

DESAIN EKSPERIMEN TAGUCHI DALAM OPTIMASI KUAT TEKAN BATU BATA

Fendik Andika

PROGRAM STUDI S-1 MATEMATIKA, FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM, UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA, e-mail : fendik.andhika@gmail.com

Drs. Hery Tri Sutanto, M.Si.

PROGRAM STUDI S-1 MATEMATIKA, FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM, UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA, e-mail : herytrisutanto@unesa.ac.id

Abstrak

Desain eksperimen Taguchi merupakan salah satu metode statistik yang digunakan untuk meningkatkan dan melakukan perbaikan kualitas sehingga perubahan – perubahan terhadap variabel suatu proses atau sistem diharapkan akan memberi hasil yang optimal.

Berdasarkan hasil dari ANOVA untuk nilai rata – rata maupun nilai SNR didapatkan setting level optimal dari faktor – faktor terkontrol batu bata, faktor yang memiliki tingkat signifikan lebih terhadap kuat tekan batu bata pada eksperimen ini yaitu rasio air dan tanah dengan agregat (15%:85%), dan rasio faktor tanah liat dan abu + tras dengan agregat (90%:10%). Untuk kuat tekan optimal yang didapatkan dari eksperimen ini melalui eksperimen konfirmasi yaitu sebesar 32.59 kg/cm^2 . Sedangkan untuk agregat tanah liat jenis kental dengan tanah liat jenis biasa dan juga agregat abu dengan tras tidak mempengaruhi penurunan kuat tekan batu bata.

Kata kunci : Batu bata, Metode Taguchi, Kuat Tekan, Desain Eksperimen.

Abstract

Design eksperiment Taguchi is one of the statistical methods used to increase and make the quality improvements so the changes to the variables of a process or system is expected to provide optimal results.

Based on the results of ANOVA for the average value and SNR values obtained setting the optimal level of controllable factors of bricks, factors that have a more significant level of compressive strength of bricks in this experiment that the ratio of water and soil with an aggregate (15%:85%), and ratio factor of clay and the ashes + tras with aggregate (90%:10%). For an optimal compressive strength gained from this experiment through confirmation experiments that is equal to 32.59 kg/cm^2 . While for kind of lumpy of clay aggregate with clay regular types and also aggregates the ashes with a tras does not affect the decrease in the compressive strength of the bricks.

Key word: Bricks, Taguchi Method, Strength Compressive, Design Eksperiment.

1. PENDAHULUAN

UD Karya Bumi Ngoro adalah perusahaan perseorangan atau biasa juga disebut dengan *usaha dagang* (UD) yang bergerak disektor Industri bahan bangunan, yaitu berupa produk batu bata merah. Perusahaan memproduksi berdasarkan pesanan dari pelanggan. Untuk menghindari klaim dari pelanggan, perusahaan berusaha untuk tetap memenuhi kualitas produk sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Usaha yang dilakukan yaitu dengan cara memeriksa hasil pada produk akhir. Sehingga kualitas sangat diperhatikan oleh perusahaan.

Untuk membuat sebuah bangunan yang kokoh diperlukan batu bata merah dengan kualitas terbaik, dengan kata lain tidak remuk serta batu bata yang pecah menjadi dua bagian. Sehingga perlu adanya perbaikan kualitas yang optimal, khususnya kualitas pada kuat tekan

batu bata merah. Prosedur dalam optimalisasi kekuatan batu bata yang melibatkan cara sampling dan prinsip statistika, penggunaan utama desain eksperimen tentunya dikarenakan fungsi desain eksperimen sebagai alat manajemen dengan mengamati, menilai, membanding dari sifat – sifat penting suatu produk dengan suatu bentuk baku. Maka bisa diartikan desain eksperimen adalah metode yang tepat untuk meningkatkan kekuatan batu bata yang sedang dikerjakan.

Pada dasarnya ada tiga macam desain eksperimen untuk memperbaiki kualitas batu bata, yaitu desain Faktorial, desain Taguchi dan desain Response Surface. Pada eksperimen ini yang dikaji oleh peneliti adalah desain eksperimen Taguchi karena metode desain tersebut sering dipakai oleh perusahaan industri untuk meningkatkan kualitas suatu produk dari suatu proses produksi.

Pada metode Taguchi digunakan matrik yang disebut *Orthogonal Array* (OA) untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberi informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter. Bagian terpenting dari *Orthogonal Array* terletak pada pemilihan kombinasi level dari faktor – faktor untuk masing – masing eksperimen.

2. LANDASAN TEORI

A. Pengertian Eksperimen

Eksperimen adalah penyelidikan terencana untuk mendapatkan fakta baru, untuk memperkuat atau menolak hasil - hasil percobaan terdahulu. Terdapat tiga kategori dalam eksperimen, yaitu pendahuluan, kritis dan demonstrasi. Dalam *eksperimen pendahuluan*, peneliti mencoba sebuah perlakuan untuk mendapatkan petunjuk bagi eksperimen mendatang. Kebanyakan eksperimen ini dilakukan hanya satu kali. Dalam *eksperimen kritis*, peneliti membandingkan respons terhadap beberapa perlakuan yang berbeda dengan menggunakan pengamatan yang cukup jumlahnya untuk lebih memastikan dapat mendeteksi variasi yang bermakna. Dalam *eksperimen demonstrasi* sering dilakukan oleh petugas penyuluhan, misalnya ketika membandingkan respon terhadap suatu perlakuan baru dengan yang sudah baku.

B. Tujuan Eksperimen

Secara umum tujuan desain eksperimen adalah:

1. Menentukan faktor yang berpengaruh terhadap respons.
2. Menentukan faktor yang membuat respons mendekati nilai yang diinginkan.
3. Menentukan faktor yang menyebabkan variasi respon kecil.

C. Perencanaan Eksperimen Taguchi

1. Menyatakan permasalahan yang akan dipecahkan.
2. Menentukan tujuan penelitian.
3. Menentukan metode pengukuran
4. Identifikasi faktor.
5. Memisahkan faktor kontrol dan faktor noise.
6. Menentukan level setiap faktor dan nilai faktor.
7. Mengidentifikasi faktor yang mungkin berinteraksi.
8. Memilih Orthogonal Array.
9. Memasukkan faktor atau interaksi ke dalam kolom.
10. Melakukan eksperimen.
11. Analisa hasil eksperimen.
12. Interpretasi hasil.
13. Pemilihan level faktor untuk kondisi optimal.
14. Perkiraan rata – rata proses pada kondisi optimal.
15. Menjalankan eksperimen konfirmasi.

D. ANOVA (Analysis Of Variance)

Uji ANOVA (*Analisis of Variance*) atau sering juga diistilahkan sebagai uji sidik ragam, dikembangkan oleh Ronald Fisher. Rumus untuk mencari varians :

$$S^2 = \frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{(n - 1)}$$

Dimana :
 S^2 = Varians sampel
 X_i = Sampel data
 \bar{X} = Rata – rata sampel data
 n = Jumlah sampel

E. Nilai Rata – Rata (Mean)

Rata – rata lengkapnya rata – rata hitung, untuk rata – rata kuantitatif yang terdapat dalam sebuah sampel dihitung dengan jalan membagi jumlah nilai data oleh banyaknya data. Misalkan ada sebaran data $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ maka rata – rata adalah:

$$\bar{y} = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

F. Derajat Bebas (Degree of Freedom, DF)

Derajat bebas merupakan banyaknya perbandingan yang harus dilakukan antar level – level faktor (efek utama) atau interaksi yang digunakan untuk menentukan jumlah percobaan minimum yang dilakukan. Rumus mencari derajat bebas :

$$DF_{faktor} = \text{jumlah level} - 1$$

G. Jumlah Kuadrat (Sum of Squares, SS)

Sum of Square adalah ukuran simpangan eksperimen data dari nilai mean suatu data.

- **Total Sum of squares**

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

dimana :
 SS_{total} = jumlah kuadrat total
 Y = data

- **Sum of squares due to mean**

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

dimana :
 n = banyaknya data
 \bar{y} = rata – rata data

- **Sum of squares due to factors**

$$SS_{faktor} = (n_{faktor-1} \times \overline{faktor_1^2}) + \dots + (n_{faktor-n} \times \overline{faktor_n^2}) - S_m$$

dimana : $\overline{faktor_n^2}$ = rata – rata faktor kuadrat

- **Sum of squares due to error**

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

- **Mean sum of squares**

$$MS_{faktor} = \frac{SS_{faktor}}{DF_{faktor}}$$

- **Pure sum of squares**

$$SS'_B = SS_{faktor} - (DF_{faktor} \times MS_{error})$$

Sedangkan untuk menghitung faktor error menggunakan rumus sebagai berikut:

$$SS'_e = SS_T - \sum SS'$$

dimana : SS_T = jumlah semua SS faktor

H. F-Ratio

F-Ratio dilakukan untuk melihat apakah ada perbedaan-perbedaan yang secara signifikan pada faktor-

faktor dan interaksi antar faktor. Rumus uji F-Ratio sebagai berikut:

$$F_{faktor} = \frac{MS_{faktor}}{MS_{error}}$$

I. Pooling Up

Pooling up dirancang untuk mengestimasi variansi error pada analisis varians. Pooling up akan mengakumulasi beberapa variansi error dari beberapa faktor yang kurang signifikan.

$$SS (pooled e) = SS_e + SS_C + SS_D$$

$$DF (pooled e) = DF_e + DF_C + DF_D$$

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

J. Percent Contributions

Untuk mengetahui seberapa besar kontribusi yang diberikan oleh masing – masing faktor dan interaksi, terlebih dahulu dihitung SS' :

$$SS'_{faktor} = SS_{faktor} - (DF_{faktor} \times MS_{error})$$

$$p_{faktor} = \frac{SS'_{faktor}}{SS_T} \times 100\%$$

Dari hasil perhitungan persentase kontribusi bisa diketahui yang mana faktor memberikan kontribusi terbesar terhadap karakteristik kualitas dari batu bata.

3. PEMBAHASAN

A. Penetapan Faktor Dan Level Faktor

Penelitian ini memiliki faktor – faktor yang diperkirakan akan memberikan pengaruh pada nilai respon dan menentukan level faktornya yang berpengaruh, seperti yang dijelaskan pada tabel dibawah ini :

Tabel 3.1. Penetapan Faktor Dan Level Faktor

Faktor	Level Faktor		
	1	2	3
Rasio faktor air dan tanah (A)	10%:90%	15%:85%	25%:75%
Rasio tanah liat dan abu+tras (B)	90%:10%	85%:15%	80%:20%
Rasio tanah liat jenis kental dan tanah liat biasa (C)	15%:85%	20%:80%	25%:75%
Rasio abu dan tras (D)	1:2	1:3	1:4

B. Pengujian Kuat Tekan Batu Bata (kg/cm²)

Pengujian kuat tekan batu bata (kg/cm²) dilakukan menggunakan alat uji press / test beton. Hasil pengujian kuat tekan batu bata setelah dibakar selama sehari – semalam ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 3.2. Hasil Kuat Tekan Batu Bata

Eks.	Luas Penampang (cm ²)	R1 (kg/cm ²)	R2 (kg/cm ²)	R3 (kg/cm ²)
1	25	31	41.6	46.7
2	25	18.9	21.5	25.9
3	25	22.8	23.8	23.4
4	25	35.6	30.9	51.9
5	25	32.7	32.5	32.6
6	25	34.6	35.6	35.9
7	25	31	32	31.5
8	25	23	39.7	24.9
9	25	19	26.9	31.1

C. Nilai Rata – Rata Dan SNR

Berikut ini contoh perhitungan dari nilai rata – rata : Eksperimen ke – 1 sebagai berikut :

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

$$\bar{y} = \frac{1}{3} (31+41.6+46.7)$$

$$\bar{y} = 39.766667$$

Berikut ini contoh perhitungan dari nilai SNR : Eksperimen ke – 1 sebagai berikut :

$$SNR_{itb} = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$$

$$SNR_{itb} = -10 \log \left(\frac{1}{3} \left(\frac{1}{31^2} + \frac{1}{41.6^2} + \frac{1}{46.7^2} \right) \right)$$

$$SNR_{itb} = 31.59693$$

Pada tabel dibawah ini berisikan seluruh hasil perhitungan nilai rata – rata dan SNR diatas.

Tabel 3.3. Orthogonal Array L9(3⁴)

Eks.	Faktor Terkontrol				Rata - rata	SNR
	A	B	C	D		
1	1	1	1	1	39.76667	31.59693
2	1	2	2	2	22.1	26.67323
3	1	3	3	3	23.33333	27.35547
4	2	1	2	3	39.46667	31.33197
5	2	2	3	1	32.6	30.26427
6	2	3	1	2	35.36667	30.96863
7	3	1	3	2	31.5	29.96402
8	3	2	1	3	29.2	28.6036
9	3	3	2	1	25.66667	27.62293

D. ANOVA Nilai Rata – Rata

Berikut ini perhitungan ANOVA nilai rata – rata

- **Nilai rata – rata semua eksperimen**

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

$$\bar{y} = \frac{31 + 41.6 + 46.7 + \dots + 31.1}{27}$$

$$\bar{y} = \frac{837}{27} = 31$$

- **Nilai rata – rata setiap level faktor :**

Contoh perhitungan pada faktor A level 1

$$\bar{A}_1 = \frac{39.76667 + 22.1 + 23.33333}{3}$$

$$\bar{A}_1 = 28.4$$

- **Respon tabel**

Tabel 3.4. Respon Tabel Nilai Rata – Rata

	Faktor			
	A	B	C	D
Lvl 1	28.4	36.91111	34.77778	32.67778
Lvl 2	35.81111	27.96667	29.07778	29.65556
Lvl 3	28.78889	28.12222	29.14444	30.66667
Selisih	7.411111	8.944444	5.7	3.022222
Rank	2	1	3	4

- **Total sum of square**

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

$$SS_{total} = 31^2 + 41.6^2 + 46.7^2 + \dots + 31.1^2$$

$$SS_{total} = 27608.14$$

- **Sum of squares due to mean**

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

$$mean = 27 \times 31^2$$

$$mean = 25947$$

- **Sum of squares due to factors**

Contoh perhitungan pada faktor A

$$SS_A = (n_{A1} \times \bar{A}_1^2) + (n_{A2} \times \bar{A}_2^2) + (n_{A3} \times \bar{A}_3^2) - S_m$$

$$SS_A = (9 \times 28.4^2) + (9 \times 35.81111^2) + (9 \times 28.78889^2) - 25947$$

$$SS_A = 313.1622$$

- **Sum of squares due to error**

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

$$SS_e = 27608.14 - 25947 - (313.1622 + 471.8156 + 192.6867 + 42.60222)$$

$$SS_e = 1661.14 - 1020.2667 = 640.8733$$

- **Derajat bebas**

Contoh perhitungan pada faktor A

$$DF_A = \text{jumlah level} - 1$$

$$DF_A = 3 - 1$$

$$DF_A = 2$$

- **Mean sum of squares**

Contoh perhitungan pada faktor A

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

$$MS_A = \frac{313.1622}{2}$$

$$MS_A = 156.5811$$

- **F ratio**

Contoh perhitungan pada faktor A

$$F_A = \frac{MS_A}{MS_e}$$

$$F_A = \frac{156.5811}{35.60407}$$

$$F_A = 4.397842$$

- **Pure sum of squares**

Contoh perhitungan pada faktor A

$$SS_A' = SS_A - (DF_A \times MS_e)$$

$$SS_A' = 313.1622 - (2 \times 35.6041)$$

$$SS_A' = 241.9541$$

- **Percent contribution**

Contoh perhitungan pada faktor A

$$pA = \frac{SS_A'}{SS_T} \times 100\%$$

$$pA = \frac{241.9541}{1661.14} \times 100\%$$

$$pA = 14.57\%$$

Hasil dari seluruh perhitungan ANOVA untuk nilai rata – rata dapat dipaparkan pada tabel dibawah ini

Tabel 3.5. ANOVA Rata – Rata

Label	SS	DF	MS	F Ratio	SS'	Ratio %	F Tabel
A	313.16	2	156.58	4.40	241.95	14.57	3.55
B	471.82	2	235.91	6.63	400.61	24.12	3.55
C	192.69	2	96.34	2.71	121.48	7.31	3.55
D	42.60	2	21.30	0.60	-28.61	-1.72	3.55
Error	640.87	18	35.60	1	925.71	55.73	
SS _T	1661.14	26	63.89		1661.14	100	
Mean	25947	1					
SS _{tot}	27608.14	27					

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

- **Pooling up**

Pooling up diberlakukan pada faktor – faktor kurang signifikan yaitu faktor C dan faktor D, berikut perhitungan pooling up:

$$SS (\text{pooled } e) = SS_e + SS_C + SS_D$$

$$SS (\text{pooled } e) = 640.8733 + 192.6867 + 42.6022$$

$$SS (\text{pooled } e) = 876.1622$$

$$DF (\text{pooled } e) = DF_e + DF_C + DF_D$$

$$DF (\text{pooled } e) = 18 + 2 + 2$$

$$DF (\text{pooled } e) = 22$$

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

$$MS (pooled e) = \frac{876.1622}{22} = 39.8256$$

Tabel berikut adalah perhitungan ANOVA nilai rata – rata setelah pooling:

Tabel 3.6. ANOVA Rata – Rata Setelah diPooling

Label	Pool	SS	DF	MS	F Ratio	SS'	Ratio %	F Tabel
A		313.16	2	156.58	4.40	241.95	14.57	3.55
B		471.82	2	235.91	6.63	400.61	24.12	3.55
C	Y	192.69	-	-	-	-	-	-
D	Y	42.60	-	-	-	-	-	-
Error	Y	640.87	-	-	-	-	-	-
Pool		876.16	22	39.83	1	1018.58	61.31	
SS _T		1661.14	26	63.89		1661.14	100	
Mean		25947	1					
SS _{tot}		27608.14	27					

Berdasarkan tabel ANOVA setelah pooling diketahui bahwa faktor A dan faktor B mempengaruhi kuat tekan batu bata, dengan kata lain dua faktor tersebut memiliki kontribusi terbesar untuk meningkatkan nilai rata – rata eksperimen kuat tekan batu bata. Untuk faktor C dan faktor D sebenarnya memiliki kontribusi juga tetapi nilainya lebih kecil.

E. ANOVA nilai SNR

Langkah – langkah perhitungan ANOVA nilai SNR:

1. Menghitung nilai rata – rata SNR seluruh eksperimen

$$\bar{\eta} = \frac{\sum \eta}{9}$$

$$\bar{\eta} = \frac{31.59693 + 26.67323 + \dots + 27.62293}{9}$$

$$\bar{\eta} = 29.37567$$

2. Menghitung nilai rata – rata SNR setiap level faktor

Contoh perhitungana pada faktor A level 1

$$\bar{A}_1 = \frac{31.5969 + 26.6732 + 27.3555}{3}$$

$$\bar{A}_1 = 28.54188$$

3. Memaparkan respon tabel nilai SNR

Berikut ini adalah respon tabel dari nilai SNR

Tabel 3.7. Respon Tabel SNR

	Faktor			
	A	B	C	D
Lvl 1	28.54188	30.96431	30.38972	29.82804
Lvl 2	30.85496	28.5137	28.54271	29.20196
Lvl 3	28.73018	28.64901	29.19459	29.09701
Selisih	2.31308	2.450607	1.84701	0.73103
Rank	2	1	3	4

4. Total sum of squares

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

$$SS_{total} = 31.59693^2 + 26.67323^2 + \dots + 27.62293^2$$

$$SS_{total} = 7793.858$$

5. Sum of squares due to mean

$$S_m = n \times \bar{\eta}^2$$

$$S_m = 9 \times 29.37567^2$$

$$S_m = 7766.371$$

6. Sum of squares due to factors

Contoh perhitungan pada faktor A

$$SS_A = (n_{A1} \times \bar{A}_1^2) + (n_{A2} \times \bar{A}_2^2) + (n_{A3} \times \bar{A}_3^2) - S_m$$

$$SS_A = (3 \times 28.54188^2) + (3 \times 30.85496^2) + (3 \times 28.73018^2) - 7766.371$$

$$SS_A = 9.90046$$

7. Derajat bebas

Contoh perhitungan pada faktor A

$$DF_A = \text{jumlah level} - 1$$

$$DF_A = 3 - 1$$

$$DF_A = 2$$

8. Mean of squares

Contoh perhitungan pada faktor A

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

$$MS_A = \frac{9.90046}{2}$$

$$MS_A = 4.95023$$

9. F-ratio

Contoh perhitungan pada faktor A

$$F_A = \frac{MS_A}{MS_e}$$

$$F_A = \frac{4.95023}{1.550533}$$

$$F_A = 3.192599$$

10. Pure sum of squares

Contoh perhitungan pada faktor A

$$SS_A' = SS_A - (DF_A \times MS_e)$$

$$SS_A' = 9.90046 - (2 \times 1.550533)$$

$$SS_A' = 6.799394$$

11. Percent contribution

Contoh perhitungan pada faktor A

$$pA = \frac{SS_A'}{SS_T} \times 100\%$$

$$pA = \frac{6.799394}{33.6891} \times 100\%$$

$pA = 20.18277\%$

Hasil dari perhitungan ANOVA untuk nilai SNR dipaparkan pada tabel dibawah ini

Tabel 3.8. ANOVA Nilai SNR Pooling

Label	Pool	SS	DF	MS	F Ratio	SS'	Ratio %	F tabel
A		9.90	2	4.95	3.19	6.80	20.19	6.94
B		11.38	2	5.69	3.67	8.28	24.59	6.94
C	Y	5.26	-	-	-	-	-	-
D	Y	0.94	-	-	-	-	-	-
e		6.20	4	1.55	1	18.61	55.22	
SS_T		33.69	8			33.69	100	
Mean		7766.37	1					
SS_{tot}		7793.86	9					

F. Penentuan Setting Level

Penentuan setting level dilakukan setelah didapatkan level – level faktor optimal dari setiap faktor yang berpengaruh dari perhitungan ANOVA dan SNR. Sehingga bisa dibuat tabel setting level optimal seperti dibawah ini :

Tabel 3.9. Setting Level

Faktor	Pengaruh	Setting Level
A	Signifikan	A2
B	Signifikan	B1
C	Kurang signifikan	C1
D	Kurang signifikan	D1

G. Prediksi Kondisi Optimal

Perhitungan prediksi interval kepercayaan kondisi optimal untuk nilai rata – rata dan juga untuk nilai SNR sebagai berikut

- Prediksi kondisi optimal nilai rata – rata
 - Nilai rata – rata untuk seluruh data yaitu $\bar{y} = 31$

$$\mu_{prediksi} = \bar{A}_2 + \bar{B}_1 - \bar{y}$$

$$\mu_{prediksi} = 35.81111 + 36.91111 - 31$$

$$= 41.72222 \text{ kg/cm}^2$$

- Perhitungan prediksi kondisi optimal

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

Dimana :

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

$$neff = \frac{9 \times 3}{DF_{\mu} + DF_A + DF_B}$$

$$neff = \frac{27}{1 + 2 + 2} = 5.4$$

Maka perhitungan prediksi kondisi optimal sebagai berikut:

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

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{F_{0.05;1;22} \times MSe \times \left| \frac{1}{5.4} \right|}$$

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{4.30095 \times 39.8256 \times \left| \frac{1}{5.4} \right|}$$

$$CI_{mean} = \pm 5.632049$$

Didapatkan interval kepercayaan nilai rata – rata kondisi optimal sebagai berikut

$$\mu_{prediksi} - CI_{mean} \leq \mu_{prediksi}$$

$$\leq \mu_{prediksi} + CI_{mean}$$

$$41.72222 - 5.632049 \leq 41.72222$$

$$\leq 41.72222 + 5.632049$$

$$36.09017 \leq 41.72222 \leq 47.35427$$

- Prediksi kondisi optimal nilai SNR

- Nilai rata – rata untuk SNR seluruh data yaitu $\bar{\eta} = 29.37567$

$$\eta_{prediksi} = \bar{A}_2 + \bar{B}_1 - \bar{\eta}$$

$$\eta_{prediksi} = 30.85496 + 30.96431 - 29.37567$$

$$\eta_{prediksi} = 32.4436$$

- Perhitungan prediksi kondisi optimal SNR

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

$$neff = \frac{9}{DF_{\eta} + DF_A + DF_B}$$

$$neff = \frac{9}{1 + 2 + 2} = 1.8$$

Maka perhitungan prediksi kondisi optimal untuk nilai SNR sebagai berikut:

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

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{F_{0.05;1;4} \times MSe \times \left| \frac{1}{1.8} \right|}$$

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{7.708647 \times 1.550533 \times \left| \frac{1}{1.8} \right|}$$

$$CI_{SNR} = \pm 3.182648$$

Didapatkan interval kepercayaan nilai SNR kondisi optimal sebagai berikut

$$\eta_{prediksi} - CI_{SNR} \leq \eta_{prediksi} \leq \eta_{prediksi} + CI_{SNR}$$

$$32.4436 - 3.182648 \leq 32.4436$$

$$\leq 32.4436 + 3.182648$$

$$29.260952 \leq 32.4436 \leq 35.626248$$

H. Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi ini dilakukan untuk memverifikasi prediksi kondisi optimal yang telah dihasilkan pada pengolahan data dengan minimal menggunakan 10 sampel. Perhitungan yang dilakukan pada eksperimen konfirmasi adalah menentukan mean data, menghitung SNR dan membuat central limit serta interval kepercayaan. Eksperimen ini dilaksanakan dengan melakukan suatu pengujian yang menggunakan kombinasi tertentu (setting level optimal) dari faktor – faktor dan level – level hasil evaluasi sebelumnya.

Berikut ini hasil kuat tekan batu bata eksperimen konfirmasi:

Tabel 3.10. Hasil Kuat Tekan Eksperimen Konfirmasi

Eks	Luas Penampang (cm ²)	Kuat Tekan (kg/cm ²)
1	25	31.9
2	25	33.5
3	25	33.2
4	25	30.1
5	25	34.4
6	25	30.9
7	25	33.2
8	25	33.7
9	25	32.6
10	25	32.4

Selanjutnya menghitung nilai rata – rata hingga mendapatkan nilai interval kepercayaan ini berguna untuk dibandingkan dengan selang kepercayaan kondisi optimal. Berikut ini perhitungan nilai rata – rata dan juga variansi:

1. Perhitungan nilai rata – rata

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

$$\mu = \frac{1}{10} (31.9 + 33.5 + \dots + 32.4)$$

$$\mu = 32.59$$

2. Perhitungan nilai SNR

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

$$\eta = -10 \log_{10} \left| \frac{1}{10} \left(\frac{1}{31.9^2} + \frac{1}{33.5^2} + \dots + \frac{1}{32.4^2} \right) \right|$$

$$\eta = 30.24181$$

Selanjutnya yang harus dilakukan setelah menghitung nilai rata – rata dan juga SNR yaitu membuat perhitungan interval kepercayaan eksperimen konfirmasi yang bertujuan membuat suatu perkiraan dari level – level faktor untuk dibandingkan dengan interval kepercayaan kondisi optimal. Perhitungan interval kepercayaan eksperimen konfirmasi sebagai berikut:

1. Untuk nilai rata – rata

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

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{F_{0.05;1;22} \times MSe \times \left| \frac{1}{5.4} + \frac{1}{10} \right|}$$

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{4.30095 \times 39.8256 \times \left| \frac{1}{5.4} + \frac{1}{10} \right|}$$

$$CI_{mean} = \pm 6.98919$$

Didapatkan interval kepercayaan nilai rata – rata dari eksperimen konfirmasi sebagai berikut:

$$\mu_{confirmation} - CI_{mean} \leq \mu_{confirmation} \leq \mu_{confirmation} + CI_{mean}$$

$$32.59 - 6.98919 \leq 32.59 \leq 32.59 + 6.98919$$

$$25.60081 \leq 32.59 \leq 39.57919$$

2. Untuk nilai SNR

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

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{F_{0.05;1;4} \times MSe \times \left| \frac{1}{1.8} + \frac{1}{10} \right|}$$

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{7.708647 \times 1.550533 \times \left| \frac{1}{1.8} + \frac{1}{10} \right|}$$

$$CI_{SNR} = \pm 2.799203$$

Didapatkan interval kepercayaan nilai SNR dari eksperimen konfirmasi sebagai berikut:

$$\eta_{confirmation} - CI_{SNR} \leq \eta_{confirmation} \leq \eta_{confirmation} + CI_{SNR}$$

$$30.24181 - 2.799203 \leq 30.24181 \leq 30.24181 + 2.799203$$

$$27.4426 \leq 30.24181 \leq 33.04101$$

Berikutnya yaitu membuat perbandingan dengan interval kepercayaan kondisi optimal yang dipaparkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 3.11. Interval Kepercayaan

Respon (kuat tekan batu bata)	Prediksi	Optimal
Eksperimen Taguchi	Rata – rata	41.72222 ± 5.632049
	SNR	32.4436 ± 3.182648
Eksperimen Konfirmasi	Rata – rata	32.59 ± 6.98919
	SNR	30.24181 ± 2.799203

Berdasarkan interpretasi hasil perhitungan kuat tekan batu bata yang terlihat pada tabel diatas, menunjukan bahwa hasil dari eksperimen konfirmasi untuk nilai rata – rata dan SNR dapat diterima dengan pertimbangan selang kepercayaan karena pada tabel diatas menjelaskan bahwa hasil eksperimen konfirmasi berada dalam interval hasil optimal

4. PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil yang diteliti maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Faktor – faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas kuat tekan pada batu bata yaitu rasio faktor air dan tanah, rasio tanah liat dan abu + tras, rasio tanah liat jenis kental dan tanah liat biasa, serta rasio abu dan tras. Faktor – faktor yang bersignifikasi lebih dari eksperimen ini yaitu rasio faktor tanah liat dan abu + tras untuk nilai rata – rata dan nilai SNR dengan level faktor terpilih B1 (90%:10%), serta rasio air dan tanah untuk nilai rata – rata lebih signifikan daripada nilai SNR dengan level faktor terpilih A2 (15%:85%). Sedangkan untuk faktor yang kurang signifikan yaitu rasio faktor tanah liat jenis kental dan tanah liat biasa dengan level faktor terpilih C1 (15%:85%) serta rasio abu dan tras dengan level faktor terpilih D1(1:2).

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 batu bata pada eksperimen ini yaitu rasio air dan tanah dengan agregat (15%:85%) dan rasio faktor tanah liat dan abu + tras dengan agregat (90%:10%). Untuk kuat tekan optimal yang didapatkan dari eksperimen ini melalui eksperimen konfirmasi yaitu sebesar 32.59 kg/cm^2 . Sedangkan untuk agregat tanah liat jenis kental dengan tanah liat jenis biasa dan juga agregat abu dengan tras tidak mempengaruhi penurunan kuat tekan batu bata.

Saran

Berdasarkan pembahasan dan kesimpulan, perusahaan dapat melakukan perbaikan kualitas kuat tekan batu bata merah dengan memfokuskan pada faktor – faktor yang sangat mempengaruhi tingkat signifikansi pada kuat tekan batu bata, yaitu pada faktor *rasio air dengan tanah liat dan tanah liat dengan abu + tras*. Sehingga bisa diperoleh batu bata yang kuat tekannya optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Iriawan, N., dan Astuti, S. P. (2006), *Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*, Edisi I, Andi Offset, Yogyakarta.
- Ishak, Aulia. 2002. *Rekayasa Kualitas*. Universitas Sumatra Utara, 2: 124.
- Kurniawan, Cakra. 2014. *Optimalisasi Jumlah Batu Bata Yang Pecah Menggunakan Desain Eksperimen Taguchi*. (Online): (<http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/gaussian>) Diakses tanggal 3 September 2015).

- Peace, Glen S. 1992. *Taguchi Methods A Hands-On Approach*. Canada: Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
- Pratiwi, Gisti A. 2015. *Penerapan Siklus DMAIC Dengan Metode Taguchi Untuk Meningkatkan Kualitas Bata Merah Dengan Penambahan Serbuk Kayu*. (Online): (<http://jrmsi.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jrmsi/article/view/203/233>) Diakses tanggal 15 Desember 2015).
- Roy, Ranjit K. 1990. *A Primer on The Taguchy Method*. New York: Van Nostrand Reinhold
- Steel, Robert G.D, and Torry, James H. 1989. *Prinsip dan Prosedur Statistika Suatu Pendekatan Biometrik*. Jakarta: Gramedia.
- Sudjana. 2005. *Metoda Statistika*. Bandung: Tarsito.
- Sugiyono, Dr. 2010. *Metode penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*, Penerbit ALFABETA
- Vandenbrande, Willy. 2005. *Perbaikan Kualitas Pada Perancangan*. Bandung: ITB Bandung.
- Walpole, Ronald E. 1990. *Pengantar Statistika*. Jakarta: Gramedia.
- Wibisono, Yusuf. 2005. *Metode Statistik*. Yogyakarta:Gajah Mada University Press.