

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Definisi Kualitas

Drs. Amin Widjaja Tunggal mengemukakan dalam bukunya yang berjudul *Manajemen Mutu Terpadu* bahwa kualitas adalah keinginan pelanggan yang harus dipenuhi oleh perusahaan. Kualitas yang tinggi adalah kunci untuk kebanggaan, produktivitas dan kemampuan. Dalam konsep kualitas, orientasi konsumen dan pelanggan adalah yang utama, dan kepuasan pelanggan adalah tujuan kualitas, dengan demikian perbaikan kualitas lebih dari suatu strategi usaha, ia adalah suatu tanggung jawab pribadi dari kita semua dan merupakan suatu usaha yang terus menerus

Proses manufaktur dalam menciptakan kualitas produk yang baik didasarkan pada tingkat pencapaian proses tersebut terhadap karakteristik produk, seperti tingkat presisi, menyediakan kualitas yang dapat diatur (*measurable*) serta meminimalkan biaya.

Nilai suatu produk ditentukan oleh kualitas, dan kualitas tersebut didasarkan pada pertemuan antara karakteristik dan proses dari produk yang baik dengan kepuasan pemakai.

Setiap produk di desain untuk menghasilkan fungsi tertentu. Beberapa karakteristik pengukuran, biasanya menunjukkan karakteristik kualitas yang digunakan untuk mengekspresikan sejauh mana sebuah produk menjalankan

fungsinya. Di dalam banyak kasus, karakteristik kualitas biasanya merupakan kuantitas pengukuran tunggal seperti berat, panjang, jam. Beberapa pengukuran subjektif produk seperti “baik”, “buruk”, “tinggi”, dan “rendah” juga kerap kali digunakan.

Karakteristik kualitas adalah hasil dari suatu proses yang berkaitan dengan kualitas. Karakteristik kualitas menurut Taguchi dapat dibagi menjadi 3 kategori:

1. *Nominal is the best*

Karakteristik kualitas yang menuju suatu nilai target yang tepat pada suatu nilai tertentu. Yang termasuk kategori ini adalah :

Berat	Panjang	Lebar	Kerapatan
Ketebalan	Diameter	Luas	Kecepatan
Volume	Jarak	Tekanan	Waktu

2. *Smaller the better*

Pencapaian karakteristik jika semakin kecil (mendekati nol; nol adalah nilai ideal dalam hal ini) semakin baik. Contoh yang termasuk kategori ini adalah :

Penggunaan mesin	Persen kontaminasi	Hambatan
Penyimpangan	Kebisingan	Produk gagal
Waktu proses	Waktu respon	Kerusakan
Pemborosan panas	Pemborosan energi	

### 3. *Larger the Better*

pencapaian karakteristik kualitas semakin besar semakin baik (tak terhingga sebagai nilai idealnya). Contoh dari karakteristik ini adalah :

Kekuatan	Kekuatan tarik	Km/liter
Waktu antar kerusakan	Efisiensi	Ketahanan terhadap korosi

Dari penjelasan-penjelasan mengenai kualitas tersebut jelas terlihat hubungan antara kebutuhan akan suatu produk yang dinyatakan dalam keinginan pemakai yang dijabarkan dalam spesifikasi teknis oleh pihak produsen dengan menggunakan proses yang mampu untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan spesifikasi tersebut.

## 2.2 Konsep Variasi dalam Kualitas

Setiap output dari proses selalu mengandung variasi. Variasi ini dinyatakan dalam tingkatan tertentu yang berhubungan dengan berbagai faktor yang terkait. Berbagai faktor tersebut dinyatakan sebagai penyebab variasi baik sifatnya kecil maupun besar tergantung kepada kapasitas mempengaruhi proses. Hal yang sering terjadi adalah penyebab tersebut tidak terkendali.

Dalam proses produksi hal yang mungkin untuk meminimalkan terjadinya variasi adalah dengan memilih bahan baku yang memenuhi spesifikasi, pengaturan mesin dan alat, pengontrolan kondisi proses serta menggunakan tenaga kerja yang handal serta bertanggung jawab.

### **2.2.1 Variasi Terkontrol**

Variasi terkontrol merupakan variasi yang akan selalu ada (melekat) di dalam suatu proses yang disebabkan oleh interaksi antara faktor-faktor di dalam proses seperti material, mesin, operator, metode, dan lingkungan. Penyebab dari variasi terkontrol itu disebut sebagai penyebab biasa) yang berasal dari proses itu sendiri. Sehingga gejala variasi ini merupakan variasi yang stabil dan konsisten. Jika proses menunjukkan pola variasi seperti ini, maka proses tersebut dinyatakan terkendali.

### **2.2.2 Variasi Tak Terkontrol**

Variasi tak terkontrol merupakan variasi yang disebabkan karena adanya faktor-faktor khusus yang memberikan pengaruh yang besar pada proses. Menurut Shewhart seluruh faktor tersebut dapat diidentifikasi dan disebut sebagai penyebab khusus. Variasi yang terjadi karena sebab-sebab lain diluar karakteristik proses dan ini akan menyebabkan pola variasi yang berubah dengan waktu. Jika suatu proses menunjukkan pola variasi seperti ini, maka proses tersebut dinyatakan tidak terkendali.

## **2.3 Statistical Process Control (SPC)**

Dalam berbagai macam tindakan pengendalian, seperti daur PDCA (Plan, Do, Check, Action), suatu masalah yang lagi-lagi timbul adalah bagaimana memeriksa hasil. Biasanya jika sesuatu berjalan dengan baik,

pemeriksaan benar-benar tidak dibutuhkan. Namun, jika terjadi hal yang tidak biasa, hukum pengecualian akan berlaku, dan semua tindakan pengendalian harus diperiksa untuk memberikan dasar bagi pengambilan keputusan.

Salah satu cara tindakan pengendalian tersebut dapat berupa tindakan pengendalian proses yaitu membentuk mutu dalam setiap proses. Hal ini dapat direalisasikan dengan menerapkan *Statistical Process Control (SPC)* secara *on-line* dan kontinyu. Dengan pengendalian proses tersebut maka kita dapat menelusuri faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi kualitas. Untuk kemudian dicari faktor penyebab sebenarnya dengan memperhatikan setiap faktor atau variabel yang ada kaitannya dengan proses tersebut.

### **2.3.1 Bagan Kendali**

Sehubungan dengan studinya mengenai variasi, maka Shewhart, pada tahun 1920-an, telah mengembangkan suatu alat yang dinamakannya bagan kendali. Bagan kendali ini berguna untuk mendeteksi apakah suatu proses sudah terkendali atau tidak. Penggunaan bagan kendali ini ini kemudian ternyata sangat berguna untuk perbaikan berkelanjutan terhadap suatu proses untuk mencapai kondisi terkontrol.

Bagan kendali ini bisa dimanfaatkan untuk menentukan suatu proses terkendali atau tidak, yaitu dengan melakukan perhitungan batas kendali. Disini batas kendali dihitung dari sampel yang diambil dari

sebuah *production* run yang idealnya diambil dari 25 – 30 subgrup atau observasi. Batas kendali ini, yang terdiri dari batas kendali atas dan batas kendali bawah, merupakan rentang alami dari proses tersebut (dengan mengambil deviasi sebanyak 3 sigma dari rata-rata).

Bagan kendali digunakan untuk menggambarkan proses dari waktu ke waktu dan menentukan apakah suatu proses berada dalam kendali statistik.

Dalam pembuatan bagan kendali ditetapkan langkah-langkah efektif dan terstruktur agar bagan kendali tersebut dapat digunakan untuk menganalisa proses terkontrol atau tidak. Garis besar dalam pembuatan bagan kendali tersebut adalah sebagai berikut :

1. Menetapkan karakteristik yang akan dipetakan, dengan berpedoman pada prioritas dan ciri-ciri yang sangat mempengaruhi cacat. Hal ini mungkin terjadi pada bahan mentah, bahan antara atau bahan jadi. Menentukan faktor pengubah dan kondisi dalam proses yang besar pengaruhnya terhadap performa produk akhir.
2. Menentukan bentuk bagan kendali yang sesuai.
3. Menentukan subgrup sehingga hasil pengukuran seseragam mungkin, sedangkan antar subgrup keragaman harus sebesar mungkin. Hal ini dimaksudkan agar batas kendali peka terhadap keragaman. Subgrup dapat didasarkan berdasarkan plot lot, serta pengaturan komposisi dan frekuensi pengambilan subgrup.

4. Ukuran subgrup menentukan besarnya batas kendali.
5. menetapkan garis tengah dari batas kendali. Garis tengah diambil dari rata-rata data yang dipetakan atau dari standar yang diinginkan. Sedangkan batas kendali umumnya berjarak  $\pm 3\sigma$  dari garis tengah.

### 2.3.2 Jenis-jenis Bagan Kendali

secara garis besar bagan kendali dapat dibedakan menjadi dua kategori sebagai berikut:

#### 1. Bagan Kendali Atribut

Merupakan bagan kendali yang digunakan untuk memonitor karakteristik kualitas berdasarkan data atribut. Tujuan dari penggunaan bagan kendali ini adalah pencegahan cacat untuk pencapaian "Zero Defect". Jenis bagan kendali atribut yang umum digunakan adalah :

1. Bagan p, yang digunakan untuk mengontrol fraksi cacat, data merupakan data diskrit yang menyebar mengikuti sebaran binomial. Jumlah (n) data dari suatu subgrup tidak perlu konstan karena setiap n tertentu mempunyai batas kendali tersendiri.
2. Bagan np, digunakan untuk mengendalikan banyaknya unit yang memiliki karakteristik tertentu (misalnya banyaknya produk yang cacat per *batch*).

3. Bagan  $c$ , digunakan untuk mengendalikan banyaknya kejadian (seperti cacat) pada daerah kemungkinan yang pasti (misalnya pada satu unit). Jumlah ( $n$ ) data dalam subgrup harus konstan dan sebaran data diasumsikan mengikuti sebaran *poisson*
4. Bagan  $u$ , digunakan untuk mengendalikan banyaknya kejadian (seperti cacat) dalam daerah kemungkinan yang dapat berubah (misalnya kertas dengan luas tertentu yang diambil dari mesin kertas yang sedang beroperasi).

## 2. Bagan Kendali Variabel

Merupakan bagan kendali yang digunakan untuk memonitor karakteristik kualitas berdasarkan data variabel. Tujuan dari penggunaan bagan kendali ini adalah peningkatan berkesinambungan dengan memodifikasi produk dan proses yang telah ada untuk secara terus-menerus mengurangi variasi antar unit, meskipun telah berada di dalam batas spesifikasi. Jenis bagan kendali variabel yang umum digunakan adalah :

1. Bagan  $\bar{x}$ -bar, digunakan untuk mengendalikan rata-rata proses.
2. Bagan  $R$ , digunakan untuk mengendalikan jangkauan proses.



3. Bagan  $\sigma$  (sigma), untuk standar deviasi dari suatu data kontinyu.
4. Bagan Individu, digunakan untuk mengendalikan subgrup berukuran satu yang diambil dari sebuah proses; seringkali digunakan jika pengambilan sampel terlalu mahal atau hanya tersedia satu observasi per subgrup.

## **2.4 Bagan Kendali Xbar-R**

Pada bagian ini dijelaskan lebih detail mengenai bagan kendali Xbar-R. Disini hanya bagan kendali Xbar-R yang akan dijelaskan secara detail, karena dalam pengolahan data, bagan kendali yang akan dipakai adalah bagan kendali Xbar-R, sehingga dapat dikendalikan rata-rata proses dan mengendalikan jangkauan dari proses.

### **2.4.1 Pembuatan Bagan Kendali Xbar-R**

Proses pembuatan bagan kendali Xbar-R yang dibuat berdasarkan langkah-langkah efektif dan terstruktur agar dapat digunakan untuk menganalisa proses. Berikut ini diuraikan proses pembuatan bagan kendali Xbar-R (Teknik Penuntun Pengendalian Mutu, Dr. Kaoru Ishikawa hal 83) yang nantinya akan digunakan untuk pengolahan data :

1. Menentukan ukuran subgrup (biasanya 4-5)
2. Menentukan frekuensi pengambilan data

3. Menentukan jumlah subgrup yang diambil (untuk perhitungan batas kendali untuk pertama kali biasanya digunakan minimal 25 subgrup)
4. Mengambil data
5. Menghitung rata-rata ( $\bar{X}$ ) dan jangkauan/*range* (R) untuk tiap subgrup :

$$R = X_{\text{tertinggi}} - X_{\text{terendah}}$$

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

6. Menentukan skala penggambaran batas kendali
7. mengambarkan rata-rata dan jangkauan batas kendali
8. Menghitung rata-rata jangkauan dan rata-rata total :

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_k}{k}$$

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_k}{k}$$

9. Menghitung batas kendali dengan menggunakan rumus :

$$UCL_R = D_4 \bar{R}$$

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

$$LCL_R = D_3 \bar{R}$$

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

#### 2.4.2 Analisa Bagan Kendali Xbar-R

Seperti telah disebutkan diatas, bagan kendali bisa dipakai untuk menunjukkan adanya penyebab khusus dengan melihat apakah ada titik yang keluar dari batas kendali atau adanya pola dalam plot. Uji itu sendiri mempunyai banyak versi (ada perbedaan antara para ahli). Namun karena dalam penulisan skripsi ini, penulis menggunakan bantuan *software* Minitab 13.2, maka penulis akan memakai uji yang dilakukan oleh Minitab.

Berdasarkan menu *help* yang ada pada *software* Minitab 13.2, maka ada delapan uji yang dilakukan oleh Minitab dalam analisa bagan kendali. Di sini jika bagan kendali gagal dari salah satu uji ini maka dinyatakan bahwa proses mempunyai penyebab khusus. Kedelapan uji itu adalah :

- Uji 1 : Jika ada satu titik diluar batas kendali
- Uji 2 : Jika sembilan titik yang berurutan ada pada sisi yang sama dari garis tengah
- Uji 3 : Jika ada enam titik yang berurutan menunjukkan pola naik turun.
- Uji 4 : Jika ada empat belas titik yang berurutan menunjukkan pola naik dan turun bergantian.
- Uji 5 : Jika ada dua dari tiga titik berada diluar batas sigma pada sisi yang sama.

Uji 6 : Jika ada empat dari lima titik berada diluar batas 1 sigma pada sisi yang sama.

Uji 7 : Jika ada lima belas titik yang berurutan ada di dalam batas 1 sigma pada kedua sisi.

Uji 8 : Jika ada delapan titik yang berurutan ada diluar batas 1 sigma pada kedua sisi.

## 2.5 Alat Bantu (Tools) untuk peningkatan kualitas

Dalam melaksanakan kegiatan pengendalian mutu, data-data merupakan suatu informasi yang didalam usaha untuk mengetahui mutu yang dihasilkan. Yang perlu diperhatikan dalam pengambilan data tersebut adalah:

1. Apakah data tersebut mengungkapkan fakta secara lengkap
2. Apakah data tersebut sesuai dengan fakta

Adapun tujuan pengambilan data tersebut adalah:

1. Membantu didalam memahami situasi yang sesungguhnya
2. Membantu dalam penganalisisan persoalan
3. Mengendalikan proses atau pekerjaan
4. Mempermudah didalam pengambilan keputusan
5. Membuat suatu rencana perbaikan

Setelah data-data terkumpul maka dilakukan perhitungan dengan cara statistik dengan menggunakan alat bantu peningkatan mutu. alat bantu ini dipergunakan jika pemecahan masalah yang dihadapi menggunakan data kuantitatif. Dalam tugas akhir ini, alat bantu yang dipergunakan adalah:

## 1. Diagram Sebab-Akibat

Diagram sebab-akibat merupakan alat bantu yang menunjukkan hubungan antara karakteristik kualitas (akibat) dengan sumber variasi yang mungkin dari karakteristik kualitas tersebut (penyebab). "penyebab" umumnya dikelompokkan sesuai dengan konsep Shewhart mengenai proses (mesin, metode, lingkungan, material, pengukuran, dan manusia), sedangkan "akibat" dinyatakan dalam karakteristik kualitas atau masalah tertentu.

Adapun langkah-langkah untuk membuat diagram sebab-akibat adalah sebagai berikut:

Langkah 1 : Tentukan karakteristik mutu

Langkah 2 : Tuliskan karakteristik mutu itu di sebelah kanan



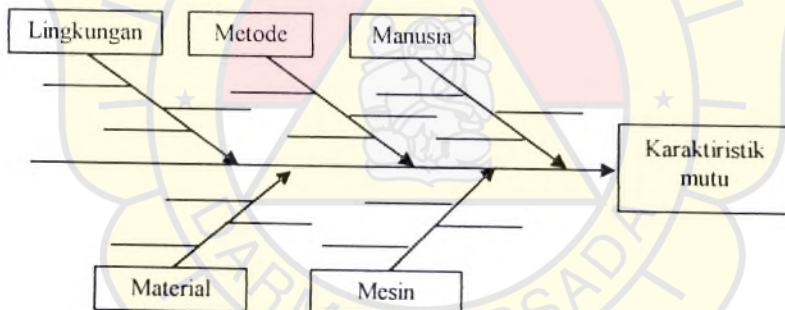
Gambar 2.1 Karakteristik Mutu

Langkah 3 : Tuliskan factor-faktor penting yang bisa menyebabkan cacat dengan jalan menggambarkan panah cabang menuju panah utama. Ada baiknya mengelompokkan fakta-fakta yang mungkin menyebabkan penyimpangan ke dalam kelompok bahan baku, peralatan/mesin, metode kerja, manusia dan lingkungan . Setiap kelompok merupakan suatu cabang.

Langkah 4 : Tulis faktor-faktor detail yang mungkin dapat menjadi sebabnya pada setiap cabang tersebut. Maka kita akan lihat adanya ranting. Tuliskan pula pada setiap ranting ini faktor-faktor yang lebih detail lagi yang merupakan anak ranting.

Langkah 5 : Akhirnya kita harus memastikan bahwa semua unsur yang mungkin dapat menyebabkan penyimpangan masuk kedalam diagram.

Langkah langkah ini dapat dilihat lebih jelasnya pada gambar diagram sebab akibat berikut :



Gambar 2.2 Diagram Sebab Akibat

## 2. *Pairs Comparison Matrix*

*Pair Comparison Matrix* adalah suatu metode perbandingan berpasangan. Metode ini biasa dipakai untuk menentukan prioritas namun berdasarkan penilaian subjektif. Dalam skripsi ini, nantinya metode ini akan dipakai untuk menjaring banyak penyebab yang telah diidentifikasi melalui diagram sebab akibat menjadi tinggal beberapa

penyebab dominant yang kemudian akan difokuskan untuk dicari solusinya.

Pembuatan *Pair Comparison Matrix* dimulai dengan menuliskan semua penyebab dalam satu baris dan satu kolom dalam bentuk matriks. Disini kemudian dilakukan perbandingan antara satu penyebab yang ada di kolom (misalnya A) dengan penyebab yang lainnya yang ada di baris (misalnya B). pertanyaan yang diajukan setiap kali dilakukan perbandingan adalah : “apakah penyebab A lebih penting daripada penyebab B?”. disini kemungkinan jawabannya hanya dua, yaitu “ya” atau “tidak”, dimana jika jawaban “ya” maka sel pertemuan baris A dan Kolom B akan diisikan angka “1”. Sedangkan jika “tidak” maka yang diisikan adalah angka “0”. Perbandingan ini kemudian akan diteruskan sampai semua penyebab selesai dibandingkan. Kemudian angka yang dikumpulkan tiap penyebab dalam baris akan dijumlahkan. Biasanya kemudian empat sampai enam penyebab yang mempunyai angka tertinggi kemudian akan dipilih untuk kemudian dicari solusinya.

Untuk lebih jelasnya mengenai *Pair Comparison Matrix* dapat dilihat pada tabel 2.1 di bawah ini :

**Tabel 2.1** *Pair Comparison Matrix*

	Harga mahal	Servis jelek	Banyak pesaing	Produk jelek	Total
Harga mahal	-	1	1	1	3
Servis jelek	0	-	0	0	0
Banyak pesaing	0	1	-	0	1
Produk jelek	0	1	1	-	2

### 2.6.1. Design Of Experiment (DOE)

DR. Genechi Taguchi melaksanakan riset pada tahun 1970-an yang bertujuan agar metode DOE lebih mudah digunakan baik untuk dunia akademis maupun dunia industri manufaktur sehingga dapat meningkatkan kualitas produk. Akhirnya ditahun 1985 di USA berhasil melakukan standarisasi DOE dan diberi nama *Taguchi's Method*.

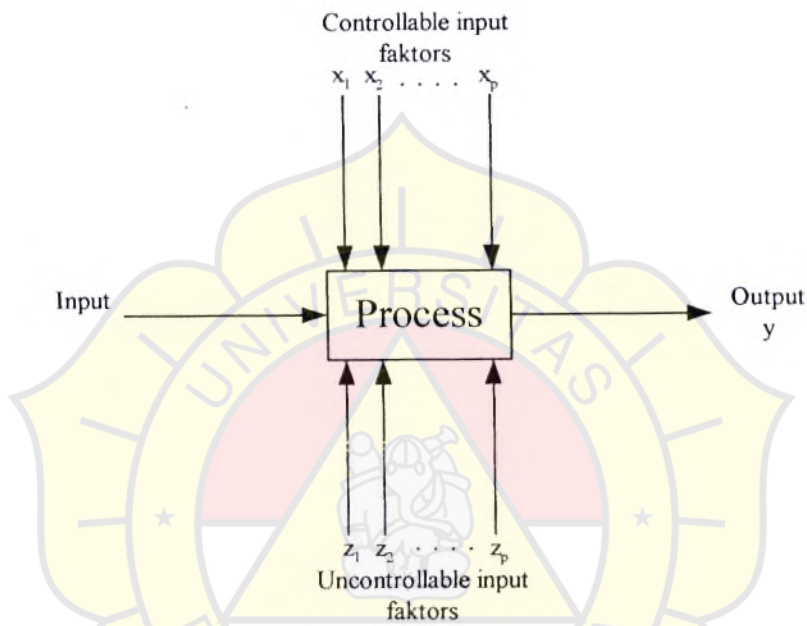
Rancangan percobaan (DOE) adalah sebuah metoda statistika yang digunakan untuk melihat pengaruh perubahan variabel input terhadap perubahan output. Proses manufaktur pada umumnya digambarkan sebagai kombinasi dari mesin, metode, manusia, material, dan lingkungan sebagai input dan hasil / output respon, seperti gambar 2.3. variabel-variabel yang terlibat didalam proses yaitu  $x_1, x_2, \dots, x_p$  merupakan variabel yang dapat dikontrol dan variabel  $z_1, z_2, \dots, z_p$  merupakan variabel yang tidak dapat dikontrol, atau disebut sebagai *noise factor*. Adapun tujuan dari DOE adalah:

1. Menentukan variabel mana yang berpengaruh secara signifikan terhadap respon  $y$ .
2. Menentukan kombinasi level dari faktor-faktor yang menghasilkan respon yang mendekati target yang diinginkan.
3. Menentukan kombinasi level dari faktor-faktor yang meminimalkan variabilitas respon.



4. Menentukan kombinasi level dari faktor-faktor yang meminimalkan *uncontrollable* variabel  $z$ .

Model umum suatu proses ini untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.3 Model Umum Suatu Proses

Baghci P Tapan dalam bukunya "*Taguchi Method Explained*" mengungkapkan langkah-langkah dalam membuat desain sebuah eksperimen yang terdiri dari :

### 1. Memilih Variabel Bebas

Sebelum melakukan eksperimen, orang yang terlibat dalam proyek diharuskan melakukan identifikasi faktor yang digunakan, faktor tersebut ialah:

- 1) Parameter desain yang mempengaruhi performa atau hasil keluaran.
- 2) Input yang bisa dikontrol
- 3) faktor masukan agar dapat mengetahui pengaruh dan kontrol dari faktor tersebut pada keluaran hasil yang diinginkan.
- 4) batasan jumlah faktor adalah 2 – 63.

## 2. Memilih jumlah Level untuk masing-masing Variabel

Level adalah nilai yang diasumsikan dari sebuah faktor yang digunakan di dalam eksperimen. Contoh level untuk pembuatan kue adalah tepung yang digunakan terdiri dari 2 pon, 5 pon dan lain-lain (*continues level*) atau tepung tipe 1 atau tipe 2 (*discrete level*). Batasan jumlah level yang dipakai adakah 2,3, dan level 4.

Pemilihan ini didasarkan pada efek perbedaan perletakan level untuk parameter tampilan. Misalnya jika parameter berfungsi linear atau ada asumsi tidak terjadinya hubungan antara variabel bebas dan parameter tampilan maka jumlah level yang dipilih haruslah 2, dan apabila fungsinya kuadrat, kubik, dan pangkat lain yang lebih tinggi maka dapat dipakai level 3, 4 dan seterusnya. Untuk mengetahui apakah level yang dipilih sudah tepat dapat dilihat dari persen kontribusi dan perhitungan *error* yang diperoleh pada analisa data.

### 3. Memilih *Orthogonal Array* yang cocok

Sebelum memilih *Orthogonal Array* diharuskan menentukan jumlah eksperimen berdasarkan jumlah *degree of freedom*. Jumlah eksperimen minimum adalah sama atau lebih dari besar nilai DOF. Selain itu *Orthogonal Array* juga dipilih berdasarkan jumlah variabel bebas dan jumlah level untuk masing-masing variabel.

### 4. Menugaskan variable bebas tersebut ke masing-masing kolom

Faktor-faktor ditugaskan ke masing-masing kolom sesuai dengan bentuk *linear graph* dari faktor

### 5. Melaksanakan Ekspeimen

Eksperimen akan dilaksanakan perkombinasi level dan seluruh eksperimen harus dilaksanakan.

### 6. Menganalisa data hasil eksperimen

Karena eksperimen adalah kombinasi dari level faktor, penting untuk memisahkan efek individu dari variabel bebas dengan cara menjumlahkan performa nilai rata-rata parameter sesuai dengan pengaturan level.

### 7. Menarik kesimpulan

Dari seluruh perhitungan diatas dapat dihasilkan keluaran yang mendekati optimum sehingga dapat dipakai sebagai titik acuan untuk standar teknik optimasi.

## 2.6.2 Menentukan Jumlah Minimum Eksperimen yang Harus Dilaksanakan

Jumlah eksperimen yang harus dilakukan sesuai dengan metode Taguchi, dihitung berdasarkan total nilai degree of Freedom (DOF).

Perhitungan derajat kebebasan dilakukan untuk menghitung jumlah minimum percobaan yang harus dilakukan untuk menyelidiki faktor yang diamati. Jika  $n_A$  dan  $n_B$  adalah jumlah perlakuan untuk faktor A dan faktor B maka :

$$\text{DOF untuk faktor A} = n_A - 1$$

$$\text{DOF untuk faktor B} = n_B - 1$$

$$\text{DOF untuk interaksi faktor A dan B} = (n_A - 1)(n_B - 1)$$

$$\text{Jumlah total DOF} = (n_A - 1) + (n_B - 1) + (n_A - 1)(n_B - 1)$$

## 2.6.3 *Orthogonal Array (OA)*

DOE didasarkan pada petunjuk penggunaan yang jelas dengan memakai set dari pengelompokkan kolom dan baris yang disebut *Orthogonal Array* yang telah distandarisasi ini memfokuskan pada cara menjalankan eksperimen dengan jumlah paling sedikit, tetapi dapat memberikan informasi penuh dari sejumlah faktor-faktor yang mempengaruhi parameter-parameter. Landasan dari metode *Orthogonal Array* adalah pemilihan kombinasi level dari variable *input* desain untuk masing-masing eksperimen.

*Orthogonal Array(OA)* metode Taguchi menyediakan berbagai matriks OA untuk pengujian faktor-faktor dengan 2 dan 3 level dengan kemungkinan untuk pengujian *multiple level*

Masing-masing bentuk standar ditunjukkan untuk variabel desain dan level tertentu. Sehingga penentuan susunan *Orthogonal Array* yang digunakan tergantung dari :

1. Jumlah faktor yang mempengaruhi.
2. Jumlah level untuk setiap faktor.

Contohnya adalah jika suatu eksperimen yang dipengaruhi oleh 4 variabel atau faktor dan masing-masing faktor terdiri dari 3 level, maka eksperimen ini memakai *Orthogonal Array* tipe  $L_9$  dengan asumsi tidak ada interaksi diantara faktor. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 2.2** Faktor Eksperimen dengan 2 level

<b>Jumlah DOF</b>	<b><i>Orthogonal array to be used</i></b>
2 - 3	$L_4$
4 - 7	$L_8$
8 - 11	$L_{12}$
12 - 15	$L_{16}$

**Tabel 2.3** Faktor Eksperimen dengan 3 level

<b>Jumlah DOF</b>	<b><i>Orthogonal array to be used</i></b>
2 - 4	$L_9$
5 - 7	$L_{27}$

contoh orthogonal array yang digunakan dalam penelitian adapat dilihat pada lampiran 1, salah satunya dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut :

Tabel 2.4 *Orthogonal array* untuk  $L_4$

No	1	2	3
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	2	2
4	2	2	1

#### 2.6.4 Perhitungan Main Effect

Main Effect adalah pengaruh dari masing-masing faktor dan interaksi terhadap hasil. Perhitungannya sendiri terbagi menjadi 2 metode yaitu :

##### 1. Metode Avarage / Metode Standar (Metode Rata-rata)

Perhitungan dengan metode ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh dari masing-masing faktor dan interaksi terhadap nilai tengah dari hasil yang diharapkan.

##### 2. Metode S/N Ratio (Signal to Noise)

Perhitungan dengan metode ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh dari masing-masing faktor dan interaksi terhadap sebaran / varians dari hasil yang diharapkan.

Rumus *S/N Ratio*

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

MSD (*Mean Square Deviation*) tergapat 3 macam tergantung karakteristik kualitas yang dipakai, *Smaller*, *Nominal*, atau *Larger*

Untuk *Smaller is Better* :

$$\text{MSD} = \frac{(y_1^2 + y_2^2 + y_3^2 + \dots)}{n} = \frac{\sum y^2}{n}$$

Untuk *Bigger is Better* :

$$\text{MSD} = \frac{(1/y_1^2 + 1/y_2^2 + 1/y_3^2 + \dots)}{n}$$

Untuk *Nominal the Best* :

$$\text{MSD} = [(\hat{y}^2) / s^2]^{-1}$$

Dimana :  $y_1, y_2, y_3, \dots$  = Hasil dari percobaan

$n$  = Jumlah pengulangan

Dalam perhitungan main effect S/N ratio ini juga dihitung nilai kontribusi faktor utama yang perhitungannya didasarkan pada *orthogonal array* yang telah dipilih.

Misalnya faktor percobaan adalah 2, dengan level 2, maka *orthogonal array* yang dipilih adalah  $L_4$ . Maka percobaan yang dilakukan adalah 4 percobaan.

Dengan demikian penempatan nilai S/N ratio untuk percobaan 1 sampai percobaan 4 didasarkan pada *array* seperti terlihat pada tabel 2.3 yaitu :

Faktor 1 : S/N 1 menempati level 1

S/N 2 menempati level 1

S/N 3 menempati level 2

S/N 4 menempati level 2

Faktor 2 : S/N 1 menempati level 1

S/N 2 menempati level 2

S/N 3 menempati level 1

S/N 4 menempati level 2

Faktor 3 : S/N 1 menempati level 1

S/N 2 menempati level 2

S/N 3 menempati level 2

S/N 4 menempati level 1

Selanjutnya untuk mencari S/N ratio yang diharapkan dari hasil percobaan dilihat dari efek terkuat dan kombinasi level yang dipilih. Misal ada 4 faktor A, B, C, D dengan efek terbesar ke terkecil berturut-turut A, C, B, D. level yang dipilih adalah  $A_1$ ,  $C_1$ ,  $B_2$ ,  $D_2$

Maka S/N ratio yang diharapkan dari percobaan yang dilakukan dapat diketahui dengan menggunakan rumus :



$$\eta = \bar{T} + (A_1 - \bar{T}) + (C_1 - \bar{T}) + (B_2 - \bar{T}) + (D_2 - \bar{T})$$

dimana :

$\eta$  = S/N ratio yang diharapkan

$\bar{T}$  = S/N rata-rata dari percobaan.

Karena nilai sama dengan nilai S/N ratio yang diharapkan dengan demikian diperoleh rumus :

$$\eta = \text{S/N Ratio} = -10 \text{ Log MSD}$$

maka untuk mendapatkan nilai MSD dapat digunakan rumus :

$$\text{MSD} = \text{antilog} \frac{\text{S/N Ratio}}{-10}$$

Untuk memperoleh hasil dari percobaan nilai n dapat diasumsikan 1. sehingga diperoleh persamaan :

$$\text{MSD} = \frac{\sum y^2}{1}$$

$$y = \sqrt{\text{MSD}}$$