

Penerapan Taguchi Parameter Design dalam Penentuan Level Faktor Produksi Batako untuk Memaksimalkan Kekuatan Tekan (Studi Kasus di Balai Besar Keramik)

Rudy Wawolumaja dan Ridani Faurika

Abstract

According to preliminary research conducted at Balai Besar Keramik, it is found that "Batako Padalarang" products circulating in the market was still below Indonesian National Standard requirement (SNI 03.2113.91). This research was conducted to obtain optimum process parameters to meet the requirements of Indonesian National Standard. The method used is Taguchi Parameter Design, to fulfill the criteria for compression strength of Indonesian National Standard. From the analyze of Taguchi method, we know that the factors and level that affect the batako's strength of compressive significantly are factor A (forming pressure) with level 2 (4 ton), factor B (material composition) with level 1 (1 : 3), factor C (texture of tras) with level 1 (0,3 mm), factor D (mixing time) with level 2 (10 minutes), factor E (water percentage) with level 2 (15%), and factor F (curing time) with level 3 (28 days). And from the confirmation experiment, we get percentage of increasing after using Taguchi method is 72.75% and the decreasing of loss is 92.82%.

Keyword : Taguchi, batako, loss fuction

1. Pendahuluan

Penelitian dilakukan di Balai Besar Keramik yang merupakan unit pelaksana teknis di bawah Badan Penelitian dan Pengembangan Industri Departemen Perindustrian. Menurut penelitian pendahuluan yang dilakukan di Balai Besar Keramik, diketahui bahwa selama ini kualitas bata tras kapur (batako) di daerah Padalarang, Bandung masih di bawah Standar Nasional Indonesia (SNI 03.2113.91).

Tabel 1 Data Kuat Tekan Salah Satu Produsen Padalarang

Sampel	Uji Tekan (kg/cm ²)
1	26
2	30
3	24
4	25
5	28
6	23
7	24
8	21
9	21
10	26
Rata-rata	24.80
Standar deviasi	2.860

Tabel 1 merupakan data kuat tekan salah satu produsen batako di daerah Padalarang. Dari tabel diatas dapat diketahui rendahnya kualitas batako yang dihasilkan oleh produsen Padalarang, dimana kuat tekan yang dihasilkan sebesar 24,8 kg/cm², sedangkan syarat minimal kuat tekan untuk mutu kualitas tiga adalah sebesar 25 kg/cm², untuk mutu kualitas dua adalah sebesar 40 kg/cm², dan untuk mutu kualitas satu adalah 70 kg/cm².

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap nilai kekuatan tekan bata tras kapur (batako).

- b. Mengetahui kombinasi level untuk masing-masing faktor sehingga menghasilkan bata tras kapur (batako) yang memiliki kuat tekan maksimum.
- c. Mengetahui persentase perbaikan kualitas bata tras kapur (batako) sesudah menggunakan metode Taguchi.

2. Langkah-langkah Penelitian

Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan karakteristik kualitas
2. Menentukan faktor dan *noise* yang mempengaruhi karakteristik kualitas.
3. Menentukan tingkat perlakuan atau level untuk masing-masing faktor dan *noise*.
4. Menentukan fungsi objektif (S/N Ratio)
5. Mengidentifikasi faktor kontrol yang mungkin berinteraksi.
6. Memilih *Orthogonal Array*.
7. Melakukan eksperimen.
8. Analisa hasil eksperimen.
9. Menjalankan eksperimen konfirmasi.

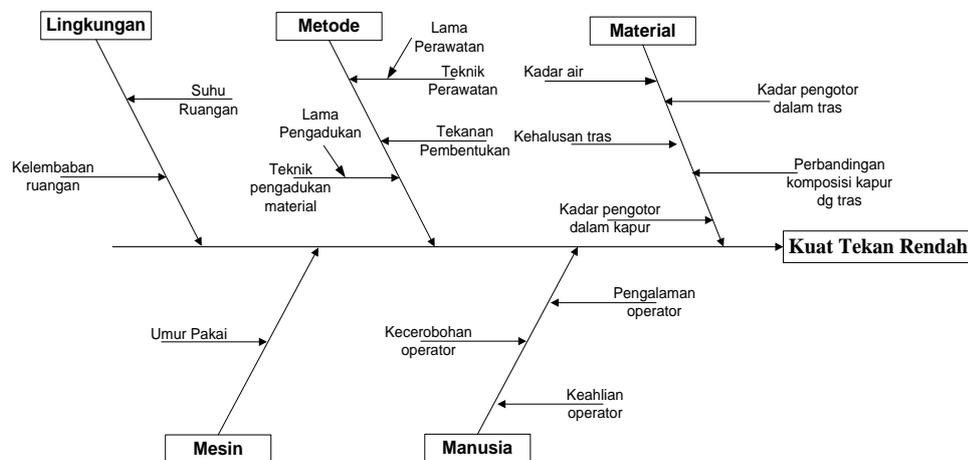
3. Uraian Langkah-Langkah yang Dilakukan

3.1 Menentukan karakteristik kualitas

Dalam penelitian ini karakteristik kualitas yang diukur adalah kuat tekan (satuan kg/cm^2). Hal ini disebabkan karena karakteristik kualitas ini memiliki standar minimum yang jelas pada masing-masing tingkat mutu, dibandingkan dengan karakteristik kualitas lainnya.

3.2 Menentukan Faktor Kontrol dan *Noise*

Dalam menentukan faktor kontrol dan *noise* dilakukan dengan menggunakan *brainstorming* terlebih dahulu, yaitu dengan menanyakan kepada yang ahli mengenai faktor-faktor apa sajakah yang mempengaruhi karakteristik kualitas dari bata tras kapur (batako). Setelah itu, faktor-faktor dapat diidentifikasi dengan menggunakan diagram *fishbone*.



Gambar 1 Fishbone Diagram

3.3 Menentukan *setting level* untuk masing-masing faktor

Dalam penentuan *setting level* untuk masing-masing faktor adalah dengan berkonsultasi dengan para ahli. Pada umumnya, *setting level* merupakan pengalaman yang pernah diadakan oleh tim peneliti Balai Besar Keramik. Selain itu, penentuan *setting level* juga dapat diperoleh dari studi literatur mengenai pengetahuan akan bahan bata tras kapur (batako).

Tabel 2 Penentuan *Setting Level* untuk Faktor Kontrol

No.	Faktor Kontrol	<i>Setting level</i>		
		I	II	III
1	Tekanan Pembentukan	3 ton	4 ton	5 ton
2	Komposisi Bahan (kapur : tras)	1 : 3	1 : 4	1 : 5
3	Kehalusan Tras	0.3 mm	0.5 mm	1 mm
4	Lama Pengadukan	5 menit	10 menit	15 menit
5	Kadar Air	10%	15%	20%
6	Lama Proses Curing	14 hari	21 hari	28 hari

Untuk level faktor *noise*, digunakan interval persentase kadar kotoran (bahan organik) pada tras. Hal ini disebabkan karena dalam satu gundukan yang sama, belum tentu memiliki persentase kadar kotoran (bahan organik) dengan jumlah yang sama di beberapa tempat. Sehingga digunakan interval yang menyatakan besarnya persentase kadar kotoran (bahan organik) pada tras.

Tabel 3 Penentuan *Setting Level* untuk Faktor *Noise*

No.	Faktor Kontrol	<i>Setting Level</i>	
		I	II
1	Kadar Kotoran (Bahan Organik) pada Tras	< 6%	≥ 6%

3.4 Menentukan Fungsi Objektif (S/N Ratio)

Dalam penelitian ini, fungsi objektif yang digunakan adalah *higher is better*, karena, semakin besar nilai kuat tekan, maka semakin bagus karakteristik kualitas yang dihasilkan.

3.5 Mengidentifikasi Faktor Kontrol yang Mungkin Berinteraksi.

Berikut merupakan data interaksi antara faktor A (tekanan pembentukan) dengan faktor B (komposisi bahan kapur : tras) :

Tabel 4 Interaksi antara Faktor A dengan Faktor B

		A		
		1	2	3
B	1	58.7	73	48.4
		59.6	70.4	43.1
		60.5	70.6	48.5
	2	52.6	67.7	41.2
		54.4	69.5	40.6
		56.7	65.8	34.6
	3	50.4	70.7	30.5
		50.8	64.9	31.4
		48.5	60.4	38.5

Dari tabel diatas, maka dapat dirangkum menjadi sebagai berikut :

Tabel 5 Rangkuman Interaksi antara Faktor A dengan Faktor B

		A			Total
		1	2	3	
B	1	178.8	214	140	532.8
	2	163.7	203	116.4	483.1
	3	149.7	196	100.4	446.1
Total		492.2	613	356.8	1462

- Struktur Hipotesis
 - Ho : $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 0$ (pengaruh kolom adalah nol)
 - Hi : sekurang-kurangnya satu α_j tidak sama dengan nol.
 - Ho : $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ (pengaruh baris adalah nol)
 - Hi : sekurang-kurangnya satu β_i tidak sama dengan nol .
 - Ho : $(\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} = \dots = (\alpha\beta)_{33}$ (pengaruh interaksi nol)
 - Hi : sekurang-kurangnya satu $(\alpha\beta)_{ij}$ tidak sama dengan nol

- Taraf Nyata : $\alpha = 0,05$

- Statistik Uji : ANOVA

$$SST = \sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^r \sum_{k=1}^n X_{ijk}^2 - \frac{T_{..}^2}{crn}$$

$$= (58.7^2 + 59.6^2 + \dots + 38.5^2) - \frac{1462^2}{3*3*3}$$

$$= 83437.36 - 79164.593 = 4272.7674$$

$$SS_A = \frac{\sum_{j=1}^c T_j^2}{rn} - \frac{T_{..}^2}{crn}$$

$$= \frac{492.2^2 + 613^2 + 356.8^2}{3*3} - \frac{1462^2}{3*3*3}$$

$$= 82815.12 - 79164.593 = 3650.5274$$

$$SS_B = \frac{\sum_{i=1}^r T_i^2}{cn} - \frac{T_{..}^2}{crn}$$

$$= \frac{532.8^2 + 483.1^2 + 446.1^2}{3*3} - \frac{1462^2}{3*3*3}$$

$$= 79585.184 - 79164.593 = 420.59185$$

$$SS_{AB} = \frac{\sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^r T_{ij}^2}{n} - \frac{T_{..}^2}{crn} - SS_A - SS_B$$

$$= \frac{178.8^2 + 163.7^2 + \dots + 100.4^2}{3} - \frac{1462^2}{3*3*3} - 3650.5274 - 420.59185$$

$$= 83275.78 - 79164.593 - 3650.5274 - 420.59185 = 40.068148$$

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AB} = 4272.7674 - 3650.5274 - 420.59185 - 40.068148 = 161.58$$

Tabel 6 Perhitungan Nilai f untuk Faktor A dan B

Sumber variansi	Sum of square	Derajat Kebebasan (v)	Mean Square (MS)	Statistik Uji
SS _A	3650.52741	3 - 1 = 2	1825.264	203.334
SS _B	420.591852	3 - 1 = 2	210.296	23.427
SS _{AxB}	40.0681481	(3 - 1) (3 - 1) = 4	10.017	1.116
SS _E	161.58	(3*3)(3-1) = 18	8.977	
SS _T	4272.76741	(3*3*3)-1 = 26		

Contoh perhitungan untuk SS_A :

$$MS = \frac{3650.52741}{2} = 1825.264$$

$$\text{Statistik uji} = \frac{MS_A}{MS_E} = \frac{1825.264}{8.977} = 203.334$$

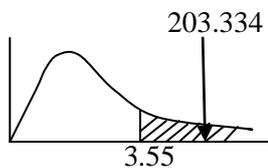
- Wilayah Kritis

Untuk faktor A

v₁ = Derajat kebebasan kolom = 2

v₂ = Derajat kebebasan error = 18

$$f_{\alpha(2,18)} = 3,55$$



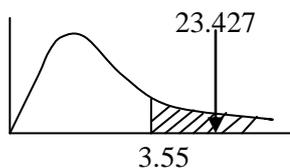
Gambar 2 Wilayah Kritis untuk Faktor A

Untuk faktor B

v₁ = Derajat kebebasan baris = 2

v₂ = Derajat kebebasan error = 18

$$f_{\alpha(2,18)} = 3,55$$



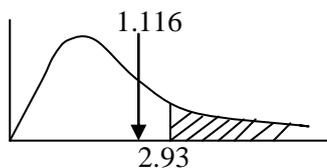
Gambar 3 Wilayah Kritis untuk Faktor B

Untuk interaksi faktor A dan faktor B

v₁ = Derajat kebebasan interaksi = 4

v₂ = Derajat kebebasan error = 18

$$f_{\alpha(4,18)} = 2,93$$



Gambar 4 Wilayah Kritis untuk Interaksi Faktor A dan B

- Keputusan dan Kesimpulan

- Faktor A : Tolak Ho → bahwa ada pengaruh dari faktor A (tekanan pembentukan) terhadap kuat tekan pada taraf nyata 5%.

- Faktor B : Tolak $H_0 \rightarrow$ bahwa ada pengaruh dari faktor B (komposisi kapur : tras) terhadap kuat tekan pada taraf nyata 5%.
- Interaksi A dan B : Terima $H_0 \rightarrow$ bahwa tidak adanya interaksi antara faktor A (tekanan pembentukan) dengan faktor B (komposisi kapur : tras) pada taraf nyata 5%.

Dari perhitungan interaksi antara dua faktor dengan menggunakan anova 2 arah dengan interaksi, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Adanya pengaruh dari faktor A (tekanan pembentukan) terhadap kuat tekan.
- Adanya pengaruh dari faktor B (komposisi kapur : tras) terhadap kuat tekan.
- Adanya pengaruh dari faktor C (kehalusan tras) terhadap kuat tekan.
- Adanya pengaruh dari faktor D (lama pengadukan) terhadap kuat tekan.
- Adanya pengaruh dari faktor E (kadar air) terhadap kuat tekan.
- Adanya pengaruh dari faktor F (lamanya proses *curing*) terhadap kuat tekan.
- Adanya interaksi antara faktor C (kehalusan tras) dan faktor D (lama pengadukan) terhadap kuat tekan.
- Adanya interaksi antara faktor D (lama pengadukan) dan faktor E (kadar air) terhadap kuat tekan.

3.6 Membuat *Orthogonal Array*

Untuk mengetahui jenis orthogonal yang dipilih, maka dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menghitung derajat kebebasan
Jumlah derajat kebebasan faktor kontrol =

$$\text{Faktor A} = 3 - 1 = 2$$

$$\text{Faktor B} = 3 - 1 = 2$$

$$\text{Faktor C} = 3 - 1 = 2$$

$$\text{Faktor D} = 3 - 1 = 2$$

$$\text{Faktor E} = 3 - 1 = 2$$

$$\text{Faktor F} = 3 - 1 = \frac{2}{12} +$$

Jumlah derajat kebebasan interaksi faktor =

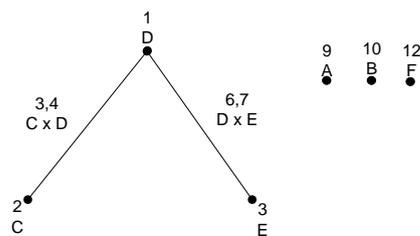
$$\text{Interaksi faktor C dan D} = (3 - 1) \times (3 - 1) = 2 \times 2 = 4$$

$$\text{Interaksi faktor D dan E} = (3 - 1) \times (3 - 1) = 2 \times 2 = 4$$

Jadi, total derajat kebebasan = 20

Dari hasil derajat kebebasan yang didapat, maka dapat disimpulkan jenis orthogonal array yang dipilih adalah L_{27}

2. Setelah mengetahui susunan *orthogonal array* untuk L_{27} , maka dibuat linear graph sebagai berikut :



Gambar 5 *Linear Graph* Eksperimen

3. Setelah membuat *linear graph*, maka dapat disusun matriks *orthogonal array* sebagai berikut :

Tabel 7 *Orthogonal Array* Eksperimen

Trial no.	Coloum no.										
	D	C	C x D		E	D x E		A	B	F	
	1	2	3	4	5	6	7	9	10	12	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	
4	1	2	2	2	1	1	1	2	2	3	
5	1	2	2	2	2	2	2	3	3	1	
6	1	2	2	2	3	3	3	1	1	2	
7	1	3	3	3	1	1	1	3	3	2	
8	1	3	3	3	2	2	2	1	1	3	
9	1	3	3	3	3	3	3	2	2	1	
10	2	1	2	3	1	2	3	2	3	2	
11	2	1	2	3	2	3	1	3	1	3	
12	2	1	2	3	3	1	2	1	2	1	
13	2	2	3	1	1	2	3	3	1	1	
14	2	2	3	1	2	3	1	1	2	2	
15	2	2	3	1	3	1	2	2	3	3	
16	2	3	1	2	1	2	3	1	2	3	
17	2	3	1	2	2	3	1	2	3	1	
18	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
19	3	1	3	2	1	3	2	3	2	3	
20	3	1	3	2	2	1	3	1	3	1	
21	3	1	3	2	3	2	1	2	1	2	
22	3	2	1	3	1	3	2	1	3	2	
23	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	
24	3	2	1	3	3	2	1	3	2	1	
25	3	3	2	1	1	3	2	2	1	1	
26	3	3	2	1	2	1	3	3	2	2	
27	3	3	2	1	3	2	1	1	3	3	

3.7 Menjalankan Eksperimen

Berdasarkan *Orthogonal Array* diatas, maka dilakukan eksperimen di Balai Besar Keramik. Adapun hasil eksperimen di Balai Besar Keramik, maka diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 8 *Orthogonal Array* Hasil Eksperimen

Trial no.	Inner Array										Outer Array			
	D	C	C x D		E	D x E		A	B	F	N1		N2	
	1	2	3	4	5	6	7	9	10	12	< 6 %		> 6%	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	66	69	55	57
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	42	44	36	38
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	38	38	30	28
4	1	2	2	2	1	1	1	2	2	3	48	50	45	39
5	1	2	2	2	2	2	2	3	3	1	26	25	21	22
6	1	2	2	2	3	3	3	1	1	2	34	35	28	31
7	1	3	3	3	1	1	1	3	3	2	30	31	22	27
8	1	3	3	3	2	2	2	1	1	3	39	41	33	33
9	1	3	3	3	3	3	3	2	2	1	35	36	30	29
10	2	1	2	3	1	2	3	2	3	2	78	80	66	62
11	2	1	2	3	2	3	1	3	1	3	86	89	77	69
12	2	1	2	3	3	1	2	1	2	1	40	38	32	31
13	2	2	3	1	1	2	3	3	1	1	44	49	39	40
14	2	2	3	1	2	3	1	1	2	2	33	32	22	28
15	2	2	3	1	3	1	2	2	3	3	55	49	44	45
16	2	3	1	2	1	2	3	1	2	3	72	77	65	56
17	2	3	1	2	2	3	1	2	3	1	40	41	33	37
18	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	39	42	35	32
19	3	1	3	2	1	3	2	3	2	3	59	60	45	49
20	3	1	3	2	2	1	3	1	3	1	35	35	26	30
21	3	1	3	2	3	2	1	2	1	2	77	78	59	62
22	3	2	1	3	1	3	2	1	3	2	29	30	25	22
23	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	69	71	60	57
24	3	2	1	3	3	2	1	3	2	1	24	23	20	18
25	3	3	2	1	1	3	2	2	1	1	73	70	64	56
26	3	3	2	1	2	1	3	3	2	2	22	19	20	18
27	3	3	2	1	3	2	1	1	3	3	28	26	20	23

3.7.1 Menentukan Faktor-Faktor yang Berpengaruh Secara Signifikan Terhadap Nilai Rata-Rata dengan Menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA)

Perhitungan ANOVA untuk mencari faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap nilai rata-rata dilakukan dengan menghitung nilai dari eksperimen yang dihasilkan. Hasil yang diperoleh dari eksperimen akan tercakup ke dalam tiga langkah sebagai berikut :

a. Primary Table

Merupakan jumlah keseluruhan data dari masing-masing trial yang digunakan untuk melihat pengaruh dari masing-masing faktor terkendali beserta interaksinya terhadap nilai rata-rata.

b. Secondary Table

Merupakan jumlah dari masing-masing pengaruh faktor tidak terkendali terhadap masing-masing trial yang digunakan untuk melihat pengaruh faktor-faktor terkendali, faktor-faktor tidak terkendali dan interaksi keduanya.

c. Tertiary Table

Merupakan tabel yang digunakan untuk melihat pengaruh dari faktor-faktor yang terkendali, tidak terkendali, interaksi keduanya dan pengaruh faktor kesalahannya. Tabel ini berisi data yang langsung didapatkan dari hasil pengamatan.

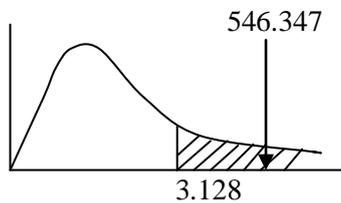
Dari hasil pengolahan data *primary table*, *secondary table* dan *tertiary table*, diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 9 Pengujian Anova untuk Faktor-faktor yang Mempengaruhi Rata-rata

Sumber Variansi	Sum Square (SS)	Derajat Kebebasan (dof)	Mean Square (MS)	Nilai f	fTabel	Keputusan	Kesimpulan
A	5246.74	2	2623.370	546.347	3.128	Tolak Ho	Signifikan
B	7249.02	2	3624.509	754.846	3.128	Tolak Ho	Signifikan
C	5473.41	2	2736.704	569.950	3.128	Tolak Ho	Signifikan
D	3087.24	2	1543.620	321.477	3.128	Tolak Ho	Signifikan
E	4083.13	2	2041.565	425.179	3.128	Tolak Ho	Signifikan
F	3030.02	2	1515.009	315.518	3.128	Tolak Ho	Signifikan
CxD	466.87	4	116.718	24.308	2.5	Tolak Ho	Signifikan
DxE	422.65	4	105.662	22.005	2.5	Tolak Ho	Signifikan
SST1	32099.19	20					
SSN	1858.37	1	1858.370	387.027	3.979	Tolak Ho	Signifikan
B-N	50.13	2	25.065	5.220	3.128	Tolak Ho	Signifikan
C-N	107.85	2	53.926	11.231	3.128	Tolak Ho	Signifikan
D-N	32.91	2	16.454	3.427	3.128	Tolak Ho	Signifikan
E-N	42.91	2	21.454	4.468	3.128	Tolak Ho	Signifikan
F-N	34.24	2	17.120	3.566	3.128	Tolak Ho	Signifikan
SST2	34644.19	31					
SSE3	364.93	76	4.802				
SST3	34644.19	107					

Contoh Pengujian ANOVA pada Faktor A :

- ✓ Struktur Hipotesis :
Ho : Faktor A tidak mempengaruhi nilai rata-rata secara signifikan
H₁ : Faktor A mempengaruhi nilai rata-rata secara signifikan
- ✓ Taraf Nyata : 0.05
- ✓ Statistik Uji : Uji ANOVA
- ✓ Wilayah Kritis :
v₁ = Derajat kebebasan baris = 2
v₂ = Derajat kebebasan error = 76
 $f_{\alpha(2,18)} = 3.128$



Gambar 6 Wilayah Kritis Rata-Rata

- ✓ Keputusan : Tolak Ho
- ✓ Kesimpulan : Bahwa, Faktor A mempengaruhi nilai rata-rata secara signifikan

Dari hasil perhitungan ANOVA, dapat disimpulkan bahwa faktor yang berpengaruh antara lain faktor A, B, C, D, E, F, N, BN, CN, DN, EN, dan FN.

Untuk melihat kontribusi dari faktor-faktor dan interaksinya terhadap nilai rata-rata tingkat kekuatan tekan bata tras kapur, maka dilakukan perhitungan persen kontribusi sebagai berikut :

Tabel 10 Persen Kontribusi terhadap Nilai Rata-rata

Sumber Variansi	Sum Square(SS)	Derajat Kebebasan (dof)	Mean Square (MS)	SS'	p%
A	5246.741	2	2623.3704	5237.137	15.12%
B	7249.019	2	3624.5093	7239.415	20.90%
C	5473.407	2	2736.7037	5463.804	15.77%
D	3087.241	2	1543.6204	3077.637	8.88%
E	4083.130	2	2041.5648	4073.526	11.76%
F	3030.019	2	1515.0093	3020.415	8.72%
CxD	466.870	4	116.71759	447.664	1.29%
DxE	422.648	4	105.66204	403.442	1.16%
SSN	1858.370	1	1858.3704	1853.569	5.35%
B-N	50.130	2	25.064815	40.526	0.12%
C-N	107.852	2	53.925926	98.249	0.28%
D-N	32.907	2	16.453704	23.304	0.07%
E-N	42.907	2	21.453704	33.304	0.10%
F-N	34.241	2	17.12037	24.637	0.07%
SSE3	364.926	76	4.8016569		
SST3	34644.185	107			

Contoh Perhitungan untuk Faktor A :

$$SS'_A = SS_A - (MS_{\text{error}})(v_A) = 5246.741 - 4.802 * 2 = 5237.137$$

$$P = \frac{SS'_A}{SS_T} \times 100\% = \frac{5237.137}{34644.185} \times 100\% = 15.12\%$$

Dari hasil perhitungan persentase kontribusi diatas, dapat diketahui bahwa faktor B memberikan kontribusi terbesar terhadap karakteristik kualitas dari bata tras kapur, yaitu sebesar 20.9%.

3.7.2 Menentukan Faktor-Faktor yang Berpengaruh Secara Signifikan Terhadap Nilai Variansi dengan Menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA)

Pengolahan data untuk ANOVA terhadap nilai variansi dimulai dengan melakukan konversi data eksperimen menjadi S/N. Karakteristik kualitas dalam penelitian ini adalah *higher is better*, sehingga rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$S/N_{HB} = -10 \log \left(\frac{1}{r} \sum_{i=1}^r \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (1)$$

Dari hasil pengolahan data dengan menggunakan Anova, maka diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 11 Hasil Pengujian ANOVA Terhadap Variansi

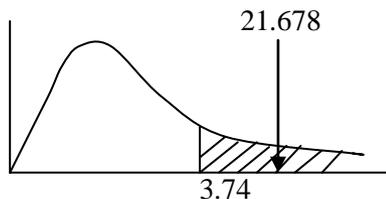
Sumber variansi	Sum Square (SS)	Derajat Kebebasan (v)	Mean Square (MS)	Nilai f	f Tabel	Keputusan	Kesimpulan
A	16.367	2	8.184	21.678	3.74	Tolak Ho	signifikan
B	18.931	2	9.466	25.074	3.74	Tolak Ho	signifikan
C	13.629	2	6.814	18.051	3.74	Tolak Ho	signifikan
D	7.691	2	3.845	10.187	3.74	Tolak Ho	signifikan
E	10.572	2	5.286	14.002	3.74	Tolak Ho	signifikan
F	8.203	2	4.102	10.866	3.74	Tolak Ho	signifikan
SSE	5.2850085	14	0.378				
SST	80.6777363	27-1 = 26					

Contoh perhitungan untuk faktor A :

$$MS = \frac{16.367}{2} = 8.184$$

$$f = \frac{MS_A}{MS_{error}} = \frac{8.184}{0.378} = 21.678$$

- Struktur Hipotesis :
Ho : Faktor A tidak mempengaruhi nilai variansi secara signifikan
H₁ : Faktor A mempengaruhi nilai variansi secara signifikan
- Taraf Nyata : 0.05
- Statistik Uji : Uji ANOVA
- Wilayah Kritis :
v₁ = Derajat kebebasan baris = 2
v₂ = Derajat kebebasan error = 14
 $f_{\alpha(2,18)} = 3.74$



Gambar 7 Wilayah Kritis Variansi

- Keputusan : Tolak Ho
- Kesimpulan : Bahwa, Faktor A secara signifikan mempengaruhi karakteristik kualitas

Dari hasil perhitungan ANOVA diatas, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- ✓ Faktor A mempengaruhi nilai variansi secara signifikan
- ✓ Faktor B mempengaruhi nilai variansi secara signifikan
- ✓ Faktor C mempengaruhi nilai variansi secara signifikan
- ✓ Faktor D mempengaruhi nilai variansi secara signifikan
- ✓ Faktor E mempengaruhi nilai variansi secara signifikan
- ✓ Faktor F mempengaruhi nilai variansi secara signifikan

Untuk melihat pengaruh atau kontribusi dari faktor-faktor dan interaksinya terhadap nilai variansi tingkat kekuatan tekan bata tras kapur, maka dilakukan perhitungan persen kontribusi sebagai berikut :

Tabel 12 Perhitungan Persen Kontribusi terhadap Nilai Variansi

Sumber	dof	SS	MS	SS'	P
A	2	16.367	8.1835835	15.61217	19.351%
B	2	18.931	9.4655395	18.17608	22.529%
C	2	13.629	6.8143142	12.87363	15.957%
D	2	7.691	3.8454148	6.93583	8.597%
E	2	10.572	5.2857781	9.81655	12.168%
F	2	8.203	4.1017337	7.44847	9.232%
Error	14	5.285	0.3775006		
SST	26	80.677736			

Contoh Perhitungan untuk Faktor A :

$$\text{dof error} = 26 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 = 14$$

$$\text{SS error} = 20.677736 - 16.367 - 18.931 - 13.629 - 7.691 - 10.572 - 8.203 = 5.285$$

$$\text{MS error} = \frac{5.285}{14} = 0.3775$$

$$\text{MS}_A = \frac{16.367}{2} = 8.1835835$$

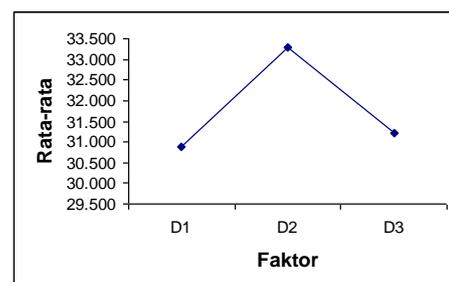
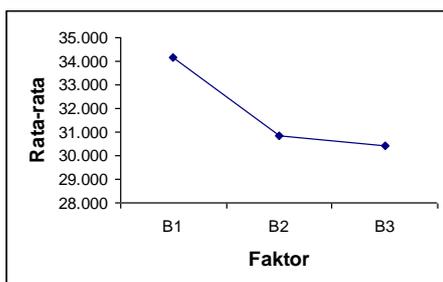
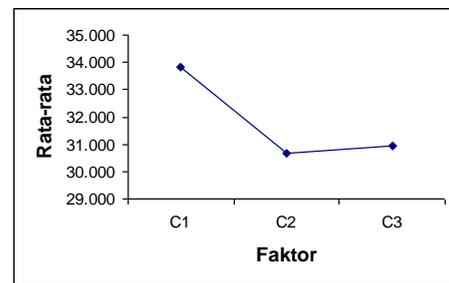
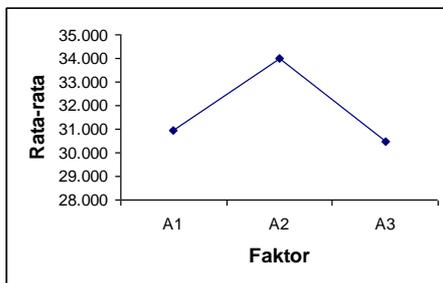
$$\text{SS}'_A = \text{SS}_A - (\text{MS}_{\text{error}})(v_A) = 16.357 - 0.3775006 * 2 = 15.61217$$

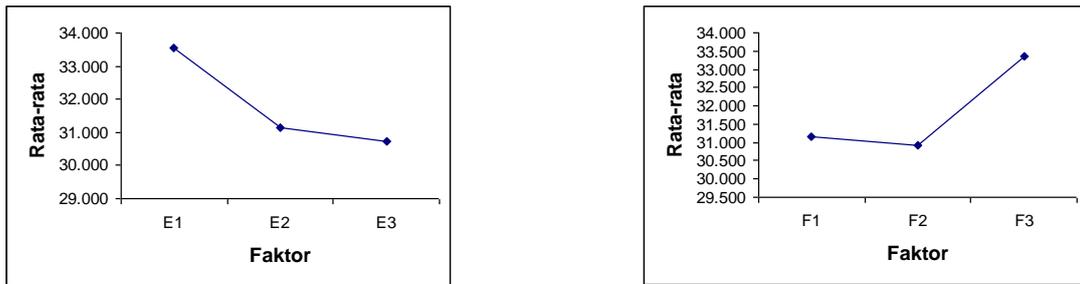
$$P = \frac{\text{SS}'_A}{\text{SS}_T} \times 100\% = \frac{15.61217}{80.677736} \times 100\% = 19.351\%$$

Dari hasil perhitungan persentase kontribusi diatas, dapat diketahui bahwa faktor B memberikan kontribusi terbesar terhadap karakteristik kualitas dari bata tras kapur, yaitu sebesar 22.529%.

3.7.3 Grafik Main Effect Factor

Dalam menentukan faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap nilai variansi dilakukan dengan perhitungan ANOVA. Untuk penentuan level dari faktor yang berpengaruh terhadap peningkatan kualitas dapat dilihat dalam grafik *main effect factor*. Grafik ini dimulai dengan melakukan perhitungan nilai S/N rata-rata untuk masing-masing faktor pada tingkat perlakuannya.





Gambar 8 Main Effect Factor

Dari hasil grafik diatas dapat diketahui kombinasi faktor yang signifikan dapat meningkatkan karakteristik kualitas dari bata tras kapur adalah : A_2 , B_1 , C_1 , D_2 , E_1 , dan F_3 .

3.8 Menganalisa Hasil Eksperimen

Setelah melakukan perhitungan dengan menggunakan ANOVA, dan membuat grafik *main effect factor* maka dapat diketahui adapun *setting level* yang sesuai untuk peningkatan kualitas bata tras kapur ke kualitas tingkat mutu I, antara lain :

1. Faktor A = Level 2 = Tekanan Pembentukan → 4 ton
2. Faktor B = Level 1 = Komposisi Bahan (kapur : tras) → 1 : 3
3. Faktor C = Level 1 = Kehalusan Tras → 3mm
4. Faktor D = Level 2 = Lama Pengadukan → 10 menit
5. Faktor E = Level 2 = Kadar Air → 15%
6. Faktor F = Level 3 = Lama Proses *Curing* → 28 hari

3.9 Melakukan Eksperimen Konfirmasi

Setelah melakukan perhitungan dengan menggunakan uji ANOVA maka dapat diketahui *setting level* untuk masing-masing faktor. Dari hasil penentuan *setting level*, maka dilakukan percobaan konfirmasi dengan menggunakan *setting level* yang telah ditentukan, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 13 Data Kuat Tekan Percobaan Konfirmasi

Trial No	Kuat Tekan (kg/cm ²)
1	92
2	90
3	89
4	90
5	91
6	91
7	92
8	91
9	96
10	88
Rata-rata	91
Std.Dev	2.160

3.9.1 Pengujian Hipotesis Variansi

Pengujian hipotesis variansi ini digunakan untuk mengetahui apakah terdapat persamaan variansi antara data awal dengan data konfirmasi yang kemudian akan digunakan untuk

pengujian hipotesis rata-rata. Berdasarkan pengujian hipotesis variansi dengan struktur hipotesis :

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

Dimana σ_1 adalah variansi data historik dan σ_2 adalah variansi data konfirmasi. Diperoleh kesimpulan tidak terdapat perbedaan variansi antara data historis dengan data konfirmasi pada taraf nyata 0,05.

3.9.2 Pengujian Hipotesis Rata-Rata

Setelah melakukan pengujian hipotesis variansi maka dilakukan pengujian hipotesis rata-rata dengan struktur hipotesis :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 < \mu_2$$

Dimana μ_1 adalah rata-rata data historik dan μ_2 adalah rata-rata data konfirmasi, diperoleh kesimpulan bahwa rata-rata data historis lebih kecil dibandingkan dengan rata-rata data konfirmasi pada taraf nyata 0,05.

Dari hasil pengujian hipotesis rata-rata maka dapat diketahui bahwa nilai rata-rata historis lebih kecil daripada nilai data konfirmasi. Hal ini berarti terjadi peningkatan performansi kualitas dari bata tras kapur setelah menggunakan *setting level* yang telah ditentukan.

3.9.3 Perhitungan Loss Function

Perhitungan *loss function* dilakukan untuk mengetahui seberapa besar *loss* yang diperoleh perusahaan setelah menggunakan teknik/*setting level* baru. Hal ini dilakukan dengan membandingkan *loss function* sebelum menggunakan *setting level* baru dan sesudah menggunakan *setting level* baru. Dengan menggunakan data hasil eksperimen konfirmasi, maka dapat dilakukan perhitungan *loss function* sebagai berikut :

Tabel 14 Perhitungan *Loss Function*

Sampel	Data Historik (kg/cm2)	Loss Function Historik	Data Konfirmasi (kg/cm2)	Loss Function Konfirmasi
1	26	0.00147929	92	0.000118147
2	30	0.001111111	90	0.000123457
3	24	0.001736111	89	0.000126247
4	25	0.0016	90	0.000123457
5	28	0.00127551	91	0.000120758
6	23	0.001890359	91	0.000120758
7	24	0.001736111	92	0.000118147
8	21	0.002267574	91	0.000120758
9	21	0.002267574	96	0.000108507
10	26	0.00147929	88	0.000129132
Total Loss Function		0.01684293		0.001209369

Contoh Perhitungan untuk Sampel 1 :

$$\text{Loss Function Historik : } L(y) = k(1/y^2) = k(1/26^2) = 0.00147929 \text{ k}$$

$$\text{Loss Function Konfirmasi : } L(y) = k(1/y^2) = k(1/92^2) = 0.000118147 \text{ k}$$

$$\text{Total Loss Function Historik : } L(y) = k \sum_{i=1}^N (1/y^2) = 0.01684293 \text{ k}$$

$$\text{Total Loss Function Konfirmasi : } L(y) = k \sum_{i=1}^N (1/y^2) = 0.001209369 \text{ k}$$

Dari hasil perhitungan *loss function* diatas, maka dapat diketahui bahwa terjadi pengurangan *loss* setelah menggunakan kombinasi level yang baru.

3.9.4 Perhitungan Persentase Perbaikan

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan uji hipotesis, maka dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan kualitas setelah menggunakan *setting level* yang baru. Oleh karena itu dapat dihitung presentase perbaikan kualitas sebagai berikut :

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Rata - rata data konfirmasi} - \text{Rata - rata data historik}}{\text{Rata - rata data konfirmasi}} \\ &= \frac{91 - 24.8}{91} = 72.75\% \end{aligned}$$

Dari perhitungan persentase perbaikan dengan menggunakan uji hipotesis diatas, maka dapat disimpulkan bahwa terjadi peningkatan kualitas kuat tekan bata tras kapur dengan menggunakan metode Taguchi sebesar 72.75%.

Dan penurunan tingkat kerugian sebesar :

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Total Loss Function historik} - \text{Total Loss Function konfirmasi}}{\text{Total Loss Function historik}} \\ &= \frac{0.01684293k - 0.001209369k}{0.01684293k} = 92.82\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa terjadi pengurangan *loss* atau perbaikan kualitas setelah menggunakan metode Taguchi adalah sebesar 92.82%.

4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diperoleh setelah melakukan pengolahan data dan analisis dengan menggunakan metode Taguchi, antara lain :

- a. Faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap nilai kekuatan tekan bata tras kapur (batako) adalah faktor A (tekanan pembentukan), faktor B (komposisi kapur : tras), faktor C (kehalusan tras), faktor D (lama proses pengadukan), faktor E (kadar air), dan faktor F (lama proses *curing*).
- b. Adapun kombinasi level untuk masing-masing faktor sehingga menghasilkan bata tras kapur (batako) yang memiliki kuat tekan maksimum, antarlain :
 - Faktor A (tekanan pembentukan) → Level 2 (4 ton)
 - Faktor B (komposisi kapur : tras) → Level 1 (1 : 3)
 - Faktor C (kehalusan tras) → Level 1 (0,3mm)
 - Faktor D (lama pengadukan) → Level 2 (10 menit)
 - Faktor E (kadar air) → Level 2 (15%)
 - Faktor F (lama proses *Curing*) → Level 3 (28 hari)
- c. Persentase perbaikan setelah menggunakan metode Taguchi adalah sebesar 72.75% dan terjadi persentase pengurangan kerugian sebesar 92.82%. Hal ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode Taguchi, diperoleh perbaikan kualitas kuat tekan yang sangat baik sehingga performansi kualitas yang dihasilkan dapat sesuai dengan Standar Nasional Indonesia yang berlaku.

5. Daftar Pustaka

1. Bagchi, Tapan P.; "*Taguchi Methods Explained : Practical Step to Robust Design*", Prentice-Hall of India Private Limited, New Delhi, 1993.
2. Ishikawa, Kaoru; "*Teknik Penuntun Pengendalian Mutu*", terjemahan Ir. Nawolo Widodo, PT. Mediyatama Srana Perkasa, Jakarta, 1993.
3. Mitra, Amitava, "*Fundamentals of Quality Control and Improvement*", Prentice Hall. 2nd ed., New Jersey, 1998.
4. Peace, Glen S.; "*Taguchi Methods A Hands on Approach*", Addison Wesley Publishing Company, Canada, 1993.
5. Rachman, A.; "*Pengetahuan Tentang Tras, Kapur, Batako, dan Bahan Bagunan Beton*", Balai Besar Keramik, Bandung, 2008.
6. Ross, Philip J.; "*Taguchi Techniques for Quality Engineering*", McGraw-Hill. 2nd ed., New York, 1988.
7. Suripto, Ir.; "*Proses Pembuatan Batako*", Balai Besar Industri Keramik, Bandung, 1987.
8. Walpole, Ronald E.; "*Pengantar Statistika*", PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1993.