

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Suatu penelitian yang berkaitan dengan rancangan produk atau proses sangatlah penting di berbagai bidang seperti pada bidang industri, biologi, farmasi dan lain-lain. Kualitas produk merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi persepsi konsumen dalam memilih produk tertentu. Setiap perusahaan produsen dari suatu produk memiliki standar kualitas sendiri untuk menjaga kualitas produknya tetap baik dan tetap menjadi pilihan konsumen. Salah satu cara mempertahankan atau bahkan meningkatkan kualitas adalah dengan pengendalian kualitas. Menurut Feigenbaum (1993), pengendalian kualitas adalah suatu proses pendelegasian tanggung jawab dan wewenang untuk suatu aktivitas manajemen dalam menopang usaha-usaha atau sarana dalam rangka menjamin hasil-hasil yang memuaskan. Menurut Mitra (1993), terdapat dua pendekatan dalam pengendalian kualitas yaitu *online quality control* dan *offline quality control*. Usaha-usaha yang tercakup dalam *online quality control* adalah pendiagnosaan dan penyesuaian proses, pengontrolan proses, dan inspeksi hasil proses, sedangkan *offline quality control* mencakup usaha-usaha yang bertujuan mengoptimalkan rancangan proses dan produk, sebagai pendukung usaha *online quality control* yang dilakukan baik sebelum maupun setelah proses.

Suatu rancangan percobaan sangat membantu dalam menentukan peubah utama yang mempengaruhi karakteristik kualitas suatu proses. Rancangan percobaan dapat diartikan sebagai serangkaian tes di mana perubahan yang berarti dilakukan pada peubah dari suatu proses atau sistem sehingga dapat mengamati dan mengidentifikasi alasan-alasan perubahan pada respon output (Montgomery, 1991). Rancangan percobaan juga dapat menentukan level dari peubah kontrol yang mengoptimalkan kinerja proses.

Banyak faktor yang mempengaruhi pengoptimalan proses produksi, apabila faktor-faktor tersebut tidak optimal maka biaya yang terjadi seperti biaya bahan baku maupun biaya akibat kerugian mutu akan menjadi lebih besar. Melihat kondisi tersebut maka perlu suatu perancangan percobaan yang dapat mengoptimalkan faktor-

faktor sehingga dapat meningkatkan mutu suatu produk dan menekan biaya produksi. Terdapat tiga metode perancangan percobaan yang sering kali digunakan untuk mengoptimalkan proses dengan beberapa faktor yaitu metode *fractional factorial design*, metode Taguchi, dan *response surface design* (Montgomery, 2001). Setiap metode mempunyai keunggulan dan kekurangan sehingga perlu dilakukan studi kasus untuk menerapkan dan membandingkan metode.

Ide atau gagasan Dr. Genichi Taguchi telah diperkenalkan ke dunia barat pada tahun 1980-an. Menurut Gaspersz (2001), Metode Taguchi merupakan metode *quality engineering* yang digunakan untuk merancang kualitas setiap produk dan proses yang sesuai. Metode Taguchi dikenal juga sebagai metode *offline quality control*. Rekayasa kualitas diusulkan Taguchi dengan tujuan menjaga performa proses atau pembuatan produk tetap tangguh terhadap faktor yang sulit dikendalikan. Dalam metode Taguchi dipakai dua metode utama analisis yaitu *Signal to Noise Ratio* (SNR) dan *Orthogonal Array* yang mampu mengurangi jumlah percobaan secara signifikan serta dapat mempelajari sejumlah keputusan dengan percobaan yang sedikit (Park, 1996).

Metode peningkatan kualitas selanjutnya adalah rancangan fraksional faktorial (*fractional factorial design*). Rancangan fraksional faktorial telah diperkenalkan oleh Tippett sejak tahun 1980-an. Percobaan yang didasarkan pada rancangan faktorial, dimaksudkan untuk menentukan faktor mana dari sejumlah faktor yang secara potensial memberikan efek pada respon (Gasperz, 2001). Namun pada rancangan faktorial dengan jumlah faktor yang banyak dan diikuti oleh jumlah kombinasi perlakuan besar, percobaan menjadi tidak efisien untuk dilakukan (Montgomery, 2005). Rancangan fraksional faktorial dapat mengurangi banyaknya kombinasi perlakuan pada rancangan faktorial lengkap. Sebagai contoh, rancangan  $3^5$  membutuhkan 243 unit percobaan yang akan menduga rata-rata umum, 5 efek utama, 10 interaksi dua faktor, 10 efek interaksi tiga faktor, 5 interaksi empat faktor, dan 1 interaksi lima faktor. Rancangan fraksional faktorial bisa hanya menjalankan sepertiga, sepersembilan, maupun seperduapuluh tujuh dari kondisi tersebut (Montgomery, 2005).

Penelitian yang telah dilakukan oleh Suryanta dan Jani (2001) mengkaji perbandingan metode  $2^{k-p}$  fractional factorial dengan metode Taguchi pada proses pembuatan fiber glass. Mereka menemukan bahwa tidak ada perbedaan rata-rata hasil optimal kedua metode. Penelitian tersebut juga menjelaskan bahwa penggunaan metode  $2^{k-p}$  fractional factorial design dengan metode Taguchi dalam pembuatan fiber glass tidak menunjukkan perbedaan antar kedua metode, tetapi metode Taguchi lebih menghemat biaya dan waktu daripada rancangan fraksional faktorial.

Penggunaan metode Taguchi dan rancangan fraksional faktorial khusus dirancang untuk meningkatkan kualitas suatu produk atau meningkatkan performa proses produksi. Diperlukan lebih dari satu data untuk membandingkan kedua metode peningkatan kualitas produk ini, sehingga dapat diketahui secara pasti perbedaan metode Taguchi dan rancangan fraksional faktorial.

## **1.2 Rumusan masalah**

1. Apakah terdapat perbedaan antara metode Taguchi dan rancangan fraksional faktorial dalam mencapai standar kualitas suatu produk?
2. Apakah terdapat perbedaan hasil kombinasi optimal yang berpengaruh terhadap respon antara metode Taguchi dan rancangan fraksional faktorial?

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini adalah pada data hasil percobaan menggunakan 4 dan 5 faktor, setiap faktor terdiri dari 3 level dan mempunyai satu respon. Percobaan ini dilakukan tanpa ulangan.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui perbedaan metode Taguchi dan rancangan fraksional faktorial dalam mencapai standar kualitas produk.
2. Mengetahui perbedaan antara metode Taguchi dan rancangan fraksional faktorial pada hasil kombinasi optimal yang berpengaruh terhadap respon.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Memberi wawasan tentang perbedaan rancangan pengendalian kualitas antara metode Taguchi dan rancangan fraksional faktorial dan memberikan informasi mengenai kelebihan dan kekurangan setiap metode, serta mampu mengetahui kombinasi optimal setiap metode yang berpengaruh terhadap respon.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Rancangan Percobaan

Percobaan dilakukan untuk menemukan sesuatu yang baru. Menurut Montgomery (2001), percobaan diartikan sebagai tes atau penyelidikan terencana untuk mendapatkan fakta baru, dan rancangan percobaan didefinisikan sebagai serangkaian tes di mana perubahan yang berarti dilakukan pada peubah dari suatu proses atau sistem. Untuk mencapai karakteristik proses dengan cara yang efektif dan analisis yang akurat, level faktor harus bervariasi, hasil dari kombinasi tertentu diamati benar, dan hasil keseluruhan dianalisis untuk menentukan faktor-faktor yang berpengaruh serta level yang tepat. Rancangan dari suatu percobaan bertujuan untuk memperoleh atau mengumpulkan informasi sebanyak-banyaknya yang diperlukan dan berguna dalam melaksanakan penelitian terhadap suatu masalah. Dalam rangka mendapatkan semua informasi yang berguna itu, sebaiknya rancangan percobaan dibuat secara sederhana. Percobaan hendaknya dilakukan seefisien mungkin mengingat waktu, biaya, dan bahan yang akan digunakan sangat terbatas. Analisis data rancangan sederhana mudah dilakukan, selain itu juga bersifat ekonomis. Percobaan awal digunakan untuk menemukan faktor yang berpengaruh dari kemungkinan beberapa faktor yang terlibat dengan produk atau rancangan proses, yakni percobaan kecil dengan banyak faktor dengan dua level. Kemudian percobaan yang melibatkan beberapa faktor dan lebih dari dua level untuk peningkatan kualitas penelitian (Ross, 1996). Tujuan umum suatu rancangan percobaan adalah menentukan faktor yang mempengaruhi respon, menentukan faktor yang membuat respon mendekati nilai yang diinginkan, serta menentukan faktor yang menyebabkan variasi respon kecil (Belavendram, 1995).

Sebagai contoh pada kasus Penentuan *Setting Level* Optimal Lingkungan Kerja Fisik Untuk Meningkatkan *Output* Produksi Rokok Dengan metode Taguchi (Aula, 2009). Studi di PT. Bayi Kembar Malang yang menggunakan metode Taguchi untuk mengoptimalkan kombinasi level faktor yang mempengaruhi *output* produksi rokok (batang) pada proses pelinting sigaret kretek tangan. Pada penelitian ini, terdapat beberapa faktor yang ditentukan

berdasarkan survai pendahuluan dan *brainstorming* dengan para ahli yaitu warna meja (putih, hitam, belang/papan catur), jarak antar operator (30 cm, 50 cm, 70 cm), ukuran ruang kerja (sempit, sedang, luas), dan privasi (sekat di tengah operator yang berhadapan, sekat di samping operator, sekat di tengah operator dan di samping operator). Hasil percobaan dengan menggunakan metode Taguchi didapat kombinasi level optimal yaitu warna meja putih, jarak antar operator 70 cm, ukuran ruang kerja luas, dan privasi (sekat di tengah operator dan di samping operator yang berhadapan). Kombinasi optimal menghasilkan rata-rata 42.394 batang rokok per hari. Selang kepercayaan bagi rata-rata umum menunjukkan bahwa kombinasi level optimal dapat diterima, serta mampu mengurangi kerugian perusahaan sebesar Rp 0,671/ batang melalui perhitungan *quality loss function*.

Penelitian lain adalah mengenai rancangan fraksional faktorial pada skripsi Kajian Pada Rancangan *Fractional Factorial 3<sup>n-p</sup>* (Harlina, 2007). Penelitian ini menggunakan 5 faktor dengan 3 level yaitu A = suhu (55°C, 65°C, 75°C), B = waktu (2 jam, 3 jam, 4 jam), C = pH (2, 7, 12), D = konsentrasi substrat (2 Molar, 4 Molar, 6 Molar), dan D = nisbah bahan baku per ml pelarut (1:6, 1:8, 1:10). Tujuan percobaan adalah mengetahui aktivitas enzim bakteri *Lactobacillus bulgaricus*. Hasil penelitian dengan fraksional faktorial menunjukkan bahwa kriteria rancangan terbaik yaitu rancangan dengan struktur generator D=ABC; E = AB<sup>2</sup>. Struktur rancangan dengan generator ini dapat meminimumkan banyak interaksi yang saling terpaat.

## 2.2 Metode Taguchi

Rancangan Taguchi diperkenalkan oleh ilmuwan Jepang Dr. Genichi Taguchi pada tahun 1940 yang merupakan metode baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dapat menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Sasaran metode Taguchi adalah menjadikan produk robust terhadap gangguan luar, karena itu sering disebut sebagai *Robust Design* (Ross, 1996).

Metode Taguchi menggunakan matriks yang disebut *orthogonal array* untuk menentukan unit percobaan minimal yang dapat memberi informasi sebanyak mungkin semua faktor yang

mempengaruhi respon. Bagian terpenting *orthogonal array* terletak pada pemilihan kombinasi level dari peubah input setiap percobaan. Komponen lain metode Taguchi adalah *Signal to Noise Ratio* (SNR) yang mampu mengurangi jumlah percobaan secara signifikan dan dapat mempelajari sejumlah keputusan dengan percobaan yang sedikit (Park, 1996).

Menurut Lochner dan Matar (1990), filosofi Taguchi dirangkum dalam 7 elemen dasar :

1. Dimensi penting dari kualitas produk adalah total kerugian yang diteruskan oleh produk tersebut ke konsumen.
2. Dalam era ekonomi yang penuh dengan persaingan, perbaikan kualitas secara terus menerus dan pengurangan biaya adalah penting untuk dapat bertahan dalam bisnis.
3. Perbaikan yang terus menerus meliputi pengurangan variasi dari karakteristik produk dari nilai target mereka.
4. Kerugian yang diderita konsumen akibat produk yang bervariasi seringkali mendekati proporsi deviasi kuadrat dari karakteristik dari nilai targetnya.
5. Kualitas akhir dan biaya proses produksi ditentukan oleh perluasan yang besar dari rancangan *engineering* dari produk dan proses produksinya.
6. Variasi dari produk atau proses dapat dikurangi dengan mengeksplotasikan efek nonlinier dari parameter produk atau proses pada karakteristik.
7. Rancangan percobaan statistik dapat digunakan untuk mengidentifikasi *setting* parameter dari produk atau proses yang akhirnya dapat mengurangi variasi.

### **2.2.1 Orthogonal Array**

Matriks yang digunakan dalam metode Taguchi disebut *orthogonal array*. Matriks ini diciptakan oleh Jacques Hardmand pada tahun 1897, dan mulai diterapkan pada perang dunia II oleh Plackett dan Burman. *Orthogonal array* adalah matriks faktor dan level yang disusun sedemikian rupa sehingga pengaruh suatu faktor dan level tidak berbaur dengan faktor dan level lain. Matriks ini disusun dengan tujuan untuk menentukan banyaknya unit atau satuan percobaan yang mampu memberi informasi sebanyak mungkin dari berbagai kombinasi faktor yang mempengaruhi respon (Ishak, 2002).

Elemen-elemen matriks disusun berdasarkan baris dan kolom. Baris merupakan keadaan suatu faktor sedangkan kolom adalah faktor yang dapat diubah dalam percobaan.

Keuntungan *orthogonal array* adalah kemampuan untuk mengevaluasi beberapa faktor dengan jumlah test atau pengujian yang minimum. Jika pada percobaan terhadap 7 faktor dengan 2 level, apabila menggunakan rancangan faktorial penuh maka diperlukan  $2^7$  buah percobaan. *Orthogonal array* akan mengurangi jumlah percobaan sehingga waktu dan biaya percobaan akan berkurang. *Orthogonal array* dalam metode Taguchi telah menyediakan berbagai matriks untuk pengujian faktor-faktor dengan dua dan tiga level dengan kemungkinan pengembangan untuk pengujian multilevel (Ross, 1996).

Pada Tabel 2.1 disajikan pemilihan matriks *orthogonal array*, dengan derajat bebas untuk memilih matriks *orthogonal array* sebagai berikut (Ross, 1996):

$$db \text{ total} = [ \text{jumlah faktor} \times (\text{jumlah level}-1) ] + 1 \quad (2.1)$$

Tabel 2.1. Banyaknya baris matriks *Orthogonal array*

2 level	3 level	4 level	5 level
L <sub>4</sub>	L <sub>9</sub>	L <sub>16</sub>	L <sub>25</sub>
L <sub>8</sub>	L <sub>27</sub>	L <sub>64</sub>	
L <sub>12</sub>	L <sub>81</sub>		
L <sub>16</sub>			
L <sub>32</sub>			
L <sub>64</sub>			

Sumber : Montgomery, 2005

Notasi untuk *orthogonal array* :

$$L_n (I^f) \quad (2.2)$$

di mana :

$n$  : banyak pengamatan (baris)

$l$  : banyak level

$f$  : banyak faktor (kolom)

$L$  : *orthogonal array*

Tabel 2.2. Matriks *orthogonal array*  $L_4(2^3)$

Percobaan	Faktor		
	A	B	C
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

Sumber: Park, 1996

### 2.2.2 Signal to Noise Ratio (S/N ratio)

Metode Taguchi memperkenalkan pendekatan S/N ratio untuk meneliti faktor *noise* (gangguan luar) terhadap variasi yang timbul. Taguchi menciptakan transformasi dari pengulangan data ke nilai lain yang merupakan ukuran variasi. Perhitungan nilai S/N bergantung pada tujuan karakteristik kualitas produk itu sendiri. Dalam metode Taguchi karakteristik kualitas dibagi menjadi 3 kategori (Peace, 1993) yaitu :

#### 1. *Nominal is the best*

Merupakan karakteristik kualitas yang menuju nilai target tertentu, ditandai dengan nilai target tertentu dan bukan nol.

Contoh : ketebalan, berat, tekanan, temperatur, dimensi produk.

Nilai S/N untuk *nominal is the best* :

$$SNR_{ntb} = 10 \text{ Log } \frac{\bar{y}^2}{s^2} \quad (2.3)$$

di mana:

$SNR_{ntb}$  : SNR untuk *nominal is the best*

$\bar{y}^2$  : rata-rata respon

$s^2$  : ragam respon

## 2. *Smaller is Better*

Merupakan karakteristik terukur dengan nilai ideal nol.  
Contoh : jumlah produk cacat, kebisingan, limbah pabrik.  
Nilai S/N untuk *smaller is better* :

(2.4)

$$SNR_{stb} = -10 \log \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right]$$

di mana :

$SNR_{stb}$  : SNR untuk *smaller is better*

$n$  : banyak data

$y_i$  : variabel respon kombinasi perlakuan ke- $i$

## 3. *Larger is Better*

Merupakan karakteristik kualitas di mana nilai semakin besar menunjukkan produk akan semakin baik. Contoh : kekuatan bangunan, umur pemakaian produk, ketahanan terhadap korosi.

Nilai S/N untuk *larger is better* :

(2.5)

$$SNR_{ltb} = -10 \log \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right]$$

di mana :

$SNR_{ltb}$  : SNR untuk *larger is better*

$n$  : banyak data

$y_i$  : variabel respon kombinasi perlakuan ke- $i$

Pada penelitian ini untuk data 1 dan data 2 menggunakan karakteristik kualitas *larger is better*.

### 2.2.3 Efek Faktor

Setelah nilai SNR dihitung, kemudian hitung pula nilai efek faktor. Efek tiap faktor dibutuhkan untuk mengetahui seberapa efek yang ditimbulkan oleh suatu faktor dalam mengurangi *noise*. Semakin besar efek faktor menunjukkan bahwa faktor tersebut adalah faktor yang paling berpengaruh. Efek setiap faktor dihitung dengan rumus berikut (Taguchi, 1987)

$$\text{Efek faktor} = \frac{1}{l} \sum SNR \quad (2.6)$$

di mana :

$l$  : jumlah munculnya tiap level faktor dalam suatu kolom matriks *orthogonal*

$SNR$  : nilai *Signal to Noise Ratio*

Tabel 2.3. Contoh perhitungan efek faktor  $L_4(2^3)$

Percobaan	Faktor			Hasil Observasi
	A	B	C	
1	1	1	1	y1
2	1	2	2	y2
3	2	1	2	y3
4	2	2	1	y4

Sumber: Peace, 1993

Efek faktor :

$$\overline{A_m} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad \overline{B_m} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad \overline{C_m} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (2.7)$$

di mana :

A, B, C : faktor

m : level faktor

n : banyaknya level setiap faktor

$y_i$  : respon setiap level faktor

Persamaan 2.6 pada metode Taguchi digunakan untuk menghitung nilai efek SNR setiap faktor, sedangkan persamaan 2.7 digunakan untuk menghitung rata-rata pengaruh setiap faktor.

## 2.2.4 Persentase Kontribusi

Dalam metode Taguchi pengujian pengaruh suatu faktor tidak dilakukan karena tujuan rancangan Taguchi adalah mendapatkan kombinasi yang optimal dari level tiap respon, sedangkan dalam statistika klasik pengujian pengaruh faktor dan interaksi sangat penting. Fokus utama dalam analisis metode Taguchi yaitu memaksimalkan nilai SNR karena tujuan rancangan Taguchi adalah untuk meminimalkan pengaruh dari faktor noise. Kemudian dengan menggunakan ANOVA dapat dilihat pengaruh yang diberikan oleh faktor kepada respon. ANOVA dalam rancangan Taguchi tidak menggunakan uji-F tetapi menggunakan persentase kontribusi. Persentase kontribusi adalah persentase keragaman yang diberikan oleh faktor atau interaksi terhadap respon. Misalkan faktor A, maka persentase kontribusi faktor A adalah jumlah kuadrat faktor A dibagi dengan jumlah kuadrat total. Jika persentase kontribusi lebih besar dari 10%, maka faktor atau interaksi tersebut memberikan pengaruh terhadap respons (Yang, 2003). Jika faktor tidak berpengaruh maka persentase kontribusi dari faktor tersebut dianggap sebagai persentase kontribusi dari galat atau error.

Pada Tabel 2.4 disajikan perhitungan analisis ragam yang terdiri dari derajat bebas, sumber keragaman, jumlah kuadrat, dan nilai persentase kontribusi (Ishak, 2002).

$$\text{Model linier aditif : } Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$
$$i = 1, \dots, a$$
$$j = 1, \dots, b$$

di mana,

$Y_{ij}$  : respon level ke-i faktor A dan level ke-j faktor B

$\mu$  : nilai tengah umum

$\alpha_i$  : pengaruh level ke-i faktor A

$\beta_j$  : pengaruh level ke-j faktor B

$(\alpha\beta)_{ij}$  : pengaruh interaksi level ke-i faktor A dan level ke-j faktor B

$\varepsilon_{ij}$  : galat percobaan level ke-i faktor A dan level ke-j faktor B

Pengujian hipotesis setiap perlakuan terhadap respon yakni:

1.  $H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_a = 0 ; \alpha_i = 0$

$H_1$  : paling tidak ada satu i di mana  $\alpha_i \neq 0$

2.  $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_b = 0 ; \beta_j \neq 0$   
 $H_1 : \text{paling tidak ada satu } j \text{ di mana } \beta_j \neq 0$
3.  $H_0 : (\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} = \dots = (\alpha\beta)_{ab} = 0 ; (\alpha\beta)_{ij} \neq 0$   
 $H_1 : \text{paling tidak ada satu } ij \text{ di mana } (\alpha\beta)_{ij} \neq 0$

Tabel 2.4. Analisis ragam

S.K.	Db	JK	Persentase Kontribusi (%)
A	(a-1)	$JK_A = \frac{\sum_i (\sum_j Y_{ij})^2}{b} - FK$	$\frac{JKA}{JKT}$
B	(b-1)	$JK_B = \frac{\sum_j (\sum_i Y_{ij})^2}{a} - FK$	$\frac{JKB}{JKT}$
Interaksi	(a-1)(b-1)	$JK_G = JK_T - JK_A - JK_B$	$\frac{JKG}{JKT}$
Total	(ab-1)	$JK_T = \sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - FK$	

Sumber : Taguchi, 1987

di mana :

$$FK = \frac{(\sum_i \sum_j Y_{ij})^2}{ab} \quad (2.8)$$

- A, B : faktor
- a : banyaknya level faktor A
- b : banyaknya level faktor B
- $JK_T$  : jumlah kuadrat total
- $JK_A$  : jumlah kuadrat faktor A
- $JK_B$  : jumlah kuadrat faktor B
- $JK_G$  : jumlah kuadrat galat

### 2.3 Rancangan Fraksional Faktorial $3^{n-p}$

Rancangan faktorial lengkap terdiri atas semua kemungkinan kombinasi level dari beberapa faktor. Makin banyak faktor dan level yang dicobakan maka jumlah kombinasi perlakuan akan meningkat sehingga biaya penelitian akan bertambah dan hal ini sangat tidak diharapkan. Selain itu, terkadang ditemui kesulitan untuk

menginterpretasikan pengaruh interaksi tingkat tinggi pada rancangan faktorial lengkap dengan banyak faktor. Oleh karena itu dibutuhkan suatu rancangan yang dapat mengatasi kedua masalah tersebut. Rancangan yang dapat digunakan adalah rancangan Fraksional Faktorial (FF). Rancangan FF merupakan rancangan yang bertujuan untuk meminimumkan jumlah kombinasi perlakuan yang akan dicobakan (Montgomery, 2001).

Penggunaan rancangan FF dapat menghilangkan informasi tentang pengaruh interaksi tingkat tinggi, tetapi tidak menghilangkan informasi tentang pengaruh utama dan interaksi tingkat rendah yang merupakan informasi penting dalam percobaan. Rancangan FF biasanya digunakan dalam proses *screening experiment* yaitu percobaan yang melibatkan banyak faktor yang bertujuan untuk mencari faktor-faktor yang memiliki pengaruh besar terhadap respon yang diamati. Pada proses percobaan tersebut, idealnya jumlah level yang digunakan ialah sebanyak dua. Namun pada penelitian ini akan dijelaskan mengenai rancangan FF dengan tiga level yang merupakan percobaan lanjutan dari percobaan dua level dengan tujuan untuk mendapatkan informasi yang lebih luas (Montgomery, 2001).

Rancangan FF tiga level dan fraksi ( $p$ ) dinotasikan  $3^{n-p}$  adalah rancangan yang mencobakan hanya  $3^{n-p}$  kombinasi perlakuan dari seluruh  $3^n$  kombinasi perlakuan lengkap. Pada rancangan ini dikenal istilah fraksi percobaan, yaitu jumlah proporsi total kombinasi perlakuan yang akan dicobakan (Box and Hunter, 1961). Fraksi percobaan yang sering digunakan adalah :

1. Fraksi sepertiga, mencobakan hanya sepertiga bagian dari kombinasi perlakuan lengkap. Bentuk rancangan percobaan ini adalah  $3^{n-1}$ . Misalkan percobaan  $3^{4-1}$  memiliki 27 kombinasi perlakuan dari 81 kombinasi perlakuan lengkap.
2. Fraksi sepersembilan, mencobakan hanya sepersembilan bagian dari kombinasi perlakuan lengkap. Bentuk rancangan percobaan ini adalah  $3^{n-2}$ . Misalkan percobaan  $3^{4-2}$  memiliki 9 kombinasi perlakuan dari 81 kombinasi perlakuan yang lengkap.

Pembentukan struktur rancangan FF ditentukan oleh banyaknya faktor yang dicobakan dan fraksi percobaan yang

digunakan. Jumlah faktor dan fraksi tertentu dapat membentuk beberapa rancangan FF yang berbeda. Perbedaan struktur rancangan ditentukan oleh struktur *generator*, *defining relation*, *alias*, dan resolusi yang digunakan. Struktur *generator* dan *defining relation* menentukan struktur *alias* yang berkaitan dengan pengaruh faktor yang dianalisis. *Alias* adalah hubungan pendugaan pengaruh yang saling terpaut (*confounded*). Sebuah rancangan dikatakan memiliki resolusi R jika tidak ada pengaruh *i* faktor ber-*alias* dengan pengaruh lain yang mengandung kurang dari R-*i* faktor (Fries & William, 1980). Secara umum resolusi dari rancangan FF sama dengan jumlah huruf yang digunakan pada *defining relation*.

Rancangan  $3^{n-p}$  memiliki *p* *generator* bebas yang membentuk *defining relation*. Perlu dipilih struktur *p* *generator* yang tepat dan resolusi untuk dapat memenuhi pengaruh faktor tertentu yang ingin dianalisis (Box and Hunter, 1961).

### 2.3.1 Keterbauran (*Confounding*)

Pada rancangan fraksional faktorial hanya terdapat sebagian kombinasi perlakuan dari keseluruhan kombinasi perlakuan yang dicobakan, maka ada hal yang harus dikorbankan, yaitu keterbauran (*confounding*) antar pengaruh perlakuan.

Pandang rancangan faktorial  $2^2$  akan menghasilkan 4 kombinasi perlakuan (+, +), (+, -), (-, +), (-, -) seperti yang disajikan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Pengaruh percobaan faktorial  $2^2$

Kombinasi Perlakuan	Pengaruh Faktorial			
	I	A	B	AB
(I)	+	-	-	+
A	+	+	-	-
B	+	-	+	-
Ab	+	+	+	+

Sumber: Gasperz, 2001

Berdasarkan rata-rata setiap perlakuan, diduga besar pengaruh utama faktor A dengan menghitung selisih antara A(+) dengan A(-) :

$$A = \frac{[(+,+) + (+,-)] - [(-,+) + (-,-)]}{2}$$

Pengaruh utama faktor B diduga oleh:

$$B = \frac{[(+,+) + (-,+)] - [(+,-) + (-,-)]}{2}$$

Apabila percobaan melibatkan 2 kombinasi perlakuan saja, misalnya (+,+) dan (+,-), maka akan terlihat bahwa level yang digunakan pada faktor A keduanya adalah sama yaitu “+”, sehingga percobaan tidak dapat dikatakan faktorial karena hanya faktor B yang berbeda level.

Untuk perlakuan (+, +) dan (-, -), maka level faktor A dan B bervariasi. Menggunakan 2 perlakuan tersebut, pengaruh utama faktor A dan B diperoleh dengan menghitung selisih antara A(+) dan A(-) serta B(+) dan B(-) :

$$A = (+, +) - (-, -)$$

$$B = (+, +) - (-, -)$$

Pengaruh utama faktor A dihitung dengan formula yang sama dengan pengaruh utama faktor B, dengan demikian akan didapatkan hasil yang sama pula. Ketika menghitung pengaruh utama faktor A sebenarnya juga menghitung pengaruh utama B, atau dengan kata lain pengaruh utama A dan B tidak dapat dibedakan atau terbaaur satu dengan yang lainnya (Montgomery, 2005)

Pembauran menjadi hal penting dalam memilih generator karena akan terdapat pengaruh yang tidak dapat diduga secara bebas akibat terbaaur dengan pengaruh yang lain. Pemilihan generator pada umumnya adalah faktor interaksi orde tertinggi, karena interaksi orde tinggi tidak terlalu ingin diketahui pengaruhnya terhadap nilai respon. Rancangan fraksional faktorial yang dipilih adalah rancangan yang meminimumkan pembauran antar pengaruh-pengaruh penting (Box and Hunter, 1961).

### 2.3.2 Resolusi Percobaan Fraksional Faktorial $3^{n-p}$

Rancangan fraksional faktorial didasarkan pada resolusi yang ditentukan oleh *degree of confounding*. Terdapat tiga resolusi yang biasa dipakai, yaitu resolusi III, IV dan V. Berikut ini disajikan definisi dari tiap resolusi :

1. Resolusi III, tidak memiliki pengaruh utama yang terbaaur dengan pengaruh utama lain, pengaruh utama akan beralias dengan interaksi dua arah, dan interaksi dua arah tersebut dapat beralias dengan interaksi dua arah lain. Rancangan resolusi III dapat memiliki interaksi orde lebih tinggi (lebih dari tiga) yang terbaaur dengan pengaruh utama dan interaksi dua arah.
2. Resolusi IV, tidak memiliki pengaruh utama yang terbaaur dengan pengaruh utama dan interaksi dua arah lain. Interaksi dua arah terbaaur dengan interaksi dua arah lain.
3. Resolusi V, tidak memiliki pengaruh utama atau interaksi dua arah yang terbaaur dengan pengaruh utama maupun interaksi dua arah lainnya.

Makin tinggi resolusi sebuah rancangan maka makin banyak *clear effect*, yaitu pengaruh faktor penting tidak terpaud dengan pengaruh faktor penting lain. Pengaruh penting yang dimaksud adalah pengaruh faktor utama dan pengaruh interaksi dua faktor, sehingga rancangan dengan resolusi tertinggi dipilih sebagai rancangan terbaik. Kriteria resolusi tertinggi sebagai rancangan terbaik terkadang tidak cukup karena beberapa rancangan berbeda dapat memiliki resolusi yang sama (Montgomery, 2001).

### 2.3.3 Penggunaan dan Pembentukan Struktur Rancangan

Dasar rancangan fraksional faktorial  $3^{n-p}$  hampir sama dengan rancangan fraksional faktorial  $2^{n-p}$ , tetapi ada beberapa perhitungan yang membedakan. Penyusunan rancangan  $3^{n-p}$  melibatkan  $n$  buah faktor dengan tiga level (0, 1, 2) (Montgomery, 2001).

Penyusunan tabel rancangan fraksional faktorial  $3^{n-p}$  diawali dengan kombinasi lengkap  $(n-p)$  faktor. Selanjutnya ditentukan generator  $(p)$ , pada rancangan fraksional faktorial  $3^{n-p}$  digunakan operasi modulus 3. Operasi modulus 3 terhadap bilangan bulat akan selalu menghasilkan 0, 1 atau 2 (Montgomery, 2001).

Rancangan fraksional faktorial  $3^{n-p}$  mempunyai tiga level, maka terdapat dua derajat bebas untuk masing-masing faktor, hal ini mengakibatkan pemilihan generator juga lebih banyak. Misal, jika level dari faktor D adalah fungsi dari level A dan B, maka pilihannya adalah  $D = AB$ ,  $D = AB^2$ ,  $D = A^2B$ , atau  $D = A^2B^2$ . Generator  $D = AB$  berimplikasi dengan,

$$x_D = x_A + x_B \pmod{3} \quad (2.9)$$

Persamaan (2.8) menghasilkan nilai yang hanya bertukar simbol 0, 1, 2 dengan  $2x_A + 2x_B \pmod{3}$  sehingga generator  $D = A^2B^2$  dan  $D = AB$  dapat saling menggantikan. Hal yang sama terjadi pada  $D = AB^2$  dan  $D = A^2B$ .

Tabel 2.6. Ilustrasi rancangan  $3^{5-2}$  dengan generator  $D=ABC^2$ ,  $E=BC$

Unit	A	B	C	D	E
1	0	0	0	0	0
2	1	0	0	1	0
3	2	0	0	2	0
4	0	1	0	1	1
5	1	1	0	2	1
6	2	1	0	0	1
7	0	2	0	0	2
8	1	2	0	2	2
9	2	2	0	0	2
10	0	0	1	2	1
11	1	0	1	0	1
12	2	0	1	1	1
13	0	1	1	0	2
14	1	1	1	1	2
15	2	1	1	2	2
16	0	2	1	1	0
17	1	2	1	2	0
18	2	2	1	0	0
19	0	0	2	1	2
20	1	0	2	2	2
21	2	0	2	0	2
22	0	1	2	2	0
23	1	1	2	2	0

Tabel 2.6.(lanjutan)

24	2	1	2	1	0
25	0	2	2	0	1
26	1	2	2	1	1
27	2	2	2	2	1

Sumber : Park, 1996

Pandang rancangan fraksional faktorial  $3^{5-2}$  dengan 5 faktor (A, B, C, D, E) dengan 3 level menghasilkan 27 kombinasi perlakuan. Diawali dengan menyusun tabel kombinasi lengkap dari tiga buah faktor A, B, C, dan generator ang digunakan adalah  $D = ABC^2$  dan  $E = BC$  maka,

$$x_D = x_A + x_B + 2x_C \pmod{3}$$

$$x_E = x_B + x_C \pmod{3}$$

Misal pada kombinasi perlakuan ke-15,  $x_A = 2$ ,  $x_B = 1$  dan  $x_C = 1$  sehingga,

$$x_D = 2 + 1 + 2.1 \pmod{3} = 2$$

$$x_E = 1 + 1 \pmod{3} = 2$$

Perhitungan dilakukan terus hingga diperoleh hasil seperti pada Tabel 2.6 (Box and Hunter, 1961).

Berdasarkan asumsi tiga faktor atau lebih, interaksi dapat diabaikan, penentuan alias dapat dilakukan dengan menentukan *defining relation* rancangan terlebih dahulu sehingga struktur alias dari pengaruh utama atau sebagian dari interaksi 2 faktor dapat ditentukan. Apabila *defining relation* (I) adalah

$$I = ABCD = (ABCD)^2$$

maka dapat ditentukan alias dari rancangan, alias dari pengaruh utama faktor A adalah

$$\begin{aligned} A &= A(ABCD) = A(ABCD)^2 \\ &= A^2BCD = B^2C^2D^2 \\ &= AB^2C^2D^2 = BCD \end{aligned}$$

Cara yang sama diterapkan pada pengaruh utama lain. Struktur alias untuk interaksi 2 faktor dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 AB &= ABC^2D^2 = CD \\
 AC &= AB^2CD^2 = BD \\
 AD &= AB^2C^2D = BC \\
 AB^2 &= AC^2D^2 = BC^2D^2 \\
 AC^2 &= AB^2D^2 = BC^2D \\
 &\vdots \\
 CD^2 &= ABC^2 = ABD^2
 \end{aligned}$$

Berbeda dengan rancangan faktorial penuh pada rancangan fraksional faktorial  $3^{n-p}$ , pengaruh interaksi dibedakan menjadi pengaruh yang dapat dihitung dan tidak dapat dihitung. Pengkategorian didasarkan pada penentuan alias interaksi faktor. Misal pada interaksi 2 faktor diketahui bahwa faktor AB dan CD saling beralias maka faktor AB dan CD termasuk pengaruh interaksi yang tidak dapat dihitung. Faktor-faktor yang pengaruh interaksinya tidak dapat dihitung akan digunakan sebagai galat pada analisis ragam (Winarni, 2006).

Untuk menganalisis ragam respons hasil rancangan percobaan fraksional faktorial  $3^{n-p}$  dibutuhkan jumlah kuadrat dan derajat bebas untuk setiap sumber keragaman. Misal jumlah kuadrat pengaruh utama faktor A adalah:

$$\begin{aligned}
 JK_A &= \sum_{i=0}^2 \frac{(\hat{A})_i^2}{3^{n-p-1}} - \frac{1}{3^{n-p}} \sum Y(X_1 X_2 X_3 \dots) \\
 (\hat{A})_i &= \sum_{X_1=i} Y(X_1 X_2 X_3 \dots); i = 0, 1, 2
 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat interaksi dua faktor adalah :

$$JK_{AB} = \sum_{i=0}^2 \frac{(\widehat{AB})_i^2}{3^{n-p-1}} - \frac{1}{3^{n-p}} \sum Y(X_1 X_2 X_3 \dots)$$

$$JK_{AB^2} = \sum_{i=0}^2 \frac{(\widehat{AB}^2)_i^2}{3^{n-p-1}} - \frac{1}{3^{n-p}} \sum Y(X_1 X_2 X_3 \dots)$$

di mana,

$$(\widehat{AB})_i = \sum_{X_1 + X_2 = i \pmod{3}} Y(X_1 X_2 X_3 \dots); i = 0, 1, 2$$

$$(\widehat{AB}^2)_i = \sum_{X_1 + 2X_2 = i \pmod{3}} Y(X_1 X_2 X_3 \dots); i = 0, 1, 2$$

Tabel 2.7. Sumber keragaman rancangan fraksional faktorial  $3^{n-p}$

Sumber Keragaman	Derajat Bebas
Pengaruh Utama	2n
Interaksi yang dapat dihitung	2q
Interaksi yang tidak dapat dihitung (galat)	$3^{n-p} - 1 - 2n - 2q$
Total	$3^{n-p} - 1$

Sumber : Montgomery, 2001

Tabel 2.7, n adalah banyaknya faktor dan q banyaknya komponen interaksi 2 faktor yang dapat dihitung (Box and Hunter, 1961).

Menurut Xu (2004), proses pembentukan struktur rancangan terdiri dari beberapa tahap yaitu :

1. Banyaknya faktor yang akan dicobakan, ditentukan terlebih dahulu.
2. Menentukan unit percobaan yang terkait dengan fraksi percobaan yang digunakan dengan mempertimbangkan jumlah satuan percobaan yang tersedia.
3. Menentukan struktur *generator* dan *defining relation* yang mungkin untuk dibentuk dengan *trial and error*.
4. Setelah menentukan *defining relation*, kemudian mencari struktur *alias* untuk menentukan pengaruh faktor yang dapat diduga.

5. Memilih struktur rancangan yang sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan sehingga dapat ditentukan *defining relation*.
6. Membentuk struktur rancangan yang sesuai dengan *defining relation*.
7. Menentukan kombinasi perlakuan yang akan dicobakan.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Sumber Data

#### 3.1.1 Data 1

Data sekunder adalah hasil penelitian Supriadi (2008) “Optimalisasi Ekstrasi Kurkuminoid Temulawak (*Curcuma Xanthorrhiza Roxb*)”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kombinasi level optimal dari faktor-faktor yang mempengaruhi kadar kurkuminoid dari temulawak yang diekstrasi. Sebanyak 4 faktor percobaan yang diuji masing-masing faktor terdiri dari 3 level.

- A : Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ) : 60, 70, 80
- B : Luas permukaan (kecil, sedang, dan besar)
- C : Waktu pemanasan (jam) : 2, 3, 4
- D : Nisbah bahan baku pelarut (1:6, 1:8, 1:10)

#### 3.1.2 Data 2

Data sekunder bersumber pada Harlina (2007) “Kajian Rancangan Fraksional Faktorial  $3^{k-p}$ ”. Tujuan percobaan ini ialah menduga pengaruh faktor terhadap reproduksi *Lactobacillus bulgaricus*. Terdapat 5 faktor utama, masing-masing faktor terdiri dari 3 level.

- A : Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ) : 55, 65, 75
- B : Waktu pemanasan (jam) : 2, 3, 4
- C : pH (2, 7, 12)
- D : Konsentrasi substrat (M) : 2, 4, 6
- E : Nisbah bahan baku pelarut : 1:6, 1:8, 1:10

Data 1 dan Data2 disajikan dalam lampiran 1 dan lampiran 2.

### 3.2 Metode Analisa Data

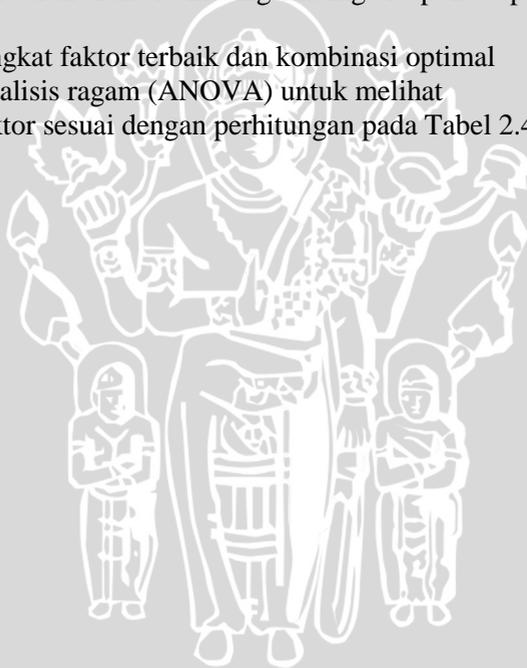
Prosedur untuk melakukan analisis rancangan fraksional faktorial  $3^{n-p}$  adalah sebagai berikut :

1. Menentukan generator (p) rancangan percobaan faktorial fraksional.
2. Menyusun rancangan dasar dari percobaan faktorial penuh dalam (n-p) faktor dan diasosiasikan dengan p kolom tambahan.
3. Memberi notasi angka 0, 1, 2 sebagai penanda bahwa setiap faktor berada dalam taraf rendah, menengah dan tinggi.
4. Menyusun identitas dan *defining relation*.

5. Menentukan alias
6. Menghitung besar pengaruh dan jumlah kuadrat setiap faktor.

Prosedur untuk mendapatkan kombinasi optimal pada metode Taguchi adalah sebagai berikut :

1. Menentukan karakteristik kualitas : respon, faktor, level
  2. Menghitung derajat bebas total *Orthogonal Array* seperti persamaan 2.1
  3. Menentukan *Orthogonal Array* seperti pada Tabel 2.1
  4. Menghitung nilai SNR sesuai dengan karakteristik kualitas, pada data 1 dan data 2 menggunakan karakteristik *larger is better* sesuai dengan persamaan 2.4
  5. Menghitung nilai efek faktor masing-masing respon seperti persamaan 2.7
  6. Menentukan peringkat faktor terbaik dan kombinasi optimal
- Membuat tabel analisis ragam (ANOVA) untuk melihat kontribusi tiap faktor sesuai dengan perhitungan pada Tabel 2.4



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis Percobaan Fraksional Faktorial $3^{n-p}$

#### 4.1.1 Analisis Fraksional Faktorial Data 1

Rancangan percobaan fraksional faktorial dengan 3 level pada dasarnya sama dengan rancangan percobaan fraksional faktorial dengan 2 level. Berikut ini akan dibahas analisis percobaan fraksional faktorial pada bidang bioteknologi dengan respon kadar kurkuminoid dari temulawak yang diekstraksi dengan perlakuan suhu (A) 60, 70, dan 80 derajat Celcius selama 2, 3, dan 4 jam pada tempat dengan luas permukaan (B) kecil, sedang, dan besar serta nisbah bahan baku pelarut (D) 1:6, 1:8, dan 1:10. Langkah awal rancangan fraksional faktorial  $3^{4-1}$  adalah menentukan struktur generator yang tepat, dalam kasus ini dipilih generator  $D=ABC$ . Pada Tabel 4.1 disajikan struktur rancangan fraksional faktorial  $3^{4-1}$  dengan generator yang dipilih adalah  $D=ABC$ .

Dari generator tersebut maka akan didapatkan *defining relation* rancangan, untuk memperoleh resolusi maksimum dari rancangan dengan 4 faktor maka struktur *defining relation* adalah :

$$I = ABCD^2$$

Setelah diketahui *defining relation*, maka struktur alias dapat ditentukan. Struktur alias pengaruh utama didapatkan dengan mengalikan faktor tersebut dengan *defining relation*. Berikut adalah alias pengaruh utama faktor A,

$$\begin{aligned} A &= A(ABCD^2) = A(ABCD^2)^2 \\ &= A^2BCD^2 = A^3B^2C^2D^4 \\ &= AB^2C^2D = BCD^2 \end{aligned}$$

Struktur alias dari faktor utama yang lain didapatkan dengan cara yang sama yaitu :

$$\begin{aligned} B &= AB^2CD^2 = ACD^2 \\ C &= ABC^2D^2 = ABD^2 \\ D &= ABC = ABCD \end{aligned}$$

Selain alias pengaruh utama, dapat ditentukan pula alias interaksi 2 faktor, yaitu :

$$\begin{aligned}
 AB &= ABC^2D = CD^2 \\
 AC &= AB^2CD = BD^2 \\
 AD &= AB^2C^2 = BCD \\
 BC &= AB^2C^2D^2 = AD^2 \\
 BD &= AB^2C = ACD \\
 CD &= ABC^2 = ABD \\
 AB^2 &= AC^2D = BC^2D \\
 AC^2 &= AB^2D = BC^2D^2 \\
 BC^2 &= AB^2D^2 = AC^2D^2
 \end{aligned}$$

Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa pengaruh AB, AC, BC, CD<sup>2</sup>, BD<sup>2</sup>, dan AD<sup>2</sup> tidak dapat dihitung, karena pengaruhnya saling terbaaur satu dengan yang lain. Selanjutnya adalah penyusunan tabel rancangan fraksional faktorial 3<sup>4-1</sup> untuk p faktor dibangkitkan dengan generator menggunakan operasi modulus 3 dikarenakan setiap faktor memiliki 3 level seperti tersusun pada tabel 4.1

Tabel 4.1. Rancangan 3<sup>4-1</sup> dengan generator D=ABC

Unit	A	B	C	D
1	0	0	0	0
2	0	0	1	1
3	0	0	2	2
4	0	1	0	1
5	0	1	1	2
6	0	1	2	0
7	0	2	0	2
8	0	2	1	0
9	0	2	2	1
10	1	0	0	1
11	1	0	1	2
12	1	0	2	0
13	1	1	0	0
14	1	1	1	0
15	1	1	2	1
16	1	2	0	0
17	1	2	1	1
18	1	2	2	2
19	2	0	0	2

Tabel 4.1. (lanjutan)

Unit	A	B	C	D
20	2	0	1	0
21	2	0	2	1
22	2	1	0	0
23	2	1	1	1
24	2	1	2	2
25	2	2	0	1
26	2	2	1	2
27	2	2	2	0

#### 4.1.2 Analisis Ragam Data 1

Berbeda dengan rancangan faktorial penuh, analisis ragam fraksional faktorial 3 level hanya pengaruh utama dan interaksi yang tidak memiliki alias terhadap sesamanya yang dapat dihitung pengaruhnya dan termasuk dalam pengujian. Model linier aditif untuk rancangan faktorial  $3^4$  tanpa pengulangan adalah:

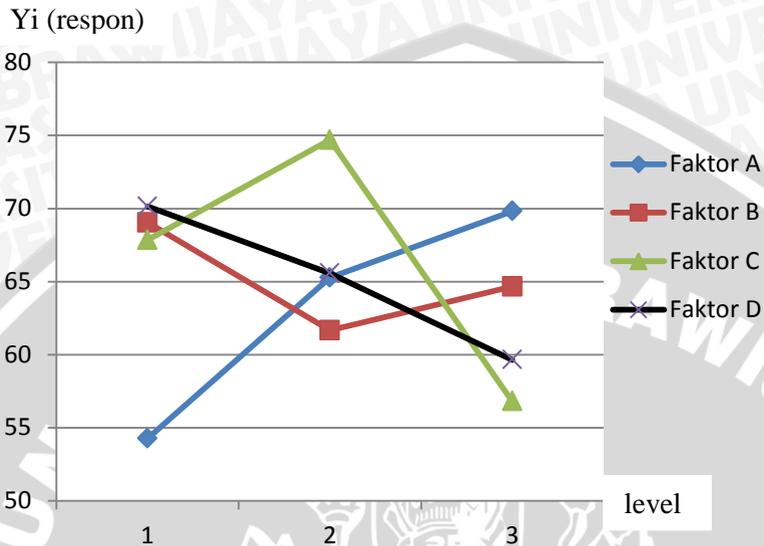
$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \gamma_k + \alpha\gamma_{ik} + \beta\gamma_{jk} + \alpha\beta\gamma_{ijk} + \delta_l + \alpha\delta_{il} + \beta\delta_{jl} + \alpha\beta\delta_{ijl} + \gamma\delta_{kl} + \alpha\gamma\delta_{ikl} + \beta\gamma\delta_{jkl} + \alpha\beta\gamma\delta_{ijkl} + \varepsilon_{ijkl}$$

di mana  $i = 1, 2; j = 1, 2; k = 1, 2; l = 1, 2$

Tabel 4.2. Tabel analisis ragam rancangan fraksional faktorial  $3^{4-1}$ 

SK	Db	JK	KT	F-hitung
Pengaruh Utama	8	1944.14	243.02	5.14*
A	2	1150.24	575.12	12.16**
B	2	40.45	20.22	0.43
C	2	581.7	290.85	6.15*
D	2	171.75	85.88	1.82
Interaksi 2 faktor	12	254.61	21.22	0.45
AD	2	9.06	4.53	0.1
BD	2	21.71	10.86	0.23
CD	2	8.73	4.37	0.09
AB <sup>2</sup>	2	18.11	9.06	0.19
AC <sup>2</sup>	2	176.72	88.36	1.87
BC <sup>2</sup>	2	20.28	10.14	0.21
Galat	6	283.725	47.29	
Total	26	2482.48		

nyata pada  $\alpha = 5\%$  (\*)  $\alpha = 1\%$  (\*\*)



Gambar 4.1. Grafik rata-rata pengaruh setiap faktor terhadap kadar kurkuminoid

Pada Tabel 4.2 pengaruh interaksi yang tidak dapat dihitung, akan digunakan sebagai galat. Galat yang digunakan adalah pengaruh interaksi  $AB=CD^2$ ,  $AC=BD^2$ ,  $BC=AD^2$  karena saling terbaaur satu sama lain.

Kesimpulan yang diperoleh dari analisis ragam adalah terdapat dua kombinasi faktor utama yang berpengaruh terhadap respon kadar kurkuminoid pada temulawak yakni faktor suhu dengan level 60, 70, dan 80 derajat Celcius serta lama ekstraksi selama 2, 3, dan 4 jam, sedangkan interaksi dua faktor tidak berpengaruh nyata terhadap respon. Gambar 4.1 juga menunjukkan bahwa kombinasi level optimal masing-masing faktor yang berpengaruh terhadap kadar kurkuminoid adalah suhu 80 derajat celcius ( $A_3$ ), luas permukaan kecil ( $B_1$ ), waktu pemanasan 3 jam ( $C_2$ ), dan nisbah bahan baku pelarut 1:6 ( $D_1$ ).

### 4.1.3 Analisis Fraksional Faktorial Data 2

Pada data 2 berikut ini akan dibahas analisis percobaan fraksional faktorial pada bidang bioindustri dengan respon aktivitas reproduksi *Lactobacillus bulgaricus* dengan faktor suhu ( $55^{\circ}\text{C}$ ,  $65^{\circ}\text{C}$ , dan  $75^{\circ}\text{C}$ ), waktu (2 jam, 3 jam, dan 4 jam), pH (pH 2, pH 7, dan pH 12), konsentrasi substrat (2 Molar, 4 Molar, dan 6 Molar), dan nisbah bahan baku (g) per ml pelarut (1:6, 1:8, dan 1:10). Tujuan percobaan ini ialah menduga pengaruh faktor tertentu yang spesifik yaitu pengaruh utama *A*, *B*, *C*, *D* dan *E* dan pengaruh interaksi dua faktor yaitu pengaruh *BC* dan *DE* berdasarkan kriteria rancangan terbaik, sehingga dalam penelitian ini ingin mengetahui struktur generator mana yang sesuai untuk menduga pengaruh tertentu yang diinginkan.

Langkah awal analisis rancangan fraksional faktorial sama dengan data 1 yaitu menentukan struktur generator yang tepat, dalam kasus ini dipilih generator  $D=ABC$  dan  $E=AB^2$ . Pada Tabel 4.3 disajikan struktur rancangan fraksional faktorial  $3^{5-2}$  dengan generator  $D=ABC$  dan  $E=AB^2$ .

Tabel 4.3. Rancangan  $3^{5-2}$  dengan generator  $D=ABC$ ,  $E=AB^2$

Unit	A	B	C	D	E
1	0	0	0	0	0
2	0	0	1	1	0
3	0	0	2	2	0
4	0	1	0	1	2
5	0	1	1	2	2
6	0	1	2	0	2
7	0	2	0	2	1
8	0	2	1	0	1
9	0	2	2	1	1
10	1	0	0	1	1
11	1	0	1	2	1
12	1	0	2	0	1
13	1	1	0	0	0
14	1	1	1	0	0
15	1	1	2	1	0
16	1	2	0	0	2
17	1	2	1	1	2
18	1	2	2	2	2
19	2	0	0	2	2
20	2	0	1	0	2
21	2	0	2	1	2
22	2	1	0	0	1

Tabel 4.3. (lanjutan)

Unit	A	B	C	D	E
23	2	1	1	1	1
24	2	1	2	2	1
25	2	2	0	1	0
26	2	2	1	2	0
27	2	2	2	0	0

Dari generator tersebut maka akan didapatkan *defining relation*, rancangan dengan generator D = ABC dan E = AB<sup>2</sup> memiliki *defining relation* :

$$\begin{aligned} I &= ABCD^2 = A^2B^2C^2D = AB^2E^2 = A^2BE \\ &= AC^2DE = A^2CD^2E^2 = BC^2DE^2 = B^2CD^2E \end{aligned}$$

Setelah diketahui *defining relation*, maka dapat ditentukan struktur aliasnya. Struktur alias pengaruh utama didapatkan dengan mengalikan faktor tersebut dengan *defining relation*. Berikut adalah alias pengaruh utama faktor A,

$$\begin{aligned} A &= AB^2C^2D = BCD^2 = ABE = BE \\ &= ACD^2E^2 = CD^2E^2 = ABC^2DE^2 = AB^2CD^2E \end{aligned}$$

Struktur alias dari faktor utama yang lain didapatkan dengan cara yang sama yaitu :

$$\begin{aligned} B &= AB^2CD^2 = ACD^2 = AE^2 = ABE^2 \\ &= ABC^2DE = AB^2C^2DE = BCD^2E = BCDE^2 \\ C &= ABC^2D^2 = ABD^2 = AB^2CE^2 = AB^2C^2E^2 \\ &= ADE = ACDE = BDE^2 = BCDE^2 \\ D &= ABC = ABCD = AB^2DE^2 = AB^2D^2E^2 \\ &= AC^2D^2E = AC^2E = BC^2D^2E^2 = BCE \\ E &= ABCD^2E = ABCD^2E^2 = AB^2 = AB^2E \\ &= AC^2DE^2 = AC^2D = BC^2D = BC^2DE \end{aligned}$$

Selain alias pengaruh utama, dapat ditentukan pula alias interaksi 2 faktor, yaitu :

$$\begin{aligned} AC &= AB^2CD = BD^2 = ABC^2E = BCE \\ &= AD^2E^2 = CDE = ABDE^2 = AB^2C^2D^2E \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
BC &= AB^2C^2D^2 = AD^2 = AC^2E = ABC^2E^2 \\
&= ABDE = AB^2CDE = BD^2E = CDE^2 \\
AD &= AB^2C^2 = BCD = ABD^2E = BDE \\
&= ACDE^2 = CE^2 = ABC^2D^2E^2 = ABCE \\
CD &= ABC^2 = ABD = AB^2CDE^2 = AB^2C^2D^2E^2 \\
&= AD^2E = ACE = BD^2E^2 = BCE^2 \\
DE &= ABCE = ABCDE^2 = AB^2D = AB^2DE^2 \\
&= AC^2D^2E^2 = A^2C = BC^2D = BC^2E \\
AB &= ABC^2D = CD^2 = AE = BE^2 \\
&= AB^2CD^2E^2 = BCD^2E^2 = AB^2C^2DE^2 = ACD^2E \\
BC^2 &= AB^2D^2 = AC^2D^2 = AC^2E^2 = ABCE^2 \\
&= ABCDE = AB^2DE = BC^2D^2E = DE^2 \\
BD &= AB^2C = ACD = ADE^2 = ABD^2E^2 \\
&= ABC^2D^2E = AB^2C^2E = BCDE = CE
\end{aligned}$$

Struktur generator  $D = ABC$  dan  $E = AB^2$  dapat dipilih karena pengaruh utama tidak terpaut dengan pengaruh utama lain dan dengan pengaruh interaksi dua faktor yang ingin diduga, sehingga pendugaan terhadap pengaruh utama yaitu  $A, B, C, D$  dan  $E$  dan pengaruh interaksi dua faktor yaitu pengaruh  $BC$  dan  $DE$  dapat dilakukan jika pengaruh interaksi dua faktor yang tidak ingin diduga dan pengaruh interaksi yang lebih tinggi diabaikan, hal ini berkaitan dengan *clear effect* di mana pengaruh faktor penting tidak terpaut dengan pengaruh faktor penting yang lain. Struktur generator  $D = ABC$  dan  $E = AB^2$  membentuk *defining relation* dengan pola panjang huruf 3,4,4,5 sehingga rancangan tersebut sama-sama memiliki resolusi III yaitu pengaruh utama ber-alias dengan pengaruh interaksi dua faktor. Struktur rancangan dengan generator tersebut dapat meminimalkan banyaknya interaksi tingkat rendah yang saling terpaut.

#### 4.1.4 Analisis Ragam Data 2

Berbeda dengan rancangan faktorial penuh, analisis ragam fraksional faktorial 3 level hanya pengaruh utama dan interaksi yang tidak memiliki alias terhadap sesamanya yang dapat dihitung pengaruhnya dan termasuk dalam pengujian. Model linier aditif untuk rancangan faktorial  $3^5$  tanpa pengulangan adalah:

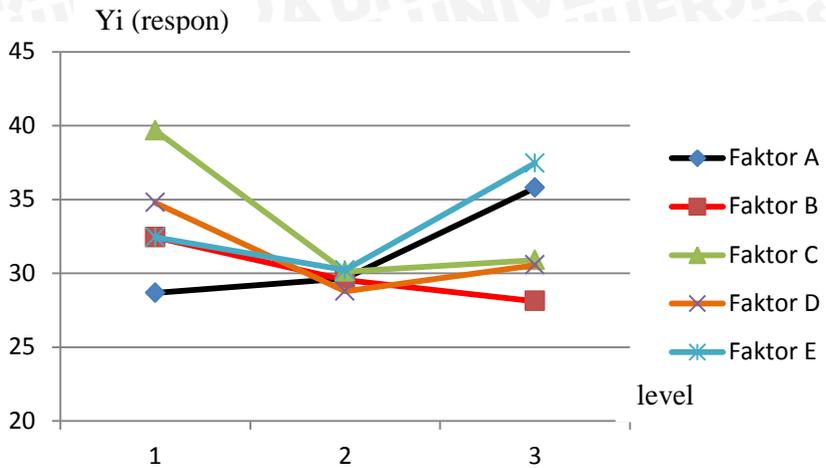
$$\begin{aligned}
 Y_{ijklm} = & \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \gamma_k + \alpha\gamma_{ik} + \beta\gamma_{jk} + \alpha\beta\gamma_{ijk} + \delta_l \\
 & + \alpha\delta_{il} + \beta\delta_{jl} + \alpha\beta\delta_{ijl} + \gamma\delta_{kl} + \alpha\gamma\delta_{ikl} + \beta\gamma\delta_{jkl} \\
 & + \alpha\beta\gamma\delta_{ijkl} + \Delta_m + \alpha\Delta_{im} + \beta\Delta_{jm} + \alpha\beta\Delta_{ijm} + \gamma\Delta_{km} \\
 & + \alpha\gamma\Delta_{ikm} + \beta\gamma\Delta_{jkm} + \alpha\beta\gamma\Delta_{ijkm} + \delta\Delta_{lm} + \alpha\gamma\delta\Delta_{iklm} \\
 & + \beta\delta\Delta_{jlm} + \alpha\beta\delta\Delta_{ijlm} + \gamma\delta\Delta_{klm} + \alpha\gamma\delta\Delta_{iklm} \\
 & + \beta\gamma\delta\Delta_{jklm} + \alpha\beta\gamma\delta\Delta_{ijklm} + \epsilon_{ijkl}
 \end{aligned}$$

di mana  $i = 1, 2 ; j = 1, 2 ; k = 1, 2 ; l = 1, 2 ; m = 1, 2$

Tabel 4.4. Tabel analisis ragam rancangan fraksional faktorial  $3^{5-2}$

SK	Db	JK	KT	F-hitung
Pengaruh Utama	10	249.02	24.90	3.05
A	2	45.4	22.7	2.78
B	2	87.63	43.82	5.37*
C	2	0.96	0.48	0.06
D	2	112.96	56.48	6.91**
E	2	2.07	1.04	0.13
Interaksi 2 faktor	4	131.92	32.98	4.04
BC	2	112.96	56.48	6.91**
DE	2	18.96	9.48	1.16
Galat	12	98.02	8.17	
Total	26	478.96		

nyata pada  $\alpha = 5\%$  (\*)  $\alpha = 1\%$  (\*\*)



Gambar 4.2 Grafik rata-rata pengaruh setiap faktor terhadap aktivitas reproduksi *Lactobacillus bulgaricus*

Pada Tabel 4.4 pengaruh interaksi dua faktor dan interaksi tingkat tinggi lainnya yang tidak ingin diketahui pengaruhnya, akan digunakan sebagai galat. Kesimpulan yang diperoleh dari analisis ragam adalah terdapat dua kombinasi faktor utama yang berpengaruh terhadap respon aktivitas reproduksi *Lactobacillus bulgaricus* yakni waktu dan konsentrasi substrat, sedangkan interaksi dua faktor yang ingin diketahui pengaruhnya yakni kombinasi faktor waktu dan pH (BC) serta kombinasi faktor konsentrasi substrat dan nisbah bahan baku pelarut (DE) hanya kombinasi faktor waktu dan pH (BC) yang berpengaruh nyata terhadap respon.

Pada Gambar 4.2 juga menunjukkan bahwa kombinasi level optimal masing-masing faktor yang berpengaruh terhadap aktivitas reproduksi *Lactobacillus bulgaricus* adalah suhu 75 derajat celsius ( $A_3$ ), waktu 2 jam ( $B_1$ ), pH 2 ( $C_1$ ), konsentrasi substrat 2 Molar ( $D_1$ ), serta nisbah bahan baku pelarut 1:10 ( $E_3$ ).

## 4.2 Analisis Metode Taguchi

### 4.2.1 Analisis Metode Taguchi Data 1

Langkah awal dalam melakukan analisis Taguchi adalah pemilihan *orthogonal array* yang sesuai tergantung dari banyaknya faktor, level dan interaksi yang diharapkan dari masing-masing faktor. Pemilihan *orthogonal array* pada data 1 ditentukan sebagai berikut :

banyaknya faktor : 4  
banyaknya level : 3  
db level :  $3 - 1 = 2$   
db total :  $(4 \times 2) + 1 = 9$

Dengan demikian diperoleh 9 kombinasi faktor untuk percobaan data 1, masing-masing kombinasi perlakuannya tanpa ulangan serta matriks *orthogonal array* yang dipilih adalah  $L_9(3^4)$ .

Tabel 4.5. Matriks *orthogonal array*  $L_9(3^4)$

Kombinasi Faktor	Faktor				Respon (Y)
	A	B	C	D	
1	0	0	0	0	$Y_1$
2	0	1	1	1	$Y_2$
3	0	2	2	2	$Y_3$
4	1	0	1	2	$Y_4$
5	1	1	2	0	$Y_5$
6	1	2	0	1	$Y_6$
7	2	0	2	1	$Y_7$
8	2	1	0	2	$Y_8$
9	2	2	1	0	$Y_9$

Pada data 1 akan diambil 9 kombinasi faktor dari 27 kombinasi perlakuan, dengan demikian akan terdapat 3 analisis Taguchi untuk data 1.

Langkah berikutnya adalah melakukan menghitung nilai *signal to noise ratio*. Pada data 1 digunakan S/N rasio *Larger is Better* karena semakin tinggi kadar kurkuminoid maka semakin baik produk tersebut.

Taguchi 1 (data 1)

Pada analisis Taguchi 1 akan diambil 9 kombinasi faktor dari 27 kombinasi yang ada seperti pada Tabel 4.6

Tabel 4.6. Matriks *orthogonal array* Taguchi 1 (data 1)

Kombinasi Faktor	Faktor				Respon (Y)
	A	B	C	D	
1	0	0	0	0	66.15
2	0	1	1	1	61.17
3	0	2	2	2	37.73
4	1	0	1	2	68.95
5	1	1	2	0	63.28
6	1	2	0	1	58.19
7	2	0	2	1	69.20
8	2	1	0	2	70.68
9	2	2	1	0	71.94

Dalam melakukan analisa hasil terlebih dahulu dihitung rata-rata, serta SNR data 1. Dari hasil perhitungan didapatkan tabel rata-rata dan SNR dari data kombinasi faktor ke-1 sampai ke-9 seperti pada Tabel 4.7

Tabel 4.7. Tabel rata-rata dan SNR Taguchi 1 (data 1)

Kombinasi Faktor	Respon (Y)	$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$	$SNR = -10 \log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}\right)$
1	66.15	66.15	36.41
2	61.17	61.17	35.76
3	37.73	37.73	31.53
4	68.95	68.95	36.77
5	63.28	63.28	36.03
6	58.19	58.19	35.29
7	69.20	69.20	36.80
8	70.68	70.68	36.98
9	71.94	71.94	37.14

Data pada Tabel 4.7 akan dianalisa dengan tiga cara yaitu dengan perhitungan efek dari rata-rata, efek SNR dan analisis ragam (ANOVA). Dari Tabel 4.7 akan dicari nilai efek dari mean pada tiap

faktor sehingga dapat ditentukan kombinasi level optimal dari efek faktor tersebut. Pada Tabel 4.8 disajikan perhitungan efek mean dari masing-masing faktor.

Tabel 4.8. Rata-rata pengaruh setiap faktor Taguchi 1 (data 1)

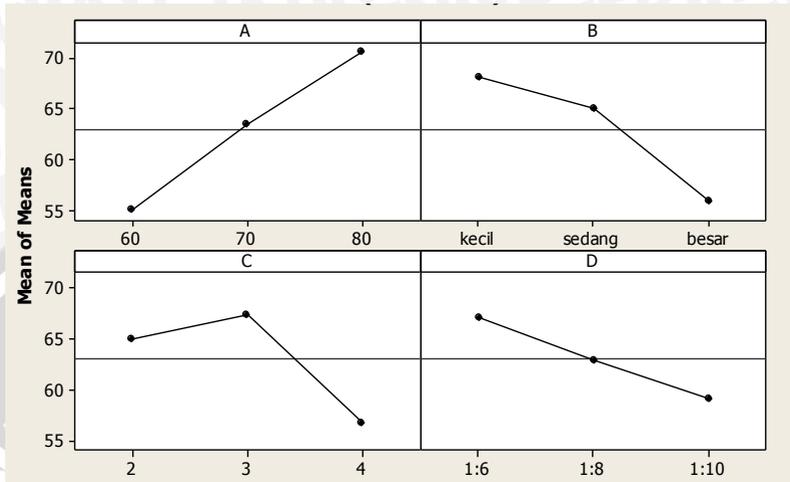
	A	B	C	D
Level 1	55.08	68.10	65.00	67.12
Level 2	63.47	65.11	67.42	62.92
Level 3	70.61	55.95	56.74	59.12
Efek	15.53	12.15	10.68	8.00
Rank	1	2	3	4
Optimum	A <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>

Dari rata-rata respon tiap faktor dipilih nilai yang paling besar. Pada Tabel 4.8 didapatkan kombinasi faktor A<sub>3</sub> B<sub>1</sub> C<sub>2</sub> D<sub>1</sub> yang merupakan kombinasi faktor optimal yang mempengaruhi kadar kurkuminoid. Pada Tabel 4.8 juga dapat ditentukan urutan faktor yang memiliki pengaruh terbesar hingga terkecil yang mempengaruhi kadar kurkuminoid, yaitu faktor suhu (A) pada peringkat ke-1, faktor luas permukaan (B) peringkat ke-2, waktu ekstraksi (C) peringkat ke-3, dan faktor nisbah bahan baku pelarut (D) pada peringkat ke-4.

Perhitungan rata-rata SNR masing-masing faktor disajikan pada Tabel 4.9 sebagai berikut :

Tabel 4.9. Efek SNR setiap faktor Taguchi 1 (data 1)

	A	B	C	D
Level 1	34.57	36.66	36.23	36.53
Level 2	36.03	36.26	36.56	35.95
Level 3	36.97	34.65	34.79	35.09
Efek	2.40	2.01	1.77	1.44
Rank	1	2	3	4
Optimum	A <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>



Gambar 4.3. Grafik efek SNR Taguchi 1 (data 1)

Tabel 4.9 dan Gambar 4.3 menunjukkan bahwa efek SNR masing-masing faktor menghasilkan kombinasi level optimal yang sama dengan perhitungan efek faktor yaitu suhu 80°C, luas permukaan kecil, waktu pemanasan 3 jam, dan nisbah baan baku pelarut 1:6.

### Taguchi 2

Pada analisis Taguchi 2 akan diambil 9 kombinasi faktor dari 27 kombinasi yang ada seperti pada Tabel 4.10

Tabel 4.10. Matriks *orthogonal array* Taguchi 2 (data 1)

Kombinasi Faktor	Faktor				Respon (Y)
	A	B	C	D	
1	0	0	0	0	65.66
2	0	1	1	1	44.01
3	0	2	2	2	40.50
4	1	0	1	2	68.04
5	1	1	2	0	67.03
6	1	2	0	1	65.03
7	2	0	2	1	71.70
8	2	1	0	2	70.40
9	2	2	1	0	62.60

Dari hasil perhitungan didapatkan tabel rata-rata dan SNR dari data kombinasi faktor ke-1 sampai ke-9 seperti pada Tabel 4.11

Tabel 4.11. Tabel rata-rata dan SNR Taguchi 2 (data 1)

Kombinasi Faktor	Respon (Y)	$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$	$SNR = -10 \log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}\right)$
1	65.66	65.66	36.35
2	44.01	44.01	32.87
3	40.50	40.50	32.15
4	68.04	68.04	36.66
5	67.03	67.03	36.53
6	65.03	65.03	36.26
7	71.70	71.70	37.11
8	70.40	70.40	36.95
9	62.60	62.60	35.93

Dari Tabel 4.11 akan dicari nilai efek dari mean pada tiap faktor sehingga dapat ditentukan kombinasi level optimal dari efek faktor tersebut. Pada Tabel 4.12 disajikan perhitungan efek mean dari masing-masing faktor.

Tabel 4.12. Rata-rata pengaruh tiap faktor Taguchi 2 (data 1)

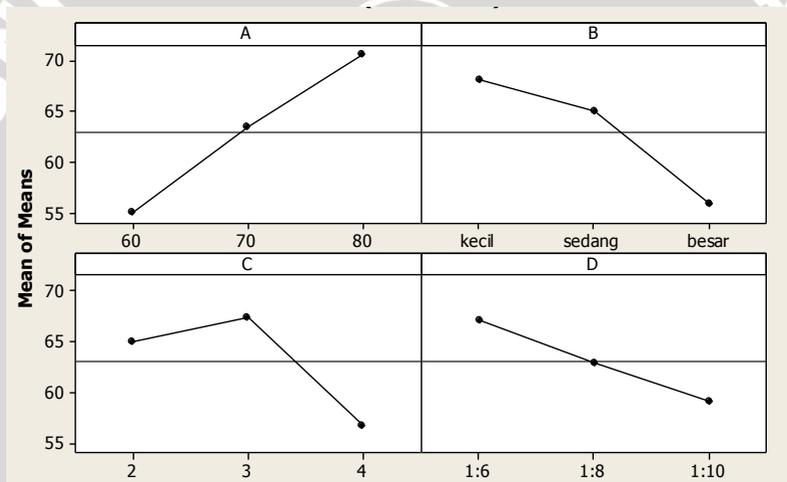
	A	B	C	D
Level 1	50.05	68.47	67.03	65.09
Level 2	66.70	60.48	68.21	60.25
Level 3	68.23	56.04	59.74	59.64
Efek	18.18	12.43	8.47	5.45
Rank	1	2	3	4
Optimum	A <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>

Dari rata-rata respon tiap faktor dipilih nilai yang paling besar. Pada Tabel 4.12 didapatkan kombinasi faktor A<sub>3</sub> B<sub>1</sub> C<sub>2</sub> D<sub>1</sub> yang merupakan kombinasi faktor optimal yang mempengaruhi kadar kurkuminoid. Pada Tabel 4.12 juga dapat ditentukan urutan faktor yang memiliki pengaruh terbesar hingga terkecil yang mempengaruhi kadar kurkuminoid, yaitu faktor suhu (A) pada peringkat ke-1, faktor luas permukaan (B) peringkat ke-2, waktu ekstraksi (C) peringkat ke-3, dan faktor nisbah bahan baku pelarut pada peringkat ke-4.

Perhitungan rata-rata SNR masing-masing faktor disajikan pada Tabel 4.13 sebagai berikut :

Tabel 4.13. Efek SNR setiap faktor Taguchi 2 (data 1)

	A	B	C	D
Level 1	33.79	36.70	36.52	36.27
Level 2	36.48	35.45	38.15	35.41
Level 3	36.66	34.78	35.26	35.25
Efek	2.87	1.92	1.63	1.02
Rank	1	2	3	4
Optimum	A <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>



Gambar 4.4 Grafik efek SNR Taguchi 2 (data 1)

Tabel 4.13 dan Gambar 4.4 menunjukkan bahwa efek SNR masing-masing faktor menghasilkan kombinasi level optimal yang sama dengan perhitungan efek faktor yaitu suhu 80°C, luas permukaan kecil, waktu pemanasan 3 jam, dan nisbah baan baku pelarut 1:6.

### Taguchi 3

Pada analisis Taguchi 3 akan diambil 9 kombinasi faktor dari 27 kombinasi yang ada seperti pada Tabel 4.14

Tabel 4.14. Matriks *orthogonal array* Taguchi 3 (data 1)

Kombinasi Faktor	Faktor				Respon (Y)
	A	B	C	D	
1	0	0	0	0	62.51
2	0	1	1	1	62.71
3	0	2	2	2	47.97
4	1	0	1	2	69.74
5	1	1	2	0	70.34
6	1	2	0	1	56.84
7	2	0	2	1	68.68
8	2	1	0	2	72.63

Langkah-langkah analisis untuk Taguchi 3 sama dengan analisis Taguchi 1 dan 2. Dari hasil perhitungan didapatkan tabel rata-rata dan SNR dari data kombinasi faktor ke-1 sampai ke-9 seperti pada Tabel 4.15

Tabel 4.15. Tabel rata-rata dan SNR Taguchi 3 (data 1)

Kombinasi Faktor	Respon (Y)	$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$	$SNR = -10 \log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}\right)$
1	62.51	62.51	35.92
2	62.71	62.71	35.95
3	47.97	47.97	33.62
4	69.74	69.74	36.87
5	70.34	70.34	36.94
6	56.84	56.84	35.09
7	68.68	68.68	36.74
8	72.63	72.63	37.22
9	70.50	70.50	36.96

Dari Tabel 4.15 akan dicari nilai efek dari mean pada tiap faktor sehingga dapat ditentukan kombinasi level optimal dari efek

faktor tersebut. Pada Tabel 4.16 disajikan perhitungan efek mean dari masing-masing faktor.

Tabel 4.16. Rata-rata pengaruh tiap faktor Taguchi 3 (data 1)

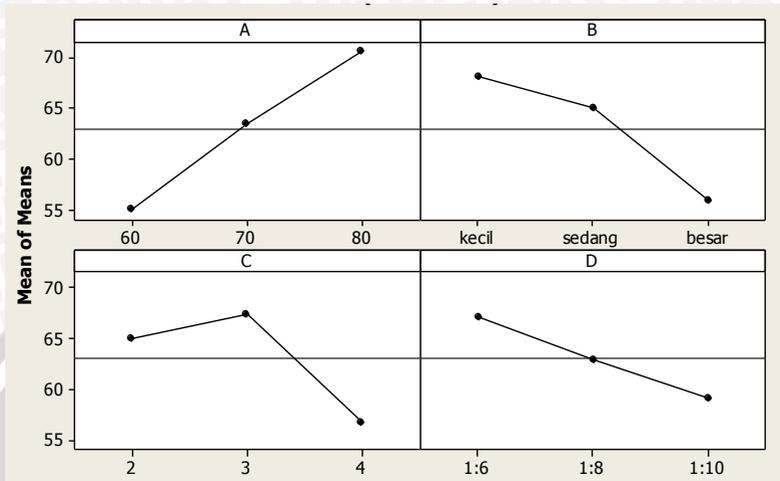
	A	B	C	D
Level 1	57.73	76.98	63.99	67.78
Level 2	65.64	68.56	67.65	62.74
Level 3	70.60	58.44	62.33	63.45
Efek	12.87	8.42	5.32	5.04
Rank	1	2	3	4
Optimum	A <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>

Dari rata-rata respon tiap faktor dipilih nilai yang paling besar. Pada Tabel 4.16 didapatkan kombinasi faktor A<sub>3</sub> B<sub>1</sub> C<sub>2</sub> D<sub>1</sub> yang merupakan kombinasi faktor optimal yang mempengaruhi kadar kurkuminoid. Pada Tabel 4.16 juga dapat ditentukan urutan faktor yang memiliki pengaruh terbesar hingga terkecil yang mempengaruhi kadar kurkuminoid, yaitu faktor suhu (A) pada peringkat ke-1, faktor luas permukaan (B) peringkat ke-2, waktu ekstraksi (C) peringkat ke-3, dan faktor nisbah bahan baku pelarut (D) pada peringkat ke-4.

Perhitungan rata-rata SNR masing-masing faktor disajikan pada Tabel 4.17 sebagai berikut :

Tabel 4.17. Efek SNR setiap faktor Taguchi 3 (data 1)

	A	B	C	D
Level 1	35.16	36.81	36.08	36.61
Level 2	36.30	36.70	36.59	35.93
Level 3	36.97	35.22	35.77	35.90
Efek	1.81	1.59	0.82	0.71
Rank	1	2	3	4
Optimum	A <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>



Gambar 4.5. Grafik efek SNR Taguchi 3 (data 1)

Tabel 4.17 dan Gambar 4.5 menunjukkan bahwa efek SNR masing-masing faktor menghasilkan kombinasi level optimal yang sama dengan perhitungan efek faktor yaitu suhu 80°C, luas permukaan kecil, waktu pemanasan 3 jam, dan nisbah baan baku pelarut 1:6.

Setelah menghitung nilai efek mean dan SNR dari Taguchi 1, 2, dan 3 analisis selanjutnya adalah analisis ragam untuk metode Taguchi. Tabel analisis ragam metode Taguchi digunakan untuk menentukan kontribusi faktor yang dilihat dari nilai persen kontribusi (Ross, 1996). Pada Tabel 4.18 disajikan tabel analisis ragam Taguchi .

Tabel 4.18. Analisis ragam Taguchi data 1

Sumber	db	JK	KT	F-hit	JK'	P (%)
A	2	860.55	430.28	10.73	780.37	39.88
B	2	194.29	97.15	2.43	114.11	7.25
C	2	337.33	168.67	4.207	257.15	19.82
D	2	61.13	30.57	0.76	-19.05	-3.12
Galat	18	721.6	40.09		742.32	36.18
Total	26	1146.53				100.00

Berdasarkan Tabel 4.18 faktor yang memberikan kontribusi terbaik adalah faktor yang memberikan nilai persen kontribusi lebih dari 10%, dengan demikian faktor suhu (A) dan waktu pemanasan (C) memberikan pengaruh terhadap respon karena memiliki nilai persen kontribusi lebih dari 10%.

#### 4.2.2 Analisis Metode Taguchi Data 2

Langkah awal dalam melakukan analisis Taguchi adalah pemilihan *orthogonal array* yang sesuai tergantung dari banyaknya faktor, level dan interaksi yang diharapkan dari masing-masing faktor. Pemilihan *orthogonal array* pada data 2 sama dengan analisis Taguchi pada data 1 ditentukan sebagai berikut :

Banyaknya Faktor : 5  
 Banyaknya Level : 3  
 db level :  $3 - 1 = 2$   
 db total :  $(5 \times 2) + 1 = 11$

Pemilihan matriks ortogonal yang sesuai yaitu jika baris dalam matriks ortogonal tidak kurang dari banyak derajat bebas total. Dengan demikian diperoleh 27 kombinasi faktor untuk percobaan data 2, masing-masing kombinasi perlakuannya tanpa ulangan serta matriks *orthogonal array* yang dipilih adalah  $L_{27}(3^5)$ . Matriks *orthogonal array*  $L_{27}(3^5)$  disajikan pada Tabel 4.19

Tabel 4.19. Matriks *orthogonal array*  $L_{27}(3^5)$

Kombinasi Faktor	Faktor					Respon (Y)
	A	B	C	D	E	
1	0	0	0	0	0	$Y_1$
2	0	0	0	0	1	$Y_2$
3	0	0	0	0	2	$Y_3$
4	0	1	1	1	0	$Y_4$
5	0	1	1	1	1	$Y_5$
6	0	1	1	1	2	$Y_6$
7	0	2	2	2	0	$Y_7$
8	0	2	2	2	1	$Y_8$
9	0	2	2	2	2	$Y_9$
10	2	0	1	2	0	$Y_{10}$
11	1	0	1	2	1	$Y_{11}$
12	1	0	1	2	2	$Y_{12}$

Tabel 4.19. (lanjutan)

Kombinasi Faktor	Faktor					Respon (Y)
	A	B	C	D	E	
13	1	1	2	0	0	Y <sub>13</sub>
14	1	1	2	0	1	Y <sub>14</sub>
15	1	1	2	0	2	Y <sub>15</sub>
16	1	2	0	1	0	Y <sub>16</sub>
17	1	2	0	1	1	Y <sub>17</sub>
18	1	2	0	1	2	Y <sub>18</sub>
19	2	0	2	1	0	Y <sub>19</sub>
20	2	0	2	1	1	Y <sub>20</sub>
21	2	0	2	1	2	Y <sub>21</sub>
22	2	1	0	2	0	Y <sub>22</sub>
23	2	1	0	2	1	Y <sub>23</sub>
24	2	1	0	2	2	Y <sub>24</sub>
25	2	2	1	0	0	Y <sub>25</sub>
26	2	2	1	0	1	Y <sub>26</sub>
27	2	2	1	0	2	Y <sub>27</sub>

Langkah selanjutnya adalah melakukan menghitung nilai *signal to noise ratio*. Pada data 2 digunakan S/N rasio *Larger is Better* karena semakin tinggi aktivitas reproduksi *Lactobacillus bulgaris* maka perusahaan akan mendapatkan keuntungan yang maksimal.

Tabel 4.20. Tabel rata-rata dan SNR data 2

Kombinasi Faktor	Respon (Y)	$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$	$SNR = -10 \log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}\right)$
1	34	34	30.6296
2	32	32	30.1030
3	35	35	30.8814
4	24	24	27.6042
5	26	26	28.2995
6	26	26	28.2995
7	28	28	28.9432
8	28	28	28.9432
9	25	25	27.9588

Tabel 4.20. (lanjutan)

Kombinasi Faktor	Respon (Y)	$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$	$SNR = -10 \log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}\right)$
10	27	27	28.6273
11	33	33	30.3703
12	36	36	31.1261
13	34	34	30.6296
14	31	31	29.8272
15	30	30	29.5424
16	23	23	27.2346
17	24	24	27.6042
18	29	29	29.2480
19	31	31	29.8272
20	30	30	29.5424
21	34	34	30.6296
22	35	35	30.8814
23	32	32	30.1030
24	28	28	28.9432
25	31	31	29.8272
26	35	35	30.8814
27	30	30	29.5424

Data pada Tabel 4.20 akan di analisa dengan tiga cara yaitu dengan perhitungan efek dari rata-rata, perhitungan efek dari SNR dan analisis ragam (ANOVA).

Dari Tabel 4.20 akan dicari nilai efek dari mean pada tiap faktor sehingga dapat ditentukan kombinasi level optimal dari efek faktor tersebut. Pada Tabel 4.21 disajikan perhitungan efek mean dari masing-masing faktor.

Tabel 4.21. Rata-rata pengaruh tiap faktor data 2

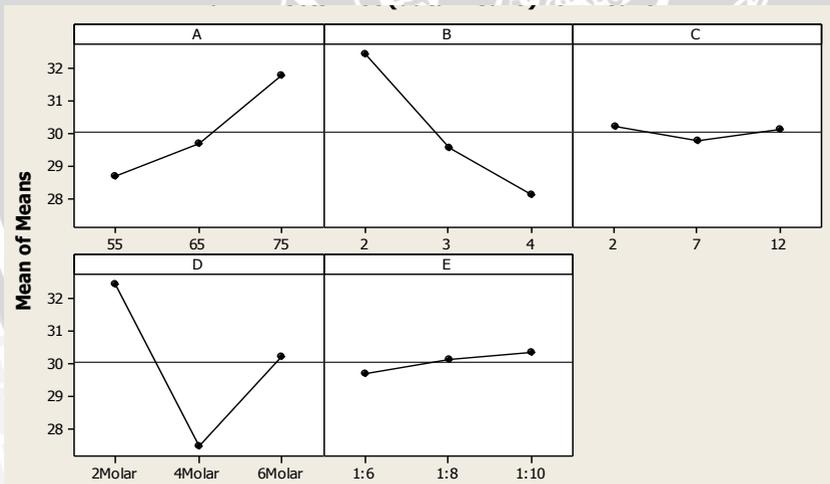
	A	B	C	D	E
Level 1	28.67	32.44	30.22	32.44	29.67
Level 2	29.67	29.56	29.78	27.44	30.11
Level 3	31.78	28.11	30.11	30.22	30.33
Efek	3.11	4.33	0.44	5.00	0.67
Rank	3	2	5	1	4
Optimum	A <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	E <sub>3</sub>

Dari rata-rata respon tiap faktor dipilih nilai yang paling besar. Pada Tabel 4.21 didapatkan kombinasi faktor A<sub>3</sub> B<sub>1</sub> C<sub>1</sub> D<sub>1</sub> E<sub>3</sub> yang merupakan kombinasi faktor optimal aktivitas reproduksi *Lactobacillus bulgaris*. Pada Tabel 4.21 juga dapat ditentukan urutan faktor yang memiliki pengaruh terbesar hingga terkecil yang mempengaruhi aktivitas reproduksi *Lactobacillus bulgaricus* secara berturut-turut yaitu faktor konsentrasi substrat (D), faktor waktu (B), faktor suhu (A), faktor nisbah bahan baku pelarut (E), dan faktor pH (C).

Perhitungan rata-rata SNR masing-masing faktor disajikan pada Tabel 4.22 sebagai berikut :

Tabel 4.22. Efek SNR masing-masing faktor data 2

	A	B	C	D	E
Level 1	29.07	30.19	29.71	30.21	29.36
Level 2	29.36	29.35	29.40	28.70	29.52
Level 3	30.02	28.91	29.54	29.54	29.57
Efek	0.95	1.28	0.14	1.51	0.22
Rank	3	2	5	1	4
Optimum	A <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	E <sub>3</sub>



Gambar 4.6. Grafik efek faktor SNR data 2

Tabel 4.22 dan Gambar 4.6 menunjukkan bahwa efek SNR masing-masing faktor menghasilkan kombinasi level optimal yang sama dengan perhitungan efek faktor yaitu suhu 75°C, waktu 2 jam, pH 2, konsentrasi substrat 2 Molar, dan nisbah bahan baku pelarut 1:10.

Setelah menghitung rata-rata pengaruh dan SNR analisis selanjutnya adalah analisis ragam untuk. Pada Tabel 4.23 disajikan tabel analisis ragam Taguchi .

Tabel 4.23. Analisis ragam Taguchi data 2

Sumber	db	JK	KT	F-hit	JK'	P (%)
A	2	25.38	12.69	1.49	8.28	7.34
B	2	82.03	41.02	4.80	64.93	23.33
C	2	4.46	2.23	0.26	-12.64	-3.57
D	2	102.16	51.08	5.97	85.06	36.02
E	2	3.37	1.69	0.20	-13.73	-3.88
Galat	16	136.76	8.55		119.66	40.79
Total	26	24739				100.00

Berdasarkan Tabel 4.23 faktor yang memberikan kontribusi terbaik adalah faktor yang memberikan nilai persen kontribusi lebih dari 10%, dengan demikian faktor waktu (B) dan konsentrasi substrat (D) memberikan pengaruh terhadap respon karena memiliki nilai persen kontribusi lebih dari 10%.

### 4.3 Perbandingan Analisis

Perbandingan rancangan fraksional faktorial  $3^{n-p}$  dan metode Taguchi dapat dilihat dari perbandingan kombinasi level optimal dan analisis ragam dari kedua metode tersebut. Perbandingan rancangan fraksional faktorial  $3^{n-p}$  dan metode Taguchi untuk data 1 dapat disajikan pada Tabel 4.24

Tabel 4.24. Perbandingan rancangan fraksional faktorial  $3^{n-p}$  dan metode Taguchi untuk data 1

Faktor	Metode	
	Fraksional Faktorial $3^{n-p}$	Taguchi
Suhu	80°C *	80°C *
Luas permukaan	Kecil	Kecil
Waktu pemanasan	3 jam *	3 jam *
Nisbah pelarut	1:6	1:6

Berdasarkan Tabel 4.24 kombinasi level optimal antara rancangan fraksional faktorial dan metode Taguchi tidak berbeda, begitu pula dengan faktor signifikan dari kedua metode tidak berbeda yaitu faktor suhu dan waktu pemanasan yang ditandai dengan tanda (\*) pada tabel.

Perbandingan rancangan fraksional faktorial  $3^{n-p}$  dan metode Taguchi untuk data 2 dapat disajikan pada Tabel 4.25

Tabel 4.25. Perbandingan rancangan fraksional faktorial  $3^{n-p}$  dan metode Taguchi untuk data 2

Faktor	Metode	
	Fraksional Faktorial $3^{n-p}$	Taguchi
Suhu	75°C	75°C
Waktu	2 jam*	2 jam*
pH	2	2
Konsentrasi substrat	2 Molar*	2 Molar*
Nisbah pelarut	1:10	1:10

Berdasarkan Tabel 4.25 kombinasi level optimal antara rancangan fraksional faktorial dan metode Taguchi tidak berbeda, begitu pula dengan faktor signifikan dari kedua metode tidak berbeda yaitu faktor waktu dan konsentrasi substrat yang ditandai dengan tanda (\*) pada tabel.

Dari tabel perbandingan data 1 dan data 2 dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan rancangan fraksional faktorial  $3^{n-p}$  dan metode Taguchi dari segi kombinasi level optimal dan faktor yang signifikan terhadap respon.

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa:

1. Tidak terdapat perbedaan antara analisis rancangan fraksional faktorial dan metode Taguchi dari segi kombinasi level optimal dan faktor yang signifikan terhadap respon.
2. Kombinasi level optimal pada rancangan Taguchi pada semua data menunjukkan kombinasi level optimal yang sama untuk semua uji efek faktor dan uji *signal to noise ratio*.
3. Metode Taguchi lebih menghemat biaya percobaan karena kombinasi faktor yang dipakai lebih sedikit dibandingkan dengan kombinasi faktor pada rancangan fraksional faktorial.
4. Dalam mencapai standar kualitas dari suatu produk rancangan fraksional faktorial dan metode Taguchi menggunakan langkah analisis yang berbeda tetapi menghasilkan standar kualitas produk yang tidak jauh berbeda.

### 5.2 Saran

Peneliti harus lebih berhati-hati dalam memilih rancangan fraksional faktorial yakni generator pada struktur rancangan, karena dapat mempengaruhi hasil rancangan percobaan fraksional faktorial. Pemilihan generator harus menghasilkan pembauran minimum antar pengaruh yang penting.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## DAFTAR PUSTAKA

- Aula, A. 2009. *Penentuan Setting Level Optimal Lingkungan Kerja Fisik Untuk Meningkatkan Output Produksi Rokok dengan Metode Taguchi*. <http://jrmsi.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jrmsi/article/view/19>. Tanggal akses: 18 Oktober 2013.
- Barnes, D. 1994. A Transfer of Self-Discrimination Response Functions Through Equivalence Relations. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. <http://www.ntu.edu/statistics/12383/pda.pdf>. Tanggal akses: 19 Oktober 2013.
- Belavendram, N. 1995. *Quality by Design: Taguchi Techniques for Industrial Experimentation*. Prentice Hall. Singapore.
- Box, G.E.P and Hunter, J.S. 1961. *The fractional factorial design*. John Wiley & Sons Inc. New York.
- Feigenbaum, A.V. 1993. *Kendali Mutu Terpadu*. Terjemahan alih bahasa Hudaya Kandahjaya. Erlangga. Jakarta.
- Fries, A. and William, H.G. 1980. *Minimum Aberration  $2^{k-p}$* . <http://www.heritage.org/about/our-history/.pdf>. Tanggal akses : 21 November 2013.
- Gaspersz, V. 2001. *Pedoman Implementasi Program Six Sigma : Terintegrasi dengan ISO 9001, NBNQA dan HACCP*. Terjemahan Dharma Agus. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Harlina. 2007. *Kajian Pada Rancangan Fractional Factorial  $3^{n-p}$* . <http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/18513/G08ieh.pdf>. Tanggal akses: 20 November 2013.
- Ishak, A. 2002. *Rekayasa Kualitas*. <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/1461/1/industri-aulia2.pdf>. Tanggal akses: 18 November 2013.

Lochner, R.H. and Matar, J.E. 1990. *Designing for Quality: an Introduction to the Best of Taguchi's & Western Methods of Statistical Experimental Design*. Quality Resources. New York.

Mitra, A. 1993. *Fundamentals Of Quality Control and Improvement*. <http://ebookily.com/pdf/amitava-mitra-quality-control-pdf>. Tanggal akses: 18 November 2013.

Montgomery, D.C. 1991. *Experimental Design*. John Wiley & Sons, Inc. Ottawa.

Montgomery, D.C. 2001. *Introduction to Statistical Quality Control*. 4<sup>th</sup> Edition. John Wiley & Sons, Inc. Ottawa.

Montgomery, D.C. 2005. *Design and analysis of experiments*. 6<sup>th</sup> edition. John Wiley & Sons, Inc. Ottawa.

Park, S. 1996, *Robust Design And Analysis for Quality Engineering*, Chapman & Hall. New York.

Peace, G.S. 1993. *Taguchi Methods: A Hands-On Approach*. <http://proquest.com/23212/taguchi/.pdf>. Tanggal akses : 19 November 2013.

Ross, P.J. 1996. *Taguchi Techniques for Quality Engineering*, McGraw-Hill International. Singapore.

Sunaryo, S. 1997. *Kajian tentang transformasi data dalam rancangan Taguchi*. <http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/45985/G06cwi.pdf>. Tanggal akses: 21 Oktober 2013.

Supriadi, D. 2008. *Optimalisasi Ekstrasi Kurkuminoid Temulawak (Curcuma Xanthorrhiza Roxb.)*. <http://digilib.ipb.ac.id/tesis/statistics/1492/.pdf>. Tanggal akses : 24 Januari 2014.

Taguchi, G. 1987. *System of Experimental Design. Vol. 1 & 2.* UNIPUB. <http://statisticsforengineer.com/read/525453/.pdf> .  
Tanggal akses : 20 November 2013.

Wahyutomo, A. 2003. *Optimalisasi Produk Fyber Glass Dengan Menggunakan Metode Fraksional Faktorial.* Skripsi Teknik Industri Universitas Brawijaya (tidak dipublikasikan).

Winarni, S. 2006. *Kajian pada Rancangan Fractional Factorial dan Fractional Factorial Split-Plot.* <http://digilib.ipb.ac.id/tesis/statistics/12192/.pdf>. Tanggal akses : 21 November 2013.

Xu, H. 2004. *A Catalogue of Three-Level Fractional Factorial Designs. Journal of the Experimental Analysis.* <http://jurnalinternational.com/statistics/katalog/441/.pdf>.  
Tanggal akses : 24 November 2013.

Yang, K. and El-Keik, B. (2003). *Design for Six Sigma.* Mc-Graw Hill Company Inc. New York.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Lampiran 1. Kombinasi Level Setiap Faktor dan Hasil Ekstraksi Kurkuminoid Temulawak

Unit	A	B	C	D	Y
1	0	0	0	0	66.15
2	0	0	1	1	61.17
3	0	0	2	2	37.73
4	0	1	0	1	65.66
5	0	1	1	2	44.01
6	0	1	2	0	40.5
7	0	2	0	2	62.51
8	0	2	1	0	62.71
9	0	2	2	1	47.97
10	1	0	0	1	68.95
11	1	0	1	2	63.28
12	1	0	2	0	58.19
13	1	1	0	0	68.04
14	1	1	1	0	67.03
15	1	1	2	1	65.03
16	1	2	0	0	69.74
17	1	2	1	1	70.34
18	1	2	2	2	56.84
19	2	0	0	2	69.2
20	2	0	1	0	70.68
21	2	0	2	1	71.94
22	2	1	0	0	71.7
23	2	1	1	1	70.4
24	2	1	2	2	62.6
25	2	2	0	1	68.68
26	2	2	1	2	72.63
27	2	2	2	0	70.5

Keterangan :

A : Suhu ( °C ) : 60, 70, 80

B : Luas permukaan : kecil, sedang, dan besar

C : Waktu pemanasan (jam) : 2, 3, 4

D : Nisbah bahan baku pelarut : 1:6, 1:8, 1:10

Y : Kadar Ekstraksi Temulawak (%)

Lampiran 2. Kombinasi Level Setiap Faktor dan Hasil Aktivitas Reproduksi *Lactobacillus bulgaricus*

Unit	A	B	C	D	E	Y
1	0	0	0	0	0	34
2	0	0	1	1	0	32
3	0	0	2	2	0	35
4	0	1	0	1	2	24
5	0	1	1	2	2	26
6	0	1	2	0	2	26
7	0	2	0	2	1	28
8	0	2	1	0	1	28
9	0	2	2	1	1	25
10	1	0	0	1	1	27
11	1	0	1	2	1	33
12	1	0	2	0	1	36
13	1	1	0	0	0	34
14	1	1	1	0	0	31
15	1	1	2	1	0	30
16	1	2	0	0	2	23
17	1	2	1	1	2	24
18	1	2	2	2	2	29
19	2	0	0	2	2	31
20	2	0	1	0	2	30
21	2	0	2	1	2	34
22	2	1	0	0	1	35
23	2	1	1	1	1	32
24	2	1	2	2	1	28
25	2	2	0	1	0	31
26	2	2	1	2	0	35
27	2	2	2	0	0	30

Keterangan :

A : Suhu ( °C ) : 55, 65, 75

B : Waktu pemanasan (jam) : 2, 3, 4

C : pH : 2, 7, 12

D : Konsentrasi substrat (M) : 2, 4, 6

E : Nisbah bahan baku pelarut : 1:6, 1:8, 1:10

Y : Aktivitas reproduksi *Lactobacillus bulgaricus* (cfu/mL)

### Lampiran 3. Perhitungan Jumlah Kuadrat Fraksional Faktorial Data

$$JK_A = \frac{488,41^2 + \dots + 628,33^2}{9} - \frac{1704,18^2}{27} = 1150,24$$

$$JK_B = \frac{567,29^2 + \dots + 581,92^2}{9} - \frac{1704,18^2}{27} = 40,45$$

$$JK_C = \frac{610,63^2 + \dots + 511,3^2}{9} - \frac{1704,18^2}{27} = 581,7$$

$$JK_D = \frac{590,14^2 + \dots + 536,84^2}{9} - \frac{1704,18^2}{27} = 171,75$$

$$JK_{AD} = \frac{574,19^2 + \dots + 561,45^2}{9} - \frac{1704,18^2}{27} = 9,06$$

$$JK_{BD} = \frac{574,25^2 + \dots + 573,27^2}{9} - \frac{1704,18^2}{27} = 21,71$$

$$JK_{CD} = \frac{560,88^2 + \dots + 561,45^2}{9} - \frac{1704,18^2}{27} = 8,73$$

$$JK_{AB^2} = \frac{568,31^2 + \dots + 558,91^2}{9} - \frac{1704,18^2}{27} = 18,11$$

$$JK_{AC^2} = \frac{546,64^2 + \dots + 536,43^2}{9} - \frac{1704,18^2}{27} = 176,72$$

$$JK_{BC^2} = \frac{578,94^2 + \dots + 564,19^2}{9} - \frac{1704,18^2}{27} = 20,28$$

#### Lampiran 4. Perhitungan Jumlah Kuadrat Fraksional Faktorial Data2

$$JK_A = \frac{258^2 + \dots + 286^2}{9} - \frac{811^2}{27} = 45,4$$

$$JK_B = \frac{292^2 + \dots + 253^2}{9} - \frac{811^2}{27} = 87,63$$

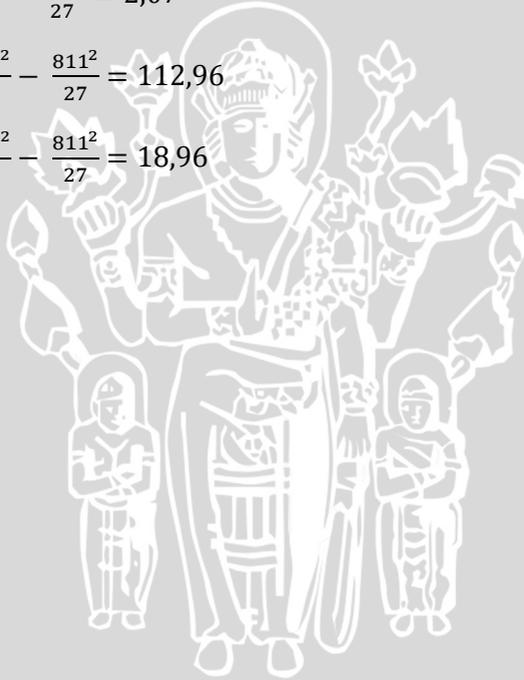
$$JK_C = \frac{272^2 + \dots + 271^2}{9} - \frac{811^2}{27} = 0,96$$

$$JK_D = \frac{292^2 + \dots + 272^2}{9} - \frac{811^2}{27} = 112,96$$

$$JK_E = \frac{267^2 + \dots + 273^2}{9} - \frac{811^2}{27} = 2,07$$

$$JK_{BC} = \frac{292^2 + \dots + 247^2}{9} - \frac{811^2}{27} = 112,96$$

$$JK_{DE} = \frac{281^2 + \dots + 265^2}{9} - \frac{811^2}{27} = 18,96$$



Lampiran 5. Hasil Nilai SNR data 1

Taguchi 1

Efek SNR kadar kurkuminoid

Response Table for Signal to Noise Ratios  
Larger is better

Level	A	B	C	D
1	34.57	36.66	36.23	36.53
2	36.03	36.26	36.56	35.95
3	36.98	34.66	34.79	35.10
Delta	2.41	2.00	1.77	1.43
Rank	1	2	3	4

Taguchi 2

Response Table for Signal to Noise Ratios  
Larger is better

Level	A	B	C	D
1	33.79	36.70	36.52	36.27
2	36.48	35.45	38.15	35.41
3	36.66	34.78	35.26	35.25
Delta	2.88	1.92	1.63	1.02
Rank	1	2	3	4

Lampiran 5. Lanjutan

Taguchi 3

Response Table for Signal to Noise Ratios  
Larger is better

Level	A	B	C	D
1	35.16	36.81	36.08	36.61
2	36.30	36.70	36.59	35.93
3	36.97	35.23	35.77	35.90
Delta	1.81	1.59	0.83	0.71
Rank	1	2	3	4



Lampiran 6. Perhitungan Jumlah Kuadrat dan Persen Kontribusi metode Taguchi data 1

$$JKT = 66.15^2 + 61.17^2 + \dots + 70.5^2 = 110046.53$$

$$JKA = (9 * 55.08^2) + (9 * 63.47^2) + (9 * 70.61^2) - 107571.63 = 860.55$$

$$JKB = (9 * 68.10^2) + (9 * 65.11^2) + (9 * 55.45^2) - 107571.63 = 194.29$$

$$JKC = (9 * 65^2) + (9 * 67.42^2) + (9 * 56.74^2) - 107571.63 = 337.33$$

$$JKD = (9 * 67.12^2) + (9 * 62.92^2) + (9 * 59.12^2) - 107571.63 = 61.13$$

$$JKE = 110046.53 - 107571.63 - (860.55 + 194.29 + 337.33 + 61.13) = 721.6$$

$$JKA' = 860.55 - (2 * 40.09) = 780.37$$

$$JKB' = 194.29 - (2 * 40.09) = 114.11$$

$$JKC' = 337.33 - (2 * 40.09) = 257.15$$

$$JKD' = 61.13 - (2 * 40.09) = -19.05$$

$$JKE' = 2174.9 - (780.37 + 114.11 + 257.15 - 19.05) = 742.32$$

$$PKA = \frac{780.37}{2174.9} * 100\% = 39.88\%$$

$$PKB = \frac{114.11}{2174.9} * 100\% = 7.25\%$$

$$PKC = \frac{257.15}{2174.9} * 100\% = 19.82\%$$

$$PKD = \frac{-19.05}{2174.9} * 100\% = -3.12\%$$

$$PKE = \frac{742.32}{2174.9} * 100\% = 36.18\%$$

Lampiran 7. Hasil Nilai SNR data 2

Efek SNR aktivitas reproduksi *Lactobacillus bulgaricus*

Response Table for Signal to Noise Ratios  
Larger is better

Level	A	B	C	D	E
1	29.07	30.19	29.51	30.21	29.36
2	29.36	29.35	29.40	28.70	29.52
3	30.02	28.91	29.54	29.54	29.57
Delta	0.95	1.28	0.14	1.51	0.22
Rank	3	2	5	1	4



Lampiran 8. Perhitungan Jumlah Kuadrat dan Persen Kontribusi metode Taguchi data 2

$$JKT = 34^2 + 32^2 + \dots + 30^2 = 24739$$

$$JKA = (9 * 28.67^2) + (9 * 29.67^2) + (9 * 31.78^2) - 24364.84 = 25.38$$

$$JKB = (9 * 32.44^2) + (9 * 29.56^2) + (9 * 28.11^2) - 24364.84 = 82.03$$

$$JKC = (9 * 30.22^2) + (9 * 29.78^2) + (9 * 30.11^2) - 24364.84 = 4.46$$

$$JKD = (9 * 32.44^2) + (9 * 27.44^2) + (9 * 30.22^2) - 24364.84 = 102.16$$

$$JKE = (9 * 29.67^2) + (9 * 27.44^2) + (9 * 30.22^2) - 24364.84 = 3.37$$

$$JKG = 24739 - 24364.84 - (25.38 + 82.03 + 4.46 + 102.16 + 3.37) = 136.76$$

$$JKA' = 25.38 - (2 * 8.55) = 8.28$$

$$JKB' = 82.03 - (2 * 8.55) = 64.93$$

$$JKC' = 4.46 - (2 * 8.55) = -12.64$$

$$JKD' = 102.16 - (2 * 8.55) = 85.06$$

$$JKE' = 3.37 - (2 * 8.55) = -13.73$$

$$JKG' = 354.16 - (8.28 + 64.93 - 12.64 + 85.06 - 13.73) = 119.66$$

$$PKA = \frac{8.28}{354.16} * 100\% = 7.34\%$$

$$PKB = \frac{64.93}{354.16} * 100\% = 23.33\%$$

$$PKC = \frac{-12.64}{354.16} * 100\% = -3.57\%$$

$$PKD = \frac{85.06}{354.16} * 100\% = 36.02\%$$

$$PKE = \frac{-13.73}{354.16} * 100\% = -3.88\%$$

$$PKG = \frac{119.66}{354.16} * 100\% = 40.79\%$$

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

