

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian Pupuk Guano

Kotoran kelelawar yang sering disebut Guano, ternyata menyimpan potensi besar sebagai pupuk organik. Sekitar 1.000 gua di Indonesia diprediksi berpotensi menjadi salah satu solusi atas masalah kekurangan pasokan pupuk di negara kita saat ini (Data PT. Petrokimia Gresik, 2007). Salah satu penelitian yang mampu membuktikan kegunaan Guano sebagai bahan dasar pupuk organik adalah penelitian Universitas Cornell di New York-Amerika Serikat (Delik, 2010).

Hasil penelitian yang dilansir dalam situs <http://www.css.Cornell> menyatakan bahwa Guano memiliki tingkat *Nitrogen* terbesar setelah kotoran merpati. Namun, menduduki urutan pertama dalam bagian kadar unsur *Fosfat* dan menduduki urutan ketiga terbesar bersama kotoran sapi perah dalam kadar *Kalium* (Delik, 2010).

Dari keterangan tersebut Guano kelelawar mengandung paling banyak *Fosfat*. *Fosfat* merupakan bahan utama penyusun pupuk di samping *Nitrogen* dan Potasium. Di samping tiga unsur utama tersebut, Guano mengandung semua unsur atau mineral mikro yang dibutuhkan tanaman. Tidak seperti pupuk kimia buatan, Guano tidak mengandung zat pengisi. Guano yang dibiarkan tinggal lebih lama dalam jaringan tanah, meningkatkan produktivitas tanah dan menyediakan makanan bagi tanaman lebih lama dari pada pupuk kimia buatan.

Banyaknya gua kapur di Kota Gresik yang berpotensi menyimpan *Fosfat* dan Guano selama ratusan, bahkan ribuan tahun, sehingga memiliki *Fosfat* dan Guano berkualitas tinggi. “Salah satu gua penghasil *Fosfat* dan Guano yang terbaik adalah di daerah Melirang Kecamatan Bungah Kabupaten Gresik”, Ujar Bapak Muwaffaq, S.Ag. M.Si (Kepala Desa Melirang).

Gua-gua di bawah pengawasan dan pengelolaan Bapak Muwaffaq selaku Kepala Desa di Desa Melirang mengatakan bahwa, Gua Melirang merupakan

penghasil *Fosfat* yang besar dan berkualitas tinggi untuk bahan baku pupuk di Gresik (Data Uji Kebun Percobaan PT. Petrokimia Gresik, 2007). Kandungan unsur P (fosfor) pada batuan mencapai 20%, sementara di tempat lain, seperti Gombong, Pati, Rembang, Kudus, Purwodadi, Tuban sendiri tidak setinggi itu. Kalau pun setinggi itu jumlahnya tidak melimpah.

Pada umumnya pupuk asal kotoran kelelawar mengandung minimal *Nitrogen* sebanyak 5 %, kandungan ini lebih tinggi dari pupuk kandang yang hanya berkisar tak lebih dari 1%. Bahkan, untuk Guano segar (kurang dari setahun) kadar N-nya 7% (Hasil Uji Laboratorium PT. Petrokimia Gresik, 2015). Guano sangat baik untuk menghijaukan tanaman buah-buahan dan sayuran. Reaksi menghijaukannya secepat urea, tapi besar buah dan rasanya akan berbeda karena pada Guano terdapat kandungan hara yang tidak dimiliki pupuk anorganik.

Menurut Kholifah selaku Kepala Uji Lab Kebun Percobaan PT. Petro Kimia mengatakan bahwa, ” Penggunaan Guano serbuk ditambah pupuk Guano cair dapat menekan dosis pupuk kimia hingga 70% dengan tendensi hasil panen lebih baik”. Dalam percobaan pada lahan seluas 1.000 m<sup>2</sup>, tetapi musimnya berbeda, petani mendapatkan panen padi 30-35 karung gabah kering panen dengan pupuk kimia urea, TSP, dan KCl berdosis normal, Sedangkan yang menggunakan Guano, phonska, dan supernasa menghasilkan 50 karung dan juga biaya lebih irit sampai Rp 1.000.000,00 (Data PT. Petrokimia Gresik, 2007).

## 2.2 Kriteria Pupuk Yang Baik

Pupuk organik cair merupakan pupuk yang fleksibel untuk diaplikasikan, karena bisa disemprotkan pada daun maupun disiramkan melalui akar. Menurut standart kandungan Laboratorium PT. Petrokimia Gresik, mengatakan bahwa ciri-ciri pupuk organik yang baik adalah sebagai berikut:

- Pupuk organik cair yang bagus ialah mengandung agensia hayati (mikroorganisme) yang menguntungkan tanaman, terutama agensia hayati pengikat *Nitrogen* dan pengurai Phospat dan *Kalium* yang stabil dengan kisaran kestabilan  $\pm 1\%$  dari kandungan awal.

- Pupuk Organik yang baik mengandung unsur hara makro berupa NPK (*Nitrogen*, *Phospore*, *Kalium*) karena merupakan unsur wajib guna memenuhi kebutuhan tanaman.
- Mengandung unsur hara mikro, karena unsur hara mikro sangat diperlukan tanaman walaupun jumlahnya tidak banyak.
- Pupuk Organik memiliki kandungan C organik dan memiliki tingkat keasaman pH yang stabil.

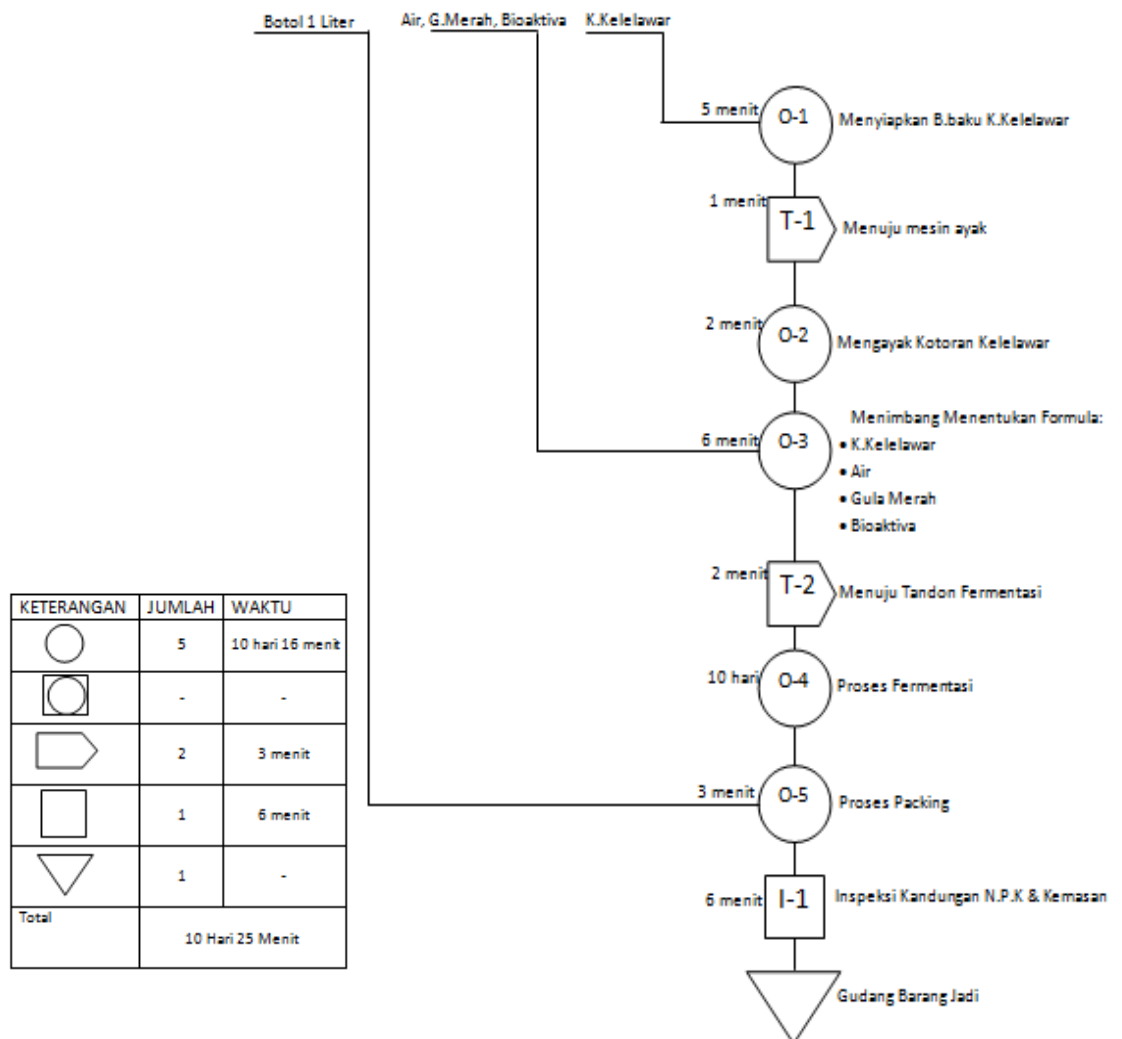
Sehingga dapat disimpulkan bahwa salah satu kriteria pupuk cair yang baik adalah mengandung unsur *Nitrogen* (N), *Phospore* (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) dan *Kalium* (K<sub>2</sub>O) sehingga dibutuhkan formula yang baik dalam menciptakan pupuk Guano dengan kandungan NPK yang tinggi.

### **2.3 Proses Produksi**

Proses Pembuatan Pupuk Guanoku cukup sederhana yakni menggunakan proses fermentasi, akan tetapi membutuhkan ketelitian yang tinggi dalam menentukan takaran bahan baku yang sesuai dengan perbandingan bahan dalam formula yang sudah ditentukan, berikut ini merupakan proses produksi pupuk Guanoku:

#### **2.3.1 Operation Proses Chart (OPC)**

Peta proses operasi adalah diagram yang menggambarkan langkah-langkah proses yang akan dialami bahan-bahan baku sejak awal sampai produk jadi ([belajar-industri.blogspot.com](http://belajar-industri.blogspot.com)). Bahan baku berupa kotoran kelelawar mengalami proses mulai dari penyiapan bahan baku, pengayakan, pencampuran dengan bahan baku pendukung, bahan baku kotoran kelelawar mengalami proses fermentasi hingga akhirnya masuk dalam proses *packing* yang bisa disebut sebagai proses terakhir dari pengolahan kotoran kelelawar menjadi pupuk organik. Berikut ini merupakan peta proses operasi dari pembuatan Pupuk Guanoku:

Gambar 2.1 *Operation Proses Chart (OPC)*

Sumber: UD. Pupuk Guanoku

### 2.3.2 Flow Proses Chart

Peta aliran proses adalah suatu diagram yang menunjukkan urutan-urutan dari operasi, pemeriksaan, transportasi, dan penyimpanan yang terjadi selama suatu proses atau *procedure* berlangsung, serta didalamnya memuat pula informasi-informasi yang diperlukan untuk analisa waktu yang dibutuhkan dan jarak perpindahan (djoko-sasongko.blogspot.com). Berikut ini merupakan peta aliran proses pembuatan Pupuk Guanoku:

Tabel 2.1 *Flow Proses Chart*

KEGIATAN YANG DILAKUKAN	SIMBOL					WAKTU
	○	◻	□	◐	▽	
Menyiapkan bahan baku Kotoran kelelawar	●					5 menit
Menuju mesin Ayak						1 menit
Mengayak kotoran kelelawar	●					2 menit
Menimbang kotoran kelelawar (Air, Gula Merah, EM4)	●					6 menit
Bahan menuju tandon fermentasi						2 menit
Proses fermentasi	●					10 hari
Proses Packing	●					3 menit
Inspeksi kandungan N,P,K dan kemasan					●	6 menit
Gudang Barang jadi					●	-
Total Waktu Yang Dibutuhkan						10 hari 25 menit

Sumber: UD. Pupuk Guanoku

### 2.3.3 Macam – Macam Proses Operasi

#### 1. Menyiapkan Bahan Baku

Pada proses ini bahan baku disiapkan dengan baik sehingga hasil yang optimal didapatkan dari bahan baku yang memiliki standart stabil pula. Disini bahan baku utama yang dipakai adalah bahan baku kotoran kelelawar dengan kadar NPK yang di inginkan. Sehingga dapat menghasilkan pupuk organik cair dengan NPK di atas NPK bahan baku.

#### 2. Pengayakan

Pada proses ini bahan baku berupa kotoran kelelawar di ayak halus dengan ukuran *mesh* 80 sampai 100. Sehingga bahan baku dapat dipisahkan dari partikel-partikel yang tidak diinginkan seperti batu, serangga, kayu dan lain-lain.

### 3. Penimbangan dan Penentuan Formula

Proses ini sangat penting dimana dalam proses ini diperlukan ketelitian yang sangat tinggi guna menakar takaran bahan baku berupa kotoran kelelawar, *Bioactiva*, gula merah, dan air. Sehingga dapat diperoleh kandungan NPK yang di inginkan dengan takaran formula yang sudah ditetapkan.

### 4. Proses Fermentasi

Setelah bahan baku ditimbang dengan seksama, semua bahan baku dimasukkan kedalam drum tandon untuk melalui proses fermentasi. Proses fermentasi bertujuan agar bakteri *Bioactiva* bereaksi terhadap kotoran kelelawar, gula merah dan air. Sehingga dengan mengalami fermentasi diharapkan kandungan NPK dapat meningkat tinggi.

### 5. Proses Packing

Setelah melalui proses fermentasi dengan waktu 10 hari. Maka pupuk cair disaring untuk memisahkan ampas dan air hasil fermentasi. Air hasil fermentasi tersebut sudah dapat disebut pupuk organik cair. Pupuk organik cair kemudian di kemas dengan jerigen ukuran satu liter.

### 6. Inspeksi Kandungan NPK

Inspeksi kandungan NPK dilakukan dengan cara mengirim produk jadi ukuran satu liter dengan memilih acak sebanyak 10 buah kepada laboratorium kebun percobaan PT. Petrokimia Gresik. Proses uji lab membutuhkan waktu paling cepat 1 minggu.

### 7. Gudang Barang Jadi

Produk yang sudah jadi kemudian menuju gudang barang jadi untuk mengalami proses penyimpanan sembari menunggu pengiriman produk jadi menuju distributor pupuk.

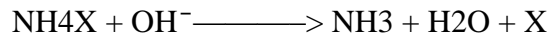
## 2.4 Uji Laboratorium

Menurut PERMENPAN No. 3 Tahun 2010 menyatakan laboratorium merupakan unit penunjang akademik pada lembaga pendidikan, berupa ruangan tertutup atau terbuka, bersifat permanen atau bergerak, dikelola secara sistematis untuk kegiatan pengujian, kalibrasi, dan/atau produksi dalam skala terbatas, dengan menggunakan peralatan dan bahan berdasarkan metode keilmuan tertentu, dalam rangka pelaksanaan pendidikan, penelitian, dan/atau pengabdian kepada masyarakat.

Sedangkan menurut Kamus Besar Buku Bahasa Indonesia (KBBI) laboratorium merupakan tempat atau kamar dan sebagainya tertentu dilengkapi dengan peralatan untuk mengadakan percobaan (penyelidikan dan sebagainya). Berdasarkan definisi diatas dapat disimpulkan bahwa laboratorium merupakan bangunan yang didalamnya dilengkapi dengan peralatan dan bahan-bahan berdasarkan metode keilmuan tertentu untuk melakukan percobaan ilmiah, penelitian, praktek pembelajaran, kegiatan pengujian, kalibrasi, dan/atau produksi bahan tertentu.

Pada penelitian pupuk Guano, yang diuji adalah kandungan *Nitrogen*, *Phospore* dan *Kalium*. Salah satu contoh kandungan adalah *Nitrogen*. *Nitrogen* adalah unsur hara makro terpenting dalam pertumbuhan tanaman, serta paling banyak mendapatkan perhatian dan diteliti karena sifatnya yang cepat bereaksi dengan tanaman. Sumber *Nitrogen* berasal dari atmosfer sebagai sumber primer dan lainnya berasal dari aktifitas kehidupan didalam tanah yang disebut sebagai sumber skunder.

Pembentukan *Nitrogen* dialam dipengaruhi oleh Iklim dan vegetasi, Topografi, Batuan induk, Aktifitas manusia dan waktu. *Nitrogen* ( $N_2$ ) memiliki titik didih  $77,3\text{ }^\circ\text{K}$  yang terdiri atas 78 % dari volume atmosfer bumi (Data PT. Petrokimia Gresik). Oleh sebab itu *Nitrogen* dapat dibentuk dengan pemberian basa pada suatu garam ammonium dengan amoniak atau  $NH_3$ (SOP Uji NPK Laboratorium PT. Petrokimia Gresik).



Pengujian kandungan Pupuk Guano dilakukan oleh Kebun Percobaan PT. Petrokimia. Alat- alat yang digunakan dalam pengujian kadar *Nitrogen* total dalam pupuk NPK adalah sebagai berikut :

1. Neraca analitis
2. Labu taker 100 mL, 500 mL, dan 1 L
3. Pipet volume atau pipet gondak 25 mL
4. Labu Kjeldhal 3 buah
5. Unit Destilator
6. Termometer suhu
7. Blender, kertas label, dan beker glass
8. Erlenmeyer 250 mL 3 buah

Sedangkan larutan pereaksi yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Larutan asam *sulfat salisilat*
2. Natrium thiosulfat  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
3. Larutan asam borat 1 %
4. Larutan asam sulfat 0.05 N
5. Indikator *konway*
6. Larutan NaOH 40%
7. *Akuades*

Berdasarkan metode Standar Nasional Indonesia (SNI) No : 02-2803-2000, prosedur pengujian *Nitrogen*, *Phospore* dan *Kalium* dalam pupuk NPK cair pada PT. Petrokimia Gresik adalah sebagai berikut :

1. Menimbang dengan teliti sampel yang telah disaring sebanyak 0.5 gram kemudian dimasukan kedalam labu kjeldhal (tabung uji).



2. Menambahkan 25 ml larutan asam *sulfat salisilat* dan goyang hingga merata sampai tercampur sempurna kemudian diamkan semalaman.
3. Keesokan harinya menambahkan 4 gram *Natrium Thiosulfat pentahidrat* , kemudian sample dipanaskan pada suhu rendah hingga gelembung habis. Suhu dinaikann secara bertahap hingga maksimum 300 °C selama  $\pm$  3 jam dan biarkan dingin sesaat.
4. Sampel diencerkan dengan air suling kemudian dipindahkan ke dalam labu takar 500 ml, sambil dikocok dan ditera hingga tanda garis.
5. Larutan sampel dipipet sebanyak 25 ml ke labu suling, kemudian ditambahkan 150 ml air suling dan batu didih.
6. Penyulingan dilakukan setelah penambahan 10 ml NaOH 40 % dengan penampung destilat 20 ml larutan asam borat 1 % yang ditambahkan 3 tetes indicator *konway*.
7. Setelah hasil sulingan mencapai 100 ml, penyulinganpun dihentikan atau destilat tidak bereaksi basa lagi.
8. Hasil tampungan destilat dititrasi dengan menggunakan larutan asam sulfat 0.05 N sampai titik akhir titrasi tercapai (warna hijau berubah menjadi merah jambu).

Ketika semua urutan proses pengujian dilakukan maka akan diperoleh berapa kandungan *Nitrogen*, *Phospore* dan *Kalium* yang terdapat pada hasil percobaan eksperimen pupuk Guano. Sehingga dapat diperoleh usulan level pada faktor untuk mendapatkan kandungan *Nitrogen*, *Phospore* dan *Kalium* yang optimal.

## 2.5 Metode *Taguchi*

Metode *Taguchi* merupakan suatu metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses pembuatan produk dalam waktu yang bersamaan dengan menekan biaya dan sumber daya seminimal

ungkinan (Soejanto, 2009). Metode *Taguchi* berusaha untuk menjadikan produk atau proses tidak sensitif terhadap faktor seperti material, tenaga manusia, peralatan manufaktur dan kondisi operasional (Hartono, 2012). Metode *Taguchi* menjadikan produk atau proses bersifat kokoh terhadap noise sehingga metode ini juga disebut sebagai metode *robust design*.

Filosofi *Taguchi* terdiri dari tiga konsep menurut Soejanto, diantaranya adalah:

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

Metode *Taguchi* juga memperkenalkan pendekatan dengan menggunakan pendekatan desain eksperimen yang bertujuan untuk merancang suatu produk/merancang proses sehingga kualitas dapat kokoh terhadap kondisi lingkungan, merancang dan mengembangkan produk yang memiliki kualitas kokoh terhadap variasi komponen serta meminimalkan variasi sekitar target. Menurut Soejanto, Metode *Taguchi* juga memiliki keunggulan seperti berikut ini:

1. Desain *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 optimal.

Metode *Taguchi* menggunakan matrik khusus yang disebut *Matriks Ortogonal* sehingga dapat memberikan informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter yang didapat dari jumlah eksperimen ekonomis.

Bagian terpenting dari *Tools Metode Taguchi* ini adalah terletak pada pemilihan kombinasi level variabel-variabel input masing-masing eksperimen.

Ada dua jenis alat ukur utama dalam metode perancangan *Taguchi*, di antaranya adalah (Wahjudi, 2000):

1. *Signal-to-noise ratio* (SNR)

Untuk mendapatkan ukuran mutu selama perancangan atau pengembangan, maka diperlukan suatu indikator mutu yang baik dan tepat untuk dipakai sebagai alat evaluasi akibat dari perubahan suatu perancangan parameter.

2. *Matrik Orthogonal*

Untuk mendapatkan eksperimen yang efisien dengan dalam waktu dan bahan yang seminimum mungkin, maka diperlukan *Matrik Ortogonal*.

Dengan Metode *Taguchi* didapati keuntungan berupa kecepatan dan ketepatan untuk mendapatkan teknik informasi untuk mendesain, mengembangkan dan memproduksi dengan kualitas tinggi dan biaya rendah (Bhote, 2000).

## **2.6 Kualitas Menurut *Taguchi***

Arti kualitas menurut *Taguchi* adalah untuk menghasilkan produk dan jasa yang dapat memenuhi kebutuhan dan harapan konsumen berkaitan dengan umur produk atau jasa dengan meminimumkan kerugian (Belavendram, 1995). Pengertian kualitas tersebut hampir sama dengan pengertian kualitas pada umumnya dimana kualitas merupakan seluruh karakteristik atau bisa juga disebut spesifikasi (desain yang baik, daya tahan, kemudahan pemakaian, ekonomis dalam perawatan) dari suatu jasa atau produk yang dapat diterima oleh konsumen (Amri, 2008).

Dalam perkembangan keilmuan dalam dunia industri, ada tiga pionir utama yang memiliki beberapa pandangan terhadap kualitas. Diantaranya adalah W. Edward Deming, Joseph M. Juran dan Philips B. Crosby, berikut ini merupakan uraian perbandingan pandangan ketiganya terhadap kualitas (Amri, 2001):

- W. Edward Deming  
Menyatakan bahwa kualitas merupakan suatu tingkatan yang dapat diprediksi dari keseragaman dan ketergantungan pada *cost* yang seminimum mungkin dan sesuai dengan permintaan pasar.
- Joseph M. Juran Joseph M. Juran  
Menyatakan bahwa kualitas adalah kemampuan untuk digunakan (*Fitness For Use*).
- Philips B. Crosby  
Menyatakan bahwa pengertian kualitas adalah sesuai dengan persyaratan.

Ada dua macam kualitas menurut *Taguchi* yaitu kualitas rancangan dan kualitas kecocokan diantaranya adalah kualitas rancangan yang merupakan variasi tingkat kualitas yang ada pada suatu produk yang memang disengaja dan kualitas kecocokan dimana seberapa baik produk itu sesuai dengan spesifikasi dan kelonggaran yang diisyaratkan oleh rancangan (Darsono, 2006). Kualitas kecocokan itu dipengaruhi oleh banyak banyak faktor termasuk pemilihan proses pembuatan, latihan dan pengawasan kerja, jenis sistem jaminan kualitas, seberapa jauh prosedur jaminan kualitas ini diikuti dan motivasi kerja untuk mencapai kualitas yang diinginkan (Darsono, 2006). Sedangkan menurut nilai target, karakteristik kualitas dapat dikelompokkan sebagai berikut:

Tabel 2.2 Karakteristik Kualitas

KARAKTERISTIK	TARGET	CONTOH
<i>Nominal-the-best</i>	Tertuju pada nilai tertentu	<i>Voltage</i>
<i>Smaller-the-better</i>	Semakin kecil, semakin baik, seminimal mungkin sampai titik 0 ( <i>Zero</i> )	Tingkat kegagalan, Prosentase kecacatan, kerusakan alat.
<i>Larger-the-best</i>	Semakin besar, semakin baik, sebesar	Kekuatan Mesin, ketahanan mesin,

	mungkin sampai tak terhingga	kekuatan las
--	---------------------------------	--------------

Sumber: Belavendram (1995)

Salah satu tujuan Metode *Taguchi* dalam pengendalian kualitas adalah untuk memproduksi suatu produk yang kokoh terhadap semua faktor gangguan. Rekayasa Kualitas dengan Metode *Taguchi* berguna untuk mempercepat penemuan, mencapai target dengan perbaikan terus menerus, *problem solving* yang cepat dan efektifitas efisiensi biaya dalam meningkatkan kualitas produk (Bhote, 2000).

## 2.7 Tahap Perancangan Eksperimen

Desain eksperimen *Taguchi* pada umumnya dibagi menjadi tiga tahap yang mencakup semua pendekatan eksperimen. Tiga tahap tersebut adalah (Soejanto, 2009):

### 2.7.1 Tahap Perencanaan Eksperimen

Tahap perencanaan merupakan tahap yang penting dimana dalam tahap ini meliputi pembentukan rumusan masalah, tujuan eksperimen, penentuan variable tak bebas, identifikasi faktor-faktor (variable bebas), pemisahan faktor kontrol dan faktor gangguan, penentuan jumlah level, letak dari kolom interaksi, perhitungan derajat kebebasan, dan pemilihan *matriks orthogonal*. Berikut ini merupakan uraian pengertaaian lebih lanjut mengenai tahap perencanaan eksperimen:

#### 1. Perumusan Masalah

Merupakan hal pertama yang harus dilakukan dalam sebuah eksperimen guna untuk mendefinisikan masalah. Perumusan masalah harus jelas secara teknis dan spesifik, sehingga respon atau hasil eksperimen dinyatakan jelas ketika ide rumusan masalah dituangkan ke dalam sebuah eksperimen yang akan dilakukan (Soejanto, 2009).

## 2. Tujuan Eksperimen

Tujuan eksperimen merupakan jawaban atas pernyataan pada perumusan masalah, sehingga eksperimen harus dapat menjawab apa yang telah dinyatakan dalam perumusan masalah dengan menjadi sebab dan akibat sehingga pencarian solusi dapat dilakukan secara sistematis. Tujuan Eksperimen bisa berupa solusi seperti konsep baru, ide-ide, metode dan lainya (Belavendram, 1995).

## 3. Penentuan Variabel Tak Bebas

Variabel tak bebas merupakan variabel yang perubahanya dipengaruhi atau tergantung dari variabel-variabel lain. Penentuan variabel tak bebas sangat penting ketika merencanakan suatu eksperimen. Dalam eksperimen *Taguchi*, variabel tak bebas mempunyai tiga karakteristik kualitas. Diantaranya adalah karakteristik yang dapat diukur, karakteristik atribut dan karakteristik dinamik (Soejanto, 2009).

## 4. Identifikasi Faktor-Faktor (Variabel Bebas)

Faktor atau variabel bebas merupakan variabel yang perubahanya tidak dipengaruhi oleh variabel lain. Pada bagian ini harus dipilih faktor-faktor mana saja yang akan diselidiki pengaruhnya terhadap variabel tak bebas yang bersangkutan. Berikut ini merupakan beberapa *tools* untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang akan diteliti dalam sebuah desain eksperimen (Soejanto, 2009):

- *Brainstorming*

Merupakan pemikiran kreatif tentang penyebab dan pemecahan suatu masalah, tanpa melihat apakah yang diungkapkan tersebut masuk akal atau tidak menurut rasio kelogisan sebuah pikiran (Dharayanti, 2012).

- *Flowchart*

*Tools* ini berguna untuk mengidentifikasi faktor-faktor melalui *flowchart* proses pembuatan obyek yang diamatis sehingga dapat diketahui faktor-faktor apa saja yang berpengaruh terhadap hasil respon desain eksperimen berdasarkan langkah-langkah atau prosedur pada suatu proses (Adelia, 2011).

- Diagram sebab akibat

*Tools* ini sering juga disebut sebagai diagram *ishikawa*, dimana diagram sebab akibat menjadi *tools* yang paling sering dipakai untuk mengidentifikasi penyebab-penyebab (faktor-faktor) yang potensial (Tanjong, 2013).

#### 5. Pemisahan Faktor Kontrol dan Faktor Gangguan

Faktor-faktor yang diamatai terbagi menjadi faktor kontrol dan faktor gangguan, dalam penerapan metode *Taguchi* keduanya perlu diidentifikasi dengan jelas sebab pengaruh antara kedua faktor tersebut (Belavendram, 1995). Faktor kontrol merupakan faktor yang nilainya dapat diatur atau dikendalikan sesuai dengan keinginan, sedangkan faktor gangguan merupakan faktor yang nilainya tidak bisa kita kendalikan, walaupun dapat kita atur faktor gangguannya, tetapi akan memakan biaya yang sangat mahal (Soejanto, 2009).

#### 6. Penentuan Jumlah Level dan Nilai Level Faktor

Untuk ketelitian hasil eksperimen dan biaya pelaksanaan eksperimen, diperlukan pemilihan jumlah level yang tepat. Makin banyak jumlah level berbanding lurus dengan tingginya ketelitian data eksperimen. Akan tetapi semakin tinggi level juga mengakibatkan semakin tingginya biaya eksperimen (Belavendram, 1995).

#### 7. Perhitungan Derajat Kebebasan

Perhitungan Derajat Kebebasan digunakan untuk menghitung menentukan jumlah minimum eksperimen yang harus dilakukan untuk menyelidiki faktor-faktor yang diamati .

#### 8. Pemilihan *Matrik Orthogonal*

Pemilihan *matrik orthogonal* yang sesuai didasarkan pada nilai faktor dan interaksi yang diharapkan. Total jumlah derajat kebebasan juga berpengaruh terhadap pemilihan jenis *matrik orthogonal* yang dapat digunakan.

## 9. Penempatan Kolom untuk Faktor dan Interaksi ke dalam Matriks Orthogonal

Untuk memudahkan peletakan kolom interaksi faktor pada setiap *matriks orthogonal*, maka *Taguchi* menggunakan (Belavendram, 1995):

- Grafik Linier

Grafik Linier merupakan representasi grafik dari informasi interaksi dalam suatu matriks eksperimen yang terdiri dari titik dan garis dimana untuk setiap titik pada grafik linier mewakili suatu faktor utama dan harus yang menghubungkan dua titik menggambarkan interaksi antara dua faktor utama yang bersangkutan.

- Tabel Triangular

Tabel Triangular berisi seluruh kemungkinan dan kolom-kolom interaksi untuk setiap tabel *matriks orthogonal*.

### 2.7.2 Tahap Pelaksanaan Eksperimen

Pada pelaksanaan eksperimen diperlukan dua kegiatan, berikut ini merupakan kegiatan yang harus dilakukan dalam pelaksanaan eksperimen:

#### 1. Jumlah Replikasi

Replikasi merupakan pengulangan kembali perlakuan yang sama pada suatu percobaan dengan memperhatikan kondisi yang sama untuk memperoleh ketelitian yang lebih tinggi. Berikut ini merupakan tujuan dilakukannya replikasi (Soejanto, 2009):

- Menambahkan tingkat ketelitian data hasil eksperimen.
- Mengurangi nilai error atau tingkat kesalahan pada eksperimen.
- Memperoleh harga taksiran kesalahan eksperimen sehingga memungkinkan diadakanya uji signifikan hasil eksperimen.

#### 2. Randomisasi

Di dalam sebuah eksperimen selain ada faktor-faktor yang dapat diselidiki pengaruhnya terhadap variabel, juga terdapat faktor-faktor lain yang tidak terkendali atau bisa dikatakan tidak diinginkan dalam sebuah eksperimen (misalnya seperti kelelahan operator, naik/turunya



daya mesin, dan lain-lain) yang dapat mempengaruhi hasil eksperimen. Pengaruh faktor-faktor tidak terkendali dapat diperkecil dengan menyebarkan pengaruh selama eksperimen dengan cara randomisasi urutan percobaan. Berikut ini maksud dari randomisasi (Wuryandari, 2009):

- Memberikan kesempatan yang sama kepada semua unit eksperimen untuk mendapatkan suatu perlakuan sehingga diharapkan ada kehomogenan pengaruh dari setiap perlakuan yang sama.
- Mendapatkan hasil pengamatan yang *dependent* satu sama lain.
- Meratakan pengaruh dari faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan yang terdapat pada semua unit eksperimen.

### 2.7.3 Tahap Analisa

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dan pengolahan data yang meliputi pengumpulan data, pengaturan data, perhitungan data dan penyajian data dalam suatu *layout* tertentu yang sesuai dengan desain yang dipilih pada eksperimen yang telah dilakukan. Berikut ini merupakan perhitungan dan pengujian data yang terdapat pada tahap analisa data:

#### 1. Analisa Varians *Taguchi*

Analisa Varians merupakan teknik yang digunakan untuk menganalisa data yang telah disusun dalam perencanaan eksperimen secara statistika (sarwoko, 2014). Analisa ini adalah teknik menganalisa dengan menguraikan total variansi terhadap bagian-bagian yang diteliti. Dalam tahap ini dilakukan kalisifikasi terhadap hasil-hasil percobaan secara statistik sesuai dengan sumber-sumber variansi (Belavendram, 1995). Analisa varians untuk matriks orthogonal dilakukan berdasarkan perhitungan jumlah kuadrat untuk masing-masing kolom (Soejanto, 2009). Untuk analisis varians dua arah merupakan data eksperimen yang terdiri dari dua faktor atau lebih dan dua level atau lebih. Berikut ini merupakan rumus untuk menghitung varians dalam *Taguchi* (Belavendram, 1995):

- $S_T$  – Jumlah Kuadrat Total

$$SST = \sum_{i=1}^N Y^2 \quad (2.1)$$

Keterangan :

$N$  = Jumlah Percobaan

$Y$  = Data Yang Diperbolehkan Dari Percobaan

- $S_A$  – Jumlah Kuadrat Faktor A

$$SST = \left[ \sum_{i=1}^{KA} \left( \frac{A_i^2}{n_{Ai}} \right) \right] - \frac{T^2}{N} \quad (2.2)$$

Keterangan :

$A_i$  = Level ke  $i$  Faktor A

$n_{Ai}$  = Jumlah Percobaan Level ke  $i$  Faktor A

- $S_{AxB}$  – Jumlah Kuadrat Interaksi AxB

$$S_{AxB} = \frac{[Total\ AxB1]^2}{n_1} + \frac{[Total\ AxB2]^2}{n_1} + \frac{[Total\ AxB]^2}{n_1+n_2} \quad (2.3)$$

- $S_T$  – Jumlah Kuadrat Kuadrat Error

$$SS_T = SS_A + SS_B + SS_{AxB} + SS_e \quad (2.4)$$

$$SS_e = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AxB} \quad (2.5)$$

## 2. Uji F

Untuk membuktikan adanya perbedaan perlakuan dan pengaruh faktor dalam percobaan diperlukan uji hipotesa F (Bhote, 2000). Uji hipotesa dilakukan dengan cara membandingkan variansi yang disebabkan masing-masing faktor dan variansi error. Variansi error merupakan variansi setiap individu yang terdapat dalam pengamatan yang timbul

akibat faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan (Hadiyat, 2012). Berikut ini merupakan rumus untuk Uji F:

$$F_{\text{sumber}} = \frac{\text{variansi karena perlakuan} + \text{variansi karena error}}{\text{variansi karena error}} \quad (2.6)$$

Hasil perhitungan  $F_{\text{sumber}}$  kemudian dibandingkan dengan nilai F pada tabel pada harga  $\alpha$  tertentu dengan menggunakan derajat kebebasan  $((k-1).(N-k))$ . Dimana k merupakan jumlah level suatu faktor dan N merupakan jumlah total perlakuan. Berikut ini merupakan hipotesa yang dipakai dalam suatu percobaan :

- $H_0$  : tidak ada pengaruh perlakuan, sehingga  $\mu_1 = \mu_2$
- $H_1$  : ada pengaruh perlakuan, sehingga sedikitnya ada satu  $\mu_1$  yang tidak sama

Jika nilai F test lebih kecil dari nilai F tabel ( $F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel}}$ ), maka hipotesa ( $H_0$ ) diterima, berarti tidak ada perbedaan. Berbeda apabila nilai F test lebih besar dari nilai nilai F tabel ( $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ ), maka hipotesa ( $H_0$ ) ditolak dan ( $H_1$ ) diterima karena ada perbedaan.

### 3. Strategi *Pooling Up*

Untuk mengestimasi variansi eror pada analisis varians maka diperlukan strategi *Pooling Up* (Belavendram, 1995). Karena strategi mengakumulasi beberapa varians eror dari beberapa faktor yang kurang berarti, maka estimasi yang dihasilkan akan lebih baik. Strategi *Pooling Up* ini bertujuan untuk menguji F efek kolom terkecil terhadap kolom yang lebih besar berikutnya untuk melihat kesignifikannya (Asghar, 2014). 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.

Kecenderungan strategi *Pooling Up* adalah dengan memaksimalkan jumlah kolom yang dipertimbangkan signifikan dengan keputusan

faktor-faktor tersebut digunakan dalam percobaan selanjutnya (Pramana, 2013).

#### 4. Rasio S/N

Untuk memilih faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variasi suatu respon diperlukan rasio S/N (*Rasio Signal-To-Noise*). Rasio S/N merupakan sebuah rancangan untuk transformasi pengulangan data ke dalam suatu nilai yang merupakan ukuran variansi yang timbul (Wuryandari, 2009). Berikut ini merupakan penggunaan Rasio S/N yang terdiri dari beberapa tipe karakteristik kualitas (Soejanto, 2009):

- Semakin kecil, semakin baik

Merupakan kualitas dengan batas nilai 0 dan nol negatif. Nilai semakin kecil atau mendekati nol adalah yang diinginkan.

$$S/N = -10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^r Y_i^2 \right) \quad (2.7)$$

Keterangan:

n = Jumlah pengulangan dari suatu trial

- Tertuju pada nilai tertentu

Merupakan karakteristik kualitas dengan nilai atau target tidak nol dan terbatas. Atau dengan kata lain yang mendekati suatu nilai yang ditentukan adalah yang terbaik.

$$S/N = -10 \log V_e \quad (2.8)$$

$$S/N = -10 \log \left( \frac{V_m - V_e}{nV_e} \right) \quad (2.9)$$

- Semakin besar, semakin baik

Karakteristik kualitas dengan rentang nilai tak terbatas dan non-negatif. Nilai semakin besar merupakan nilai yang diinginkan.

$$S/N = -10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^r \frac{1}{Y_i^2} \right) \quad (2.10)$$

## 2.8 Faktor

Pemilihan faktor merupakan salah satu hal yang sangat penting dalam melakukan desain eksperimen dimana faktor dapat mempengaruhi karakteristik kualitas (respon variabel) dari suatu produk. Berikut ini merupakan jenis jenis faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas (Belavendram, 1995):

### 2.8.1 Faktor Gangguan

Merupakan suatu parameter yang menyebabkan penyimpangan karakteristik kualitas dari nilai target. Suatu faktor gangguan dapat menyebabkan pengaruh pada karakteristik secara tidak terkendali dan sulit untuk diprediksi. Sifat dari faktor gangguan adalah mahal dan tidak menjadi sasaran pengendalian, tetapi untuk tujuan eksperimen perlu dikendalikan dalam skala kecil.

### 2.8.2 Faktor Kontrol

Merupakan parameter nilai dan ditentukan oleh ahli teknik. Faktor kontrol yang mempunyai nilai satu atau lebih disebut dengan level. Fungsi dari level faktor akan dipilih pada akhir eksperimen. Karena salah satu aspek dari perancangan kokoh adalah dengan mencari kondisi level yang paling optimal untuk faktor kontrol sehingga, karakteristik kualitas tidak sensitif terhadap gangguan. Contoh dari faktor kontrol adalah jenis bahan baku, gaya dan temperatur.

### 2.8.3 Faktor Signal

Merupakan faktor yang mengubah nilai karakteristik kualitas yang ingin diukur. Faktor signal mempunyai nilai konstan atau disebut juga karakteristik statis dalam perancangan eksperimen. Faktor signal dapat mengambil banyak nilai dan sifat karakteristik yang dinamis, dimana faktor signal tidak ditentukan oleh ahli teknik, melainkan oleh konsumen berdasarkan hasil yang diinginkan.

### 2.8.4 Faktor Skala

Faktor skala digunakan untuk mengubah rata-rata level karakteristik kualitas guna mencapai hubungan fungsioanal yang diperlukan antara faktor signal dan karakteristik kualitas. Faktor skala bisa juga disebut dengan faktor penyesuaian.

## 2.9 Level

Level merupakan bagian dari faktor, dimana level sangat berhubungan erat dengan faktor. Berikut ini merupakan sifat faktor yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan banyaknya level (Irwan Soejanto, Desain Eksperimen dengan Metode *Taguchi*, 2009):

### 2.9.1 Level Faktor

Merupakan nilai tertentu atau sifat atribut yang diberikan pada suatu faktor. Nilai-nilai atau sifat dapat berupa faktor kontrol, gangguan, signal, dan skala. Berikut ini merupakan contoh faktor kontrol:

Tabel 2.3 Level-Level dari Faktor Kontrol

Respon	Kode	Level 1	Level 2	Level 3	Unit
Temperatur	A	100	110	120	°C
Gaya	B	25	30	-	Newton
Berat	C	5	7	9	Kg
Voltage	D	100	110	120	Ampere

Sumber : Belavendram (2009)

Dari tabel diatas diketahui untuk dapat melakukan perbandingan, paling tidak harus memiliki minimal dua pengukuran. Jadi suatu faktor minimal harus mempunyai 2 level. Pada tabel 2.2, faktor temperatur memiliki 3 faktor level yakni  $A_1$ ,  $A_2$  dan  $A_3$ , sedangkan faktor Gaya hanya mempunyai 2 level yakni  $B_1$  dan  $B_2$ . Dari sini dapat diketahui bahwa berapa banyak level pengukuran atau kombinasi level dari faktor

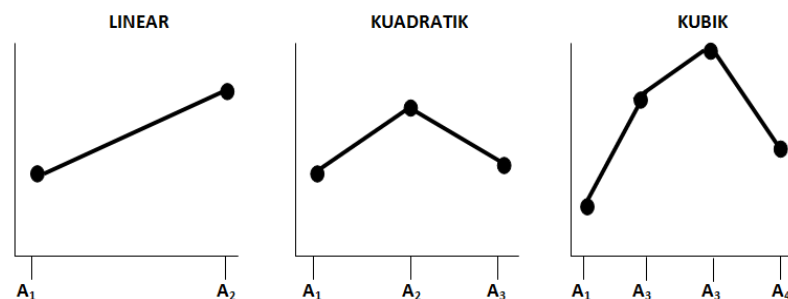
bergantung kepada peneliti itu sendiri (Soejanto, 2009). Faktor kontrol umumnya diberi lambang berupa A, B, C, D dan seterusnya. Berbeda dengan faktor noise pada umumnya diberi lambang P, Q, R, S dan seterusnya.

### 2.9.2 Banyaknya Level Dari Faktor

Salah satu tahap penting dalam perencanaan eksperimen adalah menentukan level yang digunakan untuk tiap faktor yang dipilih dalam eksperimen (Amdila, 2013). Dalam menentukan faktor kualitatif biasanya telah jelas dari sifat permasalahan yang diteliti. Tetapi untuk memilih level yang sesuai dengan faktor kualitatif lebih sulit.

Banyak level yang dipilih pada faktor kualitatif bergantung pada pengetahuan terhadap proses atau produk yang akan menjadi tujuan eksperimen. Untuk proses atau produk baru yang diteliti, maka diperlukan 3 level untuk beberapa faktor guna mengevaluasi non-linearitas pada range faktor tertentu (Belavendram, 1995). Ketika sudah diketahui pengaruh faktor tertentu, maka faktor dengan level 2 sudah cukup untuk menghasilkan informasi yang diinginkan dari analisa hasil eksperimen (Soejanto, 2009).

Jika dalam suatu eksperimen terdapat ketidakpastian tentang banyaknya level yang harus dipilih untuk faktor tertentu, maka 3 level telah memberikan informasi yang cukup. Banyak level pada eksperimen juga bergantung pada biaya eksperimen dan besar eksperimen dari 2 level menjadi 3 level.

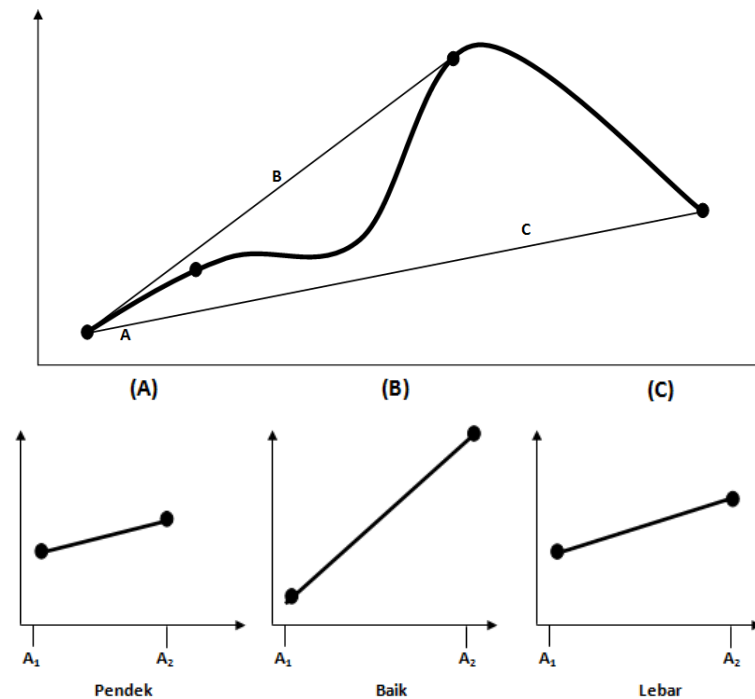


Gambar 2.2 Pengaruh Banyak Level Faktor

Sumber: Belavendram (1995)

### 2.9.3 Range Level dari Faktor

Lebar *range* level dari faktor bertujuan untuk mendapatkan pengaruh nyata faktor pada karakteristik kualitas (Bothe, 2000). Pemilihan *range* tergantung pada tujuan dari eksperimen. Berikut ini merupakan gambar pengaruh *range* dari faktor (Belavendram, 1995):



Gambar 2.3 Pengaruh *Range* dari Level Faktor

Sumber: Belavendram (2009)

Dari gambar di atas diketahui bahwa pemilihan level suatu faktor hingga level 1 dan 2 terlalu pendek (Gambar 2.3 A), maka kemungkinan pengaruh faktor tidak muncul secara signifikan dan jika terlalu lebar juga pengaruh faktor tidak signifikan (Gambar 2.3 C).

### 2.9.4 Kemungkinan Dari Level

Untuk memilih level dan faktor, ada pertimbangan lain dimana memungkinkannya dilakukan eksperimen berdasarkan kombinasi perlakuan yang dipilih. Hal tersebut berlaku khusus apabila eksperimen dilakukan dengan proses kimia. Pemilihan dari range level yang terlalu sempit akan menghasilkan informasi yang sedikit atau kurang bermanfaat, sehingga diperlukan merubah level dan mengulang



eksperimen karena kurangnya pengetahuan dari range yang telah dipilih (Luqman, 2014).

## 2.10 Derajat Bebas

Derajat bebas merupakan banyaknya pengukuran bebas yang dapat dilakukan untuk menaksir sumber informasi dengan menentukan jumlah eksperimen minimum yang harus dilakukan (Belavendram, 1995). Derajat bebas juga berguna untuk menentukan *matriks orthogonal* dalam desain eksperimen. Setiap *matriks orthogonal* memiliki derajat kebebasan yang dibutuhkan, sehingga dapat dipilih *matriks orthogonal* yang paling kecil yang masih bisa memberi informasi yang penting dalam pemahaman karakteristik kualitas. Derajat kebebasan ( $V_{ff}$ ) merupakan banyaknya level dikurangi satu, sehingga dapat dituliskan sebagai berikut:

$$V_{ff} = \text{Banyaknya Level} - 1 \quad (2.11)$$

Semisal dalam sebuah eksperimen memiliki 3 faktor seperti berikut, Faktor A dengan 2 Level, Faktor B dengan 3 Level dan Faktor C dengan 4 Level. Maka akan didapatkan penyelesaian penghitungan derajat bebas sebagai berikut:

Derajat Kebebasan:

$$\begin{aligned} \text{Faktor (Efek Utama)} &= \text{Banyaknya Level} - 1 \\ \text{Faktor A, 2 Level} &= 2 - 1 = 1 \text{ Derajat Kebebasan} \\ \text{Faktor B, 3 Level} &= 3 - 1 = 2 \text{ Derajat Kebebasan} \\ \text{Faktor C, 4 Level} &= 4 - 1 = 3 \text{ Derajat Kebebasan} \quad + \\ \text{Total Derajat Bebas} &= 6 \text{ Derajat Bebas} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan bahwa eksperimen minimum yang harus dilakukan adalah sebanyak enam kali eksperimen dengan kombinasi tiga faktor dan level pada masing-masing faktor.

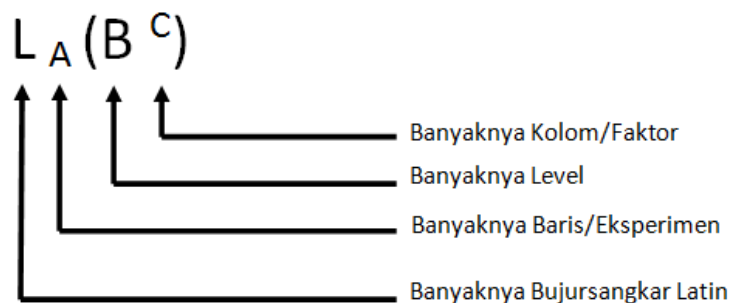
### 2.11 Orthogonal Array

*Matriks ortogonal* atau *Orthogonal Array* merupakan matriks yang memuat beberapa eksperimen dimana faktor dan level dapat ditukan sesuai dengan matriks. *Orthogonal Array* didapatkan berdasarkan perhitungan derajat bebas (Belavendram, 1995). jumlah baris minimum tidak boleh kurang dari jumlah derajat bebas totalnya. Misal sebuah desain eksperimen memiliki 7 faktor dan 3 level untuk setiap faktornya, maka :

Tabel 2.4 Perhitungan Derajat Bebas Total

FAKTOR	LAMBANG	DERAJAT BEBAS ( db = n-1 )	JUMLAH
Faktor 1	A	3-1	2
Faktor 2	B	3-1	2
Faktor 3	C	3-1	2
Faktor 4	D	3-1	2
Faktor 5	E	3-1	2
Faktor 6	F	3-1	2
Faktor 7	G	3-1	2
Jumlah Derajat Bebas Total			14

Jumlah derajat bebas dalam tabel diatas adalah 14, sehingga *Orthogonal Array* yang dipakai adalah  $L_{27} ( 3^{13} )$ . Berikut adalah cara menulis matriks  $L_A(B^C)$  (Belavendram, 1995):



Gambar 2.4 Notasi Matriks

Sumber: Belavendram (2009)

Ketika derajat kebebasan sudah diketahui, maka dilakukan pemilihan orthogonal array sesuai dengan eksperimen minimum yang diperbolehkan. Berikut merupakan salah satu tabel *Orthogonal Array* sesuai dengan standart dari Metode *Taguchi*:

Tabel 2.5 Matriks Ortogonal  $L_{27} (3^{13})$ 

Eksperimen	FAKTOR												
	A	B	A x B	C	D	e	e	B x C	A x D	e	e	e	E
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	3	3	3
5	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	1	1	1
6	1	2	2	2	3	3	3	1	1	1	2	2	2
7	1	3	3	3	1	1	1	3	3	3	2	2	2
8	1	3	3	3	2	2	2	1	1	1	3	3	3
9	1	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1
10	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
11	2	1	2	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1
12	2	1	2	3	3	1	2	3	1	2	3	1	2
13	2	2	3	1	1	2	3	2	3	1	3	1	2
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1	2	1	2	3
15	2	2	3	1	3	1	2	1	2	3	2	3	1
16	2	3	1	2	1	2	3	3	1	2	2	3	1
17	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	3	1	2
18	2	3	1	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3
19	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2
20	3	1	3	2	2	1	3	2	1	3	2	1	3
21	3	1	3	2	3	2	1	3	2	1	3	2	1

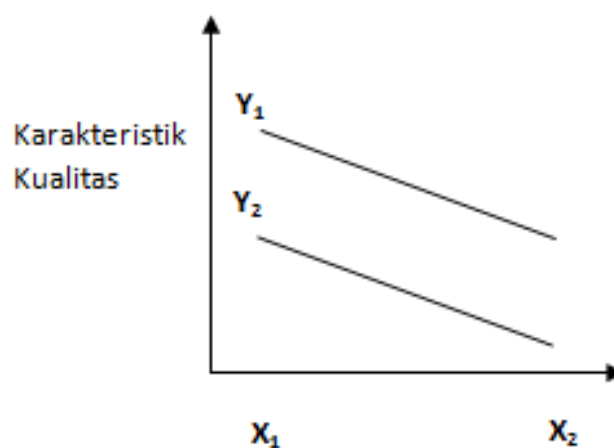
22	3	2	1	3	1	3	2	2	1	3	3	2	1
23	3	2	1	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2
24	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	2	1	3
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2	1	2	1	3
26	3	3	2	1	2	1	3	1	3	2	3	2	1
27	3	3	2	1	3	2	1	2	1	3	1	3	2

Sumber: Soejanto (2009)

## 2.12 Interaksi Antar Faktor

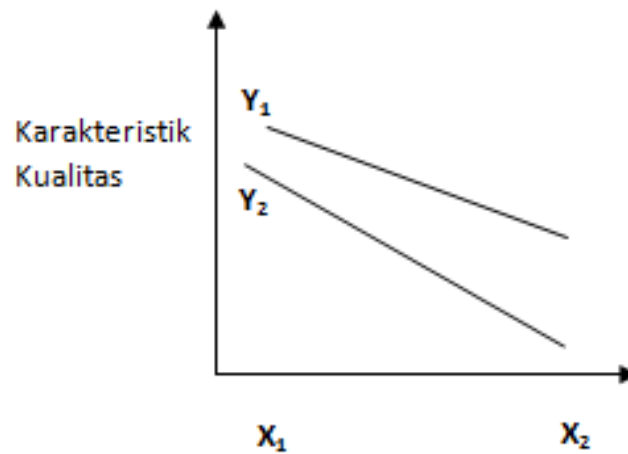
Interaksi terjadi karena adanya dua faktor atau lebih bertindak bersama dan mempunyai efek yang berbeda dengan karakteristik kualitas daripada efek tiap faktor yang bertindak individu (Belavendram, 1995). Maka interaksi dapat disimpulkan sebagai suatu faktor tergantung pada suatu level tertentu dari faktor lain. Untuk mengetahui dampak suatu interaksi, maka harus dilakukan adalah mendesain interaksi ke dalam suatu eksperimen secara spesifik.

Metode *Taguchi* menekankan pentingnya fokus efek utama dan seleksi karakteristik kualitas sehingga menghasilkan interaksi di antara faktor-faktor kontrol yang diminimalkan, berikut ini adalah gambaran interaksi dari segi karakteristik (Soejanto, 2009):



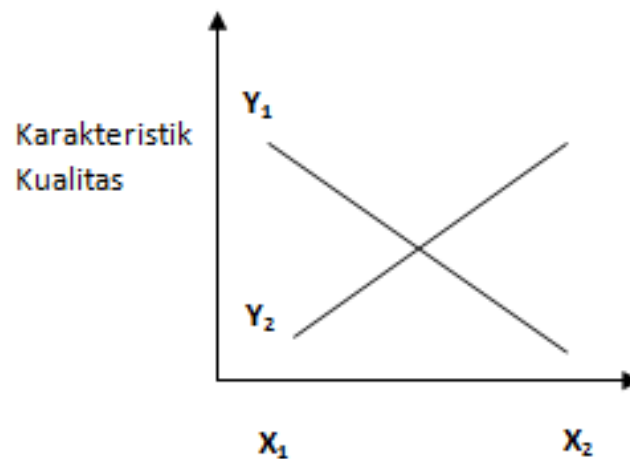
Gambar 2.5 Tidak Ada Interaksi

Sumber: Soejanto (2009)



Gambar 2.6 Interaksi Lemah

Sumber: Soejanto (2009)



Gambar 2.7 Interaksi Kuat

Sumber: Soejanto (2009)

### 2.13 Proses Perancangan Parameter

Desain eksperimen dengan metode klasik menyatakan bahwa semua faktor merupakan penyebab adanya variasi, jika faktor-faktor ini dapat dikendalikan atau bahkan dihilangkan maka variasi produk atau proses dapat dikurangi sehingga akan terjadi peningkatan kualitas (Soejanto, 2009). Namun tidak semua faktor yang berpengaruh terhadap karakteristik kualitas dapat dikendalikan tanpa mengeluarkan biaya besar. Karena itu dilakukan pendekatan lain untuk meningkatkan kualitas, pendekatan tersebut dalam *Taguchi* disebut

desain parameter yang merupakan salah satu fase perancangan produk atau proses. Menurut, upaya guna meningkatkan kualitas produk dengan desain parameter dibagi menjadi tiga macam, diantaranya adalah:

### **2.13.1 Perancangan Sistem**

Perancangan sistem merupakan upaya dimana ide-ide, metode-metode dan segala sesuatu yang baru dimunculkan guna memberikan peningkatan produk kepada pemakai (Siregar, 2011). Sebagai salah satu cara untuk meningkatkan persaingan dengan terus mengembangkan teknologi baru, sehingga dalam ide-ide dan metode-metode baru sangat bermanfaat dalam desain sistem.

### **2.13.2 Perancangan Parameter**

Perancangan Eksperimen merupakan hal yang sangat penting dalam upaya meningkatkan keseragaman produk atau mencegah tingginya variabilitas (Hadiyat, 2012). Dalam tahap ini parameter-parameter dari produk atau proses tertentu ditetapkan untuk menghasilkan performansi produk menjadi kurang atau tidak sensitif terhadap penyebab terjadinya variabilitas. Desain eksperimen dilakukan untuk mendapatkan kondisi faktor-faktor yang tahan terhadap penyebab timbulnya variabilitas.

### **2.13.3 Perancangan Toleransi**

Dalam perancangan toleransi, kualitas ditingkatkan dengan mengetatkan toleransi pada parameter produk atau proses untuk mengurangi terjadinya variabilitas pada *performance* produk (Belavendram, 1995).

## **2.14 Penelitian Pendahuluan**

### **2.14.1 Firdiansah, Laporan Integrasi (2015)**

Sebelumnya telah dilakukan penelitian mengenai fermentasi kotoran kelelawar dengan menggunakan Metode *Taguchi* pada laporan matakuliah integrasi. Berdasarkan pengamatan pada proses fermentasi, diketahui bahwa terdapat empat faktor yang berpengaruh

terhadap kandungan NPK, diantaranya adalah kotoran kelelawar, *Bioactiva*, gula merah dan air. Dari empat aspek tersebut didapatkan hasil NPK dengan satu kali replikasi dan tiga level untuk setiap faktor adalah sebesar (21%, 18%,17%). Proses fermentasi dilakukan selama 10 hari dan sudah melalui uji laboratorium PT. Petrokimia Gresik dan dinyatakan stabil pada kisaran persen yang disebutkan.

#### **2.14.2 Triwindiyatno, Skripsi UMG (2006)**

Dari rangkuman hasil penelitian yang dilakukan, maka didapatkan kesimpulan berupa karakteristik yang dipakai dalam penelitian tersebut adalah STB (*Smaller The Better*) dengan menerapkan prosedur nilai *Mean* dan *Signal to Noise Ratio* (S/N). Sehingga didapatkan kombinasi faktor yang signifikan untuk *Mean* adalah  $C_1$  dan  $F_1$  dengan kontribusi faktor  $C_1 = 4,38\%$  dan  $F_1 = 20,33\%$  dan prediksi prosentase cacat berdasarkan *Mean* sebesar 15,22% dengan interval 14,988% sampai 15,452%. Sedangkan untuk nilai *Signal to Noise Ratio* faktor yang signifikan adalah  $C_1$  dan  $F_1$  dengan kontribusi faktor  $C_1 = 11,27\%$  dan  $F_1 = 19,79\%$ .

#### **2.14.3 Darsono, Skripsi UMG (2006)**

Dari rangkuman hasil penelitian yang dilakukan, maka didapatkan kesimpulan berupa karakteristik yang dipakai dalam penelitian tersebut adalah STB (*Smaller The Better*) dengan menerapkan prosedur nilai *Mean* dan *Signal to Noise Ratio* (S/N). Sehingga didapatkan kombinasi faktor yang signifikan untuk *Mean* adalah  $G_1$  dan  $B_1$  dengan kontribusi faktor  $G_1 = 12,72\%$  dan  $B_1 = 11,63\%$  dan prediksi prosentase cacat berdasarkan *Mean* sebesar 10,53% dengan interval 10,048% sampai 11,012%. Sedangkan untuk nilai *Signal to Noise Ratio* faktor yang signifikan adalah  $G_1$  dan  $B_1$  dengan kontribusi faktor  $G_1 = 10,13\%$  dan  $B_1 = 14,052\%$ .

#### **2.14.4 Qibtiyah, Skripsi UMG (2004)**

Dari rangkuman hasil penelitian yang dilakukan, maka didapatkan kesimpulan bahwa dari sebelas faktor yang berpengaruh, ada empat faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap kualitas genteng,

diantaranya adalah suhu, lama pembakaran, jenis bahan baku dan ukuran. Didapati hasil dari eksperimen menunjukkan bahwa presiksi prosentase cacat berdasarkan rata-rata prediksi sebesar 1,3904% dengan interval kepercayaan  $1,084\% < \mu < 1,6968\%$  dan nilai prosentase cacat berdasarkan S/N adalah 3,8429% dengan interval kepercayaan  $2,4332\% < \mu < 5,2526\%$ .

#### **2.14.5 Setyanto dkk, Jurnal ISSN (2014)**

Dari rangkuman hasil penelitian yang dilakukan, didapati kesimpulan bahwa faktor yang berpengaruh terhadap kualitas pupuk kotoran kelinci adalah jumlah kotoran kelinci, jumlah bekatul, probiotik EM4 dan jumlah sekam dengan karakter kualitas *Large The Better* (LTB). Dengan kombinasi kotoran kelinci pada level 3000 gr, EM4 pada level 10 ml dan jumlah sekam pada level 300 gr menghasilkan nilai kandungan *Nitrogen* tertinggi. Kombinasi kotoran kelinci pada level 3000 gr, EM4 pada level 20 ml dan jumlah sekam pada level 400 gr menghasilkan nilai kandungan *Phospore* tertinggi. Dan kombinasi kotoran kelinci pada level 3000 gr, EM4 pada level 20 ml, jumlah sekam pada level 400 gr dan jumlah bekatul pada level 200 gr menghasilkan nilai kandungan *Kalium* tertinggi.

#### **2.14.6 Effendi dkk, Jurnal ISSN (2014)**

Dari rangkuman hasil penelitian yang dilakukan, didapati kesimpulan bahwa proses produksi pengecoran logam untuk produk baling-baling kapal dimana didapati hasil bahwa momen puntir tertinggi dari 9 kombinasi, 4 faktor dan 3 level adalah 6450 Nmm terdapat pada percobaan ke-6 dengan kombinasi temperatur peleburan sebesar 950 °C, temperatur cetakan 530 °C dan menggunakan bahan tambahan sebesar 5 %.

#### **2.14.7 Sidi, Jurnal (2013)**

Dari rangkuman hasil penelitian yang dilakukan, didapati kesimpulan bahwa pembubutan paduan aluminium dengan menggunakan konsep rasio S/N dan analisis varian menyatakan bahwa metode *Taguchi* berguna untuk menentukan keadaan optimum proses pemesinan dalam



hal mendapatkan nilai kebulatan rendah, dan faktor yang paling signifikan untuk nilai kebulatan pada proses membubut St.60 adalah kedalaman pemakanan dan kondisi optimum pemesinan untuk mendapatkan nilai kebulatan yang maksimal terdapat pada kecepatan potong 60 m/min, gerak pemakanan 0,2 mm/rev dan kedalaman pemakanan sebesar 0,125 mm.