

OPTIMASI WAKTU SIKLUS PRODUKSI KEMASAN PRODUK 50 ML PADA PROSES *BLOW MOULDING* DENGAN METODE RESPON PERMUKAAN

M. Kahlil Gibran¹, FX Kristianta²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

²Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jln. Kalimantan 37, Jember 68121

Email: muhammadkahlil@gmail.com

ABSTRACT

50 ml bottle is being processed by blow molding. There are many parameters that influence cycle time during production; This study aims to determine the influence of process variables, ie blowing time, blowing pressure and stop time of the response variable, namely the cycle time, the net and volume. In addition, to get the value for the optimization of the production cycle time 50 ml bottle while maintaining the value of quality in the bottle, ie the net value and volume. 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 0.5, 1.0, and 1.5 second. Blowing time are 8, 9 and 10 second. Where as, blowing pressures 5, 5.75 and 6.5 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, netto and volume. Each combination is replicated 3 times and then averaged. The data then is processed by using Minitab version 16th. Square regression of the model for cycle time is $\hat{Y}_{CT} = 13,5300 - 0,0412 X_1 + 0,8000 X_2 + 0,1812 X_3 + 0,0238 X_{12} - 0,2087 X_{22} - 0,0412 X_{32} - 0,1150 X_1 X_2 - 0,0175 X_1 X_3 + 0,0350 X_2 X_3$. Where X_1 is blowing pressure, X_2 is blowing time and X_3 is stop time. The model developed then tested by residual assumption. Second stage of model testing lack of fit test. Optimization of both values, cycle time, netto and volume are searched by Response Surface Method. By the method it is found that the optimum condition of cycle time is 12.60 seconds, netto is 13.34 grams, volume is 89.87 ml The optimum condition is achieved when stop time is 1.5 second, blowing time 8 second and blowing pressure 5.34254 bars.

Keywords: Cycle time, Netto, Volume and Response surface method

PENDAHULUAN

Seiring perkembangan zaman kebutuhan akan plastik di Indonesia semakin meningkat. Hal ini dapat dilihat dengan meningkatnya permintaan produk plastik di Indonesia sekitar 4,6 juta ton per tahun dengan pertumbuhan rata-rata 5% per tahun, dimana porsi terbesar (40%) adalah untuk plastik kemasan [1].

Hal tersebut mengakibatkan industri plastik di Indonesia harus mampu meningkatkan produksinya, baik dalam hal kuantitas maupun kualitas produksinya. Untuk meningkatkan produksinya, industri kemasan plastik harus mampu mengoptimalkan waktu siklus pada setiap proses produksinya, dimana waktu siklus merupakan waktu yang dibutuhkan sebuah mesin untuk menghasilkan satu produk. Permasalahan lain yang muncul adalah industri kemasan plastik dituntut untuk meningkatkan kuantitas produksi namun di lain sisi industri ini harus memperhatikan kualitas produknya sehingga mampu bersaing dengan industri kemasan plastik lainnya dan tidak mengalami kerugian dalam produksinya.

Terdapat penelitian sebelumnya tentang optimasi siklus waktu proses pembuatan kemasan

plastik pada proses blow molding antara lain Optimasi Waktu Siklus Pembuatan Kemasan Produk Chamomile 120 MI Pada Proses Blow Molding. Adapun metode yang digunakan adalah metode *surface respon*, dengan parameter yang sama yaitu *stop time*, *blowing time*, dan *blowing pressure*. hasil penelitian diperoleh keadaan optimum 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 [2].

Mesin SMC1500DST merupakan salah satu mesin *extrusion blow molding* yang digunakan untuk memproduksi kemasan plastik. Mesin SMC 1500DST digunakan oleh salah satu industri kemasan untuk memproduksi produk botol 50ml. Proses produksi botol 50 ml ini membutuhkan waktu siklus selama ± 15 detik sehingga kapasitas produksinya sebesar 2880 botol per shift. Hal tersebut dinilai masih kurang karena dalam produksinya masih ditemukan produk reject dan kapasitas produksinya masih kurang memenuhi kapasitas yang diinginkan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dibutuhkan

optimasi pada waktu siklus produksi botol 50 ml namun harus memperhatikan kualitas produknya, dalam hal ini adalah *netto* dan *volume* botol.

Metode respon permukaan merupakan metode matematis dan statistis untuk memodelkan dan menganalisis masalah dimana tingkat respon dipengaruhi beberapa variabel dengan tujuan untuk mengoptimalkan respon tersebut. Sehingga dengan metode ini dapat mempermudah mendapatkan nilai optimal dari masing-masing parameter yang berpengaruh dalam proses produksi produk tersebut dengan proses *blow moulding*. [3]

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan di PT. Rexam Packaging Indonesia, terdapat pengaruh yang signifikan dari parameter *blowing time*, *blowing pressure* dan *stop time* terhadap waktu siklus produksi dan kualitas produk berupa nilai diameter *snap* botol. Untuk mendapatkan waktu siklus (*cycle time*) yang optimal pada pembuatan produk 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. [4]

Dari permasalahan di atas perlu dilakukan penelitian sehingga hasil akhir yang diharapkan nantinya dapat memperoleh nilai optimasi untuk waktu siklus produksi botol 50 ml dengan tetap menjaga nilai kualitas pada botol, yaitu nilai *netto* dan *volume* pada mesin SMC1500DST ini.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode respon permukaan dengan desain eksperimental *box behken*. Pengolahan data penelitian menggunakan *software* minitab 16 untuk menghasilkan respon yang optimal yaitu *cycle time* yang kecil dengan nilai *netto* dan *volume* yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan oleh perusahaan.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *High Density Polyethylene* (HDPE) dengan komposisi 70 % bijih plastik murni, 30 % 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/cm³.
- Kristalinitas 85-95 %.
- Kekuatan tarik 245-335 kgf/cm².
- Kekuatan impak 17-13 Kgf.cm/cm².

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin *blow molding* tipe SMC 1500 DST yang memproduksi produk 150ml mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

- Kecepatan *Screw* : 11 - 75 rpm
- *Extruding Heating* : 3 zones
- *Transfer Stroke* : 700 mm
- *Dry Cycle* : 3,6 detik

Stop watch untuk mengukur kecepatan waktu siklus produksi pada mesin SMC 1500 DST dan neraca analitis untuk menimbang berat produk atau *netto* produk botol 150 ml.

Variabel proses yang digunakan pada penelitian ini adalah *blowing pressure*, *blowing time* dan *stop time* sedangkan variabel respon untuk penelitian ini adalah *cycle time*, *netto* dan *volume* seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Variabel Proses

Faktor	Level Bawah	Level Menengah	Level Atas
Kode	-1	0	+1
<i>Blowing Pressure</i>	5 bar	6 bar	7 bar
<i>Blowing Time</i>	12 detik	12,5 detik	13 detik
<i>Stop Time</i>	0,5 detik	1 detik	1,5 detik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Percobaan

Variabel proses pada percobaan ini adalah *blowing pressure*, *blowing time*, dan *stop time*. Ketiga variabel proses tersebut mempunyai pengaruh terhadap *cycle time*, *netto* dan *volume* botol 50 ml. Untuk membuktikan bahwa variabel tersebut berpengaruh terhadap *cycle time*, *netto* dan *volume* maka dilakukan percobaan, dari hasil percobaan yang dilakukan didapatkan data hasil percobaan. Data hasil percobaan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Percobaan

No.	Parameter			<i>Cycle time</i> (detik)	<i>Netto</i> (gram)	<i>Volume</i> (ml)
	<i>Blowing Pressure</i> (bar)	<i>Blowing Time</i> (detik)	<i>Stop Time</i> (detik)			
1	5	8	1	12,33	13,43	88,66
2	6,5	8	1	12,66	13,03	89,66
3	5	10	1	14,26	12,93	89,33
4	6,5	10	1	14,13	12,70	90,66
5	5	9	0,5	13,33	13,13	89,66
6	6,5	9	0,5	13,30	12,90	90,33
7	5	9	1,5	13,76	13,20	90,00
8	6,5	9	1,5	13,46	12,86	90,66
9	5,75	8	0,5	12,30	13,40	88,66
10	5,75	10	0,5	12,73	12,93	90,66
11	5,75	8	1,5	12,76	13,23	90,00
12	5,75	10	1,5	14,33	13,03	89,00
13	5,75	9	1	13,50	13,16	90,00
14	5,75	9	1	13,43	13,33	90,00
15	5,75	9	1	13,66	12,96	89,66

- Merk : SMC1500DST
- Jumlah *cavity/mold* : 2
- Diameter *Screw* : 100 mm

Pembahasan

Pembentukan Model untuk Cycle Time

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 3.

Tabel 3. Koefisien Penduga Cycle Time

Estimated Regression Coefficients for Cycle time				
Terms	Coef	SE Coef	T	P
Constant	13,5300	0,10662	126,896	0,000
BP	-0,0412	0,06529	-0,632	0,555
BT	0,8000	0,06529	12,253	0,000
ST	0,1812	0,06529	2,776	0,039
BP*BP	0,0238	0,09611	0,247	0,815
BT*BT	-0,2087	0,09611	-2,172	0,082
ST*ST	-0,0412	0,09611	-0,429	0,686
BP*BT	-0,1150	0,09234	-1,245	0,268
BP*ST	-0,0175	0,09234	-0,190	0,857
S = 0,184675 PRESS = 2,34615				
R-Sq = 97,06% R-Sq(pred) = 59,52% R-Sq(adj) = 91,76%				

Tabel 3 menunjukkan hasil taksiran parameter model untuk cycle time. Berdasarkan tabel 3 kemudian dibuat 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, $i = 1, 2, 3, \dots, k$

Dari persamaan di atas dihasilkan model persamaan cycle time berdasarkan Tabel 3 adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_{CT} = 13,5300 - 0,0412 X_1 + 0,8000 X_2 + 0,1812 X_3 + 0,0238 X_1^2 - 0,2087 X_2^2 - 0,0412 X_3^2$$

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 kuadrat blowing pressure
 X_2^2 = variabel kuadrat blowing time

Untuk memeriksa kesesuaian model, Tabel 4 menunjukkan bahwa F_{hitung} lack of fit adalah 3,42 yang berarti lebih kecil dari F_{tabel} , yaitu 19,16. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa model tidak mengandung lack of fit atau model yang diperoleh telah sesuai

Tabel 4. ANOVA untuk Cycle Time

Analysis of Variance for Cycle time						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	5,62517	5,62517	0,62502	18,33	0,003
Linear	3	5,39643	5,39643	1,79881	52,74	0,000
BP	1	0,01361	0,01361	0,01361	0,40	0,555
BT	1	5,12000	5,12000	5,12000	150,12	0,000
ST	1	0,26281	0,26281	0,26281	7,71	0,039
Square	3	0,16972	0,16972	0,16972	1,66	0,289
BP*BP	1	0,00646	0,00208	0,00208	0,06	0,815
BT*BT	1	0,15697	0,16090	0,16090	4,72	0,082
ST*ST	1	0,00628	0,00628	0,00628	0,18	0,686
Interaction	3	0,05902	0,05902	0,01967	0,58	0,655
BP*BT	1	0,05290	0,05290	0,05290	1,55	0,268
BP*ST	1	0,00123	0,00123	0,00123	0,04	0,857
BT*ST	1	0,00490	0,00490	0,00490	0,14	0,720
Residual Error	5	0,17052	0,17052	0,03410		
Lack of Fit	3	0,14272	0,14272	0,04757	3,42	0,234
Pure Error	2	0,02780	0,02780	0,01390		
Total	14	5,79569				

Pembentukan Model untuk Netto

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 5.

Tabel 5. Koefisien Penduga Netto

Estimated Regression Coefficients for Netto				
Terms	Coef	SE Coef	T	P
Constant	13,1500	0,07120	184,681	0,000
BP	-0,1500	0,04360	-3,440	0,018
BT	-0,1925	0,04360	-4,415	0,007
ST	-0,0050	0,04360	-0,115	0,913
BP*BP	-0,1250	0,06418	-1,948	0,109
BT*BT	-0,0000	0,06418	-0,000	1,000
ST*ST	0,0000	0,06418	0,000	1,000
BP*BT	0,3000	0,06166	0,811	0,454
BP*ST	-0,0250	0,06166	-0,405	0,702
BT*ST	0,0800	0,06166	1,297	0,251
S = 0,123329 PRESS = 0,27355				
R-Sq = 88,28% R-Sq(pred) = 57,86% R-Sq(adj) = 67,20%				

Tabel 5 menunjukkan hasil taksiran parameter model untuk cycle time. Berdasarkan Tabel 5 kemudian dibuat 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_i = variabel bebas, $i = 1, 2, 3, \dots, k$
 b_0 = konstanta
 b_i = koefisien parameter model, $i = 1, 2, 3, \dots, k$

Dari persamaan di atas dihasilkan model persamaan netto berdasarkan Tabel 5 adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_{netto} = 13,1500 - 0,1500 X_1 - 0,1925 X_2 - 0,0050 X_3 - 0,1250 X_{12} - 0,0000 X_{22} + 0,0000 X_{32} + 0,0500 X_1 X_2 - 0,0250 X_1 X_3 + 0,0800 X_2 X_3$$

Dimana: $\hat{Y}_{netto} = Netto$

X_1 = variabel *blowing pressure*

X_2 = variabel *blowing time*

X_3 = variabel *stop time*

X_1^2 = variabel kuadratik *blowing pressure*

X_2^2 = variabel kuadratik *blowing time*

Untuk memeriksa kesesuaian model, Tabel 6. menunjukkan bahwa F_{hitung} lack of fit adalah 0,07 yang berarti lebih kecil dari F_{tabel} , yaitu 19,16. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa model tidak mengandung lack of fit atau model yang diperoleh telah sesuai

Tabel 6. ANOVA untuk *Netto*

Source	DF	Analysis of Variance for Netto			F	P
		Seq SS	Adj SS	Adj MS		
Regression	9	0,573 083	0,573 083	0,063676	4,19	0,065
Linear	3	0,476650	0,476650	0,158883	10,45	0,014
BP	1	0,180000	0,180000	0,180000	11,83	0,018
BT	1	0,296450	0,296450	0,296450	19,49	0,007
ST	1	0,000200	0,000200	0,000200	0,01	0,913
Square	3	0,058333	0,058333	0,019444	1,28	0,377
BP*BP	1	0,058333	0,057692	0,057692	3,79	0,109
BT*BT	1	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	1,000
ST*ST	1	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	1,000
Interaction	3	0,038100	0,038100	0,012700	0,83	0,530
BP*BT	1	0,010000	0,010000	0,010000	0,66	0,454
BP*ST	1	0,002500	0,002500	0,002500	0,16	0,702
BT*ST	1	0,025600	0,025600	0,025600	1,68	0,251
Residual Error	5	0,076050	0,076050	0,015210		
Lack of Fit	3	0,007450	0,007450	0,002483	0,07	0,969
Pure Error	2	0,068600	0,068600	0,034300		
Total	14	0,649133				

Pembentukan Model untuk Volume

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 volume dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 7. Koefisien Penduga *Volume*

Estimated Regression Coefficients for Volume				
Terms	Coef	SE Coef	T	P
Constant	89,8867	0,15931	564,227	0,000
BP	0,4575	0,09756	4,690	0,005
BT	0,3338	0,09756	3,421	0,019
ST	0,0438	0,09756	0,448	0,673
BP*BP	0,1367	0,14360	0,952	0,385
BT*BT	-0,4458	0,14360	-3,105	0,027
ST*ST	0,1392	0,14360	0,969	0,377
BP*BT	0,0825	0,13797	0,598	0,576
BP*ST	-0,0025	0,13797	-0,018	0,986
BT*ST	-0,7500	0,13797	-5,436	0,003

S=0,275932 PRESS=5,0314
R-Sq=93,84% R-Sq(pred)=18,36% R-Sq(adj)=82,75%

Tabel 7 menunjukkan hasil taksiran parameter model untuk cycle time. Berdasarkan Tabel 7 di atas kemudian dibuat model persamaan volume 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, $i = 1,2,3, \dots, k$

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

$$\hat{Y}_{volume} = 89,8867 + 0,4575 X_1 + 0,3338 X_2 + 0,0438 X_3 + 0,1367 X_{12} - 0,4458 X_{22} + 0,1392 X_{32} + 0,0825 X_1 X_2 - 0,0025 X_1 X_3 - 0,7500 X_2 X_3$$

Dimana: $\hat{Y}_{volume} = Volume$

X_1 = variabel *blowing pressure*

X_2 = variabel *blowing time*

X_3 = variabel *stop time*

X_1^2 = variabel kuadratik *blowing pressure*

X_2^2 = variabel kuadratik *blowing time*

Untuk memeriksa kesesuaian model, Tabel 8 menunjukkan bahwa F_{hitung} lack of fit adalah 2,63 yang berarti lebih kecil dari F_{tabel} , yaitu 19,16. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa model tidak mengandung lack of fit atau model yang diperoleh telah sesuai

Tabel 8. ANOVA untuk *Volume*

Source	DF	Analysis of Variance for Netto			F	P
		Seq SS	Adj SS	Adj MS		
Regression	9	5,79767	5,79767	0,64419	3,46	0,015
Linear	3	2,58087	2,58087	0,86029	11,30	0,011
BP	1	1,67445	1,67445	1,67445	21,99	0,005
BT	1	0,89111	0,89111	0,89111	11,70	0,019
ST	1	0,01531	0,01531	0,01531	0,20	0,673
Square	3	0,99954	0,99954	0,33318	4,11	0,081
BP*BP	1	0,09387	0,06896	0,06896	0,91	0,385
BT*BT	1	0,77416	0,73391	0,73391	9,64	0,027
ST*ST	1	0,07151	0,07151	0,07151	0,94	0,377
Interaction	3	2,27725	2,27725	0,75908	9,97	0,015
BP*BT	1	0,02722	0,02722	0,02722	0,36	0,576
BP*ST	1	0,00003	0,00003	0,00003	0,00	0,986
BT*ST	1	2,25000	2,25000	2,25000	29,55	0,003
Residual Error	5	0,38069	0,38069	0,07614		
Lack of Fit	3	0,30362	0,30362	0,10121	2,63	0,288
Pure Error	2	0,07707	0,07707	0,03853		
Total	14	6,17836				

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*, karena fungsi *desirability* merupakan sebuah fungsi yang diperoleh dengan menggabungkan beberapa persamaan model

sehingga diperoleh nilai respon yang diinginkan, Pendekatan fungsi *desirability* ini digunakan untuk mencari nilai kombinasi variabel proses *blowing pressure*, *blowing time*, dan *stop time* agar mendapatkan *cycle time* yang optimum (minimum), volume dan *netto* sesuai dengan spesifikasi (target), namun hasil produk masih sesuai standar atau spesifikasi yang ditentukan oleh perusahaan. Persamaan yang diperoleh dari pemodelan adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_{CT} = 13,5300 - 0,0412 X_1 + 0,8000 X_2 + 0,1812 X_3 + 0,0238 X_1^2 - 0,2087 X_2^2 - 0,0412 X_3^2$$

$$\hat{Y}_{netto} = 13,1500 - 0,1500 X_1 - 0,1925 X_2 - 0,0050 X_3 - 0,1250 X_{12} - 0,0000 X_{22} + 0,0000 X_{32} + 0,0500 X_1 X_2 - 0,0250 X_1 X_3 + 0,0800 X_2 X_3$$

$$\hat{Y}_{volume} = 89,8867 + 0,4575 X_1 + 0,3338 X_2 + 0,0438 X_3 + 0,1367 X_{12} - 0,4458 X_{22} + 0,1392 X_{32} + 0,0825 X_1 X_2 - 0,0025 X_1 X_3 - 0,7500 X_2 X_3$$

Dengan respon yang diinginkan adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_{CT} = \text{cycle time, dengan spesifikasi } \hat{Y}_{CT} \leq 20$$

$$\hat{Y}_{netto} = \text{berat netto produk, dengan spesifikasi } 22,8 \leq \hat{Y}_{netto} \leq 26,3$$

$$\hat{Y}_{volume} = \text{volume, dengan spesifikasi } 201 \leq \hat{Y}_{CT} \leq 213$$

Model matematika diatas diselesaikan menggunakan perangkat lunak minitab versi 16. Tabel 9 menunjukkan kombinasi dari variabel proses yang menghasilkan respon *cycle time*, *netto* dan *volume* yang optimum. Berikut ini adalah kombinasi nilai variabel proses yang menghasilkan respon optimal

Tabel 9. *Global Solution*

Global Solution			
BP	5,34254		
BT	8		
ST	1,5		
	Predicted Responses		
Cycle Time	12,6027	Desirability	0,79910
Netto	13,3428	Desirability	0,84284
Volume	89,8780	Desirability	0,93898
	Composite Desirability = 0,85836		

Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian, maka dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut:

- Untuk respon *cycle time*, parameter bebas yang paling berpengaruh adalah *blowing time* dengan nilai F_{hitung} sebesar 150,12

kemudian diikuti oleh *stop time* dengan nilai F_{hitung} sebesar 7,71, sedangkan parameter bebas *blowing pressure* tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon *cycle time* dikarenakan hanya memiliki F_{hitung} sebesar 0,40.

- Untuk respon *netto*, parameter bebas yang paling berpengaruh adalah *blowing time* dengan nilai F_{hitung} sebesar 19,49 dan *blowing pressure* dengan nilai F_{hitung} sebesar 11,83, sedangkan parameter bebas *stop time* tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon *netto* dikarenakan hanya memiliki F_{hitung} sebesar 0,01.
- Untuk respon *volume*, parameter bebas yang paling berpengaruh adalah *blowing time* dengan nilai F_{hitung} sebesar 11,70 dan *blowing pressure* dengan nilai F_{hitung} sebesar 21,99, sedangkan parameter bebas *stop time* tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon *volume* dikarenakan hanya memiliki nilai F_{hitung} sebesar 0,20.
- Kedaaan optimum dihasilkan pada kondisi *blowing pressure* sebesar 5,34254 bar, *blowing time* sebesar 8 detik dan *stop time* sebesar 1,5 detik. Dimana pada kondisi ini menghasilkan botol dengan *cycle time* sebesar 12,60 detik, *netto* sebesar 13,34 gram dan *volume* sebesar 89,87 ml. Hal ini dapat membuat meningkatnya produksi sebesar 16,067%.

Daftar Pustaka

- [1] PT. Bank Mandiri. 2012. *Industry Update Volume 12*. Jakarta : PT. Bank Mandiri
- [2] Hermawan, Yuni. 2009. *Optimasi Waktu Siklus Pembuatan Kemasan Produk Chamomile 120 ml Pada Proses Blow Molding*. Jember : Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jember.
- [3] Montgomery, Douglas. C. 1997. *Design and Analysis of Experiments*. 5th edition. Australia : John Wiley & Sons Inc
- [4] Musthofa, Ariezal., Irfa'i, Arif. 2004. *Penentuan Setting Parameter Pembuatan Botol DK 8251 B pada Proses Blow Molding dengan Menggunakan RSM (Response Surface Methodology)*. Surabaya : Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya