

## Penerapan Metode Taguchi untuk Meningkatkan Kualitas Bata Ringan pada UD. XY Malang

### *Application of the Taguchi Method to Improve the Quality of Lightweight Bricks at UD. XY Malang*

Putri Halimah<sup>1</sup>, Yurida Ekawati<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Industri, Universitas Ma Chung, Villa Puncak Tidar Blok N No. 1, Dau, Malang 65151, Indonesia

Diterima: 7 Agustus, 2019 / Disetujui: 27 Januari, 2020

#### ABSTRACT

Light brick compressive strength produced by UD. XY has a very high variation because there is no standard composition of raw materials. This research is carried out to design an improvement or quality improvement for light brick products at UD. XY. Quality improvement is on increasing the compressive strength of light brick with optimal composition. Quality improvement is conducted using the experimental design of the Taguchi method to obtain an optimal composition combination. The orthogonal array notation used is  $L_9(3^4)$  with material control factors in the form of water (A), cement (B), and sand (C). Data processing is done by calculating ANOVA on average values and SNR with larger better classification. The classification is chosen because of the greater the compressive strength of the light brick the higher the quality of the light brick. This ANOVA calculation is carried out to find out which factors significantly influence the light brick compressive strength. The test conducted to determine the quality of light brick is a concrete compressive strength test carried out using the Compression Machine. Based on the results of data processing, a comparison of the optimal composition of water: cement: sand is 1: 2.5: 4. The confirmation experiment proves that the compressive strength of the composition is robust.

**Keywords:** Quality improvement, Lightweight brick, Taguchi, Compressive strength.

#### ABSTRAK

Kuat tekan bata ringan yang dihasilkan UD. XY memiliki variasi yang sangat tinggi karena belum adanya standar komposisi bahan baku. Penelitian ini dilakukan untuk merancang suatu perbaikan atau peningkatan kualitas terhadap produk bata ringan di UD. XY. Peningkatan kualitas adalah pada peningkatan kuat tekan dari bata ringan dengan komposisi optimal. Peningkatan kualitas dilakukan dengan menggunakan desain eksperimen metode Taguchi untuk mendapatkan kombinasi komposisi yang optimal. Adapun notasi *orthogonal array* yang digunakan adalah  $L_9(3^4)$  dengan faktor kontrol material berupa air (A), semen (B), dan pasir (C). Pengolahan data dilakukan dengan melakukan perhitungan ANOVA terhadap nilai rata-rata dan SNR dengan klasifikasi *larger the better*. Klasifikasi tersebut dipilih karena semakin besar kuat tekan dari bata ringan semakin tinggi kualitas bata ringan tersebut. Perhitungan ANOVA ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui faktor mana saja yang berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tekan bata ringan. Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kualitas bata ringan adalah uji kuat tekan beton yang dilakukan dengan menggunakan *Compression Machine*. Berdasarkan hasil pengolahan data, didapatkan perbandingan kombinasi komposisi air:semen:pasir optimal sebesar 1:2,5:4. Eksperimen konfirmasi membuktikan bahwa kuat tekan dari komposisi tersebut bersifat *robust*.

**Kata Kunci:** Perbaikan kualitas, Bata ringan, Taguchi, Kuat tekan.

#### 1. PENDAHULUAN

Saat ini, dunia industri merupakan salah satu bagian penting untuk pembangunan. Persaingan di dunia industri terutama industri manufaktur kini semakin ketat hal ini

menyebabkan semua perusahaan berusaha memberikan kualitas produk yang terbaik bagi para konsumennya. Semua perusahaan bersaing secara ketat agar dapat memikat konsumen. Penawaran yang diberikan tidak hanya mengacu

\*email: yurida.ekawati@machung.ac.id

pada harga yang diberikan, namun kualitas produk juga ditawarkan. Kualitas produk menjadi hal yang harus diutamakan perusahaan dalam mencapai kepuasan konsumen dalam menggunakan produk yang telah dihasilkan. Kualitas merupakan kebalikan dari variabilitas, di mana semakin kecil variabilitas suatu produk maka semakin tinggi kualitas produk tersebut (Montgomery, 2013). Pembangunan yang semakin meningkat di Indonesia memberikan peluang bagi perusahaan yang memproduksi bata ringan. Kebutuhan penggunaan bata ini mendorong munculnya inovasi-inovasi baru dalam pembuatan bata, salah satunya adalah bata ringan yang juga bisa disebut beton ringan. peluang bagi perusahaan yang memproduksi

UD. XY merupakan industri rumahan yang memproduksi bata ringan. Bata ringan dibuat dengan menggunakan bahan baku semen, pasir, air, dan *foaming agent*. Jenis bata ringan yang diproduksi UD. XY adalah *Cellular Lightweight Concrete* (CLC) dikarenakan proses pengeringan tidak menggunakan oven melainkan secara alami dengan udara terbuka. Proses produksi bata ringan di UD. XY dikerjakan manual, artinya tidak dikerjakan dengan mesin melainkan dikerjakan oleh manusia. Permasalahan yang muncul adalah pekerja menentukan komposisi bahan baku bata ringan hanya berdasarkan perkiraan. Hal ini dapat memengaruhi variasi kualitas bata ringan dikarenakan tidak ada komposisi yang baku terhadap bata ringan yang diproduksi oleh UD. XY. Komposisi bahan pembuatan dan proses yang tidak baku menyebabkan biaya produksi yang tidak pasti. Berikut merupakan uji tekan awalan pada produk bata ringan:

Tabel 1. Uji Tekan Awalan Produk Bata Ringan

No	Beban Tekan (kN)	Konversi Beban (kg)	Luas Bidang (cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )
1	30	3059,1	110	27,81
2	13	1325,6	100	13,25
3	18	1835,4	103	17,82
4	21	2141,3	110	19,46
5	15	1529,5	101	15,14
<b>Rata-rata</b>				18,696
<b>Standar Deviasi</b>				5,62
<b>Varians</b>				31,68

Berdasarkan perhitungan kuat tekan bata ringan awal didapatkan standar deviasi sebesar 5,62 dan memiliki varians sebesar 31,68 serta penyimpangannya sebesar 30,059%. Dapat dilihat besarnya variasi pada produk bata ringan dari hasil pengujian uji tekan awal bata ringan sangatlah besar.

Dimensi kualitas terdiri dari kinerja (*performance*), daya tahan (*durability*), bukti fisik (*tangibles*), empati (*emphaty*), keandalan (*reliability*), daya tanggap (*responsiveness*), fitur (*features*) (Tjiptono, 2012). Kuat tekan bata ringan termasuk dalam dimensi kinerja (*performance*) dari bata ringan tersebut. Untuk mendapatkan kuat tekan yang optimal dari bata ringan tersebut maka perlu dilakukan desain eksperimen.

Suatu desain eksperimen adalah evaluasi secara serentak terhadap dua atau lebih faktor (parameter) terhadap kemampuannya untuk memengaruhi rata-rata atau variabilitas hasil gabungan dari karakteristik produk atau proses tertentu. Secara efektif dan sesuai secara statistik, level dari faktor kontrol dibuat bervariasi, hasil dari kombinasi pengujian tertentu diamati, dan kumpulan hasil selengkapnya dianalisis untuk menentukan faktor-faktor yang berpengaruh dan tingkatan yang baik, dan apakah peningkatan atau pengurangan tingkatan-tingkatan tersebut akan menghasilkan perbaikan lebih lanjut (Soejanto, 2009). Desain eksperimen merupakan pengaturan pemberian perlakuan terhadap percobaan dengan maksud agar keragaman respon yang ditimbulkan oleh keadaan lingkungan dan heterogenan bahan percobaan yang digunakan dapat disingkirkan (Gaspersz, 1994).

Metode Taguchi merupakan usaha peningkatan kualitas yang berfokus pada peningkatan rancangan produk dan proses. Sasaran metode tersebut adalah menjadikan produk tidak sensitif terhadap variabel gangguan (*noise*), sehingga disebut sebagai *robust design*. Metode ini digunakan dalam perkerayaan dan peningkatan kualitas dengan cara desain eksperimen untuk menemukan penyebab utama yang sangat dominan memengaruhi karakteristik kualitas dalam proses, sehingga variabel karakteristik kualitas dapat dikendalikan. Dengan metode ini diperoleh kombinasi terbaik antara unit produk dan unit proses pada tingkat keseragaman yang tinggi untuk mencapai karakteristik kualitas terbaik

dengan biaya yang rendah (Soejanto, 2009). Desain eksperimen *orthogonal array* yang merupakan modifikasi dari desain *fractional factorial* yang kemudian dilengkapi transformasi respon dalam bentuk Rasio *signal* terhadap *noise* (*S/N ratio*), menjadi penemuan Taguchi yang paling fenomenal. Taguchi telah menawarkan efisiensi eksperimen dalam rangka merencanakan kualitas. Bukannya tanpa kekurangan, metode Taguchi ini tetap memiliki risiko kesalahan pengambilan kesimpulan karena banyaknya eksperimen yang terpancang.

Untuk mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi kuat tekan bata ringan dapat digunakan diagram sebab-akibat/diagram atau tulang ikan. Diagram tulang ikan atau *fishbone diagram* adalah salah satu metode/tool di dalam meningkatkan kualitas. Dikatakan *fishbone diagram* (tulang ikan) karena memang berbentuk mirip dengan tulang ikan yang kepalanya menghadap ke kanan (Murnawan dan Mustofa, 2014). Diagram sebab akibat merupakan suatu diagram yang menunjukkan hubungan antara sebab dan akibat (Gaspersz, 2001). Diagram ini banyak digunakan dalam perbaikan kualitas seperti perbaikan kualitas produk wafer (Sutiyarno dan Chriswahyudi, 2019).

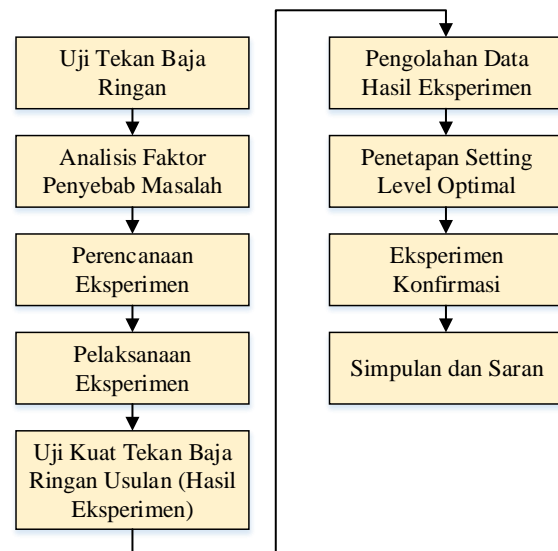
Terdapat beberapa penelitian optimasi menggunakan metode Taguchi terhadap produk-produk sejenis bata ringan. Metode Taguchi digunakan baik untuk perbaikan kualitas produk maupun desain produk yang optimal. Penelitian sebelumnya telah melakukan optimasi produk menggunakan metode Taguchi terhadap produk beton aerasi ringan dan sekaligus memperhitungkan pengurangan kerugian akibat perbaikan kualitas (Tiartanaya dan Aribowo, 2013). Metode Taguchi juga dilakukan untuk pembuatan batako dengan memanfaatkan lumpur Lapindo (Prasetya, Rahman dan Efranto, 2013). Selain itu studi lain juga melakukan penelitian optimasi produk batako berdasar kuat tekan dan daya serapnya (Sutoni, 2018).

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi kualitas produk batu bata ringan di UD. XY, dan menemukan cara memperbaiki atau meningkatkan kualitas produksi batu bata ringan dengan menggunakan metode Taguchi. Metode Taguchi dipilih karena dengan metode ini dapat diperoleh desain kombinasi terbaik dari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap peningkatan kualitas produk bata ringan dengan eksperimen

yang lebih sederhana, dibandingkan apabila menggunakan desain eksperimen *full factorial*, namun menghasilkan desain produk yang kokoh (*robust design*). Penyederhanaan jumlah kombinasi ini penting dilakukan karena menggunakan uji yang bersifat merusak (uji tekan) untuk pelaksanaannya. Uji tekan menyebabkan produk yang diuji tidak bisa lagi untuk dipergunakan, sehingga penyederhanaan jumlah eksperimen pada metode Taguchi akan mengurangi biaya.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di salah satu UD di Malang yang memproduksi bata ringan, GRC roster, paving, plavon, dan lain-lain. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2019 sampai bulan Mei 2019. Bahan baku yang digunakan semen, pasir, air, dan *foam agent*. Peralatan yang digunakan adalah cetakan dan ember. Gambar 1 adalah diagram alir dari penelitian.



Gambar 1 Diagram Alir

Setelah mengetahui permasalahan dan studi literatur maka dilakukan uji tekan awalan pada bata ringan. Uji kekuatan tekan merupakan aktivitas yang dilakukan untuk mengetahui kekuatan dari sebuah benda yang didapatkan dari nilai kuat tekan dengan prosedur tertentu (Müller *et al.*, 2006). Kuat tekan beton ringan merupakan besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji tekan beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu. Setelah dilakukan uji tekan dilakukan analisis penyebab

besarnya variasi pada kuat tekan bata ringan menggunakan diagram tulang ikan.

Perencanaan eksperimen dilakukan sebagai tahap awal atau tahap persiapan dalam metode Taguchi. Tahap awal ini merupakan tahap yang sangat penting agar pelaksanaan eksperimen dapat berjalan dengan lancar. Dalam perencanaan eksperimen terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan, mulai dari pengumpulan data hingga pembuatan matriks *orthogonal array*.

Pengumpulan data dilakukan dengan wawancara, dan observasi secara langsung. Wawancara dilakukan dengan kepala produksi. Dari hasil wawancara didapatkan informasi mengenai bahan baku apa saja yang digunakan dalam pembuatan bata ringan. Pengumpulan data selanjutnya dilakukan dengan observasi langsung. Berdasarkan hasil observasi didapatkan informasi mengenai alur produksi dan proses pembuatan pada bata ringan UD. XY.

Selanjutnya dilakukan identifikasi karakteristik kualitas. Identifikasi ini penting untuk dilakukan agar fokus eksperimen dapat lebih terarah. Metode Taguchi memperkenalkan pendekatan *S/N ratio* untuk meneliti pengaruh faktor *noise* terhadap variasi yang timbul. Jenis dari *S/N ratio* tergantung pada karakteristik yang diinginkan, yaitu *Small the Better* (STB), *Larger the Better* (LTB), dan *Nominal the Best* (NTB) (Setyanto dan Lukodono, 2017).

Adapun karakteristik kualitas yang dipilih pada penelitian ini adalah *larger the better*. Pada penelitian ini, variabel tak bebas adalah kekuatan bata ringan. Kekuatan bata ringan ini dapat diketahui dengan melakukan uji kuat tekan dimana semakin tinggi kuat tekan yang dimiliki oleh bata ringan maka akan semakin baik. Rumus karakteristik kualitas *larger the better* ditampilkan pada persamaan (1).

$$SN_{LTB} = -10 \log \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \quad (1)$$

Langkah selanjutnya adalah melakukan eksperimen dan melakukan uji kuat tekan terhadap bata ringan hasil eksperimen. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan analisis varians. Analisis varians pada metode Taguchi merupakan suatu metode statistik untuk menginterpretasikan data-data hasil eksperimen (Triawati, 2007). Analisis varians pada metode Taguchi dilakukan dengan

langkah perhitungan sebagai berikut (Soejanto, 2009):

1. Perhitungan nilai rata-rata keseluruhan eksperimen

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n} \quad (2)$$

2. Perhitungan rata-rata respon masing-masing eksperimen

$$\bar{y}_{jk} = \frac{\sum y_{ijk}}{n_{ijk}} \quad (3)$$

3. Perhitungan jumlah kuadrat total (*total sum of square*)

$$SS_{total} = \sum y^2 \quad (4)$$

4. Perhitungan *total sum of square due to mean*

$$S_m = n \cdot \bar{y}^2 \quad (5)$$

5. Perhitungan *total sum of square due to factors*

$$SS_i = \left( \sum_i (n_{ij})(\bar{y}_{jk}^2) \right) - S_m \quad (6)$$

6. Perhitungan *total sum of square due to error*

$$SS_e = SS_{total} - S_m - \left( \sum_i SS_i \right) \quad (7)$$

7. Perhitungan *the mean square*

$$MS_i = \frac{SS_i}{DF_i} \quad (8)$$

8. Perhitungan *F<sub>ratio</sub>* atau *F<sub>hitung</sub>*

$$F_{ratio} = \frac{MS_i}{MS_e} \quad (9)$$

9. Perhitungan *pure sum of square*

$$SS'_i = SS_i - (DF_i \cdot MS_e) \quad (10)$$

10. Perhitungan persen kontribusi

$$\rho_i = \frac{SS_i'}{SS_t} \quad (11)$$

Penetapan *setting* level optimal dilakukan dengan cara melihat pada tabel maupun grafik respon. Setelah mendapatkan *setting* level optimal maka dilakukan eksperimen konfirmasi.

Eksperimen konfirmasi merupakan eksperimen yang bertujuan untuk melakukan validasi terhadap kesimpulan yang diperoleh selama tahap analisis data hasil eksperimen (Soejanto, 2009). Dalam melakukan eksperimen konfirmasi perlu untuk mengetahui kombinasi optimal dari level dan faktor yang memiliki pengaruh signifikan. Adapun beberapa hal yang perlu untuk diperhatikan dalam melaksanakan eksperimen konfirmasi adalah sebagai berikut (Soejanto, 2009):

1. Memperkirakan nilai rata-rata

Adapun untuk memperkirakan rata-rata ini dihitung dengan menggunakan persamaan (12).

$$\mu_p = \bar{y} + \sum X_i - \bar{y} \quad (12)$$

dimana:

$\mu_p$  :  $\mu_{prediksi}$

2. Menghitung interval atau selang kepercayaan untuk nilai perkiraan rata-rata.

Dalam membuat interval kepercayaan perlu untuk dilakukan perhitungan nilai CI dengan menggunakan persamaan (13) dan persamaan (14).

$$n_{eff} = \frac{N}{df} \quad (13)$$

dimana

$N$  : Jumlah total eksperimen

$df$  : Jumlah  $df$  dalam perkiraan rata-rata

$$CI = \pm \sqrt{F_{(\alpha;v1;v2)} \times MS_{ex} \left| \frac{1}{n_{eff}} \right|} \quad (14)$$

3. Menghitung interval kepercayaan untuk eksperimen konfirmasi.

Berdasarkan perhitungan  $\mu_p$  dan CI, maka dapat dibuat interval kepercayaan dengan persamaan (15).

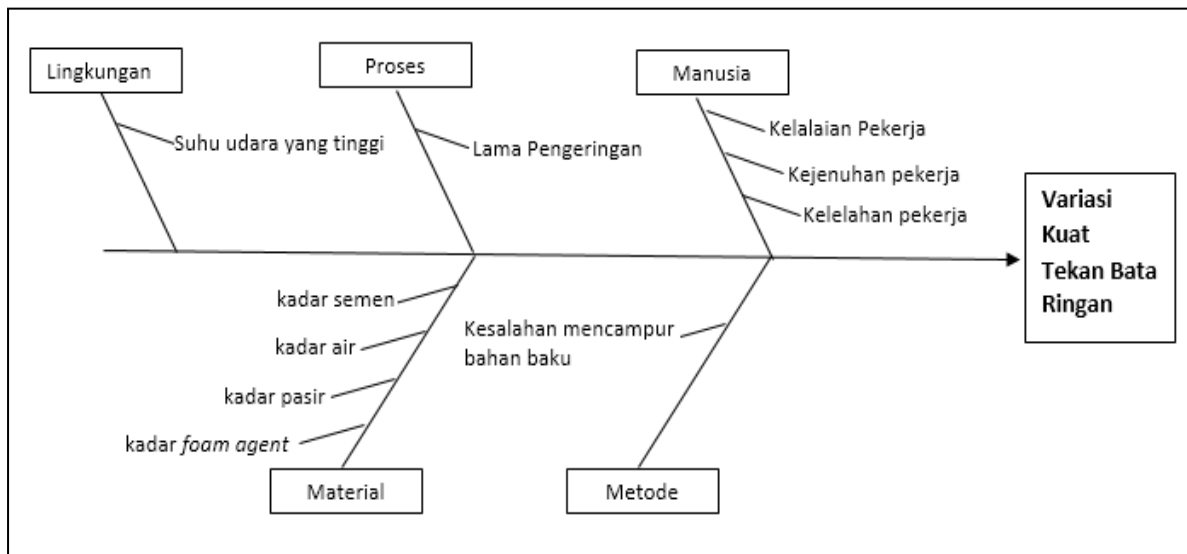
$$\mu_p - CI \leq \mu_p \leq \mu_p + CI \quad (15)$$

4. Membandingkan hasil perhitungan interval kepercayaan pada kondisi optimal dengan konfirmasi.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Analisis Faktor Penyebab Masalah

Berikut ini hasil analisis penyebab masalah pada UD. XY dengan menggunakan diagram sebab akibat yang ditampilkan pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2, diketahui bahwa terdapat lima faktor utama yang menyebabkan besarnya variasi pada kuat tekan bata ringan. Kelima faktor tersebut terdiri dari faktor manusia, proses, material, lingkungan, dan metode. Pada faktor manusia disebabkan oleh kelalaian pekerja yang diakibatkan kelelahan dan kejenuhan. Faktor material merupakan salah satu penyebab variasi kualitas bata ringan. Faktor selanjutnya, yaitu lingkungan disebabkan tempat kerja di UD. XY memiliki ventilasi terbatas. Faktor metode disebabkan oleh kesalahan mencampur bahan. Faktor proses yang dimaksud adalah lama proses pengeringan. Faktor tersebut akan berpengaruh pada kuat tekan produk bata ringan, apabila waktu lama pengeringan semakin lama maka hasilnya akan semakin baik, dan sebaliknya apabila waktu lama pengeringan hanya sebentar maka kuat tekan produk yang dihasilkan menjadi lebih rendah.



Gambar 2 Diagram Sebab-Akibat

### 3.2. Menentukan Faktor-faktor Eksperimen

Penentuan faktor-faktor eksperimen ini bertujuan untuk menentukan faktor apa saja yang digunakan dalam eksperimen. Penentuan faktor kontrol dilakukan dengan kepala produksi UD. XY sebagai pihak yang paling memahami proses pembuatan bata ringan dan keterbatasan kondisi pabrik. Setelah berdiskusi dengan kepala produksi di UD. XY terdapat dua faktor kontrol yaitu material dan metode. Kedua faktor tersebut merupakan faktor kritis terhadap dimensi kualitas yang dipilih yaitu kinerja kuat tekan bata ringan. Material yang digunakan dalam pembuatan bata ringan yaitu semen, air, pasir dan foam agent sangat berpengaruh terhadap kuat tekan bata ringan. Faktor metode juga dipilih sebagai faktor kontrol. Hal ini dikarenakan penentuan komposisi akan menentukan kuat tekan bata ringan. Sementara itu, faktor-faktor lain seperti lingkungan dan manusia tidak dipilih karena tidak memengaruhi kuat tekan bata ringan. Faktor lama pengeringan sebenarnya juga memengaruhi kuat tekan bata ringan. Akan tetapi berdasarkan diskusi dengan kepala produksi dengan mempertimbangkan waktu penelitian dan kondisi pabrik maka diputuskan untuk menggunakan lama pengeringan mengikuti standar di UD. XY yaitu selama 26 hari.

### 3.3. Membuat Level Faktor

Penetapan level dilakukan dengan bantuan Kepala Produksi di UD. XY. Adapun level yang diberikan untuk beberapa faktor kontrol seperti dijelaskan pada Tabel 2.

Tabel 2. Level Faktor Eksperimen

Faktor	Kode	Level		
		1	2	3
Air	A	0,8	1	1,2
Semen	B	1,5	2	2,5
Pasir	C	3	3,5	4

### 3.4. Membuat Orthogonal Array

Pembuatan *orthogonal array* diawali dengan menetapkan faktor dan level. Penetapan ini telah dilakukan pada tahap sebelumnya dimana penelitian ini terdiri dari tiga faktor dan tiga level. Setelah faktor dan level ditetapkan, maka dapat dihitung derajat kebebasannya didapatkan 6 derajat kebebasan. Setelah mendapatkan hasil perhitungan derajat kebebasan, maka langkah yang selanjutnya adalah memilih matriks *orthogonal array* yang sesuai. Notasi *orthogonal array* yang sesuai adalah  $L_9(3^4)$  dimana hal ini menunjukkan bahwa percobaan minimal yang akan dilakukan adalah sebanyak sembilan kali.

### 3.5. Pelaksanaan Eksperimen

Sesuai dengan notasi yang telah ditentukan, jumlah eksperimen yang dilakukan pada penelitian kali ini sebanyak sembilan eksperimen dan direplikasi sebanyak dua kali. Adapun kombinasi eksperimen yang dilakukan akan dibuat dengan menggunakan bantuan perangkat lunak Minitab 16. Tabel 3 menampilkan kombinasi sembilan eksperimen pembuatan bata ringan di UD. XY:

Tabel 3. Kombinasi Eksperimen  $L_9(3^4)$

Eksperimen	Faktor		
	Air	Semen	Pasir
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

Tabel 4 menampilkan rancangan yang berisi perbandingan komposisi eksperimen sesuai dengan matriks *orthogonal array*  $L_9(3^4)$  serta konversi penggunaan bahan dalam satuan kilogram (kg).

Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan, total berat keseluruhan bahan sebesar 9 kg dapat menghasilkan satu buah bata ringan. Pengujian dilakukan terhadap dua buah sampel

untuk masing-masing eksperimen, sehingga total bata ringan yang diuji adalah delapan belas buah. Sebelum dilakukan pengujian, bata ringan telah diberi tanda berupa nomor satu sampai sembilan untuk menunjukkan nomor eksperimen. Hasil dari pengujian akan muncul berupa angka dan kemudian akan dicatat sebagai data pengujian. Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian bata ringan untuk masing-masing eksperimen.

### 3.6. Pengolahan Data Hasil Eksperimen

Data-data yang telah diperoleh dari hasil eksperimen selanjutnya diolah untuk mendapatkan nilai rata-rata dan *signal to noise ratio* (SNR) dengan klasifikasi *larger the better*. Adapun kedua nilai tersebut nantinya akan dilakukan perhitungan ANOVA untuk mendapatkan faktor mana saja yang memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan bata ringan.

Tabel 4. Rancangan Komposisi Eksperimen

Eksperimen	Perbandingan Komposisi			Konversi		
	Air	Semen	Pasir	Air (liter)	Semen (kg)	Pasir (kg)
1	0,8	1,5	3	1,358	2,547	5,094
2	0,8	2	3,5	1,142	2,857	5
3	0,8	2,5	4	0,986	3,082	4,931
4	1	1,5	3,5	1,5	2,25	5,25
5	1	2	4	1,285	2,571	5,142
6	1	2,5	3	1,384	3,461	4,153
7	1,2	1,5	4	1,611	2,014	5,373
8	1,2	2	3	1,741	2,903	4,354
9	1,2	2,5	3,5	1,5	3,125	4,375

Tabel 5. Hasil Pengujian Bata Ringan

Eksperimen	Beban Tekan (kN)	Konversi (kg)	Luas Bidang (cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )
1	31	3.161,320	100,00	31,613
	31	3.161,320	101,00	31,297
2	76	7.749,872	100,53	77,090
	76	7.749,872	100,20	77,344
3	88	8.973,536	100,37	89,404
	88	8.973,536	100,29	89,475
4	70	7.138,040	100,31	71,159
	70	7.138,040	100,10	71,309
5	98	9.993,250	100,00	99,932
	98	9.993,250	100,00	99,932
6	95	9.687,340	100,40	96,487
	95	9.687,340	100,81	96,095
7	81	8.259,732	100,59	82,112
	81	8.259,732	100,49	82,194
8	29	2.957,188	100,78	29,343
	29	2.957,188	100,45	29,439
9	39	3.976,908	100,53	39,559
	39	3.976,908	100,25	39,669

Tabel 6. Hasil Perhitungan Nilai *Mean* dan SNR

Eksperimen	Hasil Uji Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )		Jumlah	Mean ( $\mu$ )	SNR
	1	2			
1	31,613	31,297	62,910	31,455	29,953
2	77,090	77,344	154,434	77,217	37,754
3	89,404	89,475	178,879	89,440	39,030
4	71,159	71,309	142,468	71,234	37,053
5	99,932	99,932	199,864	99,932	39,994
6	96,487	96,095	192,582	96,291	39,671
7	82,112	82,194	164,306	82,153	38,292
8	29,343	29,439	58,782	29,391	29,364
9	39,559	39,669	79,228	39,614	31,956

Tabel 7. Respon Nilai Rata-rata

	Faktor		
	Air (A)	Semen (B)	Pasir (C)
1	66,04	61,61	52,38
2	89,15	68,85	62,69
3	50,39	75,11	90,51
Ranking	2	3	3

### 3.7. Perhitungan Nilai Rata-rata (*Mean*) dan *Signal to Noise Ratio* (SNR)

Pada bagian ini akan dihitung nilai rata-rata (*mean*) dan *Signal to Noise Ratio* (SNR) menggunakan rumus (2) dan rumus (4). Tabel 6 menunjukkan data perhitungan *mean* dan SNR untuk masing-masing eksperimen.

### 3.8. Perhitungan ANOVA untuk Nilai Rata-rata

Pada bagian ini dilakukan perhitungan ANOVA untuk nilai rata-rata. Perhitungan akan dilakukan mulai dari perhitungan nilai rata-rata semua eksperimen hingga perhitungan persen kontribusi masing-masing eksperimen.

1. Perhitungan nilai rata-rata untuk setiap level faktor.

Pada tahap ini dihitung nilai rata-rata untuk masing-masing level faktor. Tabel 7 merupakan hasil perhitungan menggunakan bantuan Minitab.

2. Perhitungan *total sum of square due to factors*

Berdasarkan persamaan (6), didapatkan data untuk perhitungan *sum of square due to factors*. Tabel 8 berisikan hasil perhitungan *sum of square due to factors*.

Tabel 8. Hasil Perhitungan *Sum of Square due to Factors*

<i>Total Sum of Square Due To Factors</i>	
SS <sub>A</sub>	4.566,776
SS <sub>B</sub>	543,599
SS <sub>C</sub>	4.672,402

3. Perhitungan nilai rata-rata kuadrat (*mean square*)

Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan terhadap nilai rata-rata kuadrat berdasarkan rumus (8) untuk masing-masing faktor. Adapun perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 9.

4. Perhitungan nilai  $F_{ratio}$

Hasil dari perhitungan  $F_{ratio}$  berdasarkan persamaan (9) nantinya akan digunakan untuk menentukan faktor mana saja yang memiliki pengaruh yang cukup signifikan. Tabel 9 juga menampilkan hasil perhitungan  $F_{ratio}$  untuk masing-masing faktor.

5. Tabel perhitungan ANOVA untuk nilai rata-rata

Hasil perhitungan ANOVA untuk nilai rata-rata yang telah dilakukan akan dirangkum ke dalam satu tabel untuk dianalisis lebih lanjut. Berdasarkan rumus (8), (10), (11), (12), dan (13), Tabel 10 menampilkan perhitungan ANOVA untuk nilai rata-rata.

Dalam menginterpretasikan hasil perhitungan ANOVA, maka akan dilakukan uji hipotesis. Berikut uji hipotesis yang digunakan dalam pengambilan keputusan pada penelitian ini:

1. Air

$H_0$  : Tidak ada pengaruh air terhadap kuat tekan bata ringan.

$H_1$  : Air berpengaruh terhadap kuat tekan bata ringan.

$\alpha$  : 0,05 (5%)



$F_{ratio}$ : 9,398

Kesimpulan:  $F_{ratio} > F_{tabel}$ ,  $H_0$  ditolak, artinya air memiliki pengaruh terhadap kuat tekan bata ringan.

2. Semen

$H_0$  : Tidak ada pengaruh semen terhadap kuat tekan bata ringan.

$H_1$  : Semen berpengaruh terhadap kuat tekan bata ringan.

$\alpha$  : 0,05 (5%)

$F_{ratio}$ : 4,1407

Kesimpulan:  $F_{ratio} > F_{tabel}$ ,  $H_0$  ditolak, artinya semen memiliki pengaruh terhadap kuat tekan bata ringan.

3. Pasir

$H_0$  : Tidak ada pengaruh pasir terhadap kuat tekan bata ringan.

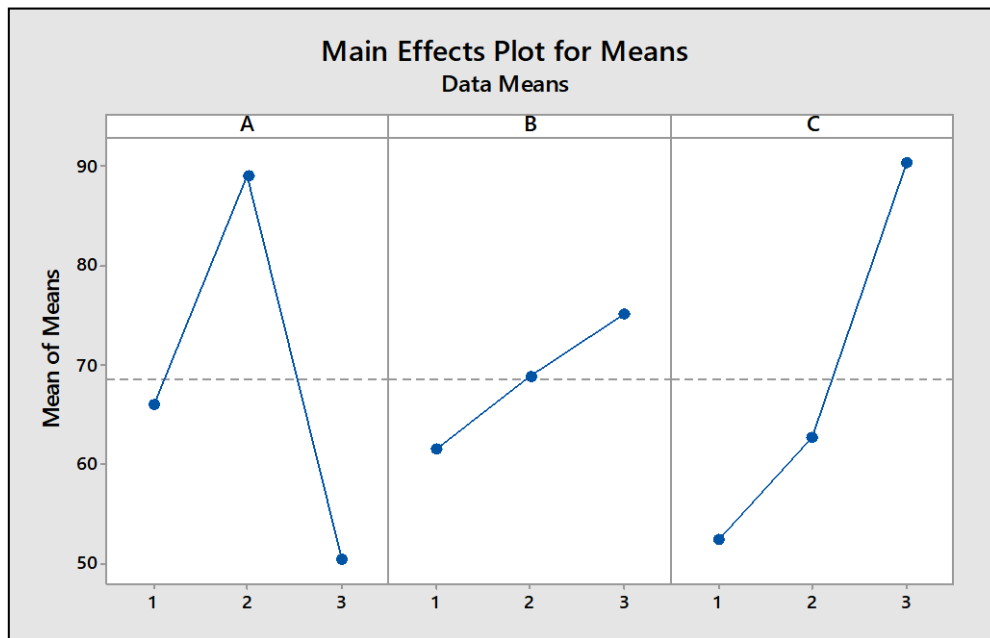
$H_1$  : Pasir berpengaruh terhadap kuat tekan bata ringan.

$\alpha$  : 0,05 (5%)

$F_{ratio}$ : 9,615

Kesimpulan:  $F_{ratio} > F_{tabel}$ ,  $H_0$  ditolak, artinya pasir memiliki pengaruh terhadap kuat tekan bata ringan.

Berdasarkan hasil uji hipotesis di atas, didapatkan kesimpulan bahwa ketiga faktor yang digunakan dalam eksperimen, yaitu air, semen, dan pasir memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan bata ringan.



Gambar 3 Grafik Respon Nilai Rata-rata

Tabel 9. Perhitungan Nilai Rata-rata Kuadrat (*Mean Square*)

Faktor	Sum of square due to factors ( $SS_i$ )	Derajat Kebebasan ( $DF_i$ )	Mean Square ( $MS_i = \frac{SS_i}{DF_i}$ )	Mean of square due to error ( $MS_e$ )	$F_{ratio} = \frac{MS_i}{MS_e}$
A	4.566,776	2	2.283,388	242,961	9,398
B	543,599	2	271,799	242,961	4,140
C	4.672,402	2	2.336,201	242,961	9,615

Tabel 10. Hasil Perhitungan ANOVA untuk Nilai Rata-rata

Source	SS	DF	MS	$F_{ratio}$	$SS'$	Ratio (%)	$F_{tabel}$
A	4.566,776	2	2.283,388	9,398	4.080,854	32,763	3,68
B	543,599	2	271,799	4,140	57,679	0,463	3,68
C	4.672,402	2	2.336,201	9,615	4.186,480	33,118	3,68
Error	2.672,580	11	242,961		4.130,344	33,161	
$SS_t$	12.455,357	17			12.455,357	100,000	
Mean	84.522,161	1					
$SS_{total}$	96.932,518	18					

### 3.9. Pooling Up

*Pooling up* ini merupakan suatu penggabungan faktor dengan signifikansi terendah sebagai eror. Adapun tujuan dilakukan *pooling up* adalah untuk menghindari estimasi yang berlebihan dan juga untuk meminimalkan kesalahan pada eksperimen yang dilakukan. Pada penelitian ini, faktor yang memiliki nilai SS terkecil dan tingkat signifikansi terendah adalah faktor B. Tabel 11 menjelaskan perhitungan *pooling up* terhadap faktor B.

Tabel 11. *Pooling Up* Faktor B

<i>Pooling Up</i>	
$SS (pooled e) = SS_e + SS_B$	
$SS (pooled e) = 2.672,58 + 543,599$	
$SS (pooled e) = 3.216,179$	
$DF (pooled e) = DF_e + DF_B$	
$DF (pooled e) = 11 + 2 = 13$	
$MS (pooled e) = \frac{SS (pooled e)}{DF (pooled e)}$	
$MS (pooled e) = \frac{3.216,179}{13} = 247,398$	

Berdasarkan perhitungan *pooling up* terhadap faktor B yang ditampilkan pada Tabel 11, maka dapat dibuat perhitungan ANOVA untuk nilai rata-rata seperti Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Perhitungan ANOVA Setelah *Pooling Up*

Source	SS	DF	MS	$F_{ratio}$	$SS'$	Ratio (%)	$F_{tabel}$
A	4.566,776	2	2.283,388	9,229	4.071,98	32,763	5,614
B	543,599	-	-	-	-	-	-
C	4.672,402	2	2.336,201	9,443	4.177,606	33,540	5,614
Error	2.672,580	-	-	-	-	-	-
Pooled	3.216,179	13	247,398	1	4.205,771	33,766	
$SS_t$	12.455,357	17			12.455,357	100,000	
Mean	84.522,161	1					
$SS_{total}$	96.932,518	18					

Tabel 13. Respon Nilai SNR

	Faktor			
	Air (A)	Semen (B)	Pasir (C)	
1		35,58	35,10	33,00
2		38,91	35,70	35,59
3		33,20	36,89	39,11
Ranking		2	3	3

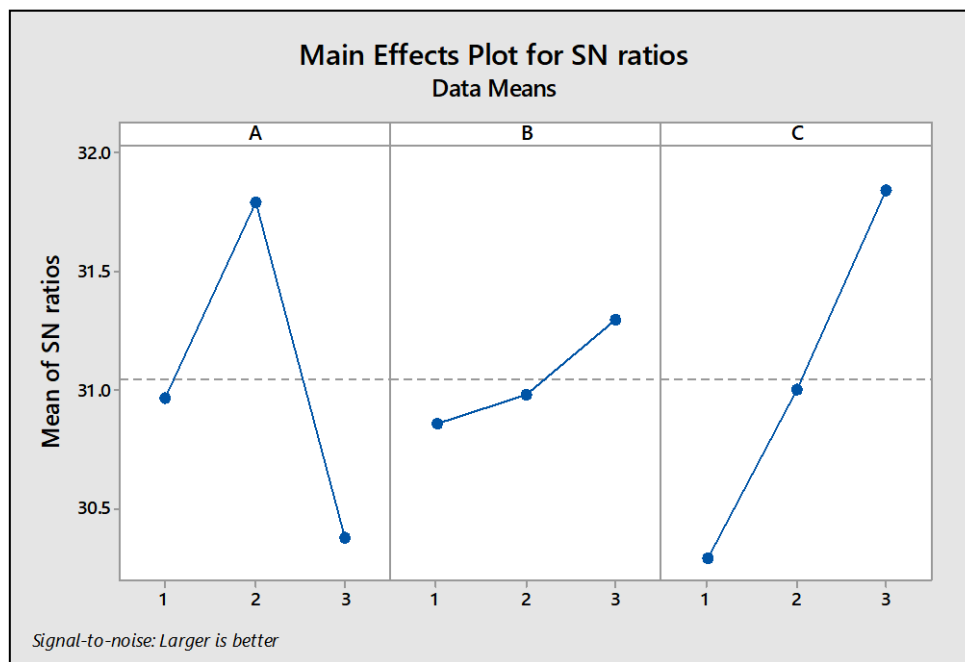
Berdasarkan Tabel 12 didapatkan bahwa faktor A dan C memang memiliki pengaruh atau kontribusi yang signifikan terhadap kuat tekan bata ringan. Sedangkan untuk faktor B sebenarnya juga memiliki kontribusi, namun kontribusinya lebih rendah. Di samping itu juga dapat dilihat persentase kontribusi sebesar 33,766%, dimana hal ini dapat diartikan bahwa semua faktor yang dikatakan signifikan berpengaruh terhadap nilai rata-rata sudah cukup untuk dilibatkan dalam eksperimen (adapun syarat persen kontribusi pada metode Taguchi adalah  $\leq 50\%$ ).

### 3.10. Perhitungan ANOVA untuk Nilai SNR

Pada bagian ini dilakukan perhitungan ANOVA terhadap nilai SNR rumus (2) dan rumus (4). Adapun langkah yang dilakukan sama halnya dengan perhitungan ANOVA terhadap nilai rata-rata.

1. Perhitungan nilai rata-rata untuk setiap level faktor.

Pada tahap ini akan dihitung nilai rata-rata untuk masing-masing level faktor. Tabel 13 merupakan hasil perhitungan menggunakan bantuan Minitab.



Gambar 4 Grafik Respon Nilai SNR

2. Perhitungan *total sum of square due to factors*.

Berdasarkan persamaan (6) didapatkan data untuk perhitungan *sum of square due to factors*. Tabel 14 berisikan hasil perhitungan *sum of square due to factors*.

Tabel 14. Hasil Perhitungan *Sum of Square Due To Factors*

<i>Total Sum of Square Due To Factors</i>	
$SS_A$	49,788
$SS_C$	59,015
$SS$ (pooled e)	5,411

3. Perhitungan nilai rata-rata kuadrat (*mean square*).

Pada tahap ini dilakukan perhitungan terhadap nilai rata-rata kuadrat untuk faktor A dan C saja. Hal ini dikarenakan faktor B telah mengalami tahap *pooling up*, sehingga faktor B tidak diikutsertakan dalam perhitungan nilai rata-rata kuadrat. Adapun perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Perhitungan Nilai Rata-rata Kuadrat (*Mean Square*)

Faktor	<i>Sum of Square due to Factors (SS<sub>i</sub>)</i>	Derajat Kebebasan (DF <sub>i</sub> )	Mean Square ( $MS_i = \frac{SS_i}{DF_i}$ )
A	49,788	2	24,894
C	59,015	2	29,507

3.11. Penetapan *Setting Level Optimal*

Penetapan *setting* level yang optimal untuk meningkatkan kualitas produk. Tabel 16 menjelaskan tentang penetapan *setting* level optimal sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan.

Berdasarkan Tabel 16 dapat dilihat bahwa kombinasi level optimal yang didapatkan adalah A<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, dan C<sub>3</sub>. Penetapan *setting* level optimal pada produk bata ringan tidak tercantum pada tabel rancangan komposisi eksperimen. Oleh karena itu perlu dilakukan eksperimen konfirmasi untuk mendapatkan produk bata ringan yang optimal.

Tabel 16. *Setting* Level Optimal

Faktor	Kode	Level	Perbandingan	Konversi (kg)
Air	A	2	1	1,2
Semen	B	3	2,5	3
Pasir	C	3	4	4,8

Tabel 17 Hasil Pengujian Terhadap Eksperimen Konfirmasi

No.	Beban Tekan (kN)	Konversi Beban (kg)	Luas Bidang (cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )
1	105	10707,06	101,30	105,696
2	105	10707,06	101,45	105,540
3	105	10707,06	101,10	105,905
4	105	10707,06	101,50	105,488
5	105	10707,06	101,60	105,384
<b>Rata-rata</b>				105,603

### 3.12. Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi merupakan eksperimen yang dilakukan dengan tujuan untuk melakukan validasi terhadap kesimpulan yang didapatkan dari perhitungan sebelumnya. Eksperimen dilakukan dengan menggunakan rancangan atau kombinasi dari *setting* level optimal yang telah didapatkan yaitu, A<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, dan C<sub>3</sub>. Tabel 17 menampilkan data hasil pengujian terhadap lima buah sampel bata ringan hasil eksperimen konfirmasi.

Lama proses pengeringan produk bata ringan pada eksperimen konfirmasi hanya dilakukan selama empat belas hari hal ini dikarenakan keterbatasan waktu. Setelah mendapatkan data hasil pengujian bata ringan, standar deviasi dan variasi maka akan dihitung nilai rata-rata (*mean*) dan SNR dengan klasifikasi *larger the better*.

### 3.13. Perhitungan Selang Kepercayaan (*Confidence Interval*) Terhadap Kondisi Optimal

Setelah mendapatkan *setting* level yang optimal, dilakukan perhitungan selang kepercayaan terhadap kondisi optimal tersebut. Perhitungan ini dilakukan untuk dapat membandingkan antara kondisi optimal dengan eksperimen konfirmasi. Perbandingan selang kepercayaan optimal dengan konfirmasi untuk masing-masing nilai rata-rata dan SNR ditunjukkan oleh Gambar 5. Sedangkan perbandingan selang kepercayaan nilai SNR ditunjukkan pada Gambar 6. Gambar tersebut menunjukkan bahwa hasil eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata dan nilai SNR dapat diterima. Hal ini ditunjukkan oleh selang kepercayaan dimana garis selang kepercayaan eksperimen konfirmasi pada gambar di atas bersinggungan dengan garis selang kepercayaan pada kondisi optimal.

Selanjutnya dilakukan perbandingan antara kuat tekan bata ringan awalan dengan usulan untuk mengetahui apakah terjadi peningkatan kualitas. Tabel 18 membandingkan kuat tekan antara bata ringan awalan dengan bata ringan usulan.

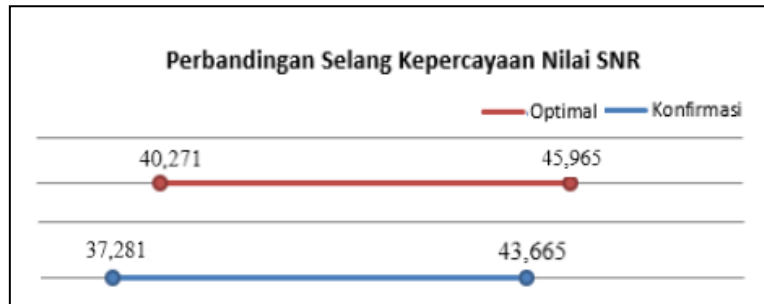
Tabel 18. Perbandingan Kuat Tekan Bata Ringan Awalan dan Usulan

No.	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Awalan	Usulan
1	27,81	105,696
2	13,25	105,540
3	17,82	105,905
4	19,46	105,488
5	15,14	105,384
Rata-rata	18,696	105,603
Standar deviasi	5,62	0,203
Varians	31,68	0,041

Setelah mendapatkan kuat tekan bata ringan usulan, dihitung pula standar deviasi dan variasi. Berdasarkan perhitungan kuat tekan bata ringan usulan didapatkan rata kuat tekan yang meningkat signifikan yaitu dari 18,696 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 105,603 kg/cm<sup>2</sup> sedangkan standar deviasi juga turun signifikan dari 5,62 (varians 31,68) menjadi 0,203 (varians 0,041). Varians yang sangat kecil meunjukkan bahwa desain komposisi tersebut bersifat *robust*. Untuk mengetahui efektifitas dari desain komposisi tersebut perlu dilakukan perbandingan biaya produksi antara komposisi awal dengan komposisi optimal. Kondisi *robust* tersebut akan efektif jika tidak disertai peningkatan biaya dan lebih efektif jika disertai penghematan biaya produksi dan akan sangat tidak efektif bila biaya produksi meningkat karenanya.



Gambar 5. Perbandingan Selang Kepercayaan Nilai Rata-rata



Gambar 6. Perbandingan Selang Kepercayaan Nilai SNR

## 1. SIMPULAN

Untuk mengatasi masalah variasi produk bata ringan yang besar di UD. XY dilakukan perbaikan atau peningkatan kualitas menggunakan metode Taguchi. Dari hasil analisis dengan menggunakan diagram sebab akibat, didapatkan bahwa faktor-faktor yang memengaruhi kualitas bata ringan dibagi ke dalam faktor gangguan dan faktor kontrol. Faktor gangguan yang memengaruhi kualitas bata ringan ini seperti suhu udara yang panas, lama proses pengeringan, kelalaian pekerja. Sedangkan faktor kontrol terdiri dari material dan metode.

Solusi perbaikan untuk meningkatkan kualitas bata ringan di UD. XY adalah dengan melakukan desain eksperimen menggunakan metode Taguchi Adapun hasil eksperimen komposisi optimal bata ringan yang didapatkan adalah komposisi air: semen: pasir sebesar 1:2,5:4. Untuk menjamin hasil komposisi tersebut bersifat *robust* dilakukan eksperimen konfirmasi. Hasil eksperimen konfirmasi menunjukkan rata-rata kuat tekan yang meningkat dan varians yang sangat kecil (0,041) dibandingkan dengan varians kondisi awal (31,68). Kondisi *robust* tersebut akan efektif jika disertai penghematan biaya produksi dan akan tidak efektif bila biaya produksi meningkat karenanya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Gaspersz, V. (1994) *Metode Perancangan Percobaan*. Bandung: Armico.
- Gaspersz, V. (2001) *Metode Analisis untuk Peningkatan Kualitas*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Montgomery, D. C. (2013) *Introduction to Statistical Quality Control*. 7 ed. Danvers: John Wiley & Sons.
- Müller, C. *et al.* (2006) "Modul Pelatihan Pembuatan Ubin atau Paving Blok dan Batako." Jakarta: Kantor Perburuhan Internasional. Tersedia pada: [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---asia/---ro-bangkok/---ilo-jakarta/documents/publication/wcms\\_124018.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---asia/---ro-bangkok/---ilo-jakarta/documents/publication/wcms_124018.pdf).
- Murnawan, H. dan Mustofa (2014) "Perencanaan Produktivitas Kerja dari Hasil Evaluasi Produktivitas dengan Metode Fishbone di Perusahaan Percetakan Kemasan PT. X," *Jurnal Teknik Industri Heuristic*, 11(1), hal. 27–46.
- Prasetya, C., Rahman, A. dan Efranto, R. Y. (2013) "Analisa Desain Eksperimen Pembuatan Batako Berbahan Alternatif Lumpur Lapindo dan Fly Ash dengan Metode Taguchi," *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, 1(1), hal. 57–65.

- Setyanto, N. W. dan Lukodono, R. P. (2017) *Teori dan Aplikasi Desain Eksperimen Taguchi*. Malang: UB Press.
- Soejanto, I. (2009) *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sutyarno, D. dan Chriswahyudi, C. (2019) “Analisis Pengendalian Kualitas dan Pengembangan Produk Wafer Osuka dengan Metode Six Sigma Konsep DMAIC dan Metode Quality Function Deployment di PT. Indosari Mandiri,” *Journal of Industrial Engineering and Management Systems*, 12(1), hal. 42–51. doi: 10.30813/jiems.v12i1.1535.
- Sutoni, A. (2018) “Uji Kuat Tekan dan Daya Serap pada Batako dengan Menggunakan Metode Taguchi,” *Jurnal Sistem dan Manajemen Industri*, 2(2), hal. 93. doi: 10.30656/jsmi.v2i2.711.
- Tiartanaya, B. M. dan Aribowo, B. (2013) “Analysis of Compressive Strength Quality of Aerated Lightweight Concrete Using Taguchi Methods at PT. XYZ,” *Journal of Industrial Engineering and Management Systems*, 6(2), hal. 74–83.
- Tjiptono, F. (2012) *Strategi Pemasaran*. 3 ed. Yogyakarta: Andi.
- Triawati, N. (2007) *Penentuan Setting Level Optimal untuk Meningkatkan Kualitas Benang Rayon (30r) dengan Eksperimen Taguchi sebagai Upaya Jaminan Atas Spesifikasi Kualitas Benang*. Universitas Sebelas Maret.