

PENGARUH KORELASI DALAM OPTIMASI MULTIRESPON METODE TAGUCHI MENGGUNAKAN PCR-TOPSIS

F. Rahmasari

Teknik Mesin, Universitas Jayabaya, Jakarta
fauzhiarahmasari@gmail.com

ABSTRAK: Mengoptimalkan masalah multirespon telah menjadi isu yang semakin relevan ketika lebih dari satu karakteristik kualitas produk harus dinilai secara bersamaan dalam proses manufaktur yang rumit. Taguchi adalah salah satu metode statistik untuk optimasi respon. Namun penyelesaian persoalan multirespon menggunakan metode Taguchi, menyebabkan kombinasi level parameter optimal yang tidak konsisten antar respon dikarenakan tidak semua respon memiliki karakteristik yang sama. Penelitian ini bertujuan untuk optimasi multirespon dari rancangan Taguchi menggunakan metode PCR-TOPSIS. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui hasil optimasi multirespon metode Taguchi menggunakan metode PCR-TOPSIS dengan kondisi respon-responnya mempunyai beberapa nilai, tidak berkorelasi atau independen, korelasi rendah, korelasi sedang, dan korelasi tinggi. Berdasarkan kondisi tersebut, dapat dilihat apakah tingkat korelasi mempengaruhi respon dan menghasilkan kombinasi faktor/level optimal yang sama walaupun tingkat korelasinya berbeda, hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode PCR-TOPSIS konsisten dalam menghasilkan kombinasi faktor/level yang optimal meskipun dalam kondisi memiliki beberapa nilai korelasi. Artinya tingkat korelasi tidak mempengaruhi respon.

Kata Kunci: Kombinasi faktor/level optimal, metode PCR-TOPSIS, metode Taguchi, Optimasi multirespon

ABSTRACT: Optimizing multiple responses problem has become increasingly relevant issue when more than one product quality characteristics must be assessed simultaneously in a complicated manufacturing process. Taguchi is one of the statistical methods for response optimization. However, solving multiple responses problem using Taguchi method causes inconsistent combination of optimal parameter levels between responses because all responses have not same characteristics. This study proposed optimization of multiple responses of Taguchi method using PCR-TOPSIS. The aim of this study is to find out the result of optimization multiple responses of Taguchi method using PCR-TOPSIS in conditions whether there were correlation between responses, uncorrelation, low correlation, medium correlation, and high correlation. Based on that condition, it would be seen whether the level of correlation among responses affecting the result of PCR-TOPSIS, the results showed that PCR-TOPSIS method is consistent in producing optimal factor/level combination although there were correlations among responses. It means that the level of correlation does not affect the responses.

Keywords: optimal factor/level combination, PCR-TOPSIS method, Taguchi method, optimization multi-response

PENDAHULUAN

Perusahaan manufaktur di seluruh dunia dipengaruhi oleh globalisasi dan dipaksa untuk menjadi lebih kompetitif setiap harinya untuk mempertahankan profitabilitas mereka. Implementasi kualitas secara total merupakan prinsip yang diterapkan sebagai salah satu indikator terkuat dari daya saing perusahaan. Kualitas yang bagus adalah jika kombinasi antar parameter prosesnya sesuai. Kombinasi yang optimal diperoleh

dengan cara optimasi. Optimasi didefinisikan sebagai pencarian nilai-nilai variabel yang dianggap optimal, efektif, dan efisien untuk mencapai hasil yang diinginkan.

Metode Taguchi menjadi salah satu metode perancangan percobaan yang sering digunakan, karena pertimbangan keefektifan dan keefisienannya (Balavendram 1995). Metode Taguchi adalah pendekatan efisien yang menggunakan perancangan percobaan untuk menghasilkan kombinasi faktor atau level yang dapat dikendalikan dengan memperbaiki kualitas produk dan

proses dalam waktu yang bersamaan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Metode Taguchi berupaya mencapai sasaran itu dengan menjadikan produk atau proses “tidak sensitif” terhadap berbagai faktor seperti misalnya material, perlengkapan manufaktur, tenaga kerja manusia, dan kondisi-kondisi operasional.

Metode Taguchi menjadikan produk atau proses bersifat kekar (*robust*) terhadap faktor gangguan (*noise*), karenanya metode ini disebut juga sebagai perancangan kekar (*robust design*) (Taguchi 1987). Namun, metode Taguchi hanya dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi respon tunggal. Ketika berhadapan dengan persoalan multirespon, penyelesaian secara parsial untuk masing-masing respon menjadi tidak efektif dan menimbulkan kombinasi level parameter optimal yang tidak konsisten antar respon.

Mengoptimalkan masalah multirespon telah menjadi isu yang semakin relevan ketika lebih dari satu karakteristik kualitas produk yang berkorelasi sehingga harus dinilai secara bersamaan dalam proses manufaktur yang rumit. Metode PCR-TOPSIS didasarkan pada PCR (*Process Capability Ratio*) teori dan *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS). PCR didasarkan pada kemampuan proses rasio teori untuk melihat apakah proses masih dalam batas toleransi yang ditentukan (Liao 2003). TOPSIS didasarkan pada konsep di mana alternatif terpilih yang terbaik tidak hanya memiliki jarak terpendek dari solusi ideal, namun juga memiliki jarak terpanjang dari solusi ideal negatif (Hwang dan Yoon 1981). Kombinasi PCR dengan TOPSIS dapat memperoleh solusi yang terbaik dan dapat menghasilkan solusi yang memuaskan untuk masalah multirespon (Faraz et al. 2009).

Rasio *S/N* dalam Taguchi awalnya digunakan untuk menilai kinerja setiap respon. PCR kemudian dilakukan pada nilai-nilai *S/N*. Akhirnya, kedekatan relatif terhadap solusi ideal yang dihasilkan dari TOPSIS ditentukan sebagai indeks kinerja keseluruhan (*Overall Performance Index/OPI*) untuk multirespon. Metode PCR-TOPSIS merupakan prosedur yang efektif dan sistematis untuk mengoptimalkan masalah multirespon dalam metode Taguchi karena PCR-TOPSIS mampu menyelesaikan masalah antar respon dan mengurangi kompleksitas komputasi. PCR-TOPSIS bertujuan untuk memaksimalkan keuntungan.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui hasil multirespon metode Taguchi menggunakan metode PCR-TOPSIS dalam menghasilkan kombinasi optimal faktor/level yang dikondisikan memiliki tingkat korelasi berbeda serta melihat adakah pengaruh korelasi terhadap respon.

METODE PENELITIAN

Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini sebagian berasal dari penelitian Tong et al. (2005) dan sebagian dari hasil simulasi. Data yang berasal dari penelitian terdiri dari 3 respon dan 5 faktor, dengan masing-masing faktor terdiri dari 3 level. Respon pertama berkarakteristik *larger the better*, respon kedua berkarakteristik *smaller the better*, dan respon ketiga berkarakteristik *larger the better*. Data gabungan harus memenuhi persamaan:

$$Y_1 = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 + \beta_6 x_1^2 + \beta_7 x_2^2 + \beta_8 x_3^2 + \beta_9 x_4^2 + \beta_{10} x_5^2 + e_1 \quad (1)$$

$$Y_2 = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 + \beta_6 x_1^2 + \beta_7 x_2^2 + \beta_8 x_3^2 + \beta_9 x_4^2 + \beta_{10} x_5^2 + e_2 \quad (2)$$

$$Y_3 = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 + \beta_6 x_1^2 + \beta_7 x_2^2 + \beta_8 x_3^2 + \beta_9 x_4^2 + \beta_{10} x_5^2 + e_3 \quad (3)$$

Matriks ortogonal menggunakan matriks pada penelitian Tong et al. (2005). Rancangan matriks ortogonal yang digunakan adalah L_{18} , 18 menyatakan banyaknya percobaan. Untuk parameter ditentukan sedemikian rupa sehingga matriks respon mempunyai korelasi sesuai yang diinginkan. Adapun nilai-nilai parameter untuk setiap tingkat korelasi yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3.

Tabel 1 Nilai Parameter Kategori Tidak Berkorelasi dan Korelasi Sedang

	Y_1	Y_2	Y_3
β_0	0.001	0.001	0.001
β_1	0.002	0.002	0.002
β_2	0.003	0.003	0.003
β_3	0.001	0.001	0.001
β_4	0.002	0.002	0.002
β_5	0.003	0.003	0.003
β_6	0.001	0.001	0.001
β_7	0.002	0.002	0.002
β_8	0.003	0.003	0.003
β_9	0.001	0.001	0.001

Tabel 2 Nilai Parameter Kategori Korelasi Rendah

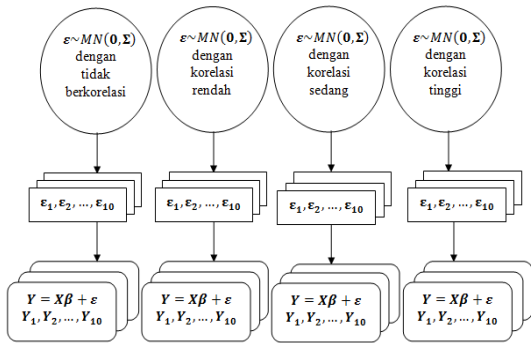
	Y_1	Y_2	Y_3
β_0	0.020	0.020	0.020
β_1	0.030	0.030	0.030
β_2	0.040	0.040	0.040
β_3	0.020	0.020	0.020
β_4	0.030	0.030	0.030

β_5	0.040	0.040	0.040
β_6	0.020	0.020	0.020
β_7	0.030	0.030	0.030
β_8	0.040	0.040	0.040
β_9	0.020	0.020	0.020

Tabel 3 Nilai Parameter Kategori Korelasi Tinggi

	Y_1	Y_2	Y_3
β_0	0.100	0.100	0.100
β_1	0.200	0.200	0.200
β_2	0.300	0.300	0.300
β_3	0.100	0.100	0.100
β_4	0.200	0.200	0.200
β_5	0.300	0.300	0.300
β_6	0.100	0.100	0.100
β_7	0.200	0.200	0.200
β_8	0.300	0.300	0.300
β_9	0.100	0.100	0.100

Sedangkan untuk galat didapatkan dari hasil simulasi. Adapun ilustrasi untuk proses simulasi pembangkitan data dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Ilustrasi Simulasi Pembangkitan Data

Metode Analisis Data

Langkah-langkah dalam menganalisis data:

- 1) Melakukan proses simulasi seperti yang telah diuraikan pada subbab Data.
- 2) Menganalisis data menggunakan metode PCR-TOPSIS untuk setiap ulangan pada setiap kondisi korelasi yang berbeda-beda sebagai metode optimalisasi Taguchi.
 - a. Menghitung rasio SN untuk setiap respon.
 - *Smaller the better*

$$S/N \text{ ratio} = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (4)$$

- *Larger the better*

$$S/N \text{ ratio} = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (5)$$

- b. Menghitung PCR pada rasio SN . PCR untuk setiap ulangan pada setiap kondisi korelasi yang berbeda-beda dapat menggunakan rumus berikut:

$$\frac{SN_{il} - \overline{SN}_l}{3S_{SN_l}} \quad (6)$$

- c. Melakukan TOPSIS untuk memperoleh OPI untuk multirespon. Percobaan yang dilakukan diperlakukan sebagai alternatif dan komponen utama yang dipilih diperlakukan sebagai atribut dan matriks kinerja kualitas terbentuk. Lalu, menentukan matriks kinerja kualitas terbobot, di mana bobot adalah akar ciri yang terkait dengan setiap komponen utama. Selanjutnya, menentukan solusi ideal dan solusi ideal negatif.

$$V^+ = (\max v_{gh} | h \in H) \text{ or } (\min v_{gh} | h \in H') \quad (7)$$

$$= \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_t^+\}$$

$$V^- = (\max v_{gh} | h \in H) \text{ or } (\min v_{gh} | h \in H') \quad (8)$$

$$= \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_t^-\}$$

Kemudian menentukan jarak antara nilai setiap alternatif dengan solusi ideal dan solusi ideal negatif.

$$S_g^+ = \sqrt{\sum_{h=1}^t (v_{gh} - v_h^+)^2} \quad (9)$$

$$S_g^- = \sqrt{\sum_{h=1}^t (v_{gh} - v_h^-)^2} \quad (10)$$

Nilai-nilai OPI untuk setiap percobaan yang dilakukan didapatkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$C_g = \frac{S_g^-}{S_g^+ + S_g^-} \quad (11)$$

- d. Memilih OPI dengan nilai yang paling maksimum pada setiap kondisi korelasi yang berbeda. OPI dengan nilai yang paling maksimum menghasilkan kombinasi optimal faktor/level.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Simulasi Pembangkitan Data

Berikut merupakan hasil korelasi galat yang dibangkitkan dan korelasi respon untuk setiap kategori pada ulangan ke-3.

1. Tidak Berkorelasi

a) Galat	b) Respon
$\begin{bmatrix} 1.000 & 0.139 & -0.005 \\ 0.139 & 1.000 & 0.076 \\ -0.005 & 0.076 & 1.000 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1.000 & 0.134 & -0.010 \\ 0.134 & 1.000 & 0.068 \\ -0.010 & 0.068 & 1.000 \end{bmatrix}$

2. Korelasi Rendah

a) Galat	b) Respon
$\begin{bmatrix} 1.000 & 0.024 & 0.204 \\ 0.024 & 1.000 & 0.244 \\ 0.204 & 0.244 & 1.000 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1.000 & 0.170 & 0.358 \\ 0.170 & 1.000 & 0.308 \\ 0.358 & 0.308 & 1.000 \end{bmatrix}$

3. Korelasi Sedang

a) Galat	b) Respon
$\begin{bmatrix} 1.000 & 0.655 & 0.757 \\ 0.655 & 1.000 & 0.798 \\ 0.757 & 0.798 & 1.000 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1.000 & 0.656 & 0.758 \\ 0.656 & 1.000 & 0.799 \\ 0.758 & 0.799 & 1.000 \end{bmatrix}$

4. Korelasi Tinggi

a) Galat	b) Respon
$\begin{bmatrix} 1.000 & 0.931 & 0.962 \\ 0.931 & 1.000 & 0.977 \\ 0.962 & 0.977 & 1.000 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1.000 & 0.983 & 0.990 \\ 0.983 & 1.000 & 0.994 \\ 0.990 & 0.994 & 1.000 \end{bmatrix}$

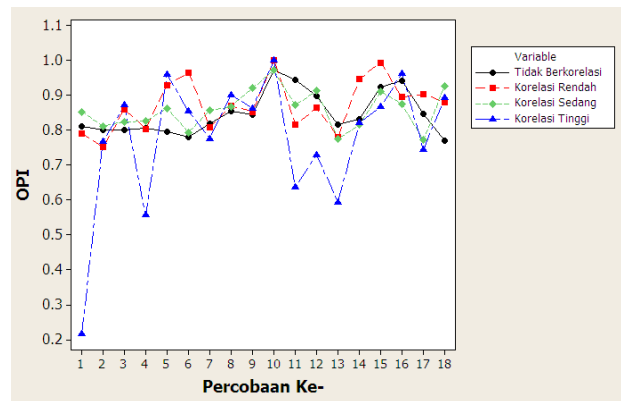
Berdasarkan hasil korelasi galat dan korelasi respon, dapat dilihat bahwa hasil bangkitan galat sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Saat membangkitkan galat dengan tidak berkorelasi didapatkan pula respon yang juga tidak berkorelasi. Saat membangkitkan galat dengan korelasi rendah didapatkan pula respon dengan korelasi rendah. Saat membangkitkan galat dengan korelasi sedang didapatkan pula respon dengan korelasi sedang. Dan saat membangkitkan galat berkorelasi tinggi didapatkan pula respon dengan korelasi tinggi. Hasil respon yang diperoleh telah sesuai dengan yang diinginkan dan selanjutnya respon-respon tersebut dianalisis menggunakan metode PCR-TOPSIS.

Hasil Metode PCR-TOPSIS

Pada penelitian ini, OPI yang paling maksimum untuk kategori tidak berkorelasi bernilai 0.9715 terletak pada percobaan ke-10. Sehingga kombinasi faktor/level yang paling optimal adalah A_1, B_1, C_3, D_3, E_2 yang berarti faktor A level 1, faktor B level 1, faktor C level 3, faktor D level 3, dan faktor E level 2. OPI yang paling maksimum untuk kategori berkorelasi rendah bernilai 1.000 terletak pada percobaan ke-10. Sehingga kombinasi faktor/level yang paling optimal adalah A_1, B_1, C_3, D_3, E_2 yang berarti faktor

A level 1, faktor B level 1, faktor C level 3, faktor D level 3, dan faktor E level 2. OPI yang paling maksimum untuk kategori berkorelasi sedang bernilai 0.9710 terletak pada percobaan ke-10. Sehingga kombinasi faktor/level yang paling optimal adalah A_1, B_1, C_3, D_3, E_2 yang berarti faktor A level 1, faktor B level 1, faktor C level 3, faktor D level 3, dan faktor E level 2. OPI yang paling maksimum untuk kategori berkorelasi tinggi bernilai 1.000 terletak pada percobaan ke-10. Sehingga kombinasi faktor/level yang paling optimal adalah A_1, B_1, C_3, D_3, E_2 yang berarti faktor A level 1, faktor B level 1, faktor C level 3, faktor D level 3, dan faktor E level 2.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat dilihat bahwa metode PCR-TOPSIS konsisten dalam menghasilkan kombinasi faktor/level yang optimal apapun tingkat korelasinya, baik tidak berkorelasi hingga berkorelasi tinggi. Hal ini berarti tingkat korelasi tidak mempengaruhi respon dan tetap menghasilkan kombinasi optimal faktor/level yang sama, kontradiksi dengan penelitian Tong et al. (2005) yang menyatakan bahwa korelasi dapat mempengaruhi respon. Gambar 2 memperlihatkan bahwa nilai OPI yang paling maksimum terdapat pada percobaan ke-10.



Gambar 2 Line Plot Nilai OPI untuk Setiap Percobaan pada Tingkat Korelasi Berbeda

KESIMPULAN

Optimisasi menggunakan PCR-TOPSIS dalam kondisi memiliki berbagai macam variasi korelasi antar respon menunjukkan pola dan solusi optimal yang sama untuk semua kondisi. Oleh karena itu, korelasi antar respon tidak mempengaruhi perhitungan PCR-TOPSIS dalam menghasilkan kombinasi optimal faktor/level.

DAFTAR PUSTAKA

- Balavendram, N. (1995). *Quality by Design*. Great Britain: Prentice Hall International.
- Faraz, A., Biermann, D. and Weinert, K. (2009). Cutting Edge Rounding: An Inovative Tool Wear Criterion in drilling CFRP Composite laminates. *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 49:1185-1196.
- Hwang, C.L. and Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making-Methods and Applications, A State of-the-Art Survey*. New York: Springer-Verlag.
- Liao, H.C. (2003). Using PCR-TOPSIS to Optimize Taguchi's Multi-response. *Int J Adv Manuf Technol* 22:649-655.
- Taguchi, G. (1987). *System of Experimental Design*, Vol. 1 dan 2. New York: Unipub Kraus International Publications.
- Tong, L.I., Wang, C.H. and Chen, H.C. (2005). Optimization of multiple responses using principal component analysis and technique for order preference by similarity to ideal solution. *Int J Adv Manuf Technol* 27:407-414.