

APLIKASI METODE *OBJECTIVE MATRIX* DAN *RESPONSE SURFACE METHODOLOGY* UNTUK PENINGKATAN PRODUKTIVITAS

Yuswono Hadi^{1*}, Slamet Wahyudi², Sugiono³

^{1,2,3}Universitas Brawijaya, Fakultas Teknik Mesin, Malang 65145, Indonesia

Abstract Continous improvements to increase productivity is compulsory for small medium enterprise. The average value of productivity observed with Objective Matrix, in January-September 2014, is 261 . The main factor which affect the value of productivity is the number of defective products produced by Automatic Feeding and Sealing Machine. Approximately, 73.7% of total defective products is leak product. Thus, the main effort to increase value of productivity is reduce the amount of leak products produced by those machine. After calculating the average value of productivity, design of experiment were performed using central composite design approach. Then measure optimum value for each independent variables using Response Surface Methodology. The optimal values are : Cup Type A (supplied by PT.Indopack) , the heater I's temperature is 256.9 °C and the heater II's temperature is 258.48 °C . with predicted number of leaked product is 0.86 . By using this setting , the value of productivity turned to 855, far above the average of the previous months.

Key Words Automatic Feeding and Sealing Machine, Productivity, Objective Matrix, Design of Experiment, Response Surface Methodology

1. PENDAHULUAN

Peningkatan produktivitas merupakan sebuah keharusan bagi setiap perusahaan, untuk dapat terus bertahan, berkembang dan berkontribusi untuk sekitarnya. Di Kota Batu, 95 % industri berbentuk industri kecil/UKM [1]. Karena itu, upaya peningkatan produktivitas UKM menjadi sangat penting dengan mempertimbangkan daya serap UKM terhadap tenaga kerja dan kontribusi terhadap PRDB Kota Batu [1].

Menurut Vincent [2], produktivitas adalah rasio efisiensi penggunaan input dalam menghasilkan target output yang telah ditentukan perusahaan. Jika dikatakan pencapaian target output sebagai efektivitas, maka dapat dikatakan rasio produktivitas mengikuti persamaan berikut :

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Efektivitas}}{\text{Efisiensi}} \quad \text{Sumber : Vincent [2]}$$

CV Segar Buah Utama, adalah UKM produsen minuman sari buah apel dan jambu, bermerk dagang "Dewata" dan beroperasi sejak tahun 2011. Guna meningkatkan produktivitasnya, perusahaan melakukan investasi mesin produksi *Automatic Feeding and Sealing*.

Mesin ini berfungsi menurunkan *cup* ke *conveyor (feeding)*, mengisi *cup* dengan sari buah, menutup *cup* dengan *cup lid (sealing)* dan memotong *cup lid*, semua dilakukan secara otomatis. Mesin ini mempunyai 4 *line*, dua *heater*, kecepatan tetap dengan kapasitas produksi 2.400/jam atau sekitar 700 dos/hari.

Keluaran dari mesin ini adalah produk sari buah dalam kemasan *cup*. Menurut standar mutu yang diterapkan di perusahaan, keluaran mesin produksi ini dapat dikategorikan menjadi dua kelompok, yakni :

1. Produk baik : yakni produk yang memenuhi standar kualitas perusahaan. Menurut perusahaan, yang dinamakan dengan produk baik adalah sebagai berikut :
 - a. Tidak bocor
 - b. Potongan *cup lid* rapi.
 - c. *Cup lid* menutup dengan tepat dan simetris.
 - d. Tanggal kadaluwarsa tercetak di *cup lid*.
2. Produk cacat : yakni produk yang tidak memenuhi standar kualitas perusahaan. Produk cacat dibagi menjadi dua, Produk cacat dapat digolongkan menjadi dua bagian, yakni produk yang masih bisa untuk diproses kembali untuk menjadi produk jadi dan produk cacat yang tidak

* Corresponding author: Yuswono Hadi
me@yuswono.com

Published online at <http://JEMIS.ub.ac.id>

Copyright © 2014 PSTI UB Publishing. All Rights Reserved

bisa dijual atau dikatakan sebagai produk rusak. Menurut kebijakan perusahaan, yang dikategorikan produk cacat adalah produk dengan jenis kecacatan berikut :

- Potongan *cup lid* tidak rapi. Harus digunting manual sebelum dapat dikemas kembali.
- Tanggal kadaluwarsa tidak tercetak pada produk sari buah.
- Cup lid* tidak menempel dengan rapi (bergelombang).

Sedangkan yang dikategorikan sebagai produk rusak adalah produk dengan jenis kecacatan berikut:

- Bocor.
- Cup lid* tidak menempel dengan simetris pada kemasan.
- Cup lid* cacat. Cetakan gambar atau warna yang tidak sempurna.

Dari observasi awal, didapatkan data terkait produk cacat yang tertuang pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Produk Cacat Dan Rusak

Bulan	Cacat (cup)	Rasio (%)	Rusak (cup)	Rasio (%)
Januari	1,352	0.41	1254	0.38
Februari	1,672	0.54	1572	0.51
Maret	958	0.32	813	0.27
April	758	0.22	602	0.18
Mei	680	0.21	603	0.18
Juni	1,650	0.53	1478	0.47
Juli	1,526	0.37	1297	0.32
Agustus	1,978	0.44	1668	0.37
September	2,384	0.47	2022	0.40
Total	12,958	0.39	11309	0.34

Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa rasio produk cacat dan produk rusak dibanding dengan total keluaran adalah 0,39 %, dan 0,34 %. Informasi penting lain terkait dengan data tersebut adalah, lebih dari 87 % produk cacat adalah produk rusak.

Menurut pengukuran produktivitas mesin menggunakan metode *Objective Matrix*, didapatkan nilai rata-rata pada periode Januari – September 2013 adalah 261. *Objective Matrix (OMAX)* adalah suatu sistem pengukuran produktivitas parsial yang dikembangkan untuk memantau produktivitas disetiap bagian perusahaan dengan kriteria produktivitas yang sesuai dengan keberadaan bagian tersebut (*objective*). [3]

Masalah utama terkait dengan rendahnya nilai produktivitas mesin adalah jumlah produk cacat dan produk rusak yang dihasilkan mesin produksi. Rata-rata proporsi jumlah produk cacat dan produk rusak, masing masing adalah 0,39% dan 0,34% dari total keluaran mesin. Sedangkan dari

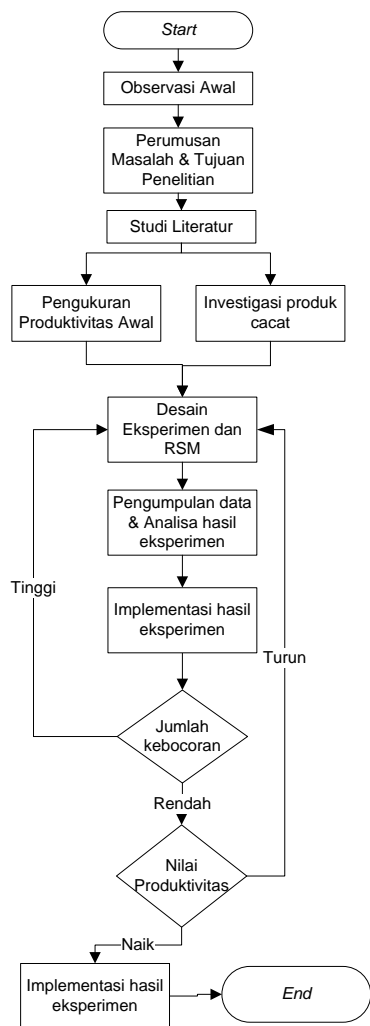
keseluruhan jumlah produk cacat, 73,7 % adalah produk bocor. Karena itu, upaya peningkatan produktivitas akan difokuskan pada pengurangan jumlah produk bocor yang dihasilkan oleh mesin produksi. Untuk mengurangi produk bocor, akan dilakukan eksperimen menggunakan *Response Surface Methodology* dengan desain eksperimen menggunakan pendekatan *Central Composite Design*.

Menurut Box & George E.P [4], *Response Surface Methodology (RSM)* atau metode permukaan respon adalah suatu metodologi yang terdiri dari suatu grup teknik statistik untuk membangun model empiris dan mengeksploitasi model. Dengan sebuah desain eksperimen, tujuan dari metode ini adalah untuk mengoptimasi *respon* (variabel *output*) yang dipengaruhi oleh beberapa variabel terikat (variabel *input*).

Alasan pemilihan metode ini adalah dimungkinkannya pergeseran level-level faktor menuju ke arah kondisi *response optimum*. Tidak hanya berhenti pada level-level faktor yang sudah ditentukan pada saat eksperimen orde pertama, namun juga dapat melacak titik optimum respon di luar area level eksperimen orde pertama. Dengan demikian, titik optimal yang didapatkan bukan "*local optimum*" namun dapat mencapai atau paling tidak mendekati posisi "*global optimum*" dari variabel respon.

2.METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan dilakukan dilakukan dalam beberapa fase yakni fase identifikasi, implementasi *RSM* dan validasi. Metode penelitian dapat digambarkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Metode Penelitian

Identifikasi

Penelitian ini akan diawali dengan pengukuran produktivitas parsial menggunakan metode *Objective Matrix (OMAX)*. Kriteria yang digunakan dalam pengukuran produktivitas ini mengadopsi pendapat Vincent [2], dimana produktivitas adalah rasio efisiensi penggunaan input dalam menghasilkan target output yang telah ditentukan perusahaan.

Berikutnya akan dihitung pencapaian bulanan dari setiap rasio dan dirupakan dalam bentuk matriks produktivitas dengan ditambahkan beberapa analisa terkait pencapaian produktivitas pada bulan tersebut. Kemudian langkah berikutnya adalah identifikasi produk cacat. Yakni, penggolongan jenis kecacatan, menemukan jumlah dan proporsinya dibanding keseluruhan produk cacat dan mencari jenis kecacatan yang paling signifikan mempengaruhi nilai produktivitas menggunakan *pareto diagram*. Terakhir, menganalisa penyebab jenis kecacatan tersebut dan dituangkan dalam *fish bone diagram*.

Implementasi Response Surface Methodology

Setelah jenis kecacatan utama ditemukan, berikutnya mendesain sebuah eksperimen guna mengurangi jumlah produk cacat. Desain eksperimen dilakukan untuk menentukan titik optimal dari variabel-variabel yang mempengaruhi mesin produksi. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian antara lain : Jenis *cup* yang digunakan, temperatur *heater I* temperatur *heater II*, dimana ketiga faktor tersebut adalah faktor yang dapat dikontrol (*controllable*) di dalam produksi. Sedangkan variabel terikat (*respon*) adalah jumlah produk bocor.

Berikutnya adalah mendesain eksperimen *full* faktorial 2^k menggunakan pendekatan *Central Composite Design* untuk meminimalkan respon. Dari desain tersebut, dilakukan pengambilan data respon dengan cara melakukan *sampling* dalam 1 jam proses produksi. Setelah data respon didapatkan, langkah berikutnya adalah menemukan model matematis yang paling sesuai untuk menaksir respon beserta uji kesesuaian model. Dari model matematis yang dihasilkan, akan didapatkan titik *setting* optimal untuk setiap variabel bebas yang digunakan.

Validasi

Titik *setting* optimal yang didapatkan dari fase sebelumnya akan diaplikasikan dalam mesin produksi dan mencatat jumlah produk bocor yang dihasilkan. Tahap ini bertujuan untuk membandingkan respon yang didapatkan dengan kondisi sebelum dilakukan eksperimen, baik dari jumlah produk bocor yang dihasilkan dan nilai produktivitas yang didapatkan. Penelitian akan dilakukan hingga nilai produktivitas menunjukkan peningkatan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kriteria produktivitas dan rasio pengukuran

Kriteria produktivitas yang digunakan yang kemudian dijabarkan menjadi rasio pengukuran produktivitas dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rasio Pengukuran Produktivitas

No	Tujuan/Objective	Kriteria pengukuran
1.	Meningkatkan efisiensi penggunaan bahan baku	$\frac{\text{Jumlah produk rusak}}{\text{Total keluaran mesin produksi}}$ $\frac{\text{Jumlah produk rusak}}{\text{Jumlah produk cacat}}$ $\frac{\text{Jumlah produk cacat}}{\text{Total keluaran mesin produksi}}$
2.	Meningkatkan efektifitas mesin produksi	$\frac{\text{Jumlah produk baik}}{\text{Target produksi jam yang tersedia}}$ $\frac{\text{Total Jam Kerja}}{\text{Jumlah produk baik}}$

Dari kriteria dan rasio pengukuran produktivitas tersebut, dilakukan pembobotan dengan melibatkan manajemen CV. Segar Buah Utama, seperti tertuang dalam Tabel 3.

Tabel 3. Bobot Setiap Rasio Pengukuran

No.	Rasio Pengukuran	Bobot (%)
1.	Jumlah produk cacat/total keluaran	22,5
2.	Jumlah produk rusak/total keluaran	25
3.	Jumlah produk rusak/jumlah produk cacat	17,5
4.	Jam kerja total/produk baik	15
5.	Jumlah produk baik/target produksi	20

Bobot terbesar terletak pada rasio jumlah produk rusak/total keluaran dilanjutkan dengan rasio jumlah produk cacat/total keluaran dan seterusnya.

Perhitungan nilai produktivitas

Perhitungan nilai produktivitas dilakukan tiap bulan. Tabel 4 berikut berisi capaian nilai produktivitas untuk setiap bulan.

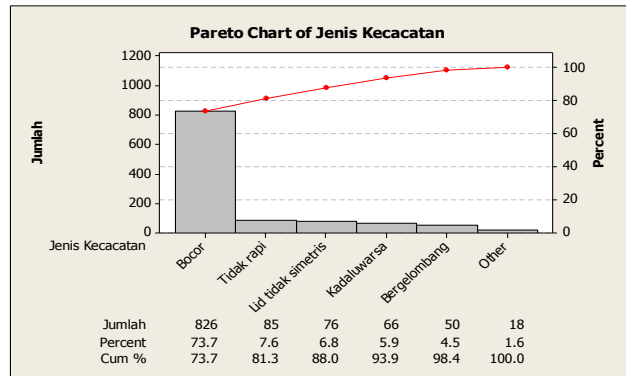
Tabel 4. Nilai Produktivitas Total Bulanan

Bulan	Produktivitas Total
Januari	150
Februari	30
Maret	295
April	525
Mei	470
Juni	67.5
Juli	300
Agustus	287.5
September	225
Rata-rata	261

Produktivitas rata-rata bulan Januari – September 2013 adalah 261. Dengan pencapaian terburuk pada bulan Februari 2013, hal ini disebabkan jenis *cup* yang digunakan terlalu banyak tanpa disertai *setting* yang sesuai untuk masing-masing *cup*, sehingga jumlah produk cacat tinggi.

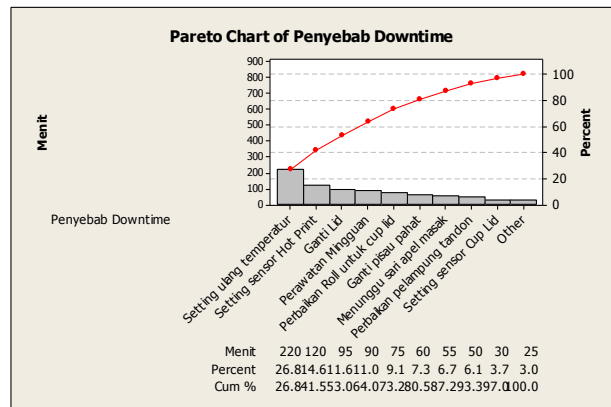
Identifikasi kecacatan

Untuk jenis kecacatan yang paling sering muncul dapat ditemukan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Pareto Proporsi Jenis Kecacatan

Dari diagram pareto dapat disimpulkan bahwa 73,7% produk cacat adalah produk bocor. Kemudian terkait dengan data *downtime* mesin yang didapatkan, kita bisa mengukur proporsi penyebab *downtime* dalam Gambar 3.

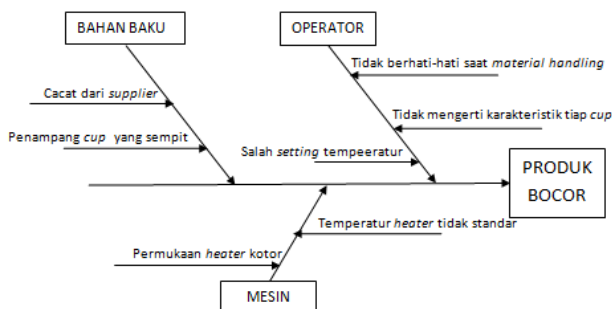


Gambar 3. Diagram Pareto Proporsi Penyebab Downtime.

Dari proporsi penyebab *downtime*, setting ulang temperatur, yang dilakukan akibat munculnya produk bocor juga menempati urutan teratas dengan 26,81 % dari total waktu *downtime*.

Dari diagram pareto diatas dapat disimpulkan bahwa faktor yang paling mempengaruhi nilai produktivitas adalah jumlah produk bocor yang dihasilkan mesin *Automatic Feeding and Sealing*. Sehingga upaya peningkatan produktivitas akan difokuskan pada pengurangan jumlah produk bocor yang dihasilkan mesin tersebut.

Penyebab dari produk bocor dapat dituangkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Sebab Akibat Penyebab Produk Bocor

Dari fase identifikasi awal yang telah dilakukan, dapat disimpulkan rencana peningkatan produktivitas, yakni :

1. Memberikan pemahaman kepada operator produksi akan pentingnya pengetahuan akan bahan baku yang digunakan dalam produksi. Memberikan pengetahuan bahwa setiap cup yang digunakan dalam proses produksi mempunyai karakteristik yang berbeda sehingga membutuhkan setting yang berbeda.
2. Melakukan manajemen penggunaan dan persediaan cup, yang didalamnya termasuk aktivitas penjadwalan penggunaan cup dan melakukan komunikasi efektif dengan operator mesin Automatic Feeding and Sealing untuk menentukan setting temperatur optimal mesin tersebut.
3. Mengurangi jumlah produk cacat/produk rusak, dengan melakukan eksperimen terkait dengan cup dan setting temperatur yang digunakan mesin tersebut.

Produk bocor disebabkan dua hal, dari setting mesin yang tidak sesuai atau cup yang memang sudah rusak/bocor sejak dari supplier.



Gambar 5. Contoh Produk Bocor

Gambar 5 menunjukkan contoh produk bocor yang dihasilkan oleh mesin produksi. Gambar sebelah kiri menunjukkan kebocoran yang disebabkan kerusakan cup (dari supplier) dan sebelah kanan menunjukkan kebocoran karena kesalahan setting temperatur heater.

Desain Eksperimen

Langkah pertama dalam mendesain eksperimen adalah menentukan variabel penelitian beserta titik faktor dan range yang digunakan. Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Variabel bebas
 - a. Variabel Numerik (Numerical Variables)
 - o X_1 = Temperatur heater I(°C).
 - o X_2 = Temperatur heater II(°C)
 Titik faktor dan range yang digunakan pada temperature heater I dan II adalah 240 °C, 255 °C dan 270 °C.
 - b. Variabel Katogori (Categorical Variables)
 - o X_3 = Jenis Cup yang digunakan. Saat ini terdapat tiga supplier cup yang digunakan, yakni : PT. Indopack (Cup A), PT. Merak (Cup B), dan PT Starindo (Cup C).
2. Variabel terikat
 - a. Y = Jumlah produk bocor yang dihasilkan.

Dari variabel penelitian yang telah ditentukan dapat didesain sebuah eksperimen menggunakan pendekatan central composite design yang hasilnya tertuang dalam Tabel 5.

Tabel 5. Desain Eksperimen

Order	Run	Blok	Tipe	X1	X2	Jenis Cup
18	1	Eksp 1	Factorial	270	270	B
29	2	Eksp 1	Factorial	240	240	C
31	3	Eksp 1	Factorial	240	270	C
20	4	Eksp 1	Center	255	255	B
3	5	Eksp 1	Factorial	240	270	A
2	6	Eksp 1	Factorial	270	240	A
30	7	Eksp 1	Factorial	270	240	C
19	8	Eksp 1	Center	255	255	A
35	9	Eksp 1	Center	255	255	C
17	10	Eksp 1	Factorial	240	270	B
4	11	Eksp 1	Factorial	270	270	A
5	12	Eksp 1	Center	255	255	A
15	13	Eksp 1	Factorial	240	240	B
1	14	Eksp 1	Factorial	240	240	A
32	15	Eksp 1	Factorial	270	270	C
7	16	Eksp 1	Center	255	255	A
6	17	Eksp 1	Center	255	255	A
21	18	Eksp 1	Center	255	255	B
33	19	Eksp 1	Center	255	255	C
16	20	Eksp 1	Factorial	270	240	B
34	21	Eksp 1	Center	255	255	C
42	22	Eksp 2	Center	255	255	C
11	23	Eksp 2	Axial	255	276,2132	A
24	24	Eksp 2	Axial	255	233,7868	B
22	25	Eksp 2	Axial	233,7868	255	B
9	26	Eksp 2	Axial	276,2132	255	A
37	27	Eksp 2	Axial	276,2132	255	C
36	28	Eksp 2	Axial	233,7868	255	C
27	29	Eksp 2	Center	255	255	B
14	30	Eksp 2	Center	255	255	A
41	31	Eksp 2	Center	255	255	C
25	32	Eksp 2	Axial	255	276,2132	B
12	33	Eksp 2	Center	255	255	A
8	34	Eksp 2	Axial	233,7868	255	A
10	35	Eksp 2	Axial	255	233,7868	A

bersambung

lanjutan						
13	36	Eksp 2	Center	255	255	A
40	37	Eksp 2	Center	255	255	C
38	38	Eksp 2	Axial	255	233,7868	C
28	39	Eksp 2	Center	255	255	B
26	40	Eksp 2	Center	255	255	B
39	41	Eksp 2	Axial	255	276,2132	C
23	42	Eksp 2	Axial	276,2132	255	B

Kemudian dilanjutkan dengan *sampling* selama 1 jam produksi untuk mendapatkan data respon. Hasil dari eksperimen yang dilakukan terangkum dalam Tabel 6.

Tabel 6. Respon Hasil Eksperimen

Perlakuan	Blok Eksperimen	Faktor Penelitian			Respon (Y)
		X1	X2	Cup	
1	Eksperimen 1	270	270	B	25
2	Eksperimen 1	240	240	C	28
3	Eksperimen 1	240	270	C	18
4	Eksperimen 1	255	255	B	0
5	Eksperimen 1	240	270	A	11
6	Eksperimen 1	270	240	A	15
7	Eksperimen 1	270	240	C	15
8	Eksperimen 1	255	255	A	1
9	Eksperimen 1	255	255	C	11
10	Eksperimen 1	240	270	B	12
11	Eksperimen 1	270	270	A	18
12	Eksperimen 1	255	255	A	0
13	Eksperimen 1	240	240	B	24
14	Eksperimen 1	240	240	A	25
15	Eksperimen 1	270	270	C	28
16	Eksperimen 1	255	255	A	0
17	Eksperimen 1	255	255	A	0
18	Eksperimen 1	255	255	B	7
19	Eksperimen 1	255	255	C	9
20	Eksperimen 1	270	240	B	14
21	Eksperimen 1	255	255	C	16
22	Eksperimen 2	255	255	C	6
23	Eksperimen 2	255	276,21	A	9
24	Eksperimen 2	255	233,79	B	26
25	Eksperimen 2	233,79	255	B	23
26	Eksperimen 2	276,21	255	A	12
27	Eksperimen 2	276,21	255	C	18
28	Eksperimen 2	233,79	255	C	24
29	Eksperimen 2	255	255	B	7
30	Eksperimen 2	255	255	A	0
31	Eksperimen 2	255	255	C	7
32	Eksperimen 2	255	276,21	B	11
33	Eksperimen 2	255	255	A	1
34	Eksperimen 2	233,79	255	A	28
35	Eksperimen 2	255	233,79	A	24
36	Eksperimen 2	255	255	A	0
37	Eksperimen 2	255	255	C	9
38	Eksperimen 2	255	233,79	C	27
39	Eksperimen 2	255	255	B	1
40	Eksperimen 2	255	255	B	1
41	Eksperimen 2	255	276,21	C	16
42	Eksperimen 2	276,21	255	B	15

Berdasar data respon yang didapatkan pada Tabel 6, maka dapat ditemukan persamaan matematis untuk menaksir respon. Dengan menggunakan *software Design Expert 8.0*, didapatkan persamaan matematis untuk setiap *cup* yang digunakan, yakni :

- Persamaan untuk *Cup A* (PT. Indopack)
 $Y = -23.92 X_1 - 22.65 X_2 + 0.023X_1X_2 + 0.034 X_1^2 + 0.032 X_2^2 + 6001.109$
- Persamaan untuk *Cup B* (PT. Merak)
 $Y = -23.77 X_1 - 22.57 X_2 + 0.023X_1X_2 + 0.035 X_1^2 + 0.032 X_2^2 + 5945.04$
- Persamaan untuk *Cup C* (PT. Starindo)
 $Y = -23.80 X_1 - 22.48 X_2 + 0.023 X_1X_2 + 0.035 X_1^2 + 0.032 X_2^2 + 5935.705$

Penentuan titik setting optimal

Sebelum penentuan setting optimal menggunakan persamaan matematis yang dihasilkan, perlu dilakukan pengujian statistik.

Uji pertama yang dilakukan adalah analisa determinasi untuk mengetahui besar pengaruh variabel bebas secara simultan terhadap variabel respon. Hasil yang didapatkan adalah sebagai berikut :

Source	Std. Dev.	R-Squared	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared	PRESS	
Linear	9.24	0.1694	0.0771	-0.1287	4178.60	
2FI	9.33	0.2710	0.0594	-0.3706	5074.18	
<u>Quadratic</u>	<u>3.55</u>	<u>0.9014</u>	<u>0.8640</u>	<u>0.7488</u>	<u>930.17</u>	<u>Suggested</u>
Cubic	2.51	0.9643	0.9320	0.8530	544.16	Aliased

"Model Summary Statistics": Focus on the model maximizing the "Adjusted R-Squared" and the "Predicted R-Squared".

Gambar 6. Output Analisa Regresi Berganda

Cara menganalisa *output* pada Gambar 6, adalah dengan melihat baris yang ditandai dengan keterangan *Suggested*. Dari *output* tersebut menunjukkan bahwa model persamaan kuadrat orde dua yang digunakan, mempunyai nilai *R-Squared* 0.9014. Hal ini menunjukkan bahwa prosentase sumbangan pengaruh variabel independen (Jenis *cup*, Temperatur *heater* I dan *heater* II) terhadap variabel dependen (jumlah produk bocor) sebesar 90.14 %. Atau variasi variabel independen yang digunakan dalam model matematis kuadrat orde dua, mampu menjelaskan sebesar 90.14 % dari variasi variabel dependen (produk bocor).

Pengujian berikutnya adalah dengan melakukan *lack of fit test*, yang bertujuan untuk mengetahui apakah model tersebut memiliki

ketidak sesuaian terhadap data respon. Hipotesa yang digunakan dalam pengujian ini adalah :

H_0 = Model matematis tidak memiliki ketidaksesuaian dengan data

H_1 = Model matematis memiliki ketidaksesuaian dengan data respon.

Hasil dari pengujian *lack of fit* menggunakan *software Design Expert 8.0* adalah :

Lack of Fit Tests					
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	Prob > F
Linear	2994.33	24	124.76	18.58	< 0.0001
2FI	2618.18	19	137.80	20.52	< 0.0001
Quadratic	284.38	17	16.73	2.49	0.0566
Cubic	61.58	9	6.84	0.85	0.5859
Pure Error	80.58	12	6.72		

Gambar 7. Output pengujian *lack of fit*.

Dari baris *suggested* dapat kita dapat melihat F_{hitung} . Pengujian hipotesa dilakukan dengan membandingkan nilai F_{hitung} dengan F_{tabel} , yakni : $2.49 < 3.94$ atau $F_{hitung} < F_{(0,05,1,95)}$. Dapat disimpulkan bahwa H_0 diterima, sehingga model matematis tidak memiliki ketidaksesuaian dengan data penelitian. Dari tabel diatas, nilai-p juga menunjukkan hasil yang tidak signifikan. ($0.056 > 0.05$). Dapat disimpulkan bahwa model kuadratik orde dua yang digunakan tidak mempunyai *Lack of Fit* dengan derajat signifikan yang digunakan $0,05$.

Setelah model matematis lulus dari semua pengujian statistik, maka dapat dihitung titik optimal untuk setiap variabel bebas. Hasil dari perhitungan menggunakan *software Design Expert 8.0* adalah :

Constraints						
Name	Goal	Lower Limit	Upper Limit	Lower Weight	Upper Weight	Importance
A:Temp 1	is in range	240	270	1	1	3
B:Temp 2	is in range	240	270	1	1	3
C:Cup	is in range	A	C	1	1	3
Cacat	minimize	0	28	1	1	3

Solutions for 3 combinations of categoric factor levels						
Number	Temp 1	Temp 2	Cup	Cacat	Desirability	
1	256.80	258.48	A	0.863031	0.969	Selected
2	255.03	257.85	B	3.2462	0.884	
3	255.95	256.29	C	7.63946	0.720	

Gambar 8. Output Penentuan Titik Optimal

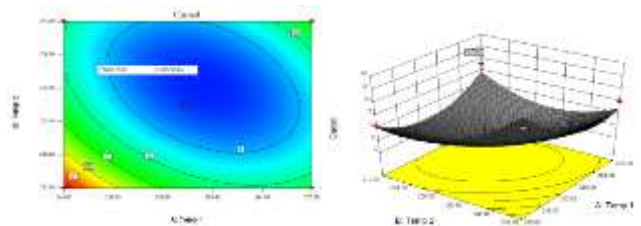
Dari *output* diatas, dapat dilihat bahwa setting optimum untuk meminimalkan respon Y adalah menggunakan Cup A, dengan temperatur *heater* I 256.9°C dan temperatur *heater* II 258.48°C . dengan prediksi jumlah produk bocor adalah 0.86. Kemudian disusul dengan penggunaan *cup* B

dengan setting temperatur *heater* 255.03°C dan 257.85°C dan prediksi jumlah produk bocor sejumlah 3.24. Berikutnya adalah penggunaan *cup* C dengan setting temperatur *heater* 255.95°C dan 256.29°C dan prediksi jumlah produk bocor sejumlah 7.83.

Contour plot untuk titik optimum

Dari persamaan matematis yang digunakan dalam menaksir titik optimum, dapat digambarkan menjadi bentuk *countour plot* 2D dan 3D.

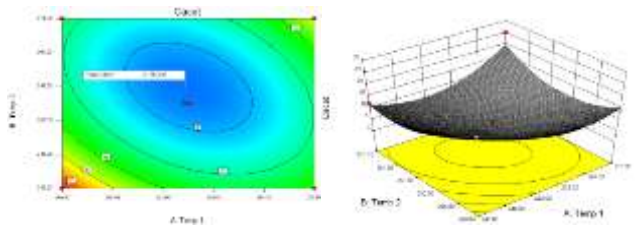
1. Cup A



Gambar 9. Contour Plot Titik Optimum Cup A

Warna biru (titik optimal) ada pada titik temperatur *heater* I 256.9°C dan temperatur *heater* II 257.85°C . dengan prediksi jumlah produk bocor adalah 0.86cup.

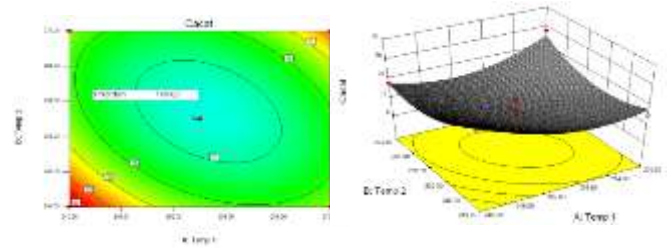
2. Cup B



Gambar 10. Contour Plot Titik Optimum Cup B

Warna biru (titik optimal) ada pada titik temperatur *heater* I 255.03°C dan temperatur *heater* II 258.48°C . dengan prediksi jumlah produk bocor adalah 3.24 cup.

3. Cup C



Gambar 11. Contour Plot Titik Optimum Cup C

Warna biru (titik optimal) ada pada titik temperatur *heater* I 255.95°C dan temperatur *heater*

II 256,29°C. dengan prediksi jumlah produk bocor adalah 7.83 cup.

Validasi hasil penelitian

Proses ini dilakukan dengan menerapkan setting temperatur optimal yang didapatkan dari hasil eksperimen pada mesin *Automatic Feeding and Sealing*. Proses ini dilakukan selama 7 jam kerja penuh, selama 7 hari kerja, di minggu terakhir bulan November 2013.

Tabel 7 menunjukkan data produksi dan jumlah kecacatan yang muncul beserta jenisnya.

Tabel 7. Data Produksi Menggunakan Setting Optimal

Tanggal	Jam kerja total	Keluaran	Rusak			Cacat			Cacat Total	Target Produksi	Produk Baik
			a	b	c	d	e	f			
25-Nop	420	15.590	3	9					12	16.800	15.578
26-Nop	420	15.296	4					7	11	16.800	15.285
27-Nop	420	15.337	1				3		4	16.800	15.333
28-Nop	420	15.340	2						2	16.800	15.338
29-Nop	420	15.342	3			4			7	16.800	15.335
30-Nop	420	15.526	2					7	9	16.800	15.517
Total	2.520	92.431	15	9	0	11	3	7	45	100.800	92.386

Dari data tersebut dapat diukur nilai produktivitas, berdasar rasio yang telah ditentukan.

$$1. \text{ Rasio 1} = \frac{\text{Jumlah produk cacat}}{\text{Total Keluaran}} = \frac{45}{92.431} \times 100 \% = 0.048$$

Skor produktivitas dengan performance 0.048 % adalah = 10 (Baik)

$$2. \text{ Rasio 2} = \frac{\text{Jumlah produk rusak}}{\text{Total Keluaran}} = \frac{15}{92.431} \times 100 \% = 0.016 \%$$

Skor produktivitas dengan performance 0.016 % adalah = 10 (Baik)

$$3. \text{ Rasio 3} = \frac{\text{Jumlah produk rusak}}{\text{Jumlah produk cacat}} = \frac{15}{45} \times 100 \% = 33.3 \%$$

Skor produktivitas dengan performance 33.3 % adalah = 10 (Baik)

$$4. \text{ Rasio 4} = \frac{\text{Jam Kerja Total}}{\text{Produk Baik}} = \frac{42}{92.386} \times 100 \% = 0.045 \%$$

Skor produktivitas dengan performance 0.045 % adalah = 3 (Rata-rata)

Nilai produktivitas total ketika menggunakan setting optimal adalah 855, jauh di atas nilai rata-rata periode Januari – September 2013.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan eksperimen yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. *Setting* temperatur heater optimum untuk meminimalkan produk bocor untuk masing-masing jenis cup adalah :

- a. Cup A :Temperatur heater I 256.9°C, heater II 258.48°C. dengan prediksi jumlah produk bocor adalah 0.86.
 - b. Cup B : Temperatur heater I 255.03°C, heater II 257.85°C dan prediksi jumlah produk bocor sejumlah 3.24.
 - c. Cup C : Temperatur heater I 255.95°C, heater II 256.29°C dan prediksi jumlah produk bocor sejumlah 7.83.
2. Setelah eksperimen dilakukan nilai produktivitas total menjadi 855, meningkat jauh dibanding dengan rata-rata nilai produktivitas pada bulan sebelumnya yang hanya 261. Performance rasio 1, rasio 2 dan rasio 3 juga mencapai skor maksimal, yakni 10.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] **Kota Batu dalam Angka**, BPS Kota Batu, 2013. Kota Batu.
- [2] **Gasperz, Vincent**, 2000. Manajemen produktivitas total : Strategi Peningkatan Bisnis Global, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- [3] **Riggs, James L**, 1986. *Production System*, Oregon University, Oregon.
- [4] **Box, George .E.P**, 1987, *Empirical Model Building and Response Surfaces*, John Wiley&Sons, New York.
- [5] **Montgomery, D. C.** ,1997. *Design and Analysis of Experiments, 4th edition*, John Wiley & Sons, New York.
- [6] **Design-Expert® software**, Version 8.0, 2010, *Manual book*, State-ease, Minneapolis.