
Penerapan Metode Taguchi Dalam Optimasi Parameter Pada Proses *Electrical Discharge Machining* (EDM)Farizi Rachman⁽¹⁾, Tri Andi Setiawan⁽²⁾, Bayu Wiro Karuniawan⁽³⁾, Risma Aris Maya⁽⁴⁾^{1,2,3,4} Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Jalan Teknik Kimia, Kompleks Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya

Email : farizirachman@ppns.ac.id

ABSTRAK

EDM adalah suatu proses permesinan yang bersifat non konvensional dengan pemakanan material benda kerja yang dilakukan oleh loncatan bunga api listrik (*spark*) melalui celah antara elektroda dan benda kerja yang berisi cairan di elektrik. Kegunaan cairan tersebut adalah sebagai medium untuk *flushing* sisa-sisa partikel material hasil erosi, pendinginan elektroda dan benda kerja serta sebagai konduktor listrik. Dalam industri manufaktur, EDM banyak digunakan untuk pembuatan produk-produk yang menuntut kualitas kekasaran permukaan hasil pemotongan yang halus dan kepresisian yang tinggi. Metode Taguchi merupakan salah satu metode dalam desain eksperimen yang dapat digunakan untuk mengendalikan kualitas produk. Penelitian ini mempertimbangkan 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. Penelitian ini menggunakan metode Taguchi untuk mendapatkan parameter yang optimum dengan kriteria *smaller is better*. Berdasarkan tabel diatas parameter *gap voltage* paling berpengaruh pada level 1 yaitu 30 volt, parameter *on time* paling berpengaruh pada level 3 yaitu 120 μ s dan parameter *off time* paling berpengaruh pada level 1 yaitu 20 μ s terhadap kekasaran.

Kata kunci : EDM, Kekasaran permukaan, Taguchi.

ABSTRACT

EDM is a non-conventional machining process with feeding material carried out by electric spark (*spark*) through a gap between the electrode and the workpiece containing liquid in the electric. The usefulness of the liquid is as a medium for rinsing the remnants of erosion material, electrodes and workpieces as electrical conductors. In the manufacturing industry, EDM is widely used for the manufacture of products that demand the quality of surface roughness resulting from smooth cutting and high precision. The Taguchi method is one method in experimental design that can be used to control product quality. This study considers 3 parameters, namely *gap voltage*, *on time*, and *off time* on the SKD-11 material as one of the 13 mm thick dies / dies. This study uses the Taguchi method to obtain optimal parameters with smaller criteria better. Based on the table above the highest voltage parameter *gap* at level 1 which is 30 volts, the parameters at the most agreed time at level 3 are 120 μ s and the most difficult *off time* parameter to be reached at level 1 is 20 μ s to roughness.

Keywords : EDM, Surface Roughness, Taguchi.

1. PENDAHULUAN

Banyak faktor penentu kualitas sebuah produk, beberapa diantaranya adalah kekasaran permukaan, termasuk proses *Electrical Discharge Machining* (EDM). EDM adalah suatu proses permesinan yang bersifat non konvensional dengan pemakanan material benda kerja yang dilakukan

oleh loncatan bunga api listrik (*spark*) melalui celah antara elektroda dan benda kerja yang berisi cairan di elektrik (Kadirvel, 2014). Kegunaan cairan tersebut adalah sebagai medium untuk *flushing* sisa-sisa partikel material hasil erosi, pendinginan elektroda dan benda kerja serta sebagai konduktor listrik. Dalam industri manufaktur, EDM banyak

digunakan untuk pembuatan produk-produk yang menuntut kualitas kekasaran permukaan hasil pemotongan yang halus dan kepresisian yang tinggi. Dalam hal ini, tuntutan terhadap ketelitian dan kepresisian produk menjadi perhatian utama dari sebuah proses permesinan. Untuk menghasilkan produk *dies* dibutuhkan material *special alloy* yang dapat dilakukan *hardening* sampai kekerasan mencapai di atas 60 HRC yaitu material baja SKD 11.

Untuk meningkatkan kualitas produk pada *dies* maka diharuskan untuk mencapai kekerasan dan kehalusan permukaan yang tinggi. Untuk meningkatkan laju pelepasan material yaitu dengan cara meminimalkan tingkat kekasaran permukaan, laju keausan elektroda dan *overcut* pemakanan. Sebuah penelitian mengenai pengaruh besar arus dan *arc on time* terhadap kekasaran permukaan dan keausan elektroda menggunakan metode *respon surface* disimpulkan bahwa arus listrik merupakan parameter yang paling berpengaruh baik terhadap kekasaran permukaan maupun laju keausan elektroda kemudian diikuti oleh *arc on time* dan *arc off time* (Alimin, Anggono, & Hamdrik, 2016).

Metode Taguchi merupakan salah satu metode dalam desain eksperimen yang dapat digunakan untuk mengendalikan kualitas produk (Montgomery, 2013; Soejanto 2009). Metode Taguchi digunakan untuk menentukan pengaruh signifikan dan kondisi optimal dari pengoperasian mesin EDM *Sinking*. Sebuah penelitian mengenai parameter mesin EDM *Sinking* untuk mengoptimalkan respon material AISI H13 menggunakan metode *Taguchi-Fuzzy* dengan kesimpulan bahwa kombinasi level parameter proses yang tepat pada EDM *sinking* secara signifikan terhadap KPA (*final cutting depth*), LKE (*elektrode wear rate*), LPM (*material erosion rate*), dan KP (*surface roughness*) secara serentak adalah parameter proses *current* 15A, *energy on time* 300 μ s, *energy off time* 5 μ s dan *gap voltage* 12V (Yudo & Pratiwi, 2017).

Dengan melakukan desain eksperimen Taguchi ini, diharapkan dapat mengetahui parameter yang tepat untuk mendapatkan hasil produk dengan tingkat kekasaran dan waktu pengerjaan yang optimal dengan karakteristik *Smaller The Better* (STB). Berdasarkan uraian tersebut maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang “Penerapan Metode Taguchi Dalam Optimasi Parameter Pada Proses *Electrical Discharge Machining* (EDM) “

2. METODE PENELITIAN

Metode yang akan digunakan pada penelitian ini adalah metode Taguchi :

a. Metode Taguchi

Menurut Soejanto (2009) Metode Taguchi merupakan metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Untuk mencapai hal itu, metode taguchi berupaya mencapai sasaran itu dengan menjadikan produk atau proses “tidak sensitif” terhadap berbagai parameter seperti material, perlengkapan manufaktur, kondisi operasional.

Pada penelitian ini menggunakan metode Taguchi karena memiliki keunggulan seperti :

1. Metode Taguchi menghasilkan kesimpulan mengenai respon faktor-faktor dan level dari faktor-faktor kontrol yang menghasilkan respon optimum.
2. Desain eksperimen Taguchi lebih efisien karena memungkinkan untuk melaksanakan penelitian yang melibatkan banyak faktor dan jumlah.
3. Desain eksperimen Taguchi memungkinkan diperolehnya suatu proses yang menghasilkan produk yang konsisten dan kokoh terhadap faktor yang tidak dapat dikontrol (faktor gangguan).

Metode Taguchi menggunakan seperangkat matriks khusus yang disebut dengan Matriks Orthogonal. Matriks Orthogonal merupakan langkah untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberikan informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter. Terdapat bagian terpenting dari metode ini adalah terletak pada pemilihan kombinasi level variabel-variabel input untuk tiap eksperimen (Soejanto,2009).

b. Variabel Penelitian

Untuk mendapatkan data eksperimen pada mesin EDM *Sinking*, variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Variabel bebas adalah variabel yang dapat dikendalikan dan nilainya dapat ditentukan. Ada 3 variabel proses yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

a. Gap Voltage

Gap voltage menunjukkan nilai potensial yang dapat diukur dengan satuan volt. Pada penelitian ini

pengaturan gap voltage dilakukan pada nilai 35 V, 45 V, dan 55 V.

b. *On Time*

On time menunjukkan waktu terjadinya loncatan bunga api listrik akibat arus listrik yang mengalir. Pada penelitian ini pengaturan *on time* dilakukan pada nilai 80 μs , 120 μs, 160 μs.

c. *Off Time*

Off time menunjukkan periode dimana arus listrik berhenti untuk sesaat sebelum loncatan loncatan bunga api listrik (*spark*) terjadi kembali. Pada penelitian pengaturan *off time* dilakukan pada nilai 10 μs, 20 μs, 30 μs.

Sedangkan Variabel respon yang digunakan untuk penelitian ini adalah **kekasaran permukaan**.

b. **Penentuan Matriks Orthogonal**

Orthogonal array atau matriks ortogonal digunakan untuk mendesain rancangan eksperimen dengan keluaran dapat mengetahui berapa jumlah minimal eksperimen yang harus dilakukan namun mendapatkan informasi yang cukup Matriks Orthogonal yang terbentuk adalah rancangan L_9 (3^4) dimana:

- L= rancangan bujur sangkar latin
- 9= jumlah eksperimen
- 3= jumlah level
- 4= jumlah faktor

Tabel 1. Parameter dalam Proses Eksperimen

No.	Parameter	Kode	Level 1	Level 2	Level 3
1.	Gap Voltage (GV), Volt	A	30	40	50
2.	On Time (ON), μs	B	80	100	120
3.	Off Time (OFF), μs	C	20	40	60

Langkah-langkah digunakan dalam pengujian antara lain :

1. Menyiapkan spesimen uji
2. Melakukan marking pada spesimen
3. Menghidupkan mesin EDM *Sinking*
4. Memasang spesimen pada mesin EDM *Sinking* dan melakukan pemeriksaan bahwa benda kerja pada posisi terpusat.
5. Melakukan setting parameter-parameter yang telah ditetapkan dengan eksperimen.

6. Melaksanakan proses pemotongan sesuai parameter pada spesimen uji sepanjang 175 mm dengan tebal 13 mm.
7. Melepaskan benda kerja dari pencekam setelah proses pemotong selesai.
8. Mengulang langkah 3 sampai dengan langkah 6 untuk eksperimen selanjutnya sesuai kombinasi parameter yang sudah ditentukan.
9. Mengambil data nilai kekasaran permukaan material menggunakan alat *surface roughness test*.

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian parameter plasma cutting terhadap kekasaran permukaan adalah Mesin EDM *Sinking*. Material yang digunakan adalah baja SKD-11 dengan dimensi 175 mm x 125 mm x 13 mm. Direncanakan pemakanan benda kerja setebal 0,5 mm karena jika pemakanan dengan ketebalan lebih dari 0,5 mm, maka akan sulit untuk dilakukan uji kekasaran. Dimensi pemakanan direncanakan adalah 12 mm x 12 mm. Faktor yang perlu dipertimbangkan untuk ukuran lubang adalah apakah cukup untuk dilakukan pengukuran kekasaran yang valid. Pengukuran kekasaran dikatakan valid apabila panjang goresan minimum adalah kurang lebih 10 mm. Sedangkan, pada ujung jarum penggores pada *surface roughness* tester tidak meruncing atau rata namun terjadi pelebaran. Sehingga lebar pengukuran kekasaran harus lebih dari 10 mm (Bisono, 2015).

Elektroda yang digunakan dalam penelitian ini adalah tembaga dengan bentuk square (*chopper square shape*). Digunakan elektroda tembaga dimensi 12 mm x 12 mm dan panjang 50 mm. Elektroda yang direncanakan berbentuk kotak berundak. Hal ini dikarenakan kondisi awal elektroda yang tidak rata, sehingga untuk mengantisipasi permukaan yang tidak rata tersebut, maka elektroda dibuat berundak. Langkah awal pada proses pembentukan elektroda adalah dengan menyediakan batang tembaga dengan ukuran 22 mm x 22 mm. Kemudian batang tembaga dipotong sepanjang 50 mm sebanyak 27 buah. Hasil pemotongan masih berupa balok. Kemudian dilakukan proses milling untuk menjadikan ujung elektroda berundak sesuai yang diinginkan.

Pengumpulan data dilakukan setelah dilakukan pengujian sebanyak 9 kali dengan level yang berbeda-beda dari setiap parameter pada SKD 11 setebal 25 mm dengan replikasi sebanyak 3 kali di masing masing pengujian. Kekasaran permukaan plat diukur dengan menggunakan alat *surface roughness test*.

C. Pengolahan Data

Pada penelitian ini digunakan analisis dengan pendekatan metode Taguchi dengan kriteria *smaller is better* karena memiliki lebih dari satu variabel respon. Berikut perhitungan yang akan dilakukan :

- a. Rasio S/N
- b. Normalisasi nilai S/N rasio
- c. *Analysis of Varians* (ANOVA)
- d. Penentuan nilai Optimum

Proses interpretasi hasil pengujian adalah dengan melakukan analisis faktor-faktor parameter mesin yang memiliki pengaruh terhadap kekasaran permukaan dan waktu pengerjaan. Selain itu, dilakukan perhitungan interval kepercayaan hasil pengujian. Hal ini dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi rata-rata dari sebuah sampel dimana nilai tersebut telah mencakup dari nilai rata-rata suatu populasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Eksperimen yang dilakukan adalah proses pemakanan baja SKD 11 dengan dimensi 180 x 130 x 13 mm yang menggunakan elektroda tembaga. Untuk plat baja SKD 11 dilakukan proses *facing* menggunakan CNC *Milling*. Untuk tembaga yang awal dimensi adalah 22 x 22 x 55 mm dilakukan proses *machining* untuk pembentukan elektroda segiempat dengan dimensi 15 x 15 x 50 mm kemudian dibuat untuk membuat percobaan dibagian depannya dengan dimensi 13 x 13 x 10 mm.

a. Pengambilan Data

Kekasaran permukaan benda kerja hasil eksperimen diukur dengan menggunakan alat ukur *Surface Roughness Tester* Mitutoyo SJ 310 milik Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Pengambilan data nilai kekasaran permukaan dilakukan sebanyak 27 kali pada benda kerja dan dilakukan secara horizontal dengan arah sejajar dengan benda kerja. Nilai kekasaran yang digunakan yaitu nilai kekasaran aritmatik atau rata-rata (Ra). Data nilai kekasaran permukaan, ditransformasi menjadi data rasio S/N dengan persamaan *Smaller is Better*.

Rasio S/N digunakan untuk memilih faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variansi suatu respon. Rasio S/N pada penelitian ini adalah Semakin kecil, semakin baik (*Smaller is Better*) dengan rumus:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^r Y_i^2 \right) \quad (1)$$

Dimana :

n = jumlah pengulangan dari suatu trial

Data yang digunakan untuk perhitungan Rasio S/N kekasaran permukaan adalah data kekasaran permukaan dari hasil eksperimen di Bengkel. Hasil perhitungan dengan menggunakan kriteria *Smaller is Better* tiga eksperimen pertama adalah sebagai berikut:

- a. Eksperimen 1
 $S/N_1 = -10 \log \frac{1,964^2 + 1,921 + 1,833^2}{3}$
 $= -10 \log \frac{10,907}{3} = -5,606$
- b. Eksperimen 2
 $S/N_2 = -10 \log \frac{1,706^2 + 1,755^2 + 1,809^2}{3}$
 $= -10 \log \frac{9,263}{3} = -4,896$
- c. Eksperimen 3
 $S/N_3 = -10 \log \frac{1,574^2 + 1,837^2 + 1,806^2}{3}$
 $= -10 \log \frac{9,113}{3} = -4,825$

Secara umum hasil perhitungan S/N ratio kekasaran permukaan disajikan pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Hasil Perhitungan S/N/ Ratio

Eksperimen	S/N Ratio
1	- 5,606
2	- 4,896
3	-4,825
4	-6,029
5	- 5,686
6	- 4,408
7	- 5,501
8	- 5,503
9	- 5,085

b. Pengolahan Data.

Berdasarkan hasil pengolahan data didapatkan hasil ANOVA sebagai berikut:

Tabel 3. Anova for SN Ratio

Source	DF	Seq SS	Adj MS	F	P
A	2	0,10	0,05	0,25	0,80
B	2	1,32	0,66	3,06	0,24
C	2	0,19	0,09	0,46	0,68
Residual Error	2	0,43	0,21		
Total	8	2,06			

Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan bahwa secara statistik *Gap Voltage, On Time, dan Off Time* kurang memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekasaran permukaan, hal ini didasarkan nilai p-value masing-masing faktor sebesar 0,8; 0,24; dan 0,68. Semua nilai P-value kurang dari α (0,05)

Selanjutnya akan dilanjutkan Perhitungan parameter optimum bertujuan untuk mengetahui level optimum pada suatu parameter terhadap respon dari eksperimen. Selanjutnya nilai tersebut dilakukan pembobotan untuk mengetahui level berapa dan parameter apa saja yang memiliki pengaruh terhadap kekasaran permukaan.

a. Parameter *Gap Voltage* (GV)

Pada eksperimen, parameter yang berada pada level 1 terdapat di eksperimen pertama, kedua dan ketiga. Sehingga :

$$GV_1 = \frac{((-5,606)+(-4,896)+(-4,825))}{3} = - 5,109$$

Parameter yang berada pada level 2 terdapat di eksperimen keempat, kelima, dan keenam, sehingga:

$$GV_2 = \frac{((-6,029)+(-5,686)+(-4,408))}{3} = - 5,374$$

Parameter yang berada pada level 3 terdapat di eksperimen ketujuh, kedelapan, dan kesembilan. Sehingga :

$$GV_3 = \frac{((-5,501)+(-5,503)+(-5,085))}{3} = - 5,213$$

b. Parameter *On Time* (TON)

Pada eksperimen, parameter yang berada pada level 1 terdapat di eksperimen pertama, keempat dan ketujuh. Sehingga :

$$TON_1 = \frac{((-5,606)+(-6,029)+(-4,408))}{3} = - 5,712$$

Pada eksperimen, parameter yang berada pada level 2 terdapat di eksperimen kedua, kelima dan kedelapan. Sehingga :

$$TON_2 = \frac{((-4,896)+(-5,686)+(-5,053))}{3} = - 5,212$$

Pada ekspeirimen, parameter yang berada pada level 3 terdapat di eksperimen ketiga, keenam dan kesembilan. Sehingga :

$$TON_3 = \frac{((-4,825)+(-6,029)+(-5,085))}{3} = - 4,773$$

c. Parameter *Off Time* (TOFF)

Pada eksperimen, parameter yang berada pada level 1 terdapat di eksperimen pertama, keenam dan kedelapan. Sehingga :

$$TOFF_1 = \frac{((-5,606)+(-4,408)+(-5,053))}{3} = - 5,022$$

Pada eksperimen, parameter yang berada pada level 2 terdapat di eksperimen kedua, keempat, kesembilan. Sehingga :

$$TOFF_2 = \frac{((-4,896)+(-6,029)+(-5,085))}{3} = - 5,337$$

Pada eksperimen, parameter yang berada pada level 3 terdapat di eksperimen ketiga, kelima, ketujuh. Sehingga, secara keseluruhan dapat disajikan pada tabel 4 berikut.

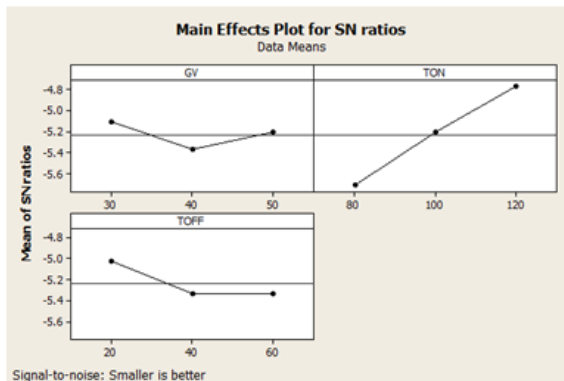
Tabel 4. Parameter Optimum Kekasaran Permukaan

	GV	TON	TOFF
1	-5,109	-5,712	-5,022
2	-5,374	-5,212	-5,337
3	-5,213	-4,773	-5,337
Selisih	0,265	0,939	0,315
Ranking	3	1	2

Pada tabel 4 Menunjukkan bahwa Parameter GV yang optimum berada pada level 1 dengan nilai - 5,109 , parameter TON yang optimum berada pada level 3 dengan nilai -4,773 dan parameter TOFF yang optimum berada pada level 1 dengan nilai - 5,022. Delta merupakan selisih dari nilai terbesar dan nilai terkecil. Sedangkan Rank digunakan untuk menunjukkan parameter yang paling berpengaruh terhadap respon kekasaran permukaan. Sesuai

gambar dibawah ini menunjukkan bahwa parameter yang paling berpengaruh terhadap respon kekasaran permukaan adalah parameter B (on time) dengan nilai delta yaitu 0,939.

Berdasarkan Gambar 1 yaitu *Main Effects Plot for SN ratios*, parameter *gap voltage* paling berpengaruh pada level 1 yaitu 30 volt, parameter *on time* paling berpengaruh pada level 3 yaitu 120 μ s dan parameter *off time* paling berpengaruh pada level 1 yaitu 20 μ s terhadap kekasaran.



Gambar 1 Grafik Level Optimal Kekasaran Permukaan

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil Optimasi Parameter Pada Proses *Electrical Discharge Machining* (EDM) dengan metode Taguchi dengan kriteria *smaller is better* didapatkan hasil parameter *gap voltage* paling berpengaruh pada level 1 yaitu 30 volt, parameter *on time* paling berpengaruh pada level 3 yaitu 120 μ s dan parameter *off time* paling berpengaruh pada level 1 yaitu 20 μ s terhadap kekasaran.

Sedangkan saran untuk penelitian berikutnya, menggunakan jumlah eksperimen yang lebih banyak yaitu L_{27} (3^4) untuk mendapatkan hasil lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Alimin, R., Anggono, J., & Hamdrik, R. (2016). Studi Pengaruh Besar Arus dan Arc On-Time Pada Electrical Discharge Machining (EDM) Sinking Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja dan Keausan Elektroda. Teknik Mesin Universitas Kristen Petra.

Bisono, R. M. (2015). *Optimasi Multi Respon Pada Proses Electrical Discharge Machining (EDM) Sinking Material Baja Perkakas DAC Dengan Menggunakan Metode Taguchi - Grey-Fuzzy*. Master Thesis Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh November

Surabaya.

Kadirvel, A., & Hariharan, P. (2014). Optimization Of The Die-Sinking Micro-EDM Process For Multiple Performance Characteristics Using The Taguchi-Based Grey Relational Analysis. *Materiali in Tehnologije*, Vol.48, No. 1, pp.27–32.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sleep.2014.07.031>

Montgomery DC. (2013). *Design and Analysis of Experiments*. Ed ke-8. New York: John Wiley & Sons, inc

Soejanto, I. (2009). *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Graha Ilmu. Yogyakarta, Indonesia.

Yudo, E., & Pratiwi, D. K. (2017). Parameter Mesin EDM Sinking Untuk Mengoptimalkan Respon Pada Material AISI H13 Menggunakan Metode Taguchi – Fuzzy. *Prosiding Sentrinov*, Vol. 3, pp. 50–61.