

**OPTIMALISASI PARAMETER PROSES PRODUKSI UNTUK
MEMINIMALKAN JUMLAH BATU BATA PATAH
MENGUNAKAN METODE TAGUCHI
(SK: SENTRA INDUSTRI BATU BATA BLANCIR - SEMARANG)**

Aries Susanty¹, Meriska Y. Damayanti¹, Bambang Purwanggono¹, Ratna Purwaningsih¹, Heru Prastawa¹, Novie Susanto¹, Susatyo Nugroho W.P¹.

¹Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
ariessusanty@gmail.com

Abstrak

Setiap tahun kebutuhan rumah bertambah menyebabkan permintaan batu bata meningkat. Salah satu penghasil batu bata yaitu Sentra Industri Blancir yang terletak di Pedurungan Kidul, Semarang. Proses produksi di Sentra Industri Blancir masih menghasilkan batu bata patah. Saat ini belum ada standar teknis baik dari segi material maupun metode dalam proses produksi batu bata di Sentra Industri Blancir. Oleh karena itu, perlu dilakukan optimalisasi parameter proses produksi menggunakan desain eksperimen Taguchi dengan karakteristik kualitas smaller the better. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh level optimal parameter proses produksi untuk meminimalkan jumlah batu bata patah. Variabel penelitian terdiri dari enam parameter proses yaitu air, sekam padi, pengadukan, pendiaman, pengeringan, dan pembakaran. Rasio S/N, analisis variansi, dan uji T digunakan untuk menentukan level optimal dan menganalisis efek parameter proses. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi level optimal yaitu air 20%, sekam padi 4%, pengadukan bahan 7 kali, pendiaman campuran 6 jam, pengeringan 12 jam, dan pembakaran 5 hari. Urutan parameter proses yang berpengaruh signifikan untuk meminimalkan batu bata patah yaitu jumlah pengadukan bahan, lama pembakaran, jumlah air, jumlah sekam padi, dan lama pengeringan. Sedangkan lama pendiaman campuran tidak berpengaruh signifikan. Berdasarkan eksperimen konfirmasi menggunakan level optimal, jumlah batu bata patah dapat berkurang sebanyak 2,25%.

Kata kunci: Batu Bata; Desain Eksperimen; Metode Taguchi; Optimalisasi Parameter Proses; Smaller The Better

1. PENDAHULUAN

Rumah merupakan kebutuhan dasar yang harus dipenuhi untuk keberlanjutan hidup setiap orang. Petumbuhan kebutuhan rumah sekitar 800.000 unit per tahun (Irawan dkk., 2008). Pada tahun 2012, kebutuhan rumah di Indonesia mencapai 2.608.000 unit per tahun (Rosa, 2013). Bertambahnya kebutuhan rumah menyebabkan permintaan bahan bangunan meningkat baik untuk pondasi, dinding maupun atap. Dinding merupakan bagian yang memiliki peran penting dalam konstruksi bangunan yaitu untuk membentuk dan melindungi isi bangunan (Tamrin, 2008). Bahan bangunan untuk konstruksi dinding yang paling sering digunakan di Indonesia yaitu batu bata. Hal ini dikarenakan batu bata dibuat dari tanah liat yang tersedia melimpah di alam sehingga harganya lebih murah dibandingkan dengan batako ataupun bata ringan (Suseno, 2010). Kisaran harga batu bata yaitu Rp600,- per biji sedangkan batako Rp4.500,- per biji dan bata ringan Rp10.000,- per biji (Khamelda, Yoedono, & Catharina, 2018). Pada umumnya, dinding batu bata berfungsi sebagai konstruksi nonstruktural, namun bisa juga sebagai konstruksi struktural seperti pada bangunan rumah sederhana sehingga diperlukan batu bata dengan kualitas terbaik (Zebua & Sinulingga, 2018).

Salah satu penghasil batu bata terletak di Kelurahan Pedurungan Kidul Kota Semarang yaitu Sentra Industri Blancir. Saat ini terdapat 31 industri batu bata di Sentra Industri Blancir, dengan kapasitas produksi tiap industri sekitar 300.000 batu bata per tahun. Semakin banyaknya permintaan yang harus dipenuhi maka industri batu bata harus meningkatkan jumlah produksinya, namun seringkali terkendala dengan adanya produk cacat yang dihasilkan. Proses produksi batu bata di Sentra Industri Blancir dilakukan secara manual meliputi penyiapan bahan, pencetakan, pengeringan, dan pembakaran. Dari serangkaian proses yang berlangsung lama tersebut memungkinkan batu bata dapat mengalami cacat antara lain retak, patah, dan hancur. Retak artinya tampak garis pada permukaan batu bata. Patah artinya batu bata terbelah menjadi duabagian atau lebih. Hancur artinya batu bata remuk menjadi kecil-kecil sampai tidak tampak lagi

Aris Susanty dkk., Optimaslisasi Parameter

wujudnya. Jenis cacat yang paling sering terjadi adalah batu bata patah.

Pada bulan Januari sampai Februari 2019, salah satu industri batu bata di Sentra Industri Blancir menghasilkan batu bata setengah jadi sebanyak 39.600 biji. Kemudian batu bata setengah jadi tersebut disusun dan dibakar. Setelah proses pembakaran selesai, susunan batu bata dibongkar sekaligus diperiksa. Berdasarkan hasil pemeriksaan yang selesai dilakukan pada tanggal 30 Maret 2019, jumlah batu bata yang patah sebanyak 5,63%. Selain itu, saat pengiriman ke pelanggan juga ditambahkan batu bata sebanyak 1% dari jumlah pesanan. Tambahan tersebut digunakan untuk pengganti apabila terdapat batu bata yang patah saat sampai di tangan pelanggan. Jadi, total batu bata yang terjual 37.000 biji dan batu bata yang tidak terjual 2.600 biji. Keuntungan yang didapat dari hasil penjualan batu bata sebesar Rp9.250.000,- tiap satu kali proses pembakaran. Biaya pembuatan batu bata yang tidak terjual ditanggung oleh pengrajin sehingga menimbulkan kerugian sebesar Rp910.000,- tiap satu kali proses pembakaran. Total kerugian tersebut mencapai 9,84% dari total keuntungan.

Pada dasarnya terdapat beberapa faktor yang dapat menyebabkan batu bata patah baik dari segi material, metode, lingkungan, maupun manusia. Pada penelitian ini, faktor manusia kurang berpengaruh karena sebagian besar pengrajin di Sentra Industri Blancir sudah berpengalaman lebih dari 10 tahun dan pernah mengikuti pelatihan minimal satu kali. Pelatihan ini diadakan oleh Dinas Perindustrian dan Perdagangan di Balai Kota Semarang. Selain itu, faktor lingkungan tidak memungkinkan untuk dikendalikan karena proses produksi batu bata di Sentra Industri Blancir dilakukan di ruang terbuka sehingga suhu dan kelembaban udara dapat berubah-ubah setiap saat. Dengan demikian penelitian ini difokuskan pada faktor material dan metode karena kedua faktor tersebut dapat dikendalikan. Namun, saat ini belum ada standar teknis yang pasti baik dari segi material maupun metode dalam proses produksi batu bata di Sentra Industri Blancir. Hal ini dikarenakan selama ini belum pernah dilakukan optimalisasi parameter proses produksi yang berkaitan dengan faktor material dan metode. Oleh karena itu, perlu dilakukan eksperimen untuk menentukan level optimal parameter proses produksi sehingga jumlah batu bata patah dapat diminimalkan.

Metode Taguchi dapat digunakan dalam perancangan eksperimen untuk mengoptimalkan parameter proses produksi (Kumar, Satsangi, & Prajapati, 2011). Desain eksperimen dengan metode Taguchi lebih efisien karena dapat melibatkan banyak faktor maupun level dan jumlah eksperimen yang harus dilakukan lebih sedikit dibandingkan dengan desain eksperimen faktorial penuh. Selain itu, desain eksperimen yang dilakukan menggunakan metode Taguchi dapat menghasilkan proses yang kokoh terhadap faktor yang tidak dapat dikendalikan (Soejanto, 2009).

2. TINJAUAN

PUSTAKA Batu Bata

Menurut SNI 15-2094-2000, batu bata merah adalah bahan bangunan berbentuk prisma segiempat panjang, pejal atau berlubang dengan volume lubang maksimum 15%, dan digunakan untuk konstruksi dinding bangunan, yang dibuat dari tanah liat dengan atau tanpa dicampur bahan aditif dan dibakar pada suhu tertentu (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 2000).

Batu bata dalam konstruksi bangunan berfungsi sebagai bahan struktural maupun nonstruktural. Sebagai fungsi struktural, batu bata digunakan untuk penyangga atau pemikul beban yang ada di atasnya seperti pada konstruksi rumah sederhana dan pondasi. Sedangkan sebagai fungsi nonstruktural, batu bata dimanfaatkan untuk dinding pembatas dan estetika tanpa memikul beban yang ada di atasnya seperti pada konstruksi bangunan tingkat tinggi atau gedung (Zebua & Sinulingga, 2018).

Desain Eksperimen Taguchi

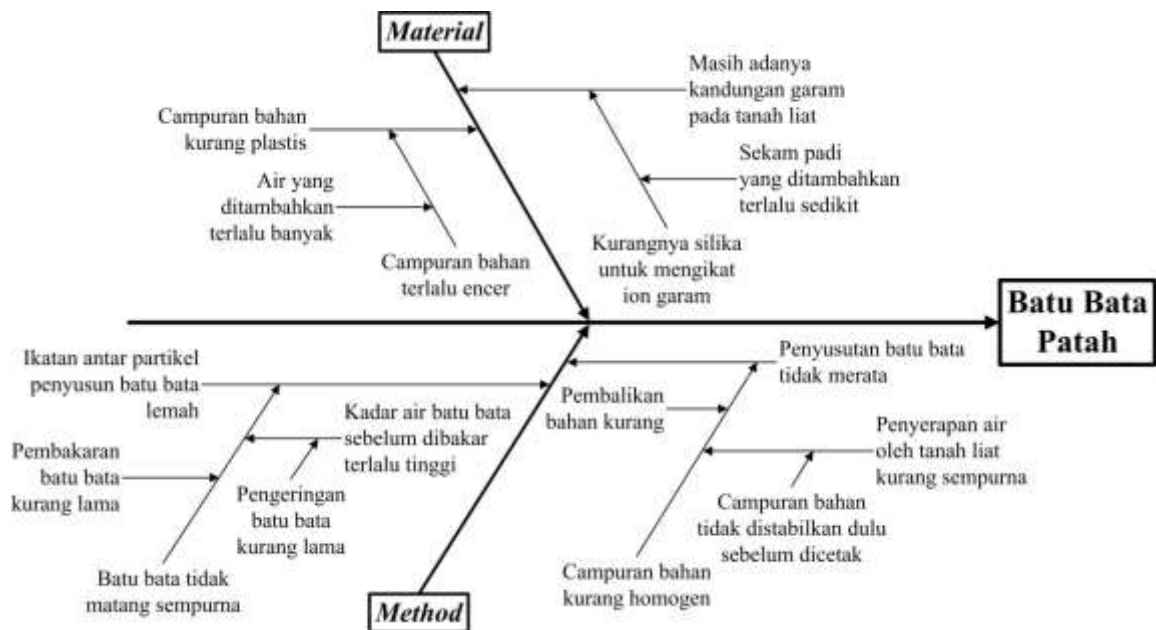
Desain eksperimen adalah evaluasi secara serentak terhadap dua atau lebih faktor (parameter) terhadap kemampuannya untuk mempengaruhi rata-rata atau variabilitas hasil gabungan dari karakteristik produk atau proses tertentu. Metode Taguchi merupakan suatu metodologi untuk memperbaiki kualitas produk dan proses sekaligus menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Metode Taguchi menjadikan produk atau proses bersifat kokoh terhadap faktor gangguan sehingga metode ini disebut juga perancangan kokoh. Pada umumnya desain eksperimen Taguchi dibagi menjadi tiga tahap utama yaitu perencanaan, pelaksanaan, dan analisis (Soejanto, 2009).

3. METODE PENELITIAN

Variabel Penelitian

Variabel tak bebas dalam penelitian ini yaitu variabel respon yang diukur. Dalam menilai kualitas hasil produksi, para pengrajin melihat dari penampilan fisik saja untuk menentukan baik atau tidaknya batu bata. Setelah proses pembakaran selesai, batu bata dibongkar sekaligus diperiksa untuk memisahkan batu bata yang utuh dengan yang patah. Batu bata masuk ke dalam kategori patah apabila terbelah menjadi dua atau lebih. Batu bata patah merupakan jenis cacat paling kritis yang dapat menimbulkan kerugian. Maka dari itu, persentase jumlah batu bata patah dipilih sebagai variabel respon yang diukur. Karakteristik kualitas dari variabel respon tersebut yaitu *smaller the better* artinya jika persentase jumlah batu bata patah semakin rendah maka akan semakin baik.

Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu parameter proses produksi yang dicari nilai level optimalnya. Parameter tersebut menjadi faktor kendali dalam eksperimen yang ditentukan berdasarkan identifikasi faktor-faktor penyebab batu bata patah dari segi material dan metode menggunakan *fishbone diagram* yang dapat dilihat pada Gambar 1 serta penelitian-penelitian terdahulu yang dapat dilihat pada Tabel 1. Faktor kendali beserta nilai masing-masing levelnya ditunjukkan pada Tabel 2.



Gambar 1. Faktor-Faktor Penyebab Batu Bata Patah

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

No.	Objek Penelitian	Hasil Penelitian	Referensi
1.	Industri batu bata di Desa Bulak, Kecamatan Karangawen, Kabupaten Demak	<ul style="list-style-type: none"> Lama pengeringan 3 jam 	Kurniawan, Sugito, dan Yasin (2014)
2.	Industri batu bata di Kecamatan Mojosari, Kota Mojokerto	<ul style="list-style-type: none"> Komposisi tanah liat dan sekam padi (95%:5%) Lama pendiaman 5 jam Lama pembakaran 2x24 jam 	Muharom dan Siswadi (2015)
3.	Industri batu bata di Kelurahan Pancur, Kecamatan Taktakan, Kota Serang	<ul style="list-style-type: none"> Komposisi tanah liat dan air (85%:15%) Jumlah pengadukan 3 kali 	Ramayanti, Fitriyeni, dan Yulistyari (2019)

Tabel 2. Nilai Level dari Faktor Kendali

	Faktor	Level 1	Level 2	Satuan
A	Air	20	30	%
B	Sekam Padi	4	8	%
C	Pengadukan Bahan	5	7	Kali
D	Pendiaman Campuran	6	12	Jam
E	Pengeringan	8	12	Jam
F	Pembakaran	4	5	Hari

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan eksperimen pada proses produksi batu bata. Matriks ortogonal dan jumlah replikasi ditentukan terlebih dahulu sebelum pelaksanaan eksperimen.

Matriks ortogonal yang digunakan ditentukan berdasarkan derajat kebebasan eksperimen. Perhitungan derajat kebebasan eksperimen adalah sebagai berikut (Soejanto, 2009).

$$V_n = (\text{Jumlah Faktor}) (\text{Jumlah Level Faktor} - 1)$$

$$V_n = (6) (2-1)$$

$$V_n = 6$$

Dengan derajat kebebasan eksperimen sebesar 6 maka dapat digunakan matriks ortogonal $L_8(2^7)$ yang dapat dilihat pada Tabel 3 karena derajat kebebasan matriks ortogonal lebih besar dari derajat kebebasan eksperimen ($V_{OA} > V_n$).

Tabel 3. Matriks Ortogonal

Faktor						
A	B	C	D	E	F	
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	2	2	2	2
1	2	2	1	1	1	2
1	2	2	2	2	2	1
2	1	2	1	2	2	1
2	1	2	2	1	1	2
2	2	1	1	2	2	2
2	2	1	2	1	1	1

Keterangan:

1 = Level 1 tiap faktor

2 = Level 2 tiap faktor

Perhitungan jumlah replikasi untuk masing-masing percobaan sebagai berikut (Supranto, 2000).

$$(t - 1) (r - 1) \geq 15$$

$$(8 - 1) (r - 1) \geq 15$$

$$r \geq 3,14$$

Jadi jumlah replikasi tiap percobaan sebanyak 4 kali.

Pelaksanaan eksperimen sebanyak delapan kombinasi level faktor berdasarkan matriks ortogonal dengan empat replikasi setiap percobaan. Jumlah sampel yang dibuat sebanyak 75 batu bata setiap replikasi.

Pengolahan Data

Setiap percobaan dihitung rata-rata persentase jumlah batu bata patah dari empat replikasinya dan dihitung rasio S/N sesuai karakteristik kualitas *smaller the better* dengan persamaan berikut (Soejanto, 2009).

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^r Y_i^2 \right] \quad (1)$$

Kemudian dicari pengaruh level tiap faktor dengan menghitung rata-rata persentase jumlah batu bata patah dan rata-rata rasio S/N masing-masing level setiap faktornya. Level yang optimal yaitu level yang memiliki rata-rata persentase jumlah batu bata terendah dan rata-rata rasio S/N tertinggi.

Selanjutnya analisis variansi rata-rata dan rasio S/N dilakukan untuk mengetahui faktor yang berpengaruh signifikan dalam meminimalkan batu bata patah. Analisis variansi menggunakan uji F. Apabila terdapat Fhitung faktor yang kurang dari Ftabel maka faktor tersebut tidak berpengaruh signifikan sehingga perlu dilakukan *pooling*. Kemudian dihitung persentase kontribusi faktor dan *error*.

Estimasi rata-rata dan interval kepercayaan pada kondisi optimal dihitung sebelum pelaksanaan eksperimen konfirmasi. Eksperimen konfirmasi dilakukan dengan menggunakan kombinasi level optimal. Apabila hasil eksperimen mendekati nilai yang diprediksi maka eksperimen konfirmasi dinyatakan berhasil. Selanjutnya dihitung rata-rata dan variansi sebelum dan sesudah menggunakan kombinasi level optimal serta dilakukan perbandingan dengan uji T. Perbandingan ini digunakan untuk membuktikan kondisi sebelum dan sesudah menggunakan kombinasi level optimal berbeda signifikan atau tidak. Selain itu, dihitung juga penurunan kerugian akibat batu bata patah setelah menggunakan kombinasi level optimal.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pelaksanaan eksperimen didapatkan jumlah batu bata patah tiap replikasi yang diubah ke dalam bentuk persen. Kemudian dihitung rata-rata persentase jumlah batu bata patah dan rasio S/N setiap percobaan. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 4.

Pengaruh Level Tiap Faktor

Identifikasi pengaruh level tiap faktor terhadap rata-rata dan rasio S/N dilakukan untuk mengetahui kombinasi level optimal, dengan menghitung rata-rata respon pada masing-masing level tiap faktor. Rata-rata persentase jumlah batu bata patah dan rasio S/N tiap level faktor dapat dilihat pada Tabel 5.

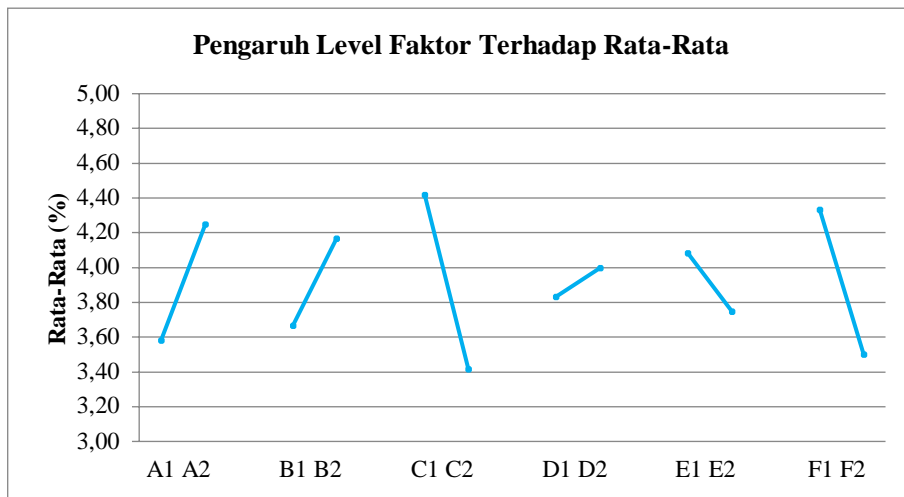
Gambar 2 menunjukkan grafik rata-rata persentase jumlah batu bata patah tiap level faktor dan Gambar 3 menunjukkan grafik rata-rata rasio S/N tiap level faktor. Berdasarkan grafik tersebut, dapat ditentukan kombinasi level yang optimal untuk meminimalkan jumlah batu bata patah yaitu faktor A level 1 (air 20%), faktor B level 1 (sekam padi 4%), faktor C level 2 (pengadukan bahan 7 kali), faktor D level 1 (pendiaman campuran 6 jam), faktor E level 2 (pengeringan 12 jam), dan faktor F level 2 (pembakaran 5 hari).

Tabel 4. Hasil Eksperimen

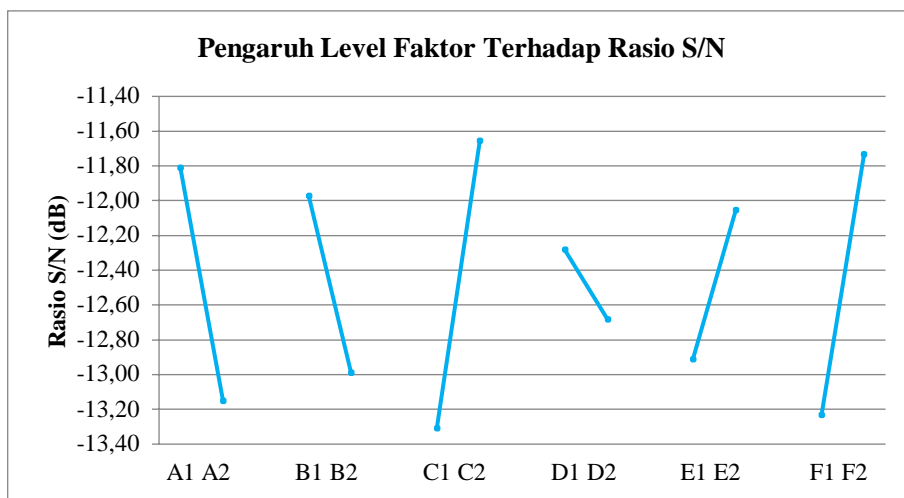
Percobaan	Batu Bata Patah								Rata-Rata (%)	Rasio S/N (dB)
	Jumlah (biji)				Persentase (%)					
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4		
1	2	4	5	3	2,67	5,33	6,67	4,00	4,67	-13,80
2	1	4	2	2	1,33	5,33	2,67	2,67	3,00	-10,46
3	2	2	0	4	2,67	2,67	0,00	5,33	2,67	-10,28
4	3	2	2	5	4,00	2,67	2,67	6,67	4,00	-12,71
5	1	4	2	3	1,33	5,33	2,67	4,00	3,33	-11,25
6	3	2	5	1	4,00	2,67	6,67	1,33	3,67	-12,39
7	2	4	3	5	2,67	5,33	4,00	6,67	4,67	-13,80
8	5	6	3	2	6,67	8,00	4,00	2,67	5,33	-15,17

Tabel 5. Rata-Rata dan Rasio S/N Tiap Level Faktor

Faktor	Level 1		Level 2	
	Rata-Rata	Rasio S/N	Rata-Rata	Rasio S/N
A	3,58	-11,81	4,25	-13,15
B	3,67	-11,97	4,17	-12,99
C	4,42	-13,31	3,42	-11,66
D	3,83	-12,28	4,00	-12,68
E	4,08	-12,91	3,75	-12,05
F	4,33	-13,23	3,50	-11,73



Gambar 2. Pengaruh Level Tiap Faktor Terhadap Rata-Rata



Gambar 3. Pengaruh Level Tiap Faktor Terhadap Rasio S/N

Analisis Variansi

Analisis variansi digunakan untuk mengetahui faktor yang berpengaruh signifikan terhadap persentase jumlah batu bata patah. Analisis variansi dilakukan dengan menghitung nilai Fhitung masing-masing faktor, kemudian dibandingkan dengan nilai Ftabel yang didapatkan dari tabel distribusi F pada level kepercayaan 95%. Nilai Ftabel dengan α sebesar 5% atau 0,05 serta derajat kebebasan tiap faktor sebesar 1 dan derajat kebebasan *error* sebesar 25 yaitu 4,24 (Montgomery, 2014). Apabila nilai Fhitung lebih besar dari nilai Ftabel maka dapat dikatakan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan dari faktor. Hasil analisis variansi untuk rata-rata dan rasio S/N dapat dilihat pada Tabel 6 dan 7.

Tabel 6. ANOVA Rata-Rata

Faktor	Derajat Kebebasan	SS	MS	F-Rasio
Faktor A	1	0,89	0,89	25,00
Faktor B	1	0,50	0,50	14,06
Faktor C	1	2,00	2,00	56,25
Faktor D	1	0,06	0,06	1,56
Faktor E	1	0,22	0,22	6,25
Faktor F	1	1,39	1,39	39,06
Error	25	0,89	0,04	
Total	31	5,94		

Tabel 7. ANOVA Rasio S/N

Faktor	Derajat Kebebasan	SS	MS	F-Rasio
Faktor A	1	3,59	3,59	23,35
Faktor B	1	2,07	2,07	13,44
Faktor C	1	5,45	5,45	35,44
Faktor D	1	0,32	0,32	2,06
Faktor E	1	1,46	1,46	9,52
Faktor F	1	4,51	4,51	29,30
Error	25	3,84	0,15	
Total	31	21,24		

Berdasarkan hasil analisis variansi, dapat diketahui bahwa faktor yang memiliki pengaruh signifikan terhadap persentase jumlah batu bata patah yaitu faktor A (jumlah air), B (jumlah sekam padi), C (jumlah pengadukan bahan), E (lama pengeringan), dan F (lama pembakaran). Sedangkan faktor D (lama pendiaman campuran) tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap persentase batu bata patah sehingga dilakukan *pooling* faktor D dengan mengakumulasi variansi *error* dan faktor yang tidak berpengaruh signifikan. Setelah dilakukan *pooling*, dihitung besar kontribusi faktor yang berpengaruh signifikan terhadap rata-rata dan rasio S/N. Hasil analisis variansi setelah *pooling* beserta kontribusi faktor dapat dilihat pada Tabel 8 dan 9.

Faktor C (jumlah pengadukan bahan) memiliki kontribusi tertinggi terhadap penurunan rata-rata yaitu sebesar 33,03% maupun terhadap pengurangan variansi yaitu sebesar 24,91%. Besar persentase kontribusi terhadap penurunan rata-rata dari faktor yang berpengaruh selanjutnya yaitu faktor F (lama pembakaran) 22,75%, faktor A (jumlah air) 14,34%, dan faktor B (jumlah sekam padi) 7,80%. Besar persentase kontribusi terhadap pengurangan variansi dari faktor yang berpengaruh selanjutnya yaitu faktor F (lama pembakaran) 20,46%, faktor A (jumlah air) 16,16%, dan faktor B (jumlah sekam padi) 8,97%. Sedangkan faktor yang memiliki kontribusi terendah yaitu 3,13% terhadap penurunan rata-rata dan 6,15% terhadap pengurangan variansi adalah faktor E (lama pengeringan).

Persentase kontribusi *error* terhadap penurunan rata-rata sebesar 18,94% dan terhadap pengurangan variansi sebesar 23,37%. Pada penelitian ini, persentase kontribusi *error* >15% artinya terdapat faktor berpengaruh yang terabaikan. Faktor berpengaruh yang terabaikan yaitu kurangnya konsistensi pengrajin dalam proses produksi batu bata yang menyebabkan kondisi eksperimen tidak terkontrol secara tepat. Hal-hal yang kurang konsisten antara lain takaran bahan baku yang digunakan dan durasi masing-masing proses. Selain itu, faktor berpengaruh lain yang terabaikan yaitu suhu udara di Sentra Industri Blancir yang berubah-ubah. Faktor tersebut tidak digunakan dalam penelitian ini karena proses produksi dilakukan secara manual sehingga suhu udara sulit untuk dikendalikan.

Tabel 8. Persentase Kontribusi Faktor Terhadap Rata-Rata

Faktor	Derajat Kebebasan	SS	MS	F-Rasio	SS'	Persen Kontribusi
Faktor A	1	0,89	0,89	25,00	0,85	14,34
Faktor B	1	0,50	0,50	14,06	0,46	7,80
Faktor C	1	2,00	2,00	56,25	1,96	33,03
<i>Pooled</i>						
Faktor E	1	0,22	0,22	6,25	0,19	3,13
Faktor F	1	1,39	1,39	39,06	1,35	22,75
Error	26	0,94	0,04		1,13	18,94
Total	31	5,94				

Tabel 9. Persentase Kontribusi Faktor Terhadap Rasio S/N

Faktor	Derajat Kebebasan	SS	MS	F-Rasio	SS'	Persen Kontribusi
Faktor A	1	3,59	3,59	23,35	3,43	16,16
Faktor B	1	2,07	2,07	13,44	1,91	8,97
Faktor C	1	5,45	5,45	35,44	5,29	24,91
<i>Pooled</i>						

Faktor E	1	1,46	1,46	9,52	1,30	6,14
Faktor F	1	4,51	4,51	29,30	4,35	20,46
Error	26	4,16	0,16		4,96	23,37
Total	31	21,24				

Eksperimen Konfirmasi

Rata-rata persentase jumlah batu bata patah pada kondisi optimal perlu diprediksi terlebih dahulu sebelum eksperimen konfirmasi dilakukan. Hasil prediksi digunakan untuk dibandingkan dengan hasil eksperimen konfirmasi. Apabila rata-rata persentase jumlah batu bata patah pada eksperimen konfirmasi berada di dalam interval nilai yang diprediksikan maka dapat disimpulkan bahwa kombinasi level yang terpilih sudah optimal.

Nilai rata-rata seluruh percobaan, yaitu:

$$\bar{y} = \frac{4,67 + 3 + 2,67 + 4 + 3,3 + 3,67 + 4,67 + 5,33}{8} = 3,92$$

Nilai rata-rata pada kondisi optimal, yaitu:

$$\mu_{\text{prediksi}} = \bar{y} + (A1 - \bar{y}) + (B1 - \bar{y}) + (C2 - \bar{y}) + (E2 - \bar{y}) + (F2 - \bar{y})$$

$$\mu_{\text{prediksi}} = 2,25$$

Interval kepercayaan dari nilai rata-rata pada kondisi optimal, yaitu (Soejanto, 2009):

$$F_{0,05(1,26)} = 4,23$$

$$\eta_{\text{eff}} = \frac{8}{1 + 5} = 1,33$$

$$CI = \sqrt{\frac{F_{\alpha;1;Ve} MS_e}{n_{\text{eff}}}} = \pm \sqrt{\frac{4,23 \times 0,04}{1,33}} = \pm 0,34$$

Sehingga estimasi nilai rata-rata pada kondisi optimal, yaitu:

$$\mu_{\text{prediksi}} - CI \leq \mu_{\text{prediksi}} \leq \mu_{\text{prediksi}} + CI$$

$$2,25 - 0,34 \leq 2,25 \leq 2,25 + 0,34$$

$$1,91 \leq 2,25 \leq 2,59$$

Selanjutnya dilakukan eksperimen konfirmasi menggunakan kombinasi level yang digunakan saat ini dan kombinasi level optimal untuk memeriksa hasilnya lebih baik atau tidak. Eksperimen konfirmasi dilakukan sebanyak empat kali percobaan dengan jumlah sampel tiap percobaan sebanyak 600 batu bata. Berdasarkan hasil eksperimen konfirmasi sebelum dan sesudah menggunakan kombinasi level optimal, didapat rata-rata dan variansinya yang dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Perbandingan Sebelum dan Sesudah Penggunaan Level Optimal

Perbandingan	Sebelum	Sesudah
Rata-Rata	4,54	2,29
Variansi	0,41	0,17

Berdasarkan hasil eksperimen konfirmasi menggunakan kombinasi level optimal, rata-rata persentase jumlah batu bata patah yaitu 2,29%. Nilai rata-rata tersebut berada dalam interval nilai yang diprediksikan ($1,91 \leq 2,29 \leq 2,59$) sehingga dapat disimpulkan bahwa eksperimen konfirmasi berhasil dan kombinasi level yang terpilih sudah optimal. Rata-rata persentase jumlah batu bata patah setelah menggunakan kombinasi level optimal mengalami penurunan dari 4,54% menjadi 2,29% dan variansinya berkurang dari 0,41 menjadi 0,17. Selanjutnya dilakukan uji T untuk membuktikan bahwa sesudah menggunakan kombinasi level optimal lebih baik daripada sebelum menggunakan kombinasi level optimal. Apabila nilai Thitung kurang dari -Ttabel atau Thitung lebih dari Ttabel menunjukkan bahwa kondisi sebelum dan sesudah menggunakan kombinasi level optimal berbeda signifikan. Ttabel didapatkan dari tabel distribusi T pada level kepercayaan 95%. Nilai Ttabel dengan α sebesar 5% atau 0,05 dan derajat kebebasan sebesar 6 yaitu $\pm 1,943$ (Montgomery, 2014).

Perhitungan nilai t_{tabel} adalah sebagai berikut (Sugiyono, 2007).

$$t = \frac{y_1 - y_2}{\sqrt{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}} \times \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}$$

$$t = \frac{4,54 - 2,29}{\sqrt{(4-1) 0,41 + (4-1) 0,17}} \times \sqrt{\frac{4 \times 4(4 + 4 - 2)}{4 + 4}}$$

$$t = 5,869$$

Dari hasil perhitungan, nilai T_{hitung} lebih dari T_{tabel} ($5,869 > 1,943$) maka dapat disimpulkan bahwa persentase jumlah batu bata patah sebelum dan sesudah menggunakan kombinasi level optimal berbeda signifikan. Hal ini menunjukkan terjadi perbaikan sesudah menggunakan kombinasi level optimal. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, dengan menggunakan kombinasi level optimal Sentra Industri Blancir dapat menurunkan persentase jumlah batu bata patah sebesar 2,25% dan melakukan penghematan sebesar Rp72.499.700,- per tahun.

Rekomendasi Perbaikan

Rekomendasi yang diberikan berkaitan dengan perbaikan proses produksi batu bata dari segi komposisi material dan metode pembuatan yang bertujuan untuk meminimalkan jumlah batu bata patah. Berdasarkan hasil eksperimen, didapatkan level yang optimal tiap faktor sehingga dapat dirumuskan upaya perbaikan untuk mencapai kondisi optimal. Rekomendasi perbaikan yang dapat dilakukan Sentra Industri Blancir untuk meminimalkan jumlah batu bata patah ditunjukkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Rekomendasi Perbaikan

No.	Faktor Utama	Faktor Kendali	Rekomendasi
1.	Material	Air	Volume air yang digunakan sebanyak 20% dari berat tanah liat dan tidak mengandung garam yang larut di dalam air seperti garam dapur serta dibersihkan terlebih dahulu.
		Sekam Padi	Sekam padi yang digunakan seberat 4% dari berat tanah liat dan dalam keadaan kering.
		Pengadukan Bahan	Pengadukan bahan secara manual dilakukan dengan menginjak-injak tanah liat yang sudah ditambah air menggunakan kaki terlebih dahulu kemudian membolak-balik bahan menggunakan cangkul sebanyak 7 kali sambil menambahkan sekam padi secara berkala.
2.	Metode	Pendiaman Campuran	Setelah pengadukan bahan selesai, campuran bahan yang sudah jadi ditutup dengan plastik tebal dan didiamkan terlebih dahulu selama 6 jam sebelum dicetak.
		Pengeringan	Pengeringan batu bata dilakukan secara alami dan bertahap selama 12 jam dengan membalik batu bata satu kali setelah 4 jam pertama kemudian menyusun batu bata saling menyilang satu sama lain sebelum 4 jam terakhir.
		Pembakaran	Kayu bakar yang digunakan dalam keadaan kering, penyalaan api pertama kali memperhatikan arah angin, dan pembakaran batu bata di tempat terbuka dilakukan secara bertahap selama 5x24 jam dengan memperhatikan kecepatan kenaikan maupun penurunan suhu pembakaran.

5. KESIMPULAN

Kombinasi level optimal untuk meminimalkan jumlah batu bata patah yaitu volume air yang digunakan sebanyak 20% dari berat tanah liat, jumlah sekam padi yang digunakan seberat 4% dari berat tanah liat, pengadukan bahan secara manual menggunakan cangkul sebanyak 7 kali, pendiaman campuran dengan ditutup plastik tebal selama 6 jam, pengeringan secara alami menggunakan bantuan sinar matahari selama 12 jam, dan pembakaran di tempat terbuka dengan bahan bakar kayu selama 5 hari. Apabila dalam proses produksi batu bata menggunakan kombinasi level optimal tersebut maka jumlah batu bata patah diprediksi $\leq 2,59\%$.

Faktor yang memiliki pengaruh signifikan terhadap jumlah batu bata patah yaitu jumlah air, jumlah sekam padi, pengadukan bahan, pengeringan, dan pembakaran. Sedangkan pendiaman campuran tidak berpengaruh signifikan terhadap jumlah batu bata patah. Faktor yang memiliki kontribusi terbesar yaitu pengadukan bahan dengan persentase kontribusi terhadap penurunan rata-rata 33,03% dan terhadap pengurangan variansi 24,91%. Faktor yang berpengaruh selanjutnya yaitu lama pembakaran, jumlah air, dan jumlah sekam padi dengan persentase kontribusi terhadap penurunan rata-rata berturut-turut sebesar 22,75%, 14,34%, dan 7,80% serta persentase kontribusi terhadap pengurangan variansi berturut-turut sebesar 20,46%, 16,16%, dan 8,97%. Faktor yang memiliki kontribusi terkecil yaitu lama pengeringan dengan persentase kontribusi terhadap penurunan rata-rata 3,13% dan terhadap pengurangan variansi 6,15%.

Kondisi sebelum dan sesudah menggunakan kombinasi level optimal berbeda signifikan berdasarkan hasil uji T. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi level optimal dapat menurunkan rata-rata dan mengurangi variansi jumlah batu bata patah. Setelah menggunakan kombinasi level optimal, rata-rata jumlah batu bata patah menurun dari 4,54% menjadi 2,29% dan variansi berkurang dari 0,41 menjadi 0,17. Jika seluruh industri batu bata di Sentra Industri Blancir menggunakan kombinasi level optimal dalam proses produksinya maka total penghematan yang dapat dilakukan mencapai Rp72.499.700,- per tahun.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dari penulis untuk mitra baik pengurus maupun warga RW013 Kelurahan Meteseh Kecamatan Tembalang, Kota Semarang. Terima kasih pula penulis sampaikan kepada pemberi dana pengabdian kepada masyarakat yaitu RKAT Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Tahun 2019.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2000). *Bata Merah Pejal untuk Pasangan Dinding: SNI 15-2094-2000*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- Irawan, W., Mulyanto, D., Dewi, K.R., Listalatu, A., Farahdiba, A., Falah, D., & Rebecca. (2008). *Pembangunan Perumahan dan Permukiman di Indonesia*. Jakarta: Badan Perencanaan Pembangunan Nasional.
- Khamelda, L., Yoedono, B.S., & Catharina, A. (2018). Analisis Perbandingan Karakteristik, Biaya, dan Waktu Material Dinding Komposit dan Non Komposit. *Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 3 (2), 108-121.
- Kumar, S., Satsangi, P.S., & Prajapati, D.R. (2011). Optimization of Green Sand Casting Process Parameters of a Foundry by Using Taguchi's Method. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 55, 23-34.
- Kurniawan, C., Sugito, & Yasin, H. (2014). Optimalisasi Jumlah Batu Bata yang Pecah Menggunakan Desain Eksperimen Taguchi. *Jurnal GAUSSIAN*, 3 (2), 203-212.
- Muharom, & Siswadi. (2015) Desain Eksperimen Taguchi untuk Meningkatkan Kualitas Batu Bata Berbahan Baku Tanah Liat. *JEMIS*, 3 (1), 43-46.
- Montgomery, D.C., & Runger, G.C. (2014). *Applied Statistics and Probability for Engineers* (6th Ed). New York: Wiley.
- Prayuda, H., Setyawan, E.A., & Saleh, F. (2018). Analisis Sifat Fisik dan Mekanik Batu Bata Merah di Yogyakarta. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*.
- Ramayanti, G., Fitriyeni, L., & Yulistiyari, E.I. (2019). Usulan Peningkatan Kualitas Batu Merah dengan

- Metode Six Sigma dan Taguchi. *Jurnal Penelitian dan Aplikasi Sistem & Teknik Industri*.
- Rosa, Y. (2013). Rumusan Metode Perhitungan Backlog Rumah. *Jurnal Permukiman*.
- Soejanto, I. (2009). *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sugiyono. (2007). *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Supranto, J. (2000). *Statistik Teori dan Aplikasi* (Edisi ke-6). Jakarta: Erlangga.
- Suseno, H. (2010). *Bahan Bangunan untuk Teknik Sipil*. Malang: Bargie Media.
- Tamrin, A.G. (2008). *Teknik Konstruksi Bangunan Gedung*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Zebua, D., & Sinulingga, S. (2018). Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi sebagai Campuran Terhadap Kekuatan Batu Bata. *Jurnal Einstein*.