

**Jurnal Politeknik Caltex Riau**<https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/elementer>

| ISSN : 2460 – 5263 (online) | ISSN : 2443 – 4167 (print)

## Analisis Daya Tekan dan Daya Serap Pada Batako Menggunakan Pendekatan *Grey Relational Analysis* dan *Principal Component Analysis*

**Shinta Yuliana<sup>1</sup>, Ferra Yanuar<sup>2</sup> dan Dodi Devianto<sup>3</sup>**<sup>1,2,3</sup>Universitas Andalas, Departemen Matematika dan Sains Data, email: sshintayuliana@gmail.com

### [1] Abstrak

Pembangunan konstruksi gedung dan perumahan di kota-kota besar berkembang sangat pesat. Hal ini mengakibatkan kebutuhan bahan bangunan juga meningkat dengan pesat. Salah satu bahan bangunan yang sering digunakan dalam konstruksi gedung dan perumahan adalah batako. Batako merupakan bahan bangunan berupa bata cetak alternatif pengganti batu bata yang tersusun dari kapur, pasir dan air. Dalam penelitian ini digunakan desain eksperimen metode Taguchi dengan 5 faktor dan masing-masing terdiri dari 2 level. Penelitian ini mempunyai dua variabel respon yaitu daya tekan dan daya serap dan data di analisis menggunakan pendekatan *Grey Relational Analysis* dan *Principal Component Analysis*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas batako adalah lama pengeringan. Sedangkan rancangan kombinasi optimal yang diusulkan berdasarkan hasil penelitian dengan faktor dan level terpilih yaitu  $A_1$  (Lama adukan 6 Menit),  $B_2$  (Tekanan 120 Kg/cm<sup>2</sup>),  $C_2$  (Air 0.14 Liter),  $D_1$  (Lama pengeringan 4 hari), dan  $E_2$  (Komposisi antara kapur dan pasir yaitu 0.25:1.85).

**Kata kunci:** *grey relational analysis, principal component analysis, batako, multirespon*

### [2] Abstract

Construction of buildings and housing in big cities is growing very rapidly. This resulted in the need for building materials also increased rapidly. One of the building materials that is often used in the construction of buildings and housing is brick. Brick is a building material in the form of printed bricks as an alternative to bricks composed of lime, sand and water. In this study, the Taguchi method experimental design was used with 5 factors and each consisting of 2 levels. This study has two response variables, namely compressive strength and absorption capacity and the data is analyzed using the approach of *Gray Relational Analysis* and *Principal Component Analysis*. The results showed that the factors that affect the quality characteristics of the bricks are drying time. While the optimal combination design proposed based on the results of the study with selected factors and levels, namely  $A_1$  (Stirring time 6 minutes),  $B_2$  (Pressure 120 Kg/cm<sup>2</sup>),  $C_2$  (Water 0.14 Liter),  $D_1$  (Drying time 4 days), and  $E_2$  (The composition between lime and sand is 0.25: 1.85).

**Keywords:** *grey relational analysis, principal component analysis, concrete brick, multiresponse*

## 1. Pendahuluan

Pembangunan konstruksi gedung dan perumahan di kota-kota besar berkembang sangat pesat. Hal ini mengakibatkan kebutuhan bahan bangunan juga meningkat dengan pesat. Peningkatan kebutuhan bahan bangunan juga harus diiringi dengan meningkatnya kualitas dari bahan bangunan tersebut. Salah satu bahan bangunan yang sering digunakan dalam konstruksi gedung dan perumahan adalah batako. Batako sudah umum digunakan oleh masyarakat sebagai bahan bangunan.

Batako merupakan bahan bangunan yang berupa batu cetak alternatif pengganti batu bata yang tersusun dari komposisi antara kapur, pasir dan air [1]. Batako digunakan untuk dinding bangunan nonstruktural, sehingga dinding harus mampu menahan gaya, jika tidak mampu maka akan terjadi pergeseran yang akan mengakibatkan gangguan pada batako. Gangguan ini dapat berakibat pada kegagalan struktural jika batako berkualitas rendah. Batako yang berkualitas tinggi adalah batako yang memiliki daya tekan maksimum dan daya serap yang minimum. Untuk mendapatkan batako yang berkualitas tinggi dilakukan penelitian mengenai proses pembuatan batako dengan komposisi tertentu.

Kualitas dari batako harus disesuaikan dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang telah ditentukan. Karena banyaknya persaingan diantara pabrik-pabrik pembuat batako maka setiap pabrik harus mempertahankan kualitas dari batako demi kepuasan konsumen. Kualitas batako dapat dipertahankan dan diperbaiki dengan pengendalian kualitas yang tepat. Pengendalian kualitas yang digunakan adalah secara *off-line quality control* yaitu dilakukan pada tahap awal sebelum proses produksi berlangsung. Keunggulan pengendalian kualitas ini dapat memungkinkan peneliti untuk melakukan perbaikan sedini mungkin sebelum proses produksi dilakukan sehingga akan lebih efisien dan ekonomis dalam segi biaya. Salah satu metode pengendalian kualitas secara *off-line quality control* adalah metode yang diusulkan oleh Dr. Genichi Taguchi yang dikenal sebagai metode Taguchi. Metode Taguchi digunakan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses, mengoptimalkan rancangan produk dan proses serta dapat menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin [1].

Pada umumnya, metode Taguchi digunakan untuk optimasi respon tunggal, sedangkan untuk optimasi multirespon masih terus dikembangkan dengan beberapa metode. Salah satu metode yang telah dikembangkan untuk kasus multirespon adalah fungsi desirabiliti oleh penelitian Derringer dan Suich [2]. Metode ini menggunakan perhitungan yang rumit dan kurang efisien sehingga perlu dikembangkan dengan metode yang lebih efisien dalam menyelesaikan masalah yang lebih kompleks yaitu dengan pendekatan *Grey Relational Analysis* dan *Principal Component Analysis*. Melalui pendekatan *Grey Relational Analysis* akan diperoleh nilai *grey relational grade* (GRG) untuk mengevaluasi respon yang jumlahnya banyak sehingga didapatkan optimasi dari satu nilai GRG [3]. Sedangkan *Principal Component Analysis* digunakan untuk menaksir nilai pembobot yang sesuai sehingga diperoleh karakteristik yang dapat dijelaskan secara tepat dan objektif [3].

Penelitian yang telah dilakukan oleh Sutoni [4] dengan dua respon menggunakan metode Taguchi sehingga hasil yang diperoleh berupa rancangan optimal per-respon. Jozic [5] dengan kasus multirespon menggunakan metode Taguchi dan *Grey Relational Analysis*. Selanjutnya, Sutono [6] meneliti kasus multirespon dengan kombinasi metode Taguchi dan *Grey Relational Analysis*. Penelitian ini melanjutkan penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh Yuliana [1] dimana pada penelitian tersebut menggunakan metode Taguchi dengan satu respon yaitu daya tekan batako. Sedangkan penelitian ini, meneliti kasus multirespon menggunakan metode Taguchi dengan pendekatan *Grey Relational Analysis* dan *Principal Component Analysis*. Pendekatan *Grey Relational Analysis* untuk mengubah multirespon menjadi satu respon dan *Principal Component Analysis* untuk menaksir pembobotan.

Pada penelitian ini, yang akan diteliti adalah daya tekan dan daya serap pada batako. Semakin besar daya tekan yang dihasilkan maka semakin bagus ketahanan dari batako tersebut. Sedangkan untuk daya serap, semakin kecil daya serap yang dihasilkan maka semakin bagus ketahanannya. Oleh karena itu, untuk menghasilkan batako yang berkualitas tinggi harus memiliki daya tekan maksimum dan daya serap minimum.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Metode Taguchi

Metode Taguchi pertama kali dicetuskan oleh Dr. Genichi Taguchi pada tahun 1949. Metode Taguchi disebut juga sebagai desain *robust* [7]. Metode Taguchi merupakan suatu metode pengendalian kualitas sebelum proses berlangsung (*off-line quality control*) yang sangat efektif dalam meningkatkan kualitas produk dan dapat mengurangi biaya seminimal mungkin. Rekayasa kualitas yang diusulkan Taguchi bertujuan untuk performansi produk sehingga tidak sensitif terhadap faktor yang tidak dapat dikendalikan.

#### 2.1.1 Matriks *Orthogonal*

Matriks *Orthogonal* disebut juga dengan *orthogonal array* (OA). Matriks *orthogonal* merupakan matriks faktor dan level yang disusun sedemikian rupa sehingga pengaruh suatu faktor dan level tidak berbaur dengan faktor dan level lainnya. Bagian terpenting dari matriks *orthogonal* terletak pada pemilihan kombinasi level dari variabel-variabel input untuk masing-masing eksperimen [7]. Penggunaan matriks *orthogonal* dalam metode Taguchi yaitu mampu mereduksi jumlah eksperimen secara signifikan dan dapat mempelajari sejumlah besar variabel dengan melakukan sedikit eksperimen. Matriks *orthogonal* dinotasikan dengan

$$L_n(l^f) \text{ dengan } n = (f \times (l - 1) + 1) \quad (1)$$

Keterangan:

$L$  = simbol matriks *orthogonal*

$n$  = jumlah baris dalam eksperimen

$l$  = jumlah level dalam eksperimen

$f$  = jumlah faktor yang mempengaruhi eksperimen

#### 2.1.2 *Signal To Noise Ratio*

*Signal to noise ratio* (SNR) digunakan untuk mengevaluasi kualitas suatu produk dan mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi suatu produk. Perhitungan SNR bergantung pada karakteristik kualitas yang dituju. Menurut Taguchi ada tiga jenis SNR berdasarkan karakteristik kualitas, yaitu [7]:

1. *Bigger is better*, merupakan karakteristik kualitas yang nilainya semakin besar semakin baik. Nilai *signal to noise ratio* adalah:

$$SNR = -10 \log_{10} \left( \frac{1}{u} \sum_{i=1}^u \frac{1}{(y_i)^2} \right) \quad (2)$$

dimana  $u$  adalah banyak ulangan dan  $y_i$  adalah jumlah semua hasil percobaan.

2. *Smaller is better*, merupakan karakteristik kualitas yang nilainya semakin kecil semakin baik. Nilai *signal to noise ratio* adalah:

$$SNR = -10 \log_{10} \left( \frac{1}{u} \sum_{i=1}^u (y_i)^2 \right) \quad (3)$$

3. *Nominal is best*, merupakan karakteristik kualitas yang menuju suatu nilai tertentu. Nilai *signal to noise ratio* adalah:

$$SNR = -10 \log_{10} \left( \frac{1}{u} \sum_{i=1}^u (y_i - y_0)^2 \right) \quad (4)$$

dimana  $y_0$  adalah nilai respon target.

## 2.2 Grey Relational Analysis (GRA)

Teori GRA pertama kali diperkenalkan oleh Deng Julong pada tahun 1984. GRA merupakan bagian dari *grey system* dan bertujuan untuk menganalisis *grey relational degree* antar setiap faktor dalam *grey system*. Pendekatan GRA menggunakan informasi dari *grey system* untuk membandingkan setiap faktor secara kuantitatif berdasarkan tingkat kesamaan dan variasi antar faktor [9]. Dengan pendekatan GRA dapat mengubah multirespon menjadi satu respon.

## 2.3 Principal Component Analysis (PCA)

PCA merupakan suatu metode statistika multivariat yang digunakan untuk mengelompokkan variabel-variabel yang memiliki keragaman yang hampir sama. Menurut Johnson dan Wichern [8], PCA bertujuan untuk mentransformasikan variabel-variabel asli yang masih saling berkorelasi antara satu dengan yang lain menjadi satu set variabel baru yang tidak berkorelasi lagi.

## 2.4 Analisis GRA dan PCA

Langkah-langkah yang akan dilakukan menggunakan pendekatan GRA dan PCA, yaitu [9]:

1. Menentukan dan menghitung SNR tiap variabel respon berdasarkan karakteristik kualitas masing-masing respon.
2. Menormalisasikan SNR ke interval 0 sampai 1 berdasarkan karakteristik kualitas masing-masing respon yaitu:

- (a) *Bigger is better*, persamaan yang digunakan:

$$x_{ir}^* = \frac{x_{ir} - \min(x_{ir})}{\max(x_{ir}) - \min(x_{ir})} \quad (5)$$

dimana  $x_{ir}^*$  adalah nilai normalisasi,  $x_{ir}$  adalah nilai SNR,  $i=1,2,\dots,n$  adalah banyak eksperimen dan  $r$  adalah banyak respon.

- (b) *smaller is better*, persamaan yang digunakan:

$$x_{ir}^* = \frac{\max(x_{ir}) - x_{ir}}{\max(x_{ir}) - \min(x_{ir})} \quad (6)$$

- (c) *nominal is best*, persamaan yang digunakan:

$$x_{ir}^* = \frac{(|x_{ir} - T|) - \min(|x_{ir} - T|)}{\max(|x_{ir} - T|) - \min(|x_{ir} - T|)} \quad (7)$$

dimana  $T$  adalah nilai target yang dituju.

### 3. Menghitung nilai Delta dan nilai *grey relational coefficient* (GRC)

Nilai Delta adalah nilai jarak antara nilai maksimum normalisasi dengan nilai data yang telah dinormalisasi pada tiap respon. Sedangkan, nilai GRC berguna untuk menunjukkan hubungan antara kondisi terbaik dengan kondisi aktual dari respon yang dinormalisasi. Persamaan yang digunakan:

$$\Delta_{ir} = |x_{0r}^* - x_{ir}^*| \text{ dan } \gamma_{ir} = \frac{\min(\Delta_{ir}) + \zeta \cdot \max(\Delta_{ir})}{\Delta_{ir} + \zeta \cdot \max(\Delta_{ir})} \quad (8)$$

dimana  $\Delta_{ir}$  adalah nilai Delta,  $x_{0r}^* = 1$  adalah nilai maksimum normalisasi,  $x_{ir}^*$  adalah nilai normalisasi,  $\gamma_{ir}$  adalah nilai GRC,  $\zeta$  adalah koefisien pembeda yaitu bernilai 0 sampai 1,  $i=1,2,\dots,n$  adalah banyak eksperimen dan  $r$  adalah banyak respon.

### 4. Menghitung nilai pembobot melalui pendekatan PCA. Nilai pembobot digunakan untuk menghitung nilai GRG.

### 5. Menghitung nilai *grey relational grade* (GRG) dengan persamaan:

$$\Gamma_1 = \beta_1 \gamma_{11} + \beta_2 \gamma_{12} + \dots + \beta_r \gamma_{1r}$$

$$\Gamma_2 = \beta_1 \gamma_{21} + \beta_2 \gamma_{22} + \dots + \beta_r \gamma_{2r}$$

$$\vdots$$

$$\Gamma_n = \beta_1 \gamma_{n1} + \beta_2 \gamma_{n2} + \dots + \beta_r \gamma_{nr} \quad (9)$$

dimana  $\Gamma_i$  adalah nilai GRG,  $\beta_r$  adalah nilai pembobot ke- $r$ ,  $\gamma_{ir}$  adalah nilai GRC,  $i=1,2,\dots,n$  banyak eksperimen,  $r$  adalah banyak respon.

## 3. Metodologi Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder. Data tersebut di ambil dari penelitian Sutoni [4]. Penelitian yang dilakukan oleh Sutoni menggunakan metode Taguchi dengan dua respon sehingga hasil diperoleh adalah rancangan optimasi untuk setiap respon. Sedangkan pada penelitian ini, data di analisis menggunakan metode Taguchi dengan pendekatan *Grey Relational Analysis* (GRA) dan *Principal Component Analysis* (PCA). Pendekatan GRA digunakan untuk mengubah multirespon menjadi satu respon dan pendekatan PCA digunakan untuk menaksir pembobotan untuk setiap respon sehingga dengan menggabungkan kedua pendekatan tersebut diperoleh satu rancangan kombinasi optimal secara bersamaan untuk kedua respon. Variabel bebas dalam penelitian ini menggunakan lima faktor dengan dua level yang berbeda [4], yaitu:

Tabel 1. Faktor dan Level Penelitian

	Faktor	Satuan	Level 1	Level 2
A	Lama Adukan	Menit	6	11
B	Tekanan	Kg/cm <sup>2</sup>	60	120
C	Air	Liter	0.12	0.14
D	Lama Pengeringan	Hari	4	8
E	Komposisi Kapur:Pasir	Kg	0.25 : 1.75	0.25 : 1.85

Sedangkan variabel respon dalam penelitian ini adalah daya tekan batako, dengan karakteristik kualitas *bigger is better* dan daya serap batako, dengan karakteristik kualitas *smaller is better*. Sedangkan, langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah menghitung nilai *signal to noise ratio* (SNR), nilai normalitas dari SNR, menghitung nilai Delta dan nilai *grey relational coefficient* (GRC) pada tiap variabel respon. Selanjutnya, menghitung nilai pembobot dengan pendekatan PCA, menghitung nilai *grey relational grade* (GRG), melakukan analisis variansi dan menentukan faktor yang signifikan berpengaruh terhadap variabel respon serta menentukan rancangan kombinasi optimal dan menarik kesimpulan.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

##### 4.1 Perancangan Metode Taguchi

Dalam penelitian ini terdapat lima faktor dengan masing-masing dua level yang telah disajikan pada Tabel 1 sehingga digunakan matriks *orthogonal*  $L_8(2^7)$ . Tabel berikut ini merupakan penempatan faktor-faktor beserta levelnya [4] antara lain:

Tabel 2. Matriks *Orthogonal*  $L_8(2^7)$

Percobaan	B	E	BxE	C	D	CxD	A
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

Selanjutnya melakukan percobaan berdasarkan matriks *orthogonal* tersebut. Data dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang dilakukan oleh peneliti Sutoni [4], yaitu:

Tabel 3. Data Percobaan Daya Tekan (Kg/Cm<sup>2</sup>)

Percobaan	1	2	3	4	5	6	7	8
Ulangan 1	56.25	55	56.25	55	60	55	53	56.25
Ulangan 2	68	50	60	65	60.5	65	55	68

Tabel 4. Data Percobaan Daya Serap (%)

Percobaan	1	2	3	4	5	6	7	8
Ulangan 1	20	12	14	19	12	18	14	21
Ulangan 2	25	13	17	23	14	22	16	27

##### 4.2 *Signal To Noise Ratio* (SNR)

Data percobaan ditransformasikan ke dalam bentuk SNR untuk mencari faktor yang berpengaruh pada variasi karakteristik kualitas masing-masing variabel respon. Pada penelitian ini, respon daya tekan batako digunakan karakteristik kualitas *bigger is better* menggunakan Persamaan (2) dan respon daya serap batako digunakan karakteristik kualitas *smaller is better* menggunakan

Persamaan (3). Dalam hal ini, menghitung nilai SNR dibantu dengan *software* Minitab 18 sehingga diperoleh:

Tabel 5. Nilai SNR Tiap Respon

Percobaan	Daya tekan ( $x_{i1}$ )	Daya serap ( $x_{i2}$ )
1	37.7486	-27.0969
2	34.3736	-21.9451
3	35.2737	-23.8471
4	35.4724	-26.4836
5	35.5989	-22.3045
6	35.4724	-26.0638
7	34.6434	-23.5411
8	35.7486	-27.6716

Berdasarkan Tabel 5, dapat disimpulkan bahwa nilai SNR dari kedua respon tidak seragam, maka data perlu diseragamkan dengan menormalisasikan data ke dalam interval 0 sampai 1.

#### 4.3 Nilai Normalitas

Normalisasi merupakan proses untuk menyederhanakan nilai data yang besar dan kecil menjadi seimbang dengan skala nilai tertentu. Normalisasi nilai SNR bertujuan untuk mentransformasikan nilai SNR sehingga nilainya berada di interval yang telah ditentukan. Tabel berikut ini adalah nilai normalisasi kedua respon yaitu:

Tabel 6. Nilai Normalisasi Tiap Respon

Percobaan	Daya tekan ( $x_{i1}^*$ )	Daya serap ( $x_{i2}^*$ )
1	1	0.8996
2	0	0
3	0.6546	0.3321
4	0.7991	0.7925
5	0.8911	0.0628
6	0.7991	0.7192
7	0.1962	0.2787
8	1	1

#### 4.4 Nilai Delta dan Nilai Grey Relational Coefficient

Nilai Delta adalah nilai jarak antara nilai maksimum normalisasi dengan nilai data yang telah dinormalisasi pada tiap respon. Sedangkan nilai *grey relational coefficient* (GRC) berguna untuk menunjukkan hubungan antara kondisi terbaik dengan kondisi actual dari respon yang dinormalisasi. Pada penelitian ini, dipilih nilai  $\zeta = 0.5$ . Tabel berikut ini adalah nilai Delta dan nilai GRC kedua respon yaitu:

Tabel 7. Nilai Delta dan Nilai GRC Tiap Respon

Percobaan	Nilai Delta		Nilai GRC	
	Daya tekan ( $\Delta_{i1}$ )	Daya serap ( $\Delta_{i2}$ )	Daya tekan ( $\gamma_{i1}$ )	Daya serap ( $\gamma_{i2}$ )
1	0	0.1004	1	0.8328
2	1	1	0.3333	0.3333
3	0.3454	0.6679	0.5914	0.4281
4	0.2009	0.2075	0.7134	0.7067
5	0.1089	0.9372	0.8212	0.3479
6	0.2009	0.2808	0.7134	0.6404
7	0.8038	0.7213	0.3835	0.4094
8	0	0	1	1

#### 4.5 Principal Component Analysis

Pendekatan *Principal Component Analysis* (PCA) pada penelitian ini digunakan untuk mendapatkan nilai pembobot. Nilai pembobot tersebut dibutuhkan untuk mendapatkan nilai *grey relational grade* (GRG). Pada langkah ini, digunakan *software* Minitab untuk mencari nilai eigen yaitu diperoleh  $\lambda = 1.7781 > 1$  yang memenuhi syarat pemilihan komponen utama dan diperoleh nilai variansi kumulatif sebesar 88.9 %. Ini berarti bahwa dua variabel respon (daya tekan dan daya serap) dapat diekstrak menjadi satu variabel respon baru yang mana satu variabel respon tersebut dapat menjelaskan kedua variabel sebelumnya. Dengan bantuan *software* Minitab diperoleh nilai bobot tiap respon, yaitu:

Tabel 8. Nilai Bobot Tiap Respon

Variabel Respon	$a_{1r}$	$\beta r = a_{1r}^2$
Daya Tekan	0.707	$\beta_1 = 0,49985$
Daya Serap	0.707	$\beta_2 = 0,49985$

#### 4.6 Nilai Grey Relational Grade

Nilai *grey relational grade* (GRG) pada langkah ini dapat dianggap sebagai nilai respon baru. Nilai respon baru tersebut yang akan di analisis untuk mendapatkan rancangan kombinasi optimal. Dengan menggunakan Persamaan (9) diperoleh nilai GRG, yaitu:

Tabel 9. Nilai GRG

Percobaan	Nilai GRG ( $r_i$ )	Percobaan	Nilai GRG ( $r_i$ )
1	0.9161	5	0.5844
2	0.3332	6	0.6767
3	0.5096	7	0.3963
4	0.7098	8	0.9997

Tabel 9 menjelaskan bahwa semakin tinggi nilai GRG yang diperoleh maka hubungan korelasi antara nilai maksimum normalisasi dengan nilai data yang telah dinormalisasi semakin kuat.

#### 4.7 Analisis Variansi



Nilai GRG yang diperoleh sebelumnya dapat dilakukan uji pengaruh menggunakan analisis variansi untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kedua respon. Taraf uji statistik yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 5 % dan hipotesis pada penelitian ini adalah:

$H_0$  : Tidak ada pengaruh faktor yang signifikan terhadap variabel respon.

$H_1$  : ada pengaruh faktor yang signifikan terhadap variabel respon.

Berikut ini hasil analisis variansi dan diketahui nilai  $F_{tabel} = F_{0.05(1,10)} = 4.96$ .

Tabel 10. Analisis Variansi

SK	db	JK	KT	$F_{hitung}$
Faktor A	1	0.0092	0.0092	0.4317
Faktor B	1	0.0044	0.0044	0.2065
Faktor C	1	0.0122	0.0122	0.5725
Faktor D	1	0.1453	0.1453	6.8863
Faktor E	1	0.0013	0.0013	0.0064
Galat	10	0.2131	0.2131	
Total	15	0.3855		

Berdasarkan Tabel 10, karena  $F_{hitung}$  faktor D lebih besar pada  $F_{tabel}$  maka Tolak  $H_0$  sehingga dapat dikatakan bahwa faktor D memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kedua respon.

#### 4.8 Rancangan Kombinasi Optimal

Rancangan kombinasi optimal dapat diperoleh dengan memilih nilai rata-rata *grey relational grade* (GRG) dari setiap level faktor yang memberikan nilai terbesar untuk variabel respon. Tabel berikut ini merupakan nilai rata-rata GRG untuk tiap levelnya.

Tabel 11. Rata-rata GRG Tiap Level

	Faktor A	Faktor B	Faktor C	Faktor D	Faktor E
Level 1	<b>0.6747</b>	0.6172	0.6016	<b>0.7755</b>	0.6276
Level 2	0.6067	<b>0.6643</b>	<b>0.6799</b>	0.5209	<b>0.6539</b>
Selisih	0.0680	0.0471	0.0783	0.2546	0.0263
Ranking	3	4	2	1	5

Berdasarkan hasil dari Tabel 11 dapat disimpulkan bahwa rancangan kombinasi optimal untuk variabel respon daya tekan dan daya serap batako secara bersamaan adalah  $A_1$ ,  $B_2$ ,  $C_2$ ,  $D_1$ , dan  $E_2$ .

Setelah melakukan penelitian dengan pendekatan GRA dan PCA terdapat perbedaan hasil yang dilakukan Sutoni [4]. Rancangan kombinasi optimal pada penelitian Sutoni untuk variabel respon daya tekan adalah  $A_2$ ,  $B_2$ ,  $C_2$ ,  $D_2$ , dan  $E_2$  dan untuk variabel respon daya serap adalah  $A_2$ ,  $B_1$ ,  $C_1$ ,  $D_2$ , dan  $E_2$ , sedangkan pada penelitian ini diperoleh satu rancangan kombinasi optimal untuk kedua variabel respon (daya tekan dan daya serap) yaitu  $A_1$ ,  $B_2$ ,  $C_2$ ,  $D_1$ , dan  $E_2$ . Rancangan kombinasi optimal yang diusulkan ini dapat menghasilkan batako yang memiliki daya tekan maksimum dan daya serap minimum secara bersamaan sehingga dapat meningkatkan kualitas batako.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menggunakan pendekatan *Grey Relational Analysis* (GRA) dan *Principal Component Analysis* (PCA) dapat disimpulkan bahwa faktor-faktor yang sangat mempengaruhi kualitas batako adalah lama pengeringan. Sedangkan, rancangan kombinasi optimal yang diusulkan berdasarkan hasil penelitian adalah  $A_1$  (Lama adukan 6 Menit),  $B_2$  (Tekanan 120 Kg/cm<sup>2</sup>),  $C_2$  (Air 0.14 Liter),  $D_1$  (Lama pengeringan 4 Hari), dan  $E_2$  (Kombinasi antara kapur dan pasir yaitu 0.25 : 1.85).

## Daftar Pustaka

- [1] Yuliana, S., Yudiantri., dan Yanuar, F., “Penerapan Metode Taguchi Untuk Analisis Kekuatan Tekan Batako”, Jurnal Matematika Unand, vol. 6, pp. 76-83, 2017.
- [2] Wulandari, A.A., Wuryandari, T., dan Ispriyanti, D., “Penerapan Metode Taguchi Untuk Kasus Multirespon Menggunakan Pendekatan Grey Relational Analysis dan Principal Component Analysis”, Jurnal Gaussian, vol. 5, pp. 791-800, 2016.
- [3] Lu, H.S., Chang, C.K., Hwang, N.C., and Chung, C.T., “Grey Relational Analysis Coupled With Principal Component Analysis for Optimization Design fo the Cutting Parameters In High-Speed End Milling”, J. Mater. Process. Technol, vol. 209, pp. 3808-3817, 2009.
- [4] Sutoni, A., Setyawan, W., dan Gunawan, D., “Penerapan Metode Taguchi Dalam Interaksi Komposisi Batako Pres Terhadap Kualitas Daya Serap dan Daya Tekan Batako”, Industrial Engineering Seminar and Call, 2018.
- [5] Jozic, S., Bajic, D., dan Celent, L., “Application of Compresses Cold Air Cooling: Achieving Multiple Performance Characteristics In End Milling Process”, Journal of Cleaner Production, vol. 100, pp. 325-332, 2015.
- [6] Sutono, S.B., “Grey-Based Taguchi Method to Optimize the Multiresponse Design of Product Form Design”, Jurnal Optimasi System Industri, vol. 20, pp. 136-146, 2021.
- [7] Roy, Ranjit. K., “A Primer on the Taguchi Method, Second Edition”, SME, edisi dua, 2010.
- [8] Johnson, R.A., and Wichern, D.W., “Applied Multivariate Statistical Analysis”, Pearson Education, Inc, 2007.
- [9] Krishnaiah, K., dan Shahanudeen, P., “Applied Design of Experiments and Taguchi Methods”, PHI Learning Private Limited, 2012.