

**Penentuan *Setting Parameter* Pembuatan Botol DK 8251 B pada Proses *Blow Moulding* dengan Menggunakan RSM (*Response Surface Methodology*) Studi Kasus di PT. Rexam Packaging Indonesia**

**Ariezal Musthofa**

S1 Pend. Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: [ariezalmusthofa@yahoo.co.id](mailto:ariezalmusthofa@yahoo.co.id)

Moch. Arif Irfa'i

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: [marifirfai@yahoo.co.id](mailto:marifirfai@yahoo.co.id)

**Abstrak**

Produk kemasan kosmetik kode DK 8251 B merupakan salah satu produk yang diproduksi oleh PT. Rexam Packaging Indonesia. Produk tersebut diproduksi dengan menggunakan proses *blow moulding*. Dalam proses produksi produk kemasan kosmetik kode DK 8251 B masih terdapat banyak ketidaksesuaian antara produk yang dihasilkan dengan spesifikasi yang diinginkan oleh *customer*. Penelitian ini merencanakan desain eksperimen menggunakan *response surface methodology* untuk mengoptimalkan variabel dari produk kode DK 8251 B yang diharapkan variabel dari produk kode DK 8251 B tersebut akan menjadi optimal secara kualitas dan kuantitas. Rancangan penelitian mengkombinasikan tiga variabel faktor yaitu *blowing pressure* 5, 6, dan 7 bar, *blowing time* 6.7, 7.7, dan 8.7 detik, dan *stop time* 0.1, 7.7, dan 1.3 detik dengan menggunakan aturan *box-behnken design*. Berdasarkan hasil optimasi dengan menggunakan Minitab 16 didapatkan *setting parameter* pembuatan botol DK 8251 B secara optimal yaitu dengan melakukan *setting parameter blowing pressure* sebesar 7,0 bar, *blowing time* 7,52192 detik, dan *stop time* 0,158796 detik. Dengan melakukan *setting parameter* pada level tersebut akan menghasilkan respon untuk *diameter snap* sebesar 19,7000 mm, temperatur botol sebesar 42,1562°C, dan *cycle time* sebesar 11,9237 detik dengan nilai *composite desirability* sebesar 0,755020.

**Kata Kunci:** Optimasi, *Extrusion Blow Moulding*, *Response Surface Methodology*

**Abstract**

Cosmetic product packaging code DK 8251 B is one of the products manufactured by PT. Rexam Packaging Indonesia. The products are manufactured using the blow molding process. In the production process of packaging products cosmetic DK 8251 B code there are a lot of mismatch between the products to the specifications desired by the customer. This study was planned using response surface experimental design methodology to optimize the variables of the product code 8251 DK B is expected of the variable product code 8251 DK B will be optimal in terms of quality and quantity. The study design combines three factors: the blowing pressure variables 5, 6, and 7 bars, blowing time 6.7, 7.7, and 8.7 seconds, and stop time 0.1, 7.7, and 1.3 seconds using a box - Behnken design rules. Based on the optimization results obtained using Minitab 16 bottle manufacturing parameter settings optimal DK 8251 B is setting up parameters with blowing pressure of 7.0 bar, blowing time 7.52192 seconds, and stop time of 0.158796 seconds. By setting the parameters at these levels will result in a response to the snap of 19.7000 mm diameter, temperature bottle of 42.1562°C, and a cycle time of 11.9237 seconds with a composite desirability value of 0.755020.

**Key words:** Optimization, *Extrusion Blow Moulding*, *Response Surface Methodology*

**PENDAHULUAN**

Di jaman modern ini perkembangan teknologi semakin pesat membuat persaingan di dunia industri juga semakin ketat. Berbagai macam cara ditempuh oleh masing-masing perusahaan untuk berada pada tingkat level teratas dalam persaingan antar kompetitor di industri yang sama.

Kualitas merupakan salah satu faktor yang selalu dijadikan bahan ujung tombak persaingan di dalam dunia industri untuk menghasilkan suatu produk. Kesesuaian

antara spesifikasi produk menjadi syarat utama dalam pembuatan suatu produk. Sehingga, dimensi dari produk yang dihasilkan harus sesuai dengan spesifikasi yang telah disepakati oleh pihak perusahaan dengan *customer*.

Produk kemasan kosmetik kode DK 8251 B merupakan salah satu produk yang diproduksi oleh PT. Rexam Packaging Indonesia. Produk tersebut diproduksi dengan menggunakan proses *blow moulding*. *Blow moulding* adalah teknik yang diadopsi dari industri kaca dan dimodifikasi untuk membuat suatu wadah dan bentuk

lainnya. *Blow moulding* merupakan suatu metode mencetak benda kerja berongga dengan cara meniupkan atau menghembuskan udara kedalam material yang menggunakan cetakan yang terdiri dari dua belahan *mould* yang tidak menggunakan inti (*core*) sebagai pembentuk rongga tersebut (Lokensgard, 2010:199).

Dalam proses produksi produk kemasan kosmetik kode DK 8251 B di PT. Rexam Packaging Indonesia masih terdapat banyak ketidaksesuaian antara produk yang dihasilkan dengan spesifikasi yang diinginkan oleh *customer*. Banyaknya produk yang *reject* dikarenakan berbagai faktor diantaranya adalah dari segi bentuk produk yang belum sesuai dengan spesifikasi, serta keakuratan dan kepresisian suatu dimensi produk tersebut. Salah satu ketidaksesuaian tersebut adalah dimensi *diameter snap* pada produk kode DK 8251 B yang belum sesuai dengan dimensi ukuran spesifikasi yang harus dipenuhi perusahaan kepada *customer*.

Penelitian ini menggunakan desain eksperimen dengan metode *response surface methodology* untuk mengoptimalkan variabel dari produk kode DK 8251 B yang diharapkan variabel dari produk kode DK 8251 B tersebut akan menjadi optimal secara kualitas dan kuantitas. Metode permukaan respon (*response surface methodology*) merupakan sekumpulan teknik matematika dan statistika yang berguna untuk menganalisis permasalahan dimana beberapa variabel faktor mempengaruhi variabel respon dan tujuan akhirnya adalah untuk mengoptimalkan respon. Metode ini memanfaatkan desain eksperimen dengan bantuan statistika untuk mencari nilai optimal dari suatu respon. Metode ini pertama kali diajukan sejak tahun 1951 dan sampai saat ini telah banyak dipergunakan baik dalam dunia penelitian maupun aplikasi industri. Misalnya, dengan menyusun suatu model matematika, peneliti dapat mengetahui nilai variabel-variabel faktor yang menyebabkan nilai variabel respon menjadi optimal (Montgomery, 2005:405).

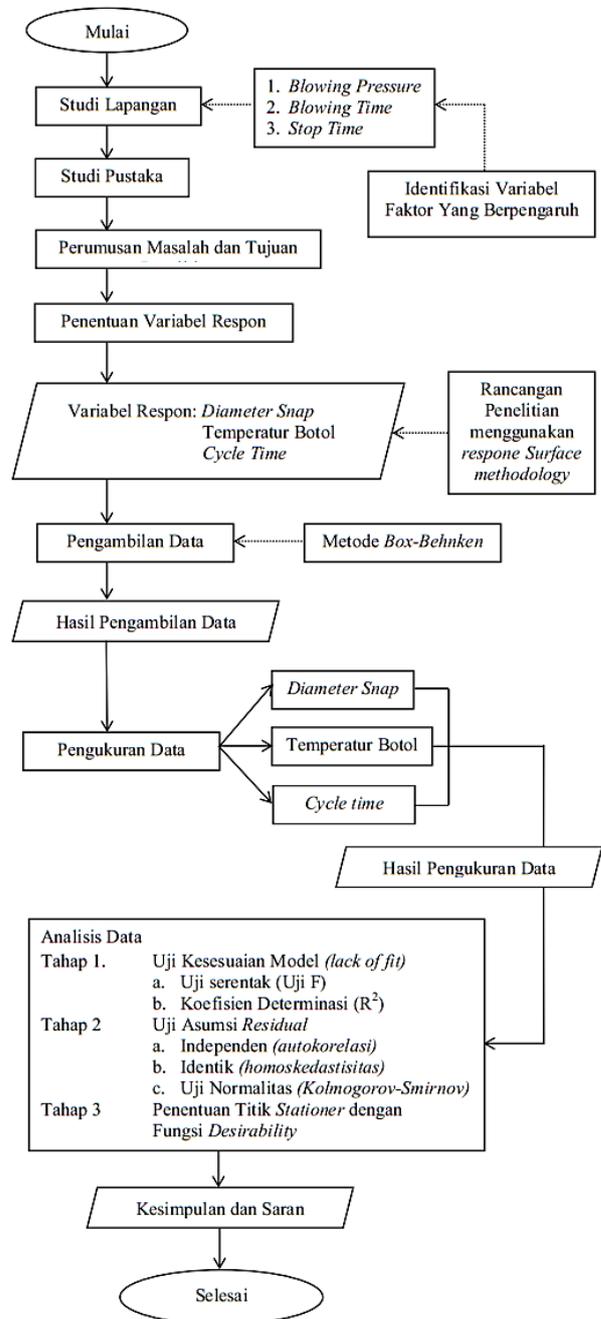
Menurut Sudjana (1994:363) kegunaan metode *respons surface* dalam eksperimen adalah (1) untuk menentukan, berdasarkan sebuah eksperimen, arah eksperimen berikutnya ke titik optimum, (2) setelah ditemukan optimum atau hampir optimum pada permukaan respons, menentukan persamaan permukaan respons disekitar titik optimum ini.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan *setting parameter* (*blowing pressure*, *blowing time*, dan *stop time*) yang sesuai untuk mendapatkan produk kode DK 8251 B dengan kualitas yang sesuai spesifikasi serta kuantitas yang dapat memenuhi *order* produksi secara optimal selain itu mendapatkan optimasi waktu siklus (*cycle time*) pada produk kode DK 8251 B.

Manfaat dari penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam menyelesaikan permasalahan yang dialami serta dapat dijadikan jawaban atas permasalahan yang sedang dihadapi dengan permasalahan yang serupa dan mengurangi produk yang cacat (*reject*) yang berarti dapat meningkatkan produktivitas jumlah produksi dalam mencapai target produksi.

## METODE

### Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

### Variabel Penelitian

Dalam menentukan variabel faktor dan level kendali yang digunakan serta variabel respon yang diamati dalam penelitian ini terdapat banyak variabel-variabel yang berpengaruh pada variabel faktor mesin *blow moulding* di PT. Rexam Packaging Indonesia. Penentuan level kendali pada variabel faktor dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

**Tabel 1. Variabel Faktor dan Level Kendali**

Faktor	Level bawah	Level tengah	Level atas
Kode	-1	0	+1
<i>Blowing pressure</i>	5 bar	6 bar	7 bar
<i>Blowing Time</i>	6,7 detik	7,7 detik	8,7 detik
<i>Stop Time</i>	0,1 detik	0,7 detik	1,3 detik

- Variabel faktor

Variabel faktor merupakan variabel yang besarnya dapat ditentukan dan dikendalikan atas dasar pertimbangan tertentu atau untuk tujuan dari penelitian itu sendiri. Terdapat banyak variabel yang dapat dikendalikan dalam proses *blow moulding*, akan tetapi dalam penelitian ini variabel faktor yang dipilih adalah *blowing pressure*, *blowing time*, dan *stop time*.

- Variabel respon

Variabel respon merupakan salah satu karakteristik kualitas dari produk kode DK 8251 B yang dipilih sebagai variabel yang diamati. Dalam hal ini variabel respon yang dipilih adalah *diameter snap*, temperatur botol, dan waktu siklus (*cycle time*) produk kode DK 8251 B.

- Level kendali

Penentuan level pada tahap awal ini bertujuan untuk mendapatkan batasan-batasan dari variabel yang akan diamati. Metode penentuan level dalam penelitian ini menggunakan metode *Box-Behnken*. Level-level tersebut terdiri atas level bawah dengan kode -1, level tengah dengan kode 0, dan level atas dengan kode +1. Untuk nilai level tengah didapat dari sumber perusahaan yaitu *setting* awal yang telah dilakukan oleh PT. Rexam Packaging Indonesia.

### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. Rexam Packaging Indonesia Jl. Rungkut Industri IV/23 Surabaya. Sedangkan untuk waktu penelitian dilaksanakan pada bulan November 2013 – Maret 2014.

### Alat dan Bahan

- Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin *blow moulding type* fischer dengan spesifikasi mesin sebagai berikut.

- *Blowing unit*
  - Operation* : *hydraulisch kniehebel*
  - Mould Locking Force* : 60 kN
  - Dry Cycling Time* : 2,1 detik
  - Opening Stroke* : min. 260 / max. 425
  - Mould Opening Stroke* : 165 mm
  - Transport Travel* : 225 mm
  - Mould Dimentions* : 250 / 2 x 10 / 400

- *Extruder*

- Screw Diameter / Length* : 50 / 20 D
- DC motor* : 15 kW
- Commutator Motor* : 14 kW
- Screw Speed Range at 50 Hz* : 32-130 rpm/min (PE)  
17-70 rpm/min (PVC)
- Plasticizing Capacity* : 11,5 – 38 kg/jam (PE)  
8,5 – 40 kg/jam (PVC)
- Haalting Zones* : 8 zones

- Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah plastik jenis HDPE (*High Density Polyetilene*) dengan komposisi (2:1). Dua untuk material bahan murni HDPE dan satu untuk material *afval* (sisa pembentukan produk yang tidak ikut dalam konstruksi dasar produk yang kemudian digiling dan diolah kembali sebagai campuran material murni). Adapun spesifikasi bahan plastik jenis HDPE 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 25-100%
- Kekuatan impak 13-17 Kgf.cm/cm<sup>2</sup>

### Instrumen Penelitian

- Kaliper dengan ketelitian 0,01 merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur *diameter snap* pada produk kode DK 8251 B.
- *Infra-red Gun* merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur temperatur produk kode DK 8251 B ketika baru keluar dari cetakan (*mould*).
- *Stop watch* merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur waktu siklus (*cycle time*) pada proses pengambilan data.

### Teknik Analisis data

Analisis data pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bantuan software Minitab 16. Terdapat beberapa tahapan yang dilakukan dalam analisis data tersebut antara lain:

- Tahap pertama adalah membuat model persamaan berdasarkan hasil pengolahan data dimana koefisien penduga dari masing-masing respon yaitu *diameter snap*, temperatur botol, dan *cycle time*. Selanjutnya koefisien penduga tersebut dimasukkan pada model orde kedua *polynomial*. Model yang diperoleh dari koefisien penduga pada model orde kedua *polynomial* kemudian dites *lack of fit* untuk mengetahui kesesuaian model yang diperoleh dari masing-masing respon. Hipotesisnya adalah sebagai berikut.

$H_0$  : Tidak mengandung *lack of fit* (model sesuai)

$H_a$  : Mengandung *lack of fit* (model tidak sesuai)

Selanjutnya yaitu melakukan uji regresi secara serentak yaitu untuk mengetahui variabel-variabel faktor yang memberikan pengaruh pada masing-masing variabel respon. Hipotesisnya adalah sebagai berikut.

$H_0$  : Semua  $\beta_i$  tidak mempunyai pengaruh terhadap variabel respon. ( $\beta_i = 0, i = 1, 2, 3, \dots, k$ )

$H_a$  : Paling tidak ada satu  $\beta_i$  yang tidak sama dengan nol

- Tahap kedua adalah analisis *residual* IIDN (identik, independen, dan distribusi normal) pada hasil data eksperimen. Dalam analisis *residual* IIDN digunakan hasil *plot* untuk mengetahui keidentikan, independen, dan distribusi normal. Untuk mengetahui asumsi keidentikan dan asumsi independen dilihat pada hasil *plot* apakah titik yang ditampilkan menyebar dan

membentuk suatu pola tertentu apa tidak. Untuk mengetahui *residual* berdistribusi normal dilakukan uji statistik *Kolmogorov-Smirnov*. hipotesisnya adalah sebagai berikut.

$H_0$  : *Residual* berdistribusi normal

$H_a$  : *Residual* tidak berdistribusi normal

Selain itu, hasil *plot* yang ditampilkan apakah titik menyebar dan membentuk suatu pola linier atau tidak.

- Tahap ketiga adalah mencari kombinasi level-level variabel faktor untuk menghasilkan variabel respon yang optimal. *Respon surface methodology* dengan pendekatan fungsi *desirability* digunakan untuk mencari kombinasi level-level variabel faktor tersebut.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan variabel faktor yang diduga mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon. Variabel faktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah *blowing pressure*, *blowing time*, dan *stop time*. Sementara itu, variabel respon yang dipengaruhi oleh variabel faktor meliputi *diameter snap*, temperatur botol, dan *cycle time*.

Data hasil eksperimen yang dilakukan di PT. Rexam Packaging Indonesia disajikan dalam Tabel 2. berikut ini.

Tabel 2. Data Hasil Percobaan Eksperimen

No.	Variabel Faktor			Variabel Respon		
	<i>Blowing Pressure (bar)</i>	<i>Blowing Time (detik)</i>	<i>Stop Time (detik)</i>	<i>Diameter Snap (mm)</i>	<i>Temperatur Botol (°C)</i>	<i>Cycle Time (detik)</i>
1	5	6,7	0,7	19,61	48,0	11,15
2	7	6,7	0,7	19,70	46,6	11,19
3	5	8,7	0,7	19,62	40,4	13,22
4	7	8,7	0,7	19,73	38,5	13,18
5	5	7,7	0,1	19,60	43,5	12,03
6	7	7,7	0,1	19,70	42,4	12,11
7	5	7,7	1,3	19,57	38,9	12,21
8	7	7,7	1,3	19,67	40,6	12,18
9	6	6,7	0,1	19,62	47,7	11,02
10	6	8,7	0,1	19,70	39,9	13,07
11	6	6,7	1,3	19,64	45,8	11,16
12	6	8,7	1,3	19,68	40,7	13,18
13	6	7,7	0,7	19,67	42,5	12,15
14	6	7,7	0,7	19,69	42,0	12,19
15	6	7,7	0,7	19,66	41,6	12,13

### Pembentukan Model Untuk *Diameter Snap*

Hasil analisis data yang menghasilkan nilai koefisien penduga selanjutnya dimasukkan dalam persamaan penduga model orde kedua. Nilai koefisien penduga dapat dilihat pada Tabel 3. berikut ini.

**Tabel 3. Koefisien Penduga untuk *Diameter Snap***

Estimated Regression Coefficients for Diameter Snap					
Term	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	19,6631	0,009671	2033,201	0,000	
Blowing Pressure	0,0500	0,007118	7,025	0,000	
Blowing Time	0,0200	0,007118	2,810	0,023	
Stop Time	-0,0075	0,007118	-1,054	0,323	
Blowing Time*Blowing Time	0,0096	0,010446	0,920	0,384	
Stop Time*Stop Time	-0,0204	0,010446	-1,951	0,087	
Blowing Pressure*Stop Time	0,0000	0,010066	0,000	1,000	

S = 0,0201318 PRESS = 0,0126238  
R-Sq = 88,78% R-Sq(pred) = 56,31% R-Sq(adj) = 80,36%

Dari Tabel 3. nilai koefisien penduga menghasilkan persamaan penduga *diameter snap* sebagai berikut.

$$\hat{Y}_{Diameter\ Snap} = 19,6631 + 0,05x_1 + 0,02x_2 - 0,0075x_3 + 0,0096x_2^2 - 0,0204x_3^2 \quad (1)$$

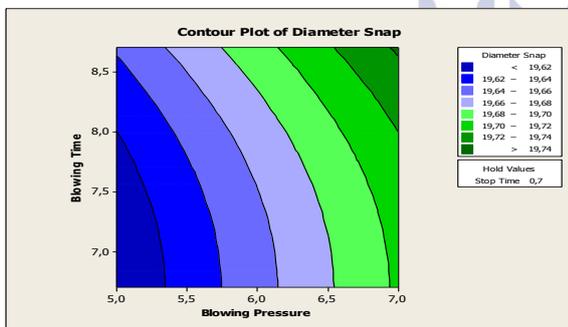
Dimana :

- $\hat{Y}_{Diameter\ Snap}$  = nilai taksiran untuk *diameter snap*
- $x_1$  = variabel *blowing pressure*
- $x_2$  = variabel *blowing time*
- $x_3$  = variabel *stop time*
- $x_2^2$  = variabel kuadratik *blowing time*
- $x_3^2$  = variabel kuadratik *stop time*

Dari uji *lack of fit* pada Tabel 4. terhadap model diperoleh nilai *p-value* = 0,0373; lebih besar dibandingkan derajat kesalahan 5% sehingga tidak ada alasan untuk menolak  $H_0$  yang artinya model regresi tidak mengandung *lack of fit* (model sesuai).

**Tabel 4. Analisis Varian untuk *Diameter Snap***

Analysis of Variance for Diameter Snap						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	6	0,025651	0,025651	0,004275	10,55	0,002
Linear	3	0,023650	0,023650	0,007883	19,45	0,000
Blowing Pressure	1	0,020000	0,020000	0,020000	49,35	0,000
Blowing Time	1	0,003200	0,003200	0,003200	7,90	0,023
Stop Time	1	0,000450	0,000450	0,000450	1,11	0,323
Square	2	0,002001	0,002001	0,001001	2,47	0,146
Blowing Time*Blowing Time	1	0,000458	0,000343	0,000343	0,85	0,384
Stop Time*Stop Time	1	0,001543	0,001543	0,001543	3,81	0,087
Interaction	1	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	1,000
Blowing Pressure*Stop Time	1	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	1,000
Residual Error	8	0,003242	0,003242	0,000405		
Lack-of-Fit	6	0,002776	0,002776	0,000463	1,98	0,373
Pure Error	2	0,000467	0,000467	0,000233		
Total	14	0,028893				



**Gambar 2. Contour Plot Diameter Snap vs Blowing Pressure, Blowing Time**

Gambar 2. menampilkan bahwa *diameter snap* akan tercapai jika *blowing pressure* berada diantara level 5,0 dan 7,0 dan *blowing time* berada diantara level 6,0 dan 9,0. Dengan *setting parameter blowing pressure* dan *blowing time* pada level tersebut akan diperoleh *diameter snap* kurang dari 19,62 mm sampai lebih dari 19,74 mm.

**Pembentukan Model Untuk Temperatur Botol**

Hasil analisis data yang menghasilkan nilai koefisien penduga selanjutnya dimasukkan dalam persamaan penduga model orde kedua. Nilai koefisien penduga dapat dilihat pada Tabel 5. berikut ini.

**Tabel 5. Koefisien Penduga untuk Temperatur Botol**

Estimated Regression Coefficients for Temperatur Botol					
Term	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	41,7769	0,5186	80,550	0,000	
Blowing Pressure	-0,3375	0,3817	-0,884	0,402	
Blowing Time	-3,5750	0,3817	-9,366	0,000	
Stop Time	-0,9375	0,3817	-2,456	0,040	
Blowing Time*Blowing Time	1,7904	0,5602	3,196	0,013	
Stop Time*Stop Time	-0,2346	0,5602	-0,419	0,686	
Blowing Pressure*Stop Time	0,7000	0,5398	1,297	0,231	

S = 1,07965 PRESS = 50,0319  
R-Sq = 93,03% R-Sq(pred) = 62,63% R-Sq(adj) = 87,81%

Dari Tabel 5. nilai koefisien penduga menghasilkan persamaan penduga temperatur botol sebagai berikut.

$$\hat{Y}_{Temperatur\ Botol} = 41,7769 - 0,3375x_1 - 3,575x_2 - 0,9375x_3 + 1,7904x_2^2 - 0,2346x_3^2 + 0,7x_1x_3 \quad (2)$$

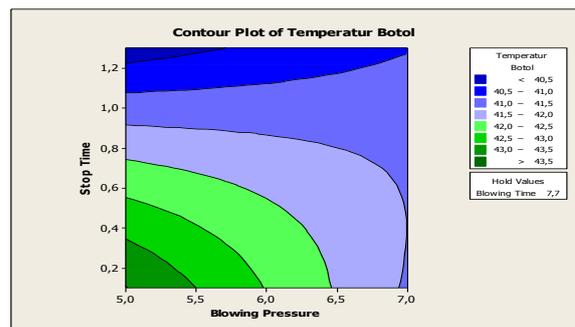
Dimana :

- $\hat{Y}_{Temperatur\ Botol}$  = nilai taksiran untuk temperatur botol
- $x_1$  = variabel *blowing pressure*
- $x_2$  = variabel *blowing time*
- $x_3$  = variabel *stop time*
- $x_2^2$  = variabel kuadratik *blowing time*
- $x_3^2$  = variabel kuadratik untuk *stop time*

Dari uji *lack of fit* pada Tabel 6. terhadap model diperoleh nilai *p-value* = 0,125; lebih besar dibandingkan derajat kesalahan 5% sehingga tidak ada alasan untuk menolak  $H_0$  yang artinya model regresi tidak mengandung *lack of fit* (model sesuai).

**Tabel 6. Analisis Varian untuk Temperatur Botol**

Analysis of Variance for Temperatur Botol						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	6	124,544	124,544	20,757	17,81	0,000
Linear	3	110,187	110,187	36,729	31,51	0,000
Blowing Pressure	1	0,911	0,911	0,911	0,78	0,402
Blowing Time	1	102,245	102,245	102,245	87,72	0,000
Stop Time	1	7,031	7,031	7,031	6,03	0,040
Square	2	12,397	12,397	6,198	5,32	0,034
Blowing Time*Blowing Time	1	12,192	11,906	11,906	10,21	0,013
Stop Time*Stop Time	1	0,204	0,204	0,204	0,18	0,686
Interaction	1	1,960	1,960	1,960	1,68	0,231
Blowing Pressure*Stop Time	1	1,960	1,960	1,960	1,68	0,231
Residual Error	8	9,325	9,325	1,166		
Lack-of-Fit	6	8,919	8,919	1,486	7,31	0,125
Pure Error	2	0,407	0,407	0,203		
Total	14	133,869				



**Gambar 3. Contour Plot Temperatur Botol vs Blowing Pressure, Stop Time**

Gambar 3. menampilkan bahwa temperatur botol akan tercapai jika *blowing pressure* berada diantara level 5,0 dan 7,0 dan *stop time* berada diantara level 0,1 dan 1,3. Dengan *setting parameter blowing pressure* dan *stop time* pada level tersebut akan diperoleh temperatur botol sebesar kurang dari 40,5°C sampai lebih dari 43,5°C.

**Pembentukan Model Untuk Cycle Time**

Hasil analisis data yang menghasilkan nilai koefisien penduga selanjutnya dimasukkan dalam persamaan penduga model orde kedua. Nilai koefisien penduga dapat dilihat pada Tabel 7. berikut ini.

**Tabel 7. Koefisien Penduga untuk Cycle Time**

Estimated Regression Coefficients for Cycle Time					
Term	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	12,1731	0,01384	879,421	0,000	
Blowing Pressure	0,0062	0,01019	0,613	0,557	
Blowing Time	1,0163	0,01019	99,754	0,000	
Stop Time	0,0625	0,01019	6,135	0,000	
Blowing Time*Blowing Time	-0,0004	0,01495	-0,026	0,980	
Stop Time*Stop Time	-0,0529	0,01495	-3,537	0,008	
Blowing Pressure*Stop Time	-0,0275	0,01441	-1,909	0,093	

S = 0,0288147 PRESS = 0,0228770  
 R-Sq = 99,92% R-Sq(pred) = 99,72% R-Sq(adj) = 99,86%

Dari Tabel 7. nilai koefisien penduga menghasilkan persamaan penduga *cycle time* sebagai berikut.

$$\hat{Y}_{Cycle\ Time} = 12,1731 + 0,0062x_1 + 1,0163x_2 + 0,625x_3 - 0,004x_2^2 - 0,05229x_3^2 - 0,0275x_1x_3 \tag{3}$$

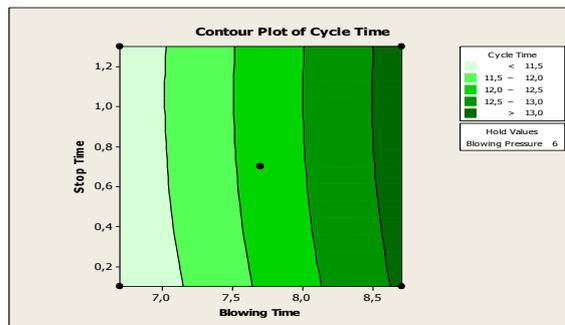
Dimana :

- $\hat{Y}_{Cycle\ Time}$  = nilai taksiran untuk *cycle time*
- $x_1$  = variabel *blowing pressure*
- $x_2$  = variabel *blowing time*
- $x_3$  = variabel *stop time*
- $x_2^2$  = variabel kuadratik *blowing time*
- $x_3^2$  = variabel kuadratik *stop time*

Dari uji *lack of fit* pada Tabel 8. terhadap model diperoleh nilai *p-value* = 0,628; lebih besar dibandingkan derajat kesalahan 5% sehingga tidak ada alasan untuk menolak  $H_0$  yang artinya model regresi tidak mengandung *lack of fit* (model sesuai).

**Tabel 8. Analisis Varian untuk Cycle Time**

Analysis of Variance for Cycle Time						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	6	8,30713	8,30713	1,38452	1667,52	0,000
Linear	3	8,29368	8,29368	2,76456	3329,64	0,000
Blowing Pressure	1	0,00031	0,00031	0,00031	0,38	0,557
Blowing Time	1	8,26211	8,26211	8,26211	9950,89	0,000
Stop Time	1	0,03125	0,03125	0,03125	37,64	0,000
Square	2	0,01043	0,01043	0,00522	6,28	0,023
Blowing Time*Blowing Time	1	0,00004	0,00000	0,00000	0,00	0,980
Stop Time*Stop Time	1	0,01039	0,01039	0,01039	12,51	0,008
Interaction	1	0,00303	0,00303	0,00303	3,64	0,093
Blowing Pressure*Stop Time	1	0,00303	0,00303	0,00303	3,64	0,093
Residual Error	8	0,00664	0,00664	0,00083		
Lack-of-Fit	6	0,00478	0,00478	0,00080	0,85	0,628
Pure Error	2	0,00187	0,00187	0,00093		
Total	14	8,31377				



**Gambar 4. Contour Plot Cycle Time vs Blowing Time, Stop Time**

Gambar 4. menampilkan bahwa *cycle time* akan tercapai jika *blowing time* berada diantara level 6,0 dan 8,5 dan *stop time* berada diantara level 0,1 dan 1,3. Dengan *setting parameter blowing time* dan *stop time* pada level tersebut, kita akan memperoleh *cycle time* sebesar kurang dari 11,5 detik sampai 13,0 detik.

**Optimasi variabel respon**

Untuk mendapatkan nilai variabel faktor (*blowing pressure*, *blowing time*, dan *stop time*) yang mampu mengoptimalkan variabel respon (*diameter snap*, temperatur botol, dan *cycle time*) maka digunakan metode permukaan respon dengan pendekatan fungsi *desirability*. Pendekatan fungsi *desirability* digunakan untuk mencari nilai kombinasi dari variabel faktor (*blowing pressure*, *blowing time*, dan *stop time*) untuk mendapatkan variabel respon (*diameter snap* sesuai dengan spesifikasi, temperatur botol sesuai dengan spesifikasi, dan *cycle time* yang paling minimum) namun hasil produk tetap berada pada spesifikasi standar.

Berdasarkan hasil analisis sebelumnya didapat pemodelan persamaan yang mampu memprediksikan nilai optimum dari variabel respon sebagai berikut.

$$\hat{Y}_{Diameter\ Snap} = 19,6631 + 0,05x_1 + 0,02x_2 - 0,0075x_3 + 0,0096x_2^2 - 0,0204x_3^2 \tag{4}$$

$$\hat{Y}_{Temperatur\ Botol} = 41,7769 - 0,3375x_1 - 3,575x_2 - 0,9375x_3 + 1,7904x_2^2 - 0,2346x_3^2 + 0,7x_1x_3 \tag{5}$$

$$\hat{Y}_{Cycle\ Time} = 12,1731 + 0,0062x_1 + 1,0163x_2 + 0,625x_3 - 0,004x_2^2 - 0,05229x_3^2 - 0,0275x_1x_3 \tag{6}$$

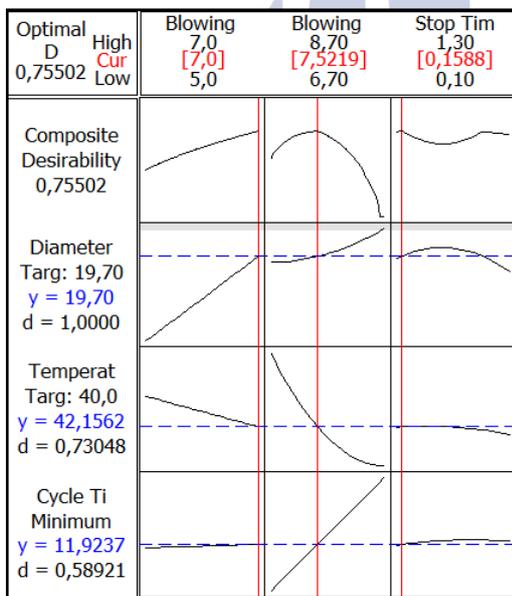
Kriteria optimum yang digunakan untuk mendapatkan hasil optimasi didapatkan dari perusahaan yang merupakan standar yang telah disepakati yaitu *diameter snap* 19,7 mm, temperatur botol 40°C, dan *cycle time* minimal.

Untuk mendapatkan nilai optimasi digunakan batas atas dan batas bawah dari data hasil eksperimen sebagai berikut.

- *Diameter snap* batas bawah 19,57 mm dan batas atas 19,73 mm.
- Temperatur botol batas bawah 38,5°C dan batas atas 48°C.
- *Cycle time* batas bawah 11,02 detik dan batas atas 13,22 detik.

Selanjutnya, maka dapat didefinisikan fungsi *desirability* untuk semua variabel respon tersebut adalah sebagai berikut.

- d *Diameter Snap* ( $Y_{Diameter Snap}$ ), digunakan *nominal the best desirability function*, dengan  $L_{Diameter Snap} = 19,57$  mm,  $U = 19,73$  mm,  $T_{Diameter Snap} = 19,7$  mm.
- d Temperatur Botol ( $Y_{Temperatur Botol}$ ), digunakan *nominal the best desirability function*, dengan  $L_{Temperatur Botol} = 38,5^{\circ}C$ ,  $U = 48^{\circ}C$ ,  $T_{Temperatur Botol} = 40^{\circ}C$ .
- d *Cycle Time* ( $Y_{Cycle Time}$ ), digunakan *the smaller is better desirability function*, dengan  $L_{Cycle Time} = 11,02$  detik,  $U = 13,22$  detik,  $T_{Cycle Time} = 11,02$  detik.



**Gambar 5. Kombinasi Nilai Variabel Faktor yang Menghasilkan Variabel Respon yang Optimal**

Gambar 5. menampilkan bahwa *global solution* untuk *setting parameter* pada *blowing pressure* sebesar 7,0 bar, *blowing time* sebesar 7,52192 detik, dan *stop time* sebesar 0,158796 detik. Dengan melakukan *setting parameter* pada level tersebut, maka akan menghasilkan variabel respon *diameter snap* 19,7000 mm dengan nilai *desirability* 1,000000, temperatur botol 42,1562°C dengan nilai *desirability* 0,730475, dan *cycle time* 11,9237 detik dengan nilai *desirability* 0,589210. Dari *response optimization* yang menampilkan *global solution* memiliki nilai *composite desirability* sebesar 0,755020 yang berarti nilai *composite desirability*-nya mendekati nilai 1 sehingga variabel faktor di atas memberikan penekanan secara bersama-sama secara signifikan mendekati penekanan yang linier.

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan analisis data penelitian dari hasil eksperimen yang dilakukan di PT. Rexam Packaging Indonesia, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

- Berdasarkan hasil optimasi yang telah dilakukan, didapatkan *setting parameter* pembuatan botol DK 8251 B yaitu untuk *parameter blowing pressure* sebesar 7,0 bar, *blowing time* sebesar 7,52192 detik, dan *stop time* sebesar 0,158796 detik. Dengan melakukan *setting parameter* pada level tersebut akan menghasilkan respon untuk *diameter snap* sebesar 19,7000 mm, temperatur botol sebesar 42,1562°C, dan *cycle time* sebesar 11,9237 detik dengan nilai *composite desirability* sebesar 0,755020.
- Untuk waktu siklus (*cycle time*) didapatkan hasil optimal sebesar 11,9237 detik

### Saran

Berdasarkan analisis data penelitian dari hasil eksperimen yang dilakukan di PT. Rexam Packaging Indonesia, penulis memberikan saran bahwa hasil penelitian yang dilakukan merupakan solusi dalam mengatasi permasalahan sebatas perhitungan secara statistik dalam memperoleh hasil respon yang optimal. Hasil penelitian ini tidak diterapkan secara praktis akan tetapi dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam menentukan *setting parameter* dalam produk yang lain.

### DAFTAR PUSTAKA

- Lokensgard, Erik. 2010. *Industrial Plastics Theory and Applications 5<sup>th</sup> Edition*. Canada: Nelson Education, Ltd
- Montgomery, DC. 2005. *Design and Analysis of Experiments 6<sup>th</sup> edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc
- Sudjana. 1994. *Desain dan Analisis Eksperimen. Edisi III*. Bandung: Tarsito