

# Optimasi Setting Parameter *Electrical Discharge Machining* (Edm) *Sinking* Terhadap Kekasaran Permukaan dan Waktu Pengerjaan Material Skd-11 dengan Metode Taguchi-Grey *Relational Analysis*

Risma Aris Maya<sup>1\*</sup>, Bayu Wiro Karuniawan<sup>2</sup>, Farizi Rachman<sup>3</sup>

Teknik Desain dan Manufaktur, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1\*</sup>  
Teknik Desain dan Manufaktur, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>2</sup>  
Teknik Desain dan Manufaktur, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>3</sup>

Email: rismaarismaya85@gmail.com<sup>1\*</sup>;

---

**Abstract** – *Electrical Discharge Machining (EDM) Sinking* is one type of EDM that is widely used in making molds and making dies. There are several factors that can determine the quality of a product, especially in making dies/dies including surface roughness and processing time. Getting a small surface roughness with efficient working time it easily obtained if the machine operator knows the exact parameters when machining is done. The parameters used are gap voltage, on time, and off time by conducting 27 experiments. The method used is Taguchi-Grey Relational Analysis. The results of this study were obtained by the optimum parameter combination consisting of gap voltage worth 30 volts, on time 120 s and off time 20 s with a contribution percentage of gap voltage 42,475 %, on time 34,778 % and off time 17,536 %.

**Keyword:** EDM Sinking, surface roughness, processing time, Taguchi, Grey Relational Analysis

---

## 1. PENDAHULUAN

*Electrical Discharge Machining* (EDM) *Sinking* adalah salah satu jenis EDM yang banyak digunakan dalam pembuatan *cavity* untuk cetakan maupun pembuatan *dies*. Dalam hal ini, tuntutan terhadap ketelitian dan kepresisian produk menjadi perhatian utama dari sebuah proses permesinan. Untuk meningkatkan kualitas produk pada dies maka diharuskan untuk mencapai kehalusan permukaan yang tinggi. Sebuah penelitian menggunakan metode Taguchi-Grey *Relational Analysis* mengenai optimasi proses mesin mikro EDM *Die Sinking* untuk karakteristik respon berganda dan karakteristik respon seperti *material removal rate*, keausan elektroda, dan kekasaran permukaan dapat ditingkatkan. Atas dasar tes konfirmasi, peningkatan dalam karakteristik kinerja adalah MRR 3,86 % , TWR 4,20%, dan SR 3,51 % (Kadirvel & Hariharan,2014). Selain tingkat kekasaran permukaan, untuk menghasilkan kualitas permukaan yang baik terdapat variabel proses lain yaitu waktu pengerjaan. Hal ini dikarenakan lamanya pengerjaan mempengaruhi tingkat efisiensi waktu dan biaya produksi. Sehingga ketika waktu pengerjaan semakin lama maka tingkat efisiensi waktu menjadi berkurang. Hal ini dapat

mempengaruhi biaya produksi semakin tinggi dan harga jual semakin mahal. Untuk mendapatkan sebuah produk dengan kualitas permukaan yang halus dengan waktu pengerjaan yang lebih efisien maka diperlukan kombinasi parameter yang tepat. Salah satunya adalah dengan optimasi parameter. Rumusan masalah penelitian ini adalah bagaimana setting kombinasi optimum parameter *gap voltage*, *on time*, dan *off time* pada mesin EDM *Sinking* untuk meminimalkan kekasaran permukaan dan waktu pengerjaan dan bagaimana kontribusi parameter *gap voltage*, *on time*, dan *off time* pada mesin EDM *Sinking* dalam mempengaruhi kekasaran permukaan dan waktu pengerjaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui *setting* kombinasi optimum parameter *gap voltage*, *on time*, *off time* pada mesin EDM *Sinking* untuk meminimalkan kekasaran permukaan dan waktu pengerjaan dan untuk mengetahui kontribusi parameter *gap voltage*, *on time*, *off time* pada mesin EDM *Sinking* dalam mempengaruhi kekasaran permukaan dan waktu pengerjaan.

## 2. METODOLOGI.

### 2.1 Metode Taguchi-Grey Relational Analysis

Langkah-langkah dalam analisis menggunakan metode Taguchi-Grey Relational Analysis adalah sebagai berikut (Soejanto,2009) :

#### a. Rasio S/N

Rasio S/N digunakan untuk memilih faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variansi suatu respon. Penelitian ini menggunakan karakteristik kualitas *Smaller is Better* ( semakin kecil semakin baik).

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

Dimana :

n = jumlah replikasi (pengulangan)

#### b. Normalisasi Rasio S/N

Normalisasi Rasio S/N berguna untuk menyamaratakan antara nilai rasio S/N dengan nilai maksimumnya 1 dan minimumnya 0.

$$X_i^* (k) = \frac{|X_i^* (k) - \min X_i^* (k)|}{\max X_i^* (k) - \min X_i^* (k)} \quad (2)$$

#### c. Simpangan Deviasi

$$\Delta Oi(k) = |Xo * (k) - Xi * (k)| \quad (3)$$

#### d. Grey Relational Coefficient (GRC)

$$\zeta i (k) = \frac{\Delta \min + \zeta \Delta \max}{\Delta Oi(k) + \zeta \Delta \max} \quad (4)$$

#### e. Grey Relational Grade (GRG)

$$\gamma (Xo, Xi) = \sum_{i=1}^m GRC * \text{pembobotan} \quad (5)$$

#### f. ANOVA

Tujuan dari ANOVA adalah untuk menginvestigasi parameter desain mana yang secara signifikan mempengaruhi variabel respon saat pengujian. Perhitungan ANOVA menggunakan data Rasio SN GRG dan menggunakan Software Minitab 16.0.

#### g. Prediksi GRG Optimal

$$\mu \text{ prediksi} = Y + (A-Y) + (B-Y) + (C-Y) \quad (6)$$

Dimana :

Y = nilai rata-rata keseluruhan Rasio S/N GRG

A/B/C = nilai GRG yang optimal pada faktor A/B/C

#### h. Interpretasi Hasil Eksperimen

Menghitung persen kontribusi menggunakan rumus sebagai berikut :

$$SS'_A = SS_A - (VA).(MSe) \quad (7)$$

$$\rho = \frac{SS_{TA}}{SS_T} \times 100 \% \quad (8)$$

Menghitung interval kepercayaan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$CI_2 = \sqrt{\frac{F_{\alpha;1;Ve} MS_e}{n_{eff}}} \quad (\text{Prediksi}) \quad (9)$$

$$CI_3 = \sqrt{F_{\alpha;1;Ve} MS_e \left[ \left( \frac{1}{n_{eff}} \right) + \left( \frac{1}{r} \right) \right]} \quad (\text{Konfirmasi}) \quad (10)$$

#### i. Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi dikatakan berhasil jika hasil dari nilai kepercayaan eksperimen konfirmasi dekat dan beririsan dengan nilai kepercayaan pada eksperimen prediksi.

## 2.2 Variabel Eksperimen

Penelitian ini menggunakan parameter gap voltage, on time, dan off time. Menggunakan 3 level pada tiap parameter yaitu gap voltage (35V,45V,55V), on time ( 80 μs,120 μs,160 μs), dan off time (10 μs,20 μs,30 μs).

## 2.3 Matriks Orthogonal

Penelitian ini menggunakan matriks orthogonal L<sub>9</sub> (3<sup>4</sup>).

Tabel 1: Matriks Orthogonal

Eks.	GapVoltage	On Time	Off Time
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

## 2.4 Alat dan Bahan

Pengukuran kekasaran permukaan menggunakan alat uji kekasaran Mitutoyo SJ-310. Mesin yang digunakan adalah mesin EDM Sinking LS 550 Merk ZNC EDM Aristech. Bahan material yang digunakan untuk penelitian ini adalah Baja SKD-

11 dan untuk elektroda menggunakan material tembaga.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Eksperimen Prediksi

Data waktu pengerjaan dan hasil perhitungan Rasio S/N adalah sebagai berikut :

Tabel 2 : Data waktu pengerjaan dan Rasio S/N

Eks.	R1	R2	R3	Rasio S/N
1	568	1045	1551	-61,05
2	1358	1518	2184	-64,73
3	1183	1561	964	-62,01
4	665	1401	2534	-64,09
5	1398	1309	1948	-63,96
6	1256	1129	2680	-65,24
7	4208	2479	458	-69,04
8	1628	2924	2007	-67,06
9	923	521	2764	-64,06

Selanjutnya nilai Rasio S/N digunakan untuk menghitung normalisasi Rasio S/N, simpangan deviasi, GRC, dan GRG dan hasilnya sebagai berikut :

Tabel 3 : Normalisasi Rasio S/N, Simpangan Deviasi dan GRC Waktu Pengerjaan

Eks.	Normalisasi Rasio S/N	Simpangan Deviasi	GRC
1	1	0	1
2	0,539	0,461	0,520
3	0,880	0,120	0,806
4	0,545	0,455	0,524
5	0,636	0,364	0,579
6	0,475	0,525	0,488
7	0	1	0,333
8	0,249	0,751	0,400
9	0,549	0,451	0,526

Data kekasaran permukaan dan hasil perhitungan Rasio S/N adalah sebagai berikut :

Tabel 4 : Data kekasaran permukaan dan Rasio S/N

Eks.	R1	R2	R3	Rasio S/N
1	1,964	1,921	1,833	-5,606
2	1,706	1,755	1,809	-4,896
3	1,574	1,837	1,806	-4,825
4	2,060	1,962	1,983	-6,029
5	1,957	1,828	1,984	-5,686
6	1,866	1,558	1,540	-4,408
7	1,942	1,830	1,878	-5,501
8	1,765	1,782	1,819	-5,503
9	1,964	1,546	1,851	-5,085

Selanjutnya nilai Rasio S/N digunakan untuk menghitung normalisasi Rasio S/N, simpangan deviasi, GRC, dan GRG dan hasilnya sebagai berikut

Tabel 5 : Normalisasi Rasio S/N, Simpangan Deviasi dan GRC Kekasaran Permukaan

Eks.	Normalisasi Rasio S/N	Simpangan Deviasi	GRC
1	0,261	0,739	0,404
2	0,699	0,301	0,624
3	0,743	0,257	0,660
4	0	1	0,333
5	0,212	0,788	0,388
6	1	0	1
7	0,326	0,674	0,426
8	0,602	0,398	0,557
9	0,583	0,417	0,545

Selanjutnya nilai GRC masing – masing respon digunakan untuk menghitung GRG. Penelitian ini menggunakan pembobotan untuk masing-masing respon adalah 50%. Dara GRG kemudian digunakan untuk menghitung ANOVA dengan diubah ke dalam Rasio S/N terlebih dahulu. Untuk karakteristik kualitas Rasio SN yang digunakan untuk ANOVA adalah *Larger is Better*.

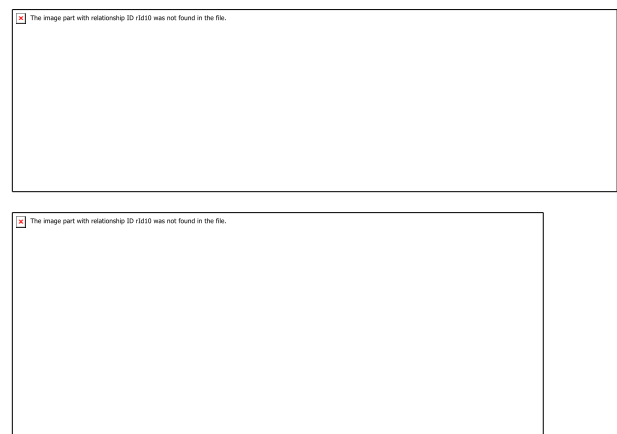
Tabel 6 : GRG dan Rasio S/N

Eks.	GRC 1	GRC 2	GRG	Rasio SN
1	1	0,404	0,702	-3,073
2	0,520	0,624	0,572	-4,852
3	0,806	0,660	0,733	-2,698
4	0,524	0,333	0,429	-7,361
5	0,579	0,388	0,484	-6,312
6	0,488	1	0,744	=2,569
7	0,333	0,426	0,380	-8,416
8	0,400	0,557	0,479	-6,402
9	0,526	0,545	0,536	-5,425

Selanjutnya adalah menghitung prediksi GRG optimal.

$$\mu_{\text{prediksi}} = Y + (GV1 - Y) + (TON3 - Y) + (TOFF1 - Y) = -0,651$$

Hasil perhitungan ANOVA dan perhitungan parameter optimal dengan menggunakan software Minitab 16.0 sebagai berikut :



Gambar 2 menunjukkan bahwa parameter optimal terletak pada *gap voltage* level 1, *on time* level 3 dan *off time* level 1

Selanjutnya adalah menghitung persen kontribusi. Hasil persen kontribusi untuk masing-masing parameter adalah sebagai berikut:

Tabel 7 : Persen Kontribusi

Parameter	Persen Kontribusi
Gap Voltage	42,475 %
On Time	34,778 %
Off Time	17,536 %

Langkah selanjutnya adalah menghitung interval kepercayaan. Hasil interval kepercayaan eksperimen prediksi adalah sebagai berikut :

$$n_{\text{eff}} = \frac{9 \times 3}{1 + (2+2+2)}$$

$$= 3,857$$

$$CI = \pm \sqrt{F(0,05,1,2) \times MSe \times \frac{1}{n_{\text{eff}}}}$$

$$= \pm \sqrt{18,51 \times 0,2317 \times \frac{1}{3,857}}$$

$$= \pm 1,054317$$

$$\mu \text{ prediksi} - CI \leq \mu \leq \mu \text{ prediksi} + CI$$

$$-0,651 - 1,054317 \leq \mu \leq -0,651 + 1,054317$$

$$-1,706 \leq \mu \leq 0,403$$

Kesimpulan dari perhitungan interval kepercayaan ini adalah didapatkan hasil untuk nilai minimum kepercayaan yaitu -1,706. Dengan nilai maksimum kepercayaan sampai pada rentang nilai 0,403. Hasil dari perhitungan eksperimen konfirmasi minimal berurusan dengan perhitungan tersebut agar dapat dikatakan eksperimen berhasil.

### 3.2 Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi dilakukan sebanyak 5 replikasi dengan kombinasi parameter gap voltage 30 Volt, on time 120 μs dan off time 20 μs. Data waktu pengerjaan dan kekasaran permukaan adalah sebagai berikut :

Tabel 8 : Data Waktu Pengerjaan dan Kekasaran Permukaan Eksperimen Konfirmasi

Replikasi	Wakti	Rasio SN	Kekasaran	Rasio SN
1	1571	-63,92	1,809	-5,149
2	1211	-61,66	2,058	-6,268
3	1129	-61,05	1,787	-5,041
4	1458	-63,28	1,788	-5,046
5	1123	-61,01	1,857	-5,375

Tabel 9: Simpangan Deviasi dan GRC Eksperimen Konfirmasi

Replikasi	Simpangan Deviasi		GRC	
	Waktu	Kekasaran	Waktu	Kekasaran
1	1	0,088	0,333	0,850
2	0,225	1	0,690	0,333
3	0,016	0	0,969	1
4	0,778	0,004	0,391	0,992
5	0	0,272	1	0,648

Tabel 10 : GRG Eksperimen Konfirmasi

Replikasi	GRC		GRG
	50%	50%	
	Waktu	Kekasaran	
1	0,333	0,850	0,592
2	0,690	0,333	0,512
3	0,969	1	0,985
4	0,391	0,992	0,692
5	1	0,648	0,824
		Total	3,604
		Rata-Rata	0,721

Selanjutnya adalah menghitung interval kepercayaan dari eksperimen konfirmasi.

$$CI = \pm \sqrt{F(0,05,1,2) \times MSe \times \left[ \frac{1}{n_{\text{eff}}} + \frac{1}{r} \right]}$$

$$= \pm \sqrt{18,51 \times 0,2317 \times \left[ \frac{1}{3,857} + \frac{1}{5} \right]}$$

$$= \pm 1,403338$$

$$\mu \text{ konfirmasi} - CI \leq \mu \leq \mu \text{ konfirmasi} + CI$$

$$0,721 - 1,403338 \leq \mu \leq 0,721 + 1,403338$$

$$-0,683 \leq \mu \leq 2,124$$

Untuk membandingkan nilai interval kepercayaan prediksi dengan konfirmasi maka diubah dalam bentuk grafik sebagai berikut :



Gambar 1. Grafik Perbandingan Nilai Interval Kepercayaan Prediksi dan Eksperimen Konfirmasi

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini adalah :

- a. Setting kombinasi optimum parameter pada mesin EDM Sinking untuk meminimalkan kekasaran permukaan dan waktu pengerjaan yang sesuai dengan material SKD-11 adalah *gap voltage* 30 Volt, *on time* 120 dan *off time* 20.
- b. Kontribusi parameter terhadap waktu pengerjaan dan kekasaran permukaan adalah *gap voltage* 42,475 %, *on time* 34,778 % dan *off time* 17,536 %.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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.slee.2014.07.031>
- [2] Soejanto, I. (2009). **Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi**. Graha Ilmu. Yogyakarta, Indonesia.