diehead / Koft	Die / Duse
160 - 210 °C	160 - 210 °C	150 - 200 °C	150 - 200 °C

SETTING TIMER RELAY

Bag Timer Relay	Station I	Station II	Bagian	Jns Cool	Bagian	Setting Sto
Blowing / pin Delay	0,0 - 1,0 dt.	dt.	Mould	Air dingin	Operating	5,0 - 6,5 bar
Blowing Time	8,0 - 11,0 dt.	dt.	Blowpin	Air dingin	Blowing	5,0 - 6,5 bar
Stop Time	0,0 - 1,5 dt.	dt.	STANDART CT		STANDART PACKING	
	dt.	dt.	15,0 detik		Small Collibr: 531 pcs	

STANDART SPECIFIKASI PRODUK

Bagian produk	Standart	Bagian Produk	Standart	Bagian Produk	Standart
Berat Netto	12,5 - 14,5 gr	Ø Mulut	29,5 - 29,4 mm	Ø Ring	mm
Volume BF	88,0 - 92,0 ml	Ø Umr luar	35,4 - 35,8 mm	Tinggi Neck	14,3 - 14,7 mm

CATATAN KHUSUS

REVISION

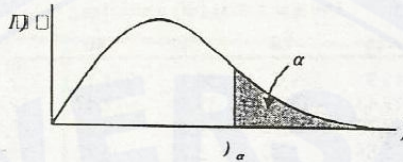
Rev No.	Revisi Date	Discription		Prepare by	Revised by	Approved by
		Old	New			
1	19-3-14	Standart Cycle Timer lama 16 detik	Standart Cycle Timer baru 15 detik			

Form No : BP - 11.10 - 09 - F - 002 Diperiapkan oleh Diperiksa oleh Disetujui oleh
 Issued Date : 01 / 05 / 2009
 Rev. No. : 00

M.Furkhan Sunharwanto Muji Santoso

Lampiran E. Tabel Distribusi F

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



v_2	v_1	Derajat bebas (df) pembilang (v_1)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Derajat bebas (df) penyebut (v_2)	1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	236,8	238,9	240,5
	2	18,51	19,0	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,37	19,38
	3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81
	4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00
	5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77
	6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10
	7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68
	8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39
	9	2,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18
	10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02
	11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90
	12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80
	13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,93	2,77	2,71
	14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65
	15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59
	16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54
	17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49
	18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46
	19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42
	20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39
	21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37
	22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34
	23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32
	24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30
	25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,40	2,34	2,28
	26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27
	27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,31	2,25
	28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24
	29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,55	2,43	2,35	2,28	2,22
	30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04	
120	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,09	2,02	1,96	
∞	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88	

Lampiran F. Perhitungan Manual Anova

1. Pengolahan data hasil eksperimen dan data rata – rata waktu siklus

Untuk keseluruhan data rata-rata waktu siklus produksi akan ditampilkan dalam Tabel A.

Tabel A. Data hasil percobaan waktu siklus

No. Perc.	Level			Replikasi			S/N Ratio (Smaller The Better)	Mean (detik)
	BP	BT	ST	I	II	III		
1	1	1	1	13,0	13,1	13,0	-22,3012	13,0
2	1	2	2	14,2	14,0	14,2	-23,0051	14,1
3	1	3	3	15,5	15,4	15,2	-23,7319	15,4
4	2	1	2	13,4	13,3	13,4	-22,5205	13,4
5	2	2	3	14,4	14,6	14,5	-23,2275	14,5
6	2	3	1	14,3	14,5	14,4	-23,1674	14,4
7	3	1	3	14,0	14,1	14,0	-22,9433	14,0
8	3	2	1	13,9	13,8	13,7	-22,7977	13,8
9	3	3	2	14,6	14,8	14,9	-23,3860	14,8

2. Pembuatan Tabel Respon

Berikut ini adalah contoh perhitungan pada Tabel Respon.

Faktor BP dengan level pertama

$$\overline{BP}_1 = \frac{\sum \text{rata-rata level 1 pada faktor BP}}{3}$$

Faktor BP dengan level pertama

$$\overline{BP}_1 = \frac{13,0333+14,1333+15,3667}{3}$$

Faktor BP dengan level pertama

$$\overline{BP}_1 = 14,18$$

Hasil perhitungan tabel respon disajikan dalam Tabel B

Tabel B. Tabel respon

<i>Level</i>	BP	BT	ST
1	14,18	13,48	13,74
2	14,09	14,14	14,09
3	14,20	14,84	14,63
<i>Delta</i>	0,11	1,37	0,89
<i>Rank</i>	3	1	2

Dari perhitungan tabel respon didapatkan hasil bahwa level faktor yang berpengaruh adalah faktor BP Level 2 (5,75 bar), faktor BT Level 1 (8 detik), dan faktor ST Level 1 (0,5 detik).

3. Pengolahan data ANOVA

a. Menghitung Jumlah Kuadrat Total (SST)

$$SST = \sum y^2$$

$$SST = 13^2 + 13,1^2 + 13^2 + 14^2 + 14,2^2 + 14^2 + 14,2^2 + \dots + 13,9^2 + 13,8^2 + 13,7^2 + 14,6^2 + 14,8^2 + 14,9^2$$

$$SST = 5414,28$$

b. Menghitung jumlah rata – rata kuadrat (*SSmean*)

$$1) \text{ Total waktu siklus keseluruhan} = 13,0 + 13,1 + 13,0 + 14,2 + 14,0 + 14,2 + \dots + 14,6 + 14,8 + 14,9$$

$$2) \text{ Total waktu siklus keseluruhan} = 382,169$$

$$\text{Rata – rata waktu siklus seluruhnya } (\bar{y}) = \frac{\text{total waktu siklus}}{27}$$

$$\text{Rata – rata waktu siklus seluruhnya } (\bar{y}) = \frac{382,169}{27} = 14,154$$

Setelah dilakukan perhitungan total waktu siklus keseluruhan maka dilakukan Jumlah Kuadrat Rata-rata.

$$3) SS_{mean} = n \cdot \bar{y}^2$$

$$\begin{aligned} SS_{mean} &= 27 \left(\frac{382,169}{27} \right)^2 \\ &= 5410,25 \end{aligned}$$

c. Menghitung jumlah kuadrat masing-masing faktor (SS_{BP} , SS_{BT} , SS_{ST})

$$\begin{aligned} 1) SS_{BP} &= ((\overline{BP1})^2 \times n1) + ((\overline{BP2})^2 \times n2) + ((\overline{BP3})^2 \times n3) - SS_{mean} \\ &= ((14,18)^2 \times 9) + ((14,09)^2 \times 9) + ((14,20)^2 \times 9) - 5410,25 \\ &= 0,02074 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) SS_{BT} &= ((\overline{BT1})^2 \times n1) + ((\overline{BT2})^2 \times n2) + ((\overline{BT3})^2 \times n3) - SS_{mean} \\ &= ((13,48)^2 \times 9) + ((14,14)^2 \times 9) + ((14,84)^2 \times 9) - 5410,25 \\ &= 2,80222 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) SS_{ST} &= ((\overline{ST1})^2 \times n1) + ((\overline{ST2})^2 \times n2) + ((\overline{ST3})^2 \times n3) - SS_{mean} \\ &= ((13,74)^2 \times 9) + ((14,09)^2 \times 9) + ((14,63)^2 \times 9) - 5410,25 \\ &= 1,20519 \end{aligned}$$

d. Menghitung Jumlah Kuadrat Error (SSe)

$$SSe = SST - SS_{mean} - SS_{BP} - SS_{BT} - SS_{ST}$$

$$SSe = 5414,28 - 5410,25 - 0,02074 - 2,80222 - 1,20519 = 0,01407$$

e. Membuat Tabel ANOVA

1) Menghitung Derajat Kebebasan Faktor

$$V_{BT} = (\text{number of levels} - 1)$$

$$V_{BT} = (3 - 1) = 2$$

Demikianpula dengan derajat kebebasan BT dan ST.

2) Menghitung Derajat Kebebasan Total

$$\begin{aligned} V_T &= \text{jumlah percobaan} - 1 \\ &= 9 - 1 = 8 \end{aligned}$$

3) Menghitung Rata-rata Jumlah Kuadrat (MS)

Berikut ini adalah contoh perhitungan Rata-rata Jumlah Kuadrat BP

$$MS_{BP} = \frac{SS_{BP}}{V_{BP}}$$

$$MS_{BP} = \frac{0,02074}{2} = 0,01037$$

Demikian pula dengan perhitungan Rata-rata Jumlah Kuadrat pada faktor BT, ST, dan e.

4) Menghitung Rasio (F-Ratio)

Berikut ini adalah contoh perhitungan

Rasio (*F-Ratio*) BP.

$$F \text{ ratio BP} = \frac{MS_{BP}}{MS_e}$$

$$F \text{ ratio BP} = \frac{0,01037}{0,007035} = 1,47$$

Begitupula dengan perhitungan *Fratio* pada faktor BT, dan ST

5) Membuat Tabel Anova

Berikut ini adalah Tabel C. Tabel Hasil perhitungan Anova

Tabel C. Tabel Hasil perhitungan Anova

<i>Analysis of Variance for Means</i>				
<i>Source</i>	DF	SS	MS	F
BP	2	0,02074	0,01037	1,47
BT	2	2,80222	1,40111	199,11
ST	2	1,20519	0,60259	85,63
<i>Residual Error</i>	2	0,01407	0,00704	
Total	8	4,04222		

Lampiran G. Dokumentasi Penelitian



Gambar Botol hasil penelitian



Gambar Botol Hasil optimasi dan botol standar pabrik