

ANALISA DESAIN EKSPERIMENT PEMBUATAN BATAKO BERBAHAN ALTERNATIF LUMPUR LAPINDO DAN FLY ASH DENGAN METODE TAGUCHI

DESIGN OF EXPERIMENTS ON NEW MIX DESIGN OF CONCRETE BLOCK COMPOSED OF LAPINDO MUD AND FLY ASH USING TAGUCHI METHOD

Chandra Prasetya, Arif Rahman, Remba Yanuar Efranto

Program Studi Teknik Industri Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang, 65145, Indonesia

E-mail : chandraprasetya990@yahoo.com, posku@post.com, remba@ub.ac.id

Abstrak

Batako merupakan bahan bangunan alternatif yang tersusun dari komposisi semen, air, dan agregat pengisi yang terdiri dari kerikil dan pasir. Terdapat bahan limbah yang memiliki kesamaan karakteristik dengan bahan baku batako, antara lain lumpur Lapindo yang mirip pasir dan fly ash yang mirip semen. Oleh karena itu diperlukan pengembangan produk batako dengan berbahan alternatif sebagai pengganti bahan utamanya yang memiliki kualitas bersaing dengan batako pada umumnya. Dalam pembuatan batako berbahan alternatif digunakan desain eksperimen metode Taguchi yang merupakan metode perbaikan kualitas dengan melakukan percobaan baru serta penekanan biaya seminimal mungkin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas kuat tekan pada batako yaitu rasio faktor air-semen, rasio semen-agregat, rasio komposisi semen-fly ash, serta rasio pasir-lumpur Lapindo. Berdasarkan anova menunjukkan dari keempat faktor tersebut yang memiliki pengaruh signifikan yaitu rasio faktor air-semen (F hitung sebesar 18,0899) dan rasio semen-agregat (F hitung sebesar 8,4769), sedangkan faktor rasio komposisi semen-fly ash (F hitung sebesar 1,2233) dan rasio pasir-lumpur Lapindo (F hitung sebesar 1,3077) tidak mempengaruhi kuat tekan batako secara signifikan. Sehingga pembuatan batako dapat mempergunakan fly ash menggantikan semen dan lumpur lapindo menggantikan pasir. Eksperimen konfirmasi menghasilkan kuat tekan batako optimal sebesar 6,8475 Mpa.

Kata kunci: Batako, Fly Ash, Lumpur Lapindo, Desain Eksperimen, Metode Taguchi

1. Pendahuluan

Batako merupakan blok beton cetak sebagai alternatif pengganti bata merah yang dibuat dengan tujuan menekan biaya pada bata merah tetapi memiliki kualitas pasang dinding yang tidak kalah baiknya pada bata merah. Batako merupakan bahan bangunan yang tersusun dari komposisi semen, air dan agregat (pasir dan kerikil). Batako digunakan untuk dinding bangunan nonstruktural, yaitu sebagai dinding pengisi yang harus diperkuat oleh rangka.

Komposisi batako sendiri merupakan bahan-bahan yang mudah diperoleh masyarakat. Mengingat komposisi batako yang mudah didapat, sebenarnya batako sangat terjangkau dalam segi harga.

Terdapat beberapa material yang dianggap limbah oleh masyarakat mempunyai karakteristik teknis sama dengan bahan-bahan penyusun batako, misalnya limbah pembakaran batubara (fly ash) dan juga limbah lumpur Lapindo. Mengingat unsur-unsur yang terdapat

pada kedua bahan tersebut mirip dengan bahan utama pembuat batako yaitu semen dan pasir.

Fly ash merupakan abu terbang siswa pembakaran batubara yang dianggap limbah. *Fly ash* hanya ditumpuk dan tidak ada nilai tambah. Karena kemiripan karakteristik dengan semen, maka *fly ash* dapat menjadi bahan campuran untuk pembuatan batako.

Lumpur Lapindo yang sampai saat ini tetap menyebur menjadi permasalahan limbah yang membentuk danau lumpur serta tidak ada nilai tambah. Dengan karakteristik yang mirip pasir maka lumpur Lapindo yang kering dapat digunakan bahan campuran pembuatan batako.

Penelitian ini menggunakan desain eksperimen dengan metode Taguchi untuk mengevaluasi pengaruh bahan alternatif limbah *fly ash* dan lumpur lapindo terhadap kuat tekan batako. Penggunaan metode Taguchi dalam desain eksperimen tersebut untuk meminimasi banyaknya pengujian eksperimentasi serta menekan biaya spesimen dan pengujian.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam tipe penelitian eksperimen. Penelitian mengikuti langkah-langkah lengkap mulai dari sebelum eksperimen dilakukan hingga menganalisa hasil eksperimen, sehingga data yang diperoleh dapat menunjang analisis yang obyektif. Variabel bebas dijadikan sebagai variabel eksperimen serta variabel terikat merupakan hasil eksperimen.

2.1 Pengumpulan data

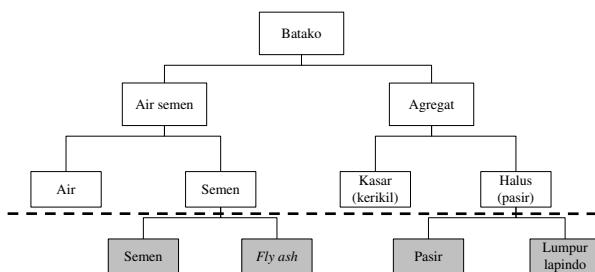
Sumber data atau pengumpulan data merupakan proses mengumpulkan data yang dibutuhkan dalam penelitian. Data yang digunakan dalam penelitian ini digunakan data primer dan juga data sekunder.

Penelitian ini memiliki beberapa data primer antara lain data komposisi bahan pembuatan batako, data kuat tekan batako hasil eksperimen, dan data-data lainnya yang medukung dalam penelitian ini.

Data sekunder dalam penelitian ini yaitu hasil dari penelitian sebelumnya.

2.2 Spesimen Uji Eksperimen

Gambar 1 menunjukkan komposisi batako sebagai spesimen uji eksperimen.



Gambar 1. Produk Eksperimen

Secara umum pembuatan batako terdiri dari perpaduan air semen dan agregat (pasir dan kerikil). Sedangkan dalam penelitian ini pembuatan batako sama seperti pembuatan batako secara umum tetapi adanya penambahan *fly ash* sebagai campuran semen dan juga penambahan agregat halus dari lumpur Lapindo.

2.3 Rancangan Eksperimen

Penelitian ini membuat rancangan eksperimen menggunakan matriks *Orthogonal Array* yang terdapat dalam metode Taguchi berdasarkan pada derajat bebas, faktor, dan level faktor. Pada penelitian menggunakan

Orthogonal Array L₉ (3⁴) seperti yang ditunjukkan Tabel 1.

Tabel 1. Orthogonal Array L₉ (3⁴)

No	Faktor				Replikasi		
	A	B	C	D	R1	R2	R3
1	1	1	1	1	x	X	x
2	1	2	2	2	x	X	x
3	1	3	3	3	x	X	x
4	2	1	3	3	X	X	x
5	2	2	2	1	X	X	x
6	2	3	1	2	X	X	x
7	3	1	3	2	X	X	x
8	3	2	1	3	X	X	x
9	3	3	2	1	X	X	x

Sumber: Soejanto (2008)

Penelitian ini memilih faktor-faktor yang diperkirakan akan memberikan pengaruh pada nilai respon dan menentukan level faktornya yang berpengaruh, seperti yang dijelaskan pada Tabel 2.

Tabel 2. Penetapan Faktor dan Level Faktor

Faktor	Level Faktor		
	1	2	3
Rasio semen dan agregat (A)	1:4	1:6	1:7
Rasio faktor air semen (B)	50%:50%	40%:60%	60%:40%
Rasio komposisi <i>fly ash</i> (C)	25%	35%	50%
Rasio pasir dan lumpur Lapindo (D)	40%:60%	50%:50%	60%:40%

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Pembuatan Batako dengan Eksperimen Taguchi

Dalam pembuatan batako dengan eksperimen Taguchi terdiri dari faktor-faktor yang terkendali di mana faktor tersebut digunakan untuk penugasan pada tabel *orthogonal array*. Berikut ini langkah-langkah dalam pembuatan sampel batako:

1. Menyiapkan bahan pembuat batako
2. Pencampuran bahan dan pengadukan adonan batako
3. Mencetak adonan batako
4. Pengeringan batako

3.2 Pengujian Kuat Tekan (Mpa)

Karakteristik kualitas pada penelitian ini adalah *Larger The Better* dengan responnya yaitu kulitas kuat tekan sampel batako.

Pengujian kuat tekan batako (Mpa) dilakukan menggunakan *compression machine* yang dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Brawijaya. Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian kuat tekan batako setelah dikeringkan selama 28 hari.

Tabel 3. Hasil Kuat Tekan Batako

Eksperimen	Luas Penampang (mm ²)	Beban Maksimum			R1 (Mpa)	R2 (Mpa)	R3 (Mpa)
		R1 (N)	R2 (N)	R3 (N)			
1	40000	298000	280000	290000	7,45	7,0	7,25
2	40000	284000	295000	305000	7,1	7,375	7,625
3	40000	266000	270000	250000	6,65	6,75	6,25
4	40000	282000	271000	311000	7,05	6,775	7,775
5	40000	307000	298000	293000	7,675	7,45	7,325
6	40000	228000	237000	250000	5,7	5,925	6,25
7	40000	277000	228000	274000	6,925	5,7	6,85
8	40000	276000	251000	266000	6,9	6,275	6,65
9	40000	244000	249000	221000	6,1	6,225	5,525

3.3 Pengolahan Data

Data yang telah dikumpulkan selanjutnya akan diolah dengan menggunakan dua cara, yaitu *analysis of variance* (ANOVA) untuk nilai rata-rata dan ANOVA untuk nilai *signal to noise ratio* (SNR).

ANOVA untuk nilai rata-rata dipergunakan untuk mencari faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi hasil eksperimen (*setting level*). Sedangkan ANOVA untuk nilai SNR dipergunakan untuk mencari faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variansi suatu karakteristik kualitas.

3.3.1 Perhitungan Nilai Rata-rata dan SNR

Berikut ini perhitungan dari nilai rata-rata dan juga nilai SNR:

- Contoh perhitungan nilai rata-rata untuk hasil eksperimen ke-1, sebagai berikut:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

$$\mu = \frac{1}{3} (7,45 + 7,0 + 7,25)$$

$$\mu = 7,233333$$

- Contoh perhitungan nilai SNR untuk hasil eksperimen ke-1, sebagai berikut:

$$\eta = -10 \log_{10} \left| \frac{1}{3} \left(\frac{1}{7,45^2} + \frac{1}{7,0^2} + \frac{1}{7,25^2} \right) \right|$$

$$\eta = 17,18958 \text{ Mpa}$$

Pada Tabel 4 berisikan seluruh hasil perhitungan nilai rata-rata dan SNR

Tabel 4. Perhitungan Rata-rata dan SNR

Eksperimen	Faktor Terkontrol				Rata-rata	SNR
	A	B	C	D		
1	1	1	1	1	7,233	17,190
2	1	2	2	2	7,367	17,349
3	1	3	3	3	6,550	16,330
4	2	1	2	3	7,200	17,162
5	2	2	3	1	7,483	17,484
6	2	3	1	2	5,958	15,509
7	3	1	3	2	6,492	16,275
8	3	2	1	3	6,608	16,408
9	3	3	2	1	5,950	15,502

3.3.2 Perhitungan ANOVA Nilai Rata-rata

Berikut ini langkah-langkah perhitungan ANOVA nilai rata-rata:

- Menghitung nilai rata-rata semua eksperimen

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{7,45 + 7,0 + 7,25 + \dots + 5,525}{27}$$

$$\bar{y} = \frac{182,525}{27} = 6,760185$$

- Menghitung nilai rata-rata setiap level faktor, contoh faktor A level 1

$$\bar{y}_{jk} = \frac{\sum \bar{y}_{ijk}}{n_{ijk}}$$

$$\bar{y}_{A1} = \frac{7,233333 + 7,366667 + 6,55}{3}$$

$$\bar{y}_{A1} = \frac{21,15}{3} = 7,05$$

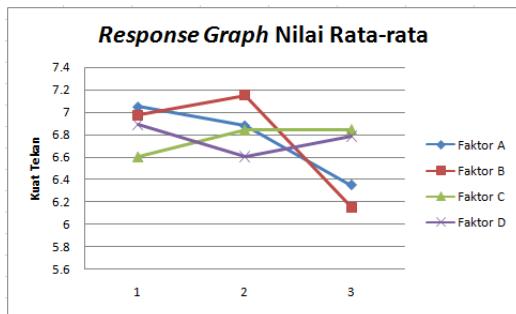
- Membuat *response tabel* dan *response graph*

Pada tabel 3.5 memaparkan *response tabel*

Tabel 5. Tabel Respon Nilai Rata-rata

	Faktor			
	A	B	C	D
Level 1	7,05	6,975	6,6	6,888889
Level 2	6,880556	7,152778	6,838889	6,605556
Level 3	6,35	6,152778	6,841667	6,786111
Selisih	0,7	1	0,241667	0,283333
Ranking	2	1	4	3

Pada Gambar 2. berikut ini memaparkan *response graph* nilai rata-rata



Gambar 2. Response Graph Nilai Rata-rata

4. Menghitung nilai *total sum of square*

$$SS_{total} = \sum Y^2$$

$$SS_{total} = 7,45^2 + 7,0^2 + 7,25^2 + \dots + 5,525^2$$

$$SS_{total} = 1244,692$$

5. Menghitung nilai *sum of squares due to mean*

$$mean(S_m) = n\bar{y}^2$$

$$mean = 27 * 6,760185^2$$

$$mean = 1233,903$$

6. Menghitung nilai *sum of squares due to factors*, contoh perhitungan faktor A

$$SS_A = n_{A1} * \overline{A1}^2 + n_{A2} * \overline{A2}^2 + n_{A3} * \overline{A3}^2 - Sm$$

$$SS_A = (9 * 7,05^2) + (9 * 6,880556^2)$$

$$+ (9 * 6,35^2) - 1233,903$$

$$SS_A = 2,400602$$

7. Menghitung nilai *sum of squares due to error*

$$SS_e = SS_{total} - Sm - (SS_A + SS_B + SS_C + SS_D)$$

$$SS_e = 1244,692 - 1233,903 - (2,400602$$

$$+ 5,122963 + 0,346435$$

$$+ 0,370324)$$

$$SS_e = 2,54875$$

8. Menghitung derajad bebas, contoh perhitungan faktor A

$$DF_A = jumlah level - 1$$

$$DF_A = 3 - 1$$

$$DF_A = 2$$

9. Menghitung nilai *mean sum of squares*, contoh perhitungan faktor A

$$MS_A = \frac{SS_A}{DF_A}$$

$$MS_A = \frac{2,400602}{2}$$

$$MS_A = 1,200301$$

10. Menghitung nilai *F ratio*, contoh perhitungan faktor A

$$F_A = \frac{M_A}{M_e}$$

$$F_A = \frac{1,200301}{0,141597}$$

$$F_A = 8,476868$$

11. Menghitung *pure sum of squares*, contoh perhitungan faktor A

$$SS_A' = SS_A - DF_A * M_e$$

$$SS_A' = 2,400602 - (2 * 0,141597)$$

$$SS_A' = 2,117407$$

12. Menghitung *percent contribution*, contoh perhitungan faktor A

$$\rho A = \frac{SS_A'}{SS_t} * 100\%$$

$$\rho A = \frac{2,117407}{10,78907} * 100\%$$

$$\rho A = 19,62548\%$$

Hasil dari seluruh perhitungan ANOVA untuk nilai rata-rata dipaparkan pada Tabel 6.

Souce	SS	DF	MS	F Ratio	SS'	Ratio %	F tabel
A	2,4006	2	1,2003	8,4769	2,1174	19,6255	3,55
B	5,1230	2	2,5615	18,0899	4,8398	44,8581	3,55
C	0,3464	2	0,1732	1,2233	0,0632	0,5862	3,55
D	0,3703	2	0,1852	1,3077	0,0871	0,8076	3,55
Error	2,5488	18	0,1416	1	3,6815	34,1227	
SSt	10,7891	26	0,4150		10,7891	100	
Mean	1233,903	1					
SS _{total}	1244,692	27					

Dari tabel ANOVA diketahui bahwa faktor yang memiliki pengaruh signifikan yaitu faktor A dan faktor B terhadap kuat tekan batako, dimana memiliki perbandingan F-ratio lebih besar dari F-tabel ($F_{0,05;2;18}=3,55$)

13. *Pooling up*

Pada tahap *pooling up* merupakan rekomendasi untuk penggunaan separuh jumlah derajad kebebasan pada *orthogonal array* yang digunakan. Hal ini bertujuan agar adanya penghindaran dari estimasi yang berlebihan dan juga menghindari kesalahan pada eksperimen. *Pooling up* diberlakukan pada faktor-faktor kurang signifikan yaitu faktor C dan faktor D, berikut perhitungan *pooling up*:

$$SS(\text{pooled } e) = SSe + SSC + SSD$$

$$= 2,54875 + 0,346435 + 0,370324$$

$$= 3,265509$$

$$DF(\text{pooled } e) = DFe + DFC + DFD$$

$$= 18 + 2 + 2 = 22$$

$$MS(\text{pooled } e) = \frac{S(\text{pooled } e)}{DF(\text{pooled } e)}$$

$$= \frac{3,265509}{22} = 0,148432$$

Pada Tabel 7. berikut perhitungan ANOVA nilai rata-rata setelah *pooling*

Tabel 7. ANOVA Setelah Pooling

Source	pool	SS	DF	MS	F Ratio	SS'	Ratio %	F tabel
A		2,4006	2	1,2003	8,0865	2,1037	19,4988	3,55
B		5,1230	2	2,5615	17,2569	4,8261	44,7314	3,55
C	Y	0,3464	-	-	-	-	-	-
D	Y	0,3703	-	-	-	-	-	-
Error	Y	2,5488	-	-	-	-	-	-
Pooled		3,2655	22	0,1484	1	3,8592	35,7699	
SS _t		10,7891	26	0,4150		10,7891	100	
Mean		1233,903	1					
SS _{total}		1244,692	27					

Berdasarkan tabel ANOVA setelah *pooling* diketahui bahwa faktor A dan faktor B mempengaruhi kuat tekan batako, dengan kata lain dua faktor tersebut memiliki kontribusi terbesar untuk meningkatkan nilai rata-rata eksperimen kuat tekan batako. Untuk faktor C dan faktor D sebenarnya memiliki kontribusi juga tetapi nilainya lebih kecil. Dari tabel diatas menunjukkan bahwa nilai persen kontribusi *error* sebesar 35,76987% yang dapat diartikan bahwa semua faktor yang signifikan mempengaruhi nilai rata-rata sudah cukup dimasukkan dalam eksperimen (syarat metode Taguchi untuk pesen kontribusi $\leq 50\%$).

3.3.3 Perhitungan ANOVA Nilai SNR

Berikut ini langkah-langkah perhitungan ANOVA nilai SNR:

- Menghitung nilai rata-rata SNR seluruh eksperimen

$$\bar{\eta} = \frac{\sum \eta}{n}$$

$$\bar{\eta} = \frac{17,18958 + 17,3491 + \dots + 15,50172}{9}$$

$$\bar{\eta} = 16,57906$$

- Menghitung nilai rata-rata SNR setiap level faktor, contoh faktor A level 1

$$\bar{\eta} = \frac{17,18958 + 17,3491 + 16,32955}{3}$$

$$\bar{\eta} = 16,95607565$$

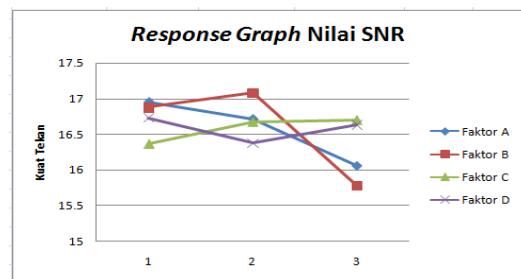
- Membuat *response tabel* dan *response graph*

Pada Tabel 8. memaparkan response tabel nilai SNR

Tabel 8. Respon Nilai SNR

	Faktor			
	A	B	C	D
Level 1	16,95607565	16,87684	16,3689	16,72494
Level 2	16,71792813	17,08034	16,67078	16,37907
Level 3	16,06317085	15,78	16,69749	16,63316
Selisih	0,892904802	1,300341	0,328589	0,345871
Ranking	2	1	4	3

Pada Gambar 3. berikut ini memaparkan *response graph* nilai SNR



Gambar 3. Response Graph nilai SNR

- Menghitung nilai *total sum of squares*

$$SS_{total} = \sum \eta^2$$

$$SS_{total} = 17,18958^2 + 17,3491^2 + \dots + 15,50172^2$$

$$SS_{total} = 2478,397019$$

- Menghitung nilai *sum of squares due to mean*

$$Sm = \eta * \bar{\eta}^2$$

$$Sm = 9 * 16,57906^2$$

$$Sm = 2473,78654$$

- Menghitung nilai *sum of squares due to factors*, contoh perhitungan faktor A

$$SS_A = n_{A1} * \eta \bar{A}^2 + n_{A2} * \eta \bar{A}^2 + n_{A3} * \eta \bar{A}^2 - Sm$$

$$SS_A = (3 * 16,95607565^2) + (3 * 16,71792813^2) + (3 * 16,06317085^2) - 2473,78654$$

$$SS_A = 1,282700328$$

$$S(pooled e) = SSC + SSD$$

$$S(pooled e) = 0,19981693 + 0,192610148$$

$$S(pooled e) = 0,392427078$$

- Menghitung drajad bebas, contoh faktor A

$$DF_A = jumlah level - 1$$

$$DF_A = 3 - 1$$

$$DF_A = 2$$

- Menghitung nilai *mean sum of squares*

$$MS_A = \frac{SS_A}{DF_A}$$

$$MS_A = \frac{1,282700328}{2}$$

$$MS_A = 0,64135$$

- Menghitung nilai *F-ratio*, contoh perhitungan faktor A

$$F_A = \frac{M_A}{M_e}$$

$$F_A = \frac{0,64135}{0,098107}$$

$$F_A = 6,537267$$

- Menghitung *pure sume of squares*, contoh perhitungan faktor A

$$SS_A' = SS_A - DF_A * M_e$$

$$SS_A' = 1,282700328 - (2 * 0,098107)$$

$$SS_A' = 1,086487$$

11. Menghitung *percent contribution*, contoh perhitungan faktor A

$$\rho_A = \frac{SS_A'}{SS_t} * 100\% \\ \rho_A = \frac{1,086487}{4,610478751} * 100\% \\ \rho_A = 23,5656\%$$

Hasil dari seluruh perhitungan ANOVA untuk nilai SNR dipaparkan pada Tabel 9.

Tabel 9. ANOVA Nilai SNR

Source	pool	SS	DF	MS	F Ratio	SS'	Ratio %	F tabel
A		1.2827	2	0,6414	6,5373	1,0865	23,5656	6,94
B		2,9354	2	1,4677	14,9600	2,7392	59,4111	6,94
C Y		0,1998	-	-	-	-	-	-
D Y		0,19261	-	-	-	-	-	-
e		0,3924	4	0,0981	1	0,7849	17,0233	
SSt		4,6105	8			4,6105	100	
Mean		2473,787	1					
SS _{total}		2478,397	9					

Berdasarkan perhitungan ANOVA nilai SNR diatas menunjukkan bahwa nilai persen kontribusi pada *error* sebesar 17,02327% yang menunjukkan bahwa semua faktor signifikan mempengaruhi variansi sudah dimasukkan dalam eksperimen ini (syarat metode Taguchi untuk pesen kontribusi $\leq 50\%$).

3.3.4 Penentuan Setting Level

Setelah menghitung ANOVA untuk nilai rata-rata dan juga nilai SNR, didapatkan level-level faktor optimal dari setiap faktor yang berpengaruh. Pada Tabel 10. merupakan tabel *setting level* optimal

Tabel 10. Setting Level

Faktor	Pengaruh	Setting Level
A	Signifikan	A1
B	Signifikan	B2
C	Kurang signifikan	C3
D	Kurang signifikan	D1

3.3.5 Selang Kepercayaan Kondisi Optimal

Perkiraan selang kepercayaan dilakukan dengan cara membandingkan pada hasil eksperimen konfirmasi, dimana jika nilai perkiraan dari hasil eksperimen memiliki nilai hampir sama atau mendekati maka dapat disimpulkan bahwa rancangan eksperimen Taguchi sudah memenuhi syarat yang ada. Berikut ini perhitungan selang kepercayaan kondisi optimal untuk nilai rata-rata dan juga untuk nilai SNR

1. Perkiraan selang kepercayaan kondisi optimal nilai rata-rata

- a. Perkiraan kondisi optimal
Nilai rata-rata untuk seluruh data yaitu $\bar{y} = 6,760185$
 $\mu_{prediksi} = \bar{y} + (\bar{A1} - \bar{y}) + (\bar{B2} - \bar{y})$
 $\mu_{prediksi} = \bar{A1} + \bar{B2} - \bar{y}$
 $\mu_{prediksi} = 7,05 + 7,152778 - 6,760185$
 $\mu_{prediksi} = 7,442593 \text{ Mpa}$

- b. Perhitungan selang kepercayaan

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{F_{\alpha;v1,v2} * MSE * \left| \frac{1}{neff} \right|}$$

Dengan $neff$:

$$neff = \frac{\text{total number of experiment}}{\text{sum of degrees of freedom used in estimate of mean}}$$

$$neff = \frac{9}{DF\bar{\mu} + DFA + DFB}$$

$$neff = \frac{27}{1+2+2} = 5,4$$

Maka perhitungan selang kepercayaan sebagai berikut:

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{F_{\alpha;v1,v2} * MSE * \left| \frac{1}{neff} \right|}$$

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{F_{0,05;1;22} * 0,148432 * \left| \frac{1}{5,4} \right|}$$

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{4,30 * 0,148432 * \left| \frac{1}{5,4} \right|}$$

$$CI_{mean} = \pm 0,343796$$

Didapatkan selang kepercayaan nilai rata-rata optimal

$$\mu_{prediksi} - CI_{mean} \leq \mu_{prediksi} \leq \mu_{prediksi} + CI_{mean} \\ 7,442593 - 0,343796 \leq \mu_{prediksi} \leq 7,442593 + 0,343796 \\ 7,098797 \leq \mu_{prediksi} \leq 7,786389$$

2. Perkiraan selang kepercayaan kondisi optimal nilai SNR

- a. Perkiraan kondisi optimal untuk nilai SNR
Nilai rata-rata untuk SNR seluruh data yaitu $\bar{\eta}=16,57906$

$$\eta_{prediksi} = \bar{\eta} + (\bar{A1} - \bar{\eta}) + (\bar{B2} - \bar{\eta})$$

$$\eta_{prediksi} = \bar{A1} + \bar{B2} - \bar{\eta}$$

$$\eta_{prediksi} = 16,95607565 + 17,08034 - 16,57906$$

$$\eta_{prediksi} = 17,45735565$$

- b. Perhitungan selang kepercayaan

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{F_{\alpha;v1,v2} * MSE * \left| \frac{1}{neff} \right|}$$

Dengan $neff$:

$$neff = \frac{\text{total number of experiment}}{\text{sum of degrees of freedom used in estimate of mean}}$$

$$neff = \frac{9}{DF\bar{\eta} + DFA + DFB}$$

$$neff = \frac{27}{1+2+2} = 1,8$$

Maka selang kepercayaan untuk nilai SNR:

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{F_{\alpha;v1,v2} * MSE * \left| \frac{1}{neff} \right|}$$

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{F_{0,05;1;4} * 0,098107 * \left| \frac{1}{1,8} \right|}$$

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{7,71 * 0,098107 * \left| \frac{1}{1,8} \right|}$$

$$CI_{SNR} = \pm 0,648248$$

Didapatkan selang kepercayaan nilai SNR optimal

$$\begin{aligned} \eta_{prediksi} - CI_{SNR} &\leq \eta_{prediksi} \leq \eta_{prediksi} + CI_{SNR} \\ 17,45735565 - 0,648248 &\leq \eta_{prediksi} \leq 17,45735565 + 0,648248 \\ 16,809108 &\leq \eta_{prediksi} \leq 18,105604 \end{aligned}$$

3.3.6 Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi merupakan proses akhir dari proses perancangan eksperimen, dimana eksperimen ini dilaksanakan dengan melakukan suatu pengujian yang menggunakan kombinasi tertentu (*setting level optimal*) dari faktor-faktor dan level-level hasil evaluasi sebelumnya. Tujuan dari eksperimen konfirmasi yaitu untuk memvalidasi terhadap kesimpulan yang diperoleh dari eksperimen tahap awal dengan menggunakan minimal 10 sampel.

Berikut ini hasil kuat tekan batako eksperimen konfirmasi yang dipaparkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Kuat Tekan Batako Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen	Luas Penampang (mm ²)	Beban maks (N)	Kuat Tekan (Mpa)
1	40000	290000	7,25
2	40000	283000	7,075
3	40000	267000	6,675
4	40000	277000	6,925
5	40000	269000	6,725
6	40000	261000	6,525
7	40000	271000	6,775
8	40000	274000	6,85
9	40000	281000	7,025
10	40000	266000	6,65

Setelah mendapatkan hasil dari tabel diatas, selanjutnya yaitu menghitung nilai rata-rata hingga mendapatkan nilai selang kepercayaan guna dibandingkan dengan selang kepercayaan kondisi optimal. Berikut ini perhitungan nilai rata-rata dan juga variansi:

1. Perhitungan nilai rata-rata

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

$$\mu = \frac{1}{10} (7,25 + 7,075 + \dots + 6,65)$$

$$\mu = 6,8475$$

2. Perhitungan nilai SNR

$$\eta = -10 \log_{10} \left| \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right|$$

$$\eta = -10 \log_{10} \left| \frac{1}{10} \left(\frac{1}{7,25^2} + \dots + \frac{1}{6,65^2} \right) \right|$$

$$\eta = 16,714754$$

Setelah menghitung nilai rata-rata dan juga nilai SNR, selanjutnya yang harus dilakukan yaitu membuat perhitungan selang kepercayaan eksperimen konfirmasi yang bertujuan membuat suatu perkiraan dari level-level faktor untuk dibandingkan dengan selang kepercayaan kondisi optimal. Berikut ini perhitungan selang kepercayaan eksperimen konfirmasi:

1. Untuk nilai rata-rata

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{F_{\alpha;v1,v2} * MSE * \left| \frac{1}{neff} + \frac{1}{r} \right|}$$

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{F_{0,05;1;22} * 0,148432 * \left| \frac{1}{5,4} + \frac{1}{10} \right|}$$

$$CI_{mean} = \pm 0,426640$$

Maka selang kepercayaan eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata :

$$\begin{aligned} \mu_{confirmation} - CI_{mean} &\leq \mu_{confirmation} \leq \mu_{confirmation} + CI_{mean} \\ 6,8475 - 0,426640 &\leq \mu_{confirmation} \leq 6,8475 + 0,426640 \\ 6,42086 &\leq \mu_{confirmation} \leq 7,27414 \end{aligned}$$

2. Untuk nilai SNR

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{F_{\alpha;v1,v2} * MSE * \left| \frac{1}{neff} + \frac{1}{r} \right|}$$

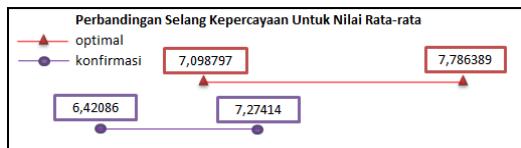
$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{F_{0,05;1;4} * 0,148432 * \left| \frac{1}{1,8} + \frac{1}{10} \right|}$$

$$CI_{SNR} = \pm 0,704177$$

Maka selang kepercayaan eksperimen konfirmasi untuk nilai SNR :

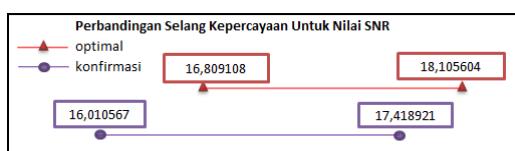
$$\begin{aligned} \mu_{confirmation} - CI_{SNR} &\leq \mu_{confirmation} \leq \mu_{confirmation} + CI_{SNR} \\ 16,714744 - 0,704177 &\leq \mu_{confirmation} \leq 16,714744 + 0,704177 \\ 16,010567 &\leq \mu_{confirmation} \leq 17,418921 \end{aligned}$$

Setelah menghitung selang kepercayaan eksperimen konfirmasi, berikutnya membuat perbandingan dengan selang kepercayaan kondisi optimal yang dipaparkan Gambar 4. dan Gambar 5.



Gambar 4. Perbandingan Selang Kepercayaan Nilai Rata-rata

Berdasarkan Gambar 4. diatas menunjukkan bahwa hasil eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata dapat diterima dengan pertimbangan selang kepercayaan karena pada gambar diatas menjelaskan bahwa hasil eksperimen konfirmasi berada dalam interval hasil optimal.



Gambar 5. Perbandingan Selang Kepercayaan Nilai SNR

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat pula hasil dari eksperimen konfirmasi untuk nilai SNR juga dapat diterima dengan pertimbangan selang kepercayaan dikarenakan nilai selang kepercayaan eksperimen konfirmasi berada dalam nilai optimal.

4. Penutup

Berdasarkan hasil yang telah diteliti maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas kuat tekan (Mpa) pada batako yaitu rasio semen dan agregat, rasio faktor air semen, rasio komposisi *fly ash*, serta rasio pasir dan lumpur Lapindo. Faktor-faktor yang bersignifikansi lebih dari eksperimen ini yaitu rasio faktor air semen untuk nilai rata-rata dan nilai SNR dengan level faktor terpilih B2 (40%:60%), serta rasio semen dan agregat untuk nilai rata-rata lebih signifikan daripada nilai SNR dengan level faktor terpilih A1 (1:4). Sedangkan untuk faktor yang kurang signifikan yaitu rasio faktor komposisi *fly ash* dengan level faktor terpilih C3 (50%) serta rasio pasir dan lumpur Lapindo dengan level faktor terpilih D1 (40%:60%).
2. Berdasarkan hasil dari ANOVA untuk nilai rata-rata maupun nilai SNR didapatkan *setting level* optimal dari faktor-faktor terkontrol, faktor yang memiliki tingkat

signifikan lebih terhadap kuat tekan batako pada eksperimen ini yaitu rasio semen dan agregat (1:4) dan rasio faktor air semen (40%:60%). Untuk kuat tekan optimal yang didapatkan dari eksperimen ini melalui eksperimen konfirmasi yaitu sebesar 6,847 Mpa. Sedangkan untuk penggantian semen dengan *fly ash* dan juga agregat halus (pasir) dengan lumpur Lapindo tidak mempengaruhi penurunan kuat tekan batako.

Daftar Pustaka

- Cahya, Indra. (1984), *Teknologi Beton*, Malang.
- Dazali, Wahyuni, Soenaryo. (2007), *Pengaruh Penggunaan Lumpur Lapindo Brantas Dalam Campuran Mortar Terhadap Nilai Kuat Tekan Batako*, Skripsi Sarjana Tidak Dipublikasikan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Brawijaya, Malang.
- Pravitasari, Wahyuni, Nurlina (2009), *Pengaruh Penggunaan Bottom Ash (Kerak) Limbah Pembakaran Batubara Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Batako Terhadap Kuat Tekan Batako*, Skripsi Sarjana Tidak Dipublikasikan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Brawijaya, Malang.
- Setyowati, Edhi Wahyuni. "Penggunaan Campuran Lumpur Lapindo Terhadap Peningkatan Kualitas Genteng Keramik", *Jurnal Dinamika Teknik Sipil*, Vol. 9, No. 1:67-75.
- Soejanto, Irwan. (2008), *Rekayasa Kualitas: Eksperimen dengan Teknik Taguchi*, Yayasan Humaniora, Surabaya.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 15-2049-1994 tentang Semen *Portland*.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-6863-2002 tentang Abu Terbang.
- Umar, Husein. (2008), *Metode Penelitian Untuk Skripsi dan Tesis Bisnis*. PT Raja Grafindo Persada, Jakarta.

Wiryasa, Ngk. Made Anom dkk. “*Pemanfaatan Lumpur Lapindo Sebagai Bahan Subsitusi Semen Pada Pembuatan Paving Block*”, *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, Vol. 12, No.12:29-36

Wiyono, Setyanto, Rahman. (2012), *Penentuan Setting Level Optimal Kuat Tekan Paving Block Berbahan Alternatif Fly Ash Dengan Rekayasa Kualitas Taguchi*. Skripsi Sarjana Tidak Dipublikasikan, Program Studi Teknik Industri, Universitas Brawijaya, Malang.