

## **BAB IV**

### **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

#### 4.1 Gambaran Umum Perusahaan

Penelitian tugas akhir ini bertempat pada dua UKM yang memproduksi gerabah di desa Melikan, kecamatan Wedi, kabupaten Klaten. Pengambilan data dan tempat penelitian dilakukan di UKM Sanggar Lebah Priesta Keramik dan UKM Elvi Keramik. Profil dua UKM tersebut sebagai berikut:

a) UKM Sanggar Lebah Priesta Keramik

Usaha produksi gerabah tradisional telah rintis oleh Bapak Suharno sejak tahun 1991. Mulai tahun 2003 menerima *order* dari Belanda sebagai *supplier* produk setengah jadi. Tanggal 19 Mei 2006, UKM dinamakan dengan nama Priesta keramik sesuai dengan tanggal lahir dan nama anak perempuan si pemilik. Akhir tahun 2009, UKM ini mengembangkan inovasi batik cat di media gerabah. Tahun 2010 berkembang dan berubah menjadi Sanggar Lebah Priesta Keramik. UKM Sanggar Lebah Priesta Keramik digunakan sebagai tempat litbang dan diklat, tempat bermain untuk anak sekolah dari PAUD, tempat penelitian oleh mahasiswa, dosen dan seniman dari dalam maupun luar negeri. Perguruan Tinggi yang bekerja sama dengan UKM Sanggar Lebah Priesta Keramik diantaranya UNS Surakarta, ISI JOGJA dan ISI SOLO, UPN Veteran Yogyakarta, UNWIDA Klaten, TITIAN FOUNDATION dan Universitas dari Qatar. Pada tahun 2015 UKM berhasil melakukan uji glasir atas bantuan UPN Veteran Yogyakarta. Pada tahun 2017 menerima kunjungan dari UNESCO Asia Tenggara.

b) UKM Elvi Keramik

UKM ini berdiri sejak tahun 2000 dengan hasil produksi berbagai alat-alat rumah tangga, seperti wajan, piring, tempat buah, juga ada produk hiasan interior seperti guci batik, vas bunga, dan produk hiasan eksteriornya semacam pot ukuran kecil. UKM ini telah melakukan kerjasama dengan UNS Surakarta, Dinas Perindustrian Kabupaten Klaten dan Provinsi Jawa Tengah dalam bentuk melakukan pelatihan dan perlengkapan produksi. Pemasaran produk telah mencapai Jakarta, Surabaya, Semarang, DIY, Sulawesi dan mancanegara seperti Jepang.

Dalam proses produksi di kedua UKM tersebut dikerjakan oleh sang pemilik dibantu dengan istrinya, namun untuk proses pencarian bahan dan penggilingan bahan memperkerjakan karyawan lain.

## 4.2 Deskripsi Proses Produksi

### 4.2.1 Bahan Baku

Gerabah yang termasuk kedalam golongan keramik bakaran rendah terbuat dari bahan utama tanah liat dan beberapa bahan lainnya antara lain sebagai berikut:

#### 1. Tanah Liat Plastis

Tanah liat *sekunder* atau tanah *sedimen* (endapan) merupakan hasil pelapukan batuan *feldspatik* yang berpindah jauh dari batuan induknya karena faktor tenaga *eksogen* sehingga menyebabkan butiran-butiran tanah liat menyebar kemudian mengendap pada daerah rendah seperti rawa, sungai dan danau (Wahyu et.al, 2009). Ciri-ciri tanah liat *sekunder* adalah bersifat plastis, berwarna agak cerah/merah jambu, butiran cenderung lebih halus dan suhu bakar rendah. Di lokasi penelitian desa Melikan, umumnya tanah liat plastis yang dijumpai memiliki warna agak kemerahan. Tanah ini diperlukan dalam campuran agar produk lebih mudah dibentuk karena memiliki sifat lentur.



Gambar 4. 1 Tanah Liat Plastis

## 2. Tanah Liat Kurang Plastis

Tanah liat *primer* (*residu*) merupakan hasil dari pelapukan batuan *feldspatik* oleh tenaga *endogen* yang tidak berpindah dari batuan induk, karena tanah liat tidak berpindah tempat sehingga sifatnya lebih murni dibandingkan dengan tanah liat *sekunder* (Wahyu et.al, 2009). Ciri-ciri tanah liat *primer* adalah berwarna gelap/kusam, kurang plastis, butiran sedikit kasar dan bersifat tahan api. Dalam campuran pembuatan gerabah, tanah liat kurang plastis diperlukan agar produk tidak mudah retak dan pecah saat proses pengeringan dan pembakaran. Hal ini karena tanah liat kurang plastis memiliki sifat lebih tahan bakar dan umumnya berwarna lebih kegelapan dibandingkan tanah liat plastis.



Gambar 4. 2 Tanah Liat Kurang Plastis

### 3. Pasir Halus

Pasir halus dibutuhkan dalam campuran bahan pembuatan produk gerabah sebagai unsur *grog* atau unsur pembentuk bodi dan untuk mengurangi resiko retak dan pecah saat proses pengeringan. Bowles dalam Elianora et al. (2010) menjelaskan bahwa pasir terdiri dari partikel-partikel yang memiliki ukuran lebih besar dari butiran lempung dan lebih kecil dari kerikil dengan ukuran 5-0,074 mm dan memiliki sifat tidak plastis dan tidak kohesif. Kandungan pasir akan mengurangi penyusutan pada saat pengeringan dan pembakaran. Guntur dalam Rosalia et al. (2013) menjelaskan bahwa tanah liat yang terlalu plastis (kurang campuran pasir) dapat menyebabkan banyak penyusutan dan perubahan bentuk. Pasir halus sebagai campuran tanah liat dan ditambahkan air akan menjadikannya lebih plastis, sehingga memudahkan dalam proses cetak, tidak mengalami penyusutan, retak-retak maupun melengkung dalam proses pengeringan. Apabila tanah liat terlalu banyak (campuran pasir kurang) maka akan berdampak pada penyusutan sangat besar ketika proses pengeringan dan pembakaran (Swastikawati, 2011).



Gambar 4. 3 Pasir Halus

#### 4. Abu Jerami

Dalam eksperimen ini mencoba memberi inovasi dengan memberikan bahan tambahan berupa abu jerami pada campuran bahan pembuatan produk gerabah. Penambahan abu jerami memiliki tujuan untuk mengurangi tingkat porositas dari produk gerabah. Menurut (Priyosulistyo 2000 dalam Trihardi, Irianta 2007), jika bahan yang mengandung unsur *silika amorf* ( $\text{SiO}_2$ ) yang terdapat pada abu sekam padi (*rice husk ash*), abu terbang (*fly-ash*), batuan trass dan abu gunung berapi (*volcanic-ash*) kedalam bahan mineral yang mengandung kalsium hidroksida  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dan kemudian apabila bereaksi maka akan membentuk senyawa kalsium *silikat hidrat* (C-S-H) yang memiliki sifat padat dan keras. Sedangkan abu jerami sendiri memiliki kandungan silika yang cukup tinggi yaitu sekitar 82% (Swamy 1986 dalam Salman 2000).



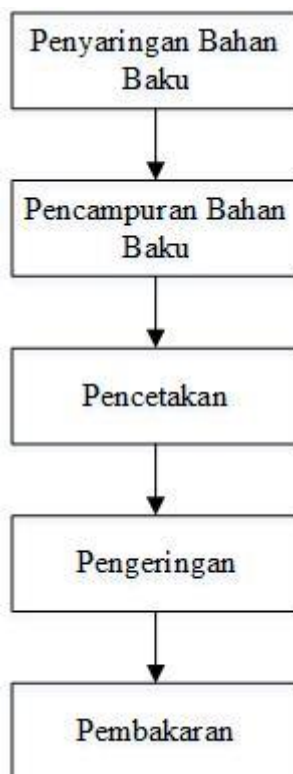
Gambar 4. 4 Abu Jerami

#### 5. Air

Pada proses pembuatan gerabah, air berguna untuk mengikat material-material yang digunakan sehingga mudah untuk dicetak. Umumnya penambahan air ditandai dengan tidak menempelnya tanah liat pada telapak tangan (Elianora et al, 2010). Sehingga dalam campuran bahan pembuatan produk gerabah, digunakan air sebagai *binder*, yaitu sebagai media untuk menyampurakan beberapa bahan agar bisa homogen dan menyatu dengan sempurna.

#### 4.2.2 Proses Produksi

Beberapa tahapan proses pembuatan gerabah ditampilkan dalam flowchart berikut ini:



Gambar 4. 5 Proses Produksi

Keterangan:

1. Penyaringan Bahan Baku

Semua bahan baku yaitu tanah liat plastis, tanah liat kurang plastis, pasir halus dan abu jerami disaring menggunakan saringan 80 *mesh* dan 120 *mesh* untuk mendapatkan hasil bahan baku yang halus. Ada dua cara penyaringan, yaitu penyaringan basah dan penyaringan kering. Penyaringan basah dilakukan untuk menyaring tanah liat plastis dan kurang plastis dengan cara merendam tanah liat selama 24 jam kemudian disaring lalu dikeringkan. Sedangkan untuk pasir halus dan abu jerami disaring dengan penyaringan kering.

2. Pencampuran Bahan Baku

Semua bahan baku yaitu tanah liat plastis, tanah liat kurang plastis, pasir halus dan abu jerami ditambahkan dengan air kemudian dicampur sampai merata dengan cara diinjak-injak agar hasil campuran lebih homogen.

3. Pencetakan

Bahan baku yang sudah tercampur merata kemudian dicetak dengan menggunakan *molding* yang telah dibuat dari gypsum. Dalam proses pencetakan

juga memakai sedikit pasir halus yang ditaburkan pada *molding* agar tanah liat mudah dilepas dari *molding* dan tidak menempel.

#### 4. Pengerinan

Pengerinan yang dilakukan terdiri dari 2 tahap, tahap pertama yaitu produk yang sudah dicetak akan diangin-anginkan di rak tempat pengerinan selama kurang lebih 5-7 hari, dan tahap kedua adalah produk akan dijemur di bawah terik sinar matahari 1 hari sebelum produk akan dibakar.

#### 5. Pembakaran

Dalam penelitian ini, pada proses produksi di UKM Sanggar Lebah Priesta Keramik, setelah produk dikeringkan, produk dibakar menggunakan tungku gas yang berukuran 0,6 x 0,6 x 0,6 meter dengan perlakuan suhu yang hampir sama dengan tungku kayu. Pembakaran menggunakan tungku gas membutuhkan waktu 5-6 jam, dan proses pendinginan selama 6 jam.

### 4.2.3 Biaya Produksi

Adapun rincian biaya produksi yang dibutuhkan dalam penelitian ini sebagai berikut:

#### a. Biaya Bahan Baku

##### 1. Tanah Liat Plastis

Untuk kondisi awal UKM menggunakan tanah liat plastis kasar. Tanah liat ini diambil menggunakan gerobak dari sawah kas desa dengan harga Rp 20.000,- per gerobaknya. Jika diasumsikan 1 gerobak = 15 wadah cat besar, maka harga 1 wadah cat besar tanah plastis awal adalah =  $\text{Rp } 20.000,- / 15 = \text{Rp } 1.333,33$ . Jika diasumsikan 1 wadah cat besar = 80 satuan wadah kecil, maka harga tanah plastis awal per satuan wadah kecil adalah  $(\text{Rp } 1.333,33 / 80) = \text{Rp } 16,67$ .

Dalam penelitian ini tidak menggunakan tanah liat plastis awal, melainkan menggunakan tanah liat plastis saringan dengan harga Rp 25.000,- per wadah cat besar. Sehingga harga tanah plastis saringan per satuan wadah kecil adalah  $(\text{Rp } 25.000,- / 80) = \text{Rp } 312,50$

##### 2. Tanah Liat Kurang Plastis

Untuk kondisi awal UKM menggunakan tanah liat kurang plastis kasar yang diambil menggunakan gerobak dari sawah kas desa dengan harga Rp 15.000,- per gerobaknya. . Jika diasumsikan 1 gerobak = 15 wadah cat besar, maka harga 1



wadah cat besar tanah kurang plastis awal adalah = Rp 15.000,- / 15 = Rp 1.000,- . Jika diasumsikan 1 wadah cat besar = 80 satuan wadah kecil, maka harga tanah kurang plastis awal per satuan wadah kecil adalah (Rp 1.000,- / 80) = Rp 12,50.

Dalam penelitian ini tidak menggunakan tanah liat kurang plastis awal, melainkan menggunakan tanah liat kurang plastis saringan dengan harga Rp 25.000,- per wadah cat besar. Sehingga harga tanah kurang plastis saringan per satuan wadah kecil adalah (Rp 25.000,- / 80) = Rp 312,50

### 3. Pasir Halus

Untuk kondisi awal UKM, pasir diambil menggunakan gerobak dari sungai dengan harga Rp 25.000,- per gerobaknya. Jika diasumsikan 1 gerobak = 15 wadah cat besar, maka harga 1 wadah cat besar pasir halus awal adalah = Rp 25.000,- / 15 = Rp 1.666,67. Jika diasumsikan 1 wadah cat besar = 80 satuan wadah kecil, maka harga pasir halus awal per satuan wadah kecil adalah (Rp 1.666,67 / 80) = Rp 20,83.

Dalam penelitian ini tidak menggunakan pasir halus awal, melainkan menggunakan pasir halus saringan dengan harga Rp 35.000,- per wadah cat besar. Sehingga harga pasir halus saringan per satuan wadah kecil adalah (Rp 35.000,- / 80) = Rp 437,50

### 4. Abu Jerami

Abu jerami dibeli dengan harga Rp 30.000,- wadah cat besar. Jika diasumsikan 1 wadah cat besar = 80 satuan wadah kecil, maka harga abu jerami per satuan wadah kecil adalah (Rp 30.000,- / 80) = Rp 375,-.

### 5. Air

Air yang digunakan adalah air tanah yang ada di sekitar lokasi UKM.

### b. Biaya Bahan Bakar

Kondisi awal di UKM menggunakan kayu untuk proses pembakaran, dengan kebutuhan 3 ikat kayu sekali bakar. Harga 1 ikat kayu adalah Rp 15.000,- sehingga kebutuhan biaya =(Rp15.000,-x 3)= Rp 45.000,-.

Dalam eksperimen ini tidak menggunakan bahan bakar utama kayu, melainkan menggunakan bahan bakar gas LPG 3 kg dengan harga Rp 20.000,- per tabung. Dari hasil eksperimen, diasumsikan 1 tabung gas LPG akan habis untuk pembakaran selama 6 jam. Untuk pembakaran suhu 800 °C membutuhkan waktu rata-rata 4,1 jam, dan pembakaran suhu 900 °C membutuhkan waktu rata-rata 4,2 jam. Selain menggunakan

gas, dalam eksperimen ini juga menggunakan kayu bakar untuk merebus air panas, yang mana air panas tersebut digunakan untuk memanaskan tabung LPG yang menjadi dingin ketika proses pembakaran. Dalam keseluruhan eksperimen, total menggunakan 3 ikat kayu bakar dengan harga Rp 15.000,- per ikat, sehingga total biaya untuk pembelian kayu bakar sebesar  $(Rp15.000,- \times 3) = Rp 45.000,-$ . Dalam eksperimen dilakukan 36x pembakaran, maka biaya kayu bakar untuk sekali bakar  $= (Rp 45.000,-) / 36 = Rp 1.250,-$ .

### 4.3 Proses Perancangan Eksperimen

Dalam proses perancangan eksperimen terdiri dari 3 tahapan yaitu, tahapan perencanaan eksperimen, tahapan pelaksanaan eksperimen dan tahapan analisa hasil eksperimen.

#### 4.3.1 Perencanaan Eksperimen

Perencanaan eksperimen merupakan langkah awal yang dilakukan dengan mencari segala informasi yang dibutuhkan dalam eksperimen. Tahapan dalam perencanaan eksperimen antara lain sebagai berikut:

1. Identifikasi masalah.

- a. Identifikasi variabel respon

Dalam penelitian ini setelah melakukan wawancara dengan beberapa pengrajin keramik dan beberapa dosen material teknik mesin, maka ditentukan ada 3 variabel respon yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu *Bending Strength* dan *Impact Strength* yang mewakili parameter produk gerabah yang kuat, serta *Water Absorption* sebagai parameter produk gerabah yang tahan terhadap jamur.

- b. Penentuan karakteristik kualitas

Untuk variabel respon *Bending Strength* menggunakan satuan MPa (megapascal) dengan karakteristik LTB (*larger the better*), kemudian variabel respon *Impact Strength* menggunakan satuan  $J/mm^2$  dengan karakteristik LTB (*larger the better*), sedangkan variabel respon *Water Absorption* menggunakan satuan persentase (%) dengan karakteristik STB (*smaller the better*).

- c. Penentuan objek penelitian, tempat melakukan eksperimen, tempat pengujian dan alat-alat yang digunakan.
1. Objek yang diteliti adalah tempat duduk dari gerabah.
  2. Tempat pengambilan data dan eksperimen di UKM Sanggar Lebah Priesta Keramik dan UKM Elvi Keramik.
  3. Tempat pengujian sampel produk di Laboratorium Bahan Teknik Sekolah Vokasi D3 Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada dan Laboratorium Konversi Energi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
  4. Alat-alat yang digunakan dalam eksperimen dan pengujian antara lain sebagai berikut:
    - Alat bantu cetak
    - *Furnace* gas
    - *Furnace* listrik
    - Termokopel
    - *Pirometer*
    - Mikrometer
    - Jangka sorong
    - Mesin *Bending/Ultimate Testing Machine* (UTM)
    - Mesin *Charpy Impact Testing*
    - Mesin Gerinda
    - Timbangan digital

## 2. Identifikasi Faktor Kendali

Setelah melakukan wawancara dengan beberapa pengrajin gerabah dan beberapa dosen material teknik mesin serta membaca beberapa literatur *paper*, jurnal dan buku, dan dengan mempertimbangkan beberapa faktor seperti lama waktu eksperimen, total biaya yang diperlukan dalam eksperimen dan peralatan uji yang dibutuhkan, maka ditentukan hanya ada 7 faktor kendali yang akan digunakan dalam melakukan eksperimen ini, antara lain sebagai berikut:

- a) Lama waktu pengeringan, ditentukan level 1 selama 5 hari dan level 2 selama 7 hari. Karena jika produk gerabah dikeringkan kurang dari 5 hari dalam suhu ruangan, maka produk gerabah belum cukup kering sehingga ketika dibakar bisa berubah bentuk dan resiko pecah dan meletus tinggi.

Dan jika dikeringkan lebih dari 7 hari, maka produk gerabah terlalu kering karena kandungan air banyak yang hilang dan ketika dibakar akan mengakibatkan retak.

- b) Komposisi tanah liat plastis, ditentukan level 1 sebesar 4 wadah dan level 2 sebesar 6 wadah. Karena jika kurang dari 4 wadah maka hasil produk gerabah kurang lentur dan agak sulit dibentuk, sedangkan jika komposisi lebih dari 6 wadah maka kekuatan produk akan berkurang karena terlalu lentur.
- c) Komposisi tanah liat kurang plastis, ditentukan level 1 sebesar 4 wadah dan level 2 sebesar 6 wadah. Karena jika komposisi kurang dari 4 wadah maka akan menyebabkan produk gerabah terlalu plastis, mudah proses produksi putar, resiko retak tinggi. Ketika proses pengeringan dan *thermosock* atau pecah ketika proses pembakaran. Dan jika lebih dari 6 wadah maka akan sulit proses produksi tetapi sedikit resiko retak atau pecah ketika proses pengeringan dan pembakaran.
- d) Komposisi pasir halus/grog, ditentukan level 1 sebesar 0,7 wadah dan level 2 sebesar 1 wadah. Karena jika kurang dari 0,7 wadah maka akan sulit untuk membuat barang agak tinggi dan resiko pecah tinggi dalam pengeringan dan pembakaran. Dan jika lebih dari 1 wadah, maka porositas produk gerabah akan terlalu tinggi.
- e) Komposisi abu jerami, ditentukan level 1 sebesar 0 wadah dan level 2 sebesar 0,5 wadah. Level 1 tidak menggunakan abu jerami karena kondisi awal UKM memang tidak menggunakan campuran abu jerami. Sedangkan level 2 sebanyak 0,5 wadah, karena jika lebih dari 0,5 wadah akan memiliki kecenderungan menurunkan kekuatan produk gerabah.
- f)  *Holding time* atau lama waktu penahanan suhu pembakaran dengan level 1 selama 0 menit dan level 2 selama 30 menit. Level 1 tidak menggunakan  *holding time* karena kondisi awal UKM memang tidak menggunakan  *holding time*. Sedangkan level 2 selama 30 menit, karena jika lebih dari 30 menit maka akan memiliki kecenderungan produk gerabah terlalu matang, sehingga berdampak pada penurunan kekuatan produk gerabah.
- g) Suhu *sintering*, ditentukan level 1 sebesar 800 °C dan level 2 sebesar 900 °C. Karena jika suhu *sintering* kurang dari 800 °C produk gerabah kurang

matang, dan jika suhu *sintering* lebih dari 900 °C resiko pecah pada produk gerabah.

Berikut ini 7 faktor kendali yang digunakan dalam eksperimen ini:

Tabel 4. 1 Faktor Kendali

No	Faktor Kendali	Kode	Level		Satuan
			1	2	
1	Lama Waktu Pengerangan	A	5	7	Hari
2	Komposisi Tanah Plastis	B	4	6	Wadah
3	Komposisi Tanah Kurang Plastis	C	4	6	Wadah
4	Komposisi Pasir Halus	D	0.7	1	Wadah
5	Komposisi Abu Jerami	E	0	0.5	Wadah
6	<i> Holding Time </i>	F	0	30	Menit
7	Suhu <i>Sintering</i>	G	800	900	Celcius

Untuk satuan wadah menggunakan wadah plastik berbentuk tabung dengan ukuran tinggi 5,7 cm dan diameter 5,2 cm (volume 121,1 cm<sup>3</sup>).



Gambar 4. 6 Wadah Takaran

### 3. Identifikasi faktor *noise*

Dari beberapa penelitian sebelumnya, telah banyak yang meneliti tentang kandungan mineral dari tanah liat sebagai bahan baku pembuatan keramik/gerabah, yang mana kandungan mineral juga akan dapat mempengaruhi kualitas produk keramik/gerabah, namun kandungan mineral tergolong faktor yang sangat sulit untuk dikendalikan (*faktor noise*). Di tempat penelitian kali ini, UKM hanya menggunakan tanah liat dari satu sumber bahan baku (sawah kas desa), sehingga dapat diasumsikan kandungan mineral dalam tanah liat adalah sama, atau dengan kata lain hanya ada satu level, sehingga dalam penelitian ini tidak memasukkan kandungan mineral sebagai faktor *noise*. Sehingga dalam penelitian ini hanya menggunakan 1 faktor *noise* yaitu ukuran butiran dari material bahan baku dengan level 1 sebesar 80 *mesh* dan level 2 sebesar 120 *mesh*.

Tabel 4. 2 Faktor *Noise*

No	Faktor <i>Noise</i>	Kode	Level		Satuan
			1	2	
1	Ukuran Butiran	H	80	120	<i>Mesh</i>

### 4. Pemilihan matriks *array orthogonal*

Matriks *array orthogonal* dipilih berdasarkan jumlah faktor kendali, jumlah faktor *noise*, jumlah level tiap faktor dan derajat bebas. Berikut ini adalah matriks *array orthogonal* yang digunakan dalam eskperimen :

Tabel 4. 3 *Array Orthogonal* L8 ( $2^7$ )

L8 OA ( <i>INNER ARRAY</i> )							
<i>Trial</i>	<i>Column Number</i>						
	Faktor Kendali						
	A	B	C	D	E	F	G
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1

8      2      2      1      2      1      1      2

---

Tabel 4. 4 *Array Orthogonal L4 (2<sup>3</sup>)*

<i>Trial</i>	<i>Columns</i>		
	A	B	C
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

Adapun kombinasi *matriks array orthogonal* secara lengkap ditunjukkan sebagai berikut:

Tabel 4. 5 *Array Orthogonal L8 (2<sup>7</sup>) x L4 (2<sup>3</sup>)*

<i>Trial</i>	L8 OA ( <i>INNER ARRAY</i> )							Data Percobaan				
	<i>Column Number</i>							<i>Faktor Noise</i>				
	Faktor Kendali							H	1	1	2	2
	A	B	C	D	E	F	G		R1	R2	R1	R2
1	1	1	1	1	1	1	1		R1.1	R1.2	R1.3	R1.4
2	1	1	1	2	2	2	2		R2.1	R2.2	R2.3	R2.4
3	1	2	2	1	1	2	2		R3.1	R3.2	R3.3	R3.4
4	1	2	2	2	2	1	1		R4.1	R4.2	R4.3	R4.4
5	2	1	2	1	2	1	2		R5.1	R5.2	R5.3	R5.4
6	2	1	2	2	1	2	1		R6.1	R6.2	R6.3	R6.4
7	2	2	1	1	2	2	1		R7.1	R7.2	R7.3	R7.4
8	2	2	1	2	1	1	2		R8.1	R8.2	R8.3	R8.4

#### 4.3.2 Pelaksanaan Eksperimen

Tahapan pelaksanaan eksperimen merupakan tahapan untuk mengumpulkan data-data dari hasil eksperimen dan hasil pengujian sesuai dengan matriks kombinasi *array orthogonal* yang telah terpilih. Pelaksanaan eksperimen dilakukan di UKM Sanggar Lebah Priesta Keramik milik Bapak Suharno dan pengujian sampel produk di lakukan di Laboratorium Bahan Teknik Sekolah Vokasi D3 Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada dan Laboratorium Konversi Energi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia. Adapun tahapan-tahapan dalam pelaksanaan eksperimen adalah sebagai berikut:

a. Prosedur Pengujian *Bending Strength*

Pengujian bending strength menggunakan standar ASTM C 1161-13 dengan prosedur sebagai berikut:

1. Menyiapkan *spesimen* dengan dimensi ukuran 90x8x6 mm (pxlxt)
2. Mengatur *support span* pada mesin *Ultimate Testing Machine* dengan ukuran 80 mm.
3. Mengatur radius *noise* pada mesin *Ultimate Testing Machine* dengan diameter 9 mm.
4. Meletakkan *spesimen* pada mesin *Ultimate Testing Machine* sesuai dengan *support span* dan *radius noise* yang telah ditentukan.
5. Memberikan beban gaya pada *spesimen*.
6. Membaca hasil pengujian pada layar mesin *Ultimate Testing Machine*.
7. *Bending strength* dapat dihitung dengan persamaan

$$S = \frac{3PL}{2bd^2} \dots \dots \dots (4.1)$$

Keterangan:

$S$  = *bending strength* (MPa)

$b$  = lebar sampel (m)

$P$  = beban yang diberikan (Newton)

$d$  = ketebalan sampel (m)

$L$  = *support span* (m)





Gambar 4. 7 *Spesimen Bending Strength*



Gambar 4. 8 *Ultimate Testing Machine*

Tabel 4. 6 Hasil Pengujian *Bending Strength*

No	Spesimen	Lebar (m)	Tebal (m)	Support Span (m)	Beban Gaya (newton)	Bending Strength (Mpa)
1	R1.1	0.008	0.00832	0.08	60	13.00
2	R2.1	0.00862	0.00762	0.08	50	11.99
3	R3.1	0.00925	0.00676	0.08	40	11.36
4	R4.1	0.00867	0.00843	0.08	30	5.84
5	R5.1	0.0086	0.00739	0.08	40	10.22
6	R6.1	0.00861	0.00765	0.08	40	9.53
7	R7.1	0.00914	0.00735	0.08	50	12.15
8	R8.1	0.00868	0.00765	0.08	20	4.72
9	R1.3	0.00915	0.00785	0.08	30	6.38
10	R2.3	0.00825	0.00714	0.08	50	14.27
11	R3.3	0.00891	0.00721	0.08	40	10.36
12	R4.3	0.00893	0.00725	0.08	40	10.23
13	R5.3	0.00823	0.00716	0.08	30	8.53
14	R6.3	0.00853	0.00737	0.08	40	10.36
15	R7.3	0.0089	0.00775	0.08	40	8.98
16	R8.3	0.00986	0.00764	0.08	10	2.09
17	R1.2	0.00984	0.00835	0.08	60	10.49
18	R2.2	0.00868	0.00651	0.08	30	9.79
19	R3.2	0.00821	0.00732	0.08	40	10.91
20	R4.2	0.00954	0.00764	0.08	30	6.46
21	R5.2	0.00958	0.0079	0.08	40	8.03
22	R6.2	0.00853	0.00818	0.08	40	8.41
23	R7.2	0.00889	0.00805	0.08	20	4.17
24	R8.2	0.00864	0.00782	0.08	40	9.08
25	R1.4	0.00994	0.00855	0.08	20	3.30
26	R2.4	0.00856	0.00784	0.08	20	4.56
27	R3.4	0.0092	0.0069	0.08	30	8.22
28	R4.4	0.00929	0.00846	0.08	40	7.22
29	R5.4	0.00861	0.00761	0.08	50	12.03
30	R6.4	0.00918	0.00813	0.08	40	7.91
31	R7.4	0.00883	0.00853	0.08	70	13.07
32	R8.4	0.0089	0.00839	0.08	30	5.75

Contoh perhitungan *bending strength* gerabah

$$S = \frac{3PL}{2bd^2}$$

$$S = \frac{3 \times 60 \times 0.08}{2 \times 0.008 \times 0.00832^2}$$

$$S = 13001571,75 \text{ pascal}$$

$$S = 13,00 \text{ MPa}$$

Tabel 4. 7 Nilai *Bending Strength*

Trial	L8 OA (INNER ARRAY)							Data Percobaan				
	Column Number							Faktor Noise				
	Faktor Kendali							H	1	1	2	2
	A	B	C	D	E	F	G		R1	R2	R1	R2
1	1	1	1	1	1	1	1		13.00	10.49	6.38	3.30
2	1	1	1	2	2	2	2		11.99	9.79	14.27	4.56
3	1	2	2	1	1	2	2		11.36	10.91	10.36	8.22
4	1	2	2	2	2	1	1		5.84	6.46	10.23	7.22
5	2	1	2	1	2	1	2		10.22	8.03	8.53	12.03
6	2	1	2	2	1	2	1		9.53	8.41	10.36	7.91
7	2	2	1	1	2	2	1		12.15	4.17	8.98	13.07
8	2	2	1	2	1	1	2		4.72	9.08	2.09	5.75

b. Prosedur Pengujian *Impact Strength*

Pengujian *impact strength* menggunakan standar ASTM E 23-01a dengan prosedur sebagai berikut:

1. Menyiapkan *spesimen* dengan dimensi ukuran 55x10x10 mm (pxlxt) dan membuat takikan di bagian tengah *spesimen* dengan sudut 45 ° dengan kedalaman 2 mm.
2. Mengatur sudut alpha ( $\alpha$ ) dan sudut beta ( $\beta$ ) pada mesin *Cherpy Impact Testing* pada sudut awal 0 °.
3. Meletakkan *spesimen* yang telah dibuat tepat di tengah pendulum pada mesin *Cherpy Impact Testing*.
4. Mengangkat pendulum dengan sudut alpha ( $\alpha$ ) 140 ° kemudian melepaskannya, kemudian menghitung sudut beta ( $\beta$ ) yang dihasilkan.
5. *Impact strength* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

Energi patah spesimen

$$W = G \times R (\cos \beta - \cos \alpha) \dots (4.2)$$

Keterangan:

$W$  = energi patah *spesimen* (J)

$G$  = berat pendulum (N)

$R$  = jarak pendulum kepusat rotasi (m)

$\beta$  = sudut pendulum kepusat rotasi (°)

$\alpha$  = sudut pendulum tanpa *spesimen* ( $^{\circ}$ )

Kekuatan *impact spesimen*

$$a = \frac{W}{bxh} \dots \dots \dots (4.33)$$

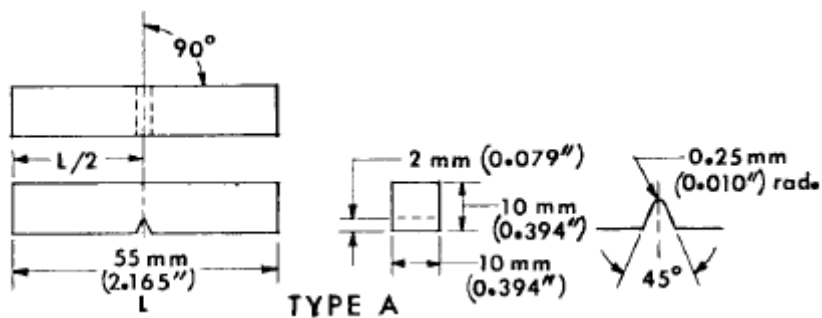
Keterangan:

$a$  = *impact strength spesimen* ( $J/mm^2$ )

$b$  = lebar *spesimen* (mm)

$W$  = energi terserap *spesimen* (J)

$h$  = tebal *spesimen* (mm)



Gambar 4. 9 Dimensi *Spesimen Impact Strength*



Gambar 4. 10 *Spesimen Impact Strength*Gambar 4. 11 *Cherty Impact Testing*

Dan berikut ini adalah hasil pengujian *impact strength*

Tabel 4. 8 Hasil Pengujian *Impact Strength*

No	<i>Spesimen</i>	Luas Penampang (mm)	Sudut <i>Alpha</i> (°)	Sudut <i>Beta</i> (°)	Energi Patah (joule)	<i>Impact Strength</i> (J/mm <sup>2</sup> )
1	R1.1	131.5608	140	131.5	8.87466	0.0675
2	R2.1	128.4270	140	131.5	8.87466	0.0691
3	R3.1	131.1600	140	135	5.05733	0.0386
4	R4.1	109.4522	140	132	8.316	0.0760
5	R5.1	120.6570	140	135	5.05733	0.0419
6	R6.1	140.0616	140	128	12.9041	0.0921
7	R7.1	112.2110	140	133.8	6.34133	0.0565
8	R8.1	129.2720	140	119.5	23.4789	0.1816
9	R1.3	140.2245	140	122	20.2615	0.1445
10	R2.3	130.3680	140	123	18.9984	0.1457
11	R3.3	117.8996	140	129.5	11.1522	0.0946
12	R4.3	132.8244	140	131	9.43765	0.0711
13	R5.3	123.0768	140	120.8	21.7954	0.1771
14	R6.3	124.6905	140	133.5	6.66643	0.0535
15	R7.3	133.7336	140	127	14.0922	0.1054
16	R8.3	111.8264	140	121	21.5384	0.1926
17	R1.2	125.3244	140	129	11.732	0.0936

18	R2.2	116.6160	140	130.9	9.55076	0.0819
19	R3.2	108.7520	140	136.7	3.28402	0.0302
20	R4.2	115.6551	140	121.9	20.3885	0.1763
21	R5.2	125.8884	140	132	8.316	0.0661
22	R6.2	117.1989	140	132.5	7.76171	0.0662
23	R7.2	129.5017	140	130.4	10.1189	0.0781
24	R8.2	137.9400	140	124.7	16.884	0.1224
25	R1.4	128.1255	140	129	11.732	0.0916
26	R2.4	110.5524	140	134	6.12551	0.0554
27	R3.4	142.3136	140	120.5	22.1819	0.1559
28	R4.4	115.3932	140	126	15.2961	0.1326
29	R5.4	132.5038	140	130.2	10.3473	0.0781
30	R6.4	106.7671	140	129	11.732	0.1099
31	R7.4	142.2026	140	131	9.43765	0.0664
32	R8.4	121.2513	140	124	17.7496	0.1464

Dimana, G : 122,5831 Newton

R : 0,7 meter

Contoh perhitungan *impact strength* gerabah

$$W = 122,5831 \times 0,7(\cos 131,5^\circ - \cos 140^\circ)$$

$$W = 8,87466 \text{ Joule}$$

$$a = \frac{8.87466}{131.5608}$$

$$a = 0,0675 \text{ J/mm}^2$$

Tabel 4. 9 Nilai *Impact Strength*

Trial	L8 OA (INNER ARRAY)							Data Percobaan				
	Column Number							Faktor Noise				
	Faktor Kendali							H	1	1	2	2
	A	B	C	D	E	F	G		R1	R2	R1	R2
1	1	1	1	1	1	1	1		0.0675	0.0936	0.1445	0.0916
2	1	1	1	2	2	2	2		0.0691	0.0819	0.1457	0.0554
3	1	2	2	1	1	2	2		0.0386	0.0302	0.0946	0.1559
4	1	2	2	2	2	1	1		0.0760	0.1763	0.0711	0.1326
5	2	1	2	1	2	1	2		0.0419	0.0661	0.1771	0.0781
6	2	1	2	2	1	2	1		0.0921	0.0662	0.0535	0.1099
7	2	2	1	1	2	2	1		0.0565	0.0781	0.1054	0.0664
8	2	2	1	2	1	1	2		0.1816	0.1224	0.1926	0.1464

c. Prosedur Pengujian *Water Absorption*

Pengujian *water absorption* menggunakan standar ASTM C 373-88 dengan prosedur sebagai berikut:

1. Menyiapkan *spesimen* dengan berat minimal 50 gram.
2. Memanaskan *spesimen* dengan furnace listrik dengan suhu 150 °Celcius.
3. Menimbang massa kering *spesimen/dry mass* (D) dengan timbangan digital dengan derajat ketelitian 0,01 gram.
4. Merendam *spesimen* di dalam bak air selama kurang lebih 24 jam.
5. Menimbang massa jenuh *spesimen/saturated mass* (M) dengan timbangan digital dengan derajat ketelitian 0,01 gram.
6. Nilai *water absorption* dapat dihitung dengan persamaan

$$A = \frac{M-D}{D} \times 100 \% \dots \dots \dots (4.4)$$

Keterangan:

$A$  = *water absorption* (%)

$M$  = *saturated mass* (gr)

$D$  = *dry mass* (gr)



Gambar 4. 12 *Spesimen Water Absorption*

Gambar 4. 13 *Furnace* ListrikTabel 4. 10 Hasil Pengujian *Water Absorption*

No	<i>Spesimen</i>	<i>Dry Mass</i> (gr)	<i>Saturated Mass</i> (gr)	<i>Water Absorption</i> (%)
1	R1.1	94.07	107.23	13.99
2	R2.1	88.50	98.49	11.29
3	R3.1	92.05	103.04	11.94
4	R4.1	91.16	104.05	14.14
5	R5.1	93.02	107.15	15.19
6	R6.1	93.81	107.49	14.58
7	R7.1	93.71	105.00	12.05
8	R8.1	92.45	105.14	13.73
9	R1.3	90.38	103.11	14.08
10	R2.3	94.60	106.17	12.23
11	R3.3	92.98	103.30	11.10
12	R4.3	93.10	106.09	13.95
13	R5.3	91.76	105.40	14.86
14	R6.3	92.64	105.02	13.36
15	R7.3	93.88	107.63	14.65
16	R8.3	91.71	103.72	13.10
17	R1.2	91.66	104.95	14.50
18	R2.2	92.43	104.39	12.94
19	R3.2	91.13	102.27	12.22
20	R4.2	92.32	106.46	15.32
21	R5.2	93.17	105.84	13.60



22	R6.2	93.83	108.21	15.33
23	R7.2	92.79	107.55	15.91
24	R8.2	92.23	104.10	12.87
25	R1.4	93.75	107.36	14.52
26	R2.4	92.27	103.68	12.37
27	R3.4	92.95	103.87	11.75
28	R4.4	90.34	104.02	15.14
29	R5.4	92.87	106.57	14.75
30	R6.4	92.51	105.90	14.47
31	R7.4	92.06	105.67	14.78
32	R8.4	93.13	104.38	12.08

Contoh perhitungan *water absorption*

$$A = \frac{M-D}{D} \times 100 \%$$

$$A = \frac{107.23-94.07}{94.07} \times 100 \%$$

$$A = 13,99 \%$$

Tabel 4. 11 Nilai *Water Absorption*

Trial	L8 OA (INNER ARRAY)							Data Percobaan			
	Column Number							Faktor Noise			
	Faktor Kendali							H	1	1	2
	A	B	C	D	E	F	G	R1	R2	R1	R2
1	1	1	1	1	1	1	1	13.99	14.50	14.08	14.52
2	1	1	1	2	2	2	2	11.29	12.94	12.23	12.37
3	1	2	2	1	1	2	2	11.94	12.22	11.10	11.75
4	1	2	2	2	2	1	1	14.14	15.32	13.95	15.14
5	2	1	2	1	2	1	2	15.19	13.60	14.86	14.75
6	2	1	2	2	1	2	1	14.58	15.33	13.36	14.47
7	2	2	1	1	2	2	1	12.05	15.91	14.65	14.78
8	2	2	1	2	1	1	2	13.73	12.87	13.10	12.08

### 4.3.3 Analisa Hasil Eksperimen

#### 4.3.3.1 Pengujian Data Hasil Eksperimen

##### A. Variabel Respon *Bending Strength*

##### 1. Uji Normalitas Data

Karena dari hasil pengujian *bending strength*, data berjumlah 32 ( $n > 30$ ), maka berdasarkan pengalaman *empiris* ahli statistika data dapat diasumsikan berdistribusi normal.

##### 2. Uji Homogenitas

Pengujian k buah ( $k \geq 2$ ) *variansi* populasi yang berdistribusi normal adalah dengan uji *Bartlett*. Langkah-langkah dalam pengujian uji Bartlett adalah sebagai berikut:

a. Menentukan hipotesis

H0: data homogen ( $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2$ )

H1: data tidak homogen ( $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \neq \dots \neq \sigma_k^2$ )

b. Menghitung nilai rata-rata ( $\bar{x}$ ), *variansi* ( $s^2$ ), nilai B dan nilai  $\chi^2$

Tabel 4. 12 Uji *Bartlett Bending Strength*

Percobaan	1	2	3	4	5	6	7	8
Rata2	8.2959	10.1504	10.2122	7.4383	9.7035	9.0516	9.5928	5.4102
$s_i^2$	18.5201	17.2273	1.9306	3.7710	3.2906	1.2168	16.1650	8.3807
$(n-1) \times s_i^2$	55.5603	51.6819	5.7917	11.3130	9.8717	3.6504	48.4949	25.1420
$\Sigma(n-1) \times s_i^2$	211.5058							
$\Sigma(n-1)$	24							
$s^2$	8.8127							
B	22.6827							
$\chi^2$	10.0891							

Rata-rata

$$\bar{x} = \frac{\Sigma X_i}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{13.00 + 10.49 + 6.38 + 3.30}{4}$$

$$\bar{x} = 8,2959$$

Variansi  $s_i^2$

$$s_i^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X - \bar{x})^2}{n - 1}$$

$$s_i^2 = \frac{(13.00 - 8.2959)^2 + \dots + (3.30 - 8.2959)^2}{4 - 1}$$

$$s_i^2 = 18.5201$$

Dan untuk menghitung *variansi* gabungan dengan persamaan

$$s^2 = \frac{\sum (n_i - 1) s_i^2}{\sum (n_i - 1)}$$

$$S^2 = \frac{\{(3 - 1) \times 18.5201\} + \dots + \{(3 - 1) \times 8.3807\}}{(4 - 1) + (4 + 1) + \dots + (4 - 1)}$$

$$S^2 = \frac{211.5058}{24}$$

$$s^2 = 8,8127$$

Nilai B

$$B = (\log s^2) \sum (n_i - 1)$$

$$B = (\log 8,8127) \times 24$$

$$B = 22,6827$$

Nilai  $\chi^2$

$$\chi^2 = (\ln 10) \{B - \sum (n_i - 1) \log s_i^2\}$$

$$\chi^2 = (\ln 10) \{22,6827 - (4 - 1) \log 18,5201 + \dots + (4 - 1) \log 8,3807\}$$

$$\chi^2 = 10,0891$$

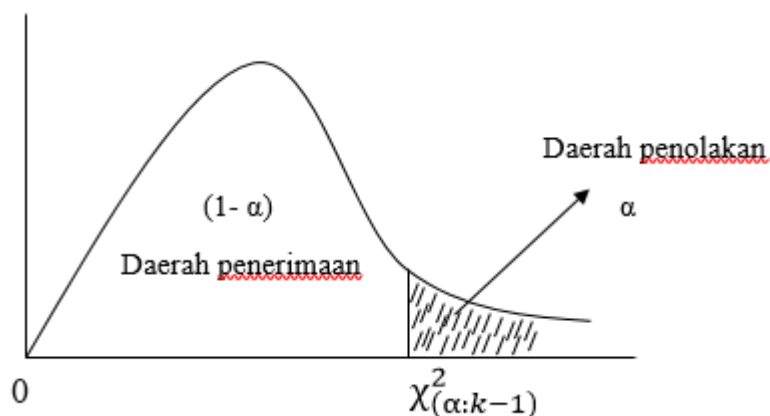
c. Menentukan tingkat signifikansi

$$\alpha = 5 \% \text{ atau } 0,05$$

d. Menetapkan kriteria pengujian

$$H_0 \text{ diterima apabila } \chi_{hitung}^2 \leq \chi_{tabel}^2$$

$$H_0 \text{ ditolak apabila } \chi_{hitung}^2 > \chi_{tabel}^2$$



Gambar 4. 14 Kurva Daerah Penerimaan Uji Homogenitas

e. Menentukan nilai  $\chi^2_{tabel}$

$$\alpha = 5 \% \text{ atau } 0,05$$

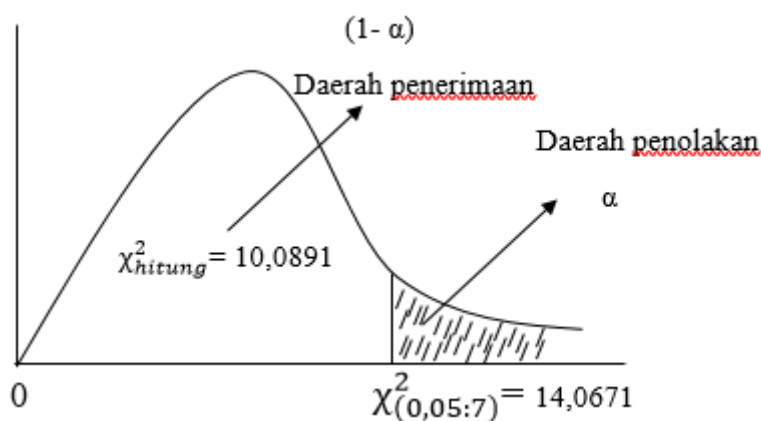
$$\text{derajat bebas (db)} = k-1$$

$$= 8-1$$

$$= 7$$

$$\chi^2_{(0,05;7)} = 14,0671$$

f. Kesimpulan



Gambar 4. 15 Kurva Daerah Penerimaan Uji Homogenitas Bending Strength

Karena nilai  $\chi^2_{hitung} \leq \chi^2_{tabel}$ , yaitu  $10,0891 \leq 14,0671$ , maka  $H_0$  diterima yang berarti data hasil pengujian *bending strength* adalah homogen.

### 3. Uji Anova

Untuk mengetahui faktor yang berpengaruh secara signifikan maka dilakukan dengan pengujian *Anova* dengan langkah-langkah sebagai berikut:

a. Menentukan hipotesis

H0 : tidak terdapat perbedaan rata-rata antar populasi ( $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n$ )

H1 : terdapat perbedaan rata-rata antar populasi ( $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \dots \neq \mu_n$ )

b. Menghitung harga statistik penguji

Berikut adalah hasil perhitungan yang disajikan dalam tabel *analysis of varians*

Tabel 4. 13 Uji Anova *Bending Strength*

Sumber Variasi	V	SS	MS	F Hitung	F Tabel	SS'	% Kontribusi	Pengaruh	
Faktor A	1	2.7347	2.7347	0.3103	4.2597	-6.0781	-2.12%	<b>TIDAK BERPENGARUH</b>	
Faktor B	1	10.3417	10.3417	1.1735	4.2597	1.5289	0.53%	<b>TIDAK BERPENGARUH</b>	
Faktor C	1	4.3700	4.3700	0.4959	4.2597	-4.4427	-1.55%	<b>TIDAK BERPENGARUH</b>	
Faktor D	1	16.5541	16.5541	1.8784	4.2597	7.7414	2.70%	<b>TIDAK BERPENGARUH</b>	
Faktor E	1	7.6635	7.6635	0.8696	4.2597	-1.1493	-0.40%	<b>TIDAK BERPENGARUH</b>	
Faktor F	1	33.2857	33.2857	3.7770	4.2597	24.4730	8.53%	<b>TIDAK BERPENGARUH</b>	
Faktor G	1	0.6023	0.6023	0.0683	4.2597	-8.2104	-2.86%	<b>TIDAK BERPENGARUH</b>	
Residual	24	211.5058	8.8127			273.1950	95.17%		
Total		287.0579		<b>TOTAL</b>				<b>1</b>	

Contoh perhitungan

$$A1 = (13,00 + 11,99 + 11,36 + 5,84 + \dots + 7,22)$$

$$= 144,3873$$

$$A2 = (10,22 + 9,53 + 12,15 + 4,72 + \dots + 5,75)$$

$$= 135,0326$$

$$T = \left[ \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij} \right]$$

$$T = (13,00 + 11,99 + 11,36 + \dots + 5,75)$$

$$= 279,4199$$

$$CF = \frac{T^2}{N}$$

$$CF = \frac{279,4199^2}{32}$$

$$CF = 2439,8585$$

$$SS_T = \left[ \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 \right] - CF$$

$$SS_T = (13,00^2 + 11,99^2 + 11,36^2 + \dots + 5,75^2) - 2439,8585$$

$$= 287,0579$$

$$SS_A = \left[ \sum_{i=1}^k \left( \frac{A_i^2}{n_A} \right) \right] - CF$$

$$SS_A = \left[ \frac{144,3837^2}{16} + \frac{135,0326^2}{16} \right] - 2426,5205$$

$$= 2,7347$$

$$SS_e = SST - SSA - SSB - SSC - SSD - SSE - SSF - SSG$$

$$SS_e = 287,0579 - 2,7347 - 10,3417 - 4,3700 - \dots - 0,6023$$

$$= 211,5058$$

$$\begin{aligned}
 MS_A &= \frac{SSA}{VA} \\
 &= \frac{2.7347}{1} \\
 &= 2,7347
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MS_E &= \frac{SSE}{VE} \\
 &= \frac{211.5058}{24} \\
 &= 8,8127
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{hitung} &= \frac{MSA}{MSE} \\
 &= \frac{2.7347}{8.8127} \\
 &= 0,3103
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS_A' &= SS_A - MS_e \times V_A \\
 &= 2,7347 - (8,8127 \times 1) \\
 &= -6,0781
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS_e' &= SS_e + (MS_e \times \Sigma db) \\
 &= 211,5058 + [8,8127 \times (7)] \\
 &= 273,1950
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_A &= \frac{SS_A}{SS_T} \times 100 \% \\
 &= \frac{-6.0781}{287.0579} \times 100 \% \\
 &= -2,12 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_e &= \frac{SS_e}{SS_T} \times 100 \% \\
 &= \frac{273.1950}{287.0579} \times 100 \%
 \end{aligned}$$

= 95,17 %

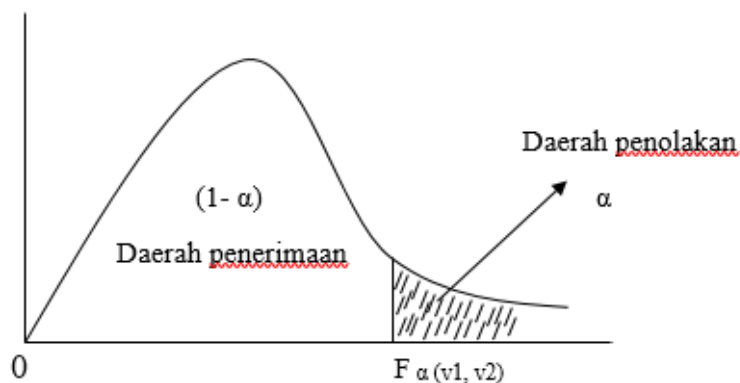
c. Menentukan tingkat signifikansi

$\alpha = 5\%$  atau 0,05

d. Menetapkan kriteria pengujian

$H_0$  diterima apabila  $F_{hitung} < F_{\alpha(V_A, V_e)}$

$H_0$  ditolak apabila  $F_{hitung} > F_{\alpha(V_A, V_e)}$



Gambar 4. 16 Kurva Daerah Penolakan Uji Anova

e. Menentukan nilai  $F_{\alpha(V_A, V_e)}$

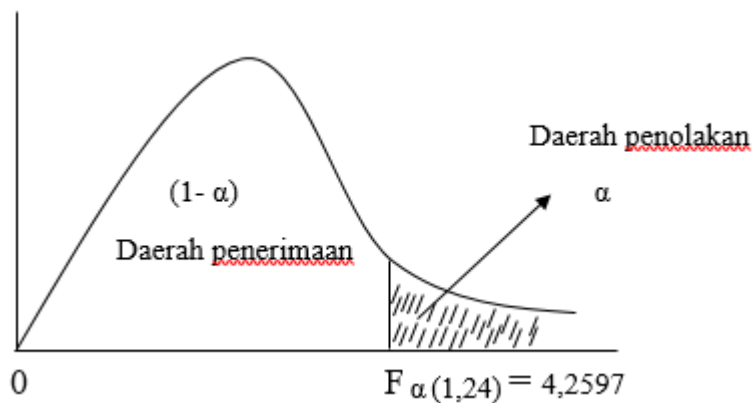
$\alpha = 5\%$  atau 0,05

$V_A = 1$

$V_e = 24$

$F_{0.05(1,24)} = 4.2597$

f. Kesimpulan



Gambar 4. 17 Kurva Daerah Penolakan Uji Anova Bending Strength

Dari ketujuh faktor A,B,C,D,E,F,G, semua nilai  $F_{hitung} < F_{\alpha(V_A, V_e)}$ , yaitu



$$F_A = 0,3103$$

$$F_B = 1,1735$$

$$F_C = 0,4959$$

$$F_D = 1,8784$$

$$F_E = 0,8696$$

$$F_F = 3,7770$$

$$F_G = 0,0683$$

Dengan demikian berarti semua faktor kendali tidak berpengaruh terhadap variabel respon *bending strength*.

#### 4. Perhitungan *Signal to Noise Ratio* (SNR)

Untuk variabel respon *bending strength* memiliki karakteristik semakin besar nilai *bending strength* maka akan semakin meningkat kekuatan produk gerabah. Hal ini berarti *bending strength* menggunakan karakteristik kualitas *larger the better* (LTB) dengan persamaan sebagai berikut:

$$S/N_{LTB} = -10 \text{Log} \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \dots\dots\dots (4.5)$$

Tabel 4. 14 SNR *Bending Strength*

R1	R2	R3	R4	$\Sigma\left(\frac{1}{y^2}\right)$	$\left(\frac{1}{n}\right) \times \Sigma\left(\frac{1}{y^2}\right)$	SNR
13.00	10.49	6.38	3.30	0.1312	0.0328	14.8415
11.99	9.79	14.27	4.56	0.0704	0.0176	17.5465
11.36	10.91	10.36	8.22	0.0403	0.0101	19.9708
5.84	6.46	10.23	7.22	0.0820	0.0205	16.8842
10.22	8.03	8.53	12.03	0.0457	0.0114	19.4185
9.53	8.41	10.36	7.91	0.0505	0.0126	18.9915
12.15	4.17	8.98	13.07	0.0826	0.0207	16.8485
4.72	9.08	2.09	5.75	0.3172	0.0793	11.0070

Contoh perhitungan

$$\Sigma\left(\frac{1}{y^2}\right) = \frac{1}{13.00^2} + \frac{1}{10.49^2} + \frac{1}{6.38^2} + \frac{1}{3.30^2}$$

$$\Sigma\left(\frac{1}{y^2}\right) = 0,1312$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{1}{n}\right) \times \Sigma\left(\frac{1}{y^2}\right) &= \left(\frac{1}{4}\right) \times 0,1312 \\ &= 0,0328 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SNR} &= -10\text{Log}(0,0330) \\ &= 14,8415 \end{aligned}$$

### 5. Perhitungan Efek Tiap Faktor

Tabel 4. 15 Efek Tiap Faktor *Bending Strength*

Level	Faktor Kendali						
	A	B	C	D	E	F	G
Level 1	17.3107	17.6995	15.0609	17.7698	16.2027	15.5378	16.8914
Level 2	16.5664	16.1776	18.8162	16.1073	17.6744	18.3393	16.9857
Selisih	0.7444	1.5218	3.7554	1.6625	1.4717	2.8015	0.0943
Ranking	6	4	1	3	5	2	7
Optimal	<b>A1</b>	<b>B1</b>	<b>C2</b>	<b>D1</b>	<b>E2</b>	<b>F2</b>	<b>G2</b>

Contoh perhitungan

$$\begin{aligned} A1 &= \frac{14.8415 + 17.5465 + 19.9708 + 16.8842}{4} \\ &= 17,3107 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A2 &= \frac{19.4185 + 18.9915 + 16.8485 + 11.0070}{4} \\ &= 16,5664 \end{aligned}$$

Dari perhitungan faktor kendali di atas, kombinasi level faktor optimal untuk variabel respon *bending strength* adalah A1 B1 C2 D1 E2 F2 G2

### B. Variabel Respon *Impact Strength*

#### 1. Uji Normalitas Data

Karena dari hasil pengujian *impact strength*, data berjumlah 32 ( $n > 30$ ), maka berdasarkan pengalaman *empiris* ahli statistika data dapat diasumsikan berdistribusi normal.

#### 2. Uji Homogenitas

Pengujian k buah ( $k \geq 2$ ) variansi populasi yang berdistribusi normal adalah dengan uji *Bartlett*. Langkah-langkah dalam pengujian uji *Bartlett* adalah sebagai berikut:

a. Menentukan hipotesis

H0: data hasil eksperimen *impact strength* gerabah adalah homogen ( $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2$ )

H1: data hasil eksperimen *impact strength* gerabah adalah tidak homogen ( $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \neq \dots \neq \sigma_k^2$ )

b. Menghitung nilai rata-rata ( $\bar{x}$ ), variansi ( $s^2$ ), nilai B dan nilai  $\chi^2$

Tabel 4. 16 Uji *Bartlett Impact Strength*

Percobaan	1	2	3	4	5	6	7	8
Rata2	0.0993	0.0880	0.0798	0.1140	0.0908	0.0804	0.0766	0.1608
$s_i^2$	0.0010	0.0016	0.0034	0.0025	0.0035	0.0006	0.0004	0.0010
$(n-1) \times s_i^2$	0.0031	0.0048	0.0102	0.0075	0.0106	0.0019	0.0013	0.0031
$\Sigma(n-1) \times s_i^2$	0.0426							
$\Sigma(n-1)$	24							
$s^2$	0.0018							
B	-66.0128							
$\chi^2$	5.6469							

Rata-rata

$$\bar{x} = \frac{\Sigma X_i}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{0.0675 + 0.0936 + 0.1445 + 0.0916}{4}$$

$$\bar{x} = 0,0993$$

Variansi  $s_i^2$

$$s_i^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X - \bar{x})^2}{n - 1}$$

$$s_i^2 = \frac{(0.0675 - 0.0993)^2 + \dots + (0.0916 - 0.0993)^2}{4 - 1}$$

$$s_i^2 = 0.0010$$

Dan untuk menghitung *variansi* gabungan dengan persamaan

$$s^2 = \frac{\sum (n_i - 1) s_i^2}{\sum (n_i - 1)}$$

$$s^2 = \frac{\{(3 - 1) \times 0,0010\} + \dots + \{(3 - 1) \times 0,0010\}}{(4 - 1) + (4 + 1) + \dots + (4 - 1)}$$

$$s^2 = \frac{0,0426}{24}$$

$$s^2 = 0,0018$$

Nilai B

$$B = (\log s^2) \sum (n_i - 1)$$

$$B = (\log 0,0018) \times 24$$

$$B = -66,0128$$

Nilai  $\chi^2$

$$\chi^2 = (\ln 10) \{B - \sum (n_i - 1) \log s_i^2\}$$

$$\chi^2 = (\ln 10) \{-66,0128 - (4 - 1) \log 0,0010 + \dots + (4 - 1) \log 0,0010\}$$

$$\chi^2 = 5,6469$$

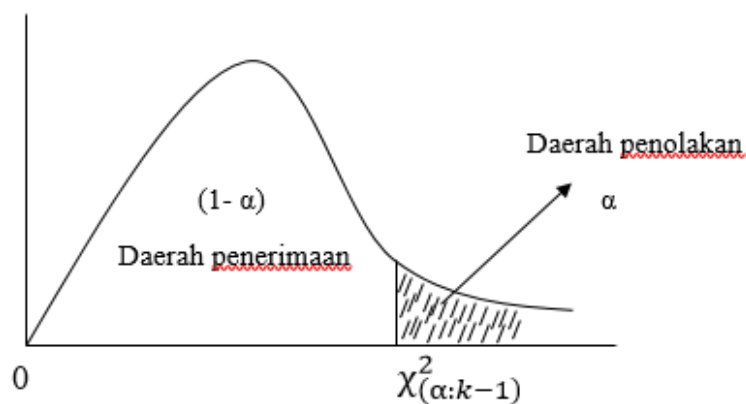
c. Menentukan tingkat signifikansi

$$\alpha = 5 \% \text{ atau } 0,05$$

d. Menetapkan kriteria pengujian

$$H_0 \text{ diterima apabila } \chi_{hitung}^2 \leq \chi_{tabel}^2$$

$$H_0 \text{ ditolak apabila } \chi_{hitung}^2 > \chi_{tabel}^2$$



Gambar 4. 18 Kurva Daerah Penerimaan Uji Homogenitas

e. Menentukan nilai  $\chi_{tabel}^2$

$\alpha = 5\%$  atau 0,05

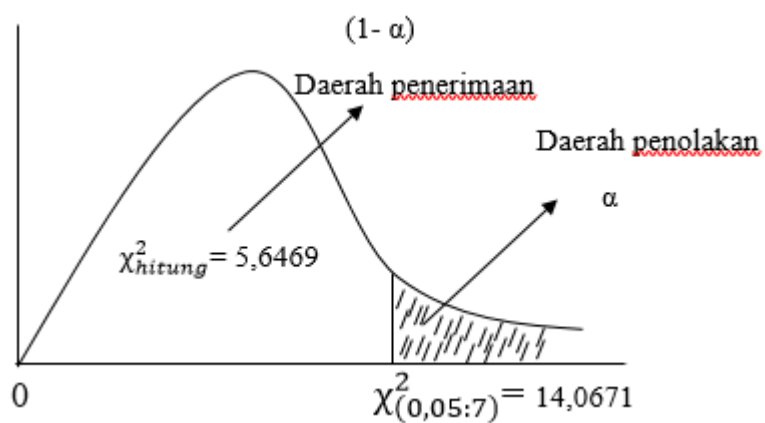
derajat bebas (db) =  $k-1$

$$= 8-1$$

$$= 7$$

$$\chi^2_{(0,05;7)} = 14,0671$$

f. Kesimpulan



Gambar 4. 19 Kurva Daerah Penerimaan Uji *Homogenitas Impact Strength*

Karena nilai  $\chi^2_{hitung} \leq \chi^2_{tabel}$ , yaitu  $5,6469 \leq 14,0671$ , maka  $H_0$  diterima yang berarti data hasil pengujian *impact strength* adalah homogen.

### 3. Uji Anova

Untuk mengetahui faktor yang berpengaruh secara signifikan maka dilakukan dengan pengujian *Anova* dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Menentukan hipotesis

H0 : tidak terdapat perbedaan rata-rata antar populasi ( $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n$ )

H1 : terdapat perbedaan rata-rata antar populasi ( $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \dots \neq \mu_n$ )

- b. Menghitung harga statistik penguji

Berikut adalah hasil perhitungan yang disajikan dalam tabel *analysis of varians*

Tabel 4. 17 Uji Anova Impact Strength

Sumber Variasi	V	SS	MS	F Hitung	F Tabel	SS'	% Kontribusi	Pengaruh
Faktor A	1	0.0004	0.0004	0.2126	4.2597	-0.0014	-2.17%	<b>TIDAK BERPENGARUH</b>
Faktor B	1	0.0026	0.0026	1.4835	4.2597	0.0009	1.33%	<b>TIDAK BERPENGARUH</b>
Faktor C	1	0.0018	0.0018	1.0028	4.2597	0.0000	0.01%	<b>TIDAK BERPENGARUH</b>
Faktor D	1	0.0047	0.0047	2.6331	4.2597	0.0029	4.50%	<b>TIDAK BERPENGARUH</b>
Faktor E	1	0.0013	0.0013	0.7287	4.2597	-0.0005	-0.75%	<b>TIDAK BERPENGARUH</b>
Faktor F	1	0.0098	0.0098	5.5123	4.2597	0.0080	12.45%	<b>BERPENGARUH</b>
Faktor G	1	0.0012	0.0012	0.6788	4.2597	-0.0006	-0.89%	<b>TIDAK BERPENGARUH</b>
Residual	24	0.0426	0.0018			0.0551	85.51%	
Total		0.0644				<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	

Contoh perhitungan

$$A_1 = (0,0675 + 0,0691 + 0,0386 + 0,0760 + \dots + 0,1326)$$

$$= 1,5244$$

$$A_2 = (0,0419 + 0,0921 + 0,0565 + 0,1816 + \dots + 0,1464)$$

$$= 1,6343$$

$$T = \left[ \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij} \right]$$

$$T = (0,0675 + 0,0691 + 0,0386 + 0,0760 + \dots + 0,1464)$$

$$= 3,1586$$

$$CF = \frac{T^2}{N}$$

$$CF = \frac{3.1586^2}{32}$$

$$CF = 0,3118$$

$$SS_T = \left[ \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 \right] - CF$$

$$SS_T = (0,0675^2 + 0,0691^2 + 0,0386^2 + \dots + 0,1464^2) - 0,3118$$

$$= 0,0644$$

$$SS_A = \left[ \sum_{i=1}^k \left( \frac{A_i^2}{n_A} \right) \right] - CF$$

$$SS_A = \frac{1.5244^2}{16} + \frac{1.6343^2}{16} - 0,3118$$

$$= 0,0004$$

$$SS_e = SST - SSA - SSB - SSC - SSD - SSE - SSF - SSG$$

$$SS_e = 0,0644 - 0,0004 - 0,0026 - 0,0018 - \dots - 0,0012$$

$$= 0,0426$$

$$\begin{aligned} MS_A &= \frac{SSA}{VA} \\ &= \frac{0.0004}{1} \\ &= 0,0004 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MS_E &= \frac{SSE}{VE} \\ &= \frac{0.0426}{24} \\ &= 0,0426 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{hitung} &= \frac{MSA}{MSE} \\ &= \frac{0.0004}{0.0426} \\ &= 0,2126 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_A' &= SS_A - MS_e \times V_A \\ &= 0.0004 - (0,0426 \times 1) \\ &= -0,0014 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_e &= SS_e + (MS_e \times \Sigma db) \\ &= 0,0426 + (0,0426 \times (7)) \\ &= 0,0551 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_A &= \frac{SS_A}{SS_T} \times 100 \% \\ &= \frac{-0.0014}{0.0644} \times 100 \% \\ &= -2,17 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_e &= \frac{SS_e}{SS_T} \times 100 \% \\ &= \frac{0.0551}{0.0644} \times 100 \% \end{aligned}$$



$$= 85,51 \%$$

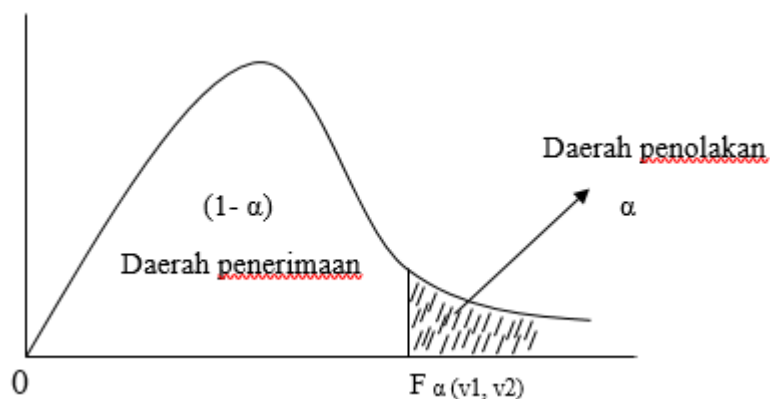
c. Menentukan tingkat signifikansi

$$\alpha = 5 \% \text{ atau } 0,05$$

d. Menetapkan kriteria pengujian

$$H_0 \text{ diterima apabila } F_{hitung} < F_{\alpha(V_A, V_e)}$$

$$H_0 \text{ ditolak apabila } F_{hitung} > F_{\alpha(V_A, V_e)}$$



Gambar 4. 20 Kurva Daerah Penolakan Uji Anova

e. Menentukan nilai  $F_{\alpha(V_A, V_e)}$

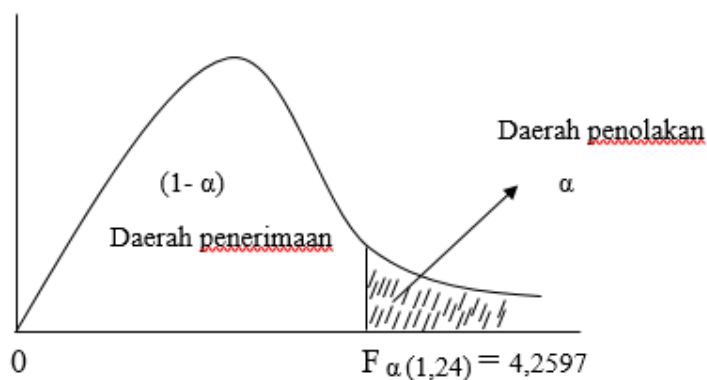
$$\alpha = 5 \% \text{ atau } 0,05$$

$$V_A = 1$$

$$V_e = 24$$

$$F_{0,05(1,24)} = 4.2597$$

f. Kesimpulan



Gambar 4. 21 Kurva Daerah Penolakan Uji Anova Impact Strength

Dari ketujuh faktor A,B,C,D,E,F,G, faktor A,B,C,D,E,G nilai  $F_{hitung} < F_{\alpha(V_A \cdot V_e)}$ , dan hanya faktor F yang nilai  $F_{hitung} > F_{\alpha(V_A \cdot V_e)}$

$$F_A = 0,2126$$

$$F_B = 1,4835$$

$$F_C = 1,0028$$

$$F_D = 2,6331$$

$$F_E = 0,7287$$

$$F_F = 5,5123$$

$$F_G = 0,6788$$

Dengan demikian berarti hanya faktor F yang berpengaruh terhadap variabel respon *impact strength*.

#### 4. Perhitungan *Signal to Noise Ratio* (SNR)

Untuk variabel respon *impact strength* memiliki karakteristik semakin besar nilai *impact strength* maka akan semakin meningkat kekuatan produk gerabah. Hal ini berarti *impact strength* menggunakan karakteristik kualitas *larger the better* (LTB) dengan persamaan sebagai berikut:

$$S/N_{LTB} = -10 \text{Log} \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \dots\dots\dots (4.6)$$

Tabel 4. 18 SNR *Impact Strength*

R1	R2	R3	R4	$\Sigma\left(\frac{1}{y^2}\right)$	$\left(\frac{1}{n}\right) \times \Sigma\left(\frac{1}{y^2}\right)$	SNR
0.0675	0.0936	0.1445	0.0916	501.0354	125.2589	-20.9781
0.0691	0.0819	0.1457	0.0554	731.3165	182.8291	-22.6205
0.0386	0.0302	0.0946	0.1559	1922.1662	480.5416	-26.8173
0.0760	0.1763	0.0711	0.1326	460.3924	115.0981	-20.6107
0.0419	0.0661	0.1771	0.0781	994.2293	248.5573	-23.9543
0.0921	0.0662	0.0535	0.1099	778.4765	194.6191	-22.8919
0.0565	0.0781	0.1054	0.0664	793.9987	198.4997	-22.9776
0.1816	0.1224	0.1926	0.1464	170.6832	42.6708	-16.3013

Contoh perhitungan

$$\Sigma\left(\frac{1}{y^2}\right) = \frac{1}{0.0675^2} + \frac{1}{0.0936^2} + \frac{1}{0.1445^2} + \frac{1}{0.0916^2}$$

$$\Sigma\left(\frac{1}{y^2}\right) = 501,0354$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{1}{n}\right) \times \Sigma\left(\frac{1}{y^2}\right) &= \left(\frac{1}{4}\right) \times 501,0354 \\ &= 125,2589 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SNR} &= -10\text{Log} (125,2589) \\ &= -20,9781 \end{aligned}$$

5. Perhitungan Efek Tiap Faktor

Tabel 4. 19 Efek Tiap Faktor *Impact Strength*

Level	Faktor Kendali						
	A	B	C	D	E	F	G
Level 1	-22.7566	-22.6112	-20.7194	-23.6818	-21.7471	-20.4611	-21.8646
Level 2	-21.5313	-21.6767	-23.5685	-20.6061	-22.5407	-23.8268	-22.4233
Selisih	1.2254	0.9344	2.8492	3.0757	0.7936	3.3657	0.5588
Ranking	4	5	3	2	6	1	7
Optimal	<b>A2</b>	<b>B2</b>	<b>C1</b>	<b>D2</b>	<b>E1</b>	<b>F1</b>	<b>G1</b>

Contoh perhitungan

$$\begin{aligned} A1 &= \frac{-20.9781 -22.6205 -26.8173 -20.6107}{4} \\ &= -22,7566 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A2 &= \frac{-23.9543 -22.8919 -22.9776 -16.3013}{4} \\ &= -21,5313 \end{aligned}$$

Dari perhitungan faktor kendali di atas, kombinasi level faktor optimal untuk variabel respon *impact strength* adalah **A2 B2 C1 D2 E1 F1 G1**

C. Variabel Respon *Water Absorption*

1. Uji Normalitas Data

Karena dari hasil pengujian *water absorption*, data berjumlah 32 ( $n > 30$ ), maka berdasarkan pengalaman *empiris* ahli statistika data dapat diasumsikan berdistribusi normal.

## 2. Uji Homogenitas

Pengujian k buah ( $k \geq 2$ ) *variansi* populasi yang berdistribusi normal adalah dengan uji *Bartlett*. Langkah-langkah dalam pengujian uji *Bartlett* adalah sebagai berikut:

a. Menentukan hipotesis

H0: data hasil eksperimen *water absorption* gerabah adalah homogen ( $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2$ )

H1: data hasil eksperimen *water absorption* gerabah adalah tidak homogen ( $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \neq \dots \neq \sigma_k^2$ )

b. Menghitung nilai rata-rata ( $\bar{x}$ ), *variansi* ( $s^2$ ), nilai B dan nilai  $\chi^2$

Tabel 4. 20 Uji Bartlett *Water Absorption*

Percobaan	1	2	3	4	5	6	7	8
Rata2	14.2728	12.2060	11.7527	14.6379	14.6014	14.4365	14.3462	12.9430
$s_i^2$	0.0755	0.4689	0.2281	0.4775	0.4813	0.6548	2.6667	0.4624
$(n-1) \times s_i^2$	0.2266	1.4067	0.6843	1.4325	1.4440	1.9645	8.0000	1.3872
$\Sigma(n-1) \times s_i^2$	16.5457							
$\Sigma(n-1)$	24							
$s^2$	0.6894							
B	-3.8766							
$\chi^2$	10.5826							

Rata-rata

$$\bar{x} = \frac{\Sigma X_i}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{13.99 + 14.50 + 14.08 + 14.52}{4}$$

$$\bar{x} = 14,2728$$

Variansi  $s_i^2$

$$s_i^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X - \bar{x})^2}{n - 1}$$

$$s_i^2 = \frac{(13.99 - 14.2728)^2 + \dots + (14.52 - 14.2728)^2}{4 - 1}$$

$$s_i^2 = 0.0755$$

Dan untuk menghitung *variansi* gabungan dengan persamaan

$$s^2 = \frac{\sum (n_i - 1) s_i^2}{\sum (n_i - 1)}$$

$$s^2 = \frac{\{(3 - 1) \times 0.0755\} + \dots + \{(3 - 1) \times 0.4624\}}{(4 - 1) + (4 + 1) + \dots + (4 - 1)}$$

$$s^2 = \frac{16.5457}{24}$$

$$s^2 = 0,6894$$

Nilai B

$$B = (\log s^2) \sum (n_i - 1)$$

$$B = (\log 0,6894) \times 24$$

$$B = -3,8766$$

Nilai  $\chi^2$

$$\chi^2 = (\ln 10) \{B - \sum (n_i - 1) \log s_i^2\}$$

$$\chi^2 = (\ln 10) \{-3,8766 - (4 - 1) \log 0,0755 + \dots + (4 - 1) \log 0,4624\}$$

$$\chi^2 = 10,5826$$

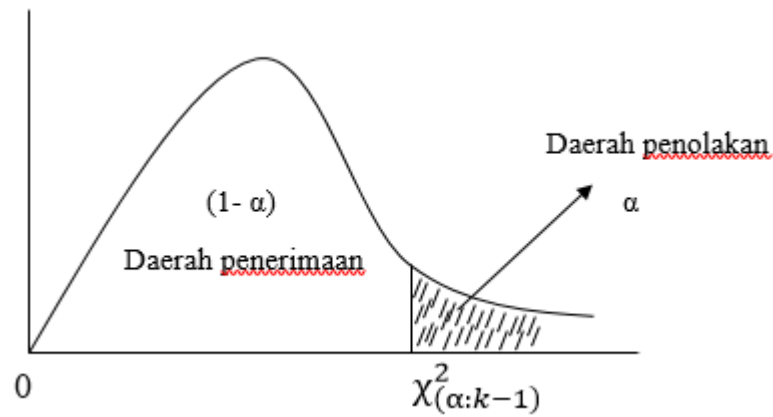
c. Menentukan tingkat signifikansi

$$\alpha = 5 \% \text{ atau } 0,05$$

d. Menetapkan kriteria pengujian

$$H_0 \text{ diterima apabila } \chi_{hitung}^2 \leq \chi_{tabel}^2$$

$$H_0 \text{ ditolak apabila } \chi_{hitung}^2 > \chi_{tabel}^2$$



Gambar 4. 22 Kurva Daerah Penerimaan Uji *Homogenitas*

e. Menentukan nilai  $\chi^2_{tabel}$

$$\alpha = 5 \% \text{ atau } 0,05$$

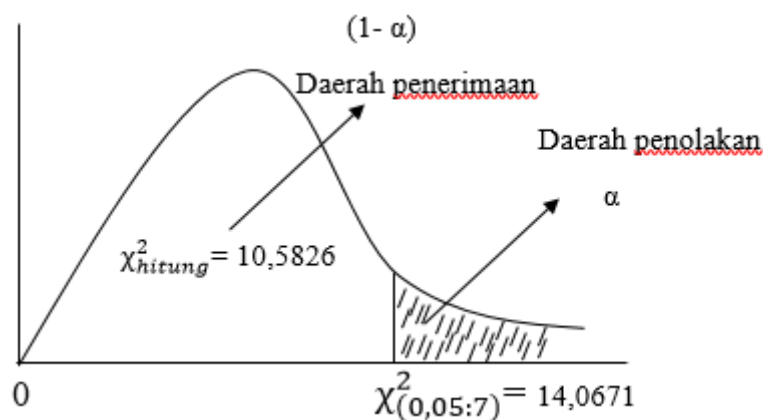
$$\text{derajat bebas (db)} = k-1$$

$$= 8-1$$

$$= 7$$

$$\chi^2_{(0.05;7)} = 14.0671$$

f. Kesimpulan



Gambar 4. 23 Kurva Daerah Penerimaan Uji *Homogenitas Water Absorption*

Karena nilai  $\chi^2_{hitung} \leq \chi^2_{tabel}$ , yaitu  $10.5826 \leq 14.0671$ . maka  $H_0$  diterima yang berarti data hasil pengujian *water absorption* adalah homogen.

### 3. Uji Anova

Untuk mengetahui faktor yang berpengaruh secara signifikan maka dilakukan dengan pengujian *Anova* dengan langkah-langkah sebagai berikut:

a. Menentukan hipotesis

H0 : tidak terdapat perbedaan rata-rata antar populasi ( $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n$ )

H1 : terdapat perbedaan rata-rata antar populasi ( $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \dots \neq \mu_n$ )

b. Menghitung harga statistik penguji

Berikut adalah hasil perhitungan yang disajikan dalam tabel *analysis of varians*

Tabel 4. 21 Uji Anova Water Absorption

Sumber Variasi	V	SS	MS	F Hitung	F Tabel	SS'	% Kontribusi	Pengaruh
Faktor A	1	5.9777	5.9777	8.6708	4.2597	5.2883	9.65%	<b>BERPENGARUH</b>
Faktor B	1	1.6870	1.6870	2.4470	4.2597	0.9976	1.82%	<b>TIDAK BERPENGARUH</b>
Faktor C	1	1.3788	1.3788	2.0000	4.2597	0.6894	1.26%	<b>TIDAK BERPENGARUH</b>
Faktor D	1	0.2811	0.2811	0.4077	4.2597	-0.4083	-0.75%	<b>TIDAK BERPENGARUH</b>
Faktor E	1	2.8481	2.8481	4.1312	4.2597	2.1587	3.94%	<b>TIDAK BERPENGARUH</b>
Faktor F	1	6.8958	6.8958	10.0026	4.2597	6.2064	11.33%	<b>BERPENGARUH</b>
Faktor G	1	19.1600	19.1600	27.7921	4.2597	18.4706	33.72%	<b>BERPENGARUH</b>
Residual	24	16.5457	0.6894			21.3716	39.02%	
Total		54.7743				TOTAL	1	

Contoh perhitungan

$$A_1 = (13,99 + 11,29 + 11,94 + 14,14 + \dots + 15,14)$$

$$= 211,48$$

$$A_2 = (15,19 + 14,58 + 12,05 + 13,73 + \dots + 12,08)$$

$$= 225,31$$

$$T = \left[ \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij} \right]$$

$$T = (13,99 + 11,29 + 11,94 + 14,14 + \dots + 12,08)$$

$$= 436,79$$

$$CF = \frac{T^2}{N}$$

$$CF = \frac{436,79^2}{32}$$

$$CF = 5961,9431$$

$$SS_T = \left[ \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 \right] - CF$$

$$SS_T = (13,99^2 + 11,29^2 + 11,94 + \dots + 2,08^2) - 5961,9431$$

$$= 54,7743$$

$$SS_A = \left[ \sum_{i=1}^k \left( \frac{A_i^2}{n_A} \right) \right] - CF$$

$$SS_A = \frac{211,48^2}{16} + \frac{225,31^2}{16} - 5961,9431$$

$$= 5,9777$$

$$SS_e = SST - SSA - SSB - SSC - SSD - SSE - SSF - SSG$$

$$SS_e = 54,7743 - 5,9777 - 1,6870 - 1,3788 - \dots - 19,1600$$

$$= 16,5457$$



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

$$= \frac{5.9777}{1}$$

$$= 5,9777$$

$$MS_E = \frac{16.5457}{VE}$$

$$= \frac{0.0426}{24}$$

$$= 0,6894$$

$$F_{hitung} = \frac{MS_A}{MSE}$$

$$= \frac{5.9777}{0.6894}$$

$$= 8,6708$$

$$SS_A' = SS_A - MS_e \times V_A$$

$$= 5.9777 - (0,6894 \times 1)$$

$$= 5,2883$$

$$SS_e' = SS_e + (MS_e \times \Sigma db)$$

$$= 16,5457 + (0,6894 \times (7))$$

$$= 21,3716$$

$$P_A = \frac{SS_A'}{SS_T} \times 100 \%$$

$$= \frac{5.2883}{54.7743} \times 100 \%$$

$$= 9,65 \%$$

$$P_e = \frac{SS_e'}{SS_T} \times 100 \%$$

$$= \frac{21.3716}{54.7743} \times 100 \%$$

$$= 39,02 \%$$

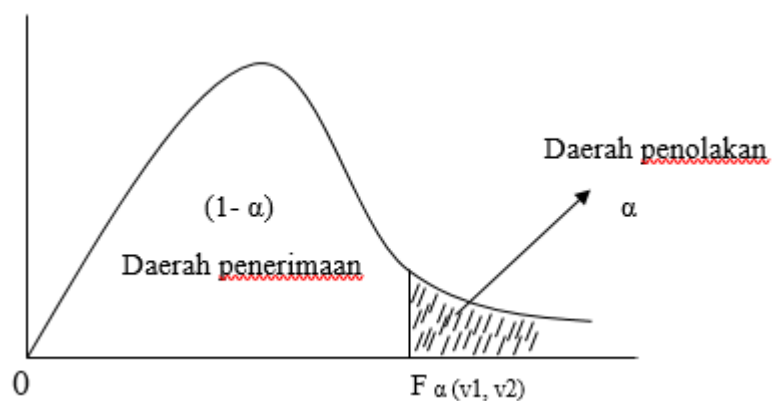
c. Menentukan tingkat signifikansi

$$\alpha = 5 \% \text{ atau } 0,05$$

d. Menetapkan kriteria pengujian

$$H_0 \text{ diterima apabila } F_{hitung} < F_{\alpha(V_A, V_e)}$$

$$H_0 \text{ ditolak apabila } F_{hitung} > F_{\alpha(V_A, V_e)}$$



Gambar 4. 24 Kurva Daerah Penolakan Uji Anova

e. Menentukan nilai  $F_{\alpha(V_A, V_e)}$

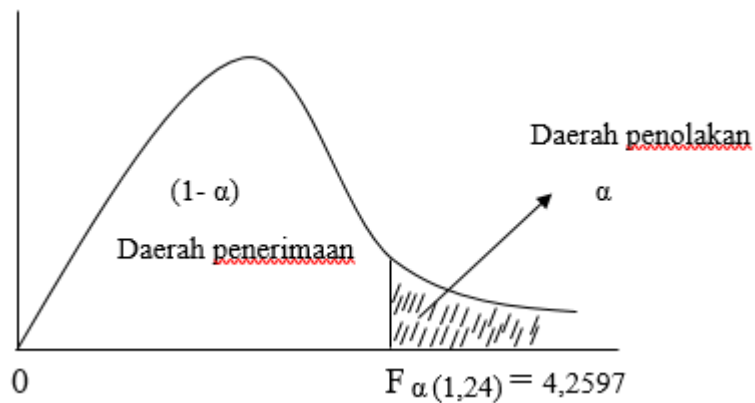
$$\alpha = 5 \% \text{ atau } 0,05$$

$$V_A = 1$$

$$V_e = 24$$

$$F_{0.05(1,24)} = 4.2597$$

f. Kesimpulan



Gambar 4. 25 Kurva Daerah Penolakan Uji Anova Water Absorption

Dari ketujuh faktor A,B,C,D,E,F,G, faktor B,C,D,E nilai  $F_{hitung} < F_{\alpha(V_A,V_e)}$ , dan faktor A, F dan G memiliki nilai  $F_{hitung} > F_{\alpha(V_A,V_e)}$

$$F_A = 8,6708$$

$$F_B = 2,4470$$

$$F_C = 2,0000$$

$$F_D = 0,4077$$

$$F_E = 4,1312$$

$$F_F = 10,0026$$

$$F_G = 27,7921$$

Dengan demikian berarti faktor A, F dan G yang berpengaruh terhadap variabel respon *water absorption*.

4. Perhitungan *Signal to Noise Ratio* (SNR)

Untuk variabel respon *water absorption* memiliki karakteristik semakin kecil nilai *water absorption* maka akan semakin meningkat ketahanan produk gerabah terhadap jamur. Hal ini berarti *water absorption* menggunakan karakteristik kualitas *smaller the better* (STB) dengan persamaan sebagai berikut:

$$S/N_{STB} = -10 \text{Log} \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \dots\dots\dots (4.6)$$

Tabel 4. 22 SNR *Water Absorption*

$(R1)^2$	$(R2)^2$	$(R3)^2$	$(R4)^2$	$\Sigma R$	$\frac{\Sigma R}{n}$	SNR
195.7084	210.2279	198.3865	210.7530	815.0757	203.7689	-23.0914
127.4220	167.4312	149.5838	152.9151	597.3520	149.3380	-21.7417
142.5436	149.4334	123.1914	138.0214	553.1898	138.2975	-21.4081
199.9389	234.5888	194.6789	229.3042	858.5108	214.6277	-23.3169
230.7447	184.9273	220.9642	217.6157	854.2519	213.5630	-23.2953
212.6542	234.8737	178.5847	209.4999	835.6124	208.9031	-23.1994
145.1497	253.0290	214.5158	218.5618	831.2563	207.8141	-23.1767
188.4124	165.6369	171.4955	145.9237	671.4684	167.8671	-22.2497
Total						-181.4792

Contoh perhitungan

$$\begin{aligned}\Sigma R &= 195,7084 + 210,2279 + 198,3865 + 210,7530 \\ &= 815,0757\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{\Sigma R}{n} &= \frac{815.0757}{4} \\ &= 203,7689\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{SNR} &= -10\text{Log} (203,7689) \\ &= -23,0914\end{aligned}$$

5. Perhitungan Efek Tiap Faktor

Tabel 4. 23 Efek Tiap Faktor *Water Absorption*

Level	Faktor Kendali						
	A	B	C	D	E	F	G
Level 1	-22.390	-22.832	-22.565	-22.743	-22.487	-22.988	-23.196
Level 2	-22.980	-22.538	-22.805	-22.627	-22.883	-22.382	-22.174
Selisih	0.591	0.294	0.240	0.116	0.395	0.607	1.022
Ranking	3	5	6	7	4	2	1
Optimal	<b>A1</b>	<b>B2</b>	<b>C1</b>	<b>D2</b>	<b>E1</b>	<b>F2</b>	<b>G2</b>

Contoh perhitungan

$$A1 = \frac{-23.0914 - 21.7417 - 21.40813 - 23.3169}{4}$$

$$= -22,390$$

$$A2 = \frac{-23.2953 - 23.1994 - 23.1767 - 22.2497}{4}$$

$$= -22,980$$

Dari perhitungan faktor kendali di atas, kombinasi level faktor optimal untuk variabel respon *water absorption* adalah **A1 B2 C1 D2 E1 F2**

**G2**

#### 4.3.3.2 Uji Prediksi Data Hasil Eksperimen

Dalam melakukan uji prediksi menggunakan metode *regresi linier* dengan bantuan *software* winqsb. Yang akan diprediksi adalah kombinasi level faktor yang belum dieksperimenkan dalam percobaan yang telah dilakukan.

Berdasarkan pada uji *Anova* dari ketiga variabel respon *Bending Strength*, *Impact Strength* dan *Water Absorption*, didapatkan faktor kendali yang berpengaruh adalah sebagai berikut:

- Faktor A: Lama Waktu Pengeringan
- Faktor F:  *Holding Time*
- Faktor G: Suhu *Sintering*

Dan faktor kendali yang tidak berpengaruh adalah sebagai berikut:

- Faktor B: Komposisi Tanah Plastis
- Faktor C: Komposisi Tanah Kurang Plastis
- Faktor D: Komposisi Pasir Halus
- Faktor E: Komposisi Abu Jerami

Adapun kombinasi level faktor optimal untuk masing-masing variabel respon adalah sebagai berikut:

- *Bending Strength* : A1 B1 C2 D1 E2 F2 G2
- *Impact Strength* : A2 B2 C1 D2 E1 F1 G1
- *Water Absorption* : A1 B2 C1 D2 E1 F2 G2

Oleh karena faktor yang berpengaruh adalah faktor A, F dan G, maka faktor yang tidak berpengaruh yaitu faktor B, C, D dan E akan menggunakan level 1 karena pertimbangan biaya yang lebih murah. Maka akan didapatkan kombinasi level faktor yang akan diprediksi sebagai berikut :

Tabel 4. 24 Array Orthogonal Trial Prediksi

			A1								A2							
			B1				B2				B1				B2			
			C1		C2		C1		C2		C1		C2		C1		C2	
			D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
E1	F1	G1	1								5							
		G2	2								6							
	F2	G1	3								7							
		G2	4								8							
E2	F1	G1																
		G2																
	F2	G1																
		G2																

Sehingga ada delapan *trial* yang akan diuji prediksi seperti tabel di atas

### A. Variabel Respon *Bending Strength*

Dengan menggunakan bantuan *software* Winqsb didapatkan formula *regresi linier* untuk variabel respon *bending strength* sebagai berikut:

Tabel 4. 25 *Regresi Linier Bending Strength*

Replikasi	Formula <i>Regresi Linier</i>
1	$37,27708 - (0,69625A) - (1,33375B) - (0,6137499C) - (12,20833D) + (0,7950003E) + (0,09374999F) - (0,005575G)$
2	$1,733333 - (0,995A) - (0,7624999B) + (0,03499997C) + (0,1,16667D) - (5,22E) - (0,00699998F) + (0,0207G)$
3	$13,315 - (1,41A) - (0,9850001B) + (0,9699998C) + (2,25D) + (6,41E) + (0,1395F) - (0,001749998G)$
4	$-5,540835 + (1,9325A) + (0,8075B) + (1,0875C) - (9,316667D) + (5,849999E) + (0,0455F) - (0,002349998G)$

Tabel 4. 26 Hasil Prediksi *Bending Strength*

Trial	A	B	C	D	E	F	G	1	2	3	4
1	1	1	1	1	1	1	1	13.00	10.49	6.38	3.30
2	1	1	1	1	1	1	2	12.44	12.56	6.21	3.06
3	1	1	1	1	1	2	1	15.81	10.28	10.57	4.66
4	1	1	1	1	1	2	2	15.25	12.35	10.39	4.43
5	2	1	1	1	1	1	1	11.61	8.50	3.56	7.16
6	2	1	1	1	1	1	2	11.05	10.57	3.39	6.93
7	2	1	1	1	1	2	1	14.42	8.29	7.75	8.53
8	2	1	1	1	1	2	2	13.86	10.36	7.57	8.29

### B. Variabel Respon *Impact Strength*

Dengan menggunakan bantuan *software* Winqsb didapatkan formula *regresi linier* untuk variabel respon *impact strength* sebagai berikut:

Tabel 4. 27 *Regresi Linier Impact Strength*

Replikasi	Formula <i>Regresi Linier</i>
1	$-0,1892708 + (0,0151125A) + (0,0102625B) - (0,0157625C) + (0,1785833D) - (0,06815001E) - (0,0009225F) + (0,00009775002G)$
2	$0,21625 - (0,006149999A) + (0,0124B) - (0,004649999C) + (0,149D) + (0,045E) - (0,001683333F) - (0,000284G)$



- 3  $-0.2131958 + (0,009087501A) - (0,0071375B) - (0,0239875C) - (0,04891668D) + (0,007049998E) - (0,001550833F) + (0,00058875G)$
- 4  $-0,6064042 + (0,007112501A) + (0,0322375B) + (0,0260375C) + (0,1199167D) - (0,03985E) + (0,0002541666F) + (0,00031725G)$

Tabel 4. 28 Hasil Prediksi *Impact Strength*

Trial	A	B	C	D	E	F	G	1	2	3	4
1	1	1	1	1	1	1	1	0.0675	0.0936	0.1445	0.0916
2	1	1	1	1	1	1	2	0.0773	0.0652	0.2034	0.0317
3	1	1	1	1	1	2	1	0.0398	0.0431	0.0980	0.0076
4	1	1	1	1	1	2	2	0.0496	0.0147	0.1569	0.0393
5	2	1	1	1	1	1	1	0.0977	0.0813	0.1627	0.0142
6	2	1	1	1	1	1	2	0.1075	0.0529	0.2216	0.0459
7	2	1	1	1	1	2	1	0.0701	0.0308	0.1162	0.0218
8	2	1	1	1	1	2	2	0.0798	0.0024	0.1750	0.0536

### C. Variabel Respon *Water Absorption*

Dengan menggunakan bantuan *software* Winqsb didapatkan formula regresi linier untuk variabel respon *water absorption* sebagai berikut:

Tabel 4. 29 Regresi Linier *Water Absorption*

Replikasi	Formula Regresi Linier
1	$15,45875 + (0,5237499A) - (0,3987499B) + (0,59875C) + (0,4750005D) - (0,7849994E) - (0,05991666F) - (0,006525004G)$
2	$31,41958 + (0,3412501A) - (0,006250024B) + (0,03125012C) + (0,1916655D) + (1,425E) + (0,0009166638F) - (0,023575G)$
3	$23,15458 + (0,57625A) - (0,2162498B) - (0,09875C) - (1,708333D) + (2,024999E) - (0,03875F) - (0,011875G)$
4	$30,0175 + (0,2874999A) - (0,2950001B) + (0,2950001C) - (1,45D) + (2,11E) - (0,02600001F) - (0,0199G)$

Tabel 4. 30 Hasil Prediksi *Water Absorption*

Trial	A	B	C	D	E	F	G	1	2	3	4
1	1	1	1	1	1	1	1	13.99	14.50	14.08	14.52
2	1	1	1	1	1	1	2	13.34	12.14	12.89	12.53
3	1	1	1	1	1	2	1	12.19	14.53	12.92	13.74
4	1	1	1	1	1	2	2	11.54	12.17	11.73	11.75

5	2	1	1	1	1	1	1	15.04	15.18	15.23	15.09
6	2	1	1	1	1	1	2	14.38	12.82	14.04	13.10
7	2	1	1	1	1	2	1	13.24	15.21	14.07	14.31
8	2	1	1	1	1	2	2	12.59	12.85	12.88	12.32

#### 4.3.3.3 Perhitungan *Multi Respon Signal to Noise* (MRSN)

Dalam perhitungan *Multi Respon Signal to Noise* (MRSN) pada penelitian ini, selain menghitung berdasarkan delapan *trial* prediksi, *trial* eksperimen yang tidak masuk dalam *trial* prediksi yang berjumlah tujuh *trial* juga akan dimasukkan dalam perhitungan, sehingga akan ada total 15 *trial* perhitungan *Multi Respon Signal to Noise* (MRSN).

Langkah-langkah dalam perhitungan *Multi Respon Signal to Noise* (MRSN) adalah sebagai berikut:

1. Menghitung *quality loss* ( $L_{ij}$ ), normalisasi *quality loss* ( $C_{ij}$ ), untuk setiap *trial*.
  - Biaya yang diperlukan untuk meningkatkan kualitas *bending strength*, *impact strength* dan *water absorption* masing-masing adalah sebagai berikut.

Kondisi awal UKM

A1: waktu pengeringan 5 hari	= Rp 0	= Rp 0
B1: 4 wadah tanah plastis	= Rp 16,67 x 4	= Rp 66,68
C2: 6 wadah tanah kurang plastis	= Rp 12,50 x 6	= Rp 75
D1: 0,7 wadah pasir halus	= Rp 20,83 x 0,7	= Rp 14,58
E1: tidak memakai abu jerami	= Rp 0	= Rp 0
F1: tidak memakai <i>holding time</i>	= Rp 0	= Rp 0
G1: suhu <i>sintering</i> 800 ° C	= Rp 20.000,- x $(\frac{4.1}{6})$	
	= Rp 13.666,67	

Biaya kayu bakar = Rp 1.250,-

Sehingga total biaya adalah sebesar Rp 15.072,93

##### a) *Bending Strength*

Untuk meningkatkan nilai *bending strength* maka menggunakan setting kombinasi level faktor optimal sebagai berikut.

A1: waktu pengeringan 5 hari = Rp 0

$$\begin{aligned}
 \text{B1: 4 wadah tanah plastis} &= \text{Rp } 312,50 \times 4 \\
 &= \text{Rp } 1.250,- \\
 \text{C2: 6 wadah tanah kurang plastis} &= \text{Rp } 312,50 \times 6 \\
 &= \text{Rp } 1.875,- \\
 \text{D1: 0,7 wadah pasir halus} &= \text{Rp } 437,50 \times 0,7 \\
 &= \text{Rp } 306,25 \\
 \text{E2: 0,5 wadah abu jerami} &= \text{Rp } 375 \times 0,5 \\
 &= \text{Rp } 187,50 \\
 \text{F2: holding time 30 menit} &= \text{Rp } 20.000,- \times \left(\frac{0.5}{6}\right) \\
 &= \text{Rp } 1.666,67 \\
 \text{G2: suhu sintering } 900^\circ \text{ C} &= \text{Rp } 20.000,- \times \left(\frac{4.2}{6}\right) \\
 &= \text{Rp } 14.000,- \\
 \text{Biaya kayu bakar} &= \text{Rp } 1.250,- \\
 \text{Sehingga total biaya adalah sebesar Rp } &20.535,42 \\
 \text{Maka selisih biaya adalah} &= \text{Rp } 20.535,42 - \text{Rp } 15.072,93 \\
 &= \text{Rp } 5.462,49
 \end{aligned}$$

b) *Impact Strength*

Untuk meningkatkan nilai *impact strength* maka menggunakan setting kombinasi level faktor optimal sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{A2: waktu pengeringan 7 hari} &= \text{Rp } 0 \\
 \text{B2: 6 wadah tanah plastis} &= \text{Rp } 312,50 \times 6 \\
 &= \text{Rp } 1.875,- \\
 \text{C1: 4 wadah tanah kurang plastis} &= \text{Rp } 312,50 \times 4 \\
 &= \text{Rp } 1.250,- \\
 \text{D2: 1 wadah pasir halus} &= \text{Rp } 437,50 \times 1 \\
 &= \text{Rp } 437,50 \\
 \text{E1: tidak memakai abu jerami} &= \text{Rp } 0 \\
 \text{F1: tidak memakai holding time} &= \text{Rp } 0 \\
 \text{G1: suhu sintering } 800^\circ \text{ C} &= \text{Rp } 20.000,- \times \left(\frac{4.1}{6}\right) \\
 &= \text{Rp } 13.666,67
 \end{aligned}$$

Biaya kayu bakar = Rp 1.250,-

Sehingga total biaya adalah sebesar Rp 18.479,17

Maka selisih biaya adalah = Rp 18.479,17 - Rp 15.072,93

= Rp 3.406,24

c) *Water Absorption*

Untuk meningkatkan nilai *water absorption* maka menggunakan setting kombinasi level faktor optimal sebagai berikut.

A1: waktu pengeringan 5 hari = Rp 0

B2: 6 wadah tanah plastis = Rp 312,50 x 6

= Rp 1.875,-

C1: 4 wadah tanah kurang plastis = Rp 312,50 x 4

= Rp 1.250,-

D2: 1 wadah pasir halus = Rp 437,50 x 1

= Rp 437,50

E1: tidak memakai abu jerami = Rp 0

F2: *holding time* 30 menit = Rp 20.000,- x  $\left(\frac{0.5}{6}\right)$

= Rp 1.666,67

G2: suhu *sintering* 900 ° C = Rp 20.000,- x  $\left(\frac{4.2}{6}\right)$

= Rp 14.000,-

Biaya kayu bakar = Rp 1.250,-

Sehingga total biaya adalah sebesar Rp 20.479,17

Maka selisih biaya adalah = Rp 20.479,17 - Rp 15.072,93

= Rp 5.406,24

- Berdasarkan hasil wawancara dengan pengrajin gerabah di UKM Sanggar Lebah Priesta Keramik dan UKM Elvi keramik tentang variabel respon *bending strength*, *impact strength* dan *water absorption*, maka

didapatkan urutan prioritas variabel respon dari yang terpenting yaitu *bending strength* - *water absorption* - *impact strength*. Sehingga dengan mengacu pada *Linguistic Terms USED in The Study*, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

*Bending Strength* : *High* : 0,833

*Water Absorption* : *Medium* : 0,500

*Impact Strength* : *Low* : 0,166

Maka bobot masing-masing variabel respon,

$$\text{Bending Strength} : \frac{0.833}{0.833+0.500+0.166}$$

$$w_i : 0,5557$$

$$\text{Water Absorption} : \frac{0.500}{0.833+0.500+0.166}$$

$$w_j : 0,3336$$

$$\text{Impact Strength} : \frac{0.166}{0.833+0.500+0.166}$$

$$w_y : 0,1107$$

a. Variabel Respon *Bending Strength*

Tabel 4. 31 Kondisi Awal *Bending Strength*

KONDISI AWAL UKM	R1	R2	R3	R4
	4.36	8.85	3.44	5.19

Tabel 4. 32 *Quality Loss Bending Strength*

Trial	A	B	C	D	E	F	G	1	2	3	4	Lij	Cij	w*Cij
1	1	1	1	1	1	1	1	13.00	10.49	6.38	3.30	6.78	0.41422	0.230185
2	1	1	1	1	1	1	2	12.44	12.56	6.21	3.06	7.49	0.45779	0.254395
3	1	1	1	1	1	2	1	15.81	10.28	10.57	4.66	3.53	0.21554	0.119775
4	1	1	1	1	1	2	2	15.25	12.35	10.39	4.43	3.67	0.22405	0.124505
5	2	1	1	1	1	1	1	11.61	8.50	3.56	7.16	6.17	0.37717	0.209596
6	2	1	1	1	1	1	2	11.05	10.57	3.39	6.93	6.46	0.39479	0.219389
7	2	1	1	1	1	2	1	14.42	8.29	7.75	8.53	2.57	0.15691	0.087195
8	2	1	1	1	1	2	2	13.86	10.36	7.57	8.29	2.40	0.14660	0.081467
9	1	1	1	2	2	2	2	11.99	9.79	14.27	4.56	3.63	0.22185	0.123282
10	1	2	2	1	1	2	2	11.36	10.91	10.36	8.22	2.08	0.12695	0.070544
11	1	2	2	2	2	1	1	5.84	6.46	10.23	7.22	4.23	0.25840	0.143591
12	2	1	2	1	2	1	2	10.22	8.03	8.53	12.03	2.36	0.14416	0.080111
13	2	1	2	2	1	2	1	9.53	8.41	10.36	7.91	2.60	0.15906	0.088388
14	2	2	1	1	2	2	1	12.15	4.17	8.98	13.07	4.26	0.26053	0.144775
15	2	2	1	2	1	1	2	4.72	9.08	2.09	5.75	16.36	1.00000	0.555704

Kombinasi level faktor optimal variabel respon *bending strength* adalah *trial* nomor 4 yaitu A1 B1 C1 D1 E1 F2 G2

Contoh perhitungan

Selisih nilai = kombinasi level faktor optimal – kondisi awal perusahaan

$$= \frac{15.25+12.35+10.39+4.43}{4} - \frac{4.36+8.85+3.44+5.19}{4}$$

$$= 5,15$$

$$k = \frac{5462.49}{5.15^2}$$

$$= 206,3279$$

$$L_{ij} = k \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} \frac{1}{y_{ijk}^2}$$

$$= 206,3279 \times \frac{1}{4} \times \left( \frac{1}{13.00^2} + \dots + \frac{1}{3.30^2} \right)$$

$$= 6,78$$

$$C_{ij} = \frac{L_{ij}}{L_i^*}$$

$$= \frac{6.78}{16.36}$$

$$= 0,41422$$

$$w \times C_{ij} = 0,5557 \times 0,41422$$

$$= 0,230185$$

b. Variabel Respon *Impact Strength*

Tabel 4. 33 Kondisi Awal *Impact Strength*

KONDISI AWAL UKM	R1	R2	R3	R4
	0.0773	0.0694	0.0428	0.0469

Tabel 4. 34 *Quality Loss Impact Strength*

Trial	A	B	C	D	E	F	G	1	2	3	4	Lij	Cij	w*Cij
1	1	1	1	1	1	1	1	0.0675	0.0936	0.1445	0.0916	477860628.93	0.00288	0.000319
2	1	1	1	1	1	1	2	0.0773	0.0652	0.2034	0.0317	521156055.41	0.00314	0.000348
3	1	1	1	1	1	2	1	0.0398	0.0431	0.0980	0.0076	1328696447.71	0.00800	0.000886
4	1	1	1	1	1	2	2	0.0496	0.0147	0.1569	0.0393	4957121674.61	0.02986	0.003307
5	2	1	1	1	1	1	1	0.0977	0.0813	0.1627	0.0142	394139219.30	0.00237	0.000263
6	2	1	1	1	1	1	2	0.1075	0.0529	0.2216	0.0459	556825809.09	0.00335	0.000371
7	2	1	1	1	1	2	1	0.0701	0.0308	0.1162	0.0218	1385051416.60	0.00834	0.000924
8	2	1	1	1	1	2	2	0.0798	0.0024	0.1750	0.0536	165985304579.14	1.00000	0.110740
9	1	1	1	2	2	2	2	0.0691	0.0819	0.1457	0.0554	500839927.39	0.00302	0.000334
10	1	2	2	1	1	2	2	0.0386	0.0302	0.0946	0.1559	1908966919.80	0.01150	0.001274
11	1	2	2	2	2	1	1	0.0760	0.1763	0.0711	0.1326	498826401.14	0.00301	0.000333
12	2	1	2	1	2	1	2	0.0419	0.0661	0.1771	0.0781	906128411.56	0.00546	0.000605
13	2	1	2	2	1	2	1	0.0921	0.0662	0.0535	0.1099	777678482.07	0.00469	0.000519
14	2	2	1	1	2	2	1	0.0565	0.0781	0.1054	0.0664	654855952.32	0.00395	0.000437
15	2	2	1	2	1	1	2	0.1816	0.1224	0.1926	0.1464	232107881.79	0.00140	0.000155

Kombinasi level faktor optimal variabel respon *impact strength* adalah trial nomor 5 yaitu A2 B1 C1 D1 E1 F1 G1



Contoh perhitungan

Selisih nilai = kombinasi level faktor optimal – kondisi awal perusahaan

$$= \frac{0.0977+0.0813+0.1627+0.0142}{4} - \frac{0.0773+0.0694+0.0428+0.0469}{4}$$

$$= 0,0299$$

$$k = \frac{3406.24}{0.0299^2}$$

$$= 3817578,8$$

$$L_{ij} = k \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} \frac{1}{y_{ijk}^2}$$

$$= 3817578,8 \times \frac{1}{4} \times \left( \frac{1}{0.0675^2} + \dots + \frac{1}{0.0916^2} \right)$$

$$= 477860628,93$$

$$C_{ij} = \frac{L_{ij}}{L_i^*}$$

$$= \frac{477860628.93}{165985304579.14}$$

$$= 0,00288$$

$$w \times C_{ij} = 0,1107 \times 0,00288$$

$$= 0,000319$$

c. Variabel Respon *Water Absorption*

Tabel 4. 35 Kondisi Awal *Water Absorption*

KONDISI AWAL UKM	A	B	C	D
	16.14	15.47	16.43	16.55

Tabel 4. 36 *Quality Loss Water Absorption*

Trial	A	B	C	D	E	F	G	1	2	3	4	Lij	Cij	w*Cij
1	1	1	1	1	1	1	1	13.99	14.50	14.08	14.52	5.82	0.88928	0.296625
2	1	1	1	1	1	1	2	13.34	12.14	12.89	12.53	4.63	0.70762	0.236030
3	1	1	1	1	1	2	1	12.19	14.53	12.92	13.74	5.11	0.78051	0.260343
4	1	1	1	1	1	2	2	11.54	12.17	11.73	11.75	3.98	0.60766	0.202689
5	2	1	1	1	1	1	1	15.04	15.18	15.23	15.09	6.55	1.00000	0.333556
6	2	1	1	1	1	1	2	14.38	12.82	14.04	13.10	5.29	0.80785	0.269463
7	2	1	1	1	1	2	1	13.24	15.21	14.07	14.31	5.78	0.88326	0.294616
8	2	1	1	1	1	2	2	12.59	12.85	12.88	12.32	4.58	0.69992	0.233464
9	1	1	1	2	2	2	2	11.29	12.94	12.23	12.37	4.27	0.65176	0.217398
10	1	2	2	1	1	2	2	11.94	12.22	11.10	11.75	3.95	0.60357	0.201326
11	1	2	2	2	2	1	1	14.14	15.32	13.95	15.14	6.13	0.93670	0.312443
12	2	1	2	1	2	1	2	15.19	13.60	14.86	14.75	6.10	0.93206	0.310893
13	2	1	2	2	1	2	1	14.58	15.33	13.36	14.47	5.97	0.91172	0.304110
14	2	2	1	1	2	2	1	12.05	15.91	14.65	14.78	5.94	0.90697	0.302524
15	2	2	1	2	1	1	2	13.73	12.87	13.10	12.08	4.80	0.73263	0.244372

Kombinasi level faktor optimal variabel respon *water absorption* adalah *trial* nomor 4 yaitu A1 B1 C1 D1 E1 F2 G2

Contoh perhitungan

Selisih nilai = kombinasi level faktor optimal – kondisi awal perusahaan

$$= \frac{11.54 + 12.17 + 11.73 + 11.75}{4} - \frac{16.14 + 15.47 + 16.43 + 16.55}{4}$$

$$= 4,35 \text{ (absolut)}$$

$$k = \frac{5406.24}{4.35^2}$$

$$= 285,6987$$

$$L_{ij} = k \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} y_{ijk}^2$$

$$= 285,6987 \times \frac{1}{4} \times \left\{ \left( \frac{11.54}{100} \right)^2 + \dots + \left( \frac{11.75}{100} \right)^2 \right\}$$

$$= 5,82$$

$$C_{ij} = \frac{L_{ij}}{L_i^*}$$

$$= \frac{5.82}{6.55}$$

$$= 0,88928$$

$$w \times C_{ij} = 0,3336 \times 0,88928$$

$$= 0,296625$$

2. Menghitung *total normalized quality loss* (TNQL) dan *MRSN ratio* setiap eksperimen

Tabel 4. 37 Perhitungan MRSN

Trial	A	B	C	D	E	F	G	TNQLj	MRSN
1	1	1	1	1	1	1	1	0.5271	2.7808
2	1	1	1	1	1	1	2	0.4908	3.0912
3	1	1	1	1	1	2	1	0.3810	4.1907
4	1	1	1	1	1	2	2	0.3305	4.8083
5	2	1	1	1	1	1	1	0.5434	2.6487
6	2	1	1	1	1	1	2	0.4892	3.1049
7	2	1	1	1	1	2	1	0.3827	4.1710
8	2	1	1	1	1	2	2	0.4257	3.7093
9	1	1	1	2	2	2	2	0.3410	4.6723
10	1	2	2	1	1	2	2	0.2731	5.6361
11	1	2	2	2	2	1	1	0.4564	3.4069
12	2	1	2	1	2	1	2	0.3916	4.0715
13	2	1	2	2	1	2	1	0.3930	4.0559
14	2	2	1	1	2	2	1	0.4477	3.4898
15	2	2	1	2	1	1	2	0.8002	0.9679

Contoh perhitungan

$$TNQL_t = \sum_{i=1}^m w_i C_{ij}$$

$$= 0,230185 + 0,000319 + 0,296625$$

$$= 0,5271$$

$$MRSN_j = -10 \log(TNQL_j)$$

$$= -\log(0,5271)$$

$$= 0,27808$$

3. Menentukan kombinasi level faktor yang optimal berdasarkan nilai MRSN terbesar.

Dari tabel di atas nilai MRSN terbesar adalah *trial* nomor 10 yaitu 5,6361 dengan kombinasi level faktor optimal sebagai berikut:

A1: lama waktu pengeringan selama 5 hari

B2: 6 wadah tanah plastis

C2: 6 wadah tanah kurang plastis

D1: 0,7 wadah pasir halus

E1: tidak memakai campuran abu jerami

F2: *holding time* selama 30 menit

G2: suhu *sintering* 900 ° C

#### 4.3.3.4 Uji Independent Sample t-Test

Untuk mengetahui apakah kombinasi level faktor optimal memiliki pengaruh yang signifikan terhadap ketiga variabel respon, maka dilakukan pengujian *independent sample t-test*. Adapun langkah-langkah pengujian *independent sample t-test* menggunakan bantuan software SPSS sebagai berikut:

## 1. Menentukan hipotesis

H<sub>0</sub> : tidak ada peningkatan rata-rata nilai optimal variabel respon antara data awal UKM dengan kombinasi level faktor optimal ( $\mu_1 = \mu_2$ )

H<sub>1</sub> : terdapat peningkatan rata-rata nilai optimal variabel respon antara data awal UKM dengan kombinasi level faktor optimal ( $\mu_1 < \mu_2$ )

## 2. Menentukan tingkat signifikansi

$\alpha = 5\%$  atau 0,05

## 3. Menetapkan kriteria pengujian

H<sub>0</sub> diterima apabila nilai signifikansi  $> 0,05$

H<sub>0</sub> ditolak apabila nilai signifikansi  $< 0,05$

4. Pengujian menggunakan *software* SPSSa. Variabel Respon *Bending Strength*Tabel 4. 38 *Independent Sample t-Test Bending Strength*

		Independent Samples Test									
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
										Lower	Upper
Nilai	Equal variances assumed	.815	.401	-3.459	6	.013	-4.75250	1.37388	-8.11426	-1.39074	
	Equal variances not assumed			-3.459	4.845	.019	-4.75250	1.37388	-8.31847	-1.18653	

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa nilai Sig. (*2-tailed*) adalah 0,013 dan 0,019 yang berarti  $< 0,05$ , maka  $H_0$  ditolak. Dengan demikian ada peningkatan rata-rata nilai optimal *bending strength* secara signifikan antara kondisi awal UKM dengan setting kombinasi level faktor optimal.

b. Variabel Respon *Impact Strength*

Tabel 4. 39 *Independent Sample t-Test Impact Strength*

		Independent Samples Test								
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Nilai	Equal variances assumed	5.969	.050	-.684	6	.520	-.0207250	.0303036	-.0948753	.0534253
	Equal variances not assumed			-.684	3.499	.537	-.0207250	.0303036	-.1098301	.0683801

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa nilai Sig. (*2-tailed*) adalah 0,520 dan 0,537 yang berarti  $> 0,05$ , maka  $H_0$  diterima. Dengan demikian tidak ada peningkatan rata-rata nilai optimal *impact strength* secara signifikan antara kondisi awal UKM dengan setting kombinasi level faktor optimal.

c. Variabel Respon *Water Absorption*Tabel 4. 40 *Independent Sample t-Test Water Absorption*

		Independent Samples Test								
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Nilai	Equal variances assumed	.006	.943	12.959	6	.000	4.39500	.33916	3.56511	5.22489
	Equal variances not assumed			12.959	5.999	.000	4.39500	.33916	3.56506	5.22494

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa nilai Sig. (*2-tailed*) adalah 0,000 dan 0,000 yang berarti  $< 0,05$ , maka  $H_0$  ditolak. Dengan demikian ada peningkatan rata-rata nilai optimal *water absorption* secara signifikan antara kondisi awal UKM dengan setting kombinasi level faktor optimal.