

OPTIMASI PARAMETER PRODUKSI BATU BATA RINGAN DARI SEKAM PADI MENGUNAKAN DESAIN EKSPERIMEN TAGUCHI

Selvia Aprilyanti¹, Tolu Tamalika², dan Faizah Suryani³

¹²³ Program Studi Teknik Industri, Universitas Tridinanti, Palembang
Corresponding author: selvia1704@univ-tridinanti.ac.id

ABSTRAK: Sekam padi adalah limbah pertanian yang merupakan hasil penggilingan padi dan hampir terdapat di seluruh wilayah di Indonesia. Sekam padi dapat digunakan sebagai pengganti sebagian agregat atau pengisi dalam pembuatan batu bata ringan sehingga dapat digunakan sebagai bahan konstruksi bangunan rumah dan gedung. Permasalahan dalam penelitian adalah belum adanya komposisi yang baku untuk pembuatan batu bata ringan yang berbahan sekam padi, sehingga perlu dilakukan penelitian sebagai evaluasi terhadap komposisi secara statistik kemudian dilakukan perbaikan pada proses pembuatannya. Adapun metode penelitian yang digunakan adalah desain eksperimen taguchi untuk menentukan komposisi yang tepat dan optimal dengan memvariasikan parameter faktor pendukung dalam pembuatan batu bata ringan dari sekam padi yaitu komposisi bahan baku dan waktu penjemuran. Alat analisis yang digunakan adalah *signal to Noise Ratio* dan ANOVA yang diusulkan oleh Taguchi. Perancangan parameter taguchi yang digunakan adalah orthogonal array dengan 2 level dan 4 faktor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas kuat tekan pada bata ringan dari sekam padi yaitu rasio faktor antara semen, pasir, sekam padi dan waktu penjemuran. Berdasarkan anova menunjukkan dari keempat faktor tersebut yang memiliki pengaruh signifikan yaitu semen, sekam padi dan waktu penjemuran sebesar 92,70%, sedangkan faktor pasir tidak mempengaruhi kuat tekan bata ringan secara signifikan. Dapat disimpulkan bahwa dalam pembuatan bata ringan dapat menggunakan sekam padi sebagai bahan pengisi dengan formulasi berdasarkan SNR *Larger the better* yaitu A2B2C2D1.

Kata Kunci: Bata ringan, Desain Eksperimen, Orthogonal Array, Sekam Padi, Taguchi.

ABSTRACT: Rice husk is agricultural waste which is the result of rice milling and is almost found in all regions in Indonesia. Rice husk can be used as a partial replacement for aggregates or fillers in making lightweight bricks so that it can be used as construction material for houses and buildings. The problem in this research is that there is no standard composition for making lightweight bricks made from rice husk, so that research is needed to evaluate the composition statistically then an improvement is made in the manufacturing process. The research method used was the Taguchi experimental design to determine the exact and optimal composition by varying the parameters of the supporting factors in making lightweight bricks from rice husk namely the composition of raw materials and drying time. The analytical tool used is the signal to noise ratio and ANOVA proposed by Taguchi. The design of taguchi parameters used is orthogonal array with 2 levels and 4 factors. The results showed that the factors that influence the quality characteristics of the compressive strength of light brick from rice husk are the ratio of factors between cement, sand, rice husk and drying time. Based on anova, it shows that the four factors that have a significant influence are cement, rice husk and drying time of 92.70%, while the sand factor does not significantly affect the compressive strength of light bricks. It can be concluded that in making lightweight bricks, rice husks can be used as fillers with formulations based on SNR *Larger the better*, A2B2C2D1.

Keywords: Light brick, Experimental Design, Orthogonal Array, Rice Husk, Taguchi.

PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan akan perumahan secara otomatis kebutuhan akan bahan bangunan semakin meningkat pula. Peningkatan akan kebutuhan bahan bangunan harus disikapi dengan pemanfaatan dan

penemuan bahan bangunan yang mampu memberikan alternatif kemudahan pengerjaan serta hemat biaya. Saat ini, bata ringan lebih disenangi daripada batu bata dan batako karena mempunyai kelebihan-kelebihan tertentu. Diantaranya seperti bobotnya enteng, bentuknya presisi, dan harganya pun miring.

Mengingat terbatasnya bahan baku dan kondisi lingkungan hidup yang makin merosot, maka diperlukan inovasi untuk menghasilkan material konstruksi yang murah dan hemat energi dalam proses produksinya. Pemanfaatan limbah masih perlu ditingkatkan lagi untuk memberi nilai tambah dan daya guna sehingga lebih bermanfaat bagi manusia.

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat konsumsi beras terbesar di dunia. Proses penanganan pasca panen dan pengolahan hasil pertanian yang berupa padi akan menghasilkan produk utama berupa beras, produk sampingan dan sisa atau limbah. Produk sampingan tanaman padi berupa menir, bekatul jerami dan sekam. Limbah padi sudah banyak dimanfaatkan, misalnya jerami untuk pakan dan media tumbuh jamur merang, abu gosok dan alas kandang. Limbah sekam padi dapat dimanfaatkan juga untuk berbagai keperluan diantaranya: sebagai bahan baku pada industri kimia, sebagai bahan baku pada industri bahan bangunan, sebagai sumber energi panas pada berbagai keperluan manusia (Baharuddin 2010). Selain itu, sekam padi juga dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan arang aktif, kertas karbon, batu baterai dan lain-lain (Trivana et al. 2015).

Oleh karena itu, peneliti memanfaatkan sekam padi sebagai bahan agregat atau pengisi alternatif dalam pembuatan batu bata ringan sehingga dapat meningkatkan nilai ekonomi sekam padi. Bata ringan memiliki massa yang lebih ringan dari bata merah konvensional karena bata ringan memiliki banyak pori-pori yang sengaja dibuat. Bata ringan memiliki kelebihan pada segi kemudahan pelaksanaan, kecepatan pemasangan, serta kerapian dalam membangun dinding bangunan (Abdurrohmanisyah et al. 2015).

Material dasar dalam pembuatan batu bata ringan adalah pasir, semen, bahan perekat dan air. Proses dimulai dari pencampuran bahan pengikat berupa semen dengan pasir dan air untuk membentuk adonan yang disebut "slurry". Selanjutnya ditambahkan bahan agregat tambahan ke dalam campuran sebelum dilakukan pencetakan (Rachman 2008).

Permasalahan dalam penelitian adalah belum adanya komposisi yang baku untuk pembuatan batu bata ringan yang berbahan sekam padi, sehingga perlu dilakukan penelitian sebagai evaluasi terhadap komposisi bahan baku secara statistik kemudian dilakukan perbaikan pada proses pembuatannya dengan menerapkan metode statistik desain eksperimen Taguchi.

Filosofi Taguchi dalam perbaikan kualitas secara terperinci menekankan pada reduksi variasi. Desain parameter dimaksudkan sebagai pendekatan biaya efektif (*cost-effective*) pada reduksi variasi dalam proses dan produk (Rao et al. 2013). Hal yang harus dilakukan adalah mengidentifikasi semua faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas serta mencari level faktor yang sesuai sehingga variansi dapat diminimasi (Karna et al. 2012). Dengan kata lain, Taguchi melakukan desain yang kokoh dalam proses dan produk sedemikian rupa sehingga dapat mencegah masuknya faktor yang tidak terkontrol dalam proses produksi dan

mencegah masuknya dampak faktor yang tidak terkontrol tersebut pada konsumen (Putra et al. 2014).

Pada metode taguchi, diawali dari perancangan parameter pembuatan batu bata ringan dari sekam padi menggunakan desain faktorial orthogonal array dengan 2 level dan 4 faktor (L_2^4). Selanjutnya dilakukan penentuan *Signal to Noise Ratio*(S/N) untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi pada hasil eksperimen (Oktem et al. 2007).

Pada tahap selanjutnya dilakukan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk menentukan pengaruh pada setiap parameter input yang diberikan dari hasil eksperimen untuk menginterpretasikan data eksperimental. (Gopalsamy et al. 2009).

Dengan memanfaatkan desain eksperimen Taguchi ini, maka akan diketahui kondisi optimum dalam pembuatan batu bata ringan dari sekam padi sehingga hasil produksi memiliki kualitas yang lebih baik dan efektif dalam penanganannya.

METODE PENELITIAN

Bahan - bahan yang digunakan dalam pembuatan batu bata ringan sebagai berikut:

1. Sekam Padi
2. Pasir, sebagai bahan pengisi dalam campuran
3. Semen baturaja, sebagai bahan campuran pengeras adonan batu bata ringan
4. Air, sebagai pelarut adonan batu bata ringan

PERANCANGAN PARAMETER

Faktor kendali adalah faktor yang nilainya dapat diatur atau dikendalikan, sedangkan faktor noise adalah faktor yang nilainya sulit untuk diatur seandainya bisa diatur memerlukan biaya yang mahal (Menten and Phadke 2006). pemilihan faktor untuk eksperimen berdasarkan data pada tabel berikut.

Tabel 1. Faktor Kendali

Faktor Kendali	Level 1	Level 2
Semen (A)	20%	30%
Sekam Padi (B)	20%	30%
Waktu Penjemuran (C)	7 hari	14 hari
Pasir (D)	40%	60%

PENENTUAN ORTHOGONAL ARRAY

Array orthogonal adalah suatu matriks yang elemen-elemennya disusun menurut baris dan kolom. Kolom merupakan faktor atau kondisi yang dapat diubah dalam eksperimen. Baris merupakan keadaan dari faktor. Array disebut orthogonal karena level-level dari faktor berimbang dan dapat dipisahkan dari pengaruh faktor yang lain dalam eksperimen. Jadi *array orthogonal* adalah matriks seimbang dari faktor dan level, sedemikian hingga pengaruh suatu faktor atau level tidak baur (*confounded*) dengan pengaruh faktor atau

level yang lain (Utomo et al. n.d.). Disebut *Orthogonal Array* karena untuk setiap level dari suatu faktor, jumlah semua levelnya sama (Efmi et al. 2015).

Syarat pemilihan matriks ortogonal yaitu jumlah nilai eksperimen sama atau lebih dari jumlah derajat kebebasan penelitian. Dalam perhitungan derajat kebebasan factor dan level diperoleh:

$$(Banyaknya\ faktor) \times (banyak\ level - 1) = 4 \times (2-1) = 4.$$

Dengan *Orthogonal Array* dapat ditentukan tata letak eksperimennya, sehingga tidak semua perlakuan dijalankan, *runnya* dapat dipersingkat sehingga biaya, waktu dan materi percobaan dapat dikurangi (Wuryandari et al. 2012).

Matriks ortogonal yang sesuai dengan eksperimen adalah derajat kebebasan pada matriks *orthogonal standard* harus lebih besar atau sama dengan perhitungan derajat kebebasan pada eksperimen, maka menggunakan $L_8(2^4)$, dimana L menyatakan rancangan bujur sangkar latin, 8 menyatakan banyaknya baris atau eksperimen, 2 menyatakan banyaknya level dan 4 menyatakan banyaknya kolom atau faktor, dan dalam penelitian ini terdapat 8 eksperimen, 4 faktor dan 2 level. Maka *orthogonal array* yang dipilih seperti pada Tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2. Ortogonal Array $L_8(2^4)$

Eksperimen	Faktor			
	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	1	2	2
3	1	2	1	2
4	1	2	2	1
5	2	1	1	2
6	2	1	2	1
7	2	2	1	1
8	2	2	2	2

Pembuatan Batu Bata Ringan

Batu bata ringan dibuat dengan diawali membuat adukan terlebih dahulu yang terdiri atas semen, sekam padi dan pasir dengan perbandingan sesuai perancangan parameter pada *orthogonal array*. Selanjutnya, Tuangkan air secukupnya ke dalam adukan tadi untuk mengencerkannya. Penambahan air ini sebaiknya jangan terlalu banyak maupun terlalu sedikit sebab dapat merusak kualitas bata ringan yang dihasilkan. Proses pengadukan harus dikerjakan sampai komposisi bahan penyusun adukan benar-benar tercampur rata. Setelah adukan bata ringan selesai dibuat, selanjutnya ialah membentuknya dengan menggunakan cetakan khusus. Caranya yaitu tuangkanlah pasta adukan tersebut ke dalam cetakan, lalu ratakan seluruh permukaannya. Agar bisa mengering dan tercetak sempurna, biarkan cetakan ini selama kurang lebih sekitar 12 jam. Terakhir dilakukan penjemuran selama 7 hari dan 14 hari. Hasil akhir batu bata ringan selanjutnya diuji kuat tekannya.

ANALISA DATA

Perhitungan Signal to Noise Ratio

Rasio S/N bertujuan untuk mengukur sensitivitas dari karakteristik kualitas dari faktor yang dikontrol terhadap pengaruh faktor eksternal yang tidak dikontrol. Dalam perancangan kualitas Taguchi merekomendasikan karakteristik dari *signal to noise ratio* sebagai berikut :

Tabel 3. Karakteristik Kualitas

Karakteristik	Target	Contoh
<i>Nominal The Best</i>	Tertuju pada nilai tertentu	Voltage
<i>Smaller The Best</i>	Sekecil mungkin (0, Zero)	Persentase kecacatan, keausan alat, kekasaran permukaan
<i>Larger The Best</i>	Sebesar mungkin (∞), semakin besar semakin baik	Kuat tekan, kuat tarik, kekuatan las

(Telaumbanua et al., 2013)

Analysis of Variance (ANOVA)

ANOVA berguna untuk menentukan pengaruh dari setiap parameter input yang diberikan dari serangkaian hasil eksperimen dengan merancang eksperimen untuk proses pemesinan dan dapat digunakan untuk menginterpretasikan data eksperimental. (Gopalsamy et al., 2009)

Dalam pengaturan ANOVA, variansi diamati pada variabel tertentu dibagi menjadi komponen disebabkan berbagai sumber variasi (King, 2010). Metode Taguchi menggunakan Analysis of Variance (ANOVA) data variabel bertujuan untuk mencari faktor – faktor yang mempengaruhi nilai respon. Analysis of Variance (ANOVA) merupakan metode yang digunakan untuk mencari setting level optimal guna meminimalkan penyimpangan variansi (Pratiwi et al. 2015)

Dalam *analysis of variance* hanya satu hipotesis yang digunakan, yaitu hipotesis dua arah (two tail) artinya hipotesis ini ingin mengetahui apakah ada perbedaan rata-rata atau tidak dan tidak spesifik yang mana yang berbeda (Hinkelmann 2012), (Teguh et al. 2018).

- $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_n$, Tidak ada perbedaan yang nyata antara rata-rata hitung dari n kelompok
- $H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \dots \neq \mu_n$, Ada perbedaan yang nyata antara rata-rata hitung dari n kelompok

Data yang telah didapat diuji secara dan diolah secara statistik dengan menggunakan *software SPSS 24.00* dan MINITAB 14. Dimana pengujian dengan

mengajukan hipotesis uji F sebagai berikut:(Moniaga 2011)

1. Membandingkan F hitung dengan F tabel, dimana
 Ho : Tidak ada pengaruh perlakuan faktor terhadap variabel terikat jika $F_{hitung} < F_{tabel}$
 H1 : ada pengaruh perlakuan faktor terhadap variabel terikat jika $F_{hitung} > F_{tabel}$
2. Dengan melihat tingkat probabilitas / signifikan, hipotesis diterima / terbukti / ada pengaruh jika tingkat probabilitas / signifikan lebih kecil dari 0.05 ($< 5\%$).

Analisis varians dalam penelitian ini, digunakan untuk menguji apakah perbedaan variasi pencampuran sekam padi dapat mengakibatkan perbedaan kuat tekan pada batu bata ringan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kuat tekan batu bata dilakukan dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine*. Data yang diperoleh dari hasil pengujian sampel batu bata ringan dari sekam padi dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Batu Bata dengan 3 kali pengulangan.

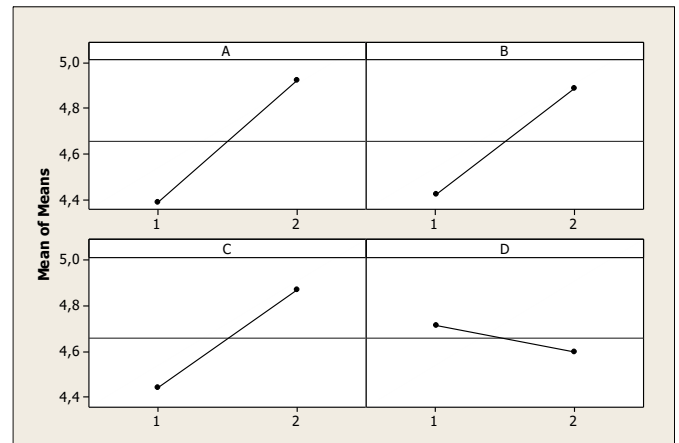
Exp	Kuat Tekan (MPa)			Rata-Rata Kuat Tekan (MPa)
	1	2	3	
1	4,07	4,12	4,17	4,12
2	4,28	4,42	4,59	4,43
3	4,19	4,30	4,20	4,23
4	4,81	4,73	4,80	4,78
5	4,20	4,35	4,35	4,30
6	5,10	4,94	4,51	4,85
7	5,12	5,05	5,19	5,12
8	5,41	5,52	5,36	5,43

Dari hasil rata-rata kuat tekan dari hasil eksperimen dilakukan penentuan *larger the best* pada *signal noise to ratio* pada tabel dibawah ini :

Tabel 5. Pengaruh level terhadap rata-rata kuat tekan pada batu bata ringan dari sekam padi

Faktor	Level		Selisih	Rank
	1	2		
A	4,390	4,925	0,535	1
B	4,425	4,890	0,465	2
C	4,443	4,873	0,430	3
D	4,718	4,598	0,120	4

Dari tabel 5 diatas, pengaruh level terhadap rata-rata kuat tekan pada batu bata ringan dapat diinterpretasikan ke dalam bentuk grafik dibawah ini



Gambar 1. Pengaruh level terhadap rata-rata kuat tekan batu bata ringan sekam padi

Penentuan Signal Noise to Ratio

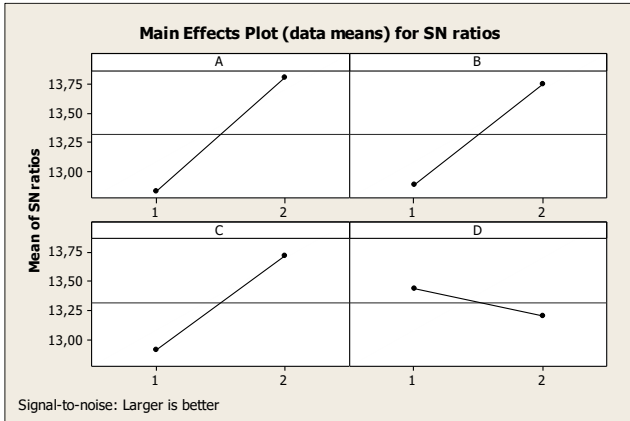
Signal to Noise Ratio adalah suatu cara untuk melihat karakteristik dari distribusi dan pengaruh karakteristik faktor pada masing-masing percobaan. Nilai SN Ratio diperoleh dari hasil transformasi beberapa pengulangan data sehingga nilainya mewakili kualitas penyajian variasi (Kusumawardani 2015). Untuk mendapatkan suatu indikator mutu yang baik dan dapat dipakai untuk mengevaluasi akibat perubahan suatu perancangan parameter khususnya pada unjuk kerja produk maka digunakan model *Signal-to-noise ratio* (SNR)

Penentuan karakteristik kualitas *signal noise to ratio* yang dipilih adalah *larger the best* dimana produk batu bata ringan memiliki kualitas yang baik apabila memiliki nilai kuat tekan yang semakin tinggi.

Tabel 6. SNR untuk *Larger the better*

Faktor	Level		Selisih	Rank
	1	2		
Semen (A)	12,83	13,81	0,97	1
Sekam Padi (B)	12,89	13,75	0,86	2
Waktu Penjemuran (C)	12,92	13,72	0,80	3
Pasir (D)	13,44	13,20	0,24	4

Pada eksperimen ini yang diukur adalah kuat tekan dari batu bata ringan berbahan baku sekam padi, sehingga kriteria dalam eksperimen ini adalah *Larger The Better* (LTB) artinya semakin besar nilai spesifikasi yang telah ditetapkan, maka akan semakin baik. Berdasarkan Tabel 6, dapat dilihat bahwa faktor A yaitu semen memiliki pengaruh yang paling besar terhadap kuat tekan batu bata ringan dari sekam padi. Formulasi terbaik dari pemilihan nilai SNR dengan level faktor yang paling besar adalah A2B2C2D1.



Gambar 2. Pengaruh level dan faktor terhadap *Signal to Noise Ratio (SNR)* untuk *Larger is Better*

Analysis of Varians (ANOVA)

Analisis varian merupakan teknik menganalisis dengan menguraikan seluruh (total) variasi atas bagian-bagian yang diteliti. Analisis varian digunakan untuk membantu mengidentifikasi kontribusi faktor sehingga akurasi perkiraan model dapat ditentukan (Purnomo et al. 2017). Dari perhitungan analisis varians didapatkan tabel anova seperti berikut ini.

Tabel 7. Hasil *Analysis of Varians (ANOVA)*

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	1	0,57245	0,57245	0,57245	15,55	0,029
B	1	0,43245	0,43245	0,43245	11,75	0,042
C	1	0,36980	0,36980	0,36980	10,04	0,051
D	1	0,02880	0,02880	0,02880	0,78	0,442
Error	3	0,11045	0,11045	0,03682		
Total	7	1,51395				
S		0,191877				
R-Sq		92,70%				

Dari tabel tersebut dapat dilakukan pengujian hipotesa dari nilai F-hitung dibandingkan dengan nilai F-tabel, sehingga dapat diambil keputusan apakah nilai dari F-hitung setiap faktor ditolak atau diterima.

Hipotesis untuk faktor A

H₀ : Tidak ada pengaruh perlakuan faktor A terhadap kuat tekan batu bata ringan

H₁ : Ada pengaruh perlakuan faktor A terhadap kuat tekan batu bata ringan

Level signifikan (α) : 0,05

F tabel (0,05, 4, 2) = 19,25

Statistik uji :

F hitung = 15,55

Sehingga , F hitung < F tabel

15,55 < 19,25

Maka H₀ ditolak dimana ada pengaruh perlakuan faktor A yang signifikan terhadap kuat tekan rata-rata batu bata ringan dari sekam padi.

Hipotesis untuk faktor B

H₀ : Tidak ada pengaruh perlakuan faktor B terhadap kuat tekan batu bata ringan

H₁ : Ada pengaruh perlakuan faktor B terhadap kuat tekan batu bata ringan

Level signifikan (α) : 0,05

F tabel (0,05, 4, 2) = 19,25

Statistik uji :

F hitung = 11,75

Sehingga , F hitung < F tabel

11,75 < 19,25

Maka H₀ ditolak dimana ada pengaruh perlakuan faktor B yang signifikan terhadap kuat tekan rata-rata batu bata ringan dari sekam padi.

Hipotesis untuk faktor C

H₀ : Tidak ada pengaruh perlakuan faktor C terhadap kuat tekan batu bata ringan

H₁ : Ada pengaruh perlakuan faktor C terhadap kuat tekan batu bata ringan

Level signifikan (α) : 0,05

F tabel (0,05, 4, 2) = 19,25

Statistik uji :

F hitung = 10,04

Sehingga , F hitung > F tabel

10,04 > 19,25

Maka H₀ ditolak dimana ada pengaruh perlakuan faktor C yang signifikan terhadap kuat tekan rata-rata batu bata ringan dari sekam padi.

Hipotesis untuk faktor D

H₀ : Tidak ada pengaruh perlakuan faktor D terhadap kuat tekan batu bata ringan

H₁ : Ada pengaruh perlakuan faktor D terhadap kuat tekan batu bata ringan

Level signifikan (α) : 0,05

F tabel (0,05, 4, 2) = 19,25

Statistik uji :

F hitung = 0,78

Sehingga , F hitung < F tabel

0,78 < 19,25

Maka H₀ ditolak dimana ada pengaruh perlakuan faktor D yang signifikan terhadap kuat tekan rata-rata batu bata ringan dari sekam padi.

KESIMPULAN

Adanya perancangan parameter Taguchi dengan formulasi yang tepat antara faktor yang dikendalikan dan penentuan level akan menghasilkan produk batu bata yang berkualitas dan memiliki kuat tekan sesuai kebutuhan bangunan. Dengan memanfaatkan limbah sekam padi sebagai bahan pengisi dalam pembuatan batu bata akan mengurangi dampak limbah dari sekam padi sebagai hasil samping dari pertanian dan meningkatkan kesejahteraan ekonomi bagi petani.

Berdasarkan hasil perancangan optimasi parameter menggunakan desain eksperimen Taguchi diperoleh hasil bahwa pengaturan level terhadap faktor kendali yaitu semen, sekam padi, waktu penjemuran dan pasir

memiliki pengaruh terhadap kuat tekan batu bata yang dihasilkan. Keempat faktor yang telah dikendalikan pada perancangan Taguchi memiliki pengaruh sebesar 92,7 % terhadap kuat tekan batu bata, sedangkan sisanya 7,3 % kemungkinan dipengaruhi oleh faktor lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih peneliti sampaikan kepada Kemenristekdikti yang telah mendanai penelitian ini pada skema Penelitian Dosen Pemula Tahun Anggaran 2019.

DAFTAR PUSTAKA

Abdurrohman, A., Adha, I., & Ali, H. (2015). Studi Kuat Tekan Batu Bata Menggunakan Bahan Additive (Abu Sekam Padi, Abu Ampas Tebu dan Fly Ash) Berdasarkan Spesifikasi Standar Nasional Indonesia (SNI) Abdurrohman, A. 1) Idharmahadi Adha 2). *JRSDD*.

Baharuddin. (2010). Pengelolaan Dan Pemanfaatan Limbah Pertanian Menunjang PHT. *Prosiding Seminar Ilmiah Dan Pertemuan Tahunan*.

Efmi, A., Hari Adiarto, R., & Zaini, E. (2015). Usulan Perbaikan Kualitas Kuat Tekan Produk Bata Beton Paving Block Dengan Tambahan Trass Menggunakan Metode Taguchi. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional Oktober*.

Gopalsamy, B. M., Mondal, B., & Ghosh, S. (2009). *Taguchi method and ANOVA: An approach for process parameters optimization of hard machining while machining hardened steel*. 68(August), 686–695.

Hinkelmann, K. (2012). Design and Analysis of Experiments. In *Design and Analysis of Experiments*.
<https://doi.org/10.1002/9781118147634>

Karna, S. K., Singh, R. V., & Sahai, R. (2012). Application of Taguchi Method in Indian Industry. *Proceedings of the National Conference on Trends and Advances in Mechanical Engineering*.

King, B. M. (2010). Analysis of variance. In *International Encyclopedia of Education*.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.01306-3>

Kusumawardani, M. (2015). *Optimalisasi parameter teknik pengelasan flux cored arc welding (fcaw) menggunakan metode taguchi multirespon pcr-topsis*. 4, 573–582.

Menten, T., & Phadke, M. (2006). Quality Engineering Using Robust Design. *Technometrics*.
<https://doi.org/10.2307/1269049>

Moniaga, F. (2011). Struktur Modal, Profitabilitas Dan Struktur Biaya Terhadap Nilai. *Jurnal EMBA*, 1(4), 433–442.

Oktem, H., Erzurumlu, T., & Uzman, I. (2007). Application of Taguchi optimization technique in determining plastic injection molding process parameters for a thin-shell part. *Materials and*

Design.
<https://doi.org/10.1016/j.matdes.2005.12.013>

Pratiwi, G., Setyanto, N., & Kusuma, N. (2015). *Penerapan Siklus Dmaic Dengan Metode Taguchi Untuk Meningkatkan Kualitas Bata Merah Dengan Penambahan Serbuk Kayu*. 3(2), 322–332.

Purnomo, M. H., Sidi, P., & Arumsari, N. (2017). *Analisa Pengaruh Parameter Proses Injection Moulding Terhadap*. 225–232.

Putra, S. D., Setyanto, N. W., & Efranto, R. Y. (2014). Pemanfaatan Silica Fume Limbah Sandblasting Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Batako Pejaj Dengan Taguchi Quality Engineering (Studi Kasus: PT X Pasuruan). *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Sistem Industri*.

Rachman, S. dan A. (2008). Pembuatan Bata Beton Ringan Untuk Diterapkan Di IKM Bahan Bangunan. *Jurnal Bahan Galian Industri*.

Rao, S., Samant, P., Kadampatta, A., & Shenoy, R. (2013). An Overview of Taguchi Method: Evolution, Concept and Interdisciplinary Applications. *International Journal of Scientific & Engineering Research*.

Teguh Sulistyoto Budi, Edi Supriyadi, Marjuki Zulziar. (2018). *Analisis Konfigurasi Proses Produksi Cokelat Stick Coverture Menggunakan Metode Design of Experiments (Doe) Di Pt. Gandum Mas Kencana. 1*.

Telaumbanua, A., Siregar, K., Sinaga, T. S., Industri, D. T., Teknik, F., Utara, U. S., ... Usu, K. (2013). Analisis Pengendalian Kualitas Dengan Pendekatan Metode Taguchi Pada Pt Asahan Crumb Rubber. *Jurnal Teknik Industri USU*, 3(5), 1–7.

Trivana, L., Sugiarti, S., & Rohaeti, E. (2015). Sintesis Dan Karakterisasi Natrium Silikat (Na₂SiO₃) Dari Sekam Padi. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*.
<https://doi.org/10.20885/jstl.vol7.iss2.art1>

Utomo, R., Katolik, U., & Mandala, W. (n.d.). Pengendalian kualitas Terhadap Proses Pembuatan Duck Nuggets C-91 C-92. 91–98.

Wuryandari, T., Widiharih, T., & Anggraini, S. D. (2012). Metode Taguchi Untuk Optimalisasi Produk Pada Rancangan Faktorial. *MEDIA STATISTIKA*.