

## OPTIMALISASI PROSES PRODUKSI YANG MELIBATKAN BEBERAPA FAKTOR DENGAN LEVEL YANG BERBEDA MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

Annisa Intan Mayasari<sup>1</sup>, Triastuti Wuryandari<sup>2</sup>, Abdul Hoyyi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

<sup>2,3</sup>Staf Pengajar Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

### ABSTRAK

Taguchi method is a method that purposes to improve the quality of products and processes at the same time with the purpose of reducing costs and resources to a minimum. Taguchi method is one example of a fractional factorial design that uses orthogonal arrays to reduce the number of experiments. The analytical tool used was ANOVA and Signal to Noise Ratio. ANOVA was used to determine the factors that affect the response and Signal to Noise Ratio are used to determine the combination of factors that affect the performance of the product so that the resulting optimal response. Based on the results of tests performed to determine the factors that influence the design of electronic circuits that will produce the center frequency of 35.75 megahertz at a temperature of -10 °C, the significant factor is the factor A, B, C, D, F, and H. The best combination is obtained A<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>, F<sub>2</sub>, dan H<sub>3</sub>. Factor F has the greatest percent contribution is 42.57%, the next factor D, H, C, A, and B, respectively 8.83%, 7.37%, 5.93%, 3.90% and 3.84%.

**Keywords:** Taguchi Method, orthogonal array, ANOVA, Signal to Noise Ratio.

### 1. PENDAHULUAN

Manusia selalu memiliki daya tarik dengan kualitas. Teknologi saat ini menunjukkan keinginan tak henti-hentinya manusia untuk memberikan tingkat yang lebih tinggi terhadap kualitas produk dan layanan untuk meningkatkan pangsa pasar dan keuntungan. Didorong oleh kebutuhan untuk bersaing pada harga dan kinerja dan untuk mempertahankan profitabilitas dan kualitas produsen semakin sadar akan kebutuhan untuk mengoptimalkan produk dan proses. Kualitas dicapai melalui optimasi desain ditemukan oleh banyak produsen untuk biaya efektif dalam memperoleh dan mempertahankan posisi persaingan di pasar dunia (Roy,1990).

Pemanfaatan desain eksperimen sangat penting guna pencapaian peningkatan kualitas dengan pengoptimalan faktor-faktor yang berpengaruh dalam proses produksi. Salah satu desain eksperimen yang digunakan dalam memperbaiki kualitas adalah desain faktorial. Dalam desain faktorial memungkinkan lebih dari satu faktor untuk melihat efek terhadap respon yang sama karena masing-masing pengamatan menyuplai informasi tentang semua faktor. Jika faktor yang digunakan banyak, maka banyak juga kombinasi yang digunakan dalam penelitian.

Desain eksperimen faktorial  $2^k$  merupakan suatu eksperimen yang terdiri dari  $k$  buah faktor dengan dua level. Sedangkan desain eksperimen faktorial  $3^k$  merupakan suatu eksperimen yang terdiri dari  $k$  buah faktor dengan tiga level. Seiring bertambahnya jumlah faktor dan level mengakibatkan bertambah besarnya jumlah kombinasi perlakuan yang akan dilakukan. Rancangan fraksional faktorial digunakan untuk menanggulangi permasalahan tersebut dengan menggunakan sebagian dari kombinasi yang harus dilakukan.

Metode Taguchi merupakan salah satu contoh rancangan fraksional faktorial. Metode Taguchi merupakan suatu metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk

memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Metode Taguchi berupaya mencapai sasaran itu dengan menjadikan produk atau proses “tidak sensitif” terhadap berbagai faktor. Metode Taguchi menjadikan produk atau proses bersifat kokoh (*robust*) terhadap faktor gangguan (*noise*), karenanya metode ini disebut juga sebagai perancangan kokoh (*robust design*) (Soejanto, 2009).

Dalam pengoptimalan faktor-faktor yang mempengaruhi suatu produk dalam suatu proses produksi biasanya terdiri beberapa faktor. Setiap faktor terdiri dari beberapa level dan memungkinkan berbeda level antara faktor satu dengan faktor yang lainnya. Suatu desain eksperimen yang terdiri dari beberapa faktor dengan tingkat level yang berbeda disebut desain eksperimen *mix levels*. Dalam tulisan ini, pembahasan masalah akan dibatasi mengenai penggunaan metode Taguchi dengan *mix levels* yang terdiri dari dua level dan tiga level.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Metode Taguchi

Metode Taguchi merupakan metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan dengan tujuan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin (Soejanto, 2009).

#### 2.1.1 Karakteristik Kualitas

Menurut Peace (1993) Karakteristik kualitas yang terukur menurut Taguchi dapat dibagi menjadi tiga kategori, yaitu:

1. *Nominal is the best*

Merupakan karakteristik kualitas dengan nilai yang dapat positif maupun negatif. Nilai yang diukur berdasarkan nilai target yang telah ditetapkan. Pencapaian nilai mendekati target yang telah ditetapkan maka kualitas semakin baik.

2. *Smaller is better*

Merupakan karakteristik terukur dengan nilai non negatif dengan nilai ideal nol. Pencapaian nilai mendekati nilai nol maka kualitas akan semakin baik.

3. *Larger is better*

Merupakan karakteristik terukur dengan nilai non negatif dengan nilai ideal tak terhingga. Pencapaian nilai mendekati nilai tak terhingga maka kualitas yang dihasilkan semakin baik

#### 2.1.2 Matriks Ortogonal (*Orthogonal Array*)

*Orthogonal array* digunakan untuk merancang percobaan yang efisien dan menganalisis data percobaan dengan hanya menggunakan sebagian dari kondisi total sehingga meminimalkan jumlah percobaan yang dapat memberi informasi sebanyak mungkin mengenai faktor yang berpengaruh.

#### 2.1.3 *Signal to Noise Ratio*

Metode Taguchi telah mengembangkan konsep *signal to noise ratio* atau S/N untuk percobaan yang melibatkan banyak faktor. Metode perhitungan rasio S/N tergantung dengan karakteristik kualitas responnya yaitu semakin kecil semakin baik, semakin besar semakin baik, atau tertuju pada nilai tertentu.

$$S/N = -10 \log_{10}(MSD) \quad (2.1)$$

dimana: MSD (*Mean Squared Deviation*) = Rata-rata kuadrat penyimpangan dari nilai target karakter kualitas

Rasio S/N untuk beberapa karakteristik, sebagai berikut:

1. *Smaller is better*

Rumus perhitungan rasio S/N *smaller is better* (Roy, 1990):

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

$$= -10 \log_{10} \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (2.2)$$

2. *Nominal is the best*

Rumus perhitungan rasio S/N *Nominal is the best* (Belavendram, 1995):

$$S/N = 10 \log_{10} \left( \frac{\mu^2}{\sigma^2} \right) \quad (2.3)$$

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (2.4)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2 \quad (2.5)$$

3. *Larger is better*

Rumus perhitungan rasio S/N *larger is better* (Roy, 1990):

$$\begin{aligned} S/N &= -10 \log_{10}(MSD) \\ &= -10 \log_{10} \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \end{aligned} \quad (2.6)$$

dimana:

$n$  = Jumlah pengulangan

$y_i$  = data pengamatan ke- $i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ )

## 2.2. Metode Pengolahan Data

### 2.2.1 Analisis Variansi

Analisis variansi berarti suatu teknik untuk menganalisis atau menguraikan seluruh (total) variasi atas bagian-bagian yang mempunyai makna (Walpole dan Myers, 1986).

Model linier delapan faktor yang terdiri dari satu faktor dengan dua level dan tujuh faktor dengan tiga level dan dua ulangan tanpa interaksi pada ANOVA:

$$\begin{aligned} Y_{ijklmnopq} &= \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \delta_l + \zeta_m + \eta_n + \theta_o + \vartheta_p + \varepsilon_{ijklmnopq}; \\ i &= 1, 2; & j &= 1, 2, 3; & k &= 1, 2, 3; \\ l &= 1, 2, 3; & m &= 1, 2, 3; & n &= 1, 2, 3; \\ o &= 1, 2, 3; & p &= 1, 2, 3; & q &= 1, 2; \end{aligned}$$

dimana:

$Y_{ijklmnopq}$  : pengamatan pada perlakuan faktor A taraf ke- $i$ , faktor B taraf ke- $j$ , faktor C taraf ke- $k$ , faktor D taraf ke- $l$ , faktor E taraf ke- $m$ , faktor F taraf ke- $n$ , faktor G taraf ke- $o$ , faktor H taraf ke- $p$ , dan ulangan ke- $q$ .

$\mu$  : rata-rata umum

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

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

$\gamma_k$  : pengaruh faktor C taraf ke- $k$

$\delta_l$  : pengaruh faktor D taraf ke- $l$

$\zeta_m$  : pengaruh faktor E taraf ke- $m$

$\eta_n$  : pengaruh faktor F taraf ke- $n$

$\theta_o$  : pengaruh faktor G taraf ke- $o$

$\vartheta_p$  : pengaruh faktor H taraf ke- $p$

$\varepsilon_{ijklmnopq}$  : komponen galat

Asumsi yang harus dipenuhi dalam model tetap (Mattjik dan Sumertajaya, 2000) adalah:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^2 \alpha_i &= 0, & \sum_{j=1}^3 \beta_j &= 0, & \sum_{k=1}^3 \gamma_k &= 0, & \sum_{l=1}^3 \delta_l &= 0, & \sum_{m=1}^3 \zeta_m &= 0, & \sum_{n=1}^3 \eta_n &= 0, & \sum_{o=1}^3 \theta_o &= 0, \\ \sum_{p=1}^3 \vartheta_p &= 0; & \varepsilon_{ijklmnopq} & \sim N(0, \sigma^2) \end{aligned}$$

**Tabel 2.1 Tabel Analisis Variansi (ANOVA) untuk 8 faktor dengan mix level tanpa interaksi**

Sumber Keragaman	Derajat Bebas (Db)	Sum of Squares	Mean Square	F <sub>hitung</sub>
A	$db_a=1$	$SS_a$	$MS_a$	$\frac{MS_a}{MS_{error}}$
B	$db_b= 2$	$SS_b$	$MS_b$	$\frac{MS_b}{MS_{error}}$
C	$db_c= 2$	$SS_c$	$MS_c$	$\frac{MS_c}{MS_{error}}$
D	$db_d= 2$	$SS_d$	$MS_d$	$\frac{MS_d}{MS_{error}}$
E	$db_e= 2$	$SS_e$	$MS_e$	$\frac{MS_e}{MS_{error}}$
F	$db_f= 2$	$SS_d$	$MS_f$	$\frac{MS_f}{MS_{error}}$
G	$db_g= 2$	$SS_d$	$MS_g$	$\frac{MS_g}{MS_{error}}$
H	$db_h=2$	$SS_d$	$MS_h$	$\frac{MS_h}{MS_{error}}$
Error	$db_{error}= 20$	$SS_{error}$	$MS_{error}$	
Total	$db_t= 35$	$SS_T$		

### 2.2.2 Strategi Pooling-Up Taguchi

Ketika kontribusi faktor kecil, jumlah kuadrat dan derajat bebas dari faktor terpilih dikombinasikan dengan jumlah kuadrat dan derajat bebas error. Proses mengabaikan kontribusi faktor yang dipilih dan kemudian menyesuaikan kontribusi dari faktor lain, dikenal sebagai strategi *pooling up*. *Pooling up* dimulai dari jumlah kuadrat terkecil dan dilanjutkan berturut-turut dengan jumlah kuadrat yang lebih besar berikutnya. Strategi ini disarankan dilakukan pada faktor yang tidak signifikan pada tingkat keyakinan yang ditetapkan. Taguchi merekomendasikan *pooling up* dilakukan sampai derajat bebas error mendekati sekitar setengah dari derajat bebas total (Roy, 1990).

### 2.2.3 Persen Kontribusi

Persentase kontribusi adalah sebuah fungsi dari jumlah kuadrat (*sum of square*) untuk setiap item yang signifikan. Persentase kontribusi mengindikasikan kekuatan relatif dari sebuah faktor atau interaksi untuk mengurangi keragaman. Jika taraf faktor atau interaksi dikontrol dengan tepat, maka keragaman total dapat dikurangi dengan menggunakan jumlah yang diindikasikan melalui persentase kontribusi (Ross, 1996).

Rumus perhitungan persen kontribusi

$$SS'_A = SS_A - (MS_{error} \times db_a)$$

$$P = \frac{SS'_A}{SS_T} \times 100\%$$

Dengan

- $SS'_A$  = jumlah kuadrat murni untuk faktor A
- $SS_A$  = jumlah kuadrat dari faktor A
- $MS_{error}$  = *mean squares error*
- $db_a$  = derajat bebas faktor A
- $SS_T$  = jumlah kuadrat total
- P = Persen kontribusi

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Sumber Data

Data yang dipakai dalam tulisan ini adalah data sekunder. Data diambil dari buku karangan Glen Stuart Peace yang berjudul “*Taguchi Methods A Hands-On approach*” tentang desain rangkaian elektronik.

#### 3.2. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam tulisan ini adalah delapan faktor, yang terdiri dari satu faktor dengan dua level dan tujuh faktor dengan tiga level. Pengujian dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi desain rangkaian elektronik yang akan menghasilkan frekuensi tengah sebesar 35.75 megahertz pada suhu  $-10^{\circ}\text{C}$ .

**Tabel 3.1 Variabel Eksperimen**

Faktor	Level 1	Level 2	Level 3
Jenis Dioda	1N5148	1N548A MODERATE	
Kapasitor 2 (C2)	10pf, $\pm 15\%/^{\circ}\text{C}$	15pf, $\pm 15\%/^{\circ}\text{C}$	15pf, $\pm 30\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$
Induktor 2 (L2)	1.0 $\mu\text{h}$	1.2 $\mu\text{h}$	1.5 $\mu\text{h}$
Kapasitor 4 (C4)	10pf, $\pm 15\%/^{\circ}\text{C}$	15pf, $\pm 15\%/^{\circ}\text{C}$	15pf, $\pm 30\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$
Kapasitor 6 (C6)	39pf	47pf	56pf
Kapasitor 7 (C7)	82pf	100pf	120pf
Induktor 3 (L3)	1.5 $\mu\text{h}$	1.8 $\mu\text{h}$	2.2 $\mu\text{h}$
Kapasitor 1 (C1)	15pf	18pf	22pf

Dalam tulisan ini, faktor jenis dioda disimbolkan dengan A, faktor kapasitor 2 disimbolkan dengan B, faktor induktor 2 disimbolkan dengan C, faktor kapasitor 4 disimbolkan dengan D, faktor kapasitor 6 disimbolkan dengan E, faktor kapasitor 7 disimbolkan dengan F, faktor induktor 3 disimbolkan dengan G, dan faktor kapasitor 1 disimbolkan dengan H.

#### 3.3. Software yang Digunakan

Software yang digunakan dalam tulisan ini adalah MINITAB 14.

#### 3.4. Langkah Analisis

Langkah analisis yang digunakan dalam tulisan ini adalah:

1. Melakukan pengolahan data menggunakan ANOVA
2. Melakukan uji aditifitas pada model.
3. Melakukan uji normalitas dan homogenitas varian. Jika asumsi normalitas dan homogenitas varian tidak terpenuhi, maka dilakukan transformasi.
4. Jika kontribusi faktor pada uji ANOVA kecil, maka dilakukan strategi *Pooling-Up* Taguchi dengan cara mengakumulasi beberapa variansi error dari beberapa faktor yang kurang berarti.
5. Melakukan analisis *Signal to Noise Ratio*. Sehingga didapatkan faktor dengan level yang mana yang berpengaruh untuk mengurangi *noise* dan mendapatkan hasil rancangan yang optimal.
6. Menghitung persen kontribusi.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 ANOVA

Dengan menggunakan software minitab 14 dihasilkan tabel ANOVA sebagai berikut:

**Tabel 4.2 Analisis Variansi**

Sumber Keragaman	Df	SS	MS	F <sub>hitung</sub>	p-value	F <sub>tabel</sub>
A	1	2.6678	2.6678	6.70	0.018*	4.35
B	2	3.6079	1.8040	4.53	0.024*	3.49
C	2	4.2613	2.1306	5.35	0.014*	3.49
D	2	5.9204	2.9602	7.44	0.004*	3.49
E	2	1.1429	0.5715	1.44	0.261	3.49
F	2	25.2263	12.6131	31.70	0.000*	3.49
G	2	1.3404	0.6702	1.68	0.211	3.49
H	2	5.0879	2.5440	6.39	0.007*	3.49
Error	20	7.9576	0.3979			
Total	35	57.2125				

\*Signifikan pada tingkat kepercayaan 95%

Kriteria Uji:

$H_0$  ditolak jika  $F_{hitung} > F_{tabel}$  atau  $p-value < \alpha$

Kesimpulan:

Dengan membandingkan nilai  $F_{hitung}$  tiap faktor dengan nilai  $F_{tabel}$  atau nilai  $p-value$  dengan nilai  $\alpha$ , maka di dapatkan faktor A, B, C, D, F, dan H signifikan karena nilai  $F_{hitung}$  faktor-faktor tersebut lebih besar dari nilai  $F_{tabel}$  dan  $p-value$  kurang dari  $\alpha$ , sedangkan faktor E dan G tidak signifikan karena nilai  $F_{hitung}$  faktor-faktor tersebut lebih kecil dari nilai  $F_{tabel}$  dan  $p-value$  lebih dari  $\alpha$ .

Melalui uji Tukey didapatkan nilai  $F_{hitung} < F_{0.05,1,20}$  ( $2.34951 \times 10^{-51} < 4.35$ ), model ANOVA yang terdiri dari satu faktor dengan dua level dan tujuh faktor dengan tiga level merupakan model linier aditif. Pada pengujian asumsi, hasil perhitungan nilai ekstrim Kolmogorov-Smirnov (D) residual adalah sebesar 0.136 dan  $D^*(\frac{0.05}{2})$  sebesar 0.221 dengan nilai  $p-value$  sebesar 0.091. Karena  $D < D^*(\frac{\alpha}{2})$  dan  $p-value > 0.05$  maka dapat disimpulkan residual berdistribusi normal serta hasil perhitungan *bartlett's test*, nilai *Bartlett's test* sebesar 6.14 dan  $p-value$  *Bartlett's test* sebesar 0.992. Dari hasil *Bartlett's test* nilai  $p-value$  sebesar  $0.992 > 0.05$  dan  $6.14 < \chi^2_{tabel} = 27.59$ , maka dapat disimpulkan bahwa variansi residual homogen.

### 4.2 ANOVA dengan Metode Pooling-Up Taguchi

Pada pengujian ANOVA, terdapat dua faktor yang tidak signifikan. Untuk mengatasi hal tersebut, maka dilakukan prosedur *pooling up* Taguchi. Faktor yang tidak signifikan adalah faktor E dan G. Oleh karena itu, *pooling* dilakukan pada faktor E dan G dikombinasikan dengan jumlah kuadrat dan derajat bebas error.

Hasil pengujian ANOVA dengan prosedur *pooling up* adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.3 Analisis Variansi dengan Metode *Pooling Up* Taguchi**

Sumber Keragaman	Df	SS	MS	F <sub>hitung</sub>	p-value	F <sub>tabel</sub>
A	1	2.6678	2.6678	6.13	0.021*	4.26
B	2	3.6079	1.8040	4.15	0.028*	3.40
C	2	4.2613	2.1306	4.90	0.016*	3.40
D	2	5.9204	2.9602	6.80	0.005*	3.40
F	2	25.2263	12.6131	28.99	0.000*	3.40
H	2	5.0879	2.5440	5.85	0.009*	3.40
Error ( <i>pooled</i> )	24	10.4410	0.4350			
Total	35	57.2125				

\*Signifikan pada tingkat kepercayaan 95%

Kriteria Uji:

H<sub>0</sub> ditolak jika F<sub>hitung</sub> > F<sub>tabel</sub> atau P-value < α

Kesimpulan:

Dengan membandingkan nilai F<sub>hitung</sub> tiap faktor dengan nilai F<sub>tabel</sub> atau nilai p-value dengan nilai α pada Tabel 4.3, maka di dapatkan faktor A, B, C, D, F, H signifikan karena nilai F<sub>hitung</sub> faktor-faktor tersebut lebih besar dari nilai F<sub>tabel</sub> dan p-value kurang dari α.

Pada pengujian asumsi, hasil perhitungan nilai ekstrim Kolmogorov-Smirnov (D) residual adalah sebesar 0.117 dan  $D^*(\frac{0.05}{2})$  sebesar 0.221 dengan nilai p-value sebesar >0.150.

Karena  $D < D^*(\frac{\alpha}{2})$  dan p-value > 0.05 maka dapat disimpulkan residual berdistribusi normal serta hasil perhitungan *bartlett's test*, nilai *Bartlett's test* sebesar 6.14 dan p-value *Bartlett's test* sebesar 0.992. Dari hasil *Bartlett's test* nilai p-value sebesar 0.992 > 0.05 dan  $6.14 < \chi^2_{tabel} = 27.59$ , maka dapat disimpulkan bahwa variansi residual homogen.

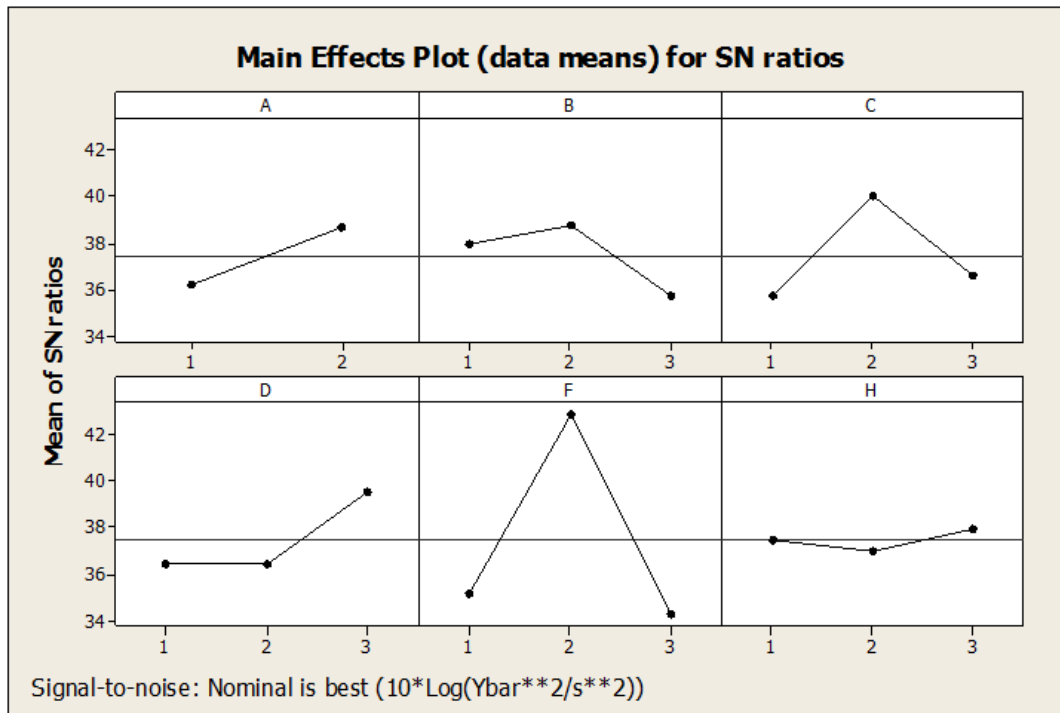
#### 4.3 Signal to Noise Ratio

Hasil perhitungan SNR untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi desain rangkaian elektronik yang akan menghasilkan frekuensi tengah sebesar 35.75 megahertz adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.4 Efek Utama Tiap Faktor untuk SNR**

Level	A	B	C	D	F	H
1	36.23	37.96	35.75	36.41	35.17	37.45
2	38.68	38.72	40.01	36.41	42.86	36.95
3	-	35.69	36.60	39.55	34.33	37.97
Delta	2.45	3.04	4.25	3.14	8.53	1.02
Rank	5	4	2	3	1	6

Berdasarkan Tabel 4.4 faktor F merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap desain rangkaian elektronik yang akan menghasilkan frekuensi tengah sebesar 35.75 megahertz. Urutan ranking faktornya selanjutnya adalah C, D, B, A, dan H. Urutan ranking faktor dilihat delta yaitu selisih SNR antar faktor. Semakin tinggi selisih SNR maka semakin besar pula pengaruh faktor tersebut terhadap respon.



**Gambar 4.1** Plot Efek Utama untuk SNR

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa faktor A, B, C, D, dan F memberikan pengaruh yang besar terhadap respon. Faktor H terlihat lebih datar artinya memberikan pengaruh yang tidak terlalu besar Berdasarkan Tabel 4.4 dan Gambar 4.1 di dapatkan kombinasi terbaik yaitu A<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>, F<sub>2</sub>, dan H<sub>3</sub>.

#### 4.4 Persen Kontribusi

Besarnya kontribusi setiap faktor yang signifikan dihitung melalui persen kontribusi. Langkah pertama menghitung persen kontribusi yaitu menghitung jumlah kuadrat murni, contohnya sebagai berikut :

$$SS'_A = SS_A - (MS_{error} \times db_a)$$

$$SS'_A = 2.6678 - (0.4350 \times 1)$$

$$SS'_A = 2.2328$$

Setelah menghitung jumlah kuadrat murni, selanjutnya menghitung persentase kontribusi masing-masing faktor, yaitu:

$$P = \frac{SS'_A}{SS_T} \times 100\%$$

$$P = \frac{2.2328}{57.2125} \times 100\%$$

$$P = 3.90\%$$

Hasil perhitungan persen kontribusi ditunjukkan pada tabel berikut:

**Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Persen Kontribusi**

Sumber Keragaman	Df	SS	MS	SS'	Persen Kontribusi
A	1	2.6678	2.6678	2.2328	3.90%
B	2	3.6079	1.8040	2.1978	3.84%
C	2	4.2613	2.1306	3.3912	5.93%
D	2	5.9204	2.9602	5.0503	8.83%
F	2	25.2263	12.6131	24.3562	42.57%
H	2	5.0879	2.5440	4.2178	7.37%
Error ( <i>pooled</i> )	24	10.4410	0.4350	15.7664	27.56%
Total	35	57.2125			100%



Persen kontribusi yang paling besar adalah faktor F sebesar 42.57%, sehingga faktor F memberikan pengaruh yang besar terhadap desain rangkaian elektronik yang akan menghasilkan frekuensi tengah sebesar 35.75 megahertz. Nilai persen kontribusi selanjutnya adalah faktor D sebesar 8.83%, faktor H sebesar 7.37%, faktor C sebesar 5.93%, faktor A sebesar 3.90%, dan faktor B sebesar 3.84%.

## 5. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dalam pengoptimalan faktor-faktor yang mempengaruhi suatu produk, seiring bertambahnya jumlah faktor dan level dalam suatu eksperimen akan mengakibatkan besarnya jumlah kombinasi perlakuan yang akan dilakukan, sehingga rancangan tersebut membutuhkan waktu dan biaya yang jauh lebih besar. Rancangan yang digunakan untuk menanggulangi permasalahan tersebut adalah menggunakan rancangan fraksional faktorial.
2. Metode Taguchi merupakan metode yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan dengan tujuan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Metode Taguchi merupakan salah satu contoh rancangan fraksional faktorial yang menggunakan *Orthogonal array*.
3. ANOVA digunakan untuk mendapatkan faktor-faktor yang mempengaruhi performansi produk, selanjutnya untuk menghasilkan kombinasi faktor yang berpengaruh terhadap performansi produk agar respon yang dihasilkan optimal digunakan metode Taguchi melalui perhitungan *Signal to Noise Rasio* (SNR).
4. Pada contoh penerapan, faktor yang berpengaruh terhadap desain rangkaian elektronik yang akan menghasilkan frekuensi pusat sebesar 35.75 megahertz adalah faktor A, faktor B, faktor C, faktor D, faktor F, dan faktor H.
5. Hasil kombinasi faktor terbaik melalui perhitungan SNR untuk mendapatkan desain rangkaian elektronik yang akan menghasilkan frekuensi tengah sebesar 35.75 megahertz yaitu  $A_2, B_2, C_2, D_3, F_2,$  dan  $H_3$ .
6. Persen kontribusi yang paling besar adalah faktor F sebesar 42.57%, sehingga faktor F memberikan pengaruh yang besar terhadap desain rangkaian elektronik yang akan menghasilkan frekuensi tengah sebesar 35.75 megahertz. Nilai persen kontribusi selanjutnya adalah faktor D sebesar 8.83%, faktor H sebesar 7.37%, faktor C sebesar 5.93%, faktor A sebesar 3.90%, dan faktor B sebesar 3.84%.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Bagchi, T.P. 1993. *Taguchi Method Explained: Practical Step to Robust Design*. Prentice Hall of India Private Limited. New Delhi.
- Belavendram, N. 1995. *Quality By Design: Taguchi Techniques for Industrial Experimentation*. Prentice Hall. London.
- Daniel, W.W. 1978. *Statistika Nonparametrik Terapan*. Alex T. K. W, penerjemah. Gramedia. Jakarta. Terjemahan dari: *Applied Nonparametric Statistics*.
- Gomez, K.A., Gomez, A.A. 1995. *Prosedur Statistik untuk Penelitian Pertanian, edisi kedua*. Endang Syamsuddin dan Justika S. Baharsyah, penerjemah. UI Press. Jakarta. Terjemahan dari: *Statistical Procedures for Agricultural Research*.
- Montgomery, D.C. 2001. *Introduction to Statistical Quality Control*. John Wiley & Sons Inc., Singapore.
- Montgomery, D.C. 2005. *Design and Analysis of Experiment, Sixth Edition*. John Wiley & Sons Inc., Singapore.

- Mattjik, A.A., Sumertajaya, I.M. 2000. *Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan SPSS, jilid 1*. IPB Press. Bogor.
- Peace, G. S. 1993. *Taguchi Methods A Hands on Approach*. Addison Wesley Publishing Company. Canada.
- Prawirosentono, S. 2007. *Filosofi Baru Tentang Manajemen Mutu Terpadu Abad 21 “Kiat Membangun Bisnis Kompetitif”*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Ross, P. J. 1996. *Taguchi Techniques for Quality Engineering, Second Edition*. Mc Graw – Hill Companies Inc. New York.
- Roy, R. 1990. *A primer on Taguchi Method*. American Suplier Institute. Michigan.
- Soejanto, I. 2009. *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Graha ilmu. Yogyakarta.
- Suwanda. 2011. *Desain Eksperimen untuk Penelitian Ilmiah*. Alfabeta. Bandung.
- Walpole, R. E., Myers R. H. 1986. *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan*. Terbitan ke 2. R.K. Sembiring, penerjemah. ITB. Bandung. Terjemahan dari : *Probability and Statistics for Engineer and Scientist 2<sup>nd</sup> edition*.