

## OPTIMALISASI PARAMETER TEKNIK PENGELASAN *FLUX CORED ARC WELDING* (FCAW) MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI MULTIRESPON PCR-TOPSIS

Meilia Kusumawardani<sup>1</sup>, Mustafid<sup>2</sup>, Hasbi Yasin<sup>3</sup>

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

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

E-mail: [meilia.kusuma@gmail.com](mailto:meilia.kusuma@gmail.com), [mustafid55@yahoo.com](mailto:mustafid55@yahoo.com), [hasbiyasin17@gmail.com](mailto:hasbiyasin17@gmail.com)

### ABSTRACT

Multi response optimization case has encountered in industrial. Multirespon Taguchi TOPSIS PCR method is used to determine the optimal combination of factors/level and calculate the optimum performance for each response. Purpose of Taguchi method is to reduce the variability, and theory Process Capability Ratio (PCR) shows the process situation in which the parts produced are good or defective. Then Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) to determine the optimal combination multi response case. The case study using the technique of Flux Cored Arc Welding welding (FCAW) using characteristic larger is better. Performance optimal conditions for factor Welding current at 280 ampere and factor Electrode stickout at 21 mm. Then optimal performance conditions for each responses are hardness=481.145 and deposition rate=3.813. These results have a higher value when compared with the initial conditions. So the case results meet the characteristics of larger is better.

**Keywords :** *Taguchi Method, PCR, TOPSIS, FCAW*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

*Flux Cored Arc Welding* (FCAW) merupakan salah satu teknik pengelasan menggunakan proses otomatis yang memanfaatkan elektroda *wire roll* untuk mencairkan logam. Teknik ini memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan teknik pengelasan umum karena teknik ini memiliki kontrol yang lebih baik serta sifat tarik las baja rendah (Dora,2013).

Proses pengelasan memiliki beberapa parameter yang menentukan keberhasilan hasil las. Parameter-parameter tersebut dipilih dan digunakan sesuai dengan kebutuhan untuk mencapai kualitas las yang diinginkan. Permasalahan yang dihadapi oleh operator las adalah bagaimana mengontrol parameter proses input untuk mendapatkan hasil las terbaik. Parameter proses input harus dipilih oleh keterampilan insinyur atau mesin operator yang masih menggunakan cara tradisional yaitu *trial and error* untuk beberapa respon. Usaha tersebut dirasa memakan waktu yang cukup lama. Sehingga dibutuhkan perhitungan statistika untuk mengetahui kombinasi yang tepat untuk kasus perancangan percobaan multi-respon (Satheesh dan Dhas, 2013).

Metode Taguchi adalah pendekatan efisien yang menggunakan perencanaan percobaan untuk menghasilkan kombinasi faktor atau level yang dapat dikendalikan dengan memperhatikan harga terendah namun tetap memenuhi kebutuhan dan harapan. Namun, metode taguchi hanya dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah optimalisasi *single response*. Sehingga digunakan teori *Process Capability Ratio* (PCR) untuk melihat apakah proses masih dalam batas toleransi yang ditentukan, dan *Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) untuk perankingan sehingga dapat menentukan

kombinasi optimal kasus multirespon (Liao, 2003). Sehingga dapat diketahui kombinasi faktor/level untuk setiap respon dan faktor/level yang paling berpengaruh terhadap respon.

## 1.2. Tujuan

Penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk menerapkan metode Taguchi Multirespon PCR-TOPSIS dalam menentukan kombinasi optimal faktor/level dan nilai optimum setiap respon.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Metode Taguchi

Metode Taguchi dibentuk dengan sistem dari desain untuk mengurangi variabilitas dalam proses atau produk, sekaligus menjadi panduan untuk memperoleh hasil dengan pengaturan optimalitas (Dehnad, 1989). Menurut Liao (2003), Metode Taguchi adalah pendekatan efisien yang menggunakan perencanaan percobaan untuk menghasilkan kombinasi faktor atau level yang dapat dikendalikan dengan memperhatikan harga terendah namun tetap memenuhi permintaan konsumen. Tiga tahapan dalam penerapan metode Taguchi untuk mengoptimalkan suatu produk atau proses yaitu (Liao, 2003):

- Rancangan sistem. Rancangan sistem digunakan untuk menyeleksi metode produksi yang baik dalam menyelesaikan proses produksi.
- Rancangan parameter. Sementara itu, rancangan parameter digunakan untuk mencari faktor atau level yang dapat dikendalikan dan meminimalkan pengaruh dari faktor *noise*.
- Rancangan toleransi. Rancangan toleransi adalah efek utama di dalam kualitas produk dalam hubungan kerugian kualitas dan efektifitas penjualan biaya produksi.

Desain eksperimen dalam metode Taguchi didasarkan pada *orthogonal array*. *Orthogonal array* digunakan untuk mengetahui jumlah percobaan minimum dan efisien namun tetap mencapai pengaturan optimum dari parameter kontrol. Susunan nama menunjukkan banyaknya baris dan kolom yang dimiliki, dan juga banyaknya level dari masing-masing kolom (Weng, 2007).

Tahap analisis metode Taguchi menggunakan *Signal to Noise Ratio*. *Signal to Noise Ratio* merupakan cara untuk melihat karakteristik dari distribusi dan pengaruh karakteristik tersebut pada masing-masing percobaan (Bagachi, 1993). Nilai *SN Ratio* diperoleh dari hasil transformasi beberapa perulangan data sehingga nilainya mewakili kualitas penyajian variasi.

Proses perhitungan yang digunakan untuk mengetahui nilai *SN Ratio* Roy (2010), yaitu:

$$n_j^i = -10 \log_{10}(MSD_j^i)$$

dimana,  $n_j^i$  menunjukkan *SN Ratio* untuk respon ke-j dan percobaan ke-i, dimana  $j=1,2,\dots,m$  ;  $i=1,2,\dots,n$  dan  $MSD_j^i =$  rata-rata kuadrat penyimpangan nilai target dari karakter kualitas untuk respon ke-j dan percobaan ke-i.

Terdapat tiga karakteristik pendekatan pengukuran MSD yaitu:

- Smaller is better*

$$MSD_j^i = ((y_j^i)_1^2 + (y_j^i)_2^2 + (y_j^i)_3^2 + \dots + (y_j^i)_r^2)/r$$

- Nominal is best*

$$MSD_j^i = (((y_j^i)_1 - x_j)^2 + ((y_j^i)_2 - x_j)^2 + \dots + ((y_j^i)_r - x_j)^2)/r$$

- Larger is better*

$$MSD_j^i = \left( \frac{1}{(y_j^i)_1^2} + \frac{1}{(y_j^i)_2^2} + \frac{1}{(y_j^i)_3^2} + \dots + \frac{1}{(y_j^i)_r^2} \right) / r$$

dimana:

$y_j^i$  = hasil eksperimen untuk respon ke-j dan percobaan ke-i

$x_j$  = hasil yang diinginkan untuk respon ke-j

r = banyaknya pengulangan untuk percobaan ke-i

Menurut Vipin (2013) ANOVA digunakan untuk mengetahui parameter desain dan untuk menunjukkan parameter yang secara signifikan mempengaruhi parameter *output*. ANOVA juga digunakan untuk mengetahui nilai kontribusi setiap faktor terhadap respon. Menurut Babu dan Sharma (2013), asumsi ANOVA yang digunakan adalah:

- Populasi dari setiap sampel menghasilkan distribusi normal atau mendekati distribusi normal dimana  $Y \sim NID(\mu_Y, \sigma^2)$
- Sampel harus independen
- Varian dari populasi adalah sama (homogen)

## 2.2. *Procces Capability Ratio (PCR)*

Kemampuan proses digunakan untuk melihat apakah suatu proses atau produk berada dalam batas toleransi (Liao, 2003). Analisis kemampuan proses dapat menggambarkan perhitungan proses perubahan yang berhubungan dengan spesifikasi produk, dan membantu dalam mengurangi varian dalam proses pengembangan dan manufaktur (Chang dan Herrin, 1991). Sebuah proses dapat dikatakan baik, jika berada diantara batas atas dan batas bawah. Jika target berada di dalam daerah  $\pm 3s$  maka besar kemungkinan produk yang dihasilkan adalah baik. Namun, jika target berada diluar  $3s$  maka dapat dikatakan bahwa produk yang dihasilkan kurang baik. Indeks kemampuan proses digunakan untuk menghitung perbandingan antara dimensi yang diinginkan dan hasil terbaik dari suatu produk yang dihasilkan. Untuk memperoleh hasil PCR-SN *Ratio* maka harus mentransformasi nilai SN *Ratio* dari setiap variabel respon (Liao, 2003).

## 2.3. *The Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions (TOPSIS)*

*Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) didasarkan pada metode *multiple* kriteria untuk mengidentifikasi solusi persoalan terbatas dari alternatif yang tersedia. Prinsip dasar dari TOPSIS adalah pemilihan alternatif harus memiliki jarak paling kecil untuk nilai ideal positif dan jarak paling besar untuk nilai ideal negatif (Rao, 2013). Solusi ideal positif merupakan nilai terbaik yang dicapai untuk setiap atribut. Sedangkan solusi ideal negatif merupakan nilai terburuk untuk setiap atribut.

## 2.4. *Langkah-langkah Metode Taguchi Multiresponse PCR-TOPSIS*

Menurut Liao (2003) untuk mendapatkan hasil Optimalisasi Metode Taguchi dengan pendekatan PCR-TOPSIS dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

- Menghitung *Signal to Noise (SN) Ratio*.
- Menghitung PCR-SN *Ratio* untuk masing-masing percobaan

Perhitungan  $C_j^i$  (PCR-SN *Ratio* untuk j respon dan i percobaan):

$$C_j^i = \frac{n_j^i - \bar{x}_{n_j}}{3s_{n_j}} \text{ dimana } \bar{x}_{n_j} = \frac{\sum_{i=1}^n n_j^i}{m-1} \text{ dan } s_{n_j} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (n_j^i - \bar{x}_{n_j})^2}{n-1}}$$

dimana,

$C_j^i$  = nilai PCR-SN Ratio untuk respon ke-j, percobaan ke-i. Dimana  $j= 1,2$  dan  $i= 1, 2, 3, \dots, 27$ .

$\bar{x}_{n_j}$  = nilai rata-rata SN Ratio untuk respon ke-j.

$s_{n_j}$  = nilai standar deviasi SN Ratio untuk respon ke-j.

- c. Menghitung TOPSIS dari hasil PCR-SN Ratio

Perhitungan TOPSIS untuk masing-masing percobaan:

$$S_i = \frac{d^{i-}}{d^{i+} + d^{i-}} \text{ dimana } d^{i+} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (C_j^i - C_j^+)^2}, d^{i-} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (C_j^i - C_j^-)^2},$$

$$\forall C_j^i (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m) \text{ dan } C_j^+ = \max\{C_j^i, \text{for } i = 1, 2, \dots, n\},$$

$$C_j^- = \min\{C_j^i, \text{for } i = 1, 2, \dots, n\}$$

dimana,

$S_i$  = indeks nilai ideal kesamaan TOPSIS untuk percobaan ke-i. Dimana  $i= 1, 2, 3, \dots, n$

$d^{i+}$  = jarak masing-masing alternatif dari solusi ideal positif untuk percobaan ke-i.

$d^{i-}$  = jarak masing-masing alternatif dari solusi ideal negatif untuk percobaan ke-i.

- d. Menguji asumsi ANOVA dari hasil TOPSIS PCR-SN Ratio.
- e. Membuat tabel ANOVA dari hasil TOPSIS PCR-SN Ratio. Pada tabel ANOVA akan dihitung jumlah kuadrat, rata-rata jumlah kuadrat, f-hitung dari masing-masing variabel bebas yang menjadi faktor terkendali. Table ANOVA digunakan untuk mengetahui pengaruh dari faktor dan interaksi satu respon dari hasil TOPSIS PCR-SN Ratio.
- f. Menguji pengaruh faktor terhadap respon.
- g. Menentukan kondisi optimal dari kontribusi persentase kombinasi faktor dan level dari faktor signifikan dari multi respon.
- h. Menghitung kondisi nilai optimal setiap respon.

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Studi kasus menggunakan teknik pengelasan *Flux Cored Arc Welding* (FCAW). Data diperoleh dari hasil penelitian Satheesh dan Dhas (2013). Berdasarkan *America Welding Society* (AWS), pengelasan adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Metode FCAW merupakan metode yang memanfaatkan energi panas yang dihasilkan oleh nyala busur antara *electrode wire roll* terkonsumsi yang tersuplai secara kontinu dengan benda kerja yang akan dilas (Dora, 2011). Tugas akhir ini menggunakan tiga variabel bebas masing-masing variabel bebas tersebut memiliki tiga level (Tabel 1) (Shateesh dan Dhas, 2013).

**Tabel 1. Variabel Faktor Penelitian**

No	Variabel Faktor	Level-1	Level-2	Level-3
1	<i>Welding current (I), ampere</i>	180	220	260
2	<i>Arc voltage (V), volts</i>	20	24	28
3	<i>Electrode stick-out (S), mm</i>	19	21	24

Dalam studi kasus ini menggunakan dua variabel respon yaitu:

a. *Hardness*

*Hardness* memiliki batas spesifikasi > 438,52 HB yang merupakan karakteristik *large is better*.

b. *Deposition Rate*

*Deposition rate* memiliki batas spesifikasi > 2,89 kg/hour yang merupakan karakteristik *large is better*.

Pengolahan data menggunakan *software* MINITAB 14 dan Microsoft Excel 2007. Tahapan analisis data yang digunakan sebagai berikut:

- a. Mengkaji metode Taguchi Multirespon dengan Optimalisasi PCR-TOPSIS untuk mengetahui seluk beluk dan pengaplikasiannya.
- b. Mengidentifikasi variabel respon beserta karakteristiknya.
- c. Menentukan dan mengidentifikasi faktor terkendali, dan parameter level setiap faktor.
- d. Menentukan rancangan *Orthogonal Array* (OA).
- e. Menghitung *Signal to Noise* (SN) *Ratio* dengan karakteristik *Larger is better* menggunakan *software* Microsoft Excel 2007.
- f. Menghitung PCR-SN *Ratio* untuk masing-masing percobaan menggunakan *software* Microsoft Excel 2007.
- g. Menghitung TOPSIS dari hasil PCR-SN *Ratio* menggunakan *software* Microsoft Excel 2007.
- h. Membuat tabel ANOVA dari hasil TOPSIS PCR-SN *Ratio*.
- i. Menguji asumsi ANOVA dari hasil TOPSIS PCR-SN *Ratio*.
- j. Menentukan faktor signifikan sesuai dengan hasil F-hitung pada Tabel ANOVA.
- k. Menentukan persentase optimal dari kontribusi persentase kombinasi faktor dan level dari faktor signifikan dari multi respon.
- l. Menentukan kondisi optimum.
- m. Menghitung kondisi nilai optimal setiap respon.
- n. Membuat kesimpulan atas hasil yang diperoleh.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Perhitungan *Signal Noise to Ratio* (SN *Ratio*)

Nilai SN *Ratio* diperoleh dari hasil transformasi beberapa perulangan data sehingga nilainya mewakili kualitas penyajian variasi. Metode Taguchi digunakan untuk memaksimalkan nilai SN *Ratio* namun meminimalkan nilai varian. Pada kasus ini variabel respon *hardness* memiliki batas spesifikasi >438,52 dan *Deposition Rate* memiliki batas spesifikasi >2,89 (Satheesh dan Dhas, 2013). Sehingga kedua variabel respon menggunakan karakteristik perhitungan SN *Ratio* *larger is better*.

### 4.2. *Process Capability Ratio-Signal Noise to Ratio* (PCR-SN *Ratio*)

Kemampuan proses digunakan untuk mengetahui apakah suatu proses berada antara spesifikasi atas dan bawah. Suatu proses dapat dikatakan baik, apabila berada dalam  $\pm 3$  standar deviasi rata-rata. Nilai PCR-SN *Ratio* diperoleh dari transformasi nilai SN *Ratio* dari setiap variabel respon. Hasil perhitungan terdapat pada Tabel 2.

**Tabel. 2 Hasil Perhitungan PCR-SN Ratio untuk Setiap Respon**

No	Hardness	Deposition Rate	No	Hardness	Deposition Rate
1	-0,513	-0,255	15	-0,700	0,594
2	-0,086	-0,243	16	-0,322	-0,158
3	-0,140	-0,219	17	0,015	-0,180
4	-0,149	-0,569	18	-0,161	-0,200
5	0,083	-0,342	19	-0,682	0,316
6	-0,040	-0,219	20	-0,108	0,154
7	-0,218	-0,593	21	-0,442	0,366
8	0,068	-0,569	22	-0,240	0,051
9	-0,041	-0,239	23	-0,050	0,242
10	-0,485	-0,084	24	-0,102	0,261
11	-0,719	0,538	25	-0,516	0,292
12	-0,193	0,006	26	-0,151	0,337
13	-0,182	-0,129	27	-0,182	0,233
14	0,092	-0,302			

### 4.3. PCR-TOPSIS

Untuk menentukan jarak terdekat dengan solusi ideal positif dan jarak terjauh dengan solusi ideal negatif, maka digunakan metode pengambilan keputusan multikriteria TOPSIS. Nilai TOPSIS dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan kondisi optimal faktor/level. Hasil perhitungan TOPSIS terdapat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Hasil Perhitungan PCR-SN Ratio TOPSIS**

No	$S_i$	No	$S_i$	No	$S_i$
1	0,275	10	0,386	19	0,525
2	0,458	11	0,582	20	0,666
3	0,449	12	0,550	21	0,633
4	0,325	13	0,479	22	0,558
5	0,473	14	0,490	23	0,739
6	0,485	15	0,600	24	0,732
7	0,290	16	0,407	25	0,573
8	0,404	17	0,520	26	0,755
9	0,476	18	0,451	27	0,685

### 4.4. Analisis Varian (ANOVA)

Berdasarkan hasil perhitungan PCR-TOPSIS maka dapat dilakukan uji pengaruh dengan menggunakan *analysis of variance* (ANOVA). ANOVA digunakan untuk mendeteksi rata-rata setiap faktor yang diujikan.. Berikut model ANOVA yang digunakan adalah model aditif yang tidak memiliki interaksi satu faktor dengan faktor yang lain.

#### 4.4.1. Pengujian asumsi ANOVA

- a. Normalitas data observasi

Hipotesis yang digunakan pada uji normalitas, dengan  $H_0$  adalah Populasi/sampel berdistribusi normal dan  $H_1$  adalah Populasi/sampel tidak berdistribusi normal.

Statistik uji yang digunakan :  $D = \sup [ |i/n - F_0(x)|, |(i-1)/n - F_0(x)| ]$ , dimana  $F_0(x)$  : fungsi sebaran normal kumulatif. Taraf signifikansi = 0,05. Berdasarkan output MINITAB 14 diperoleh nilai p-value >0.150 dan nilai  $D = 0,101$ . Sehingga pada taraf signifikansi 5%, diperoleh hasil bahwa populasi/sampel berdistribusi normal.

b. Uji Independensi

Pengujian asumsi independen menggunakan uji Plot ACF. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah setiap sampel independen. Plot ACF untuk mengetahui independensi antar sampel. Sebuah sampel dikatakan independen jika berada dalam batas.

$$0 \pm 1,96 \sqrt{\frac{1}{n} (1 + 2\hat{r}_1^2 + 2\hat{r}_2^2 + \dots + 2\hat{r}_{k-1}^2)}$$

Dimana  $n$  = jumlah eksperimen,  $\hat{r}$  = nilai ACF pada lag ke- $k$   
 Dari hasil output MINITAB 14 maka diperoleh batas independensi pada data yaitu:  $0 \pm 1,355$ . Pada plot ACF menggunakan *Microsoft Excel* lag terletak pada batas yang ditentukan, maka asumsi independensi terpenuhi

c. Uji Homogenitas

Hipotesis yang digunakan  $H_0$  adalah varian homogen.  $H_1$  adalah varian tidak homogen.

Taraf signifikansi = 0,05. Berdasarkan output MINITAB 14 diperoleh nilai : Untuk faktor I, uji Bartlett = 0,17 ,p-value Bartlett's test = 0,917. Untuk faktor V, uji Bartlett = 0,2 ,p-value Bartlett's test = 0,905. Untuk faktor S, uji Bartlett = 0,28 ,p-value Bartlett's test = 0,871. Sehingga pada taraf signifikansi 5%, diperoleh hasil bahwa semua faktor memiliki varian yang homogen.

Hasil perhitungan ANOVA terdapat pada Tabel 4.

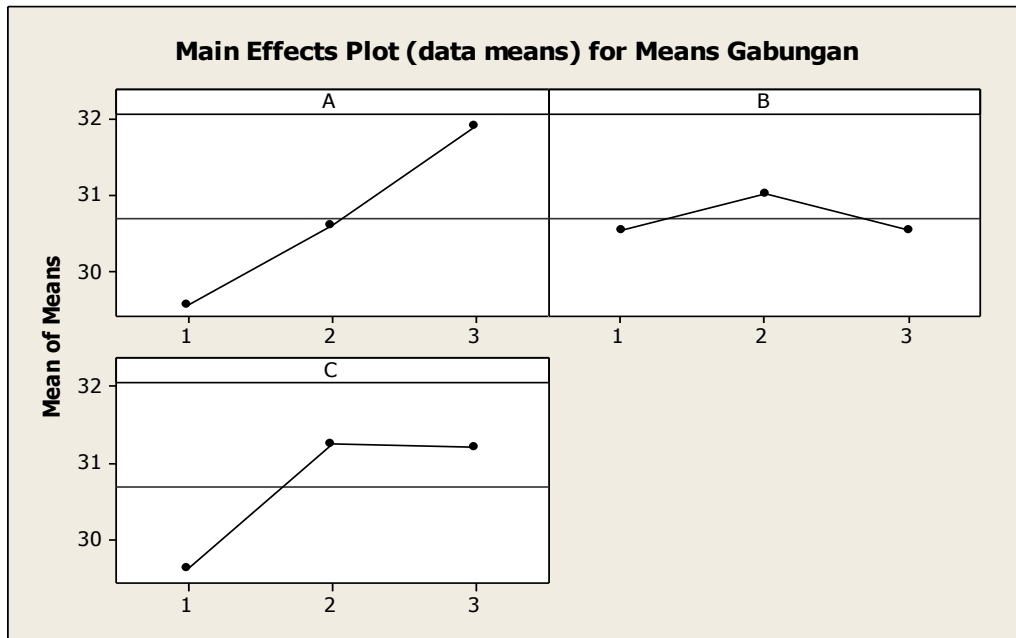
**Tabel 4. Hasil Perhitungan ANOVA**

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Rataan kuadrat	F-hitung	SS'	P. Kontribusi (%)
I	2	0,282	0,141	84,760	0,279	63,266
V	2	0,009	0,004	2,559	0,005	1,178
S	2	0,117	0,058	35,074	0,114	25,737
Error	20	0,033	0,002			9,819
Total	26	0,441				100,000

Uji pengaruh menggunakan Uji F dengan memperhatikan nilai F-hitung, sehingga pada taraf signifikansi 5%, diperoleh hasil bahwa faktor yang mempengaruhi respon adalah faktor I dan S. Sedangkan faktor V tidak mempengaruhi respon.

#### 4.5. Penentuan Kondisi Optimum

Kondisi Optimum dapat diperoleh dengan memilih nilai rata-rata *SN Ratio* dari level yang memberikan nilai terbesar untuk setiap respon. Untuk menentukan kondisi optimum dapat menggunakan output MINITAB 14 hasil tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Plot Efek Setiap Faktor

Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa pada faktor A yang mewakili *welding current* (I) level 3 memiliki kedudukan paling tinggi dibandingkan level lainnya. Sementara itu, untuk faktor B yang mewakili *arc voltage* (V) dan faktor C yang mewakili *electrode stick-out* (S) pada level 2 memiliki kedudukan paling tinggi dibandingkan level lainnya. Sehingga kombinasi faktor/level tersebut merupakan kondisi optimum untuk kualitas hasil pengelasan.

Hasil output MINITAB 14 tersebut sama dengan perhitungan manual nilai mean setiap faktor/level pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Optimum Setiap Faktor/Level

	I	V	S
Level 1	0.404	0.503	0.424
Level 2	0.496	<b>0.542</b>	<b>0.565</b>
Level 3	<b>0.652</b>	0.507	0.562
Max-Min	0.248	0.039	0.141

Hasil perhitungan manual pada Tabel 7 menunjukkan hasil yang serupa, faktor I level 3, faktor V level 2, faktor S level 2 memiliki nilai tertinggi dibandingkan level lainnya. Tabel 7 juga menunjukkan bahwa faktor yang paling berpengaruh terhadap respon dalam adalah faktor I. Hal tersebut terlihat pada selisih nilai maksimum dengan nilai minimum pada faktor tersebut. Sedangkan faktor V merupakan faktor yang memiliki paling kecil pengaruh terhadap respon. Hal tersebut juga terlihat pada tabel ANOVA yang menyatakan

bahwa faktor V tidak berpengaruh pada respon. Menurut Roy (2010) pada hasil optimum hanya digunakan faktor yang signifikan. Sehingga kombinasi level optimum yang diperoleh adalah  $I_3S_2$ .

#### 4.6. Nilai Optimum untuk Setiap Respon

Nilai optimum setiap respon diperoleh dengan menjumlahkan hasil pengurangan setiap faktor level optimum yang signifikan dengan rata-rata respon. Faktor V tidak dimasukan dalam proses perhitungan karena tidak memiliki pengaruh terhadap respon Sehingga diperoleh kondisi optimal untuk setiap respon adalah  $hardness=481,145$  dan  $deposition\ rate=3,813$ .

Selanjutnya nilai optimum dibandingkan dengan nilai awal dan hasil perhitungan Taguchi PCR-TOPSIS (Tabel 6). Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui nilai mana yang lebih optimum.

**Tabel 6. Perbandingan Sebelum dan Sesudah Percobaan**

No	Respon	Karakteristik kualitas	Kondisi awal		Setelah Percobaan	
			Kombinasi level	Kondisi awal	Kombinasi level	Kondisi Optimum
1	<i>Hardness</i>	<i>Larger is better</i>		438,52	$I_3S_2$	481,145
2	<i>Deposition Rate</i>	<i>Larger is better</i>	$I_2V_2S_2$	2,89		3,813

Berdasarkan Tabel 6 kombinasi faktor dan level untuk metode kondisi awal yaitu  $I_2V_2S_2$  sedangkan setelah menggunakan percobaan *Flux Cored Arc Welding* (FCAW) dan menggunakan optimalisasi kombinasi faktor/level Metode Taguchi Multirespon PCR-TOPSIS adalah  $I_3S_2$ . Dari hasil perhitungan metode tersebut memberikan hasil kondisi optimum yang lebih baik, dimana nilai kondisi optimum faktor *deposition rate* dengan metode PCR-TOPSIS lebih tinggi dari pada kondisi awal yaitu 3,813 kg/hour, begitupula variabel *hardness* memiliki nilai lebih tinggi dari pada kondisi awal yaitu 481,145 HB.

## 5. KESIMPULAN

Metode Taguchi PCR-TOPSIS dapat digunakan untuk kasus optimalisasi multirespon parameter teknik pengelasan *Flux Cored Arc Welding* (FCAW). Peran Metode Taguchi adalah untuk mengurangi variabilitas sedangkan, teori *Process Capability Ratio* (PCR) untuk melihat apakah proses masih dalam batas toleransi yang ditentukan, dan *Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) untuk menentukan kombinasi optimal kasus multi-response.

Studi kasus diperoleh kombinasi optimal yaitu faktor *Welding current* pada level 280 ampere, dan faktor *Electrode stickout* pada level 21 mm. Nilai optimum untuk respon  $hardness=481,145$  dan  $deposition\ rate=3,813$ . Hasil tersebut memiliki nilai lebih tinggi jika dibandingkan dengan kondisi awal sehingga, dapat disimpulkan bahwa hasil tersebut memenuhi karakteristik *larger is better*.

## DAFTAR PUSTAKA

Babu, K. P., Mahesh, P. V., dan Sharma, K. S., 2013. *Application of Taguchi Technique in Gas Cutting Process – A Case Study*. International Journal of Engineering Research. Volume No.2, Issue No.2, pp : 146 – 151.

- Bagachi, T., 1993. *Taguchi Methods Explained Practical Steps to Robust Design*. New Delhi : Prentice-Hall of India Private Limited.
- Chang, S., H., dan Herrin, G., D., 1991. *Process Capability Ratio Limit for Tolerance Analysis*. University of Michigan.
- Dora, R. S. P., 2011. *Analisa Kekuatan Material SS400 Pengaruh Preheat dan PWHT dengan menggunakan Metode Simulasi dan Uji tarik*. Skripsi-ITS [tidak dipublikasikan].
- Liao, H. C., 2003. *Using PCR-TOPSIS to Optimize Taguchi's Multi-response*. Int J Adv Manuf Technol (2003) 22: 649-655
- Satheesh, M dan Dhas, J. E. R., 2013. *Multi Objective Optimazation of Flux Cored Arc Weld Parameters Using Fuzzy Based Desirability Function*. Mechanical Engineering, Vol. 37, No. M2, pp 175-187. Shiraz University.
- Rao, R., V., 2013. *Decision Making in the Manufacturing Environment Using Graph Theory and Fuzzy Multiple Attribute Decision Volume 2*. New York: Springer London Heidelberg.
- Roy, R. K., 2010. *A Primer On The Taguchi Method Second Edition*. USA: Society of Manufacturing Engineers.
- Vipin, R. M. S., 2013. *Optimization of Process Parameters in Turning Operation Using Taguchi Method and Anova: A Review*. International Journal of Advantage Research and Innovation. Volume 1, Issue 1 (2013) 31-45.