

DESAIN EKSPERIMEN KUAT TEKAN PAVING BLOCK DENGAN BAHAN TAMBAH ABU BATU BARA (*FLY ASH*) DENGAN METODE TAGUCHI

Susanti Dhini Anggraini *, Abdul wahid Nuruddin, Krishna Trisanjaya, Anggia Kalista, Amirul mu'minin

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Ronggolawe Tuban
Jl. Manunggal No 61 Tuban kode pos 62381

*Email: susantidhini@gmail.co.id

Abstrak

Paving block adalah suatu komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen portland, air, dan agregat (abu batu). Terdapat bahan limbah pembakaran batubara (fly ash) yang memiliki kesamaan karakteristik dengan semen. Oleh karena itu diperlukan pengembangan dan penelitian variasi komposisi optimum dan pengaruh penambahan fly ash pada pembuatan Paving block. Dalam pembuatan paving block digunakan desain eksperimen metode taguchi yang merupakan metode perbaikan kualitas dengan melakukan percobaan baru dengan penekanan biaya seminimal mungkin. Hasil penelitian ini menunjukkan komposisi pembuatan paving block terbaik pada penelitian ini adalah pada paving block 28 hari pada level A2,B3,C3 dengan dengan komposisi bahan fly ash 7.5 %, semen 30 % dan agregat 60 %. Pengaruh penambahan fly ash pada pembuatan paving block mampu meningkatkan kuat tekan paving block pada usia 28 hari 401.722 kg (standart k-300 = 300 kg/cm²).

Kata kunci: Desain eksperimen, Fly ash, Paving block, Taguchi, Kualitas.

1. PENDAHULUAN

Paving block adalah suatu komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen Portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air, agregat halus umumnya berupa pasir dan agregat kasar umumnya berupa kerikil atau batu pecah (*split*)(SNI) (Khoirunnisah, 2015). *Paving block* banyak digunakan dalam bidang konstruksi dan merupakan salah satu alternatif pilihan untuk lapis perkerasan permukaan tanah yang memiliki daya serap air yang baik, dan dengan pemasangan *paving block* dapat menjaga keseimbangan air tanah (Prasetya, 2014).

Untuk meningkatkan mutu *paving block*, diantaranya dapat dilakukan dengan cara menggunakan bahan-bahan campuran yang dapat meningkatkan kuat tekan *paving block* seperti *fly ash* yang memiliki karakter yang sama dengan semen. *Fly ash* dapat digunakan sebagai bahan tambahan untuk pembuatan agregat buatan dalam campuran beton, bahan tambahan. *paving block*, mortar, batako, dan beton ringan. Saat ini pun *fly ash* banyak dipakai untuk campuran beton, mengingat *fly ash* mengandung bahan pozzolan yaitu silikat dan aluminat serta sedikit unsur kalsium (Pangestu, 2015). Selain itu *fly ash* merupakan limbah batu bara dengan harga yang murah, hal ini diharapkan dapat menurunkan harga dari *paving blok* sehingga dapat lebih terjangkau tanpa mengurangi mutu yang dihasilkan (Prasetya, 2014). *Fly ash* dapat diperoleh dari limbah hasil pembakaran batubara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk halus, bundar dan bersifat pozzolanik (SNI 03-6414-2002). *Fly ash* sangat baik digunakan sebagai bahan pengikat pada campuran mortar karena bahan penyusun utamanya adalah Silikon Dioksida (SiO₂), Alumunium (Al₂O₃) dan Ferrum Oksida (Fe₂O₃). Dengan menggunakan abu terbang sebanyak 20-30% dari berat semen akan dapat meningkatkan kuat tekan beton.(Sukmana, 2017).

Fly ash dapat digunakan sebagai bahan campuran *Paving Block* sehingga bisa menghasilkan *Paving block* yang bermutu tinggi. Hal ini dikarenakan bahan ini mudah didapat dan harganya murah. Selain itu "*fly ash*" juga dapat menjadi bahan yang dapat mereduksi air sehingga dapat menambah tegang kekuatan. Namun pencampuran ini tidak bisa dilakukan secara sembarang. Sebab, jika penambahan "*fly ash*" terlalu banyak, maka mutu paving akan menurun. Pengikatan semennya berkurang, sehingga kualitas paving akan menurun (Anggarini, 2017).

Pada penelitian ini menggunakan desain eksperimen dengan metode taguchi untuk mengevaluasi pengaruh penambahan *fly ash* terhadap kuat tekan paving block dan diperoleh variasi komposisi optimum campuran bahan *paving block*. Penggunaan metode taguchi dalam desain

eksperimen tersebut untuk meminimalisi bnyaknya pengujian eksperimentasi serta menekan biaya specimen dan pengujian.

2. METODOLOGI

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Penelitian mengikuti langkah-langkah lengkap mulai dari awal sampai akhir eksperimen dilakukan sampai analisa hasil eksperimen, hal ini dilakukan agar data yang diperoleh dapat menunjang analis yang obyektif. Variable bebas dijadikan sebagai variable eksperimen serta variable terikat adalah hasil eksperimen.

2.1 Pengumpulan Data

Sumber data atau pengumpulan data merupakan proses pengumpulan data merupakan proses pengumpulan data yang dibutuhkan dalam penelitian. Data yang digunakan dalam penelitian ini digunakan data primer dan juga sekunder. Penelitian ini memiliki beberapa data primer antara lain data komposisi bahan pembuatan paving block, data kuat tekan batako hasil eksperimen, dan data-data lainnya yang mendukung dalam penelitian ini. Data sekunder dalam penelitian ini yaitu hasil dari penelitian ini yaitu hasil dari penelitian sebelumnya.

2.2 Spesimen Uji Eksperimen

Secara umum pembuatan *paving block* terdiri dari semen, pasir dan agregat kasar/halus (Tjokro, 2012). Sedangkan pada penelitian ini pembuatan *paving block* sama seperti pada pembuatan umumnya yaitu dengan semen dan abu batu, dan ada penambahan fly ash sebagai campuran.

2.3 Rancangan eksperimen

Penelitian ini menggunakan rancangan eksperimen dengan menggunakan matriks orthogonal array yang terdapat dalam metode taguchi yang berdasarkan pada derajat bebas, faktor, dan level faktor. Pada Penelitian ini menggunakan faktor kendali (A) Semen karena semen memiliki kandungan silika, almunium dan oxide besi yang merupakan bahan pengikat hidrolis, (B) *Fly Ash* yang merupakan bahan pengikat campuran mortar yang mengandung SiO_2 , Al_2O_3 , dan Fe_2O_3 yang mampu meningkatkan kuat tekan paving block, (C) Abu batu yang merupakan butir tajam dan keras bersifat kekal tidak hancur oleh cuaca matahari dan hujan. Pada penelitian ini menggunakan Orthogonal array $L_9(3^3)$ ditunjukkan pada Table 1.

Tabel 1. Ortogonal Array $L_9(3^3)$

No.	Faktor Kendali			Replikasi			
	A	B	C	1	2	3	4
1	1	1	1	x	X	X	X
2	1	2	2	x	X	X	X
3	1	3	3	x	X	X	X
4	2	1	2	x	X	X	X
5	2	2	3	x	X	X	X
6	2	3	1	x	X	X	X
7	3	1	3	x	X	X	X
8	3	2	1	x	X	X	X
9	3	3	2	x	X	X	X

Penelitian ini memiliki faktor faktor yang diperkirakan dan akan memberikan pengaruh pada nilai respon dan menentukan level faktornya yang berpengaruh pada Tabel 2.

Tabel 2. Penetapan factor dan level

Faktor	Level (3,25 kg)		
	Level 1	Level 2	Level 3
A (Fly ash)	5%	7,5%	10%
B (Semen)	25%	27,5%	30%
C Abubatu (agregat halus & agregat kasar)	70%	65%	60%
Benda Uji	1	2	3

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pembuatan paving block dengan eksperimen taguchi

Dalam pembuatan paving block dengan eksperimen taguchi ada factor-faktor yang terkendali dimana factor tersebut digunakan untuk penugasan pada table orthogonal array. Berikut adalah langkah-langkah eksperimen pembuatan sampel paving block; 1)persiapan bahan, 2) pencampuran bahan 3) pencetakan bahan paving block 4) Proses curing / pengeringan 5) pengujian kuat tekan paving block.

3.2 Pengujian Kuat Tekan Paving Block

Karakteristik kualitas pada penelitian ini adalah *larger the better* dengan responnya yaitu kualitas kuat tekan sampel *Paving block*. Pengujian kuat tekan batako (MPa) dilakukan menggunakan compression mesin di lab manufaktur Teknik industry Universitas Brawijaya. Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian kuat tekan *Paving block* usia 28 hari.

Tabel. 3 Hasil kuat tekan Paving Block

EKS	OA			REPLIKASI				RATA-RATA (Kg/cm 2)
	A	B	C	I	II	III	IV	
1	1	1	1	347.3	386.5	344.9	376.7	363.850
2	1	2	2	371.8	381.6	366.9	374.3	373.650
3	1	3	3	386.5	386.5	381.6	379.1	383.425
4	2	1	2	391.4	381.6	386.5	378.2	384.425
5	2	2	3	381.6	440.3	376.7	418.3	404.225
6	2	3	1	440.3	415.8	425.6	401.2	420.725
7	3	1	3	327.8	362	322.9	357.1	342.450
8	3	2	1	366.9	357.1	362	354.7	360.175
9	3	3	2	435.4	415.8	430.5	406.1	421.950

3.3 Pengolahan data

Pengujian sebanyak 36 *paving block* uji umur 28 hari dari 9 percobaan berdasarkan matriks orthogonal array. Karakteristik kualitas dalam penelitian ini adalah *large the better* karena tujuan dalam penelitian ini adalah menemukan kombinasi faktor yang dapat menyebabkan kekuatan tertinggi. Berikut rata-rata setiap faktor pada nomor eksperimen dengan indikator faktor A, B, dan C dengan level 1, level 2, dan level 3.

3.3.1 Perhitungan nilai rata-rata dan SNR

Berikut ini adalah nilai dari perhitungan rata-rata dan SNR dalam percobaan kuat tekan beton umur 28 hari.

a. Contoh perhitungan nilai rata untuk eksperimen 1, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 y &= \sum y_i / 4 & (1) \\
 &= 347.3 + 386.5 + 344.9 + 376.7 \\
 &= 1455.4 / 4 \\
 &= 363.850 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

b. Contoh perhitungan nilai SNR untk hasil eksperimen ke 1 sebagai berikut:

$$\eta = -10 \log_{10} \left| \frac{1}{4} \left(\frac{1}{347.3} + \frac{1}{386.5} + \frac{1}{344.9} + \frac{1}{376.7} \right) \right| \quad (2)$$

$$= 50.1864 \text{ dB}$$

Tabel 4 Tabel Nilai Mean Dan SNR Pengulangan *paving block*

Eks.	Faktor			SNR	MEAN
	A	B	C		
1	1	1	1	51.1864	363.850
2	1	2	2	51.4467	373.650
3	1	3	3	51.6727	383.425
4	2	1	2	51.6940	384.425
5	2	2	3	52.0782	404.225
6	2	3	1	52.4650	420.725
7	3	1	3	50.6588	342.450
8	3	2	1	51.1281	360.175
9	3	3	2	52.4952	421.950

3.3.2 Perhitungan ANOVA Nilai Rata-Rata

Berikut ini langkah-langkah perhitungan nilai rata-rata:

Menghitung nilai level factor:

$$A1 = \frac{\sum y_{jk}}{n_{jk}} \quad (3)$$

$$= \frac{363.850 + 373.650 + 383.425}{3}$$

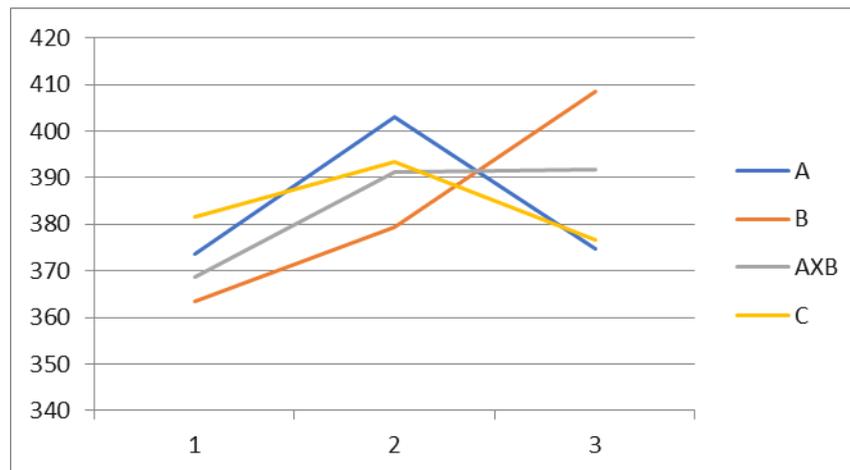
$$= \frac{1120.925}{3} = 373.642 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 5. Tabel Respon untuk Rata-Rata setiap Faktor *paving block* umur 28 hari

Level	A	B	AxB	C
1	373.642	363.575	368.608	381.583
2	403.125	379.350	391.238	393.342
3	374.858	408.700	391.779	376.700
Max	403.125	408.700	391.779	276.700
Min	373.642	363.575	368.608	376.700
Delta	29.48	45.13	23.17	16.64
Rank	2	1	3	4
Optimal	A2	B3	AB3	C2

(Sumber: Diolah Oleh Peneliti, 2018)

Tabel 5 menunjukkan kuat tekan paving block ranking 1 pada eksperimen factor B dengan kuat tekan 408.700 kg/cm², A 403.125 kg/cm², AxB 391.779 kg/cm² dan C 393.342 kg/cm² dengan komposisi optimal pada faktor dan level A2, B3, dan C3.



Gambar 1. Grafik Nilai Respon Faktor Paving Block umur 28 hari

Keterangan:

A : Fly Ash

B : Semen

AB : Interaksi antara fly ash dengan semen

C : Agregat

Berdasarkan Tabel 4.4 dapat disimpulkan bahwa sesuai dengan rata-rata yang diambil oleh peneliti yaitu *Large the better* bahwa faktor B (semen) pada paving block uji umur 28 hari memiliki nilai selisih terbesar yaitu 45.13 dengan rangking nomor 1.

3.3.3 Analisis Variansi Satu Arah

a. Menghitung nilai rata-rata semua eksperimen:

$$\begin{aligned}\bar{y} &= \sum y/n \\ &= (347.3 + 386.5 + \dots + 406.1) / 36 \\ &= 13819.5 / 36 \\ &= 383.875 \text{ Kg/cm}^2\end{aligned}\quad (4)$$

$$\begin{aligned}\text{b. } SStotal &= \sum y^2 \\ &= 347.3^2 + 386.5^2 + \dots + 406.1^2 \\ &= 5335953.21\end{aligned}\quad (5)$$

c. Besarnya nilai variansi karena rata-rata.

$$\begin{aligned}\text{d. } SSm &= n \cdot \bar{y}^2 \\ &= 36 \cdot (383.875^2) \\ &= 5304960.563\end{aligned}\quad (6)$$

e. Sum Square

$$\begin{aligned}SSA &= ((nA1 \times A1^2) + (nA2 \times A2^2) + (nA3 \times A3^2)) - SSm \\ &= ((12 \times 373.642^2 + 12 \times 403.125^2 + 12 \times 374.858^2)) - 5304960.563 \\ &= 6679.007\end{aligned}\quad (7)$$

f. Jumlah Faktor

$$\begin{aligned}SSfaktor &= A + B + AB + C \\ &= 6679.007 + 12586.155 + 4197.040 + 1756.202 \\ &= 25218.404\end{aligned}\quad (8)$$

g. Nilai Kuadrat *Error*

$$\begin{aligned} SSe &= SST - SSm - Ssfaktor \\ &= 5335953.21 - 5304960.563 - 25218.404 \\ &= 5774.244 \end{aligned} \quad (9)$$

Nilai kuadrat eror per factor

$$SSeA = 5335953.21 - 5304960.563 - 6679.007 \quad (10)$$

h. Menghitung nilai derajat bebas

1) Menentukan Derajat Kebebasan

$$\begin{aligned} Dfa &= (\text{number of levels} - 1) \\ Dfa &= (3-1) = 2 \end{aligned} \quad (11)$$

2) Menghitung nilai *Mean Sum of Square*

$$\begin{aligned} MSA &= \frac{MSa}{DFa} \\ &= \frac{6679.007}{2} \\ &= 3339.503 \end{aligned} \quad (12)$$

3) Menghitung Nilai Rasio (F-Ratio)

$$\begin{aligned} FA &= \frac{MSA}{MSE} \\ &= \frac{3339.503}{230.969} \\ &= 14.45 \end{aligned} \quad (13)$$

4) Menghitung percent *contribution*

$$\begin{aligned} \rho A &= \frac{SSA}{SSt} \times 100\% \\ &= \frac{6679.007}{30992.65} \times 100\% \\ &= 21.55 \end{aligned} \quad (14)$$

5) F table

$$\begin{aligned} \text{F table} &= \text{DoF A: DoF Error} \\ &= F_{(2; 25)} \\ &= 3.39 \end{aligned} \quad (15)$$

Tabel 6. Hasil Perhitungan Analisis Variansi Satu Arah *paving block* umur 28 hari

Source	SS	Df	MS	F	Ratio %	F tabel
A	6679.007	2	3339.503	14.45	21.55	3,39
B	12586.155	2	6293.077	27.24	40.61	3,39
AxB	4197.040	4	1049.260	4.54	13.54	2,78
C	1756.202	2	878.101	3.80	5.67	3,39
Error	5774.244	25	230.96975	1	18,63	
SSt	30992.65	35	11790.912		100	

Dari hasil perhitungan anova satu arah pada *paving block* uji umur 28 hari tersebut dapat disimpulkan bahwa faktor B (semen) memiliki kontribusi terbesar yaitu 40.61%. Dimana memiliki

nilai F hitung sebesar 27.24, nilai ini lebih besar dari $F_{(2;25)}$ tabel yaitu 3.39. Tabel diatas menunjukkan faktor A (fly ash) memberikan kontribusi sebesar 21.55 % terhadap kuat tekan paving block umur 28 hari berdasarkan nilai F hitung yaitu 14.45, nilai ini lebih besar dari nilai $F_{(2;25)}$ tabel = 3.39. Hipotesa pengaruh faktor terhadap kuat tekan ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hipotesa pengaruh faktor terhadap kuat tekan paving block

Source	SS	Df	MS	F hitung	Ratio %	F-tabel	Keputusan	Kesimpulan
A	6679.007	2	3339.503	14.45	13.54	3.39	Tolak Ho	Signifikan
B	12586.155	2	6293.077	27.24	40.61	3.39	Tolak Ho	Signifikan
AxB	4197.040	4	1049.260	4.54	5.67	2.78	Tolak Ho	Signifikan
C	1756.202	2	878.101	3.80	5.67	3.39	Tolak Ho	Signifikan
Error	5774.244	25	230.970		26.51			
SSt	30992.65	35	11790.912		100			

Perhitungan hipotesa faktor A:

Ho: Faktor A (fly ash) tidak mempengaruhi nilai kuat tekan paving block K-300

H1: Faktor A (fly ash) mempengaruhi nilai kuat tekan paving block K-300

Taraf nyata: 0.05

Statistik Uji: Uji ANOVA

Wilayah Kritis:

V1 = Derajat bebas baris = 2

V2 = Derajat bebas error = 25



Gambar 2. Daerah Kritis

Keputusan: nilai F hitung > F tabel, sehingga Tolak Ho

Simpulan: Bahwa, Faktor A (fly ash) secara signifikan mempengaruhi kualitas kuat tekan paving block, factor B, AXB, C mempengaruhi nilai variasi secara signifikan.

i. Penentuan Setting Level

Setelah menghitung Anova untuk nilai rata-rata, peneliti mendapatkan level-level faktor yang optimal dari setiap faktor yang berpengaruh. Pada tabel 4.12 dibawah ini merupakan tabel setting level benda uji dengan perawatan 28 hari

Tabel 4.12 Penentuan Setting Level

Faktor	Pengaruh	Setting level
Fly Ash	Signifikan	A2
Semen	Signifikan	B3
Agregat	Signifikan	C3

(Sumber: Diolah Oleh Peneliti, 2018)

Tabel diatas menunjukkan bahwa komposisi optimal paving block K300 umur 7 hari adalah dengan fly ash 10 %, Semen 30 % dan agregat 65 %. Berdasarkan nilai setting level paving block umur 28 hari di peroleh nilai setting level A2 dengan kuat tekan 403.125 kg/cm², setting level B3 dengan kuat tekan 408.700 kg/cm² dan setting level C2 dengan kuat tekan 393.342 kg/cm². Dari komposisi tersebut di peroleh konfirmasi optimal yaitu. 401.722 kg/cm² Nilai konfirmasi kuat tekan

tersebut di peroleh dari nilai rata-rata setting level optimum, perhitungan nilai konfirmasi di tunjukkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P \text{ konfirmasi umur 28 hari} &= P A2 + P B3 + PC2 \\ &= (403.125 + 408.700 + 393.342) / 3 \\ &= 401.722 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned} \quad (16)$$

4. KESIMPULAN

Kesimpulan pembuatan paving block digunakan desain eksperimen metode taguchi yang merupakan metode perbaikan kualitas dengan melakukan percobaan baru dengan penekanan biaya seminimal mungkin. Hasil penelitian ini menunjukkan komposisi pembuatan paving block terbaik pada penelitian ini adalah pada paving block 28 hari pada level A2 B3,C3 dengan dengan komposisi bahan fly ash 7.5 %, semen 30 % dan agregat 60 %. Pengaruh penambahan fly ash pada pembuatan paving block mampu meningkatkan kuat tekan paving block pada usia 28 hari 401.722 kg (standart k-300 = 300 kg/cm²).

DAFTAR PUSTAKA

- Anggarini, U., Kosada, C., dan Sukmana, N.C., 2017, *Penerapan Metode Taguchi pada Perancangan Eksperimen Beton Geopolimer Berbasis Abu Layang*, Program Studi Teknik Kimia FTIA UISI, Program Studi Manajemen Rekayasa FTIA UISI.
- Khoirunnisah, M., 2015, "Kegunaan dan Keuntungan Paving Block, *Jurnal Teknik Sipil*, Palembang.
- Prasetya, C., Rahman, A., dan Efranto, R.Y., 2014, *Analisa desain eksperimen pembuatan batako berbahan alternatif lumpur lapindo dan fly ash dengan metode taguchi*, Program Studi Teknik Industri Universitas Brawijaya.
- Sukmana N., C., Prasetyono, D.E., Anggarini, U., 2017, *Optimasi Komposisi Paving Block Limbah Pasir Silika Sand Blasting dengan Metode Taguchi*, Teknik Kimia, Universitas Internasional Semen Indonesia.
- Sri, L.P., 2015, *Desain Eksperimen Taguchi untuk Meningkatkan Kualitas Paving Block*, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura.
- Tjokro, H., 2012, *Memfaatkan Abu Batu Limbah Stone Crusher Untuk Agregat Halus Sebagai Bahan Bangunan Di Kota Rembang*, Politeknik Negeri Semarang, Semarang.