

PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK SEBAGAI BAHAN CAMPURAN BATAKO DALAM IMPLEMENTASI GREEN MANUFACTURING

Mustakim¹, Dwi Iryaning Handayani², Yustina Suhandini³

^{1,2,3}Prodi Teknik Industri, Universitas Panca Marga

takimteknik@gmail.com¹, dwiiryaninghandayani@yahoo.co.id², yustina.upm@gmail.com³

ABSTRACT

Untuk menjaga kelestarian lingkungan perlu melakukan inovasi penggunaan limbah dalam pembuatan bahan bangunan, Limbah Botol Plastik yang dihancurkan dapat diolah untuk dijadikan alternatif bahan campuran dalam pembuatan batako yang ramah lingkungan, metode yang digunakan adalah design eksperimen dengan menggunakan metode taguchi, yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk batako dengan memanfaatkan limbah plastik, menentukan komposisi untuk pembuatan batako. benda uji berbentuk batako dengan luas 40.000 mm², dengan uji Maksimum kuat tekan batako, dari hasil pengujian komposisi yang memiliki kekuatan tekan paling tinggi adalah semen dan agregat (1 : 07), komposisi air dan semen (40% : 60%), komposisi limbah botol plastic (25%), komposisi pasir dan abu batu (60% : 40%) dengan dengan hasil tekan kuat rata rata 13,5275 Mpa, sedangkan kuat tekan batako pada umumnya hanya 3-5 Mpa

Keywords : Green Manufacturing, Metode Taguchi, Limbah botol plastik

INTRODUCTION

Teknologi mendesak seluruh aspek kehidupan untuk berkembang dan melakukan inovasi, termasuk di bidang konstruksi bangunan. Bahan teknik adalah bahan-bahan yang digunakan pada struktur bangunan, bahan yang digunakan untuk bangunan terdiri dari bahan-bahan atap, dinding dan lantai. Bahan-bahan tersebut banyak dijumpai dalam berbagai bentuk seperti kayu dan logam, serta batu bata, batako, dan beton. Salah satu bahan bangunan dalam pembuatan dinding dan lantai adalah batako yang merupakan bata cetak alternatif pengganti batu bata yang tersusun dari komposisi pasir, semen, dan air. Batako merupakan bahan bangunan yang difokuskan pada konstruksi dinding bangunan non-struktural.

Batako termasuk bahan penyusun dinding yang bersifat non-struktural. Meskipun sifatnya hanya bagian non-struktural dari bangunan bukan berarti batako tidak memiliki standard kekuatan dan toleransi yang harus dipenuhi, karena dalam penggunaannya batako dengan mutu tertentu dapat dipakai dalam konstruksi yang memikul beban. Terdapat batasan-batasan tertentu sebagai persyaratan pada batako agar dalam penggunaannya, batako memiliki ketahanan dari berbagai macam pengaruh baik pengaruh secara langsung ataupun tidak langsung seperti ketentuan di dalam Standar Nasional Indonesia (SNI).

Batako merupakan salah satu alternatif bahan dinding yang murah dan relatif kuat. Batako terbuat dari campuran semen, pasir dan air yang dicetak dengan ukuran standard. Biasanya pengerjaannya dilakukan secara manual, namun sekarang sudah sering dibuat secara masinal. Batako yang diproduksi, bahan bakunya terdiri dari pasir, semen, dan air dengan perbandingan 75:20:5. Perbandingan komposisi ini sesuai dengan Pedoman Teknis yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum tahun 1986.

Limbah merupakan permasalahan besar di setiap tempat terutama di Negara berkembang, misalnya sampah non-organik. Padahal semua limbah baik itu organik maupun non-organik sama-sama dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Berdasarkan alasan tersebutlah penulis ingin melakukan penelitian yang mendalam tentang pemanfaatan limbah yang dalam hal ini berupa limbah botol plastik dan abu batu dengan konsep *green manufacturing*.

Green Manufacturing adalah suatu proses produksi yang menggunakan input dengan dampak lingkungan yang relatif rendah, dan menghasilkan sedikit atau tidak ada limbah atau polusi [2]. *Green Manufacturing* mengarah pada suatu perancangan sistem manufaktur ramah lingkungan dengan mengubah proses bahan baku, proses produksi, penggunaan energi serta dapat mengurangi dampak lingkungan yang merugikan [9]. *Green Manufacturing* juga dianggap sebagai proses yang inovatif karena potensi dan alasan yang dapat berguna dalam mengurangi limbah, pencegahan polusi, konservasi energi [7].

Salah satu limbah yang harus ditangani salah satunya ialah limbah botol plastik, limbah botol ini merupakan masalah serius dan harus ditangani dengan baik, karena semua orang sering menggunakan botol plastik mengingat kemasan botol plastik ini lebih ringkas dan sangat ringan untuk dibawa kemana-mana. Limbah botol kemasan ini dapat di daur kembali sebagai bahan baku dalam produksi produk-produk baru [5].

Sebuah studi tentang model sistem *green manufacturing* yang merancang sistem manufaktur ramah lingkungan dengan mengubah bahan baku, proses produksi, dan penggunaan energi, dapat mengurangi biaya operasional dan dampak lingkungan [9]. Suatu perusahaan manufaktur yang menggunakan *green manufacturing* dapat menguntungkan perusahaan, juga menguntungkan lingkungan serta produk yang dihasilkan juga akan berdampak terhadap konsumen [6].

Limbah botol plastik salah satu jenis plastik yang paling banyak digunakan, limbah botol ini berjenis *polyethylene terephthalate* atau PET^[4]. Pemakaiannya cukup cepat karena berfungsi sebagai kemasan yang baik untuk produk minuman. PET mempunyai keuntungan dengan sifat yang dimiliki, yaitu tahan terhadap kimia, bening dan stabilitas termal, serta baik pada kekuatan tarik. Karena sifat-sifat yang dimilikinya itu dapat mencemari lingkungan dan harus diatasi dengan baik salah satunya dengan *green manufacturing*^[6].

Berlatarbelakang dengan tingginya produksi produk domestik diimbangi dengan tingginya konsumsi produk yang menggunakan botol plastik tersebut sehingga wajar limbah botol plastik menjadi momok baru dalam pencemaran lingkungan. Karena jumlahnya yang sangat banyak dan mudah didapat, maka penulis ingin melakukan penelitian ini untuk mendapatkan suatu produk berkualitas tinggi namun ekonomis yang dihasilkan dari limbah botol plastik maka penulis juga ingin melakukan variasi limbah botol plastik dengan abu batu yang merupakan limbah yang bersifat organik dan non-organik. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sesuatu yang bermanfaat dalam menghasilkan batakko yang berkualitas dan ramah lingkungan.

Dari hasil analisa kandungan kimia yang terdapat dalam plastik dan abu batu maka sangat dimungkinkan dilakukannya pemanfaatan botol plastik jenis PET (*Polyethylene Terephthalate*) dan abu batu tersebut sebagai bahan substitusi dalam pembuatan batakko. Dengan demikian meterial tersebut akan dikaji pemanfaatannya sebagai substitusi agregat halus pada pembuatan batakko.

METHOD

Green Manufacturing

Green Manufacturing dapat digunakan untuk fasilitas Green Industri untuk meningkatkan hasil lingkungan dari proses produksi, mengurangi biaya bahan baku, dengan menggunakan lebih sedikit energi dan menggunakan kembali limbah daur ulang daripada membeli bahan baru untuk produksi^[2]. Mengurangi dampak lingkungan terhadap masyarakat yang juga akan meningkatkan citra perusahaan, *Green Manufacturing* adalah suatu proses produksi yang menggunakan input dengan dampak lingkungan yang relatif rendah, dan menghasilkan sedikit atau tidak ada limbah atau polusi^[7], *Green Manufacturing* mengarah pada suatu perancangan sistem manufaktur ramah lingkungan dengan mengubah proses bahan baku, proses produksi, penggunaan energi serta dapat mengurangi dampak lingkungan yang merugikan^[6]. *Green Manufacturing* juga dianggap sebagai proses yang inovatif karena potensi dan alasan yang dapat berguna dalam mengurangi limbah, pencegahan polusi, konservasi energi^[8].

Desain eksperimen (percobaan) adalah evaluasi serentak terhadap dua atau lebih faktor (parameter) terhadap kemampuannya untuk mempengaruhi rata-rata atau variabilitas hasil gabungan dari karakteristik produk atau proses tertentu. Pada Umumnya desain eksperimen bertujuan untuk menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan suatu rancangan percobaan.^[8]

Pengertian Taguchi

Dr. Genichi Taguchi mengumumkan ide dan gagasannya mengenai *quality engineering* yang telah digunakan selama beberapa tahun di Jepang. Pada tahun 1980-an ide mengenai desain percobaan ini telah diperkenalkan di dunia barat. Sasaran *quality engineering* adalah merancang kualitas kedalam tiap-tiap produk dan proses yang sesuai, metode Taguchi merupakan metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dapat menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin. Sasaran metode Taguchi adalah menjadikan produk *robust* terhadap *noise*, karena itu sering disebut sebagai *Robust Design*^[8].

Matriks Ortogonal (*Orthogonal Array*)

Matriks Ortogonal (*Orthogonal Array*) adalah matriks fraksional faktorial yang memiliki perbandingan taraf dari faktor yang seimbang. Elemen-elemen matriks ortogonal disusun menurut baris dan kolom. Kolom merupakan faktor dalam percobaan. Baris merupakan kombinasi dari taraf faktor dalam percobaan. Matriks disebut ortogonal karena semua kolom dapat dievaluasi secara independen satu sama lain^[8]

Pada penelitian yang kami lakukan akan mendapatkan data hasil Kuat Tekan Batakko berupa tabel dan 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).

1. Perhitungan Nilai Rata-rata dan SNR :
 - a. Perhitungan nilai rata-rata untuk hasil eksperimen ke-1

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \dots \dots \dots [3]$$

- b. Perhitungan nilai SNR untuk hasil eksperimen ke-1

$$\eta = -10 \log_{10} \left| \frac{1}{3} 1/y^i \dots \dots \dots [3] \right.$$

2. Perhitungan ANOVA Nilai Rata-rata

- a. Menghitung nilai rata-rata semua eksperimen
- b. Menghitung nilai rata-rata setiap level faktor, contoh faktor A level 1
- c. Membuat response tabel dan response graph
- d. Menghitung nilai *total sum of square*
- e. Menghitung nilai *sum of squares due to mean*
- f. Menghitung nilai *sum of squares due to factors*, contoh perhitungan faktor A
- g. Menghitung nilai *sum of squares due to error*
- h. Menghitung derajat bebas, contoh perhitungan faktor A
- i. Menghitung nilai *mean sum of squares*, contoh perhitungan faktor A
- j. Menghitung nilai *F ratio*, contoh perhitungan faktor A
- k. Menghitung *pure sum of squares*, contoh perhitungan faktor A
- l. Menghitung *percent contribution*, contoh perhitungan faktor A
- m. *Pooling up* ^[1]

3. Perhitungan ANOVA Nilai SNR

- a. Menghitung nilai rata-rata SNR seluruh eksperimen

$$\hat{y} = \frac{\sum y}{n} \dots\dots\dots [3]$$

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

$$\bar{y}_{jk} = \frac{\sum y_{jk}}{n_{jk}} \dots\dots\dots [3]$$

- c. Membuat response tabel dan response graph
- d. Menghitung nilai *total sum of squares*
- e. Menghitung nilai *sum of squares due to mean*
- f. Menghitung nilai *sum of squares due to factors*, contoh perhitungan faktor A
- g. Menghitung drajad bebas, contoh faktor A
- h. Menghitung nilai *mean sum of squares*
- i. Menghitung nilai *F-ratio*, contoh perhitungan faktor A
- j. Menghitung *pure sume of squares*, contoh perhitungan faktor A
- k. Menghitung *percent contribution*, contoh perhitungan faktor A ^[1]

DISCUSSION

Jenis penelitian ini adalah ekseprimen, yaitu penelitian yang bertujuan untuk mengetahui sebenarnya tentang seberapa pengaruhnya jika limbah botol plastik jenis PET di campurkan kedalam adonan bahan pembuatan batako dan nantinya akan dilakukan uji kuat tekan. Penelitian ini dilakukan dalam rangka mencari dan mengumpulkan sejumlah data untuk memperoleh gambaran tentang pemanfaatan limbah botol plastik tersebut. Karakteristik kualitas pada penelitian ini adalah *Larger The Better* dengan responnya yaitu kulitas kuat tekan sampel batako. Pengujian kuat tekan batako (Mpa) dilakukan menggunakan *Digital Display Hydraulic Compression Machine* yang dilakukan di Laboratorium

Tabel 1 Hasil Kuat Tekan Batako

Eksperimen	Luas Penampang (mm ²)	Beban Maksimum			R1 (Mpa)	R2 (Mpa)	R3 (Mpa)
		R1 (KN)	R2 (KN)	R3 (KN)			
1	40000	169,800	163,340	165,400	11,037	10,6171	10,751
2	40000	174,720	170,260	172,220	11,3568	11,0669	11,1943
3	40000	123,800	119,400	121,310	8,047	7,761	7,88515
4	40000	103,190	98,870	101,670	6,70735	6,42655	6,60855
5	40000	118,860	110,780	115,470	7,7259	7,2007	7,50555
6	40000	154,960	148,280	150,120	10,0724	9,6382	9,7578
7	40000	117,450	112,790	115,310	7,63425	7,33135	7,49515
8	40000	212,960	202,960	208,430	13,8424	13,1924	13,54795
9	40000	69,480	54,560	60,870	4,5162	3,5464	3,95655

Perhitungan Nilai Rata-rata dan SNR

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

1. Perhitungan nilai rata-rata untuk hasil eksperimen ke-1, sebagai berikut :

$$\mu = \frac{1}{3} (11,037+10,6171+10,751)$$

$$\mu = 10,8017$$

2. Perhitungan nilai SNR untuk hasil eksperimen ke-1, sebagai berikut :

$$\eta = -10 \log_{10} \left| \frac{1}{3} \left(\frac{1}{11,037^2} + \frac{1}{10,6171^2} + \frac{1}{10,751^2} \right) \right|$$

$$\eta = 0,0007719$$

Tabel 2 nilai rata-rata dan SNR

Eksperimen	Faktor Terkontrol				Rata-rata	SNR
	A	B	C	D		
1	1	1	1	1	10,801	0,0007719
2	1	2	2	2	11,206	1,3949336
3	1	3	3	3	7,897	0,6925975
4	2	1	2	3	6,580	0,4807507
5	2	2	3	1	7,477	0,6196938
6	2	3	1	2	9,822	0,7108381
7	3	1	3	2	7,486	0,720487
8	3	2	1	3	13,527	2,0311579
9	3	3	2	1	4,006	0,173233

Berikut perhitungan ANOVA nilai rata-rata :

1. Menghitung nilai rata-rata semua eksperimen

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

$$\hat{y} = \frac{11,037+10,6171+10,751 \dots 3,95655}{27}$$

$$\hat{y} = \frac{236,4219}{27} = 8,756366$$

2. Menghitung nilai rata-rata setiap level faktor, faktor A level 1

$$\bar{y}_{jk} = \frac{\sum y_{j\cdot}}{n_{j\cdot}}$$

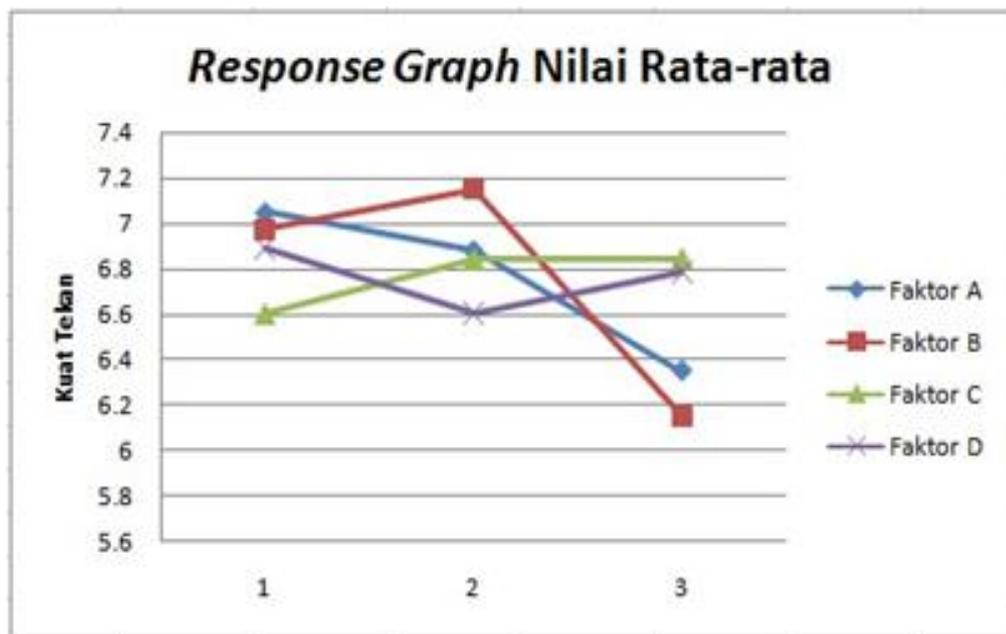
$$\bar{y}_{A1} = \frac{10,8017+11,206+7,897716}{3}$$

$$\bar{y}_{A1} = \frac{29,905416}{3} = 9,968472$$

3. Membuat *response tabel* dan *response graph*.

Tabel 3 Tabel Respon Nilai Rata-rata

	Faktor			
	A	B	C	D
Level 1	9,968472	8,289810	11,384027	7,428488
Level 2	7,960333	10,736988	7,264399	9,505238
Level 3	8,340294	7,242299	7,620671	9,335371
Selisih	2,008139	3,494689	3,763356	0,169867
Ranking	3	2	1	4



Gambar 1 Response Graph Nilai Rata- Rata

4. Menghitung nilai total *sum of square*

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

$$SS_{total} = 11,037^2 + 10,6171^2 + 10,751^2 + \dots + 3,9565^2$$

$$SS_{total} = 2267,482$$

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

$$\text{Mean } (s_m) = n\bar{y}^2$$

$$\text{mean} = 27 * 8,756366^2$$

$$\text{mean} = 2070,197$$

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

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

$$SS_A = (9 * 9,968472^2) + (9 * 7,960333^2) + (9 * 8,340294^2) - 2070,197$$

$$SS_A = 20,484026$$

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

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

$$SS_e = 2267,692 - 2070,197 - (20,484026 + 57,896274 + 93,783322 + 23,933686)$$

$$SS_e = 1,397692$$

8. Menghitung derajat bebas, perhitungan faktor A

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

$$DF_A = 3 - 1$$

$$DF_A = 2$$

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

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

$$MS_A = \frac{20,484026}{2}$$

$$MS_A = 10,242013$$

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

$$F_A = \frac{MA}{Me}$$

$$F_A = \frac{10,242013}{0,077649}$$

$$F_A = 131,901415$$

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

$$SS_{A'} = SS_A - DF_A * M_e$$

$$SS_{A'} = 20,484026 - (2 * 0,077694)$$

$$SS_{A'} = 20,328728$$

12. Menghitung *percent contribution*, perhitungan faktor A

$$pA = \frac{SS_{A'}}{SSt} * 100\%$$

$$pA = \frac{20,328728}{196,097167} * 100\%$$

$$pA = 0,103666\%$$

Tabel 4 ANOVA Rata-rata

Sourc e	SS	DF	MS	F Ratio	SS'	Ratio %	F tabel
A	20,484	2	10,2420	131,9014	20,3287	0,1036	3,55
B	57,859	2	28,9479	372,8045	57,7405	0,2944	3,55
C	93,782	2	46,8913	603,8887	93,6274	0,4774	3,55
D	23,933	2	11,9666	154,1115	23,7779	0,1212	3,55
Error	1,3976	18	0,0776	1	3,6815	34,1227	
SSt	196,097	26	0,4150		196,0972	100	
Mean	2070,197	1					
Sstotal	2267,482	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 derajat 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* :

$$\begin{aligned}
 SS \text{ (pooled e)} &= SSe + SSC + SSD \\
 &= 1,3976 + 93,782 + 23,933 \\
 &= 119,1126 \\
 DF \text{ (pooled e)} &= Dfe + DFc + DFD \\
 &= 18 + 2 + 2 = 22 \\
 MS \text{ (pooled e)} &= \frac{S \text{ (pooled e)}}{DF \text{ (pooled e)}} \\
 &= \frac{119,1126}{22} = 5,414209
 \end{aligned}$$

Tabel 5 ANOVA nilai rata-rata setelah pooling

Source	Pool	SS	DF	MS	F Ratio	SS'	Ratio %	F tabel
A		20,484	2	10,2420	131,9014	20,3287	0,1036	3,55
B		57,859	2	28,9479	372,8045	57,7405	0,2944	3,55
C	Y	93,782	-	-	-	-	-	-
D	Y	23,933	-	-	-	-	-	-
Error	Y	1,3979	-	-	-	-	-	-
Pooled		119,1126	22	05,414	1	3,6815	35,1227	
SSt		196,097	26	0,4150		196,0972	100	
Mean		2070,197	1					
Sstotal		2267,482	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 35,1227% yang dapat diartikan bahwa semua faktor yang signifikan mempengaruhi nilai rata-rata sudah cukup dimasukkan dalam eksperimen (syarat metode Taguchi untuk pesen kontribusi $\leq 50\%$).

Perhitungan ANOVA Nilai SNR

Berikut ini langkah-langkah perhitungan ANOVA nilai SNR :

1. Menghitung nilai rata-rata SNR seluruh eksperimen

$$\begin{aligned}
 \bar{\eta} &= \frac{\sum \eta}{9} \\
 \bar{\eta} &= \frac{0,0007719 + 1,3949336 + \dots + 0,173233}{9} \\
 \bar{\eta} &= 0,75827372
 \end{aligned}$$

2. Menghitung nilai rata-rata SNR setiap level faktor, faktor A level 1

$$\bar{\eta} = \frac{0,0007719 + 1,3949336 + 0,6925975}{3}$$

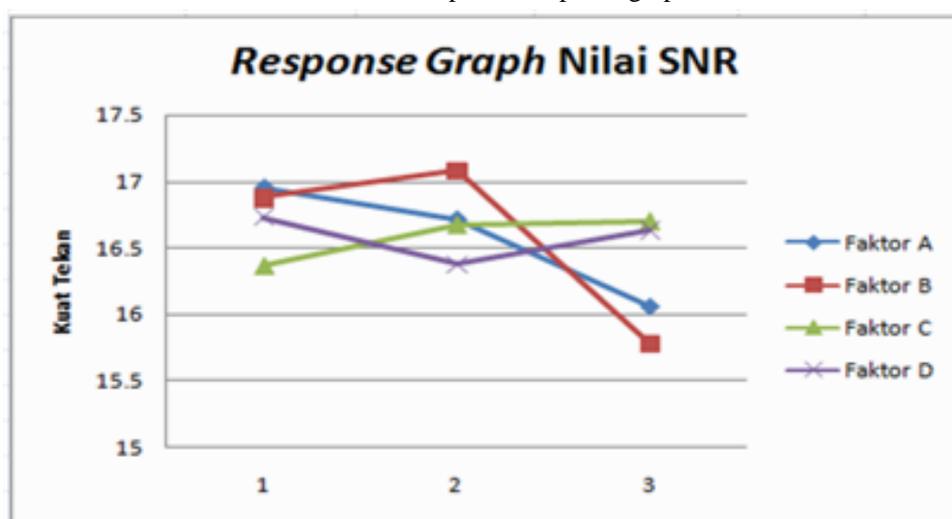
$$\bar{\eta} = 0,696101$$

3. Membuat *response tabel* dan *response graph*

Tabel 6 *response tabel* nilai SNR

	Faktor			
	A	B	C	D
Level 1	0,696101	0,40066986	0,91425596	0,26456623
Level 2	0,60376086	1,3485951	0,68297243	0,94208623
Level 3	0,91721496	0,5255562	0,6775926	1,0681687
Selisih	0,3134541	0,94792524	0,23666336	0,80360247
Ranking	3	1	4	2

Pada Gambar berikut ini memaparkan *response graph* nilai SNR



Gambar 2 *Response Graph* nilai SNR

4. Menghitung nilai total *sum of squares*

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

$$SS_{total} = 0,0007719^2 + 1,3949336^2 + \dots + 0,173233^2$$

$$SS_{total} = 8,569448$$

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

$$S_m = \eta \cdot \bar{\eta}^2$$

$$S_m = 9 \times 0,75827372^2$$

$$S_m = 5,174811$$

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

$$SS_A = n_{A1} \cdot \eta_{A1}^2 + n_{A2} \cdot \eta_{A2}^2 + n_{A3} \cdot \eta_{A3}^2 - S_m$$

$$SS_A = (3 \times 0,696101^2) + (3 \times 0,60376086^2) + (3 \times 0,91721496^2) - 5,174811$$

$$SS_A = -0,103709816649$$

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

$$S \text{ (pooled e)} = 0,10953009 + 1,12070737$$

$$S \text{ (pooled e)} = 1,23023746$$

7. Menghitung derajat bebas, faktor A

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

$$DF_A = 3 - 1$$

$$DF_A = 2$$

8. Menghitung nilai *mean sum of squares*

$$MS_A = \frac{SSA}{DFA}$$

$$MS_A = \frac{1,23023746}{2}$$

$$MS_A = 0,61511873$$

9. Menghitung nilai F ratio, contoh perhitungan faktor A

$$F_A = \frac{MA}{Me}$$

$$F_A = \frac{0,61511873}{0,30755}$$

$$F_A = 2,000060$$

10. Menghitung pure sume of squares, perhitungan faktor A

$$SS'_A = SS_A \cdot DFA \cdot Me$$

$$SS'_A = 1,23023746 - (2 \cdot 0,30755)$$

$$SS'_A = 0,61513746$$

11. Menghitung percent contribution, perhitungan faktor A

$$pA = \frac{SSA}{SSt} \cdot 100\%$$

$$pA = \frac{0,61513746}{4,052027135} \cdot 100\%$$

$$pA = 0,1519 \%$$

Tabel 6 perhitungan ANOVA untuk nilai SNR

Source	Pool	SS	DF	MS	F Ratio	SS'	Ratio %	F tabel
A		-1037	2	0,6151	2,0001	0,6151	0,1519	6,94
B		1,5915	2	0,7957	2,5974	0,9765	0,3924	6,94
C	Y	0,1095	-	-	-	-	-	-
D	Y	1,1207	-	-	-	-	-	-
E		1,2302	4	0,0981	1	0,7849	17,0233	
SSt		4,0520	8			4,0520	100	
Mean		5,174	1					
Sstotal		8,569	9					

Berdasarkan perhitungan ANOVA nilai SNR diatas menunjukkan bahwa nilai persen kontribusi pada error sebesar 17,0233 % yang menunjukkan bahwa semua faktor signifikan mempengaruhi variansi sudah dimasukkan dalam eksperimen ini (syarat metode Taguchi untuk persen kontribusi ≤ 50 %).

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 4. merupakan tabel setting level optimal

Tabel 7 Setting Level

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

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 $\bar{y} =$

$$\begin{aligned} \mu_{\text{prediksi}} &= \bar{y} + (\overline{A1} - \bar{y}) + (\overline{B2} + \bar{y}) \\ \mu_{\text{prediksi}} &= \overline{A1} + \overline{B2} - \bar{y} \\ \mu_{\text{prediksi}} &= 9,968472 + 10,367988 - 8,756366 \\ \mu_{\text{prediksi}} &= 11,580094 \end{aligned}$$

- b. Perhitungan selang kepercayaan

$$CI_{\text{mean}} = \pm \sqrt{F_{\alpha; v1; v2} * MSe * \left| \frac{1}{n_{\text{eff}}} \right|}$$

Dengan n_{eff} :

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

$$n_{\text{eff}} = \frac{9 * 3}{DF_{\mu} + DFA + DFB}$$

$$n_{\text{eff}} = \frac{27}{1+2+2} = 5,4$$

Maka perhitungan selang kepercayaan sebagai berikut :

$$CI_{\text{mean}} = \pm \sqrt{F_{\alpha; v1; v2} * MSe * \left| \frac{1}{n_{\text{eff}}} \right|}$$

$$CI_{\text{mean}} = \pm \sqrt{F_{0,05; 1; 22} * 5,414209} = \left| \frac{1}{5,4} \right|$$

$$CI_{\text{mean}} = \pm \sqrt{4,30 * 5,414209 * \left| \frac{1}{5,4} \right|}$$

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

Didapatkan selang kepercayaan nilai rata-rata optimal

$$\begin{aligned} \mu_{\text{prediksi}} - CI_{\text{mean}} &\leq \mu_{\text{prediksi}} \leq \mu_{\text{prediksi}} + CI_{\text{mean}} \\ 11,580094 - 0,343796 &\leq \mu_{\text{prediksi}} \leq 11,580094 + 0,343796 \\ 11,236298 &\leq \mu_{\text{prediksi}} \leq 11,92389 \end{aligned}$$

2. Perkiraan selang kepercayaan kondisi optimal nilai SNR
- a. Perkiraan kondisi optimal untuk nilai SNR Nilai rata-rata untuk SNR seluruh data yaitu $\bar{\eta} = 0,75827372$

$$\begin{aligned} \eta_{\text{prediksi}} &= \bar{\eta} + (\overline{A1} - \bar{\eta}) + (\overline{B2} + \bar{\eta}) \\ \eta_{\text{prediksi}} &= \overline{A1} + \overline{B2} - \bar{\eta} \\ \eta_{\text{prediksi}} &= 0,696101 + 1,3485951 - 0,75827372 \\ \eta_{\text{prediksi}} &= 1,28642238 \end{aligned}$$

- b. Perhitungan selang kepercayaan

$$CI_{\text{SNR}} = \pm \sqrt{F_{\alpha; v1; v2} * MSe * \left| \frac{1}{n_{\text{eff}}} \right|}$$

Dengan n_{eff} :

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

$$n_{eff} = \frac{9}{DF\eta + DFA + DFB}$$

$$n_{eff} = \frac{9}{1+2+2} = 1,8$$

Maka selang kepercayaan untuk nilai SNR :

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{F_{\alpha; v_1; v_2} * MSe * \left| \frac{1}{n_{eff}} \right|}$$

$$CI_{SNR} = \sqrt{F_{0,05; 1; 4} * 0,98107} * \left| \frac{1}{1,8} \right|$$

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

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

Didapatkan selang kepercayaan nilai SNR optimal

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

$$17,45735565 - 0,648248 \leq \mu_{prediksi} \leq 17,45735565 + 0,648248$$

$$16,809108 \leq \mu_{prediksi} \leq 18,105604$$

Tabel 8 Hasil Kuat Tekan Batako Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen	Luas Penampang (mm ²)	Beban maks (N)	Kuat Tekan (Mpa)
1	40000	169,800	11,037
2	40000	174,720	11,3568
3	40000	123,800	8,047
4	40000	103,190	6,70735
5	40000	118,860	7,7259
6	40000	154,960	10,0724
7	40000	117,450	7,63425
8	40000	212,960	13,8424
9	40000	69,480	4,5162

Perhitungan nilai rata-rata dan juga variansi:

- Perhitungan nilai rata-rata

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

$$\mu = \frac{1}{10} (11,037 + 11,3568 + \dots + 4,5162)$$

$$\mu = 8,09393$$

- Perhitungan nilai SNR

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

$$\eta = -10 \log_{10} \left| \frac{1}{10} \left(\frac{1}{11,037^2} + \dots + \frac{1}{4,5162^2} \right) \right|$$

$$\eta = 0,065943$$

Perhitungan selang kepercayaan eksperimen konfirmasi :

- Untuk nilai rata-rata

$$CI_{\text{mean}} = \pm \sqrt{F_{\alpha; v_1; v_2} * MSe * \left| \frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right|}$$

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

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

Maka selang kepercayaan eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata :

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

$$8,09393 - 0,426640 \leq \mu_{\text{confirmation}} \leq 8,09393 + 0,426640$$

$$7,66729 \leq \mu_{\text{confirmation}} \leq 8,52057$$

2. Untuk nilai SNR

$$CI_{\text{SNR}} = \pm \sqrt{F_{\alpha; v_1; v_2} * MSe * \left| \frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right|}$$

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

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

Maka selang kepercayaan eksperimen konfirmasi untuk nilai SNR :

$$\mu_{\text{confirmation}} - CI_{\text{SNR}} \leq \mu_{\text{confirmation}} \leq \mu_{\text{confirmation}} + CI_{\text{SNR}}$$

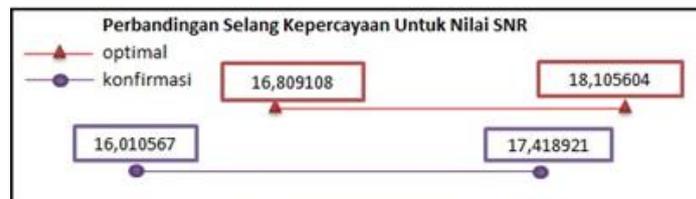
$$0,065943 - 0,704177 \leq \mu_{\text{confirmation}} \leq 0,065943 + 0,704177$$

$$-0,638234 \leq \mu_{\text{confirmation}} \leq 0,77012$$



Gambar 3 Perbandingan Selang Kepercayaan Nilai Rata-rata

Setelah menghitung selang kepercayaan eksperimen konfirmasi, berikutnya membuat perbandingan dengan selang kepercayaan kondisi optimal yang dipaparkan Gambar 3 dan Gambar 4



Gambar 4 Perbandingan Selang Kepercayaan Nilai Rata-rata

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.

CONCLUSION

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan : Kualitas batako dengan campuran limbah botol plastik sampel layak digunakan sebagai kontruksi bangunan karena hasil kuat tekan rata-rata yang di dapat adalah 8,756366 (Mpa), sedangkan kuat tekan batako pada umumnya hanya 3-5 Mpa. Komposisi bahan baku yang optimal dan memiliki kuat tekan rata-rata dari 3 replikasi pada sampel 8 (13,5275 Mpa) dimana memiliki komposisi semen dan agregat (1:07), air dan semen (40% : 60%), limbah botol plastic (25%), pasir dan abu batu (60%:40%), sehingga dengan nilai kekuatan 13,5275 Mpa komposisi ini layak untuk digunakan.

REFERENCES

- [1] 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.
- [2] Eshikumo, Selina Mukonzo. April 2017, “*Green Manufacturing and Operational Performance of a Firm : Case of Cement Manufacturing in Kenya*”. Jurnal of University of Nairobi Volume 8, Number 4.
- [3] Prasetya, Chandra. Rahman, Arif. Efranto, Remba Yanuar. 2017, “Analisa Desain Eksperimen Pembuatan Batako Berbahan Alternatif Lumpurlapindo Dan FLY ASH Dengan Metode Taguchi”. Jurnal Teknik Industri Universitas Braijaya Vol. 14, No.
- [4] Sutoni, Akhmad. Desember 2018, “Uji Kuat Dan Daya Serap Pada Batako Dengan Menggunakan metode Taguchi”. Jurnal Sistem Dan Manajemen Industri Volume 2, No.
- [5] Soedarmaji, Wisma. Subagyo, Tulus. 2018, “Pengaruh Persiapan Pembersihan Terhadap Identifikasi Warna Melalui Kondisi Ramah Lingkungan Pada Limbah Botol Plastik”. Jurnal Fakultas Teknik Universitas Yudharta Pasuruan Vol. 12, No. 02.
- [6] Surachman. Siswanto, Eko. 2015, “Penerapan Konsep Green Manufacturing Pada Botol Minum Kemasan Plastik”. Jurnal Fakultas Teknik Mesin Universitas Brawijaya Vol. 3, No 2.
- [7] Prasad, Suresh. Sharma. 2014, “*Lean and Green Manufacturing: Concept and its Implementation in Operations Management*”. Jurnal National Institute of Technology (NIT) Vol. 4, No 5.
- [8] 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.
- [9] Y. Nukman, Awais Farooqi, Osama Al-Sultan, Abdul Rahman A.(2017), *A Strategic Development of Green Manufacturing Index (GMI) Topology Concerning the Environmental Impacts (Advances in Material & Processing Technologies Conference, Procedia Engineering 184 (2017) 370 – 380*
- [10] <http://bellanovialaratiwi.blogspot.com/2014/04/green-manufacturing.html>