

## Pendekatan Desain Eksperimen Taguchi sebagai Metode Optimasi pada Bidang Teknik dan Industri (studi kasus pada proses *bundling* kemasan)

### *Design of Experiment Taguchi as an Optimisation Method in Engineering and Industry*

Giatma Dwijuna Ahadi<sup>1)\*</sup>, Sindi Wahyu Pratiwi<sup>2)</sup>, Devi Putri Isnarwaty<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> [RMIK, Universitas Qamarul Huda Badaruddin Bagu]

<sup>2)</sup> [Departemen Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember]

\*Corresponding Author: [Giatma.dwijunaahadi@gmail.com](mailto:Giatma.dwijunaahadi@gmail.com)

Diterima pada 11 Oktober 2023, Direvisi pada 27 Oktober 2023, Disetujui pada 30 Oktober 2023,  
Diterbitkan daring pada 1 November 2023

**Abstract:** Some companies in Engineering and Industrial sector currently started to do business transformations, especially those that lead to the implementation of industry 4.0. The Design of Experiment (DoE) statistical method can help companies to maintain product quality with more efficient processes and costs. One of the analysis methods to increase the utility or usage value of products from the production process is Taguchi Analysis. The Experiment Design can help companies to solve problems, by knowing the optimal combination of factors in order to minimize the number of defects. The Taguchi method is used to know the combination of robust factors are not affected by the noise factor. In a toothpaste company; production, marketing and distribution of consumption goods, it is known that the majority of defective products are found in the bundling process, so it is necessary to make improvements using the Design of Experiment and Taguchi approach. From the analysis results, there is conclusion from the factor that has the biggest contribution to the response variable (bundling product process) is factor D (airbund pressure) with 33,68% and the interaction factor that gives the biggest contribution to the response variable (bundling product process) is the A\*B factor is 11,12%. The value of  $R^2$  after the interaction gets bigger results that before the interactions, ie 98,81%.

**Keywords:** Design of Experiment, Taguchi Analysis, Bundling Process, Interaction Factor

**Abstrak:** Sejumlah perusahaan dalam sektor Teknik dan Industri saat ini mulai melakukan transformasi bisnis, terutama yang mengarah pada penerapan industri 4.0. Metode statistik Design of Experiment (DoE) dapat membantu perusahaan untuk menjaga mutu/kualitas produk dengan proses dan biaya yang lebih efisien. Salah satu metode atau analisis untuk menjaga mutu dan meningkatkan utilitas produk dari sebuah proses produksi adalah analisis Taguchi. Penggunaan prinsip DoE dapat membantu para ahli untuk menyelesaikan permasalahan produksi dengan mengetahui kombinasi faktor optimal agar dapat meminimalisir jumlah cacat yang terjadi. Penggunaan metode taguchi digunakan untuk mengetahui kombinasi faktor-level yang bersifat robust tak terpengaruh oleh faktor noise. Pada suatu perusahaan pasta gigi kegiatan produksi, pemasaran dan distribusi barang-barang konsumsi, diketahui bahwa mayoritas produk cacat terdapat di proses bundling, sehingga perlu dilakukan perbaikan dengan menggunakan Design of Experiment dan pendekatan Taguchi. Dari hasil analisis

*didapatkan kesimpulan yaitu faktor yang memiliki kontribusi paling besar terhadap variabel respon (proses product bundling) adalah faktor D (Tekanan airblow) dengan 33,68% dan faktor interaksi yang memberikan kontribusi paling besar terhadap variabel respon (proses product bundling) adalah faktor A\*B yaitu 11,12%. R<sup>2</sup> setelah interaksi memperoleh hasil yang lebih besar dari sebelum interaksi yaitu 98,81%.*

**Kata kunci:** *Desain Eksperimen, Analisis Taguchi, Proses Bundling Kemasan, Faktor Interaksi*

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan prinsip *design of experiment* dapat membantu perusahaan untuk menyelesaikan permasalahan yaitu dengan mengetahui kombinasi faktor optimal agar dapat meminimalisir jumlah cacat yang terjadi. *Design of experiment* memiliki kekurangan yaitu jumlah desain tergantung pada jumlah faktor dan levelnya. Desain eksperimen yang dibuat diperlukan untuk melihat setiap kemungkinan kombinasi faktor dan level yang terjadi. Penggunaan metode taguchi digunakan untuk mengetahui kombinasi faktor-level yang bersifat *robust* tak terpengaruh oleh faktor *noise* [1]. Dengan penggunaan metode Taguchi, perusahaan dapat mengetahui faktor-faktor kendali yang dapat di kontrol untuk mengetahui kombinasi faktor-faktor yang menghasilkan performa optimal serta meminimalisir terjadinya cacat *product collapse*.

Produksi yang stabil merupakan faktor penting untuk menjaga kualitas suatu produk yang dihasilkan. Analisis taguchi dapat digunakan untuk meningkatkan utilitas dari sebuah proses produksi. Analisis taguchi adalah metode yang berprinsip untuk meningkatkan mutu/kualitas dengan meminimalkan pengaruh dari penyebab variasi perubahan tanpa menghilangkan penyebabnya sendiri. Faktor *noise* disebut sebagai penyebab suatu variasi perubahan [2]. Menurut Taguchi, tujuan pertama untuk meningkatkan kualitas adalah mencapai distribusi yang terdekat dengan nilai target. Untuk mencapai tujuan tersebut dengan merancang eksperimen menggunakan tabel yang dibuat secara khusus yang dikenal sebagai *orthogonal arrays* (OA). Penggunaan tabel ini membuat desain eksperimen

menjadi sangat mudah. Tujuan kedua dari pembuatan produk agar sesuai dengan ideal adalah untuk mengurangi variasi atau penyebaran di sekitar target. Untuk mencapai tujuan tersebut, Taguchi menggabungkan cara unik untuk menangani *noise factor*. *Noise factor* adalah faktor-faktor yang mempengaruhi respon suatu proses tetapi tidak dapat dikendalikan secara ekonomis. Hasil akhirnya adalah mendapatkan "*robust*" *design* yang terpengaruh secara minimal oleh *noise*, dengan nilai *signal-to-noise* (S/N) yang tinggi [3].

Puliyarti dan Birru (2018) [4] dalam jurnalnya yang berjudul "*Optimization of green sand mould system using taguchi based grey relational analysis*" melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh parameter proses yaitu jumlah kehalusan butir AFS, air, dll terhadap sifat cetakan yang dihasilkan, yang selanjutnya diselidiki dan dioptimasi menggunakan *grey relational analysis* berbasis Taguchi *Orthogonal Array* L18 dengan kesimpulan yang didapatkan adalah kadar air adalah parameter yang paling berpengaruh diikuti oleh kadar bentonite. Mohamed, A. A, dkk, 2012 [5] dalam jurnalnya yang berjudul *Experimental Optimization In Polymer BLEND Composite Preparation Based On Mix Level of Taguchi Robust Design* melakukan penelitian komposit polimer campuran, didapatkan dimana ukuran *filler*, waktu pencampuran bola pengisian *filler* dan konsentrasi bahan pendispersi dipilih sebagai parameter atau faktor yang diperkirakan mempengaruhi sifat komposit. Didapatkan hasil bahwa *filler* loading merupakan parameter yang paling berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan serapan neutron sedangkan pengaruh yang paling kecil adalah waktu pen-campuran bola.

Dalam Sebuah perusahaan pasta gigi yang masuk dalam kategori industri *Fast Moving Consumer Goods* (FCMG) memiliki kegiatan usaha untuk melakukan produksi, pemasaran dan distribusi barang-barang konsumsi. Menurut Kepala Bagian *Production Engineering* perusahaan pasta gigi, *product collapse* adalah mayoritas cacat yang terjadi pada produk pasta gigi PSD 225 gram. *Product collapse* merupakan suatu cacat yang terjadi pada bagian proses *wrapping* yang berupa kegagalan film plastik pembungkus untuk membungkus produk *bundle* dengan sempurna. *Product collapse* terjadi dikarenakan proses pembentukan *product bundling* yang sulit akibat produk pasta gigi PSD 225 gram memiliki dimensi karton yang besar. Dimensi karton untuk produk pasta gigi PSD 225 gram membutuhkan ukuran dimensi film plastik pembungkus yang besar, sehingga semakin sulit untuk menstabilkan posisi film plastik pembungkus dengan benar. Karena hal ini perlu menjaga kestabilan dalam proses pemasangan film plastik pembungkus pada produk *bundle* (Sasando A, 2017) [6]. Untuk mencapai target kualitas dan mempertahankan *image brand* produk perlu dilakukan sebuah perbaikan dengan menggunakan desain eksperimen dan metode taguchi.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Metode Taguchi

Optimalisasi Taguchi menggunakan perhitungan statistika sederhana yang dapat mereduksi jumlah percobaan dari total kombinasi yang tersedia. Taguchi menggunakan *Orthogonal Arrays* (OA) khusus untuk menyusun eksperimennya (Roy, 2010) [3]. Tata nama Array adalah sebagai berikut [7].

$$L_a(b^c) \tag{1}$$

Keterangan :

L = Latin square

a = number of rows

b = number of levels

c = number of columns (factors)

*Degrees of freedom* dengan OA = a – 1

Beberapa ortogonal array standar tercantum dalam Tabel berikut (9).

**Tabel 1** Standar Orthogonal Array

2 Level Series	3 Level Series	4 Level Series	Mixed Level Series
$L_4(2^3)$	$L_9(3^4)$	$L_{15}(4^5)$	$L_{18}(2^1, 3^7)$
$L_8(2^7)$	$L_{27}(3^{13})$	$L_{64}(4^{21})$	$L_{36}(2^{11}, 3^{12})$
$L_{16}(2^{15})$	$L_{81}(3^{40})$		
$L_{32}(2^{31})$			
$L_{12}(2^{11})$			

Ketika dalam suatu desain eksperimen hanya terdapat faktor-faktor utama saja, maka faktor-faktor tersebut dapat ditetapkan dalam urutan apapun untuk setiap kolom OA. Tetapi jika dalam suatu desain eksperimen terdapat faktor utama dan beberapa interaksi, untuk membuat OA harus mengikuti prosedur tertentu. Taguchi telah menyediakan dua alat berikut untuk memfasilitasi penetapan faktor dan interaksi ke kolom OA yaitu dengan tabel interaksi dan Grafik Linear (Allen, 2019) [7].

### 2.2 Anaylsis of Variance (ANOVA)

Desain Taguchi untuk faktorial parsial didasarkan pada susunan *Orthogonal Array* (OA) yang dikembangkan secara khusus. Karena eksperimen parsial hanya merupakan kumpulan kombinasi faktorial lengkap yang dipilih, analisis eksperimen parsial harus menyertakan analisis kepercayaan untuk memenuhi syarat hasil yaitu dengan menggunakan uji ANOVA [9] (Walpole et al, 2011).

Tabel 2. ANOVA

Source	Sum of Squares	DF	MS	F
Faktor A	$SS_A$	$v_A$	$MS_A = \frac{SS_A}{v_A}$	$F_A = \frac{MS_A}{MS_E}$
Faktor B	$SS_B$	$v_B$	$MS_B = \frac{SS_B}{v_B}$	$F_B = \frac{MS_B}{MS_E}$
Faktor A*B (interaksi)	$SS_{A*B}$	$v_{AB}$	$MS_{A*B} = \frac{SS_{A*B}}{v_{AB}}$	$F_{AB} = \frac{MS_{A*B}}{MS_E}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Error	$SS_E$	$v_E$	$MS_E = \frac{SS_E}{v_E}$	
Total	$SS_{Tot}$	$v_{Tot}$		

Keterangan :

$$v = DF$$

$$SS_{FaktorA} = \left[ \sum_{i=1}^{k_A} \left( \frac{A_i^2}{n_{A_i}} \right) \right] - \frac{T^2}{N}$$

⋮

$$SS_{FaktorA*B} = \sum_{i=1}^N Y_i - \sum_{i=1}^{k_A} \left( \frac{A_i^2}{n_{A_i}} \right) - \sum_{i=1}^{k_B} \left( \frac{B_i^2}{n_{B_i}} \right) + \frac{T^2}{N}$$

⋮

$$SS_{Total} = \sum_{i=1}^N Y_i - \frac{T^2}{N}$$

$$SS_{Error} = SS_{Total} - SS_{FaktorA} - SS_{FaktorB} - \dots - SS_{FaktorA*B} - \dots$$

$$v_A = k_A - 1 \quad (\text{derajat bebas faktor A}),$$

$k_A$  = banyaknya level faktor A

⋮

$$v_B = k_B - 1 \quad (\text{derajat bebas faktor B}),$$

$k_B$  = banyaknya level faktor B

⋮

$$v_{AB} = (k_A - 1) \times (k_B - 1)$$

⋮

$$v_{Total} = N - 1$$

$$v_{Error} = v_{Total} - v_A - v_B - \dots - v_{AB} - \dots - v_{BE}$$

### 2.3 Sumber Data

Data dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diambil dari tugas akhir Alfonsus Sasando N. K. (2017) dengan judul Penerapan Six Sigma Pada Perbaikan Kualitas Produk Pasta Gigi. Data dalam penelitian ini menggunakan enam faktor kontrol, masing – masing faktor kontrol tersebut memiliki level tersendiri.

Tabel 3. Faktor Kontrol (variabel)

Faktor	Level	Level			
		1	2	3	Satuan
Tebal Film	A	21	25	-	Micron
Beda potensial	B	0,5	1,5	-	kV
Ukuran gap Timing-Green Belt	C	27	30	35	Micron
Tekanan udara <i>airblow</i>	D	0,2	0,5	0,9	Bar
Temperatur <i>sealer</i>	E	130	140	150	C
Lebar film	F	340	360	380	Mm

### 2.4 Langkah-langkah Analisis

Langkah-langka analisis metode Taguchi adalah sebagai berikut :

1. Identifikasi karakteristik kualitas. Karakteristik kualitas yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *smaller is better*, yang berarti bahwa berkurangnya jumlah cacat pada *process product bundling* maka mutunya akan semakin baik.
2. Penentuan variabel respon, faktor kontrol dan interaksinya. Terdapat 1 variabel respon, 6 faktor kontrol. Penentuan letak interaksi menggunakan *table of interaction* (Allen, 2019).
3. Penentuan *setting* level faktor  
Faktor kontrol memiliki 2 macam level yang terbentuk, yaitu faktor A dan B terdiri dari 2 level, sedangkan faktor C, D,

- E, dan F terdiri dari 3 level.
4. Pemilihan *orthogonal array* tergantung pada levelnya dari setiap faktor dan desain yang tersedia. Matriks *orthogonal array* yang digunakan adalah  $L_{36}(2^2 \times 3^4)$ .
  5. Melakukan eksperimen berdasarkan susunan *orthogonal*, yaitu menghitung *S/N Ratio* dan *mean effect*.
  6. Analisis hasil eksperimen menggunakan ANOVA (*Analysis of Variance*). Eksperimen dilakukan Kembali dengan melibatkan efek interaksi [10].
  7. Mendapatkan nilai optimum dengan menggunakan rancangan level optimum yang telah diperoleh pada langkah sebelumnya.
  8. Membuat kesimpulan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini akan diukur nilai optimum untuk variabel respon proses *product bundling* pada mesin *wrapping* untuk kemasan pasta gigi. Pada eksperimen akan digunakan 6 faktor kontrol dengan *mixed level*. Berdasarkan faktor dan level yang digunakan maka ditentukan *orthogonal array*  $L_{36}(2^2 \times 3^4)$ . Eksperimen akan dilakukan replikasi sebanyak lima kali. Hasil dari eksperimen dijelaskan dalam tabel berikut :

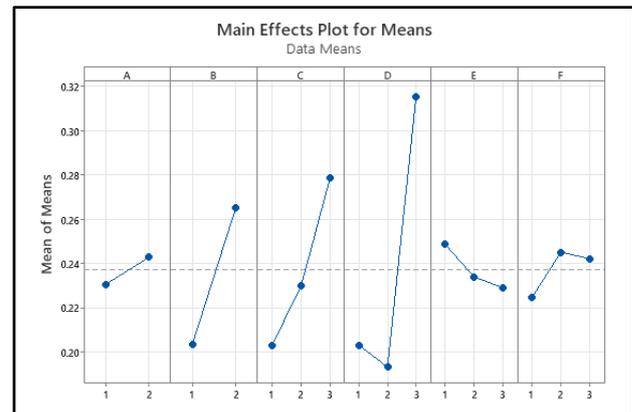
Tabel 4. Nilai Eksperimen Variabel Respon

No	Jumlah Cacat/100				
	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Rep 5
1	0.08	0.12	0.11	0.1	0.09
2	0.03	0.03	0.05	0.05	0.04
3	0.35	0.37	0.29	0.37	0.36
4	0.07	0.09	0.09	0.09	0.1
5	0.04	0.05	0.05	0.04	0.06
6	0.33	0.33	0.4	0.38	0.39
7	0.1	0.13	0.14	0.12	0.16
8	0.05	0.08	0.06	0.07	0.08
9	0.25	0.32	0.31	0.27	0.29
10	0.16	0.17	0.16	0.17	0.18
11	0.24	0.26	0.24	0.22	0.25
12	0.44	0.46	0.45	0.48	0.41
13	0.17	0.23	0.19	0.19	0.2
14	0.34	0.32	0.41	0.38	0.37

15	0.25	0.3	0.27	0.28	0.29
16	0.19	0.22	0.2	0.21	0.25
17	0.39	0.36	0.36	0.39	0.4
18	0.18	0.17	0.2	0.21	0.18
19	0.17	0.17	0.18	0.16	0.19
20	0.25	0.27	0.25	0.26	0.28
21	0.22	0.25	0.24	0.25	0.25
22	0.19	0.19	0.2	0.17	0.15
23	0.33	0.27	0.29	0.26	0.29
24	0.22	0.3	0.28	0.23	0.25
25	0.24	0.21	0.26	0.23	0.24
26	0.25	0.25	0.28	0.21	0.22
27	0.2	0.21	0.16	0.19	0.21
28	0.27	0.25	0.29	0.28	0.27
29	0.25	0.24	0.22	0.2	0.22
30	0.27	0.26	0.25	0.29	0.24
31	0.26	0.25	0.27	0.29	0.25
32	0.17	0.16	0.2	0.18	0.16
33	0.27	0.28	0.31	0.33	0.3
34	0.33	0.34	0.28	0.29	0.3
35	0.22	0.25	0.26	0.23	0.23
36	0.25	0.24	0.23	0.26	0.29

#### 3.1 Analisis Taguchi

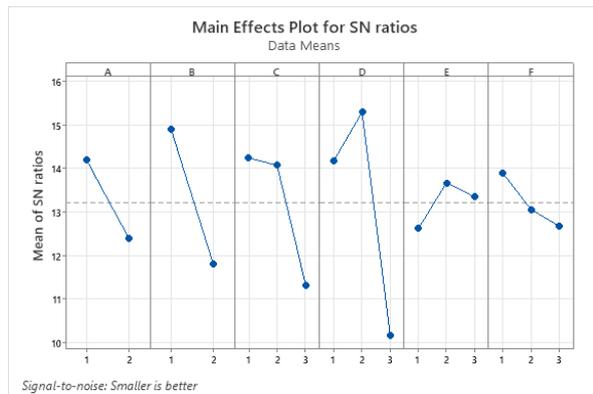
Perhitungan *main effect means* dilakukan berdasarkan karakteristik kualitas *smaller is better*. Pemilihan faktor dan level yang optimum dijelaskan pada grafik berikut.



Gambar 1. Main Effect

Titik terendah untuk setiap faktor merupakan nilai level yang optimum. Level optimum pada setiap faktor dapat dijelaskan dengan perhitungan *main effect* S/N rasio. Perhitungan *main effect* dilakukan berdasarkan karakteristik kualitas *smaller is better*. Berikut adalah grafik yang dihasilkan

dengan bantuan Minitab :



Gambar 2. Grafik S/N ratio

Gambar 2, menunjukkan titik level untuk proses *product bundling* berdasarkan semua faktor dan level. Titik tertinggi pada grafik *main effect* S/N rasio merupakan level yang optimum untuk setiap faktor. Berdasarkan grafik *main effect* S/N rasio diketahui bahwa level faktor yang optimum dalam proses *product bundling* adalah tebal film 21 mikron, beda potensial 0,5 kV, ukuran *gap timing-green belt* 27 mikron, tekanan *airblow* 0,5 bar, temperature *sealer* 140 °C dan lebar film 340 mm.

### 3.2 ANOVA

Analisis Varians (ANOVA) dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon. Berikut adalah hasil dengan bantuan minitab (Tabel 5).

Tabel 5. Uji ANOVA

Source	DF	SS	MS	F	P-Value	Contribution
A	1	26.501	36.755	5.47	0.029	4.98%
B	1	88.456	88.456	13.17	0.001	16.63%
C	2	59.109	43.971	6.55	0.006	11.11%
D	2	179.150	96.320	14.34	0.000	33.68%
E	2	9.525	5.120	0.76	0.479	1.79%
F	2	21.432	10.716	1.60	0.225	4.03%
Error	22	147.788	6.718			27.78%
Total	32	531.962				100.00%

Berdasarkan Tabel 5 diperoleh bahwa faktor A, B, C dan E memiliki nilai *p-value* (0,029; 0,001; 0,006 dan 0,000 yang lebih kecil dari  $\alpha = 0,05$  sehingga faktor tebal film, beda potensial, ukuran *gap timing-green belt*, tekanan udara *airblow* signifikan berpengaruh terhadap variabel respon, sedangkan nilai *p-value* dari faktor E dan F adalah 0,479 dan 0,225 maka dapat disimpulkan bahwa temperature *sealer* dan lebar film tidak signifikan berpengaruh terhadap variabel respon. Pada tabel 3.4 diketahui bahwa faktor yang memberikan kontribusi paling besar terhadap variabel respon (proses *product bundling*) adalah faktor D (tekanan *airblow*) dengan persen kontribusi sebesar 33,68%. Nilai  $R^2$  sebesar 72,2% yang artinya faktor A, B, C, D, E dan F dapat menjelaskan variabel respon sebesar 72,2%.

### 3.3 Efek Interaksi

Kemudian eksperimen akan dilakukan kembali dengan melibatkan interaksi antar faktor. Penggunaan software Minitab dilakukan agar memudahkan perhitungan. Interaksi antara dua faktor berarti efek satu faktor tergantung level faktor lain .

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 6 diketahui bahwa terdapat interaksi antara faktor A\*B, faktor A\*C, faktor A\*D, faktor A\*E, faktor A\*F, faktor B\*C, faktor B\*D dan faktor B\*E. Namun diantara beberapa interaksi tersebut yang signifikan terhadap variabel respon adalah faktor A\*B karena nilai *p-value* faktor A\*B adalah 0,000 yang mana lebih kecil dari  $\alpha = 0,05$ . Setelah dilakukan interaksi antar faktor menyebabkan faktor C yang semula signifikan menjadi tidak signifikan terhadap respon. Hal ini disebabkan karena antara interaksi menyebabkan sistem tidak *robust* yang mana sistem menjadi sangat sensitif terhadap perubahan pada suatu faktor.

Tabel 6. Uji ANOVA dengan Interaksi

Source	DF	SS	MS	F	P-Value	Contribution
A	1	26.501	47.331	52.19	0.000	4.98%
B	1	88.456	104.072	114.75	0.000	16.63%
C	2	59.109	2.538	2.80	0.128	11.11%
D	2	179.150	14.326	15.80	0.003	33.68%
E	2	9.525	1.685	1.86	0.225	1.79%
F	2	21.432	4.217	4.65	0.052	4.03%
A*B	1	59.167	59.167	65.24	0.000	11.12%
A*C	2	23.132	2.567	2.83	0.126	4.35%
A*D	2	12.007	0.161	0.18	0.841	2.26%
A*E	2	9.864	1.506	1.66	0.257	1.85%
A*F	2	25.666	0.135	0.15	0.865	4.82%
B*C	2	6.433	0.942	1.04	0.403	1.21%
B*D	2	4.976	1.928	2.13	0.190	0.94%
B*E	2	0.194	0.097	0.11	0.900	0.04%
Error	7	6.349	0.907			1.19%
Total	32	531.962				100.00%

Berdasarkan perhitungan persen kontribusi dapat dilihat bahwa faktor D memberikan kontribusi terbesar terhadap variabel respon (proses *product bundling*) yaitu sebesar 33,68%, selanjutnya faktor B sebesar 16,63%, lalu persen kontribusi

terbesar ketiga yaitu faktor interaksi A\*B yaitu sebesar 11,12%, faktor C sebesar 11,11% dan yang memiliki persen kontribusi terkecil yaitu faktor interaksi B\*E yaitu sebesar 0,04%. Setelah dilakukan interaksi nilai  $R^2$  menjadi lebih besar yaitu 98,81% yang artinya faktor A, B, C, D, E, F dan penambahan faktor interaksi dapat menjelaskan variabel respon sebesar 98,81%.

#### 4. KESIMPULAN

Karakteristik kualitas yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *smaller the better*. Terdapat 1 variabel respon dan 6 faktor kontrol serta terdapat faktor interaksi. Faktor kontrol terdiri dari *mixed level* yaitu faktor A dan B terdiri dari 2 level, sedangkan faktor C, D, E, dan F terdiri dari 3 level. Matriks *orthogonal array* yang digunakan adalah  $L_{36}(2^2 \times 3^4)$ .

Berdasarkan grafik *main effect* S/N rasio diketahui bahwa level faktor yang optimum dalam proses *product bundling* adalah tebal film 21 mikron, beda potensial 0,5 kV, ukuran *gap timing-green belt* 27 mikron, tekanan *airblow* 0,5 bar, temperature *sealer* 140 C dan lebar film 340 mm.

Setelah dilakukan penambahan interaksi, faktor yang memiliki kontribusi paling besar terhadap variabel respon (proses *product bundling*) adalah faktor D (Tekanan *airblow*) dengan 33,68% dan faktor interaksi yang memberikan kontribusi paling besar terhadap variabel respon (proses *product bundling*) adalah faktor A\*B yaitu 11,12%. Nilai koefisien determinansi atau  $R^2$  setelah interaksi menghasilkan nilai yang lebih besar dari sebelum interaksi yaitu 98,81%. Pada penelitian selanjutnya dapat

dilakukan pengendalian secara *on-line* dengan menggunakan metode *Statistical Process Control*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. H. Park and J. Antony, *Robust Design for Quality Engineering and Six Sigma*, London: Word Scientific Publishing, Co, Pte, Ltd, 2008.
- [2] B. Harahap, T. Hernawati and A. R. Hasibuan, "Analisa Mutu Minyak Kelapa Sawit dengan Metode Taguchi," vol. 13, 2018.
- [3] R. K. Roy, *A Primer on the Taguchi Method*, 2nd ed., United States of America: Society of Manufacturing Engineers, 2010.
- [4] S. R. Puliarty and A. K. Birru, "Optimization of green sand mould system using taguchi based grey relational analysis.," 2018.
- [5] A. A. Mohamed, Y. Hafizal, A. Sahrim and dkk, "Experimental Optimization In Polymer BLEND Composite Preparation Based on Mix Level of Taguchi Robust Design," 2012.
- [6] A. Sasando, *Penerapan Six Sigma pada Perbaikan Kualitas Produk Pasta Gigi menggunakan Design Of Experiment Metode Taguchi (Studi Kasus PT XYZ)*, Surabaya: ITS, 2017.
- [7] T. T. Allen, *Introduction to Engineering Statistics and Lean Six Sigma*, 3 ed., London: Springer, 2019.
- [8] K. K. and S. P., *Applied Design of Experiment and Taguchi Methods*, New Delhi: PHI Learning Private Limited, 2012.
- [9] R. E. Walpole, R. H. Myers, S. L. Myers and K. Ye, 2011, *United State of America: Prentice Hall., Probability and Statistics for Engineers and Scientists* (9th ed.).
- [10] A. Sutoni and W. Setyawan , "Penerapan Metode Taguchi Dalam Interaksi Komposiss Batako Press terhadap Kualitas Daya Serap dan Daya Tekan Batako," *Jurnal Telematika*, 2018.
- [11] Ibnu, "Otomasi Industri: Pengertian, Jenis, dan Tips Menerapkannya," 30 April 2021. [Online]. Available: <https://accurate.id/bisnis-ukm/otomasi-industri/>. [Accessed 29 Maret 2022].
- [12] K. Siregar and Shelvira, "Analisis Desain Eksperimen Pengaruh Volume Pelarut Heksana, Volume," *TALENTA Conference Series: Energy and Engineering (EE)*, vol. 4, no. 1, 2021.
- [13] D. P. Andriani, U. Setiaji and M. Habriantama, "Optimasi Parameter Ketahanan Luntur Batik terhadap Keringat dengan Desain Eksperimen Taguchi. , Vol.36 No.1 Hal.81-94 (2019)," vol. 36, 2019.