

METODE TAGUCHI MULTI RESPON UNTUK Mencari Kombinasi Level Faktor Optimal dalam Perbaikan Kualitas Keramik Tradisional

Muhammad Nurhasan Assidiq

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Krisnadwipayana
Jl. Kampus Unkris Jatiwaringin Bekasi PO.Box
Email : nurhasan_assidiq@unkris.ac.id

Abstrak. Kualitas merupakan hal yang paling penting yang harus terus ditingkatkan oleh setiap perusahaan untuk selalu dapat memenuhi kebutuhan dan keinginan konsumen (Vincent Gaspersz, 2011). Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan kualitas produk gerabah ditinjau dari sifat mekanik dan sifat fisik produk. Sifat mekanik yang menjadi fokus penelitian adalah bending strength dan impact strength yang menggambarkan kekuatan produk gerabah, dan sifat fisik yang diteliti adalah water absorption yang menggambarkan ketahanan produk terhadap jamur. Penelitian ini dilakukan di sentra industri keramik gerabah Desa Melikan, Kecamatan Wedi, Kabupaten Klaten dengan objek penelitian tempat duduk gerabah. Penelitian ini menggunakan metode Taguchi Multi Respon dengan menggunakan 7 faktor kendali yaitu lama waktu pengeringan, komposisi tanah plastis, komposisi tanah kurang plastis, komposisi pasir halus, komposisi abu jerami, holding time dan suhu sintering serta 1 faktor noise yaitu ukuran butiran material. Dari hasil penelitian, didapatkan 3 faktor kendali yang berpengaruh yaitu lama waktu pengeringan, holding time dan suhu sintering dengan setting kombinasi level faktor optimal yaitu A1 B2 C2 D1 E1 F2 G2. Terjadi peningkatan kualitas nilai bending strength, impact strength dan water absorption dari kondisi awal UKM dengan setting kombinasi level faktor optimal. Nilai bending strength mengalami peningkatan sebesar 4,75 Mpa dari 5,46 MPa menjadi 10,21 MPa, nilai impact strength mengalami peningkatan sebesar 0,0207 J/mm² dari 0,0591 J/mm² menjadi 0,0798 J/mm², dan nilai water absorption menurun sebesar 4,40 % dari 16,15 % menjadi 11,75 %.

Kata Kunci: kualitas gerabah, taguchi multi respon, bending strength, impact strength, water absorption

Abstract. Quality is the most important thing that must be continuously improved by every company to always be able to meet the needs and desires of consumers (Vincent Gaspersz, 2011). The purpose of this research is to improve the quality of earthenware products in terms of the mechanical and physical properties of the product. The mechanical properties that are the focus of this research are bending strength and impact strength which describe the strength of the pottery product, and the physical properties studied are water absorption which describe the product's resistance to mold. This research was conducted at the center of the pottery ceramics industry in Melikan Village, Wedi District, Klaten Regency with the research object being a pottery seat. This study used the Taguchi Multi Response method using 7 control factors, namely drying time, plastic soil composition, less plastic soil composition, fine sand composition, straw ash composition, holding time and sintering temperature and 1

noise factor, namely the grain size of the material. From the research results, it was found that 3 influential control factors were drying time, holding time and sintering temperature with optimal factor level combination settings, namely A1 B2 C2 D1 E1 F2 G2. There was an increase in the quality values of bending strength, impact strength and water absorption from the initial conditions of UKM with optimal factor level combination settings. The bending strength value increased by 4.75 MPa from 5.46 MPa to 10.21 MPa, the impact strength value increased by 0,0207 J/mm² from 0,0591 J/mm² to 0,0798 J/mm², and the water absorption value decreased by 4.40 % from 16.15 % to 11.75 %.

Keywords: pottery quality, taguchi multi response, bending strength, impact strength, water absorption

1. PENDAHULUAN

Di Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah, sentra industri gerabah terletak di Desa Melikan, Kecamatan Wedi, Kabupaten Klaten. Gerabah sudah dikenal sebagai keramik rakyat, karena dalam proses pembuatannya menggunakan bahan baku tanah liat bakaran rendah dan pembakaran dengan teknik yang cukup sederhana (Oka, 1979:19). Bahan dasar gerabah adalah lempung atau tanah liat. Saat kondisi basah, lempung mempunyai sifat plastis dan bila dibakar pada suhu tinggi akan berubah menjadi sangat keras (Gonggo, 2001; Garinas, 2009; Indiani & Umiati, 2009). Pada umumnya bahan teknik atau material teknik seperti keramik memiliki beberapa sifat, antara lain sifat mekanik, sifat fisik, sifat kimia dan sifat teknologi (Tata Surdia & Shinroku Saito, 2005).

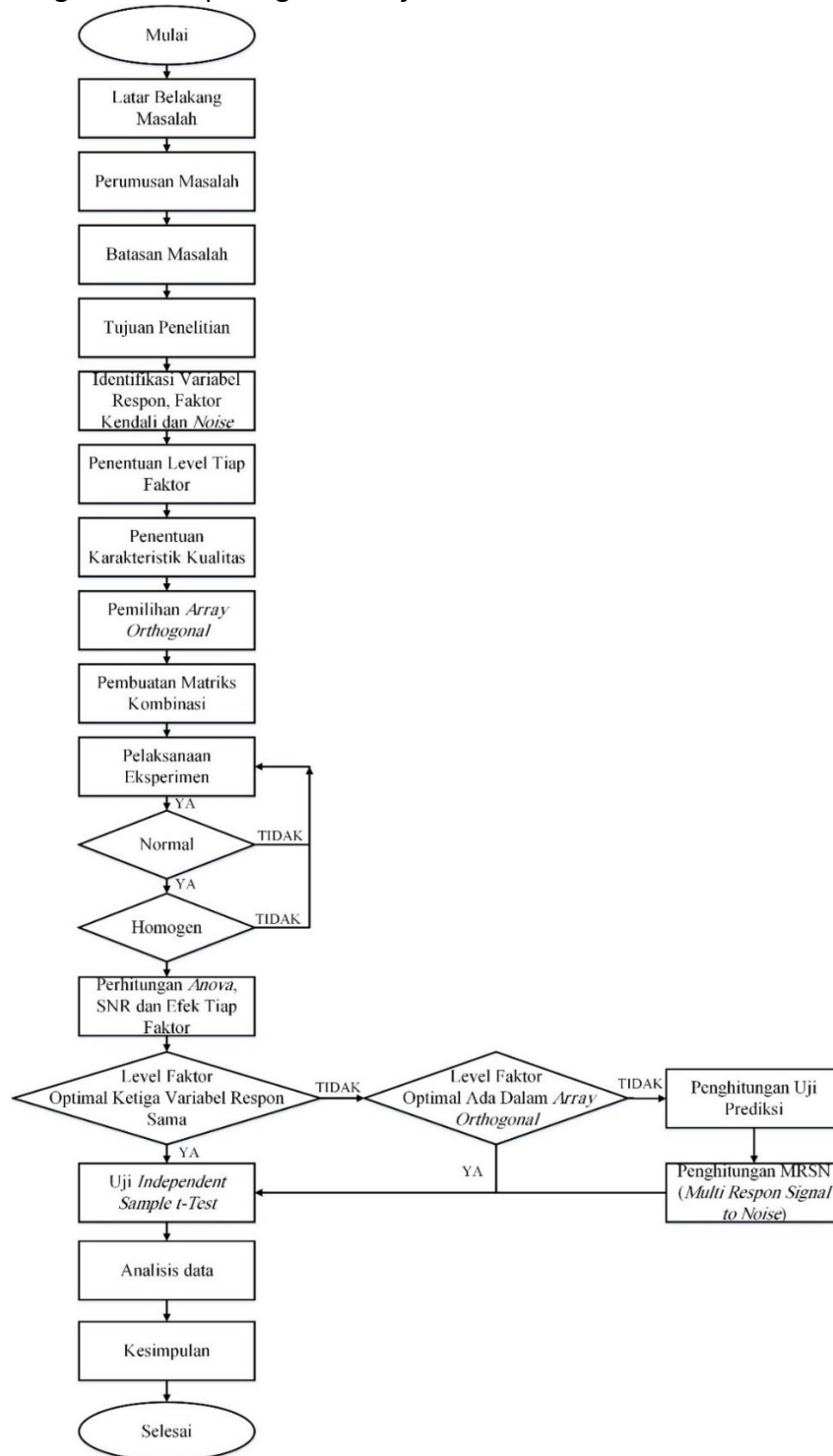
UKM Sanggar Lebah Priesta Keramik dan UKM Elvi Keramik memproduksi berbagai macam produk gerabah seperti vas, pot, kendi, meja, kursi, dll. Pada hasil produksi ditemukan gerabah yang tumbuh jamur. Di sisi lain, konsumen juga menginginkan produk gerabah yang memiliki kekuatan sebagai parameter kualitas (Purnomo, 2004 : 241- 242). Oleh karena itu akan diteliti tentang sifat mekanik dan sifat fisik dari produk gerabah sebagai parameter *reliability* produk (Montgomery 1998) . Sifat mekanik yang akan diteliti adalah *bending strength* dan *impact strength* yang menggambarkan kekuatan produk gerabah, dan sifat fisik yang diteliti adalah *water absorption* yang menggambarkan ketahanan produk gerabah terhadap jamur (Tata Surdia & Shinroku Saito, 2005).

Dalam beberapa penelitian sebelumnya belum ditemukan desain uji eksperimen peningkatan kualitas gerabah menggunakan metode *Taguchi Multi Respon*. Oleh karena itu, pada penelitian kali ini peneliti tertarik untuk melakukan desain uji eksperimen untuk pengendalian kualitas produk gerabah dengan metode *Taguchi Multi Respon* agar sesuai standar yang diaharpkan Sofjan Assauri (2008:210). Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui setting kombinasi level faktor optimal pembuatan produk gerabah sehingga dapat meningkatkan nilai *bending strength*, *impact strength* dan *water absorption* dengan metode *Taguchi Multi Respon*.
2. Mengetahui besarnya nilai *bending strength*, *impact strength* dan *water absorption* dari produk gerabah.

2. METODE PENELITIAN

Alur penelitian digambarkan pada gambar 1 *flowchart* berikut ini.



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perencanaan Eksperimen

Tahapan dalam perencanaan eksperimen antara lain sebagai berikut (Belavendram, 1995):

1. Identifikasi masalah.

a. Identifikasi variabel respon

Ada 3 variabel respon yang digunakan, yaitu *bending strength* dan *impact strength* yang mewakili parameter produk gerabah yang kuat, serta *water absorption* sebagai parameter produk gerabah yang tahan terhadap jamur.

b. Penentuan karakteristik kualitas

Untuk variabel respon *bending strength* menggunakan satuan MPa (megapascal) dan *impact strength* menggunakan satuan J/mm^2 tergolong karakteristik LTB (*larger the better*), sedangkan variabel respon *water absorption* menggunakan satuan persentase (%) dengan karakteristik STB (*smaller the better*).

2. Identifikasi Faktor Kendali

Terdapat 7 faktor kendali yang akan digunakan dalam melakukan eksperimen ini, antara lain sebagai berikut:

Tabel 1. Faktor Kendali

No	Faktor Kendali	Kode	Level		Satuan
			1	2	
1	Lama Waktu Pengeringan	A	5	7	Hari
2	Komposisi Tanah Plastis	B	4	6	Wadah
3	Komposisi Tanah Kurang Plastis	C	4	6	Wadah
4	Komposisi Pasir Halus	D	0.7	1	Wadah
5	Komposisi Abu Jerami	E	0	0.5	Wadah
6	<i> Holding Time </i>	F	0	30	Menit
7	<i> Suhu Sintering </i>	G	800	900	Celcius

3. Identifikasi faktor *noise*

Di tempat penelitian kali ini hanya menggunakan tanah liat dari satu sumber bahan baku, sehingga faktor *noise* adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Faktor *Noise*

No	Faktor <i>Noise</i>	Kode	Level		Satuan
			1	2	
1	Ukuran Butiran	H	80	120	<i> Mesh </i>

4. Pemilihan matriks *array orthogonal*

Matriks *array orthogonal* dipilih berdasarkan jumlah faktor kendali, jumlah faktor *noise*, jumlah level tiap faktor dan derajat bebas. Berikut ini adalah matriks *array orthogonal* yang digunakan dalam eskperimen:

Tabel 3. *Array Orthogonal* L8 (2^7) x L4 (2^3)

L8 OA (INNER ARRAY)								Data Percobaan				
Trial	Column Number							Faktor <i>Noise</i>				
	Faktor Kendali							H	1	1	2	2
	A	B	C	D	E	F	G	R1	R2	R1	R2	
1	1	1	1	1	1	1	1	R1.1	R1.2	R1.3	R1.4	
2	1	1	1	2	2	2	2	R2.1	R2.2	R2.3	R2.4	
3	1	2	2	1	1	2	2	R3.1	R3.2	R3.3	R3.4	
4	1	2	2	2	2	1	1	R4.1	R4.2	R4.3	R4.4	
5	2	1	2	1	2	1	2	R5.1	R5.2	R5.3	R5.4	
6	2	1	2	2	1	2	1	R6.1	R6.2	R6.3	R6.4	
7	2	2	1	1	2	2	1	R7.1	R7.2	R7.3	R7.4	
8	2	2	1	2	1	1	2	R8.1	R8.2	R8.3	R8.4	

3.2 Pelaksanaan Eksperimen

Tahapan pelaksanaan eksperimen merupakan tahapan untuk mengumpulkan data-data dari hasil eksperimen dan hasil pengujian sesuai dengan matriks kombinasi *array orthogonal* yang telah terpilih. Adapun tahapan-tahapan dalam pelaksanaan eksperimen adalah pengujian *bending strength*, *impact strength*, *water absorption* sesuai standar ASTM.

3.3 Pengujian Data Hasil Eksperimen

1. Uji Anova

Untuk mengetahui faktor yang berpengaruh secara signifikan maka dilakukan dengan pengujian *Anova*.

Tabel 4. Uji Anova Bending Strength

Sumber Variasi	V	SS	MS	F Hitung	F Tabel	SS'	% Kontribusi	Pengaruh
Faktor A	1	2.7347	2.7347	0.3103	4.2597	-6.0781	-2.12%	TIDAK BERPENGARUH
Faktor B	1	10.3417	10.3417	1.1735	4.2597	1.5289	0.53%	TIDAK BERPENGARUH
Faktor C	1	4.3700	4.3700	0.4959	4.2597	-4.4427	-1.55%	TIDAK BERPENGARUH
Faktor D	1	16.5541	16.5541	1.8784	4.2597	7.7414	2.70%	TIDAK BERPENGARUH
Faktor E	1	7.6635	7.6635	0.8696	4.2597	-1.1493	-0.40%	TIDAK BERPENGARUH
Faktor F	1	33.2857	33.2857	3.7770	4.2597	24.4730	8.53%	TIDAK BERPENGARUH
Faktor G	1	0.6023	0.6023	0.0683	4.2597	-8.2104	-2.86%	TIDAK BERPENGARUH
Residual	24	211.5058	8.8127			273.1950	95.17%	
Total		287.0579		TOTAL			1	

Tabel 5. Uji Anova Impact Strength

Sumber Variasi	V	SS	MS	F Hitung	F Tabel	SS'	% Kontribusi	Pengaruh
Faktor A	1	0.0004	0.0004	0.2126	4.2597	-0.0014	-2.17%	TIDAK BERPENGARUH
Faktor B	1	0.0026	0.0026	1.4835	4.2597	0.0009	1.33%	TIDAK BERPENGARUH
Faktor C	1	0.0018	0.0018	1.0028	4.2597	0.0000	0.01%	TIDAK BERPENGARUH
Faktor D	1	0.0047	0.0047	2.6331	4.2597	0.0029	4.50%	TIDAK BERPENGARUH
Faktor E	1	0.0013	0.0013	0.7287	4.2597	-0.0005	-0.75%	TIDAK BERPENGARUH
Faktor F	1	0.0098	0.0098	5.5123	4.2597	0.0080	12.45%	BERPENGARUH
Faktor G	1	0.0012	0.0012	0.6788	4.2597	-0.0006	-0.89%	TIDAK BERPENGARUH
Residual	24	0.0426	0.0018			0.0551	85.51%	
Total		0.0644		TOTAL			1	

Tabel 6. Uji Anova Water Absorption

Sumber Variasi	V	SS	MS	F Hitung	F Tabel	SS'	% Kontribusi	Pengaruh
Faktor A	1	5.9777	5.9777	8.6708	4.2597	5.2883	9.65%	BERPENGARUH
Faktor B	1	1.6870	1.6870	2.4470	4.2597	0.9976	1.82%	TIDAK BERPENGARUH
Faktor C	1	1.3788	1.3788	2.0000	4.2597	0.6894	1.26%	TIDAK BERPENGARUH
Faktor D	1	0.2811	0.2811	0.4077	4.2597	-0.4083	-0.75%	TIDAK BERPENGARUH
Faktor E	1	2.8481	2.8481	4.1312	4.2597	2.1587	3.94%	TIDAK BERPENGARUH
Faktor F	1	6.8958	6.8958	10.0026	4.2597	6.2064	11.33%	BERPENGARUH
Faktor G	1	19.1600	19.1600	27.7921	4.2597	18.4706	33.72%	BERPENGARUH
Residual	24	16.5457	0.6894			21.3716	39.02%	
Total		54.7743		TOTAL			1	

2. Perhitungan Signal to Noise Ratio (SNR)

Untuk variabel respon *bending strength* dan *impact strength* memiliki karakteristik kualitas *larger the better* (LTB) yaitu semakin besar nilai maka akan semakin meningkat kekuatan produk gerabah. Adapun persamaan sebagai berikut:

$$S/N_{LTB} = -10 \text{Log} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \dots\dots\dots (1)$$

Tabel 7. SNR Bending Strength

R1	R2	R3	R4	$\Sigma(\frac{1}{y^2})$	$(\frac{1}{n}) \times \Sigma(\frac{1}{y^2})$	SNR
13.00	10.49	6.38	3.30	0.1312	0.0328	14.8415
11.99	9.79	14.27	4.56	0.0704	0.0176	17.5465
11.36	10.91	10.36	8.22	0.0403	0.0101	19.9708
5.84	6.46	10.23	7.22	0.0820	0.0205	16.8842
10.22	8.03	8.53	12.03	0.0457	0.0114	19.4185
9.53	8.41	10.36	7.91	0.0505	0.0126	18.9915
12.15	4.17	8.98	13.07	0.0826	0.0207	16.8485
4.72	9.08	2.09	5.75	0.3172	0.0793	11.0070

Tabel 8. SNR Impact Strength

R1	R2	R3	R4	$\Sigma(\frac{1}{y^2})$	$(\frac{1}{n}) \times \Sigma(\frac{1}{y^2})$	SNR
0.0675	0.0936	0.1445	0.0916	501.0354	125.2589	-20.9781
0.0691	0.0819	0.1457	0.0554	731.3165	182.8291	-22.6205
0.0386	0.0302	0.0946	0.1559	1922.1662	480.5416	-26.8173
0.0760	0.1763	0.0711	0.1326	460.3924	115.0981	-20.6107
0.0419	0.0661	0.1771	0.0781	994.2293	248.5573	-23.9543
0.0921	0.0662	0.0535	0.1099	778.4765	194.6191	-22.8919
0.0565	0.0781	0.1054	0.0664	793.9987	198.4997	-22.9776
0.1816	0.1224	0.1926	0.1464	170.6832	42.6708	-16.3013

Sedangkan variabel respon *water absorption* memiliki karakteristik semakin kecil nilai *water absorption* maka akan semakin meningkat ketahanan produk gerabah terhadap jamur. Hal ini berarti *water absorption* menggunakan karakteristik kualitas *smaller the better* (STB) dengan persamaan sebagai berikut:

$$S/N_{STB} = -10 \text{Log} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \dots\dots\dots (2)$$

Tabel 9. SNR Water Absorption

(R1) ²	(R2) ²	(R3) ²	(R4) ²	ΣR	$\frac{\Sigma R}{n}$	SNR
195.7084	210.2279	198.3865	210.7530	815.0757	203.7689	-23.0914
127.4220	167.4312	149.5838	152.9151	597.3520	149.3380	-21.7417
142.5436	149.4334	123.1914	138.0214	553.1898	138.2975	-21.4081
199.9389	234.5888	194.6789	229.3042	858.5108	214.6277	-23.3169
230.7447	184.9273	220.9642	217.6157	854.2519	213.5630	-23.2953
212.6542	234.8737	178.5847	209.4999	835.6124	208.9031	-23.1994
145.1497	253.0290	214.5158	218.5618	831.2563	207.8141	-23.1767
188.4124	165.6369	171.4955	145.9237	671.4684	167.8671	-22.2497
Total						-181.4792

3. Perhitungan Efek Tiap Faktor

Berikut hasil perhitungan efek tiap faktor dari ketiga variabel.

Tabel 10. Efek Tiap Faktor *Bending Strength*

Level	Faktor Kendali						
	A	B	C	D	E	F	G
Level 1	17.3107	17.6995	15.0609	17.7698	16.2027	15.5378	16.8914
Level 2	16.5664	16.1776	18.8162	16.1073	17.6744	18.3393	16.9857
Selisih	0.7444	1.5218	3.7554	1.6625	1.4717	2.8015	0.0943
Ranking	6	4	1	3	5	2	7
Optimal	A1	B1	C2	D1	E2	F2	G2

Dari perhitungan faktor kendali di atas, kombinasi level faktor optimal untuk variabel respon *bending strength* adalah **A1 B1 C2 D1 E2 F2 G2**

Tabel 11. Efek Tiap Faktor *Impact Strength*

Level	Faktor Kendali						
	A	B	C	D	E	F	G
Level 1	-22.7566	-22.6112	-20.7194	-23.6818	-21.7471	-20.4611	-21.8646
Level 2	-21.5313	-21.6767	-23.5685	-20.6061	-22.5407	-23.8268	-22.4233
Selisih	1.2254	0.9344	2.8492	3.0757	0.7936	3.3657	0.5588
Ranking	4	5	3	2	6	1	7
Optimal	A2	B2	C1	D2	E1	F1	G1

Dari perhitungan faktor kendali di atas, kombinasi level faktor optimal untuk variabel respon *impact strength* adalah **A2 B2 C1 D2 E1 F1 G1**

Tabel 12. Efek Tiap Faktor *Water Absorption*

Level	Faktor Kendali						
	A	B	C	D	E	F	G
Level 1	-22.390	-22.832	-22.565	-22.743	-22.487	-22.988	-23.196
Level 2	-22.980	-22.538	-22.805	-22.627	-22.883	-22.382	-22.174
Selisih	0.591	0.294	0.240	0.116	0.395	0.607	1.022
Ranking	3	5	6	7	4	2	1
Optimal	A1	B2	C1	D2	E1	F2	G2

Dari perhitungan faktor kendali di atas, kombinasi level faktor optimal untuk variabel respon *water absorption* adalah **A1 B2 C1 D2 E1 F2 G2**

4. Uji Prediksi Data Hasil Eksperimen

Dengan menggunakan bantuan *software* Winqsb didapatkan formula *regresi linier* untuk ketiga variabel respon sebagai berikut:

a. Variabel Respon *Bending Strength*

Tabel 13. *Regresi Linier Bending Strength*

Replikasi	Formula <i>Regresi Linier</i>
1	$37,27708 - (0,69625A) - (1,33375B) - (0,6137499C) - (12,20833D) + (0,7950003E) + (0,09374999F) - (0,005575G)$
2	$1,733333 - (0,995A) - (0,7624999B) + (0,03499997C) + (0,1,16667D) - (5,22E) - (0,00699998F) + (0,0207G)$
3	$13,315 - (1,41A) - (0,9850001B) + (0,9699998C) + (2,25D) + (6,41E) + (0,1395F) - (0,001749998G)$
4	$-5,540835 + (1,9325A) + (0,8075B) + (1,0875C) - (9,316667D) + (5,849999E) + (0,0455F) - (0,002349998G)$

Tabel 14. Hasil Prediksi *Bending Strength*

Trial	A	B	C	D	E	F	G	1	2	3	4
1	1	1	1	1	1	1	1	13.00	10.49	6.38	3.30
2	1	1	1	1	1	1	2	12.44	12.56	6.21	3.06
3	1	1	1	1	1	2	1	15.81	10.28	10.57	4.66
4	1	1	1	1	1	2	2	15.25	12.35	10.39	4.43
5	2	1	1	1	1	1	1	11.61	8.50	3.56	7.16
6	2	1	1	1	1	1	2	11.05	10.57	3.39	6.93
7	2	1	1	1	1	2	1	14.42	8.29	7.75	8.53
8	2	1	1	1	1	2	2	13.86	10.36	7.57	8.29

b. Variabel Respon *Impact Strength*

Tabel 15. *Regresi Linier Impact Strength*

Replikasi	Formula Regresi Linier
1	$-0,1892708 + (0,0151125A) + (0,0102625B) - (0,0157625C) + (0,1785833D) - (0,06815001E) - (0,0009225F) + (0,00009775002G)$
2	$0,21625 - (0,006149999A) + (0,0124B) - (0,004649999C) + (0,149D) + (0,045E) - (0,001683333F) - (0,000284G)$
3	$-0,2131958 + (0,009087501A) - (0,0071375B) - (0,0239875C) - (0,04891668D) + (0,007049998E) - (0,001550833F) + (0,00058875G)$
4	$-0,6064042 + (0,007112501A) + (0,0322375B) + (0,0260375C) + (0,1199167D) - (0,03985E) + (0,0002541666F) + (0,00031725G)$

Tabel 16. Hasil Prediksi *Impact Strength*

Trial	A	B	C	D	E	F	G	1	2	3	4
1	1	1	1	1	1	1	1	0.0675	0.0936	0.1445	0.0916
2	1	1	1	1	1	1	2	0.0773	0.0652	0.2034	0.0317
3	1	1	1	1	1	2	1	0.0398	0.0431	0.0980	0.0076
4	1	1	1	1	1	2	2	0.0496	0.0147	0.1569	0.0393
5	2	1	1	1	1	1	1	0.0977	0.0813	0.1627	0.0142
6	2	1	1	1	1	1	2	0.1075	0.0529	0.2216	0.0459
7	2	1	1	1	1	2	1	0.0701	0.0308	0.1162	0.0218
8	2	1	1	1	1	2	2	0.0798	0.0024	0.1750	0.0536

c. Variabel Respon *Water Absorption*

Tabel 17. *Regresi Linier Water Absorption*

Replikasi	Formula Regresi Linier
1	$15,45875 + (0,5237499A) - (0,3987499B) + (0,59875C) + (0,4750005D) - (0,7849994E) - (0,05991666F) - (0,006525004G)$
2	$31,41958 + (0,3412501A) - (0,006250024B) + (0,03125012C) + (0,1916655D) + (1,425E) + (0,0009166638F) - (0,023575G)$
3	$23,15458 + (0,57625A) - (0,2162498B) - (0,09875C) - (1,708333D) + (2,024999E) - (0,03875F) - (0,011875G)$
4	$30,0175 + (0,2874999A) - (0,2950001B) + (0,2950001C) - (1,45D) + (2,11E) - (0,02600001F) - (0,0199G)$

Tabel 18. Hasil Prediksi *Water Absorption*

Trial	A	B	C	D	E	F	G	1	2	3	4
1	1	1	1	1	1	1	1	13.99	14.50	14.08	14.52
2	1	1	1	1	1	1	2	13.34	12.14	12.89	12.53

3	1	1	1	1	1	2	1	12.19	14.53	12.92	13.74
4	1	1	1	1	1	2	2	11.54	12.17	11.73	11.75
5	2	1	1	1	1	1	1	15.04	15.18	15.23	15.09
6	2	1	1	1	1	1	2	14.38	12.82	14.04	13.10
7	2	1	1	1	1	2	1	13.24	15.21	14.07	14.31
8	2	1	1	1	1	2	2	12.59	12.85	12.88	12.32

5. Perhitungan *Multi Respon Signal to Noise* (MRSN)

Langkah yang dilakukan adalah menghitung *quality loss* (L_{ij}) dan normalisasi *quality loss* (C_{ij}) untuk setiap *trial*, lalu menghitung *total normalized quality loss* (TNQL) dan MRSN *ratio* setiap eksperimen, lalu menentukan kombinasi level faktor yang optimal berdasarkan nilai MRSN terbesar

Tabel 19. Perhitungan MRSN

Trial	A	B	C	D	E	F	G	TNQLj	MRSN
1	1	1	1	1	1	1	1	0.5271	2.7808
2	1	1	1	1	1	1	2	0.4908	3.0912
3	1	1	1	1	1	2	1	0.3810	4.1907
4	1	1	1	1	1	2	2	0.3305	4.8083
5	2	1	1	1	1	1	1	0.5434	2.6487
6	2	1	1	1	1	1	2	0.4892	3.1049
7	2	1	1	1	1	2	1	0.3827	4.1710
8	2	1	1	1	1	2	2	0.4257	3.7093
9	1	1	1	2	2	2	2	0.3410	4.6723
10	1	2	2	1	1	2	2	0.2731	5.6361
11	1	2	2	2	2	1	1	0.4564	3.4069
12	2	1	2	1	2	1	2	0.3916	4.0715
13	2	1	2	2	1	2	1	0.3930	4.0559
14	2	2	1	1	2	2	1	0.4477	3.4898
15	2	2	1	2	1	1	2	0.8002	0.9679

Contoh perhitungan

$$TNQL_i = \sum_{i=1}^m w_i C_{ij} \dots\dots\dots (3)$$

$$= 0,230185 + 0,000319 + 0,296625$$

$$= 0,5271$$

$$MRSN_j = -10\log(TNQL_j)$$

$$= -\log(0,5271)$$

$$= 0,27808$$

Dari tabel di atas nilai MRSN terbesar adalah *trial* nomor 10 yaitu 5,6361 dengan kombinasi level faktor optimal adalah A1: lama waktu pengeringan selama 5 hari, B2: 6 wadah tanah plastis, C2: 6 wadah tanah kurang plastis, D1: 0,7 wadah pasir halus, E1: tidak memakai campuran abu jerami, F2: *holding time* selama 30 menit, G2: suhu *sintering* 900 ° C.

4. ANALISIS PENGOLAHAN DATA

4.1 Analisis Data Awal UKM

Kondisi awal UKM dalam memproduksi gerabah adalah A1: lama waktu pengeringan selama 5 hari, B1: 4 wadah tanah plastis, C2: 6 wadah tanah kurang plastis, D1: 0,7 wadah pasir halus, E1: tidak memakai campuran abu jerami, F1: tidak memakai *holding time*, G1: suhu *sintering* 800 ° C. Sedangkan untuk faktor *noise* ukuran butiran, kondisi awal UKM tidak mempertimbangkan hal tersebut. Dari hasil eksperimen kondisi awal UKM dengan melakukan 4 replikasi, maka didapatkan rata-rata nilai 3 variabel respon produk gerabah sebagai berikut:

Tabel 20. Nilai Kondisi Awal UKM

KONDISI AWAL UKM	
<i>Bending Strength</i>	5,46 MPa
<i>Impact Strength</i>	0,0591 J/mm ²
<i>Water Absorption</i>	16,15 %

Nilai untuk ketiga variabel respon masih cukup rendah, karena dapat disebabkan oleh faktor ukuran butiran material yang masih kasar sehingga hasil produk gerabah memiliki tingkat porositas yang cukup besar. Tingkat porositas yang cukup besar akan berdampak pada kekuatan produk gerabah akan menurun. Selain itu, apabila tingkat porositas cukup besar maka akan berdampak pada banyaknya rongga udara dalam produk gerabah yang akan mudah dimasuki air apabila dalam kondisi jenuh sehingga memungkinkan produk gerabah rentan terhadap jamur. Penelitian oleh Miftakhul Huda dan Erna Hastuti (2012) tentang pengaruh temperatur pembakaran dan penambahan abu terhadap kualitas batu bata, hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai porositas berbanding terbalik dengan kekuatan tekan batu bata, atau dengan kata lain semakin besar porositas maka kekuatan akan semakin menurun.

4.2 Kombinasi Level Faktor Optimal

Dalam penelitian ini, berdasarkan perhitungan SN Ratio dan perhitungan efek tiap faktor, maka didapatkan kombinasi level faktor optimal yang berbeda untuk masing-masing variabel respon dan faktor kendali yang berpengaruh juga berbeda untuk setiap variabel respon (Mitra, 1998). Datanya ditampilkan sebagai berikut :

Kombinasi Level Faktor Optimal

- Bending Strength* : A1 B1 C2 D1 E2 F2 G2
- Impact Strength* : A2 B2 C1 D2 E1 F1 G1
- Water Absorption* : A1 B2 C1 D2 E1 F2 G2

Faktor Kendali yang Berpengaruh

- Bending Strength* : Tidak ada faktor yang berpengaruh
- Impact Strength* : F
- Water Absorption* : A, F, G

Dengan menggunakan metode *Taguchi Multi Respon Signal to Noise* (MRSN) dengan mempertimbangkan 7 faktor kendali dan 1 faktor *noise* yang ada, maka didapatkan kombinasi level faktor optimal sebagai berikut :

A1 : lama waktu pengeringan selama 5 hari

B2 : 6 wadah tanah plastis

C2 : 6 wadah tanah kurang plastis

D1 : 0,7 wadah pasir halus

E1 : tidak memakai campuran abu jerami

F2 : *holding time* selama 30 menit

G2 : suhu *sintering* 900 ° C

Dari perhitungan *Multi Respon Signal to Noise* (MRSN), didapatkan hasil setting kombinasi level faktor optimal untuk masing-masing variabel respon adalah sebagai berikut:

Tabel 21. Nilai Kombinasi Optimal

Variabel Respon	A	B	C	D	E	F	G	1	2	3	4	Rata-Rata
<i>Bending Strength</i>	1	2	2	1	1	2	2	11.36	10.91	10.36	8.22	10.21
<i>Impact Strength</i>	1	2	2	1	1	2	2	0.0386	0.0302	0.0946	0.1559	0.0798
<i>Water Absorption</i>	1	2	2	1	1	2	2	11.94	12.22	11.10	11.75	11.75

4.3 Perbandingan Data Awal UKM dengan Data Kombinasi Level Faktor Optimal

Setelah dilakukan eksperimen terhadap kondisi awal UKM dan kombinasi level faktor optimal, ternyata didapatkan peningkatan hasil nilai untuk masing-masing variabel respon, datanya ditampilkan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 22. Perbandingan Nilai Awal UKM dan Nilai Kombinasi Optimal

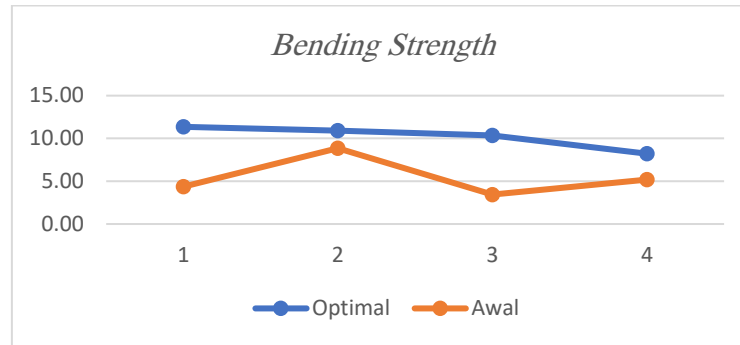
Variabel Respon	Data Awal UKM	Data Optimal	Selisih Kenaikan
<i>Bending Strength</i>	5.46 MPa	10.21 MPa	4.75 MPa
<i>Impact Strength</i>	0.0591 J/mm ²	0.0798 J/mm ²	0.0207 J/mm ²
<i>Water Absorption</i>	16.15 %	11.75 %	4.40 %

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa semua variabel respon mengalami peningkatan terhadap nilai kualitas produk gerabah. Hal ini sangat dipengaruhi oleh faktor lama waktu pengeringan yang cukup lama yaitu 5 hari sehingga produk gerabah yang dibakar sudah cukup kering, kemudian lama waktu *holding time* selama 30 menit dengan suhu *sintering* 900 ° C dan ukuran butiran material yang lebih halus dibandingkan dengan kondisi awal UKM. Faktor tersebutlah yang sangat mempengaruhi meningkatnya kualitas produk gerabah berdasarkan 3 variabel respon yang ada.

Namun setelah dilakukan uji *independent sample t-test* terhadap nilai awal dan optimal dari ketiga variabel respon, ternyata tidak semua variabel respon mengalami peningkatan secara signifikan, adapun analisis yang dapat diberikan adalah sebagai berikut;

1. Variabel Respon *Bending Strength*

Pada grafik di bawah ini ditampilkan perbandingan sejumlah 4 replikasi nilai *bending strength* kondisi awal UKM dengan kondisi optimal.

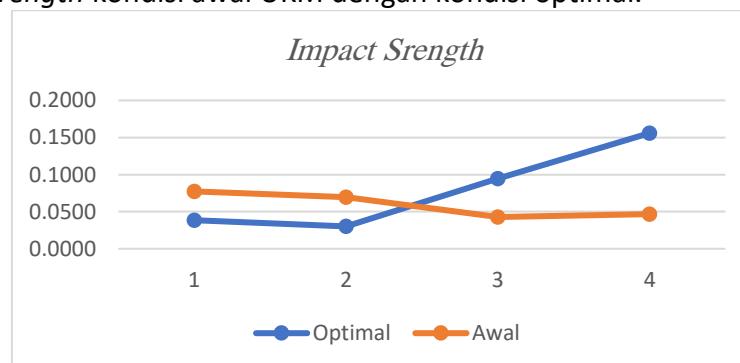


Gambar 2. Nilai *Bending Strength* Optimal

Meskipun nilai *bending strength* optimal lebih besar daripada nilai kondisi awal UKM, namun dari grafik menunjukkan nilai *bending strength* mengalami penurunan secara perlahan, dan hasil pengujian uji *independent sample t-test* menunjukkan bahwa kombinasi level faktor optimal A1 B2 C2 D1 E1 F2 G2 dapat memberikan peningkatan secara signifikan terhadap nilai *bending strength*. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor sebagai berikut:

- a. Tidak ada faktor kendali yang memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel respon *bending strength*, hal ini dapat disebabkan kondisi perancangan komposisi material B C D E (tanah plastis, tanah kurang plastis, pasir halus dan abu jerami) yang masih kurang optimal dan kondisi perlakuan faktor A, F dan G masih kurang tepat.
 - b. Ada interaksi antara level 1 dan 2 dari faktor kendali yang tidak berpengaruh.
 - c. Masih terkendala belum bisa membuat campuran bahan baku yang homogen.
 - d. Terkendala dalam proses membuat *spesimen*, sehingga memiliki dimensi ukuran berbeda-beda.
 - e. Dimungkinkan karena *variansi* nilai hasil pengujian *bending strength* terlalu lebar.
 - f. Nilai *bending strength* semakin kecil (mengalami penurunan) dengan jumlah 4 replikasi.
2. Variabel Respon *Impact Strength*

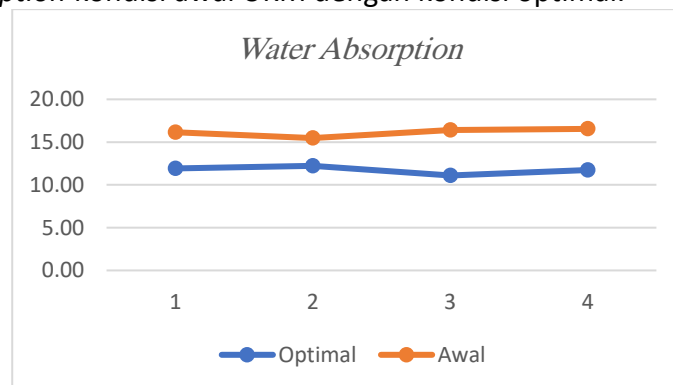
Pada grafik di bawah ini ditampilkan perbandingan sejumlah 4 replikasi nilai *impact strength* kondisi awal UKM dengan kondisi optimal.



Gambar 3. Nilai *Impact Strength* Optimal

Meskipun rata-rata nilai *impact strength* optimal relatif lebih besar daripada nilai kondisi awal UKM, namun hasil pengujian uji *independent sample t-test* menunjukkan bahwa kombinasi level faktor optimal A1 B2 C2 D1 E1 F2 G2 tidak memberikan peningkatan secara signifikan terhadap nilai *impact strength*. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor sebagai berikut:

- a. Hanya ada 1 faktor kendali yang memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel respon *bending strength*, yaitu faktor F (*holding time*). Hal tersebut dapat disebabkan kondisi perancangan komposisi material B C D E (tanah plastis, tanah kurang plastis, pasir halus dan abu jerami) yang masih kurang optimal dan kondisi perlakuan faktor A, F dan G masih kurang tepat.
 - b. Ada interaksi antara level 1 dan 2 dari faktor kendali yang tidak berpengaruh.
 - c. Masih terkendala belum bisa membuat campuran bahan baku yang homogen.
 - d. Terkendala dalam proses membuat *spesimen*, sehingga memiliki dimensi ukuran berbeda-beda.
 - e. Variansi nilai *impact strength* dari 4 replikasi terlalu besar, yaitu nilai *impact strength* mengalami peningkatan dengan variansi yang terlalu besar.
3. Variabel Respon *Water absorption*
Pada grafik di bawah ini ditampilkan perbandingan sejumlah 4 replikasi nilai *water absorption* kondisi awal UKM dengan kondisi optimal.



Gambar 4. Nilai *Water Absorption* Optimal

Nilai *water absorption* optimal lebih kecil daripada nilai kondisi awal UKM, dan hasil pengujian uji *independent sample t-test* juga menunjukkan bahwa kombinasi level faktor optimal A1 B2 C2 D1 E1 F2 G2 dapat memberikan peningkatan secara signifikan terhadap nilai *water absorption*. Hal ini dikarenakan nilai *water absorption* optimal relatif stabil (tidak terjadi fluktuasi). Faktor yang memberikan pengaruh paling signifikan terhadap nilai *water absorption* adalah tingkat kekeringan produk, *holding time* dan tingkat suhu *sintering*. Pada kombinasi level faktor optimal tersebut, produk gerabah diberikan perlakuan lama waktu pengeringan selama 5 hari dan dibakar pada suhu 900 ° C dengan *holding time* selama 30 menit, sehingga dapat dihasilkan produk yang benar-benar matang dan memiliki tingkat kerapatan yang bagus (tingkat porositas menjadi kecil) sehingga semakin sulit menyerap air (nilai *water absorption* semakin kecil).

4.4 Alternatif Kombinasi Level Faktor Optimal

Ada beberapa pilihan alternatif usulan bagi UKM Sanggar Lebah Priesta Keramik dan UKM Elvi Keramik berdasarkan perhitungan setting kombinasi level faktor optimal dengan *Multi Respon Signal to Noise Ratio* (MRSN). Pilihan ini mempertimbangkan nilai variabel respon dan faktor biaya yang dibutuhkan untuk meningkatkan nilai variabel respon. Berikut ini alternatif kombinasi level faktor optimal yang dapat menjadi pilihan.

Tabel 23. Pilihan Alternatif Usulan Kombinasi Level Faktor Optimal

Trial	Level Faktor Kendali							Variabel Respon			Biaya
	A	B	C	D	E	F	G	Bending Strength	Impact Strength	Water Absorption	
Awal	1	1	2	1	1	1	1	5.46	0.0591	16.15	Rp 15.072,93
1	1	1	1	1	1	1	1	8.29	0.0993	14.27	Rp 16.472,92
2	1	1	1	1	1	1	2	8.57	0.0944	12.73	Rp 16.806,25
3	1	1	1	1	1	2	1	10.33	0.0471	13.34	Rp 18.139,59
4	1	1	1	1	1	2	2	10.61	0.0651	11.80	Rp 18.472,92
5	2	1	1	1	1	1	1	7.71	0.0890	15.14	Rp 16.472,92
6	2	1	1	1	1	1	2	7.98	0.1070	13.59	Rp 16.806,25
7	2	1	1	1	1	2	1	9.75	0.0597	14.21	Rp 18.139,59
8	2	1	1	1	1	2	2	10.02	0.0777	12.66	Rp 18.472,92
9	1	1	1	2	2	2	2	10.15	0.0880	12.21	Rp 18.791,67
10	1	2	2	1	1	2	2	10.21	0.0798	11.75	Rp 19.722,92
11	1	2	2	2	2	1	1	7.44	0.1140	14.64	Rp 18.041,67
12	2	1	2	1	2	1	2	9.70	0.0908	14.60	Rp 17.618,75
13	2	1	2	2	1	2	1	9.05	0.0804	14.44	Rp 18.895,84
14	2	2	1	1	2	2	1	9.59	0.0766	14.35	Rp 18.952,09
15	2	2	1	2	1	1	2	5.41	0.1608	12.94	Rp 17.562,50

5. KESIMPULAN

Dari eksperimen yang telah dilakukan terhadap produk gerabah dengan mempertimbangkan 7 faktor kendali dan 1 faktor *noise* berdasarkan 3 variabel respon, maka didapatkan setting kombinasi level faktor optimal pembuatan produk gerabah adalah lama waktu pengeringan selama 5 hari, 6 wadah tanah plastis, 6 wadah tanah kurang plastis, 0,7 wadah pasir halus, tidak memakai campuran abu jerami, *holding time* selama 30 menit, suhu *sintering* 900 ° C. Berdasarkan setting kombinasi level faktor optimal tersebut, didapatkan besarnya nilai optimal adalah *Bending Strength* 10,21 Mpa, *Impact Strength* 0,0798 J/mm², *Water Absorption* 11,75 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, S. 2008. Manajemen produksi dan operasi. Jakarta: LPFEUI.
- Belavendram, N. 1995. Quality by design: taguchi techniques for industrial experimentation. Singapore: Prentice Hall.
- Garinas, W. 2009. Karakteristik bahan baku kaolin untuk bahan pembuatan badan isolator listrik keramik porselen fuse cut out (fco). Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia. 11(2): 120-125.
- Gasperz, V. 2011. Lean six sigma for manufacturing and service industries. Bogor:

Penerbit Vinchristo Publication.

- Gonggo, S. T., . 2001. Analisa mineral lempung kelurahan tatura palu sulteng sebagai bahan dasar keramik. *Jurnal Kimia Tadulako*. 2(2): 32-34.
- Indiani, E., & Umiati, N. A. K. 2009. Keramik porselen berbasis feldspar sebagai bahan isolator listrik. *Jurnal Telkomnika*. 7(2). 83-92.
- Mitra, A. 1998. *Fundamentals of quality control and improvement*. New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Montgomery, D. C. 1998. *Pengantar pengendalian kualitas statistik*. Terjemahan oleh Prof. Dr. Zanzawi Soejati, MSc. 1998. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.
- Oka, I.B. 1979. *Keramik tradisional Bali*. Sasana Budaya Denpasar.
- Purnomo, Hari. 2004. *Pengendalian kualitas statistik*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Tata Surdia & Shinroku Saito. 2005. *Pengetahuan Bahan*. Pradnya Paramita.
- Miftakhul Huda & Erna Hastuti. 2012. Pengaruh Temperatur Pembakaran dan Penambahan Abu Terhadap Kualitas Batu Bata. *Jurnal Neutrino Vol.4, No. 2 April 2012: Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maliki Malang*