

# Optimasi Waktu Siklus Pembuatan Kemasan Produk Chamomile 120 MI Pada Proses Blow Molding

Yuni Hermawan<sup>a)</sup> & I Made Astika<sup>b)</sup>

<sup>a)</sup>Jurusan Teknik Mesin - Fakultas Teknik, Universitas Jember

<sup>b)</sup>Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Badung

e-mail: yunikaka@yahoo.co.id

---

## Abstrak

Chamomile adalah kemasan yang digunakan pada kosmetik. Di industri kemasan dibuat dengan cara blow moulding. Ada banyak parameter yang berpengaruh terhadap waktu siklus selama proses produksi, dalam penelitian ini ada 3 parameter yang divariasikan yaitu blowing pressure, blowing time dan stopping time. Masing-masing parameter ditentukan dengan 3 level pemilihan. Level tengah diambil dari standart seting mesin yang digunakan di industri saat ini. Level atas dan bawah dengan cara randomisasi. Tiga stopping time yang digunakan adalah 0.1, 0.55 dan 1.0 detik. Blowing time yang digunakan 10.5, 11.5 dan 12.5 detik, sedangkan blowing pressure adalah 4, 5 dan 6 bar. Kombinasi diantara level berdasarkan rancangan Box Behnken. Tiga parameter ini disebut dengan variable proses sedang variabel responnya waktu siklus dan berat neto. Kombinasi ini direplikasi sebanyak 5 kali kemudian dirata-ratakan. Data kemudian diproses dengan menggunakan software minitab versi 14. Model regresi dari model untuk cycle time adalah  $\hat{Y}_{CT} = 21,1300 - 0,0912 X_1 + 0,2000 X_2 + 0,6313 X_3 + 0,6100 X_1^2 + 0,6975 X_2^2 - 0,1000 X_1 X_2 - 0,1725 X_1 X_3 + 0,1100 X_2 X_3$  dan  $N_{et} = 19,2933 - 0,0088 X_1 + 0,0175 X_2 + 0,0712 X_3 + 0,0133 X_1^2 + 0,0158 X_2^2 - 0,0217 X_3^2 + 0,0125 X_1 X_2 - 0,0150 X_1 X_3$  untuk berat neto dari produk. Dimana  $X_1$  adalah blowing pressure,  $X_2$  adalah blowing time dan  $X_3$  adalah stopping time. Model yang dibangun kemudian dites lack of fit, analisa varians dan R square. Tahap dua model dites dengan residual tes. Pada tahap tiga dites identik, independen dan kenormalan. Optimasi dari kedua harga waktu siklus dan berat neto dicari dengan metode respon surface. Dengan metode ini didapatkan nilai waktu siklus yang optimal yaitu 20.5 detik dan berat neto sebesar 19.19 gram. Kondisi optimum ini dicapai pada kondisi stopping time 0.1 detik, blowing time 11.35 detik dan blowing pressure 5.1 bar.

Kata kunci: Waktu siklus, Berat neto, dan Kondisi optimum

## Abstract

# Cycle Time Optimization of Chamomile Package 120 MI Product at Blow Molding Process

Chamomile is a package which is applied for cosmetic. In industry this package is being processed by blow molding. There are many parameters that influence cycle time during production; in this project only three of them were varied, i.e. blowing pressure, blowing time and stopping time. Each parameter is determined three chosen level. Middle level is taken from standard setting of machining which is being used by industry. Top and bottom level is randomized. Three stopping time are 0.1, 0.55, and 1.0 second. Blowing time are 10.5, 11.5 and 12.5 second. Where as, blowing pressures is 4, 5 and 6 bar. Combination of among levels is based on Box Behnken design. Those three parameters are called variable process. In the other hand, variable responses are cycle time and net weight. Each combination is replicated 5 times and then averaged. The data then is processed by using Minitab version 14<sup>th</sup>. Square regression of the model for cycle time is  $\hat{Y}_{CT} = 21,1300 - 0,0912 X_1 + 0,2000 X_2 + 0,6313 X_3 + 0,6100 X_1^2 + 0,6975 X_2^2 - 0,1000 X_1 X_2 - 0,1725 X_1 X_3 + 0,1100 X_2 X_3$  and  $N_{et} = 19,2933 - 0,0088 X_1 + 0,0175 X_2 + 0,0712 X_3 + 0,0133 X_1^2 + 0,0158 X_2^2 - 0,0217 X_3^2 + 0,0125 X_1 X_2 - 0,0150 X_1 X_3$  for product net weight. Where  $X_1$  is blowing pressure,  $X_2$  is blowing time and  $X_3$  is stopping time. The model developed then tested by lack of fit testing, variance by ANOVA and R square. Second stage of model testing is residual test. Three tests are carry out, i.e. identically test and independency test and normality. Optimization of both values, cycle time and net weight, are searched by Response Surface Method. By the method it is found that the optimum condition of cycle time is 20.5 seconds and net weight is 19.19 grams. The optimum condition is achieved when stopping is 0.1 second, blowing time 11.35 second and blowing pressure 5.1 bars.

Key words: Cycle time, Net weight and Optimum condition

---

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi sekarang ini sangat pesat terutama perkembangan industri yang mulai

memakai dan menerapkan teknologi dalam setiap proses produksinya. Perkembangan teknologi ini diikuti dengan meningkatnya kualitas produksi dan mempercepat siklus produksi. Industri yang

menggunakan bahan plastik sangat erat hubungannya dengan perkembangan teknologi khususnya pada mesin-mesin yang digunakan untuk memproduksi bahan plastik tersebut. Mesin yang umum digunakan dalam proses produksi berbahan baku plastik adalah *blow molding*, *injection molding*, dan *extrusi*.

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

PT. Berlina Tbk mempunyai permasalahan waktu siklus produksi pada mesin *blow molding* tipe AKEI 48 yang memproduksi produk *chamomile* 120 ml. Pada mesin tersebut waktu siklus produksi terlalu besar sehingga berpengaruh terhadap kuantitas produksi.

Berdasarkan data survei di PT. Berlina Tbk, target produksi yang seharusnya dicapai oleh mesin AKEI 48 adalah 20.000 pershift. Karena pengaturan waktu siklus produksi belum optimal, mesin AKEI 48 hanya dapat memproduksi 9.870 pada waktu siklus 26 detik dan 15.000 dengan waktu siklus 23 detik. Standar kualitas produk *chamomile* PT. Berlina Tbk yaitu produk yang mempunyai berat sekitar 19 ± 1 gram.

Dalam dunia perusahaan atau bisnis, waktu adalah hal yang paling utama. PT. Berlina Tbk sangat mengutamakan waktu karena PT. Berlina Tbk adalah perusahaan yang melakukan produksi berdasarkan order atau pesanan.

Pada permasalahan tersebut di atas perlu dilakukan penelitian sehingga hasil akhir yang diharapkan adalah memperoleh waktu siklus yang optimal dan dapat meningkatkan produksi. Parameter yang diambil pada penelitian ini antara lain *stop time*, *blowing time*, dan *blowing pressure*.

### 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka perumusan masalah adalah bagaimana menentukan waktu siklus yang optimal dengan metode perhitungan *response surface methodology* serta mengetahui sejauh mana parameter yang dipilih berpengaruh terhadap waktu siklus (*cycle time*) dan berat *netto* sehingga diharapkan dapat meningkatkan produksi *chamomile*.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

- mengetahui pengaruh parameter (*stop time*, *blowing time*, dan *blowing pressure*) terhadap optimasi waktu siklus produksi kemasan produk *chamomile* 120 ml;
- mendapatkan waktu siklus yang optimal pada mesin AKEI 48;
- menghitung optimasi waktu siklus pada mesin AKEI 48 dengan *response surface methodology*.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Tinjauan Umum Plastik

Bahan baku plastik pada zaman sekarang menjadi prioritas karena semakin mahalnya bahan baku logam. Selain itu plastik juga mempunyai beberapa keuntungan dan kerugian dari pada logam. Keuntungan itu adalah sebagai berikut:

- mudah dicetak sehingga memudahkan pembuatan bentuk yang rumit;
- mempunyai berat jenis yang rendah sehingga produk menjadi ringan;
- tahan terhadap korosi;
- bersifat fleksibel.

Sedangkan kerugian plastik adalah sebagai berikut:

- tidak dapat diuraikan kembali oleh alam;
- mencemari lingkungan;
- untuk kemasan produk makanan dan minuman hanya dapat digunakan sekali pakai;
- kemasan plastik mudah rusak.

Plastik secara umum digolongkan menjadi 2 (dua) macam, yaitu: *thermoplastics*, dan *thermosetting*. Termoplastik (*thermoplastics*) merupakan jenis plastik yang akan lunak jika dipanaskan dan mengeras apabila didinginkan. Contoh bahan termoplastik antara lain: poliethilen, polipropilen, dan PVC (*polivinyl Chlorida*). Sedangkan plastik *thermosetting* akan mengeras bila dipanaskan dan tidak dapat di daur ulang (*recycle*). Contoh plastik *thermosetting* adalah: bakelit, silikon, *epoxy* dan lain-lain.

Bahan termoplastik mempunyai titik leleh sendiri-sendiri karena setiap bahan plastik mempunyai karakteristik yang berbeda-beda. Titik leleh bahan termoplastik dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini.

**Tabel 1. Titik Leleh Termoplastik (A. Brent Strong, 2000)**

Material	°C
<i>Polyethylene-low density</i> (LDPE)	149 - 232
<i>Polyethylene-high density</i> (HDPE)	177 - 260
<i>Polypropylene</i> (PP)	190 - 288
<i>Acrylonitrile butadiene styrene</i> (ABS)	117 - 260
Nylon	260 - 327
<i>Polyethylene terephthalate</i> (PET)	227 - 349
<i>Polycarbonate</i> (PC)	271 - 300
<i>Polyphenylene oxide</i> (PPO)	204 - 354

### 2.2 Mekanisme Mesin *Blow Molding*

Proses pencetakan dengan cara tiup yang disebut *blow molding* 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 selongsong (*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* (PT. Berlina Tbk, 2007).

Menurut A. Brent Strong (2000:484-485) langkah-langkah umum dalam proses *blow molding* adalah sebagai berikut:

1. Pelelehan resin (bijih plastik). Pelelehan bijih plastik dilakukan oleh *extruder* yang merupakan bagian dari mesin *blow molding*. Peralatan yang digunakan ekstruder adalah pemanas (*heater*) dan sekrup penekan (*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 *injecting* (menyuntikkan) 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 2.2.
4. Proses pendinginan di dalam cetakan dan kemudian dikeluarkan (*eject*).
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.

### 2.3 Pembuatan *Chamomile* 120 ml

Langkah pembuatan *chamomile* menggunakan mesin *blow molding* adalah sebagai berikut:

- a. Persiapan material plastik  
Material plastik yang digunakan dalam pembuatan *chamomile* adalah *High Density Polyethylene* (HDPE). Dalam pembuatan *chamomile*, material yang digunakan tidak semuanya murni material HDPE. Selain digunakan material murni HDPE (Gambar 1) digunakan material *afval* HDPE (Gambar 2) dengan tujuan menghemat material murni. Komposisi material plastik (50 % murni dan 50 % *afval*) yang kemudian dimasukkan ke dalam tandon material. Dari tandon material kemudian disedot masuk ke dalam alat pencampur sekaigus penimbang antara material *afval* dan material murni. Di dalam alat tersebut terdapat pengatur prosentase berat dari masing-masing material sesuai kebutuhan. Setelah material ditimbang kemudian material masuk ke dalam *hopper* dan siap di proses.



Gambar 1. Material *High Density Polyethylene* (HDPE)



Gambar 2. Material *Afval* atau *Regrain* HDPE

- b. Proses Pemanasan  
Tahap selanjutnya adalah proses pemanasan. Dalam hal ini adalah material *polyethylene* dengan massa jenis tinggi (HDPE) dipanaskan dengan temperatur proses 177 – 260 °C (A. Brent Strong, 2000). Proses pemanasan tersebut terjadi di dalam *barrel* (*extruder*) yang dilakukan secara kontinyu. *Extruder* berputar dengan kecepatan 26 rpm untuk mesin yang

memproduksi *chamomile* yaitu mesin AKEI 48. Selain proses pemanasan di dalam *barrel* juga terjadi proses pemampatan dengan tujuan agar material plastik homogen. Proses pemanasan material tersebut, perbandingan antara material murni dan *afval* adalah 50 % material murni HDPE dan 50 % material *afval*.

c. Proses Pembentukan Lelehan Plastik (*Parisson*) Setelah material homogen dengan cara dipanaskan dan dimampatkan, material tersebut masuk ke zona *die head* untuk membentuk lelehan plastik (*parisson*). Dalam *die head* terdapat *pin* dan *die* yang berfungsi untuk membentuk diameter dan ketebalan *parisson*.

d. Proses Pembentukan Produk Setelah *parisson* keluar dari *die head* secara otomatis *parisson* ditangkap oleh *mold* (cetakan) dan *blow pin* bergerak menuju *mold*. Ujung *blow pin* masuk ke dalam *mold* dan kemudian *blow pin* menghasilkan tiupan ke dalam cetakan sehingga menghasilkan produk yang sesuai dengan cetakan (*mold*). Dalam hal ini *mold* yang digunakan adalah *mold* khusus produk *chamomile* (kemasan pelembab wajah). Dalam pembentukan produk *chamomile* material plastik (HDPE) tidak memerlukan *colourant* (pewarna) karena material plastik (HDPE) sudah memenuhi standar warna produk yang diinginkan.

Proses di atas adalah proses pembentukan atau pembuatan produk setengah jadi. Yang maksud produk setengah jadi adalah produk yang belum siap kirim karena harus melalui tahap proses *printing* dan pelabelan. Produk setengah jadi atau produk *chamomile* dapat dilihat pada Gambar 3.

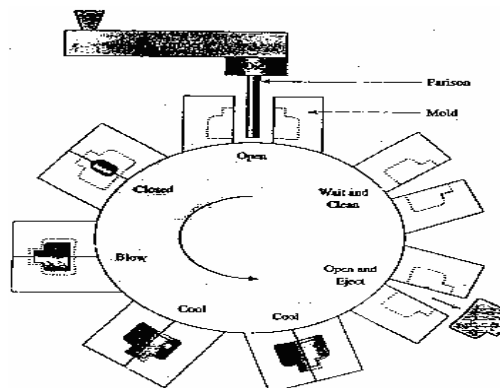


Gambar 3. Produk *Chamomile* 120 ml

#### 2.4 Waktu Siklus Produksi (*cycle time*)

Waktu siklus produksi adalah waktu yang dibutuhkan oleh suatu mesin untuk membuat suatu produk. Satu waktu siklus produksi *blow molding* yaitu merupakan perputaran atau rotasi cetakan (*mold*) yang diawali dengan pembukaan cetakan dan diikuti penurunan *parisson*. *Parisson* kemudian ditangkap oleh cetakan dan *blow pin* masuk ke dalam cetakan melakukan proses *blowing* dengan tekanan tertentu hingga mengembang. Setelah proses

*blowing*, *blow pin* keluar dan dilanjutkan dengan proses pendinginan. *Blow pin* yang keluar melakukan pendinginan pada *afval neck* yang bertujuan untuk mengeringkan bagian *neck bottle* agar pada saat pemotongan *afval neck* tidak terjadi cacat.



Gambar 4. Sistem Rotasi Cetakan Pada Proses Pembentukan Produk

Proses pendinginan juga terjadi pada *mold* yang waktunya hampir sama dengan pendinginan yang dilakukan *blow pin*. Setelah proses pendinginan berlangsung, proses selanjutnya adalah pembukaan *mold* dan *eject* kemudian terjadi proses seperti di atas begitu seterusnya. Intinya satu waktu siklus produksi *chamomile* adalah diawali dengan penutupan *mold* sampai dengan penutupan *mold* berikutnya. Proses satu waktu siklus dapat dilihat pada Gambar 4.

### 3. Metode Penelitian

#### 3.1 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 Desember 2008 sampai Pebruari 2009.

#### 3.2 Bahan dan Alat

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

- temperatur leleh mencapai 300 °C
- massa jenis 0,941-0,965 g/cm<sup>3</sup>
- kristalinitas 85-95 %
- kekuatan tarik 245-335 kgf/cm<sup>2</sup>
- perpanjangan 100-25 %
- kekuatan impak 17-13 Kgf.cm/cm<sup>2</sup>.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mesin *blow molding* tipe AKEI 48 yang memproduksi *chamomile*. Mesin ini mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

Data teknis mesin

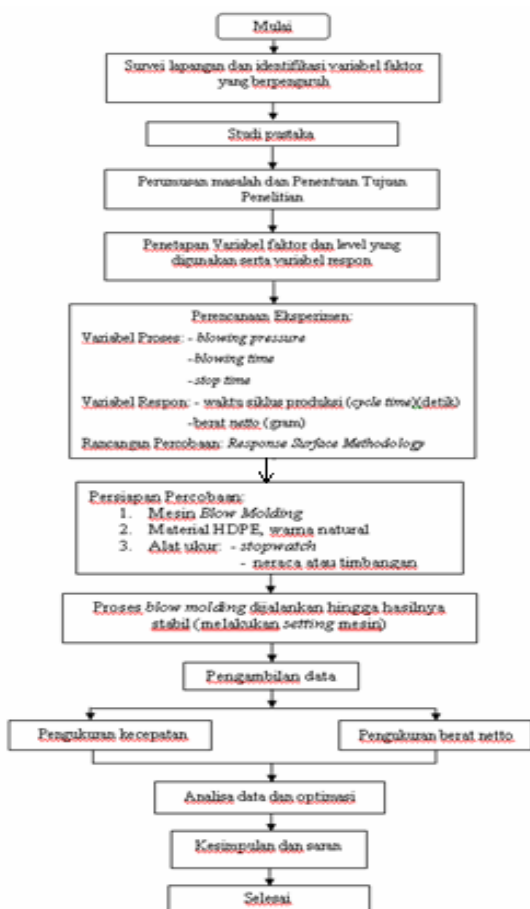
- Merk: AKEI Linier 4/8
- Jumlah *Wagon* : 2
- Jumlah *cavity/mold*: 6
- Diameter *Screw*: 100 mm
- Kecepatan *Screw*: 11 - 55 rpm
- *Extruding Heating*: 5 zones
- *Transer Stroke* : 700 mm
- *Dry Cycle*: 3,6 detik

*Power Consumption*

- *Invertor Drive Motor* : 75 kW
- *Extruder Heater*: 25 kW
- *Hydraulic Pump Motor*: 55 kW
- *Cooling Motor* : 4 kW
- *Die Heater* : 18,5 – 20 kW
- *Max. Consumption*: 177.5 – 179 kW

- b. *Stop watch* untuk mengukur kecepatan waktu siklus produksi pada mesin AKEI 48.  
 c. Neraca analitis untuk menimbang berat produk atau *netto chamomile*.

**Diagram alir penelitian:**



**Gambar 5. Diagram alir penelitian**

Penetapan Variabel faktor dan Level yang digunakan serta variabel respon terdapat banyak variabel proses atau faktor yang berpengaruh terhadap proses *blow molding* di PT. Berlina Tbk. Dalam hal ini terdapat dua jenis variabel yaitu meliputi:

- 1) Variabel Respon (Variabel tak Bebas). Merupakan salah satu karakteristik kualitas yang kritis pada botol yang dipilih untuk diamati. Dalam hal ini variabel respon yang dipilih adalah waktu siklus (*cycle time*) dan *netto*.
- 2) Variabel Proses (Variabel Bebas). Merupakan variabel yang besarnya dapat ditentukan dan dikendalikan berdasarkan pertimbangan tertentu dan tujuan dari penelitian itu sendiri. Terdapat banyak variabel yang dapat dikendalikan dalam proses *blow molding*. Akan tetapi dalam penelitian ini dipilih tiga faktor kendali yang diduga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap waktu siklus (*cycle time*) dan *netto*. Faktor-faktor tersebut adalah *blowing pressure*, *blowing time*, dan *stop time*.
- 3) Level yang Digunakan. Penentuan level tahap awal ini bertujuan untuk memperoleh batasan atau level dari variabel yang akan diamati. Level-level tersebut terdiri atas level bawah dengan kode -1, level menengah dengan kode 0, dan level atas dengan kode +1. Penentuan level masing-masing faktor atau parameter yaitu: *Blowing Pressure*, *Blowing Time* dan *Stop Time* dapat dilihat pada table 2.

**Tabel 2. Level variable yang digunakan**

Faktor	Level Bawah	Level Menengah	Level Atas
Kode	-1	0	+1
<i>Blowing Pressure</i>	4 bar	5 bar	6 bar
<i>Blowing Time</i>	10,5 detik	11,5 detik	12,5 detik
<i>Stop Time</i>	0,1 detik	0,55 detik	1,0 detik

**4. Hasil dan Pembahasan**

**4.1 Data Percobaan**

Variabel proses pada percobaan ini adalah *blowing pressure*, *blowing time*, dan *stop time*. Ketiga variabel proses tersebut mempunyai pengaruh terhadap *cycle time* dan *netto* botol *chamomile* 120 ml. Untuk membuktikan bahwa variabel tersebut berpengaruh terhadap *cycle time* dan *netto* maka dilakukan percobaan.

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan disajikan sebuah data hasil percobaan. Data hasil percobaan dapat dilihat pada Tabel 3.



**Tabel 3. Data Hasil Percobaan**

Parameter			Netto (gram)	Cycle Time (detik)
Blowing Pressure (bar)	Blowing Time (detik)	Stop Time (detik)		
4	10,5	0,55	19.33	22.22
6	10,5	0,55	19.29	22.33
4	12,5	0,55	19.33	22.77
6	12,5	0,55	19.34	22.48
4	11,5	0,1	19.21	21.08
6	11,5	0,1	19.22	21.15
4	11,5	1,0	19.38	22.65
6	11,5	1,0	19.33	22.03
5	10,5	0,1	19.20	21.05
5	12,5	0,1	19.23	21.28
5	11,5	1,0	19.33	22.13
5	12,5	1,0	19.39	22.80
5	11,5	0,55	19.29	21.19
5	11,5	0,55	19.29	21.15
5	11,5	0,55	19.30	21.10

**4.2. Pembentukan Model Berat Neto**

Pengolahan data menggunakan minitab menghasilkan sebuah nilai koefisien penduga. Nilai koefisien penduga tersebut kemudian dimasukkan ke dalam persamaan penduga untuk model orde kedua. Nilai koefisien penduga model regresi netto dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

**Tabel 4. Koefisien Penduga netto**

Estimated Regression Coefficients for NETTO				
Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	19.2933	0.005358	3601.126	0.000
BP	-0.0088	0.003281	-2.667	0.037
BT	0.0175	0.003281	5.334	0.002
ST	0.0712	0.003281	21.717	0.000
BP*BP	0.0133	0.004829	2.761	0.033
BT*BT	0.0158	0.004829	3.279	0.017
ST*ST	-0.0217	0.004829	-4.487	0.004
BP*BT	0.0125	0.004640	2.694	0.036
BP*ST	-0.0150	0.004640	-3.233	0.018

S = 0.009280 R-Sq = 99.0% R-Sq(adj) = 97.6%

Tabel 4 di atas menunjukkan hasil taksiran parameter model untuk netto. Dari Tabel 4 di atas kemudian di buat model persamaan netto penduga model orde kedua. Persamaan penduga untuk model orde kedua adalah:

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

Dimana:

- X<sub>i</sub> = variabel bebas, i = 1,2,3,.....,k
- b<sub>0</sub> = konstanta
- b<sub>i</sub> = koefisien parameter model,

Dari persamaan di atas dihasilkan model persamaan netto berdasarkan Tabel 4 adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_{netto} = 19,2933 - 0,0088 X_1 + 0,0175 X_2 + 0,0712 X_3 + 0,0133 X_1^2 + 0,0158 X_2^2 - 0,0217 X_3^2 + 0,0125 X_1 X_2 - 0,0150 X_1 X_3$$

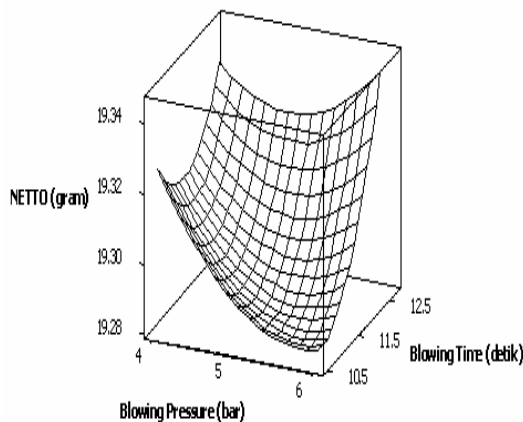
Dimana:

- $\hat{Y}_{netto}$  = taksiran netto
- X<sub>1</sub> = variabel blowing pressure
- X<sub>2</sub> = variabel blowing time
- X<sub>3</sub> = variabel stop time
- X<sub>1</sub><sup>2</sup> = kuadratik blowing pressure
- X<sub>2</sub><sup>2</sup> = variabel kuadratik blowing time
- X<sub>3</sub><sup>2</sup> = variable kuadratik stop time

Untuk memeriksa kesesuaian model Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai P-value lack of fit adalah 0,241 yang berarti lebih besar dari α = 0,05. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa model tidak mengandung lack of fit atau model yang diperoleh telah sesuai.

**Tabel 5. Analysis of Variance untuk Netto**

Analysis of Variance for NETTO						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	8	0.048777	0.048777	0.006097	70.80	0.000
Linear	3	0.043675	0.043675	0.014558	169.06	0.000
Square	3	0.003577	0.003577	0.001192	13.85	0.004
Interaction	2	0.001525	0.001525	0.000762	8.85	0.016
Residual Error	6	0.000517	0.000517	0.000086		
Lack-of-Fit	4	0.000450	0.000450	0.000113	3.37	0.241
Pure Error	2	0.000067	0.000067	0.000033		
Total	14	0.049293				



**Gambar 6. Surface Plot Blowing Pressure dan Blowing Time terhadap Netto**

### 4.3. Pembentukan Model Waktu Siklus

Pengolahan data menggunakan minitab menghasilkan sebuah nilai koefisien penduga. Nilai koefisien penduga tersebut kemudian dimasukkan ke dalam persamaan penduga untuk model orde kedua. Nilai koefisien penduga model regresi *cycle time* dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6. Koefisien Penduga untuk Cycle Time**

Estimated Regression Coefficients for CT					
Term	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	21,1300	0,03492	605,141	0,000	
BP	-0,0912	0,02570	-3,551	0,012	
BT	0,2000	0,02570	7,783	0,000	
ST	0,6313	0,02570	24,564	0,000	
BP*BP	0,6100	0,03772	16,174	0,000	
BT*BT	0,6975	0,03772	18,494	0,000	
BP*BT	-0,1000	0,03634	-2,752	0,033	
BP*ST	-0,1725	0,03634	-4,746	0,003	
BT*ST	0,1100	0,03634	3,027	0,023	

S = 0,07269 R-Sq = 99,5% R-Sq(adj) = 98,9%

Tabel 6 di atas menunjukkan hasil taksiran parameter model untuk *cycle time*. Dari Tabel 6 di atas kemudian di buat model persamaan *cycle time* penduga model orde kedua. Persamaan penduga untuk model orde kedua adalah:

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

Dimana:

$X_i$ = variabel bebas,  $i = 1,2,3,\dots,k$

$b_0$ = konstanta

$b_i$ = koefisien parameter model,

Dari persamaan di atas dihasilkan model persamaan *cycle time* berdasarkan Tabel 7 adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_{CT} = 21,1300 - 0,0912 X_1 + 0,2000 X_2 + 0,6313 X_3 + 0,6100 X_1^2 + 0,6975 X_2^2 - 0,1000 X_1 X_2 - 0,1725 X_1 X_3 + 0,1100 X_2 X_3$$

Dimana:

$\hat{Y}_{CT}$ = taksiran *cycle time*

$X_1$  = variabel *blowing pressure*

$X_2$ = variabel *blowing time*

$X_3$ = variabel *stop time*

$X_1^2$ = variabel kuadratik *blowing*

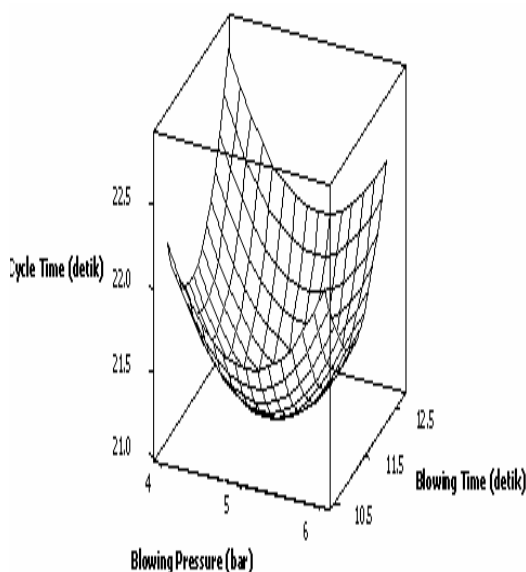
$X_2^2$ = variabel kuadratik *blowing time*

Untuk memeriksa kesesuaian model Tabel 7 menunjukkan bahwa nilai *P-value lack of fit* adalah 0,240 yang berarti lebih besar dari  $\alpha = 0,05$ . Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa model tidak

mengandung *lack of fit* atau model yang diperoleh telah sesuai.

**Tabel 7. Analysis of Variance untuk Cycle Time**

Analysis of Variance for CT						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	8	6,76039	6,76039	0,84505	159,95	0,000
Linear	3	3,57443	3,57443	1,19148	225,52	0,000
Square	2	2,97854	2,97854	1,48927	281,88	0,000
Interaction	3	0,20742	0,20742	0,06914	13,09	0,005
Residual Error	6	0,03170	0,03170	0,00528		
Lack-of-Fit	4	0,02763	0,02763	0,00691	3,40	0,240
Pure Error	2	0,00407	0,00407	0,00203		
Total	14	6,79209				



**Gambar 7. Surface Plot Blowing Pressure dan Blowing Time terhadap Cycle Time**

### 4.4 Optimasi Respon

Untuk mencari kombinasi level-level variabel proses yang dapat menghasilkan respon yang optimum (target, minimum, dan maksimum) maka digunakan metode permukaan respon dengan pendekatan fungsi *desirability*.

Pendekatan fungsi *desirability* ini digunakan untuk mencari nilai kombinasi variabel proses *blowing pressure*, *blowing time*, dan *stop time* agar mendapatkan *netto* sesuai dengan spesifikasi (target) dan *cycle time* yang optimum (minimum) namun hasil produk masih sesuai standar atau spesifikasi.

Dari pemodelan diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\hat{Y}_{netto} = 19,2933 - 0,0088 X_1 + 0,0175 X_2 + 0,0712 X_3 + 0,0133 X_1^2 + 0,0158 X_2^2 - 0,0217 X_3^2 + 0,0125 X_1 X_2 - 0,0150 X_1 X_3$$

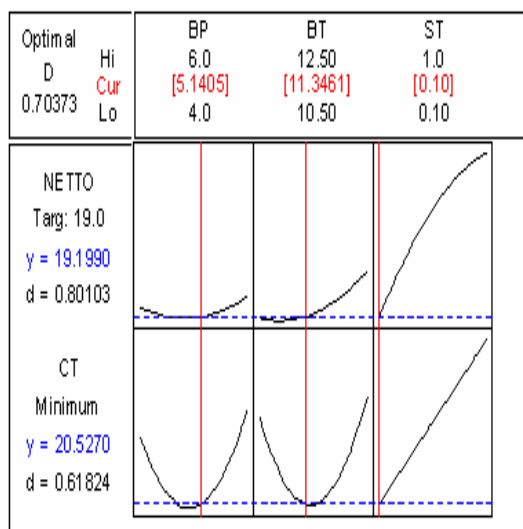
$$\hat{Y}_{CT} = 21,1300 - 0,0912 X_1 + 0,2000 X_2 + 0,6313 X_3 + 0,6100 X_1^2 + 0,6975 X_2^2 - 0,1000 X_1 X_2 - 0,1725 X_1 X_3 + 0,1100 X_2 X_3$$

Dengan respon yang diinginkan adalah sebagai berikut:

- $\hat{Y}_{netto}$  = berat *netto* produk, dengan spesifikasi  $18 \leq \hat{Y}_{netto} \leq 20$
- $\hat{Y}_{CT}$  = *cycle time*, dengan spesifikasi  $19 \leq \hat{Y}_{CT} \leq 23$

Dari persamaan diatas serta spesifikasi dari *netto* dan *cycle time* maka dapat didefinisikan fungsi *desirability* untuk respon tersebut adalah sebagai berikut:

- $d_1(y_1)$ , digunakan *nominal the best desirability function*, dengan  $L_1 = 18$  gram,  $U = 20$  gram,  $T_1 = 19$  gram.
- $d_2(y_2)$ , digunakan *the smaller is better*, dengan  $L_2 = 19$  detik,  $U = 23$  detik,  $T_2 = 19$  detik



**Gambar 8. Kombinasi nilai variabel proses yang menghasilkan respon optimal.**

### 5. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil optimasi diperoleh respon *netto* sebesar 19,19 gram dan *cycle time* sebesar 20,5 detik dengan *desirability* 0,70373.
2. Pengaruh dari parameter yang dipilih adalah sebagai berikut:
  - Untuk *netto* produk *chamomile* 120 ml berdasarkan perhitungan menggunakan minitab 14 variabel proses yang berpengaruh adalah *blowing pressure*, *blowing time*, dan *stop time*. Secara individu variabel proses yang paling berpengaruh adalah *stop time*.

- Untuk *cycle time* pada mesin AKEI 48 berdasarkan perhitungan menggunakan minitab 14 variabel proses yang berpengaruh adalah *blowing pressure*, *blowing time*, dan *stop time*. Secara individu variabel proses yang paling berpengaruh terhadap *cycle time* adalah *stop time*.
3. Keadaan optimum dihasilkan pada kondisi *blowing pressure* sebesar 5,1 bar; *blowing time* sebesar 11,35 detik; dan *stop time* 0,1 detik. Pada keadaan ini produksi dapat naik sebesar 10,8 %. Dari keadaan optimum tersebut *netto* yang dihasilkan sesuai dengan standar yaitu 19,19 gram dan *cycle time* yang dihasilkan yaitu 20,5 detik.

### Daftar Pustaka

- [1] Amrillah, Rodhy, 2006, *Penentuan Setting Parameter pada Proses Blow Molding dengan Metode Response Surface*, Surabaya: Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [2] [http://www.google.co.id/search?hl=id&q=teori+pengembangan+produk&start=90&sa=Ndigilib.petra.ac.id/jiunkpe/s1/mesn/2005/jiunkpe-ns-s1-2005-24401055-6567-kursi\\_plastik-chapter2.pdf](http://www.google.co.id/search?hl=id&q=teori+pengembangan+produk&start=90&sa=Ndigilib.petra.ac.id/jiunkpe/s1/mesn/2005/jiunkpe-ns-s1-2005-24401055-6567-kursi_plastik-chapter2.pdf) [17 Maret 2008].
- [3] Irawan, Nur, 2006, *Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*, Yogyakarta: Andi Yogyakarta.
- [4] Montgomery, Douglas. C, 1997, *Design and Analysis of Experiments*. 5<sup>th</sup> edition, New York: John Wiley & Sons.
- [5] PT. Berlina Tbk, 2007, *Diktat Design Mould Blow*, Pasuruan: PT. Berlina Tbk.
- [6] Setyawan, Nawang, 2008, *Penentuan Setting Parameter pada Proses Blow Molding Mesin AUTOMA PLUS AT2DS*, Surabaya: Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [7] Strong, A. Brent, 2000, *Plastics Materials and Processing Second Edition*, New Jersey: Pearson Education.
- [8] Sudjana, 1994, *Desain dan Analisis Eksperimen* Edisi III, Bandung: Tarsito.
- [9] Surdia T, Saito S, 2000, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Jakarta: Pradnya Paramita.
- [10] Tjitro, Soejono., Marwanto Henry, *Optimasi Waktu Siklus Pembuatan Kursi Dengan Proses injection Moulding*. Jurnal Poros [17 Maret 2008]