

Penerapan Metode Taguchi dan *Grey Relational Analysis* pada Optimasi Parameter Mesin EDM *Sinking* Terhadap Material AISI H13

Yelse Bella Yulita ^{1*}, Endang Pudji Purwanti ², Dhika Aditya Purnomo ³

Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia¹²³

Email: yelsebela123@gmail.com¹; endangpudjip@gmail.com²; Adityadhika@ppns.ac.id³

Abstract – EDM sinking is one of the non-conventional machining processes that used to make moulds or dies. In the process, there are several things that affected on the product quality and production cost which are electrode wear rate, surface roughness, final cutting depth and material cutting rate. That four things are influenced by the selection of parameters used during machining process. This research conducted since in the field of industry, optimization becomes an important necessity to improve the quality of products produced. It aims to know how much a parameter contributes to the investigated response and get a combination of parameter settings that are assessed to result in an optimum response simultaneously. This research was conducted on AISI H13 material using Taguchi and Grey Relational Analysis methods. The parameters that researched are current (A), on time (μ s), off time (μ s), and gap voltage (V). The result of this research is obtained the optimum combination of parameters consisting of the current of 25 ampere, on time of 100 μ s, off time of 10 μ s, and gap voltage of 10 volts with percent contribution of current at 83.90%, on time by 3.46%, off time of 5.48%, and voltage gap of 6.86%.

Keyword: EDM Sinking, electrode wear rate, final cutting depth, , material removal rate, surface roughness, Taguchi- Grey.

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi dapat diartikan sebagai proses kenaikan kapasitas produksi suatu perekonomian yang diwujudkan dalam bentuk kenaikan pendapatan nasional. Industri manufaktur merupakan sektor yang memberikan kontribusi paling besar terhadap perekonomian Indonesia[1]. Manufaktur berasal dari kata *Manufacture* yang merupakan proses dengan mesin sehingga menghasilkan suatu barang. Dalam membuat sebuah barang, diperlukan bahan dan barang pendukung lainnya [2]. Dalam proses produksi, selain kebutuhan sumber daya manusia juga diperlukan mesin-mesin dengan spesifikasi tertentu untuk membantu peringankan pekerjaan manusia.

Kualitas produk yang dihasilkan perusahaan merupakan salah satu pertimbangan penting yang harus diperhatikan. Hal ini dikarenakan produk tersebut didistribusikan kepada konsumen sehingga kesan baik terhadap produk sangat perlu diciptakan. Beberapa produk yang berbahan logam biasanya memerlukan proses pemesinan khusus dalam pengerjaannya. Hal ini disebabkan oleh sifat mekanik logam yang memiliki *range* kekerasan tertentu sulit dikerjakan secara manual atau dengan cara konvensional, terutama bila hasil akhirnya berupa produk yang dituntut memiliki tingkat kepresisian

dan kompleksitas yang tinggi. Pada tahun 1943, dua orang ilmuan Russia bernama Butintzky dan Lazarenko berhasil mengembangkan suatu teknologi berupa mesin EDM.

Saat ini pengguna menginginkan produktivitas mesin yang maksimal. Sedangkan di lain sisi terdapat hal-hal yang perlu diperhatikan dalam proses pemesinan menggunakan EDM *sinking*, diantaranya yaitu kedalaman pemotongan akhir dan laju pemotongan material. Dua hal tersebut dipengaruhi oleh pemilihan parameter yang digunakan selama proses pemesinan. Apabila *setting* parameter proses pengerjaan dilakukan dengan tepat, maka akan didapatkan hasil pengerjaan yang optimal. Hasil pengerjaan yang optimal tersebut mencakup tingkat kedalaman hasil akhir pemotongan yang maksimal dan efisiensi waktu yang diperlukan saat memotong material.

Optimasi merupakan suatu teknik yang digunakan dalam pencarian nilai-nilai variabel yang dianggap optimal, efektif, dan efisien untuk mencapai hasil yang diinginkan. Dalam bidang industri, optimasi menjadi kebutuhan yang penting guna meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan. Proses optimasi ini dilakukan untuk memperoleh *setting* atau kombinasi level (taraf) faktor percobaan yang menghasilkan respon yang optimal, sehingga kualitas produk dapat

meningkat. Optimasi dapat melibatkan respon tunggal maupun multirespon.

Oleh karena itu, penulis ingin melakukan penelitian tentang optimasi hasil laju keausan elektroda, kekasaran permukaan, kedalaman pemotongan akhir dan laju pemotongan material pada mesin EDM sinking dengan menggunakan metode Taguchi dan Grey Relational Analysis. Untuk parameter-parameter yang diteliti yaitu *current, on time, off time dan gap voltage*.

2. METODOLOGI .

2.1 Sumber Data

Pada penelitian ini, jenis data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari jurnal yang berjudul Parameter Mesin EDM Sinking Untuk Mengoptimalkan Respon Pada Material AISI H13 Menggunakan Metode Taguchi – Fuzzy oleh Eko Yudo dan Diah Kusuma Pratiwi yang dipublikasikan pada tahun 2017.

2.2 Rancangan Percobaan

Pada penelitian ini variabel yang digunakan adalah variabel respon terdiri dari laju keausan elektroda, kekasaran permukaan, kedalaman pemotongan akhir dan laju pemotongan material. Variabel bebas terdiri dari parameter *current, on time, off time*. dan *gap voltage*. Masing-masing parameter terdiri dari 4 level. Maka, berdasarkan nilai derajat kebebasan, matriks ortogonal yang digunakan yaitu $L_{16}(4^4)$. Berikut adalah tabel rancangan percobaan yang dilakukan[3].

Tabel 1 Rancangan Percobaan Berdasarkan Matriks Ortogonal

Ekspe- rimen	Current (A)	On Time (µs)	Off Time (µs)	Gap Voltage(v)
1	10	100	5	6
2	10	150	10	8
3	10	200	15	10
4	10	300	20	12
5	15	100	10	10
6	15	150	5	12
7	15	200	20	6
8	15	300	15	8
9	20	100	15	12
10	20	150	20	10
11	20	200	5	8
12	20	300	10	6
13	25	100	20	8
14	25	150	15	6
15	25	200	10	12
16	25	300	5	10

2.3. Metode Taguchi-Grey Relational Analysis

GRA merupakan salah satu metode berdasarkan teori grey. Pada dasarnya GRA digunakan dalam optimasi untuk mengubah beberapa respon menjadi satu respon. Tahapan untuk melakukan analisa dengan Taguchi-GRA dijelaskan pada poin berikut [4]:

1. Rasio S/N

Rasio S/N atau rasio *signal to noise* digunakan untuk meminimalkan sensitivitas

karakteristik kualitas terhadap faktor gangguan. Terdapat tiga jenis rasio S/N yang bergantung pada karakteristik kualitas yang diinginkan, yaitu *smaller is better, larger is better*, dan *nominal is the best*. Respon laju pengerjaan material menggunakan rasio S/N *larger is better*. Laju keausan elektroda dan kekasaran permukaan menggunakan rasio S/N *smaller is better*. Sedangkan respon kedalaman pemotongan akhir menggunakan rasio S/N *nominal is the best*.

Larger is better

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

Smaller is better

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

Nominal is the best

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^r (y_i - \bar{y})^2 \right) \quad (3)$$

Dengan n adalah jumlah pengulangan, y adalah data percobaan.

2. Normalisasi Rasio S/N

Normalisasi rasio S/N bertujuan untuk mentransformasi nilai rasio S/N dalam skala nilai yang besarnya antara nol sampai satu. Normalisasi dilakukan pada masing-masing respon. Berikut ini merupakan persamaan normalisasi rasio S/N:

Smaller is better

$$Xi^*(k) = \frac{Max Xi^o(k) - Xi^o(k)}{Max Xi^o(k) - Min Xi^o(k)} \quad (4)$$

Larger is better

$$Xi^*(k) = \frac{Xi^o(k) - Min Xi^o(k)}{Max Xi^o(k) - Min Xi^o(k)} \quad (5)$$

Nominal is the best

$$Xi^*(k) = \frac{Xi^o(k) - Xob^o(k)}{Max Xi^o(k) - Min Xi^o(k)} \quad (6)$$

3. Simpangan deviasi

Simpangan deviasi merupakan nilai dari selisih antarau dengan lain yang telah dinormalisasikan [5]. Penentuan simpangan deviasi dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\Delta oi(k) = |X0^*(k) - Xi^*(k)| \quad (7)$$

Keterangan,

Δoi = penyimpangan disetiap eksperimen

$X0^*(k)$ = nilai rasio S/N normalisasi terbesar

$Xi^*(k)$ = nilai rasio S/N normalisasi pada eksperimen ke-i

4. Grey Relational Coefficient (GRC)

$$Y(x_0(k), x_i(k)) = \frac{\Delta \min + \zeta \Delta \max}{\Delta oi(k) + \zeta \Delta \max} \quad (8)$$

Keterangan,

$\Delta \min$ = nilai terendah dari simpangan deviasi

$\Delta \max$ = nilai tertinggi dari simpangan deviasi

ζ = koefisien pembeda (nilai $\zeta = 0,5$)

5. Grey Relational Grade (GRG)

$$\gamma(X_0, X_i) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \gamma(X_0(k), X_i(k)) \quad (9)$$

Keterangan,

m : jumlah variabel respon yang digunakan

$\gamma(X_o, X_i)$: nilai GRG setiap eksperimen
 $\gamma(X_o(k), X_i(k))$: nilai GRC setiap respon

6. Analysis of Variance

ANOVA digunakan untuk mengetahui faktor yang berpengaruh terhadap variabel respon serta untuk mengetahui besarnya kontribusi faktor tersebut.

7. Prediksi GRG Optimal

Bertujuan untuk mengetahui kombinasi parameter yang menghasilkan nilai respon yang paling baik untuk proses tersebut. Dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\mu_{prediksi} = Y + (A - Y) + (B - Y) + (C - Y) + (D - Y) \quad (10)$$

Keterangan,

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

A/B/C/D : nilai GRG yang optimal pada faktor A/B/C/D

8 Interpretasi hasil

a. Persen kontribusi

Persen kontribusi untuk mengetahui besarnya presentase kontribusi tiap faktor terhadap respon. Perhitungan persen kontribusi pada dasarnya adalah fungsi dari jumlah kuadrat dari masing-masing faktor yang signifikan.

$$\rho = \frac{SS_{ASS(total)}}{SS_{total}} \times 100\% \quad (11)$$

b. Interval kepercayaan eksperimen prediksi

$$CI = \pm \sqrt{F} \times MS_e \times \frac{1}{n_{eff}} \quad (12)$$

keterangan,

$n_{eff} = \text{jumlah total eksperimen} + \text{jumlah derajat kebebasan}$

F = nilai F tabel

MS_e = rata-rata kuadrat error

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Percobaan

Data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2. Setiap respon dilakukan dua kali pengulangan percobaan atau replikasi.

Tabel 2 Hasil Pengambilan Data Percobaan

Ekspe- rimen	LKE (mm ² /m)		KP (µm)	
	R1	R2	R1	R2
1	0,041	0,024	6,85	6,849
2	0,040	0,033	8,692	8,66
3	0,026	0,033	6,399	6,396
4	0,011	0,035	5,268	5,586
5	0,272	0,0233	7,003	7,169
6	0,130	0,066	8,315	8,158
7	0,070	0,062	6,85	6,849
8	0,033	0,051	8,692	8,66
9	1,169	0,879	6,399	6,396
10	0,391	0,407	5,268	5,586
11	0,086	0,233	7,003	7,169
12	0,056	0,066	8,315	8,158
13	2,610	2,361	6,85	6,849
14	0,973	1,119	8,692	8,66
15	0,712	1,585	6,399	6,396
16	0,224	0,235	5,268	5,586

Ekspe- rimen	LPM (mm ³ /m)		KPA (mm)	
	R1	R2	R1	R2
1	5,561	5,35	1,576	1,451
2	9,677	10,104	1,548	1,495
3	12,028	15,043	1,461	1,452
4	12,848	15,864	1,517	1,459
5	23,046	21,244	1,435	1,461
6	12,755	14,931	1,417	1,417
7	27,601	27,282	1,388	1,417
8	26,752	23,104	1,512	1,418
9	34,804	35,623	1,393	1,394
10	42,43	48,292	1,545	1,509
11	19,402	21,895	1,403	1,327
12	32,882	34,582	1,466	1,281
13	61,465	58,245	1,401	1,484
14	52,357	40,421	1,478	1,501
15	40,421	41,826	1,468	1,426
16	45,966	27,556	1,514	1,374

3.2 Analisa Data

1. Perhitungan Rasio S/N dan Normalisasi Rasio S/N

Untuk respon laju keausan elektroda dan kekasaran permukaan, perhitungan rasio S/N menggunakan rumus (2) dan normalisasi Rasio S/N menggunakan rumus (4). Untuk respon laju pemotongan material perhitungan Rasio S/N menggunakan rumus (1) dan perhitungan normalisasi Rasio S/N menggunakan persamaan (5). Sedangkan respon kedalaman pemotongan akhir dalam perhitungan Rasio S/N menggunakan persamaan (3) dan normalisasi Rasio S/N menggunakan persamaan (6).

2. Perhitungan Simpangan Deviasi dan Grey Relational Coefficient

Perhitungan simpangan deviasi menggunakan persamaan (7) dan untuk perhitungan GRC menggunakan persamaan (8).

Tabel 3 Perhitungan Rasio S/N, Normalisasi Rasio S/N, Simpangan Deviasi, dan GRC Masing-masing Respon

Eks.	Rasio S/N	Norma- lisasi Rasio S/N	Simpangan Deviasi	GRC
1	29,475	0,057	0,943	0,346
2	28,714	0,076	0,924	0,351
3	30,543	0,030	0,970	0,340
4	31,720	0,000	1,000	0,333
5	11,929	0,499	0,501	0,500
6	19,735	0,302	0,698	0,417
7	23,593	0,205	0,795	0,386
8	27,340	0,110	0,890	0,360
9	-0,292	0,808	0,192	0,722
10	7,979	0,599	0,401	0,555
11	15,109	0,419	0,581	0,463
12	24,264	0,188	0,812	0,381
13	-7,919	1,000	0,000	1,000
14	-0,412	0,811	0,189	0,725
15	-1,789	0,845	0,155	0,764
16	12,782	0,478	0,522	0,489

Tabel 4 Perhitungan Grey Relational Grade

Eks.	Rasio S/N	Norma-lisasi Rasio S/N	Simpangan Deviasi	GRC	Eks.	GRG	Rasio S/N GRG	Ranking
1	-16,713	0,325	0,675	0,325	1	0,091	-20,831	16
2	-18,766	0,655	0,345	0,655	2	0,105	-19,550	14
3	-16,120	0,229	0,771	0,229	3	0,110	-19,202	12
4	-14,695	0,000	1,000	0,000	4	0,094	-20,537	15
5	-17,009	0,372	0,628	0,372	5	0,156	-16,158	5
6	-18,315	0,582	0,418	0,582	6	0,113	-18,938	11
7	-15,785	0,175	0,825	0,175	7	0,109	-19,276	13
8	-16,374	0,270	0,730	0,270	8	0,113	-18,924	10
9	-17,687	0,481	0,519	0,481	9	0,142	-16,985	7
10	-19,230	0,730	0,270	0,730	10	0,147	-16,657	6
11	-19,291	0,739	0,261	0,739	11	0,124	-18,145	9
12	-19,672	0,801	0,199	0,801	12	0,132	-17,593	8
13	-18,739	0,651	0,349	0,651	13	0,198	-14,086	1
14	-19,824	0,825	0,175	0,825	14	0,166	-15,588	4
15	-19,716	0,808	0,192	0,808	15	0,191	-14,385	2
16	-20,911	1,000	0,000	1,000	16	0,174	-15,214	3
Total							-282,071	

Eks.	Rasio S/N	Norma-lisasi Rasio S/N	Simpangan Deviasi	GRC
1	14,732	0,000	0,453	0,333
2	19,898	0,248	0,547	0,399
3	22,468	0,372	0,449	0,443
4	22,997	0,397	0,606	0,453
5	26,928	0,586	0,576	0,547
6	22,744	0,385	0,693	0,449
7	28,768	0,675	0,809	0,606
8	27,864	0,631	0,528	0,576
9	30,932	0,779	0,676	0,693
10	33,079	0,882	1,000	0,809
11	26,250	0,554	0,811	0,528
12	30,553	0,761	0,763	0,676
13	35,533	1,000	0,673	1,000
14	33,112	0,884	0,453	0,811
15	32,300	0,845	0,547	0,763
16	30,481	0,757	0,449	0,673

Eks.	Rasio S/N	Norma-lisasi Rasio S/N	Simpangan Deviasi	GRC
1	21,072	0,311	0,391	0,429
2	28,525	0,430	0,445	0,477
3	43,925	0,674	0,260	0,623
4	27,742	0,417	0,437	0,472
5	34,711	0,528	0,365	0,527
6	Tidak didefinisikan	0	1,000	0,333
7	33,762	0,513	0,421	0,519
8	23,548	0,351	0,376	0,444
9	63,010	0,977	0,333	1,000
10	31,884	0,483	0,371	0,503
11	25,394	0,380	0,454	0,456
12	17,667	0,257	0,411	0,410
13	24,629	0,368	0,346	0,451
14	35,776	0,545	0,391	0,536
15	30,545	0,462	0,445	0,492
16	20,088	0,296	0,260	0,423

3. Perhitungan GRG

Grey Relational Grade adalah jumlah yang akan dihasilkan dari kombinasi empat respon. Pada percobaan ini, pemberian pembobotan disamaratakan yaitu sebesar 25% pada masing-masih respon. Adapun perumusan GRG dapat dilihat pada persamaan (9). Hasil perhitungan GRG dapat dilihat pada Tabel 4.

Dari hasil perhitungan GRG maka dapat disimpulkan bahwa yang mempunyai nilai maksimal ada;ah eksperimen yang memiliki nilai dari kombinasi faktor yang terbaik, yakni eksperimen ke-13.

4. Perhitungan ANOVA

Analisa variansi dilakukan ntuk mengetahui kontribusi level faktor yang signifikan dari parameter-parameter yang digunakan. Perhitungan ANOVA terdiri dari perhitungan derajat kebebasan (df), jumlah kuadrat (SS), kuadrat tengah (MS), dan F-value (F_{hitung}). Hasil dari perhitungan ANOVA dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Perhitungan ANOVA

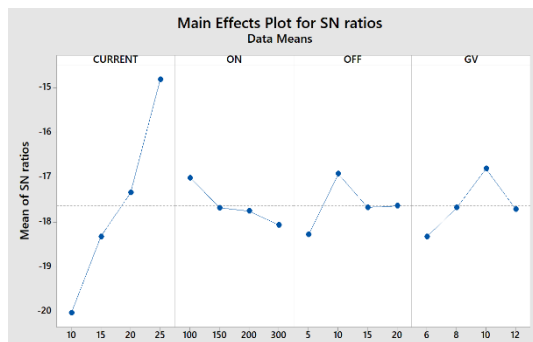
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value
Current	3	56,92	18,97	273,41
On Time	3	2,35	0,78	11,28
Off Time	3	3,72	1,24	17,85
Gap Voltage	3	4,65	1,55	22,36
Error	3	0,21	0,07	
Total	15	67,85		

Setelah perhitungan ANOVA dilanjutkan dengan penentuan faktor dan level yang menghasilkan respon optimum secara serentak. Kombinasi parameter optimum dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 1 Parameter Optimum

Level/ Parameter	Current (ampere)	On Time (µs)	Off Time (µs)	Gap Voltage (volt)
1	-20,797	-17,346	-18,641	-18,431
2	-19,555	-17,376	-17,541	-17,791
3	-16,443	-18,261	-17,568	-17,752
4	-15,232	-19,032	-18,279	-17,997
Max- Min	5,565	1,686	1,100	0,679
Ranking	1	4	3	2

Pada Tabel 6 dapat diketahui bahwa parameter current yang paling berpengaruh berada pada level 4 yaitu sebesar 25 ampere, untuk parameter on time yang paling berpengaruh yaitu level 1 sebesar 100 µs, untuk parameter off time yang paling berpengaruh pada level 2 sebesar 10 µs, sedangkan parameter gap voltage paling berpengaruh pada level 3 sebesar 10 v. Berikut Gambar 1 grafik level faktor respon serentak.



Gambar 1 Grafik Level Optimal Multirespon

5. Persen Kontribusi

Persen kontribusi digunakan untuk mengetahui besarnya porsi yang diberikan oleh masing-masing faktor terhadap total variansi yang diamati. Persen kontribusi dihitung dari hasil analisis variansi pada Tabel dilakukan dengan menggunakan persamaan (11).

Source	DF	Adj SS	Adj MS	SS [*]	ρ (%)
C	3	56,92	18,97	56,71	83,9%
ON	3	2,35	0,78	2,14	3,46%
OFF	3	3,72	1,24	3,51	5,48%
GV	3	4,65	1,55	4,44	6,86%
Error	3	0,21	0,07		0,31%
Total	15	67,85			100%

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang bisa didapat dari hasil penelitian ini diantaranya :

1. Setting kombinasi optimum parameter pada mesin EDM *Sinking* untuk mendapatkan laju keausan elektroda dan kekasaran permukaan yang minimum, laju pemotongan material yang maksimum, dan kedalaman pemotongan akhir yang sesuai target secara serentak pada material AISI H13 adalah *current* sebesar 25 ampere, *on time* sebesar 100 μs, *off time* sebesar 10 μs, dan *gap voltage* sebesar 10 volt.
2. Kontribusi parameter terhadap laju keausan elektroda, kekasaran permukaan, laju pemotongan material, dan kedalaman pemotongan akhir adalah *current* berkontribusi sebesar 83,90%, *on time* sebesar 3,46%, *off time* sebesar 5,48%, dan *gap voltage* sebesar 6,86%.

5. PUSTAKA

- [1] Prihadyanti, D. (2015). Pembelajaran Teknologi di Perusahaan Manufaktur Berintensitas Teknologi Tinggi dan Menengah-Tinggi. *Jurnal Manajemen Teknologi*: Vol.14, No.1.
- [2] Heizer, Jay dan Barry Render (2005). *Manajemen Operasi*, Edisi 7. Jakarta: Salemba 4.
- [3] 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.

- [4] 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.
- [5] Rakasita, R., Karuniawan, B. W., & Juniani, A. I. (2016). *Optimasi Parameter Mesin Laser Cutting Terhadap Kekasaran dan Laju Pemotongan Pada SUS 316L Menggunakan Metode Taguchi Grey Relational Analysis Method*. **Jurnal Teknik Industri**, Vol. XI, No. 2, pp.97–106.