

**ANALISIS PERBAIKAN PROSES PEMBAKARAN PRODUK  
GERABAH DENGAN METODE TAGUCHI PADA  
CV. KARYA CIPTA LESTARI**

**SKRIPSI**

**OLEH :**

**AULIA RIANSYAH**

**178150055**



**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**MEDAN**

**2021**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 14/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)14/12/21

**ANALISIS PERBAIKAN PROSES PEMBAKARAN PRODUK  
GERABAH DENGAN METODE *TAGUCHI*  
PADA CV. KARYA CIPTA LESTARI**

**SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh

Gelar Sarjana di Fakultas Teknik

Universitas Medan Area



**OLEH :**

**AULIA RIANSYAH**

**178150055**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**MEDAN**

**2021**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 14/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)14/12/21

## LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Perbaikan Proses Pembakaran Produk Gerabah dengan Metode *Taguchi* Pada CV, Karya Cipta Lestari

Nama : Aulia Riansyah

NPM 178150055

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Industri

Disetujui Oleh :  
Komisi Pembimbing,



(Ir. Hj. Nianny Siregar Msi.)

NIDN: 0127046201



(Sirmas Munte. ST. MT.)

NIDN: 0109026601

Mengetahui,



(Dr. Ir. Dita Maizana ST. MT.)

NIDN: 0112096601



(Cendi Dachi Polewangi. ST/MT)

NIDN: 0112118503

### LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dan hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi secara pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 5 Oktober 2021

  
10000  
METERAI  
TEMPEL  
(Aulia Riansyah)  
178150055  
B62AJX465257634



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Aulia Riansyah  
NPM : 178150055  
Program Studi : Teknik Industri  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Perbaikan Proses Pembakaran Produk Gerabah dengan Metode *Taguchi* Pada CV. Karya Cipta Lestari. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan skripsi saya selama tetap mencatumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat : Medan  
Pada tanggal : 5 Oktober 2021  
Yang menyatakan



(AULIA RIANSYAH)

## ABSTRACT

**Aulia Riansyah. 178150055. "The Analysis of the Burning Pottery Products Process Improvement with the Taguchi Method at CV. Karya Cipta Lestari". Supervised by Ir. Hj. Ninny Siregar M.Si. and Sirmas Munthe, S.T., M.T.**

CV. Karya Cipta Lestari is a company engaged in the manufacture of pottery with various types customized to the use or demand of consumers. The company is located in the Tanjung Morawa area, Deli Serdang Regency. CV Karya Cipta Lestari Company is engaged in the pottery manufacture where resilience is needed; precisely this focuses on material standards and the company's SOP (Standard Operational Procedure) when producing the pottery. At CV. Karya Cipta Lestari the burning process affected the pottery quality. The combustion did not only achieve the desired temperature but also it paid attention to the speed of combustion to reach that temperature and the speed to achieve cooling. The combustion process was carried out for 12 hours to 13 hours, combustion with an estimated temperature about 600°C to 950°C this caused there was no consistency in burning the pottery and only guessing on the pottery and made high defects on them. This study used the Taguchi Method to improve quality with a new experimental method, which was meant taking another approach provided the same level of confidence as Statistical Process Control (SPC). From experiments using the Taguchi method, it could be seen that there were two combinations of factors with two determining factor values to improve the pottery quality, namely with factor A as the temperature of the pottery burning with level values of 900°C and 950°C. Factor B was as the time of the pottery burning process with a level value of 12 hours and 13 hours. In the result of the experiment, there was a reduction in the risk of defective products on the pottery which was originally amounting to 7-10 flower vases or 17% - 20% to 4.3-6.57 or 10% defects in pottery products at CV. Karya Cipta Lestari.

**Keywords: Taguchi, Quality Control, Combustion Process**



## RINGKASAN

**Aulia Riansyah NPM 178150055. “Analisis Perbaikan Proses Pembakaran Produk Gerabah dengan Metode *Taguchi* Pada CV. Karya Cipta Lestari”. Dibimbing oleh Ir. Hj. Ninny Siregar Msi dan Sirmas Munte, ST,MT.**

CV. Karya Cipta Lestari adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang pembuatan gerabah dengan berbagai jenis yang disesuaikan dengan pemakaian atau permintaan konsumen. Perusahaan ini terletak di daerah Tanjung Morawa Kabupaten Deli Serdang. Perusahaan CV Karya Cipta Lestari bergerak pada bidang pembuatan gerabah dimana ketahanan sangat di butuhkan, tepatnya hal ini berfokus kepada standart material dan SOP (*Standart oprasional prosedur*) perusahaan pada saat memproduksi gerabah tersebut.

Pada CV. Karya Cipta Lestari proses pembakaran mempengaruhi kualitas gerabah. Pembakaran yang dilakukan tidak hanya bertujuan untuk mencapai suhu yang diinginkan, melainkan juga memperhatikan kecepatan pembakaran untuk mencapai suhu tersebut serta kecepatan untuk mencapai pendinginan. Proses pembakaran dilakukan selama 12 jam hingga 13 jam, pembakaran dengan suhu perkiraan antara 600°C hingga 950°C hal ini menyebabkan tidak adanya konsisten dalam melakukan pembakaran pada gerabah dan hanya mengira-ngira pada gerabah dan membuat tingginya hasil kecacatan pada produk gerabah tersebut,

Penelitian ini menggunakan Metode *Taguchi* untuk melakukan perbaikan kualitas dengan metode percobaan baru yang artinya melakukan pendekatan lain yang memberikan tingkat kepercayaan yang sama dengan *Statistical Process Control* (SPC).

Dari eksperimen dengan menggunakan metode *Taguchi* dapat diketahui bahwa terdapat dua kombinasi faktor dengan dua nilai faktor yang di tentukan untuk meningkatkan kualitas gerabah tersebut yaitu dengan faktor A sebagai temperature pembakaran gerabah dengan nilai level 900°c dan 950°c. Faktor B sebagai waktu proses pembakaran gerabah dengan nilai level 12 jam dan 13 jam. Dalam hasil eksperimen terjadi penurunan resiko produk cacat pada gerabah yang pada awalnya berjumlah 7-10 vas bunga atau sebesar 17% - 20% menjadi 4,3 – 6,57 atau sebesar 10% kecacatan pada produk gerabah di CV. Karya Cipta Lestari.

**Kata kunci : *Taguchi*, Pengendalian Kualitas, Proses Pembakaran**

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan, Provinsi Sumatera Utara. Pada tanggal 1 Maret 1999 dari Ayah Judit Mawardi dan Ibu Sri Handayani. Penulis merupakan anak ke-1 dari 2 beresudara. Penulis menyelesaikan pendidikan pertama di SD Free Methodist – 2 Medan pada tahun 2011. Kemudian dilanjutkan ke tingkat menengah dan lulus di sekolah SMP Free Methodist – 2 Medan tahun 2014

Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di PPLP SUMUT dan bersekolah di SMA Swasta Mulia Medan, Sumatera Utara dan lulus pada tahun 2017. Setelah lulus penulis melanjutkan ke jenjang perkuliahan dan masuk kuliah pada tahun 2017 dan terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Industri Universitas Medan Area hingga pada saat ini.

Pada tahun 2020, penulis melaksanakan Kerja Praktek (KP) dan penelitian di PT. MASS Indonesia Bandar Tinggi selama 1 bulan dan pada tahun 2021 penulis melakukan penelitian Tugas Akhir di CV. Karya Cipta Lestari selama 3 bulan.

## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanallahu Wa Ta'ala atas berkat rahmatNya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul Analisis Perbaikan Proses Pembakaran Produk Gerabah dengan Metode *Taguchi* Pada CV. Karya Cipta Lestari.

Penulisan skripsi ini adalah salah satu syarat untuk mahasiswa dalam menyelesaikan studinya di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Industri Universitas Medan Area. Pada saat penyelesaian skripsi ini, penulis telah banyak memperoleh bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

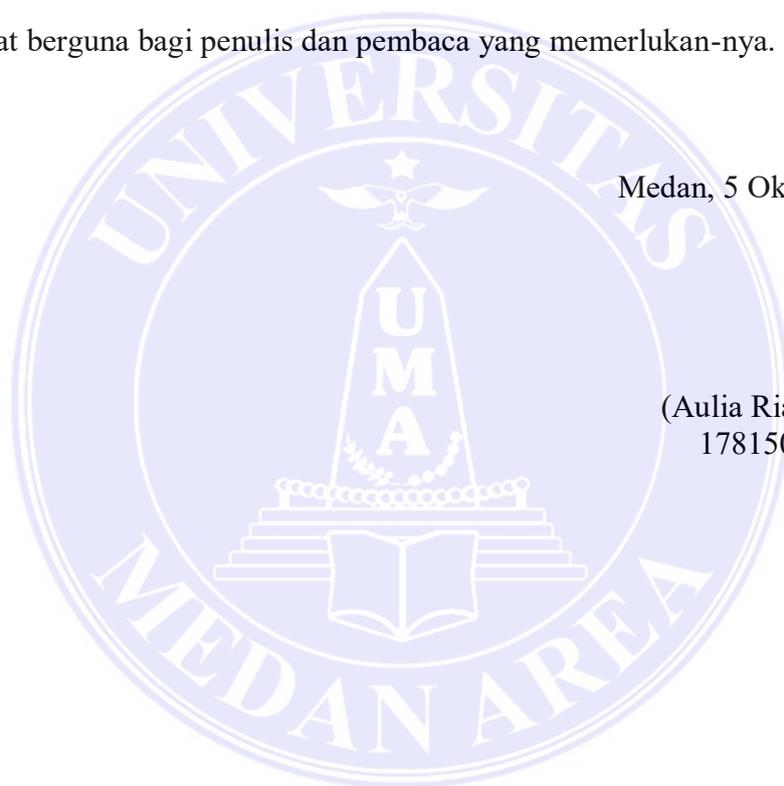
1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramadan M.ENG, M.Sc, selaku Rektor Universitas Medan Area
2. Ibu Dr. Ir. Dina Maizana MT., Selaku Dekan Fakultas Teknik.
3. Bapak Yudi Daeng Polewangi, ST, MT., Selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Medan Area.
4. Ibu Ir. Hj. Ninny Siregar Msi., Selaku Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Sirmas Munte, ST, MT., Selaku Dosen Pembimbing II.
6. Kedua orang tua dan saudara yang telah memberi dukungan sepenuhnya kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Rekan-rekan seperjuangan dari Grup Bully, terkhususnya sahabat saya Wahyu Ramadhani, ST.

8. Deswita Aulia Nst, yang telah memberi semangat untuk menyelesaikan skripsi ini.

Atas bantuan, bimbingan dan fasilitas yang telah diberikan kepada penulis. Penulis mengharapkan di dalam penyusunan Skripsi ini, penulis mendapatkan kritik dan saran yang sifatnya membangun penulis demi kesempurnaan laporan ini. Akhirnya penulis berharap semoga Allah Subhanallahu Wa Ta'ala membalas semua kebaikan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis. Semoga Skripsi ini dapat berguna bagi penulis dan pembaca yang memerlukan-nya.

Medan, 5 Oktober 2021

(Aulia Riansyah)  
178150055



## DAFTAR ISI

	HALAMAN
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang Permasalahan .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Batasan Masalah .....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1. Pengendalian Kualitas .....	6
2.2. Pengertian kualitas .....	7
2.3. Mutu .....	8
2.3.1. Rekayasa Mutu.....	9
2.4. Metode <i>Taguchi</i> .....	11
2.5. Desain Eksperimen Metode <i>Taguchi</i> .....	15
2.5.1. Tahapan Perencanaan .....	16
2.5.1.1. Klasifikasi Parameter.....	16
2.5.1.2. Pemilihan Level Faktor .....	20

2.5.1.3. Penempatan Kolom untuk Faktor dan Interaksi ke dalam Matriks .....	20
2.5.1.4 Pengaruh Faktor-Faktor.....	21
2.5.1.5. Derajad Kebebasan.....	21
2.5.1.6. Matriks Ortogonal .....	23
2.6. Tahap Eksperimen.....	24
2.7. Tahap Analisa .....	25
2.7.2 Uji F .....	30
2.7.3 Strategi <i>Pooling Up</i> .....	31
2.7.4 Rasio SN .....	31
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>34</b>
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian .....	34
3.2. Jenis Penelitian.....	34
3.3. Variabel Penelitian .....	34
3.4. Kerangka Berfikir.....	35
3.5. Teknik Pengumpulan Data .....	36
3.5. Teknik Pengolahan Data.....	36
3.7. Metode Penelitian.....	37
<b>BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA .....</b>	<b>39</b>
4.1. Pengumpulan Data .....	39
4.2 Pengolahan Data .....	39
4.2.1. Tahap Perencanaan.....	39
4.2.2. Tahap Pelaksanaan .....	43
4.2.3. Tahap Analisis .....	48
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>69</b>
5.1. Kesimpulan .....	69
5.2. Saran.....	70
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	

## DAFTAR TABEL

GAMBAR	HALAMAN
4.1. Data Kecacatan Produk .....	39
5.2. Penentuan Jumlah Faktor dan Nilai Level Faktor.....	40
5.3. Perhitungan Derajad Kebebasan .....	41
5.4 Matriks Ortogonal Standar dengan 2 Level.....	41
5.5. Penempatan Kolom Untuk Faktor dan Interaksi ke Dalam Matriks Ortogonal $L_4(2^3)$ .....	42
5.6. Hasil Eksperimen Tingkat Produk Cacat Pada Gerabah .....	43
5.7. Respon Rata-rata Pengaruh Faktor Produk .....	45
5.8. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Nilai <i>S/N Ratio</i> .....	46
5.9. Peringkat dan Selisih Faktor dan Interaksi <i>Signal to Noise</i> .....	48
5.10. Analisis Varians Rata-rata.....	52
5.11. Analisis Varians Penggabungan .....	53
5.12. Persen Kontribusi .....	55
5.13. Analisis Varians SNR.....	59
5.14. Analisis Varians Penggabungan SNR .....	59
5.15. Persen Kontribusi SNR .....	62
5.16. Faktor dan Level Eksperimen Konfirmasi.....	65
5.17. Data Eksperimen Konfirmasi.....	65
5.18. Interperasi Hasil Perhitungan Produk Cacat Pada Gerabah .....	68

## DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	HALAMAN
2.1. Matriks Ortogonal .....	23
2.2. Matriks Ortogonal <i>Arrays</i> .....	24
2.3. Grafik Karakteristik Kualitas.....	33
3.1. Krangka Berfikir .....	35
3.2. Diagram Alur Metode Penelitian .....	38



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada era global ini perkembangan industri sangat pesat meningkat sehingga perusahaan dagang, ataupun jasa berlomba-lomba untuk meningkatkan kualitas demi memuaskan setiap permintaan konsumen. Hal ini dilakukan secara terus menerus agar tercapainya kualitas dan mutu yang terbaik.

Meningkatnya persaingan bisnis yang semakin kompetitif antar perusahaan, mendorong para pelaku usaha untuk berlomba-lomba menghasilkan produk yang sesuai dengan kebutuhan konsumen. Perusahaan harus dapat memahami yang dibutuhkan dan diinginkan oleh konsumen, karena jika produk yang dihasilkan sesuai dengan keinginan serta kebutuhan konsumen maka konsumen akan merasa puas. Untuk menjaga kepuasan konsumen maka perusahaan harus menjaga kualitas produk yang dihasilkan. Kualitas mempunyai hubungan yang erat dengan kepuasan konsumen. Kualitas akan mendorong konsumen untuk menjalin hubungan erat dengan perusahaan, maka dari itu perusahaan harus melakukan perbaikan berkelanjutan agar kualitas produk terus meningkat sehingga kepuasan pelanggan tetap terjaga.

CV. Karya Cipta Lestari adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang pembuatan gerabah dengan berbagai jenis yang disesuaikan dengan pemakaian atau permintaan konsumen. Perusahaan ini terletak di daerah Tanjung Morawa Kabupaten Deli Serdang. Dalam kegiatannya perusahaan menghasilkan berbagai macam jenis produk yang disesuaikan dengan kebutuhan dan permintaan

konsumen. Dalam produksinya perusahaan memiliki pengendalian kualitas agar permintaan produk oleh konsumen tetap akan terjaga. Perusahaan CV Karya Cipta Lestari bergerak pada bidang pembuatan gerabah dimana ketahanan sangat di butuhkan, tepatnya hal ini berfokus kepada standart material dan SOP (*Standart oprasional prosedur*) perusahaan pada saat memproduksi gerabah tersebut.

Pada CV. Karya Cipta Lestari proses pembakaran mempengaruhi kualitas gerabah selain bahan baku. Keberhasilan dari pembakaran ini tergantung pada bahan bakar, pengaturan suhu, cara penyusunan gerabah selama pembakaran. Pembakaran yang dilakukan tidak hanya bertujuan untuk mencapai suhu yang diinginkan, melainkan juga memperhatikan kecepatan pembakaran untuk mencapai suhu tersebut serta kecepatan untuk mencapai pendinginan. Proses pembakaran harus berjalan seimbang dengan kenaikan suhu dan kecepatan suhu, ada beberapa tahapan yang harus diperhatikan. Pada perusahaan pembakaran tanah liat dilakukan selama 12 jam hingga 13 jam pembakaran dengan suhu perkiraan antara 600 °C hingga 950 °C hal ini menyebabkan tidak adanya konsisten dalam melakukan pembakaran pada gerabah dan hanya mengira-ngira pada gerabah dan membuat tingginya hasil kecacatan pada produk gerabah tersebut. Hal ini yang menjadi permasalahan dalam perusahaan karena tidak adanya standart ketentuan temperatur dan waktu dalam pembakaran sehingga terjadi kurangnya matang dalam pembakaran atau terlalu matang sehingga gerabah menjadi pecah. Bukan berarti setelah melewati temperatur 600 °C gerabah dikatakan matang dengan sempurna. Temperatur kematangan suatu tanah liat berbeda – beda sesuai dengan jenisnya. Terdapat sebanyak 50 vas bunga dalam sekali pembakaran dengan berbagai jenis ukuran, dan selalu menghasilkan produk yang tidak matang secara sempurna atau

pecah dengan jumlah kisaran 7-10 vas bunga yang artinya kegagalan mencapai 17%-20%

Melihat kondisi tersebut, perlu dilakukan penelitian untuk mengurangi kecacatan produk hingga *zero defect*. Penelitian menggunakan Metode *Taguchi* untuk melakukan perbaikan kualitas dengan metode percobaan baru yang artinya melakukan pendekatan lain yang memberikan tingkat kepercayaan yang sama dengan *Statistical Process Control* (SPC).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana melakukan perbaikan temperatur dan waktu pada proses pembakaran produk gerabah.

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Melakukan perbaikan temperatur dan waktu proses pembakaran pada produk gerabah.
2. Menentukan kombinasi faktor dan nilai level faktor untuk menurunkan produk cacat melalui peningkatan kualitas produk gerabah.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian yang dilakukan antara lain :

1. Dapat mengetahui faktor-faktor penyebab terjadinya kecacatan pada saat proses pembakaran dilakukan dalam produksi.

2. Dapat menjadi bahan pertimbangan pada perusahaan untuk pemecahan masalah penurunan mutu produk.

### 1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini dilaksanakan pada CV. Karya Cipta Lestari
2. Eksperimen dilakukan tanpa merubah bahan material dan adonan pada gerabah dianggap baik.
3. Penelitian dilakukan tanpa mempertimbangkan penimpahan gerabah dalam pembakaran.
4. Penelitian ini tidak menghitung biaya yang dilakukan dalam proses perbaikan kualitas.
5. Penelitian hanya dilakukan pada produk vas bunga saja

### 1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan laporan hasil penelitian ini adalah :

#### BAB I Pendahuluan

Pendahuluan merupakan bagian awal skripsi yang memberikan gambaran tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan batasan masalah.

#### BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi kutipan atau teori-teori yang relevan dengan permasalahan yang dikaji.

#### BAB III Metode Penelitian

Bab ini mengemukakan tentang urutan langkah-langkah dalam pemecahan masalah dan penjelasan secara garis besar bagaimana langkah pemecahan persoalan dengan menggunakan metode yang digunakan.

#### BAB IV Pengumpulan dan Pengolahan Data

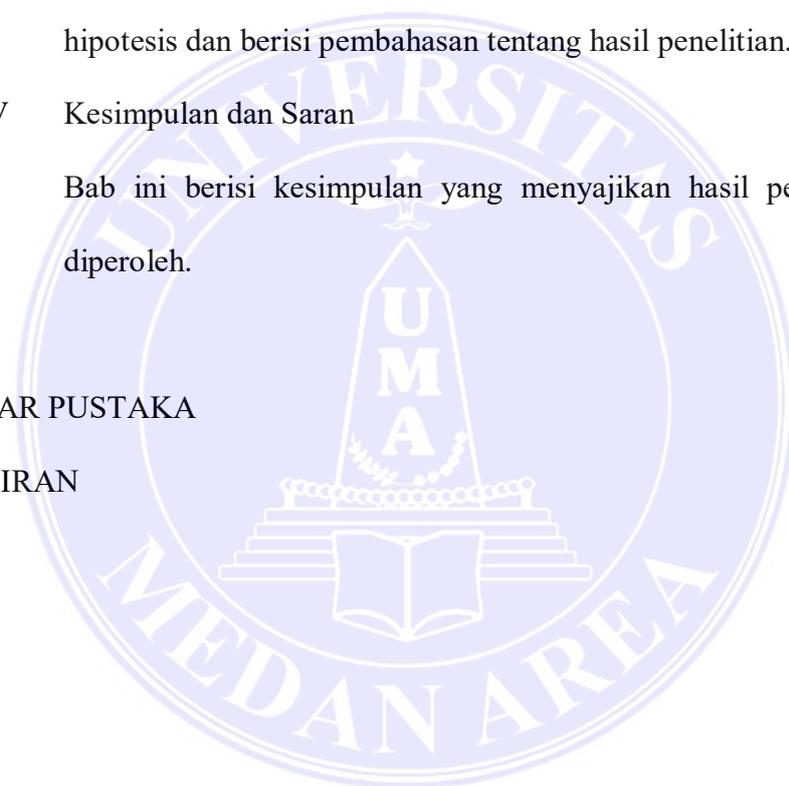
Bab ini berisi serangkaian data yang berhasil dikumpulkan baik data mendukung maupun data utama yang diperlukan untuk pengujian hipotesis dan berisi pembahasan tentang hasil penelitian.

#### BAB V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan yang menyajikan hasil penelitian yang diperoleh.

#### DAFTAR PUSTAKA

#### LAMPIRAN



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas merupakan suatu sistem verifikasi dan penjagaan/perawatan dari suatu tingkat kualitas produk atau proses yang dikehendaki dengan perencanaan yang seksama, pemakaian peralatan yang sesuai, inspeksi yang terus menerus serta tindakan korektif bilamana diperlukan. Jadi, pengendalian kualitas tidak hanya kegiatan inspeksi ataupun menentukan apakah produk itu baik (*accept*) atau jelek (*reject*).

Setiap Industri produksi dan industri jasa mempunyai fungsi jaminan kualitas yang resmi. Tanggung jawab perusahaan membantu manajemen dalam memberikan jaminan kualitas untuk produksi suatu perusahaan (Irwan dan Haryono,2015;40)

Pengendalian kualitas dilakukan mulai dari proses input informasi/bahan baku dari pihak *marketing* dan *purchasing* hingga bahan baku tersebut masuk ke pabrik dan bahan baku itu diolah di pabrik yang akhirnya dikirim ke pelanggan. Bahkan pengendalian kualitas juga dilakukan setelah adanya purna jual. Untuk memenuhi semua kebutuhan ini tentunya perlu adanya berbagai macam *tool* yang mampu mempresentasikan data yang dibutuhkan dan menganalisis data tersebut hingga didapat suatu kesimpulan.

## 2.2 Pengertian Kualitas

Kualitas memiliki cakupan yang sangat luas, yang artinya kualitas memiliki banyak kriteria dan sangat bergantung pada konteksnya terutama jika dilihat dari sisi penilaian akhir konsumen dan definisi yang diberikan dari berbagai ahli serta dari sudut pandang produsen yang membuat produk tersebut. Secara ringkas kualitas adalah kecocokan atau kesesuaian antara produk dengan penggunaannya. Jadi kualitas merupakan asas dalam analisis statistika untuk pemenuhan persyaratan kualitas sesuai dengan standar yang diinginkan oleh pelanggan. (Irwan dan Haryono, 2015;34)

Kualitas adalah totalitas dari fitur dan karakteristik yang dimiliki oleh produk yang sanggup untuk memuaskan kebutuhan konsumen sekarang dan di masa depan. Hal ini membuat harus adanya kecocokan yang sesuai dengan spesifikasi yang di pengaruhi oleh banyak faktor, seperti pemilihan proses pembuatan, latihan, dan pengawasan angkatan kerja, jenis sistem jaminan kualitas (pengendalian proses, uji, aktivitas, pemeriksaan, dan sebagainya) yang digunakan, seberapa jauh prosedur ini diikuti, dan motivasi angkatan kerja untuk mencapai kualitas ini diikuti untuk mencapai kualitas yang baik.

Berikut parameter yang digunakan sebagai ciri-ciri kualitas

1. Fisik, seperti panjang, berat, voltase, dan kekentalan.
2. Indera, seperti rasa, penampilan, dan warna.
3. Orientasi waktu, seperti keandalan, dapatnya dipelihara dan dirawat

Ada delapan dimensi kualitas yang dapat digunakan sebagai kerangka perencanaan strategi dan analisis, terutama untuk produk manufaktur. Dimensi-dimensi tersebut adalah

1. Kinerja (*performance*) karakteristik operasi pokok dari produk inti.
2. Ciri-ciri atau keistimewaan tambahan (*features*) yaitu karakteristik sekunder atau pelengkap.
3. Keandalan (*realibiliti*) yaitu kemungkinan kecil akan mengalami kecacatan atau gagal pakai.
4. Kesesuaian dengan spesifikasi (*conformance to specification*).
5. Daya tahan (*durability*) berapa lama produk tersebut dapat bertahan.
6. Memiliki kualitas yang sangat baik pada satu dimensi tapi tidak pada dimensi lainnya.
7. *Serviceability* meliputi kecepatan, kompetensi, kenyamanan, mudah direparasi, penanganan keluhan yang memuaskan.
8. Estetika merupakan daya tarik produk terhadap panca indera.

### 2.3 Mutu

Pengendalian mutu adalah teknik dan kegiatan yang digunakan untuk mencapai, mempertahankan dan meningkatkan mutu dari suatu produk. Pengendalian mutu mengintegrasikan hubungan antara teknik dan kegiatan sebagai berikut:

1. Spesifikasi yang dibutuhkan.
2. Desain produk untuk memenuhi spesifikasi.
3. Produksi atau instalasi untuk memenuhi keseluruhan tujuan dari spesifikasi.
4. Inspeksi untuk menentukan kesesuaian spesifikasi.
5. Tinjauan kembali dari penggunaan informasi untuk perbaikan spesifikasi jika diperlukan.

Menurut Haming dan Nurnajamuddin (2017:117), mutu adalah kreasi dan inovasi berkelanjutan yang dilakukan untuk menyediakan produk atau jasa yang memenuhi atau melampaui harapan para pelanggan, dalam usaha untuk terus memuaskan kebutuhan dan keinginan mereka. Mutu memiliki dua dimensi yang berbeda dan harus dibedakan, yaitu konsistensi dan kapabilitas. Konsistensi berkaitan dengan derajat kesesuaian secara berkelanjutan dari produk atau jasa yang dihasilkan dengan spesifikasi yang diharapkan para pelanggan. Sedangkan kapabilitas produk berkaitan dengan derajat kemampuan suatu produk atau jasa untuk memenuhi kebutuhan para pelanggan. Kegiatan pengendalian terdiri atas kegiatan sebagai berikut:

- a. mengevaluasi kinerja nyata proses
- b. membandingkan kinerja nyata proses dengan tujuan
- c. mengambil tindakan jika dijumpai adanya tindakan penyimpangan kinerja dengan tujuan.

### 2.3.1 Rekayasa Mutu

Dalam dunia bisnis pangsa pasar dan tingkat profitabilitas adalah dua determinan pokok dari keberhasilan setiap perusahaan dalam menjalankan misinya. Perusahaan yang mampu memelihara pangsa pasar dan profitabilitas yang tinggi merupakan kekuatan perusahaan tersebut dalam membangun daya saing. Faktor-faktor yang sangat menentukan daya saing ialah waktu ancap-ancang, unit biaya dan mutu produk. Dalam era global ini, mutu semakin dikenal sebagai sebuah atribut penjualan dari produk. Oleh karena itu, upaya perbaikan mutu telah mendapat perhatian semakin serius. Salah satu pendekatan yang efektif dalam

perbaikan mutu produk adalah pembangunan mutu ke dalam proses dan produk secara tepat pada setiap tahapan desain produk dan prosesnya.

Kualitas menurut taguchi adalah untuk menghasilkan produk dan jasa yang dapat memenuhi kebutuhan dan harapan konsumen berkaitan dengan umur produk atau jasa. Rekayasa kualitas dapat diartikan sebagai proses pengukuran yang dilakukan selama perancangan produk atau proses. Kerangka dasar dari rekayasa kualitas merupakan suatu hubungan antara dua disiplin ilmu yaitu teknik perancangan dan manufaktur, dimana mencakup seluruh aktifitas pengendalian kualitas dalam setiap fase dari penelitian dan pengembangan produk, perancangan proses, perancangan produksi, dan kepuasan konsumen.

Mutu suatu produk diukur dari karakteristik-karakteristik produk tersebut. Kualitas berhubungan dengan kerugian yang akan diterima pelanggan selama masa pakai. Suatu produk dengan kualitas sangat baik akan memberi dampak buruk yang minimal kepada konsumen selama masa pakai. Kerugian pada konsumen dapat bermacam-macam tetapi pada umumnya yaitu waktu, polusi, bising, dll. Jika produk tidak bekerja sesuai yang diharapkan maka konsumen akan merasa dirugikan. Setelah produk dikirim, keputusan telah diambil, ini artinya produsen tidak bisa melakukan apapun lagi terhadap produk yang telah dikirim. Sebelum dikirim produsen masih bisa memilih material yang akan dipakai untuk produksi, tetapi jika sudah terkirim maka tidak dapat diubah lagi.

Faktor-faktor yang menyebabkan variasi pada produk, fungsi disebut sebagai faktor eror atau noise. Terdapat tiga tipe faktor noise yaitu:

1. *External noise*

Variable pada lingkungan atau kondisi yang mengganggu fungsi produk.

Temperatur, kelembapan, debu, dan kemampuan manusia yang berbeda-beda adalah contoh external noise.

2. *Deteriorator noise atau internal noise.*

Perubahan yang terjadi ketika sebuah produk menurun kualitasnya selama masa penyimpanan atau selama masa penggunaan, jadi produk tidak lagi mencapai fungsi yang ditargetkan.

3. *Variational noise atau unit-to-unit noise*

Perbedaan antara produk individual yang diproduksi pada spesifikasi yang sama.

## 2.4 Metode Taguchi

Metode *Taguchi* pertama kali dicetuskan oleh Dr.Genichi Taguchi pada tahun 1949 saat mendapat tugas untuk memperbaiki sistem komunikasi di Jepang. Dr. Genichi Taguchi memiliki latar belakang *engineering*, juga mendalami statistika dan matematika tingkat lanjut, sehingga ia dapat menggabungkan antara teknik statistik dan pengetahuan *engineering*. Ia mengembangkan metode *Taguchi* untuk melakukan perbaikan kualitas dengan metode percobaan 'baru', artinya melakukan pendekatan lain yang memberikan tingkat kepercayaan yang sama dengan *Statistical Process Control (SPC)*.

Menurut Taguchi, ada 2 (dua) segi umum kualitas yaitu kualitas rancangan dan kualitas kecocokan. Kualitas rancangan adalah variasi tingkat kualitas yang ada pada suatu produk yang memang disengaja, sedangkan kualitas kecocokan adalah seberapa baik produk itu sesuai dengan spesifikasi dan kelonggaran yang disyaratkan oleh rancangan.

Metode Taguchi menggunakan seperangkat matriks khusus yang disebut Orthogonal Array. Matriks standar ini merupakan langkah untuk menentukan jumlah percobaan minimal yang dapat memberikan informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter. Bagian terpenting dari metode *Orthogonal Array* terletak pada pemilihan kombinasi level variabel-variabel input untuk masing-masing percobaan. Filosofi Taguchi terhadap kualitas terdiri dari tiga buah konsep, yaitu:

1. Kualitas harus didesain ke dalam produk dan bukan sekedar memeriksanya
2. Kualitas terbaik dicapai dengan meminimumkan deviasi dari target. Produk harus didesain sehingga robust terhadap faktor lingkungan yang tidak dapat dikontrol
3. Biaya kualitas harus diukur sebagai fungsi deviasi dari standar tertentu dan kerugian harus diukur pada seluruh sistem.

Metode Taguchi memperkenalkan pendekatan dengan menggunakan pendekatan desain eksperimen yang berguna untuk:

1. Merancang suatu produk/merancang proses sehingga kualitas kokoh terhadap kondisi lingkungan.
2. Merancang/mengembangkan produk sehingga kualitasnya kokoh terhadap variasi komponen.
3. Meminimalkan variasi di sekitar target.

Metode *Taguchi* adalah sebuah metode dengan melakukan suatu analisa dari hasil suatu proses, dan menentukan faktor tentang suatu proses atau populasi berdasarkan suatu analisis informasi yang terkandung di dalam sampel atau populasi itu, dan membandingkan hasil pengukuran tersebut dengan spesifikasi/

karakteristik *output* yang diinginkan pelanggan, Metode statistik memberikan peranan penting dalam jaminan kualitas. Metode *Taguchi* memberikan cara-cara pokok dalam pengambilan sampel produk, pengujian serta evaluasinya dan informasi didalam data itu yang akan digunakan untuk mengendalikan dan meningkatkan pada saat proses produksi. Untuk menjamin proses produksi dalam kondisi baik dan stabil atau produk yang dihasilkan selalu dalam daerah standar.

Dalam percobaan Taguchi ada 3 karakter kualitas yaitu sebagai berikut:

a. *Smaller The Better*

Merupakan karakteristik terukur non negatif dengan nilai ideal nol. Pencapaian nilai yang mendekati nol maka kualitas semakin baik. Contoh: produk gagal (cacat), pemborosan, kebisingan dan limbah.

b. *Nominal Is The Best*

Merupakan karakteristik kualitas dengan nilai yang dapat berupa positif maupun negatif. Nilai yang diukur berdasarkan nilai target yang sudah ditentukan. Nilai yang mendekati target maka kualitas semakin baik. Contoh: ketebalan, berat, temperatur, dan tekanan.

c. *Large Is Better*

Merupakan karakteristik terukur dengan nilai nol negatif dan nilai ideal tak hingga. Pencapaian nilai tak hingga maka kualitas yang dihasilkan semakin baik. Contoh: kekuatan dan ketahanan.

Metode *Taguchi* mempunyai beberapa keunggulan seperti:

1. Desain eksperimen *Taguchi* lebih efisien karena memungkinkan untuk melaksanakan penelitian yang melibatkan banyak faktor dan jumlah.

2. Desain eksperimen *Taguchi* memungkinkan diperolehnya suatu proses yang menghasilkan produk yang konsisten dan kokoh terhadap faktor yang tidak dapat dikontrol (faktor gangguan).
3. Metode *Taguchi* menghasilkan kesimpulan mengenai respon faktor-faktor dan level dari faktor-faktor kontrol yang menghasilkan respon optimum.
4. Metode *Taguchi* juga memiliki kekurangan dibandingkan dengan metode lain diantaranya adalah rancangan metode *Taguchi* mempunyai struktur yang sangat kompleks, di mana terdapat rancangan yang mengorbankan pengaruh interaksi dan ada pula rancangan yang mengorbankan pengaruh utama dan pengaruh interaksi yang cukup signifikan.
5. Metode *Taguchi* menggunakan seperangkat matriks khusus yang disebut *matriks ortogonal*. Matriks standar ini merupakan langkah untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat mempengaruhi parameter.

Matriks standar merupakan langkah untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberikan informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter. Bagian terpenting dari metode Matriks ortogonal terletak pada pemilihan kombinasi level variabel input masing-masing eksperimen.

Kekurangan metode *Taguchi* ialah rancangan metode ini strukturnya kompleks, dimana terdapat pula rancangan yang mengorbankan pengaruh utama dan pengaruh interaksi yang cukup signifikan. Untuk mengatasinya perlu dilakukan pemilihan rancangan percobaan secara hati-hati dan sesuai dengan tujuan penelitian.

## 2.5 Desain Eksperimen Metode *Taguchi*

Pada umumnya desain eksperimen *Taguchi* dibagi menjadi tiga tahap utama yang mencakup semua pendekatan eksperimen. Tiga tahap utama tersebut adalah:

### 1. Tahapan Perencanaan

Perencanaan eksperimen merupakan tahap terpenting yang meliputi perumusan masalah, penetapan tujuan eksperimen, penentuan variabel tak bebas, identifikasi faktor-faktor (variabel bebas), pemisahan faktor kontrol dan faktor gangguan, penentuan jumlah level dan nilai level faktor, letak dari kolom interaksi, perhitungan derajat kebebasan, dan pemilihan matriks ortogonal.

### 2. Tahap Pelaksanaan

Pelaksanaan eksperimen meliputi penentuan jumlah replikasi eksperimen dan randomisasi pelaksanaan eksperimen. Replikasi adalah pengulangan kembali perlakuan yang sama dalam suatu percobaan dengan kondisi yang sama untuk memperoleh ketelitian yang tinggi. Replikasi dilakukan untuk tujuan

- a. Menambah ketelitian data eksperimen
- b. Mengurangi tingkat kesalahan pada eksperimen
- c. Memperoleh harga taksiran kesalahan eksperimen sehingga memungkinkan diadakannya uji signifikan hasil eksperimen.

### 3. Tahap Analisa

Pada tahap analisa dilakukan pengumpulan dan pengolahan data yaitu meliputi pengumpulan data, pengaturan data, perhitungan serta penyajian data dalam suatu *layout* tertentu yang sesuai dengan desain yang dipilih

untuk suatu eksperimen yang dipilih. Selain itu dilakukan perhitungan dan pengujian data dengan statistik seperti analisa variansi, tes hipotesa, dan penerapan rumus empiris pada data hasil eksperimen.

### 2.5.1 Tahap Perencanaan

Desain eksperimen yang baik apabila eksperimen yang dilakukan sesuai dengan masalahnya dan mempunyai efisiensi yang tinggi yaitu apabila eksperimen dilakukan dengan menggunakan biaya, waktu, dan usaha yang minimum tetapi dapat memberikan informasi yang optimum. Seorang peneliti akan belajar berbagai hal dari beberapa eksperimen untuk mendapatkan informasi yang positif. Perancangan eksperimen merupakan tahap terpenting yang meliputi perumusan masalah, penetapan tujuan eksperimen, penentuan variabel tak bebas, identifikasi faktor-faktor gangguan, penentuan jumlah level dan nilai level faktor, letak kolom interaksi, perhitungan derajat kebebasan, dan pemilihan matriks ortogonal.

#### 2.5.1.1 Klasifikasi Parameter

Banyak faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas dari suatu produk, berikut termasuk faktor yang dapat diklasifikasikan dalam metode *Taguchi*

##### a. Faktor gangguan

Merupakan suatu parameter yang menyebabkan penyimpangan karakteristik kualitas dari nilai targetnya. Faktor gangguan memiliki nilai yang tidak bisa kita atur atau kendalikan, walaupun dapat kita atur akan mahal biayanya. Faktor gangguan dapat menyebabkan pengaruh pada karakteristik secara tidak

terkendali dan sulit diprediksi. Faktor gangguan biasanya sulit, mahal, dan tidak menjadi sasaran pengendalian tetapi untuk tujuan eksperimen mereka perlu dikendalikan dalam skala kecil.

b. Faktor kontrol

Merupakan parameter-parameter yang nilai-nilainya ditentukan oleh ahli teknik. Faktor-faktor kontrol dapat mempunyai nilai satu atau lebih yang disebut level. Pada akhir eksperimen, suatu level faktor kontrol yang sesuai akan dipilih. Salah satu aspek dari perancangan kokoh adalah mencari kondisi level optimal untuk faktor kontrol sehingga karakteristik kualitas tidak sensitif terhadap gangguan. Contoh faktor kontrol yaitu jenis bahan baku, gaya dan temperatur.

c. Faktor Signal

Faktor signal adalah faktor-faktor yang mengubah nilai-nilai karakteristik kualitas yang sebenarnya yang akan diukur. Karakteristik kualitas dalam perancangan eksperimen di mana faktor signal mempunyai nilai konstan (dalam hal ini tidak dimasukkan sebagai faktor) disebut karakteristik statis. Maka faktor signal dapat mengambil banyak nilai, karakteristik mempunyai sifat dinamik. Faktor signal tidak ditentukan oleh ahli teknik tetapi oleh konsumen berdasarkan hasil yang diinginkan.

d. Faktor Skala

Faktor ini digunakan untuk mengubah rata-rata level karakteristik kualitas untuk mencapai hubungan fungsional yang diperlukan antara faktor signal dengan karakteristik kualitas. Faktor skala disebut juga faktor penyesuaian

e. Variabel bebas

Merupakan variabel yang perubahannya tidak tergantung pada variabel lain. Pada tahap ini akan dipilih faktor-faktor mana saja yang akan diselidiki pengaruhnya terhadap variabel tak bebas yang bersangkutan. Dalam suatu percobaan tidak seluruh faktor yang diperkirakan mempengaruhi variabel yang diselidiki, sebab hal ini akan membuat pelaksanaan percobaan dan analisisnya menjadi kompleks. Hanya faktor-faktor yang dianggap penting saja yang diselidiki. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang diteliti adalah:

1) *Brainstorming*

*Brainstorming* merupakan pemikiran kreatif tentang pemecahan suatu masalah, tanpa melihat apakah yang diungkapkan itu masuk akal atau tidak. *Brainstorming* akan lebih baik jika dimulai dengan diskusi kelompok untuk memberikan gambaran yang akan dihadapi ditinjau dari semua sudut pandang yang berbeda

2) *Flowchart*

Pada metode ini yang dilakukan adalah mengidentifikasi faktor-faktor melalui *flowchart* proses pembuatan obyek yang diamati. Dengan melihat pada *flowchart* maka untuk masing-masing tahap diidentifikasi faktor-faktor yang mungkin berpengaruh

3) Diagram Sebab Akibat

Disebut juga diagram Ishikawa, merupakan metode yang paling sering digunakan untuk mengidentifikasi penyebab-penyebab (faktor-faktor) yang potensial. Dimulai dengan menyatakan pengaruh utama (variabel

bebas) yang akan diamati, kemudian diurutkan penyebab yang mungkin berpengaruh pada variabel bebas yang diamati. Akibat ada sebelah kanan dan sebab berapa disebelah kirinya dengan garis miring penghubung. Dari penyebab-penyebab yang utama dapat dijabarkan lagi beberapa penyebab yang lebih spesifik sebagai penyebab sekunder, biasanya penyebab-penyebab utama terdiri dari material, mesin dan peralatan, metode, manusia/operator atau penyebab utama lainnya.

#### f. Penentuan Variabel Tak Bebas

Merupakan variabel yang perubahannya tergantung pada variabel-variabel lain. Dalam merencanakan suatu eksperimen harus dipilih dan ditentukan dengan jelas variabel tak bebas mana yang akan diselidiki. Dalam eksperimen *Taguchi* variabel tak bebas adalah karakteristik kualitas yang terdiri dari tiga kategori yaitu :

1. Karakteristik yang dapat diukur Semua hasil akhir yang diamati dapat diukur dengan skala kontinyu. Contoh : temperatur, berat, tekanan, dan lain-lain.
2. Karakteristik atribut Hasil akhir yang diamati tidak dapat diukur dengan skala kontinyu, tetapi dapat diklasifikasikan secara kelompok. Contoh: retak, jelek, baik, dan lain-lain.
3. Karakteristik dinamik Merupakan fungsi representasi dari proses yang diamati. Proses yang diamati digambarkan sebagai signal dan output digambarkan sebagai hasil dari signal. Sebagai contoh adalah sistem transmisi otomatis dengan *input* putaran mesin dan *output* adalah perubahan getar.

### 2.5.1.2 Pemilihan Level Faktor

Menentukan banyaknya level dan faktor yang digunakan untuk tiap faktor yang dipilih dalam eksperimen adalah tahap penting dalam perencanaan. Menentukan level dari faktor kualitatif biasanya telah jelas dari sifat permasalahan yang diteliti. Jika proses atau produk baru yang diteliti, maka perlu digunakan 3 level untuk beberapa faktor untuk mengevaluasi non linieritas pada range faktor.

Jika diketahui pengaruh faktor tertentu, maka faktor dengan 2 level sudah cukup untuk mendapatkan informasi yang diinginkan dari hasil eksperimen. Pemilihan jumlah level penting artinya untuk ketelitian hasil eksperimen dan ongkos pelaksanaan eksperimen. Makin banyak level yang diteliti maka hasil eksperimen akan lebih teliti karena data yang diperoleh lebih banyak. Penentuan jumlah level dilakukan untuk mendapatkan ketelitian hasil penelitian. Peneliti tidak boleh keluar dari *range* atau kondisi praktis yang bermanfaat.

### 2.5.1.3 Penempatan Kolom untuk Faktor dan Interaksi ke dalam Matriks

Untuk memudahkan di kolom mana saja diletakkan interaksi faktor pada setiap matriks ortogonal, Taguchi menyatakan dalam grafik linier. Grafik linier adalah representasi grafik dari informasi interaksi dalam suatu matriks eksperimen yang terdiri dari titik dan garis. Setiap titik pada grafik linier mewakili suatu faktor utama dan garis yang menghubungkan dua titik menggambarkan interaksi antar dua faktor utama yang bersangkutan.

#### 2.5.1.4 Pengaruh Faktor-Faktor

Menurut *Taguchi* suatu faktor kontrol mungkin:

1. Hanya mempengaruhi nilai rata-rata saja

Suatu faktor yang hanya mempengaruhi nilai rata-rata saja (tetapi keragaman tidak) dapat digunakan untuk menyesuaikan nilai rata-rata suatu proses atau produksi ke nilai target. Suatu faktor yang hanya mempengaruhi nilai rata-rata saja biasanya disebut faktor penyesuai.

2. Hanya mempengaruhi nilai varians saja

Suatu faktor yang mempengaruhi ragam nilai saja (nilai rata-rata tidak) dapat digunakan untuk mengurangi keragaman proses produk.

3. Mempengaruhi nilai rata-rata dan varians

Suatu faktor yang dapat mempengaruhi rata-rata dan ragam sekaligus harus digunakan secara lebih berhati-hati. Faktor yang demikian mempunyai keluwesan dalam mengembangkan persyaratan target.

4. Tidak mempunyai pengaruh sama sekali

Suatu faktor yang tidak mempengaruhi rata-rata atau ragam adalah faktor yang tidak bermanfaat. Walaupun dengan level yang lebih baik faktor tersebut bermanfaat tetapi akan tergantung pada faktor lain misalkan biaya.

#### 2.5.1.5 Derajat Kebebasan

Derajat kebebasan adalah banyaknya pengukuran bebas yang dapat dilakukan untuk menaksir sumber informasi. Angka derajat kebebasan menunjukkan banyak perbandingan bebas yang dapat dilakukan pada sekelompok data. Dalam lingkup eksperimen definisi ini diterjemahkan jumlah pembanding

antara faktor (efek utama) atau level interaksi yang dibuat untuk menemukan level mana yang lebih baik dan secara khusus seberapa bagus level tersebut. Pentingnya memahami berapa banyak derajat kebebasan yang dibutuhkan untuk mempelajari faktor minat adalah penting dalam menentukan matriks ortogonal dalam desain eksperimen. Tiap matriks ortogonal mempunyai derajat kebebasan yang dibutuhkan, kita dapat memilih sebuah matriks ortogonal yang mempunyai pembedan atau derajat kebebasan. Dengan menerapkan beberapa aturan dan rumus sederhana, kita dapat menentukan derajat kebebasan untuk faktor (efek utama) dan interaksi dan diperoleh matriks ortogonalnya masing-masing

Perhitungan derajat kebebasan dilakukan untuk menghitung jumlah minimum penelitian yang harus dilakukan untuk menyelidiki faktor yang diamati. Perhitungan derajat kebebasan dan kombinasi yang diusulkan nantinya akan mempengaruhi pemilihan dalam tabel matriks ortogonal. Perhitungan derajat kebebasan memiliki rumus :

$$V = \text{Banyaknya Level} - 1$$

Dalam penelitian ini terdapat 2 faktor dan 2 level yaitu:

1. Faktor A = 2 level
2. Faktor B = 2 level

Dengan demikian diperoleh derajat kebebasannya yaitu:

$$\text{Derajat kebebasan faktor A} = (2-1) = 1$$

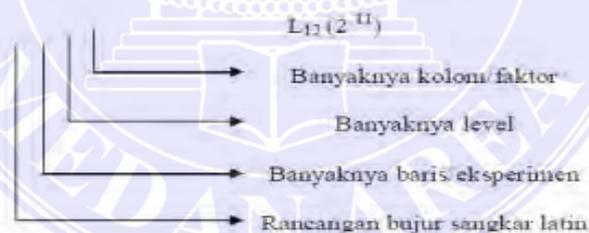
$$\text{Derajat kebebasan faktor B} = (2-1) = 1 \quad +$$

$$V = 2 \text{ (Derajat Kebebasan)}$$

### 2.5.1.5 Matriks Ortogonal

Matriks disebut ortogonal karena level-level dari faktor berimbang dan dapat dipisahkan dari pengaruh faktor lain dalam eksperimen. Jadi matriks ortogonal adalah matriks seimbang dari faktor-faktor dan level sedemikian hingga pengaruh suatu faktor atau level tidak baur dengan pengaruh faktor atau level yang lain. Faktor-faktor dan level-level merupakan kondisi bermacam-macam proses yang akan diteliti.

Matriks ortogonal sangat efisien dalam memperoleh jumlah data yang relative kecil dan mampu menterjemahkan ke kesimpulan yang berarti dan jelas. Lebih jauh desain eksperimen yang menggunakan matriks ortogonal pada dasarnya lebih mudah untuk dimengerti dan petunjuknya sangat mudah untuk diikuti karena suatu matriks merupakan suatu pemetaan dari level masing-masing faktor yang akan diteliti. Notasi matriks ortogonal dapat dilihat pada Gambar



**Gambar 2.1 Matriks Ortogonal**

Pemilihan matriks orthogonal yang sesuai tergantung dari nilai faktor dan interaksi yang diharapkan dan nilai level dari tiap-tiap faktor. Penentuan ini akan mempengaruhi total jumlah derajat kebebasan yang berguna untuk menentukan jenis matriks orthogonal yang dipilih. Dalam memilih matriks orthogonal yang sesuai, diperlukan suatu persamaan dari matriks orthogonal tersebut yang mempresentasikan jumlah faktor, jumlah level dan jumlah pengamatan yang

dilakukan. Bentuk umum dari matriks orthogonal adalah  $L_a(b^c)$  dimana perhitungan derajat kebebasan untuk matriks orthogonal adalah:

Derajat Kebebasan Matriks = (Banyaknya Faktor) x (Banyaknya Level – 1).

Pada penelitian ini jumlah derajat kebebasan adalah 2 sehingga matriks orthogonal yang sesuai adalah  $L_4(2^3)$ . Adapun susunan matriks orthogonal  $L_4(2^3)$  dapat dilihat pada Gambar 2.2

Matriks Ortogonal $L_4(2^3)$			
Eksperimen	1	2	3
	A	B	C
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

**Gambar 2.2 Matriks Ortogonal Arrays**

## 2.6 Tahap Pelaksanaan Eksperimen

Pelaksanaan eksperimen meliputi penentuan jumlah replikasi eksperimen dan randomisasi pelaksanaan eksperimen.

### 1. Jumlah Replikasi

Replikasi merupakan pengulangan suatu percobaan dengan perlakuan dan kondisi yang sama untuk mendapatkan ketelitian yang lebih tinggi.

Replikasi dilakukan untuk tujuan:

- a) Menambah ketelitian data eksperimen
- b) Mengurangi tingkat kesalahan pada eksperimen
- c) Memperoleh harga taksiran kesalahan eksperimen sehingga memungkinkan diadakannya uji signifikan hasil eksperimen.

## 2. Randomisasi

Randomisasi bertujuan untuk menghindari faktor lain yang tidak diinginkan dalam suatu eksperimen. Secara umum randomisasi dimaksudkan untuk :

- a. Meratakan pengaruh dari faktor yang tidak dapat dikendalikan pada semua unit eksperimen.
- b. Memberikan kesempatan yang sama pada semua unit eksperimen untuk menerima suatu perlakuan.
- c. Mendapatkan hasil pengamatan yang bebas satu sama lain.

Jika replikasi dengan tujuan untuk memungkinkan dilakukan uji signifikan, maka randomisasi bertujuan menjadikan uji tersebut valid dengan menghilangkan sifat bias. Pelaksanaan eksperimen Taguchi adalah melakukan pengerjaan berdasarkan *setting* faktor pada matriks orthogonal dengan jumlah eksperimen sesuai jumlah replikasi dan urutan seperti pada randomisasi.

### 2.7 Tahap Analisa

Pada analisis dilakukan pengumpulan dan pengolahan data yang meliputi pengumpulan data, pengaturan data, perhitungan serta penyajian data dalam suatu layout tertentu yang sesuai dengan desain yang dipilih untuk suatu eksperimen yang dipilih. Selain itu dilakukan perhitungan dan pengujian data dengan statistic seperti analisis variasi, tes hipotesa dan penerapan rumus-rumus empiris pada data hasil eksperimen.

### 2.7.1 Analisis Varians *Taguchi*

Analisis ini merupakan teknik menganalisis dengan menguraikan seluruh (total) variansi atas bagian-bagian yang diteliti. Pada analisis varians dilakukan pengklasifikasian hasil-hasil percobaan secara faktornya dengan sumber-sumber variasi. Analisis varians digunakan untuk membantu mengidentifikasi kontribusi faktor sehingga akurasi perkiraan model dapat ditentukan.

Analisis varians untuk suatu matriks ortogonal dilakukan berdasarkan perhitungan jumlah kuadrat untuk masing-masing kolom. Untuk analisis varians dua arah adalah data eksperimen yang terdiri dari dua faktor atau lebih dan dua level atau lebih.

#### a. Jumlah kuadrat faktor

Jumlah kuadrat faktor dihitung dengan rumus :

$$SS_A = \left[ \sum_{i=1}^{KA} \frac{A_i^2}{n_{Ai}} \right] - \frac{T^2}{N}$$

Keterangan:

KA = Jumlah level faktor A

A<sub>i</sub> = Level ke i faktor A

n<sub>ai</sub> = Jumlah percobaan level ke i faktor A

T = Jumlah seluruh nilai data

N = Banyak data keseluruhan

#### b. Perhitungan Derajat Kebebasan

Derajat kebebasan diperlukan dalam mempelajari faktor atau efek utama, yaitu sama dengan jumlah level dikurangi satu dalam eksperimen.

Perhitungan derajat kebebasan dilakukan pada tiap faktor dengan rumus

$$V = \text{Banyaknya Level} - 1$$

c. Perhitungan Rata-rata Kuadrat (*Mean Square*)

Perhitungan rata-rata kuadrat menggunakan rumus:

$$MS = \frac{SS}{v}$$

Dimana:

SS = Jumlah Kuadrat

V = Derajat Kebebasan

Rata-rata kuadrat dari setiap faktor (A, B, C) dihitung dengan cara yang sama.

d. Jumlah Kuadrat Total

Jumlah kuadrat total dihitung dengan rumus:

$$SST = \sum y^2$$

e. Perhitungan Kuadrat karena Rata-rata (*Mean*)

Kuadrat karena rata-rata dihitung dengan rumus:

$$S_m = n \times \bar{y}^2$$

f. Perhitungan Jumlah Kuadrat Error

Jumlah kuadrat error dihitung dengan rumus:

$$S_{Se} = SST - S_m - SS_{\text{faktor}}$$

g. Perhitungan Persen Kontribusi

Ketika analisis varians telah digunakan pada seperangkat data dan jumlah kuadrat telah dihitung kita dapat menggunakan data ini untuk membagi jumlah kuadrat dengan faktor-faktor yang relevan. Dengan membandingkan

nilai ini terhadap jumlah kuadrat total menghasilkan persen kontribusi dari masing-masing faktor.

$$SA' = SA - vA \cdot Ve$$

SA adalah jumlah kuadrat deviasi dari target, SA' adalah jumlah kuadrat sesungguhnya dari faktor A, vA adalah derajat kebebasan A dan Ve adalah varian. Bagian dari jumlah kuadrat vA Ve harus ditambahkan pada jumlah kuadrat karena error untuk meyakinkan bahwa jumlah kuadrat total sudah diperhitungkan. Kita dapat menentukan  $\rho$  sebagai persentase dari jumlah kuadrat suatu sumber yang sesungguhnya terhadap jumlah kuadrat total, St:

$$\rho = SS'_{faktor} / SS_{Total} \times 100\%$$

Bagian dari error yang berasal dari jumlah kuadrat deviasi untuk suatu sumber harus ditambahkan pada jumlah kuadrat untuk menghemat jumlah kuadrat total.

#### h. Perhitungan Prediksi Rata-rata yang Optimum

Biasanya peneliti ingin mendapatkan nilai respon tertentu dari suatu produk atau proses. Nilai rata-rata respon yang lebih tinggi adalah lebih baik, nilai nominal adalah yang terbaik, atau rata-rata respon yang lebih rendah adalah lebih baik. Bergantung pada karakteristik, dapat dilakukan pemilihan kombinasi perlakuan yang berbeda-beda sehingga diperoleh hasil-hasil yang memuaskan. Bila telah dilakukan suatu eksperimen dan telah ditentukan kondisi perlakuan optimum, terdapat dua kemungkinan yaitu:

1. Kombinasi level faktor yang digunakan sama dengan salah satu kombinasi di dalam eksperimen

2. Kombinasi level faktor yang digunakan tidak termasuk di dalam eksperimen (kemungkinan kejadian ini akan semakin besar bila digunakan eksperimen dengan resolusi yang semakin rendah dan semakin fraksional).

Jika kemungkinan pertama yang terjadi, maka salah satu cara langsung untuk memperkirakan nilai rata-rata kondisi perlakuan tersebut adalah dengan merata-ratakan semua hasil trial yang ditetapkan pada level-level tertentu tersebut. Jika kemungkinan kedua yang terjadi, maka harus dilakukan perhitungan. Perhitungan interval kepercayaan untuk perkiraan rata-rata yang optimum adalah sebagai berikut:

$$CI = \pm \sqrt{F(0,05; 1; 4) \times MSe \times \frac{1}{n_{eff}}}$$

Dimana  $n_{eff}$  adalah jumlah pengamatan efektif

$$n_{eff} = \frac{\text{Jumlah } h \text{ total eksperimen}}{1 + \text{jumlah } h \text{ derajat kebebasan perkiraan rata - rata}}$$

Sehingga prediksi rata-rata dihitung dengan rumus:

$$\mu_{prediksi} = \bar{T} + (\bar{A}_{level 1} - \bar{T}) + (\bar{B}_{level 1} - \bar{T})$$

#### i. Perhitungan Eksperimen Konfirmasi

Tujuan eksperimen konfirmasi adalah untuk melakukan verifikasi bahwa rata-rata yang ditaksir untuk faktor dan level yang telah dipilih dari eksperimen matriks orthogonal adalah valid. Hal ini perlu dilakukan bila digunakan percobaan pemeriksaan dengan resolusi rendah dan berbentuk faktorial fraksional. Karena adanya pencampuran di dalam kolom, kesimpulan yang diperoleh harus dianggap sebagai kesimpulan awal hingga

dilakukannya validasi oleh eksperimen konfirmasi. Ketika eksperimen yang digunakan berbentuk faktorial fraksional dan beberapa faktor memiliki kontribusi terhadap variasi, terdapat kemungkinan bahwa kombinasi terbaik dari faktor dan level tidak terlihat pada kombinasi pengujian matriks orthogonal. Rumusnya adalah sebagai berikut

$$CI = \pm \sqrt{F(0,05; 1; 4) \times MSe \times \frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r}}$$

Dimana  $r$  adalah ukuran sampel yang digunakan (jumlah replikasi) untuk eksperimen konfirmasi ( $r$  tidak sama dengan 0). Jika interval kepercayaan suatu eksperimen konfirmasi tumpang tindih dengan interval kepercayaan dari rata-rata yang sudah diperkirakan, maka hasilnya aditif. Aditivitas menggambarkan bahwa pengaruh suatu faktor dan pengaruh faktor dapat ditambahkan secara numerik dan pengaruh level faktor yang lebih baik akan menjadi yang terbaik.

### 2.7.2 Uji F

Hasil analisis varians tidak membuktikan adanya perbedaan perlakuan dan pengaruh faktor dalam percobaan, pembuktian ini dilakukan dengan uji hipotesa F. Uji hipotesa F dilakukan dengan cara membandingkan variasi yang disebabkan masing-masing faktor dan variansi error. Variansi error adalah variansi setiap individu dalam pengamatan yang timbul karena faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan. Dalam hal ini Nilai  $F_{\text{sumber}}$  tersebut dibandingkan dengan nilai F dari tabel pada harga  $\alpha$  tertentu dengan derajat kebebasan  $((k-1) (N-k))$ . Dimana  $k$  adalah jumlah level suatu faktor dan  $N$  adalah jumlah total perlakuan.

Hipotesa pengujian dalam suatu percobaan adalah :

$$F_{\text{sumber}} = \frac{\text{variansi karena perlakuan} + \text{variansi karena error}}{\text{variansi karena error}}$$

Ho : tidak ada pengaruh perlakuan,

Hi : ada pengaruh perlakuan.

Apabila nilai ( $F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel}}$ ), maka hipotesa Ho. Namun jika ( $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ ), maka Ho ditolak dan berarti ada perbedaan perlakuan.

### 2.7.3 Strategi *Pooling Up*

Strategi *pooling up* dirancang Taguchi untuk mengestimasi variansi *error* pada analisis varians. Sehingga estimasi yang dihasilkan akan lebih baik, karena strategi ini akan mengakumulasikan beberapa variansi *error* dari beberapa faktor yang kurang berarti. Strategi ini menguji F efek kolom terkecil terhadap yang lebih besar berikutnya untuk melihat kesignifikasiannya. Dalam hal ini jika tidak ada rasio F signifikan yang muncul maka kedua efek tersebut di *pooling* untuk menguji kolom yang lebih besar berikutnya sampai rasio F yang signifikan muncul. Strategi *pooling up* cenderung memaksimalkan jumlah kolom yang dipertimbangkan signifikan. Dengan keputusan signifikan faktor-faktor tersebut akan digunakan dalam putaran percobaan selanjutnya atau desain produk/proses.

### 2.7.4 Rasio SN Rasio S/N (Rasio *Signal To Noise*)

Rasio SN digunakan untuk memilih faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variasi suatu respon. Rasio S/N merupakan rancangan untuk transformasi pengilangan data kedalam suatu nilai yang merupakan ukuran variasi yang timbul. Penggunaan rasio S/N untuk mengetahui level faktor mana yang

berpengaruh pada hasil eksperimen. Rasio S/N mempunyai keuntungan dibandingkan dengan simpangan kuadrat rata-rata. Jika nilai target diubah, maka kondisi optimal yang diperoleh dengan memaksimalkan rasio S/N akan tetap valid. Berdasarkan pendekatan *loss function*, karakteristik kualitas yang terukur menurut Taguchi dapat dibagi menjadi tiga kategori, yaitu:

- a. Semakin kecil semakin baik (*Lower is Better*)

Karakteristik kualitas dengan batas nilai 0 dan non negative

$$MSD = N^2$$

$$S/N1 = -10 \log_{10}(MSD)$$

Keterangan:

MSD = *Mean Square Deviation* (nilai target karakteristik) ke n

N = Rata-rata *reject*

- b. Tertuju pada nilai tertentu (*Nominal is Best*)

Karakteristik kualitas dengan nilai atau target tidak nol dan terbatas.

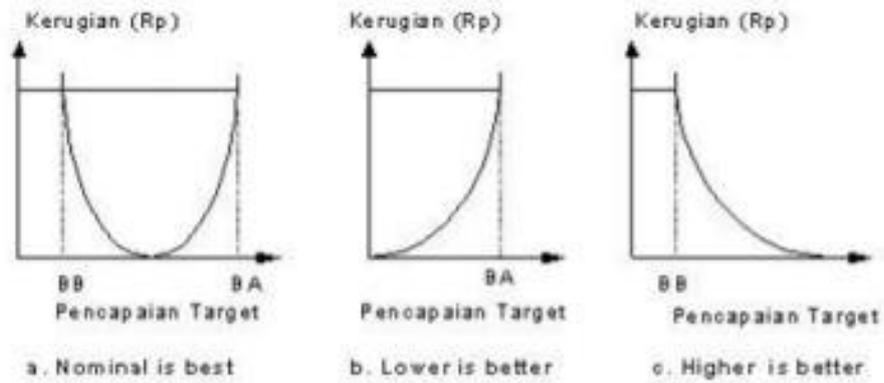
Atau dengan kata lain nilai yang mendekati satu nilai yang ditentukan adalah yang terbaik.

$$S/N = -10 \log V_e$$

- c. Semakin besar semakin baik (*Higer is Better*)

Karakteristik kualitas dengan rentang nilai tak terbatas dan *non negative*. Nilai semakin besar adalah semakin yang diinginkan.

$$S/N1 = -10 \log_{10} (1/MSD1)$$



Gambar 2.3 Grafik Karakteristik Kualitas



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian berada di CV. KARYA CIPTA LESTARI yang bergerak dalam bidang pengolahan produk gerabah. Industry ini berlokasi di Jalan Medan – Tebing Tinggi Ring Road, Tj. Morawa A, Tj. Morawa, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara.

#### 3.2 Jenis Penelitian

Berdasarkan sifat penelitian, maka penelitian ini digolongkan sebagai penelitian eksperimen (*experimental research*), yaitu penelitian yang bertujuan untuk menyelidiki hubungan sebab-akibat dan berapa besar hubungan tersebut dengan cara menggunakan perlakuan pada satu atau lebih kelompok eksperimen dan membandingkan hasilnya dengan satu atau lebih kelompok kontrol.

#### 3.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari, sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut yang kemudian ditarik kesimpulannya.

1. Variabel *Independent* (Variabel bebas)

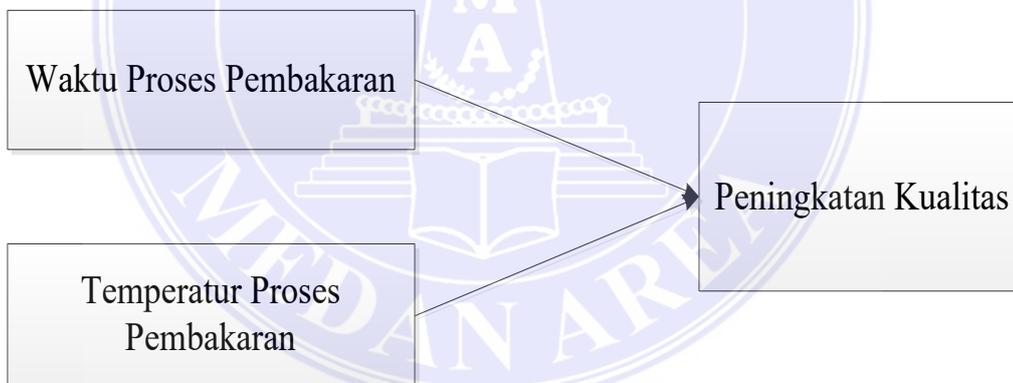
Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi dan menjadi sebab perubahan atau timbulnya variabel akibat. Variabel bebas pada penelitian ini adalah temperatur dan waktu proses pembakaran.

2. Variabel *Dependent* (Variabel Terikat)

Variabel terikat merupakan variabel utama karena dipengaruhi atau yang menjadi akibat dari variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah peningkatan kualitas.

**3.4 Kerangka Berfikir**

Kerangka berfikir menjelaskan pola hubungan logis antara faktor/variabel yang terkait atau dijelaskan dalam landasan teori. Dalam penelitian ini adalah untuk menggambarkan bagaimana pengendalian kualitas yang dilakukan dengan metode *taguchi* dapat bermanfaat dalam menganalisis tingkat kualitas yang dihasilkan oleh CV. Karya Cipta Lestari.



**Gambar 3.1 Kerangka Berfikir**

Proses pembakaran merupakan salah satu tahapan yang sangat penting dalam proses pembuatan gerabah, dimana waktu proses pembakaran dan temperatur pada saat pembakaran merupakan kunci untuk menentukan kualitas gerabah. Suhu *Sintering* tidak boleh kurang dari 800°C karena belum dikatakan matang secara sempurna dan lebih dari 950°C karena resiko pecah pada produk gerabah.

### 3.5 Teknik Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Teknik Observasi

Yaitu pengamatan langsung pada objek penelitian untuk menggali segala informasi atau data yang dibutuhkan untuk pemecahan masalah, mengamati proses produksi dari awal sampai akhir, dan kegiatan pengendalian kualitas.

2. Teknik Wawancara

Melakukan wawancara dengan pihak perusahaan di lini produksi tentang hal yang berhubungan dengan objek penelitian yang diperlukan guna menunjang pencapaian tujuan.

3. Teknik Kepustakaan

yaitu mencatat dan mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan metode yang digunakan dalam desain eksperimen.

### 3.6 Teknik Pengolahan Data

Data yang di peroleh dari pengumpulan data akan diolah dengan metode *Taguchi* dan mengikuti tahapan-tahapan sebagai berikut:

a. Tahap Perencanaan

Tahap ini merupakan tahapan awal yang meliputi

- 1) Perumusan masalah
- 2) Tujuan eksperimen
- 3) Penentuan variabel tak bebas
- 4) Identifikasi faktor-faktor variabel bebas

- 5) Pemisahan faktor kontrol dan faktor gangguan
- 6) Penentuan jumlah level dan level faktor
- 7) Perhitungan derajat kebebasan
- 8) Pemilihan matriks ortogonal
- 9) Penempatan kolom untuk faktor dan interaksi ke matriks ortogonal

b. Tahap pelaksanaan

Tahapan pelaksanaan ini meliputi:

- 1) Jumlah replikasi
- 2) Jumlah randomisasi

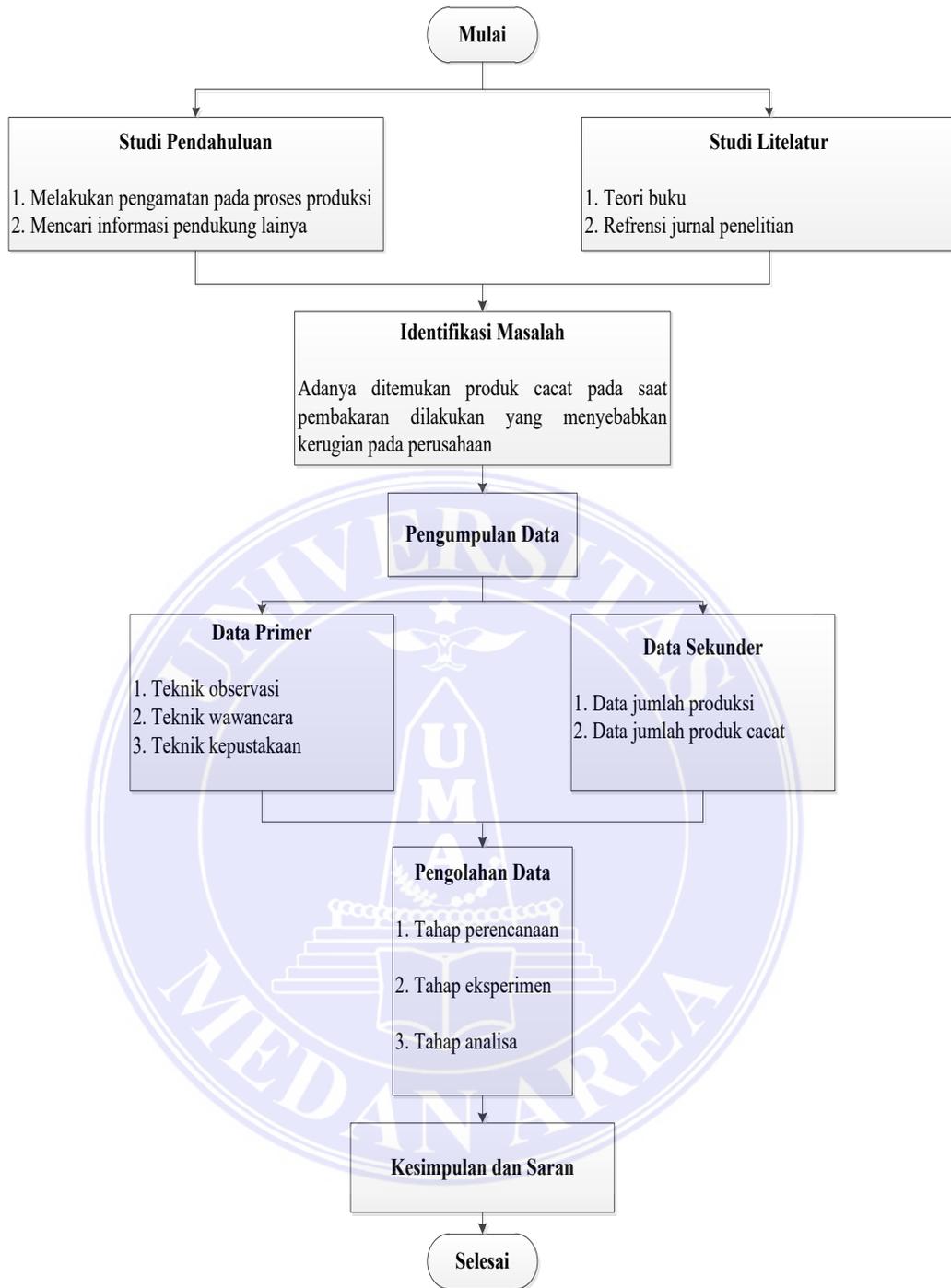
c. Tahap analisis

Tahap analisis dilakukan untuk mengumpulkan dan pengolahan data yang meliputi:

- 1) Analisis uji variansi
- 2) *Polling Up Factor*
- 3) Uji F
- 4) Rasio S/N

### 3.6 Metodologi Penelitian

Tahapan-tahapan dalam penelitian juga disebut dengan metodologi penelitian.



**Gambar 3.2 Diagram Alur Metode Penelitian**

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pengolahan yang dilakukan dengan menggunakan metode *Taguchi* untuk menganalisis dan mengurangi banyaknya cacat produksi gerabah pada CV. Karya Cipta Lestari, maka diambil kesimpulan bahwa:

1. Hasil eksperimen dengan metode *taguchi* menunjukkan bahwa *setting level* optimum dapat diterima. Dengan temperatur suhu pembakaran sebesar 900°C pada level 1 dan waktu pembakaran selama 12 jam pada level 1.
2. Dari eksperimen dengan menggunakan metode *Taguchi* dapat diketahui bahwa terdapat dua kombinasi faktor dengan dua nilai faktor yang di tentukan untuk meningkatkan kualitas gerabah tersebut yaitu dengan faktor A sebagai temperature pembakaran gerabah dengan nilai level 900°C dan 950°C. Faktor B sebagai waktu proses pembakaran gerabah dengan nilai level 12 jam dan 13 jam. Dalam hasil eksperimen terjadi penurunan resiko produk cacat pada gerabah yang pada awalnya berjumlah 7-10 vas bunga atau sebesar 17% - 20% menjadi 4,3 – 6,57 atau sebesar 10% kecacatan pada produk gerabah di CV. Karya Cipta Lestari.

#### 5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan penulis dapat memberikan beberapa saran pada CV. Karya Cipta Lestari yang diharapkan dapat bermanfaat bagi perusahaan, yaitu:

1. Perusahaan diharapkan menggunakan menggunakan hasil dari penelitian ini sehingga dapat meningkatkan kualitas kepada produk gerabah.
2. Perusahaan harus memberikan pengawasan lebih di stasiun pembakaran dengan tetap berada pada temperatur dan waktu yang di tentukan dalam proses pembakaran agar dapat mengurangi kecacatan produk.
3. Peneliti selanjutnya disarankan melakukan perbaikan pada proses pengeringan gerabah bertujuan agar lebih mengurangi cacat produk.



## DAFTAR PUSTAKA

- Afy Damaris. Ricky, Soepangkat. Booby. 2016. “*Optimasi Kuat Tekan Dan Daya Serap Air Dari Batako Yang Menggunakan Bottom Ash Dengan Pendekatan Respon Serentak*” ITS-Paper under graduate
- Haming dan Nurnajamuddin 2017. *Manajemen Produksi Modern Manufaktur dan Jasa*.
- Irwan, Haryono Didi, 2015, Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Teoritis dan Aplikatif). Alfabeta, Bandung.
- Liu, dkk. 2019. *Optimization of Parameters in Laser Powder Deposition AlSi10Mg Alloy Using Taguchi Method. Journal of Optics and Laser Technology, 111, 470–480.*
- Marikena, Nita. 2017. *Quality Engineering for Plantation White Sugar with Taguchi Function Approach - A Case Study in Pg.Xyz. International Journal of Engineering Research & Technology*
- Muharom dan Siswadi. 2015. Desain Eksperimen Taguchi untuk Meningkatkan Kualitas Batu Bata Berbahan Baku Tanah Liat. Jemis Vol. 3 No. 1 Tahun 2015
- Muharom & Siswadi. 2015. Desain Eksperimen *Taguchi* Untuk Meningkatkan Kualitas Batu Bata Berbahan Baku Tanah Liat. Universitas Wijaya Putra, Fakultas Teknik Jurusan Mesin: Indonesia
- Sakura Ayu Oktaviasari & Muhammad Mashuri. 2016. Optimasi Parameter Proses Jar Test Menggunakan Metode Taguchi Dengan Pendekatan PCR-TOPSIS (Studi Kasus: PDAM Surya Sembada Kota Surabaya). Jurnal Sains dan Seni ITS Vol.2 No. 2. Surabaya.
- Utomo Hadi, 2015. Kajian Kualitas Minyak Goreng Sawit dengan Metode *Taguchi Quality Loss Function*. Journal OE
- Vishnu, A Venkata. 2015. *Application Of Taguchi Methods And ANOVA In Optimization Of Process Parameters For Metal Removal Rate In Electrochemical Machining Of Al/5%SiC Composites*. Vol 2, No 8. Agustus 2015.
- Yetty Evi, Prima Vitasari & ST Salmia L.A. 2017. Pengurangan Produk Cacat Pada Bahan Baku Kulit Dengan Metode Taguchi Pada PT Surya Sukmana Leather. Jurnal Teknik Industri S-2 Institut Teknologi. Malang