



## **Analisis Proses *Electrical Discharge Machining (EDM)* Terhadap Keausan Elektroda Dengan Metode Taguchi**

**Yudi Oktriadi<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat  
Yudioktriadi@gmail.com

### **Abstract**

*Different electrode materials give big influence on the machining process. Some electrode will eliminate workpiece efficiently but that give a high wear of electrode, the others electrode have a low wear but ability to eliminate materials of workpieces are very low. Taguchi Method is method in engineering to improves the process of different workpiece characteristics and can reduce the cost and resources to a minimum. In this study, the experimental design used is the experimental design of Taguchi with Orthogonal Array design, analysis Signal to Noise Ratio to determine the factors that affect the wear of electrodes, and analysis of variance. The results of the discussion on the analysis of the Taguchi experimental design method in Process Parameters Using EDM In Identifying Electrode Wear is obtained decisive steps orthogonal matrix, analysis of the characteristics of the proposed design smaller the better quality types to determine the value of SNR, determine the value of the effect of each replication in each of the factors that affect the wear of electrodes, Variance analysis performed to interpret the experimental data to determine the EDM process parameters electrodes Optimum wear.*

**Keywords:** *Electrical Discharge Machining, electrode wear, taguchi method*

### **Abstrak**

Bahan elektroda yang berbeda memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap proses pemesinan. Beberapa elektroda akan menghilangkan benda kerja secara efisien tetapi keausannya tinggi, elektroda yang lain memiliki keausan rendah tetapi kemampuan menghilangkan material benda kerja sangat lambat. Metode Taguchi merupakan metodologi dalam bidang teknik untuk memperbaiki proses sesuai karakteristik benda kerja dan dapat menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin. Dalam kajian ini, desain eksperimen Taguchi dengan rancangan desain Orthogonal Array, analisis *Signal to Noise Ratio* untuk mengetahui parameter yang sangat berpengaruh pada *Keausan Elektroda*. Analisis varian digunakan untuk menafsirkan data eksperimental untuk menentukan parameter EDM pada keausan elektroda yang minimal. Hasil pembahasan pada analisis metode desain eksperimen Taguchi dalam *Penggunaan Parameter Proses (EDM) Dalam Mengidentifikasi Keausan Elektroda* yaitu diperoleh langkah-langkah menentukan matriks orthogonal, analisis rancangan usulan karakteristik mutu jenis *smaller the better* dengan menentukan nilai SNR, menentukan nilai efek tiap replikasi pada masing-masing parameter yang mempengaruhi keausan elektroda, melakukan analisis varian untuk menginterpretasikan data hasil percobaan untuk mengetahui *Parameter Proses* terhadap Keausan Elektroda Optimum.

**Kata kunci:** *Electrical Discharge Machining, keausan elektroda, metode taguchi*

### **1. PENDAHULUAN**

Proses *Electrical Discharge Machining (EDM)* merupakan proses pengerjaan material yang dikerjakan oleh sejumlah loncatan bunga api listrik yang terjadi pada celah antara katoda (pahat) dengan benda kerja (anoda). Loncatan bunga-bunga api listrik tersebut terjadi secara tidak kontinu tetapi secara

periodik terhadap waktu. Dalam pengerjaan dengan menggunakan EDM perlu diperhatikan parameter-parameter yang berpengaruh dengan cara mevariasikan tegangan output sehingga bisa mempengaruhi keausan pahat [1].

Penelitian berikutnya dengan memvariasikan enam parameter proses, yaitu *on time*, *open voltage*, *off time*, *servo voltage*, *wire feed*, dan *water flow*. Karena setiap parameter proses tersebut memiliki tiga level, maka rancangan percobaan yang digunakan adalah matriks orthogonal array L27. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik dari kedua respon tersebut mengalami peningkatan secara efektif dengan metode ini. Parameter proses pemesinan yang secara signifikan mempengaruhi *recast layer* dan *surface roughness* adalah *on time*, *open voltage* dan *wire feed* [2].

Rancangan percobaan pada penelitian ini menggunakan matriks orthogonal array L9 karena memvariasikan empat parameter proses pemesinan dengan masing-masing menggunakan tiga level. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *wire feed* dan *on time* merupakan parameter proses yang paling signifikan dalam menghasilkan multirespon yang optimal. Hasil kombinasi parameter proses yang menghasilkan kualitas respon yang optimal adalah *arc on time* diseting pada 3 A, *on time* diseting pada 8  $\mu$ s, *servo voltage* diseting pada 100 V dan *wire feed* diseting pada 60 mm/min [3].

Penelitian ini menggunakan metode Taguchi untuk menentukan variabel pemesinan yang secara signifikan mempengaruhi proses pemotongan pada beberapa material elektroda (tembaga, kuningan, aluminium) dan benda kerja dari bahan K460 (amutit S). Taguchi L25 Orthogonal standard arrays dan analysis of variance (ANOVA) dapat menentukan performa variabel pemotongan (PON, POFF, GAP, QDON, SERVO dan LT) dengan variabel yang diteliti adalah Electrode Wear Rate (EWR), Material Removal Rate (MRR) dan Diameter Overcut (DOC). Hasil dari penelitian ini ditampilkan dalam bentuk tabel-tabel dan grafik yang menunjukkan variabel pemesinan yang signifikan mempengaruhi proses pemotongan sesuai dengan jenis material elektroda yang digunakan [4].

Ada 3 parameter yaitu *gap voltage*, *on time*, dan *off time* pada pengerjaan material SKD-11 sebagai salah satu bahan pembuatan cetakan/*dies* dengan tebal 13 mm. *gap voltage* paling berpengaruh pada level 1 yaitu 30 volt, parameter *on time* paling berpengaruh pada level 3 yaitu 120  $\mu$ s dan parameter *off time* paling berpengaruh pada level 1 yaitu 20  $\mu$ s terhadap kekasaran [5].

Penelitian ini mengaplikasikan metode hybrid Fuzzy Goal Programming (FGP) - Genetic Algorithm (GA) pada pemotongan logam dengan menggunakan mesin EDM sinking untuk mendapatkan hasil yang optimum. Optimasi dilaksanakan pada 4 respon yakni laju keausan elektroda, kedalaman potong akhir, kekasaran permukaan benda kerja, dan laju pengerjaan material benda. Penggunaan FGP didasari alasan bahwa metode ini memberikan fleksibilitas. FGP dapat diterapkan saat fungsi tujuan dan fungsi batasan tidak dapat terdefinisi secara jelas sehingga memerlukan bilangan fuzzy sebagai operator. Kelebihan ini yang tidak mampu ditangani oleh metode dasar Goal Programming (GP) biasa. Selain itu, penggunaan FGP dapat diaplikasikan untuk optimasi respon dengan bobot yang berbeda. Hasil dari GA merupakan metode metaheuristik digunakan untuk dapat menemukan solusi yang optimum global karena menerapkan sistem random. Hasil perbandingan antara metode hybrid FGP-GA yang menggunakan penyelesaian metaheuristik menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan FGP yang menggunakan penyelesaian matematis. Kebaikan hasil ini selain ditunjukkan dengan membandingkan masing-masing respon secara langsung juga dapat dilihat dari nilai objektif [6].

Penelitian ini menggunakan metode Taguchi dengan L8 orthogonal array memakai elektroda bahan tembaga dan benda kerja material SKS 3. S/N ratio dan ANOVA menentukan performa parameter proses EDM dengan respon yang diteliti adalah Material Removal Rate (MRR) dan Tool Wear Rate (TWR). Hasil dari eksperimen tersebut menghasilkan parameter optimum Aruslevel 2= 6 A; Ponlevel 1=100  $\mu$ s dan Pofflevel 1=50 $\mu$ s [7].

Karakteristik hasil proses yang diteliti antara lain adalah lebar pemotongan, kekasaran permukaan, dan tebal lapisan white layer. Proses pemesinan dilakukan pada material tool steel SKD 11. Arc on time, on time, open voltage dan servo voltage merupakan variabel-variabel proses yang akan divariasikan. Rancangan percobaan dilakukan menggunakan metode Taguchi dengan matriks ortogonal L18 (21x33) dengan dua kali replikasi. Sedangkan langkah yang digunakan untuk mengoptimasi karakteristik hasil proses pemesinan yang diteliti secara serentak adalah menggunakan metode grey relational analysis (GRA). Lebar pemotongan, kekasaran permukaan dan tebal lapisan white layer memiliki performance characteristics "smaller-is-better." Hasil dari penelitian menunjukkan nilai variabel-variabel proses pemesinan yang menghasilkan kualitas karakteristik yang paling optimum adalah sebagai berikut: arc on time (1A), on time (4?s), open

voltage (70V), dan servo voltage (40V). Dengan persentase kontribusi variabel proses dari yang terbesar berturut-turut adalah on time (65,09%), open voltage (11,35%), arc on time (7,71%), dan servo voltage (5,61%) [8].

Methodology (RSM). Durasi pulsa, kuat arus, tegangan mekanik kawat dan kecepatan kawat dipilih sebagai variabel proses, sedangkan laju pembuangan material/material removal rate (MRR) dan kekasaran permukaan sebagai respon. Proses optimasi dual response dilakukan dengan bantuan paket program aplikasi Quantitative System untuk kasus inequality constraint. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa variabel proses yang dipilih memberikan pengaruh yang signifikan terhadap respon. Laju pembuangan material dan kekasaran permukaan mencapai kondisi optimal secara bersamaan pada kombinasi durasi pulsa 3.83 ms, kuat arus 2,74 amper, tegangan mekanik kawat 998,93 gr/mm<sup>2</sup>, dan kecepatan kawat 1419,29 cm/min. Pada seting variabel proses seperti tersebut diatas dihasilkan MRR sebesar 11,48 mm<sup>3</sup>/min dan kekasaran permukaan 1,86 mm [9].

Berdasarkan hal-hal yang dipaparkan diatas perlu dilakukan suatu penelitian tentang penentuan *setting* faktor pada mesin *Electrical Discharge Machining* (EDM) untuk mengoptimasi faktor-faktor kendali, mengetahui dimensi elektroda serta fluida dielektrikum yang digunakan serta dapat digunakan sebagai referensi bagi operator. Penelitian ini mengamati hanya terbatas pada variasi *polarity*, *working energy*(JT), *energy time* (On/Off), *HV voltage* (BR), *jump On/Off*, *servo feed* dan *machining voltage* (EV). Metode taguchi tipe orthogonal arrays digunakan untuk menentukan desain eksperimen atau *design of experiment* (DoE) dengan pada penelitian ini sehingga menghasilkan nilai faktor yang lebih baik [10].

## 2. METODE PENELITIAN

Percobaan ini merupakan proses pemesinan yang menggunakan mesin EDM sinking dimana benda kerja dalam posisi terendam oleh cairan dielektrikum dan dilakukan di Laboratorium Pemesinan Khusus Bengkel Mekanik Polman Negeri Bangka Belitung. Percobaan yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan metode *Taguchi* satu kali replikasi dimana sample yang dilakukan sebanyak 12 (dua belas) kali percobaan dengan parameter yang berbeda. kedalaman yang diproses pada benda kerja sebesar 0,5mm.

### Langkah 1. Pemilihan karakteristik kualitas

Karakteristik kualitas berdasarkan metode Taguchi yang sesuai dengan penelitian ini adalah *Smaller The Better*, karena hasil yang diinginkan pada penelitian ini adalah keausan pahat yang kecil pada proses EDM (*Electrical Discharge Machining*) dengan parameter yang dilakukan.

### Langkah 2. Pemilihan Faktor Terkendali dan Faktor tak terkendali

Pada penelitian ini faktor yang dapat dikendalikan dipilih :

1. *Polarity* (+, -)
2. *Working Energy* (JT)
3. *Energy Time* ( On/Off)
4. *Hv Voltage* ( BR)
5. *Machining Voltage* (EV)
6. *Servo Feed*
7. *Jump* (on/Off)

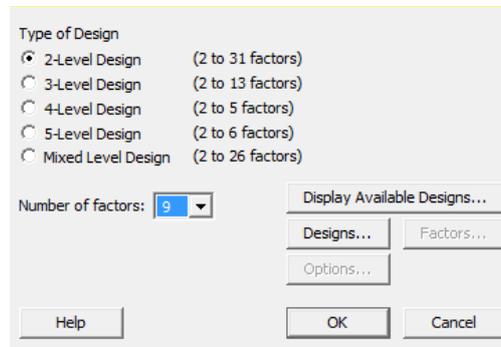
Faktor ini dipilih karena faktor tersebut berpotensi mempengaruhi keausan elektroda. Karena faktor ini dapat dikendalikan pada proses pemesinan EDM maka dimasukkan kedalam kategori faktor yang dapat dikendalikan. Faktor tak terkendali (*noise*) yang digunakan pada penelitian ini adalah pengukuran keausan elektroda dengan total benda kerja dengan satu kali replikasi. Tabel 1 berikut memperlihatkan faktor dan level percobaan.

Tabel 1. Faktor dan Level Percobaan

<i>Polarity</i> (POL) [J]	<i>Working Energy</i> (A) (JT)	<i>ENERGY TIME</i> (μs)		<i>HV Voltage</i> (V)	<i>Machining voltage</i> (EV)	<i>Servo Feed</i> (SS)	<i>Jump</i>	
		<i>ON</i> (ON)	<i>OFF</i> (Off)				<i>On</i> (Hu)	<i>Off</i> (He)
+	21	300	14	1	7	8	8	7
-	23	500	16	3	8	12	9	6

### Langkah 3. Pemilihan *Orthogonal Array (OA)*

Pemilihan *orthogonal array* pada parameter *Taguchi* ini dilakukan dengan menggunakan bantuan software, karena ada 9 faktor dan 2 level untuk masing-masing faktor maka OA nya adalah  $L_{12}2^{11}$  artinya ada 12 variasi percobaan untuk 9 faktor dengan 2 level seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Faktor dengan 2 Level

Bentuk lengkap OA dapat dilihat pada Gambar 2.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	2	2	2	2
3	1	1	2	2	2	1	1	1	2
4	1	2	1	2	2	1	2	2	1
5	1	2	2	1	2	2	1	2	1
6	1	2	2	2	1	2	2	1	2
7	2	1	2	2	1	1	2	2	1
8	2	1	2	1	2	2	2	1	1
9	2	1	1	2	2	2	1	2	2
10	2	2	2	1	1	1	1	2	2
11	2	2	1	2	1	2	1	1	1
12	2	2	1	1	2	1	2	1	2

Gambar 2. Orthogonal Array

Parameter dan kondisi untuk percobaan ini dapat ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter dan Kondisi Percobaan

Eksperimens	Polarity (POL) [J]	Working Energy (JT) [A]	ENERGY TIME		HV Voltage (BR) [D]	Machining voltage (EV) [F]	Servo Feed (SS) [G]	Jump	
			ON (ON)	OFF (Off)				On (Hu)	Off (He)
			[B]	[C]				[H]	[I]
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	+	21	300	14	1	7	8	8	7
2	+	21	300	14	1	8	12	9	6
3	+	21	500	16	3	7	8	8	6
4	+	23	300	16	3	7	12	9	7
5	+	23	500	14	3	8	8	9	7
6	+	23	500	16	1	8	12	8	6
7	-	21	500	16	1	7	12	9	7
8	-	21	500	14	3	8	12	8	7
9	-	21	300	16	3	8	8	9	6
10	-	23	500	14	1	7	8	9	6
11	-	23	300	16	1	8	8	8	7
12	-	23	300	14	3	7	12	8	6

Proses pengerjaan menggunakan mesin EDM *Sinking*, Hitachi MP30E H-DS02S seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Mesin EDM *sinking*

Jenis elektroda yang digunakan tembaga dengan berpenampang segi enam seperti pada Gambar 4. Proses pengerjaan elektroda dengan menggunakan mesin bubut konvensional. Jumlah elektroda yang dipakai sebanyak 2 *pieces*.



Gambar 4. Elektroda

Untuk panjang awal sebelum proses, elektroda di hitung menggunakan mikrometer luar (25mm-50mm) dengan skala 1/1000 mm dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengukuran Elektroda

Untuk berat awal sebelum proses, elektroda ditimbang dengan menggunakan timbangan digital Ohaus 1/100 gram dapat dilihat pada Gambar 6.



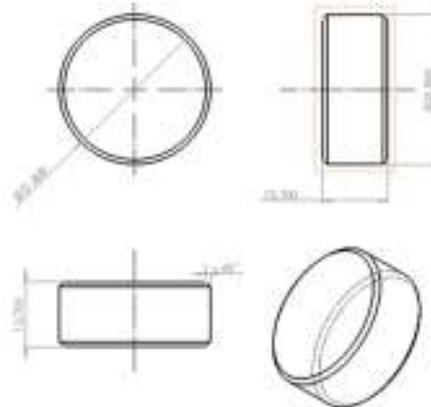
Gambar 6. Timbangan Berat Awal Elektroda

Benda kerja yang digunakan adalah DIN 1.0037 dengan  $\varnothing$  14 x 14 mm dapat di lihat pada Gambar 7. sebanyak 12 *pieces*



Gambar 7. Benda Kerja DIN 1.0037

Dimensi Benda kerja dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Dimensi Benda Kerja

#### Langkah 5. Analisa Data

Berdasarkan data percobaan yang didapat maka dihitung dengan menggunakan signal to noise smaller the better (S/N STB) dengan persamaan sebagai berikut :

$$S/N \text{ STB} = -10 \log \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \dots (1)$$

Berdasarkan analysis of variance (ANOVA) menggunakan software didapatkan faktor-faktor yang signifikan mempengaruhi keausan pahat. Manfaat tabel respon seperti ANOVA adalah mencari faktor-faktor yang secara signifikan berpengaruh terhadap respons.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Data Percobaan

Setelah melakukan eksperimen dengan menggunakan parameter dan kondisi percobaan pada mesin EDM *sinking*, maka didapatkan hasil pengukuran keausan elektroda dari eksperimen seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran keausan elektroda

Eksperimens	Polarity (POL)	Working Energy (JT)	Energy Time		HV Voltage (BR)	Machining Voltage (EV)	Servo Feed (SS)	Jump		Electrode Wear $\theta$ (%)	
			ON	OFF				On	Off	R1	R2
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	R1	R2
1	+	21	300	14	1	7	8	8	7	3,68%	4,76%
2	+	21	300	14	1	8	12	9	6	6,00%	2,12%
3	+	21	500	16	3	7	8	8	6	2,22%	1,55%
4	+	23	300	16	3	7	12	9	7	5,93%	2,04%
5	+	23	500	14	3	8	8	9	7	1,64%	2,17%
6	+	23	500	16	1	8	12	8	6	1,52%	1,72%
7	-	21	500	16	1	7	12	9	7	16,67%	18,18%
8	-	21	500	14	3	8	12	8	7	18,92%	22,50%
9	-	21	300	16	3	8	8	9	6	10,53%	14,29%
10	-	23	500	14	1	7	8	9	6	10,53%	13,33%
11	-	23	300	16	1	8	8	8	7	18,18%	20,00%
12	-	23	300	14	3	7	12	8	6	22,22%	23,08%

### Pengolahan data

#### Analisa S/N Ratio

Untuk mencari nilai *SNR* dari data tersebut dapat menggunakan rumus *Smaller the Better* dari data ke-1 sampai data ke-12 menggunakan Persamaan 1. Dari perhitungan menggunakan persamaan diperoleh tabel rata-rata ( $\bar{y}$ ) dan *SNR* dari data ke-1 sampai ke-12 yaitu pada Tabel 4. sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Analisa S/N Ratio

Eksperimens	Polarity (POL)	Working Energy (JT)	Energy Time		HV Voltage (BR)	Machining Voltage (EV)	Servo Feed (SS)	Jump		Electrode Wear $\theta$ (%)		SNRA1	MEAN1
			ON	OFF				On	Off	R1	R2		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	R1	R2		
1	+	21	300	14	1	7	8	8	7	3,68%	4,76%	27,4232	0,04220
2	+	21	300	14	1	8	12	9	6	6,00%	2,12%	26,9364	0,04060
3	+	21	500	16	3	7	8	8	6	2,22%	1,55%	34,3587	0,01885
4	+	23	300	16	3	7	12	9	7	5,93%	2,04%	27,0634	0,03985
5	+	23	500	14	3	8	8	9	7	1,64%	2,17%	34,3189	0,01905
6	+	23	500	16	1	8	12	8	6	1,52%	1,72%	35,7932	0,01620
7	-	21	500	16	1	7	12	9	7	16,67%	18,18%	15,1684	0,17425
8	-	21	500	14	3	8	12	8	7	18,92%	22,50%	13,6441	0,20710
9	-	21	300	16	3	8	8	9	6	10,53%	14,29%	18,0260	0,12410
10	-	23	500	14	1	7	8	9	6	10,53%	13,33%	18,4078	0,11930
11	-	23	300	16	1	8	8	8	7	18,18%	20,00%	14,3740	0,19090
12	-	23	300	14	3	7	12	8	6	22,22%	23,08%	12,8971	0,22650

Perhitungan efek dari mean pada faktor-faktor tersebut dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\bar{A}_{|Exp|} = \frac{\sum_{i=1}^2 y_i}{2} \dots (2)$$

Dari data Tabel 4 dapat dicari nilai efek dari mean pada tiap faktor dan berikut diperoleh hasil perhitungan efek *mean* pada Tabel 5. dan nilai efek *S/N ratio* pada Tabel 6.

Tabel 5. Efek Mean

Level	B	C	D	E	F	G	H	I
1	0,10118	0,11069	0,10912	0,09724	0,10349	0,08573	0,11696	0,09092
2	0,10197	0,09246	0,09402	0,10591	0,09966	0,11742	0,08619	0,11223
Delta	0,00078	0,01823	0,01510	0,00867	0,00383	0,03168	0,03077	0,02130
Rank	8	4	5	6	7	1	2	3

Dari rata-rata respon tiap faktor dipilih yang nilainya paling kecil untuk disarankan sebagai rancangan usulan karena karekteritik mutu adalah *smaller the better*. Dari tabel diatas dapat rancangan usulan A1 – B1 – C2 – D2 – E1 – F2 – G1 – H2 – I1. Perhitungan rata-rata SNR pada faktor-faktor tersebut dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

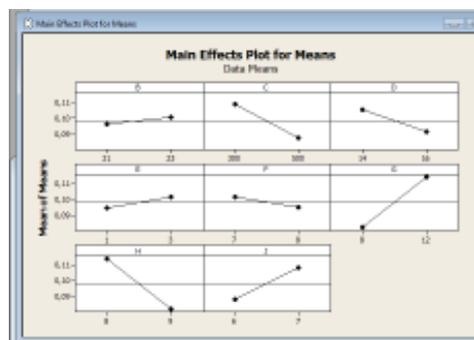
$$\bar{A}_{|SNR|} = \frac{\sum_{i=1}^2 y_i}{2} \dots (3)$$

Perhitungan efek dari SNR pada faktor-faktor dilakukan dengan mengurangi nilai rata-rata respon terbesar dengan nilai rata-rata respon terkecil sehingga diperoleh nilai rata-rata respon dan nilai efek SNR pada Tabel 6.

Tabel 6. Efek S/N Ratio

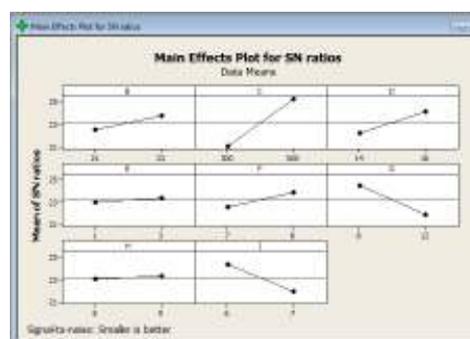
Taguchi Analysis: R1; R2 versus B; C; D; E; F; G; H; I								
Response Table for Signal to Noise Ratios Smaller is better								
Level	B	C	D	E	F	G	H	I
1	22,59	21,12	22,27	23,02	22,55	24,48	23,08	24,40
2	23,81	25,28	24,13	23,38	23,85	21,92	23,32	22,00
Delta	1,22	4,16	1,86	0,37	1,30	2,57	0,24	2,40
Rank	6	1	4	7	5	2	8	3

Dari efek SNR tiap-tiap faktor dapat dilihat urutan-urutan pengaruh dari tiap-tiap faktor mulai yang terkecil sampai yang besar. Dari efek SNR tiap faktor dipilih mulai yang terkecil untuk disarankan sebagai rancangan usulan sesuai dengan karakteristik *smaller the better*. Dari tabel tersebut diperoleh rancangan usulan A1 – B1 – C1 – D1 – E1 – F1 – G2 – H1 – I2. Berdasarkan tabel diatas dibuat grafik untuk memperlihatkan keausan terkecil dan S/N terbesar pada masing-masing level untuk setiap faktor. Seperti terlihat pada Gambar 9. dan Gambar 10.



Gambar 9. Keausan Terkecil

Grafik Keausan rata-rata untuk masing-masing level pada setiap parameter.



Gambar 10. S/N terbesar

Grafik S/N rata-rata untuk masing-masing level pada setiap parameter

Dari Gambar 9 dan Gambar 10 didapatkan keausan paling kecil dan S/N paling besar masing-masing level yang merupakan level optimum untuk setiap faktor yaitu :

- C level 2 (*Energy Time Off*)
- D level 2 (*Energy Time On*)
- G level 1 (*Servo Feed*)
- I level 1 (*Jump Off*)
- A level 1 (*Polarity +*)

#### ANOVA

Berdasarkan data hasil pengukuran keausan pada tabel diatas dilakukan *analysis of variance* (ANOVA) untuk melihat pengaruh masing-masing parameter terhadap keausan elektroda pada Tabel 7.

Tabel 7. Anova Keausan Elektroda

General Linear Model: SNRA1 versus B; C; D; E; F; G; H; I						
Factor	Type	Levels	Values			
B	fixed	2	21; 23			
C	fixed	2	300; 500			
D	fixed	2	14; 16			
E	fixed	2	1; 3			
F	fixed	2	7; 8			
G	fixed	2	8; 12			
H	fixed	2	8; 9			
I	fixed	2	6; 7			
Analysis of Variance for SNRA1, using Adjusted SS for Tests						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
B	1	4,4	4,4	4,4	0,02	0,901
C	1	52,0	52,0	0,21	0,676	
D	1	10,4	10,4	10,4	0,04	0,850
E	1	0,4	0,4	0,4	0,00	0,970
F	1	5,0	5,0	5,0	0,02	0,895
G	1	19,8	19,8	19,8	0,08	0,795
H	1	0,2	0,2	0,2	0,00	0,981
I	1	17,3	17,3	17,3	0,07	0,807
Error	3	733,6	733,6	244,5		
Total	11	843,1				
<b>S = 15,6371 R-Sq = 12,99% R-Sq(adj) = 0,00%</b>						

F paling besar dari seluruh faktor yang diuji adalah untuk faktor A (*Polarity*) dan C (*Energy Time Jump On*) yaitu 0,21 artinya A (*Polarity*) dan C (*Energy Time Jump On*) memberikan pengaruh yang paling besar terhadap keausan elektroda.

Faktor E (*HV Voltage*) dan H (*Jump On*) tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap keausan pahat disebabkan karena tingkatan level untuk Faktor E (*HV Voltage*) dan H (*Jump On*) terlalu kecil.

#### Melakukan proses pembuktian pada variasi optimum

Setelah diketahui hasil prediksinya, eksperimen verifikasi dilakukan untuk membuktikan apakah prediksi hasil tersebut bisa tercapai. Hasil uji verifikasi diberikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Uji Verifikasi

Eksperi mens	Polarit y (POL)	Working Energy (JT)	Energy Time		HV Voltage (BR)	Machining Voltage (EV)	Servo Feed (SS)	Jump		Electrode Wear $\theta$ (%)	
			ON	OFF				On	Off	R1	R2
			A	B				C	D	E	F
1	+	21	500	16	1	7	8	8	7	1,32%	1,38%

#### 4. SIMPULAN

Dari 9 faktor yang diuji ( *Polarity*, *Working Energy Time (on/off)*, *Hv Voltage*, *Machining Voltage*, *Servo Feed*, *Jump (on/Off)* ) dengan 2 level untuk setiap faktor ternyata faktor ( *Polarity* ) dan ( *Energy Time Jump On* ) memberikan pengaruh yang paling besar terhadap keausan elektroda.

Faktor ( *HV Voltage* ) dan ( *Jump On* ) tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap keausan pahat disebabkan karena tingkatan level untuk Faktor ( *HV Voltage* ) dan ( *Jump On* ) terlalu kecil.

Level Faktor yang memberikan keausan yang optimum adalah

- a. C level 2 ( *Energy Time On* ) 500
- b. D level 2 ( *Energy Time Off* ) 16
- c. G level 1 ( *Servo Feed* ) 8
- d. I level 1 ( *Jump Off* ) 7
- e. A level 1 ( *Polarity* ) +

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Widarto, Sutopo, & Paryanto. (2002). Teknik Permesinan. In *Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan*.
- [2]. R, P. (2017). Optimasi Multirespon Proses Wire-EDM Menggunakan Metode Taguchi Logika Fuzzy. *Jurnal Teknik Mesin ITI*. <https://doi.org/10.31543/jtm.v1i1.10>
- [3]. Rupajati, P., Samosir, P., & Rasyid, M. K. (2018). OPTIMASI KETEBALAN LAPISAN RECAST, KEKASARAN PERMUKAAN DAN LAJU Pengerjaan Material pada Proses Pemesinan Wire-EDM MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI-GREY FUZZY. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*. <https://doi.org/10.24176/simet.v9i2.2519>
- [4]. Londa, P. (2019). Analisa MRR, EWR, DOC terhadap Beberapa Material Elektroda pada Proses EDM Die Sinking. *ROTASI*. <https://doi.org/10.14710/rotasi.21.1.1-9>
- [5]. Rachman, F. R., Setiawan, T. A., Karuniawan, B. W., & Maya, R. A. (2019). Penerapan Metode Taguchi Dalam Optimasi Parameter Pada Proses Electrical Discharge Machining (EDM). *J Statistika: Jurnal Ilmiah Teori Dan Aplikasi Statistika*. <https://doi.org/10.36456/jstat.vol12.no1.a1991>
- [6]. Nurmaya, U. M., Sunaryo, S., Algorithm, G., & Programming, G. (2013). ( Studi Kasus : Pemotongan Logam pada Mesin EDM Sinking ). *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XVIII*.
- [7]. Nafsan Upara, & Dimas Anugrah Destianto. (2019). PENGARUH PARAMETER PROSES EDM DIE SINKING TERHADAP LAJU PELEPASAN BAHAN DAN LAJU KEAUSAN ELEKTRODA. *Jurnal ASIIMETRIK: Jurnal Ilmiah Rekayasa & Inovasi*. <https://doi.org/10.35814/asiimetrik.v1i2.819>
- [8]. Bisono, F., & Aditya P., D. (2019). Optimasi Multirespon Proses Wire Electrical Discharge Machining untuk Pengerjaan Komponen Punch and Dies Bracket Konstruksi Kapal Aluminium. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*. <https://doi.org/10.24843/jem.2019.v12.i02.p11>
- [9]. Haryono, Y. (2019). OPTIMASI KINERJA PROSES FINE SODICK A 350 SS WIRE-EDM PADA PEMOTONGAN BAJA SKD 11. *Sains & Teknologi*. <https://doi.org/10.24123/jst.v1i01.2218>
- [10]. *Taguchi Designs*. (2005). <https://doi.org/10.1201/b16326-14>