

Optimasi Parameter Operasi Mesin Air *Slip Forming* untuk Meminimalkan Cacat Produk

Didik Wahjudi

Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Amelia

Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Abstrak

Mesin *Air Slip Forming* merupakan salah satu mesin untuk memproduksi koper. Selama ini dalam proses produksinya penentuan parameter operasi waktu *air-out* (X_1), waktu *air-in* (X_2), dan waktu pemanasan (X_3) serta variabel respon berupa keliling koper (Y) dilakukan dengan cara *trial and error*. Karena itu sering didapatkan ukuran keliling koper tidak sesuai standar. Metode respon surface dan rancangan CCD akan digunakan untuk mendapatkan model matematis yang menggambarkan hubungan antara keliling koper dan variabel-variabel yang mempengaruhinya.

Kondisi proses yang menghasilkan keliling koper yang sesuai standar adalah 6.3 detik untuk waktu *air out*, 2.6 detik untuk waktu *air-in* dan 62 detik untuk waktu pemanasan.

Kata kunci : permukaan respon, CCD

Abstract

Air Slip Forming machine is one of the machines that is used to produce luggage. However, so far in the manufacturing process determination of operation parameter air-out time (X_1), air-in time (X_2) and heating time (X_3), also the response variable which is the circumference of the luggage (Y) are done by trial and error. Therefore the circumference of the luggage is not the same as the standard one. Response surface method and CCD formula will be used to get this mathematical model which describe the relation between luggage circumference and other influential variables. The best condition to produce luggage with circumference that meets the standard are 6.3 sec for air-out time, 2.6 sec for air-in time and 62 sec for heating time.

Keyword : respon surface, CCD

1. Pendahuluan

Suatu proses manufaktur selalu bertujuan menghasilkan produk dengan efisien, berkualitas baik dan biaya minimal. Salah satunya adalah produk plastik yang berupa tas koper. Produk plastik ini dipakai secara luas dan banyak disukai karena memiliki sifat-sifat antara lain: ringan, kuat dan tahan lama, tahan korosi, toleransi lebih presisi dan *finishing* yang lebih mudah meskipun demikian daya guna plastik memiliki keterbatasan dalam hal kekuatan yang rendah, tidak tahan panas, stabilitas dimensi rendah dan harga relatif tinggi.

Pada mulanya pembuatan tas koper dengan mesin *air slip forming* dan bahan baku papan ABS dilakukan dengan cara *trial and error* dalam menentukan atau mengatur parameter operasinya. Namun hasilnya banyak cacat dan

diduga karena kondisi waktu *air in*, *air out* dan waktu pemanasan tidak sesuai standart. Bila waktu *air in* terlalu singkat, keliling tas koper akan lebih panjang dari ukuran standart dan bila waktu *air out* terlalu lama, dapat menyebabkan lembaran plastik yang terbentuk tidak sempurna. Waktu pemanasan yang berlebihan dapat menyebabkan ukuran keliling koper melebihi standar.

Untuk meminimalkan cacat yang terjadi, akan dicari suatu persamaan yang menunjukkan hubungan antara produk cacat dengan variabel-variabel waktu *air in*, waktu *air out*, dan waktu pemanasan.

2. Dasar Teori

2.1 Pendugaan Model

Pendugaan model regresi linier berganda digunakan untuk menggambarkan pola hubungan antara dua variabel atau lebih. Dalam model

Catatan : Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Januari 2000. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 2 Nomor 1 April 2000.

regresi terdapat dua macam variabel, yaitu variabel bebas X_i sebagai variabel prediktor dan variabel tak bebas Y sebagai variabel respon.

Analisa permukaan respon (*response surface*) berguna untuk menganalisa variabel bebas yang mempengaruhi variabel respon. Dalam sebagian masalah yang ada, bentuk hubungan yang sesungguhnya antara variabel respon dan variabel-variabel bebas tidak diketahui, maka langkah-langkah yang dilakukan dalam metode *response surface* adalah

1. Menentukan variabel respon dan variabel bebas yang berpengaruh terhadap respon, dan menentukan range dari masing-masing variabel bebas.
2. Membuat rancangan percobaan orde pertama.
3. Membuat dan menguji model tersebut guna mengetahui ada tidaknya *lack of fit* dengan menggunakan analisa varians.
4. Membuat rancangan percobaan orde kedua.
5. Membuat dan menguji model orde kedua.
6. Pemeriksaan dan pengujian asumsi.
7. Menentukan kondisi optimum dari model yang sesuai.
8. Menganalisa analisa kanonik untuk mempermudah penggambaran kontur dari permukaan respon.

Rancangan percobaan orde pertama, untuk mendapatkan modelnya digunakan rancangan faktorial 2^k dan ditambah dengan pengamatan di beberapa titik pusat. Rancangan faktorial 2^k digunakan untuk percobaan yang terdiri dari k faktor dan untuk masing-masing variabel diberi kode -1 (yang berhubungan dengan level rendah) dan $+1$ (yang berhubungan dengan level tinggi).

Rancangan percobaan orde kedua paling sedikit harus memiliki tiga level untuk masing-masing variabel. Pada rancangan ini dipilih berdasarkan pertimbangan ketelitian relatif dalam menduga koefisien parameter model dan banyaknya pengamatan yang dibutuhkan. Untuk rancangan ini digunakan CCD (*Central Composite Design*) yang terdiri dari rancangan faktorial 2^k ditambah titik-titik pengamatan pada *center point* dan *aksial point* ($\alpha = 2^{k/4}$, titik-titik pada sumbu rancangan).

2.2 Pemeriksaan dan pengujian model

Pemeriksaan dan pengujian asumsi residual tiap-tiap model dugaan adalah dengan mengikuti asumsi independen, identik, dan kenormalan. Residual adalah selisih antara nilai pengamatan dan nilai dugaannya.

Pemeriksaan dan pengujian asumsi identik bertujuan untuk mengetahui apakah residual sama penyebarannya (homoskedastisitas). Pengujian asumsi dilakukan dengan uji Gletzer.

Pemeriksaan dan pengujian asumsi independen dilakukan dengan melihat plot ACF (*Auto Correlation Function*). Residual akan dinyatakan independen bila nilai ACF-nya berada pada rentang $-2/\sqrt{n}$ dan $2/\sqrt{n}$.

Pemeriksaan dan pengujian asumsi kenormalan dilakukan dengan metode QQ-plot, bila plot residual mendekati garis lurus maka dikatakan residual berdistribusi normal. Asumsi kenormalan dapat diuji dengan Uji Lilieforse

Titik stasioner yaitu titik pada kondisi yang optimum, baik titik maksimum, titik minimum, ataupun titik pelana (*saddle point*). Titik stasioner diperoleh dengan cara mendiferensialkan model orde kedua dalam bentuk matrik terhadap variabel X .

Analisa kanonik untuk mempermudah penggambaran bentuk kontur dari permukaan respon. Analisa ini dilakukan dengan pemindehan fungsi respon dari titik asal $x = (0,0,0,\dots,0)$ ke titik stasioner X_0 dan sekaligus merotasikan sumbu. Sumbu hasil pemindahan dari rotasi ini dinotasikan dengan sumbu W .

3. Langkah-langkah Percobaan

1. Menentukan dan mengatur variabel-variabel yang berpengaruh terhadap keliling koper dan berkaitan dengan *setting* mesin, yang terdiri dari :
 - a. Variabel respon :
Keliling koper (Y_1) yaitu bagian tepi koper yang diberi list aluminium. Ukuran dalam satuan centimeter.
 - b. Variabel bebas :
 1. Waktu *air-out* (X_1) yaitu waktu peniupan udara yang ada dibawah lembaran plastik. Waktu *air-out* dilakukan dalam range 5.8 - 6.8 detik.
 2. Waktu *air-in* (X_2) yaitu waktu penghisapan udara yang ada dibawah lembaran plastik. Waktu *air-in* dilakukan dalam range 2.2 - 2.8 detik.
 3. Waktu pemanasan (X_3) yaitu lama pemanasan yang diberikan. Waktu pemanasan dilakukan dalam range 58 - 68 detik.
2. Mengukur keliling koper.

Pengumpulan data dilakukan berdasarkan rancangan percobaan 2^3 faktorial + *center point* untuk orde pertama dan rancangan CCD untuk orde kedua. Dalam percobaan ini, *setting* mesin dilakukan dengan menetapkan level-level untuk masing-masing variabel bebas. Pada penelitian ini ditentukan α (aksial point) = 1.68, dan untuk menghindari adanya ketergantungan antar pengamatan maka urutan percobaan dilakukan

secara acak. Hubungan antara kode level dengan nilai level variabel bebas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan Kode Level Dan Nilai Level

Kode	-1.68	-1	0	1	1.68
X1	5.8	6.0	6.3	6.6	6.8
X2	2.2	2.3	2.5	2.7	2.8
X3	58	60	63	66	68

3. Analisa Data

Data hasil percobaan dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil pengolahan data untuk model orde pertama dapat dilihat pada Tabel 3.

Pendugaan model orde pertama dengan metode regresi didapatkan hasil sebagai berikut:

$$Y_1 = 214.72 + 0.163 X_1 - 0.187 X_2 + 0.363 X_3$$

Kemudian dilakukan pengujian kesesuaian model dengan menggunakan uji *lack of fit*. Hipotesa yang digunakan adalah :

H_0 : Tidak ada *lack of fit* dalam model orde 1

H_1 : Ada *lack of fit* dalam model orde 1

Dari hasil analisa data (Tabel 3) untuk respon keliling koper diperoleh $p\text{-value} < \alpha = 5\%$, sehingga tolak H_0 yang berarti ada ketidak-sesuaian model orde pertama untuk respon keliling koper. Nilai $R^2 = 19.3\%$, menunjukkan bahwa hanya 19.3% variabilitas dari data dapat dijelaskan oleh model, sedangkan 80.7% dijelaskan oleh variabel lain yang belum masuk dalam model.

Tabel 2. Pendugaan Parameter Model Orde Pertama untuk Respon Keliling Koper

No.	Air-Out	Air-In	Temp	Y_1
1	-1	-1	-1	215.0
2	1	-1	-1	214.9
3	-1	1	-1	215.0
4	1	1	-1	214.3
5	-1	-1	1	215.0
6	1	-1	1	216.5
7	-1	1	1	215.0
8	1	1	1	215.6
9	-1.682	0	0	215.0
10	1.682	0	0	215.9
11	0	-1.682	0	214.3
12	0	1.682	0	214.0
13	0	0	-1.682	214.6
14	0	0	1.682	215.3
15	0	0	0	213.5
16	0	0	0	214.3
17	0	0	0	213.7
18	0	0	0	213.8
19	0	0	0	213.5
20	0	0	0	214.4
21	0	0	0	213.6
22	0	0	0	213.9
23	0	0	0	214.0

Pada respon regresi dari persamaan (keliling koper) diperoleh $p\text{-value} > \alpha = 0.05$ (Tabel 3), sehingga terima H_0 berarti variabel-variabel bebas X_i tidak berpengaruh terhadap respon secara linier.

Pengujian parameter regresi secara individu menunjukkan bahwa masing-masing variabel X_i mempunyai $p\text{-value} > \alpha = 0.05$ (Tabel 3), sehingga terima H_0 yang berarti masing-masing variabel X_i tidak berpengaruh penting terhadap perubahan respon.

Tabel 3. Pendugaan Parameter Model Orde Pertama untuk Respon Keliling

```

MTB > Regress 'Y1' 3 'A-out' 'A-in' 'Temp';
SUBC> Pure.

The regression equation is
Y1 = 215 + 0.163 A-out - 0.187 A-in + 0.363 Temp

Predictor      Coef      Stdev      t-ratio      p
Constant      214.717    0.260      826.90      0.000
A-out         0.1625    0.3180      0.51      0.623
A-in         -0.1875    0.3180     -0.59      0.572
Temp          0.3625    0.3180      1.14      0.287

s = 0.8995      R-sq = 19.3%      R-sq(adj) = 0.0%
Analysis of Variance

SOURCE      DF      SS      MS      F      p
Regression   3      1.5438    0.5146    0.64    0.613
Error        8      6.4729    0.8091
Total       11      8.0167

Pure error test - F = 10.58 P = 0.0402 DF(pure error) = 3
8 rows with no replicates
    
```

Pengujian parameter regresi secara individu menunjukkan bahwa masing-masing variabel X_i mempunyai $p\text{-value} > \alpha = 0.05$ (Tabel 3), sehingga terima H_0 yang berarti masing-masing variabel X_i tidak berpengaruh penting terhadap perubahan respon.

Berdasarkan pengujian-pengujian di atas ternyata model orde pertama tidak sesuai, sehingga dilanjutkan dengan analisa model orde kedua. Keputusan bahwa model tidak sesuai dugaan juga didukung oleh pengujian parameter regresi secara serentak seperti yang terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Anova Model Orde 1 untuk Respon Keliling Koper

Source	df	SS	MS	F	p
Regression	3	1.544	0.515	0.64	0.613
Error	8	6.473	0.809		
Total	11				

Hasil pengolahan data model orde kedua untuk respon keliling koper dapat dilihat pada Tabel 5. Pendugaan model orde kedua adalah :

$$Y_1 = 213.85 + 0.206 X_1 - 0.147 X_2 + 0.299 X_3 + 0.616 X_1^2 + 0.156 X_2^2 + 0.439 X_3^2 - 0.187 X_1 X_2 + 0.363 X_1 X_3 - 0.038 X_2$$

Dengan cara uji *lack of fit* yang sama pada model orde 1, dari Tabel 5 didapatkan $p\text{-value} > \alpha = 0.05$, sehingga terima H_0 yang berarti model orde kedua untuk respon keliling koper telah sesuai dengan model yang diduga.

Pada pengujian parameter regresi secara serentak digunakan Tabel anova (6) dengan hipotesa sebagai berikut :

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$$

$$H_1 : \text{paling tidak ada satu } \beta_i \neq 0$$

Pada respon keliling koper diperoleh $F_{rasio} = 15.12 > F_{(5\%,9,13)} = 2.714$ atau $p\text{-value} < \alpha = 0.05$, sehingga tolak H_0 yang berarti bahwa variabel-variabel bebas X_i memberikan sumbangan yang cukup berarti terhadap model, maka faktor waktu *air-out*, waktu *air-in*, dan waktu pemanasan berpengaruh pada keliling koper.

Selanjutnya dari Tabel 5 juga dapat dilihat bahwa variabel X_2 , X_2^2 , X_1X_2 , dan X_2X_3 pada respon keliling koper, nilai $p\text{-value} > \alpha$, sehingga secara statistik tidak signifikan atau gagal menolak H_0 . Namun demikian variabel-variabel tersebut tidak dihilangkan, karena variabel-variabel tersebut juga merupakan penyusun dari model, walaupun kecil pengaruhnya, sehingga untuk melihat kontribusi dari masing-masing variabel dapat dilihat pada nilai parameternya.

Nilai R^2 untuk persamaan keliling koper 91.3%, berarti 91.3 % variabilitas data dapat dijelaskan oleh model, sehingga model ini layak digunakan untuk analisa lebih lanjut.

Tabel 5. Pendugaan Parameter Model Orde Dua untuk Respon Keliling Koper

```

MTB > Name c11 = 'FITS2' c12 = 'RESI2' c13 = 'QUAD2'
MTB > RSReg 'Y1' = 'A-out' 'A-in' 'temp';
SUBC> Full;
SUBC> Fits 'FITS2';
SUBC> Residuals 'RESI2';
SUBC> Quadratic 'QUAD2'.

Response Surface Regression
Y1 = 213.85 + 0.206 A-out - 0.147 A-in + 0.299 temp + 0.616
    c11 + 0.156 c22 + 0.439 c33 - 0.187 c12 + 0.363 c13 -
    0.038 c23

Estimated Regression Coefficients for Y1

Term          Coef      Stdev    t-ratio    p
Constant     213.850    0.10225   2091.466   0.000
A-out         0.206     0.08305    2.480     0.028
A-in        -0.147     0.08305   -1.767     0.101
temp          0.299     0.08305    3.594     0.003
A-out*A-out   0.616     0.07699    8.000     0.000
A-in*A-in    0.156     0.07699    2.032     0.063
temp*temp    0.439     0.07699    5.704     0.000
A-out*A-in  -0.187     0.10852   -1.728     0.108
A-out*temp   0.363     0.10852    3.340     0.005
A-in*temp   -0.038     0.10852   -0.346     0.735

s = 0.3069      R-sq = 91.3%      R-sq(adj) = 85.2%

Analysis of Variance for Y1

Source      DF  Seq SS  Adj SS  Adj MS  F  P
Regression  9  12.8239  12.8239  1.42488  15.12 0.000
Linear      3  2.0911  2.0911  0.69704  7.40 0.004
Square     3  9.3890  9.3890  3.12967  33.22 0.000
Interaction 3  1.3438  1.3438  0.44792  4.75 0.019
Residual Error 13  1.2248  1.2248  0.09422
Lack-of-Fit  5  0.3626  0.3626  0.07252  0.67 0.656
Pure Error  8  0.8622  0.8622  0.10778
Total      22  14.0487
    
```

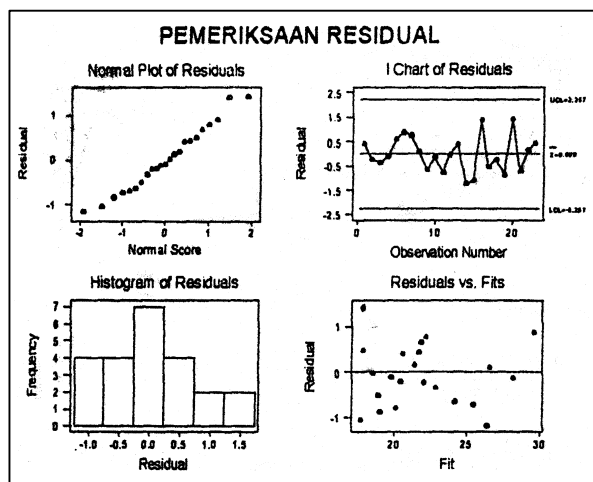
Tabel 6. Anova Model Orde 2 Untuk Respon Keliling Koper

Source	df	SS	MS	F	p
Regression	9	12.824	1.425	15.12	0.000
Error	13	1.225	0.094		
Total	22				

4.1 Pengujian Asumsi Model

Dari model orde kedua yang diperoleh, dilanjutkan dengan pengujian asumsi terhadap residual.

Pemeriksaan asumsi identik dapat dilihat pada lampiran data. Pada plot pemeriksaan residual (Grafik 1) tampak bahwa plot antara e_i dengan Y_i menyebar secara acak dan berada di sekitar nol, berarti varians residual homogen atau residual sudah memenuhi asumsi identik. Kesimpulan ini didukung dengan uji Gletjer. Pada uji Gletjer inipun residual juga memenuhi asumsi identik, hal ini dapat dilihat bahwa regresi antara nilai absolut residual dan semua variabel penjelasnya tidak signifikan.



Grafik 1. Pemeriksaan Residual

Pengujian asumsi independen untuk $n = 23$ nilai ACF-nya terletak antara -0.417 dan 0.417. Pada data analisa pengujian asumsi independen dapat dilihat bahwa semua nilai ACF berada dalam batas, sehingga dapat disimpulkan residual telah memenuhi asumsi independen.

Pemeriksaan asumsi kenormalan dari Grafik 1 pemeriksaan residual terlihat plot normal residual mendekati garis lurus, sehingga dapat dikatakan residual mengikuti distribusi normal. Selain itu didukung dengan uji Lilieforse, karena dari nilai statistik uji $T_{hitung} = 0.112 < T_{tabel} = 0.798$, maka residual telah memenuhi asumsi kenormalan.

4.2 Penentuan Titik Stasioner

Setelah didapatkan model yang sesuai, dilanjutkan dengan penentuan titik stasioner pada variabel X_1 , X_2 , dan X_3 . Dari model orde 2 diperoleh

$$b = \begin{bmatrix} 0.206 \\ -0.147 \\ 0.299 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0.616 & -0.0935 & 0.1815 \\ -0.0935 & 0.156 & -0.019 \\ 0.1815 & -0.019 & 0.439 \end{bmatrix}$$

sehingga titik stasioner yang didapatkan adalah

$$X_0 = \begin{bmatrix} X_{01} \\ X_{02} \\ X_{03} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.0085 \\ 0.4273 \\ -0.3185 \end{bmatrix}$$

Nilai titik stasioner pada nilai sebenarnya adalah $X_1 = 6.3$ sec, $X_2 = 2.6$ sec, dan $X_3 = 62$ sec. Sedangkan nilai taksiran respon pada titik stasioner diperoleh $Y = 213.77$ cm.

4.3 Analisis Kanonik

Bentuk permukaan dan kontur respon dapat dilihat pada Grafik 2, digambarkan dengan cara

mengkonstantakan salah satu variabel pada titik stasionernya. Nilai eigen value dari matrik B adalah $\lambda_i = [0.74309 \quad 0.331297 \quad 0.136613]$

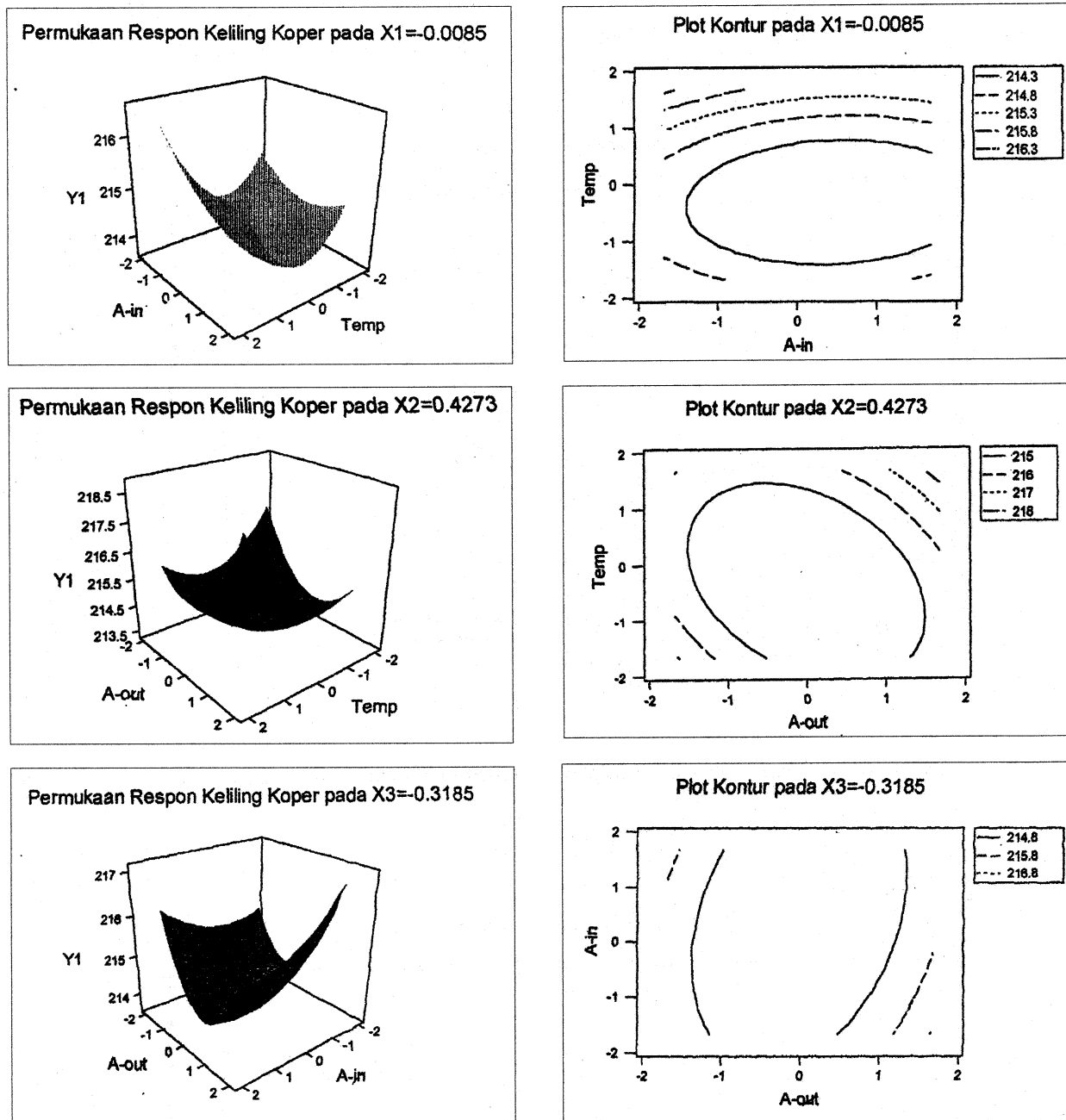
Karena ketiga nilai *eigen value* bernilai positif maka dapat diketahui bahwa X_0 merupakan titik minimum, sehingga bentuk permukaan respon akan minimum.

Untuk menjelaskan bentuk respon di sekitar titik optimum digunakan bentuk kanonik. Dan nilai λ_i di atas dapat dibentuk persamaan kanonik sebagai berikut :

$$Y = 213.77 + 0.743 W_1^2 + 0.331 W_2^2 + 0.137 W_3^2$$

Hubungan antara variabel W_i (*principal axes* dari sistem respon) dan variabel X_i adalah

$$W_1 = 0.8446 X_1 + 0.4899 X_2 + 0.2159 X_3 - 0.0085$$



Grafik 2. Permukaan dan Kontur Respon Keliling Tas Koper

$W_2 = -0.1511 X_1 - 0.1686 X_2 + 0.9740 X_3 + 0.4273$
 $W_3 = 0.5136 X_1 - 0.8553 X_2 - 0.0684 X_3 - 0.3185$
 Nilai mutlak dari ketiga eigen value adalah $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3$. Hal ini menunjukkan bahwa nilai respon sensitif untuk mengalami perubahan terbesar berada pada sumbu W_1 atau untuk W_1 permukaan respon sensitif berubah bentuknya, sedangkan untuk sumbu W_3 memberikan sensitifitas terkecil.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa data dan pembahasan, optimasi parameter operasi mesin Air Slip Forming dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pengaruh variabel-variabel waktu *air-out*, waktu *air-in*, dan waktu pemanasan terhadap keliling koper dapat dirumuskan sebagai berikut:
 $Y_1 = 213.85 + 0.206 X_1 - 0.147 X_2 + 0.299 X_3 + 0.616 X_1^2 + 0.156 X_2^2 + 0.439 X_3^2 - 0.187 X_1 X_2 + 0.363 X_1 X_3 - 0.038 X_2$
 Dengan $X_1 =$ Waktu *air-out*, $X_2 =$ Waktu *air-in*, $X_3 =$ Waktu pemanasan
2. Dari ketiga faktor yang mempengaruhi keliling koper, *air in* mempunyai kontribusi yang terkecil.
3. Kondisi proses yang menghasilkan keliling koper optimum adalah pada saat waktu *air-out* 6.3 sec, waktu *air-in* 2.6 sec, dan waktu pemanasan 62 sec. Selanjutnya dari kondisi proses yang optimum tersebut diperoleh keliling koper minimum adalah 213.77 cm.

Daftar Pustaka

1. Myers, R. H., *Response Surface Methodology*, Virginia Polytechnic Institute and State University, 1976.
2. Herbert R. S., *Source Book of the New Plastic*, Reinhold Publishing Corporation, New York, 1959.
3. Gaspersz, V., *Teknik Analisis dalam Penelitian Percobaan*, Jilid 2, Tarsito, Bandung, 1991.
4. Montgomery D.C., *Design and Analysis of Experiment*, John Willey and Sons., New York, 199 1.
5. Ogorkiewicz, R.M., *Thermoplastics Effect of Processing*, CRC Press, a Division of Chemical Rubber Co. Cleveland, Ohio, 1977.

6. Box, George E.P., Hunter, W. G., Hunter, J. S., *Statistic for Experimenters*, John Willey and Sons Inc., New York, 1978.
7. Baird, R. J., Baird, D. T., *Industrial Plastics*, The Goodheart-Willcox Company Inc., South Holland, Illinois, 1982.

Lampiran :

```

Pengujian Asumsi Identik
MTB > let c21=abs(c19)
MTB > regre c21 9 c1 c2 c3 c22 c23 c24 c25 c26 c27;
SUBC> constant;
SUBC> pure.

Regression Analysis
The regression equation is
c21 = 0.262 - 0.0490 A-out - 0.0468 A-in + 0.0707 temp - 0.0491C22
      - 0.0491 C23 - 0.0457 C24 + 0.0016 C25 - 0.0033 C26 -
      0.0016C27

Predictor      Coef      Stdev      t-ratio      P
Constant      0.26187    0.04796     5.46         0.000
A-out         -0.04904    0.03896    -1.26         0.
A-in          -0.04677    0.03896    -1.20         0.251
temp           0.07066    0.03896     1.81         0.093
C22           -0.04907    0.03611    -1.36         0.197
C23           -0.04907    0.03611    -1.36         0.197
C24           -0.04571    0.03611    -1.27         0.228
C25            0.00162    0.05090     0.03         0.975
C26           -0.00331    0.05090    -0.06         0.949
C27           -0.00161    0.05090    -0.03         0.975

s = 0.1440      R-sq = 47.0%      R-sq(adj) = 10.4%

Analysis of Variance
SOURCE      DF      SS      MS      F      P
Regression   9      0.23928  0.02659  1.28   0.331
Error       13      0.26945  0.02073
Total       22      0.50872

R denotes an obs. with a large st. resid.
Pure error test - F = 0.13 P = 0.9802 DF(pure error) = 8
14 rows with no replicates
    
```

```

Pengujian Asumsi Independen
MTB > acf c19

ACF of Resi
-1.0 -0.8 -0.6 -0.4 -0.2 0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
1  -0.185          XXXXXXX
2   0.112          XXXX
3  -0.099          XXX
4  -0.076          XXX
5  -0.225          XXXXXXXXX
6   0.268          XXXXXXXXX
7  -0.234          XXXXXXXXX
8  -0.110          XXXX
9  -0.066          XXX
10  0.032           XX
11  0.142           XXXXX
12  0.106           XXXX
13 -0.014           X
14 -0.110          XXXX
    
```

```

Pengujian Asumsi Normal
MTB > sort c19 c6
MTB > let k1=mean(c19)
MTB > let k2=stdev(c19)
MTB > cdf c6 c7;
SUBC> normal k1 k2.
MTB > set c8
DATA> 1:23
DATA> end
MTB > let c19=c8/23
MTB > let k3=max(abs(c7-c19))
MTB > prin k3
K3      0.111983
    
```