



Optimasi Multirespon Purwarupa Electrical Discharge Machine (EDM) Menggunakan Metode Taguchi-Grey Relational Analysis

Angga Sateria¹, Eko Yudo², Zulfitriyanto³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat
angga@polman-babel.ac.id

Abstract

EDM is one of the nonconventional machining processes when making workpieces with conventional machining processes is difficult. This process has been used effectively in machining hard, high-strength and high temperature materials such as high speed steel (HSS) materials. In this study, prototype of EDM machines was carried out with engine variables such as current (A), pulse on time (μ s) and pulse off time (μ s). The material used is high speed steel (HSS) material used in cutting tools such as turning tools and milling tools. Surface roughness and material removal rate are responses observed to determine the quality of material removal. The quality characteristic of the surface roughness response is "smaller is better" and the quality characteristics of the material removal rate response is "larger is better. The purpose of this study is to determine the best process parameter level to achieve the required performance characteristics in the material removal process using prototype EDM machines using the gray relational analysis (GRA) method, three process parameters are selected such as current, pulse on time, and pulse off time. The taguchi 3 x 3 x 3 design is used as an experimental design. The best parameter level obtained is current 40 ampere, pulse on time 200 μ s, pulse off time 20 μ s.

Keywords: best setting parameters level; prototype of EDM; Taguchi-GRA method

Abstrak

EDM adalah salah satu proses pemesinan nonkonvensional yang tepat ketika pembuatan benda kerja dengan proses pemesinan konvensional sulit dilakukan. Proses ini telah digunakan secara efektif pada pemesinan material yang keras, berkekuatan tinggi dan tahan terhadap suhu tinggi seperti material high speed steel (HSS). Pada penelitian ini dilakukan uji coba purwarupa mesin EDM dengan variabel mesin yaitu arus (A), pulse on time (μ s) dan pulse off time (μ s). Material yang digunakan adalah material high speed steel (HSS) yang digunakan pada alat potong seperti pahat bubut dan cutter frais. Kekasaran permukaan dan laju pengikisan material adalah respon yang diamati untuk menentukan kualitas pengikisan benda kerja. Karakteristik kualitas dari respon kekasaran benda kerja adalah "semakin kecil semakin baik" dan karakteristik kualitas dari respon laju pengikisan material adalah "semakin besar semakin baik". Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan level parameter proses terbaik untuk mencapai karakteristik kinerja yang diperlukan dalam proses pengikisan material menggunakan purwarupa mesin EDM menggunakan metode grey relational analysis (GRA). Tiga parameter proses yang dipilih yaitu arus, pulse on time, dan pulse off time. Desain taguchi 3 x 3 x 3 digunakan sebagai desain eksperimen. Level parameter terbaik yang diperoleh adalah arus 40 ampere, pulse on time 200 μ s, pulse off time 20 μ s.

Kata kunci: metode Taguchi-GRA; purwarupa mesin EDM; setting level parameter terbaik

1. PENDAHULUAN

Kemajuan dalam bidang teknologi tersebut merupakan aspek sebuah pengetahuan yang mengharuskan kalangan pendidikan tinggi untuk dapat meningkatkan kemampuan dalam penguasaan teknologi terutama dibidang non conventional machining. EDM adalah salah satu proses pemesinan non konvensional yang tepat ketika pembuatan benda kerja dengan proses pemesinan konvensional sulit

dilakukan. Proses ini telah digunakan secara efektif pada pemesinan material yang keras, berkekuatan tinggi dan tahan terhadap suhu tinggi. Dalam beberapa dekade, EDM masih menjadi pilihan penting dalam proses manufaktur di industri karena proses EDM tidak dipengaruhi oleh kekerasan dan ketangguhan dari benda kerja [1].

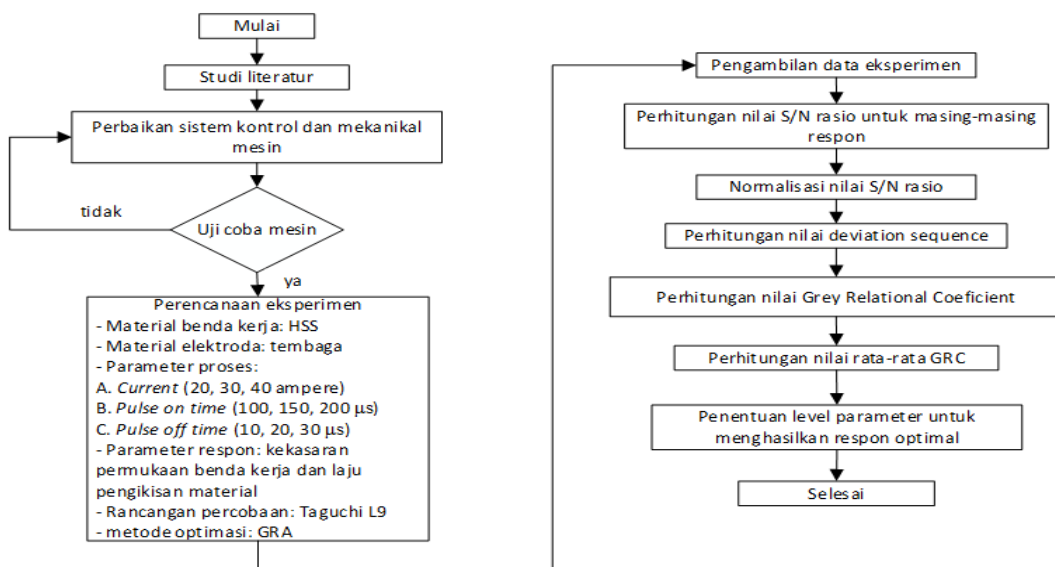
Material HSS merupakan material yang banyak digunakan pada alat potong seperti pahat bubut, pahat gurdi, tap dan snei, reamer serta pisau frais. Untuk membuat lubang pada material yang keras seperti material HSS tidak bisa dilakukan menggunakan proses pemesinan yang konvensional seperti proses gurdi. Hal tersebut bisa dilakukan dengan menggunakan proses non konvensional seperti proses EDM. Proses pembuatan lubang pada material yang keras menggunakan proses EDM menggunakan elektroda material tembaga. Elektroda dan benda kerja berada dalam cairan dielektrik yang pada dasarnya bersifat sebagai media isolator. Untuk membangkitkan efek loncatan bunga listrik, beda tegangan antara anoda (benda kerja) dan katoda (elektroda) harus melampaui dielectric breakdown voltage [2].

Pada proses EDM, Respon yang di amati adalah kekasaran permukaan dan laju pengikisan material. Kesalahan pemilihan parameter proses pemesinan EDM dapat mempengaruhi hasil kekasaran permukaan dan laju pengikisan material pada proses EDM. Pemilihan variabel proses untuk mencapai kinerja pemesinan yang optimal adalah hal yang sangat penting. Biasanya, variabel proses pemesinan EDM yang diinginkan ditentukan berdasarkan pengalaman dan buku pedoman. Namun hal ini tidak menjamin bahwa variabel proses yang dipilih menghasilkan kinerja mesin yang optimal atau mendekati optimal untuk mesin EDM tertentu. Penentuan kombinasi parameter proses pemesinan dengan menggunakan optimasi secara serentak dari beberapa respon cukup sulit dilakukan, karena harus melakukan rangkaian percobaan yang berjumlah besar dan kompleks. Metode Taguchi digunakan untuk optimasi pada satu respon. Optimasi untuk lebih dari satu respon akan didapatkan bila menggunakan metode taguchi yang dilanjutkan dengan menggunakan metode grey relational analysis (GRA)[3].

Dari hal-hal yang telah dipaparkan, penelitian ini akan melakukan ujicoba pengikisan material pada purwarupa mesin EDM. Material yang digunakan adalah material high speed steel (HSS), elektroda menggunakan material tembaga, rancangan percobaan menggunakan Taguchi dan metode optimasi menggunakan metode grey relational analysis (GRA). Tujuan penggunaan metode grey relational analysis (GRA) adalah untuk menentukan level parameter proses terbaik pada purwarupa mesin EDM untuk menghasilkan kekasaran permukaan yang minimal dan laju pengikisan material yang maksimal pada benda kerja HSS secara serentak.

2. METODE PENELITIAN

Langkah-langkah penelitian ini ditunjukkan pada diagram alir berikut:

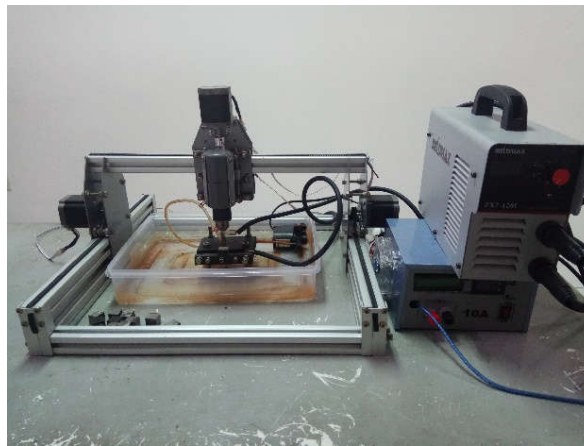


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1 Material dan skema pengujian

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah material *high speed steel* dengan ukuran 18x16x16 mm dengan berat 34 gram. Material ini digunakan pada alat potong seperti pada pahat bubut, pisau frais, mata bor dan reamer. Proses pengikisan benda kerja HSS dilakukan pada purwarupa mesin EDM dengan mengkombinasikan parameter mesin seperti arus, *pulse on time* dan *pulse off time*. Kekasaran permukaan benda kerja hasil proses EDM diukur menggunakan *surface roughness tester* mitutoyo SJ-210 dan laju pengikisan material (*material removal rate*) dihitung menggunakan persamaan (1). Gambar 2 menunjukkan skema proses pengikisan benda kerja pada purwarupa mesin EDM.

$$MRR = \frac{\text{Volume benda kerja yang terbuang}}{\text{waktu pemotongan}} \text{ (gram/min)} \quad (1)$$



Gambar 2. Skema Proses Pengikisan Benda Kerja Pada Purwarupa Mesin EDM

2.2 Desain Eksperimen.

Terdapat tiga parameter proses yang digunakan pada penelitian ini. Parameter proses yang dipilih adalah arus (*A*), *pulse on time* dan *pulse off time*. Parameter proses dan masing-masing level yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1. Pada desain eksperimen, masing-masing parameter proses mempunyai tiga level. Rancangan seperti ini bisa juga disebut desain Taguchi 3 x 3 x 3. Jumlah kombinasi faktor adalah sebanyak 9. Respon-respon yang diamati pada penelitian ini adalah kekasaran permukaan dan laju pengikisan material. Rancangan percobaan dan hasil percobaan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Parameter Proses Dan Masing-masing Level

Parameter proses	Unit	Level	Level	Level
		1	2	3
Arus (A)	amper	20	30	40
Pulse on time (P-on)	μs	100	150	200
Kecepatan makan (P-off)	μs	10	20	30

Tabel 2. Desain Eksperimen Dan Hasil Eksperimen

No	Parameter proses			Kekasaran Permukaan (μm)	Laju Pengikisan Material (g/min)
	A	P-on	P-off		
1	1	1	1	2,324	2,38
2	1	2	2	2,535	2,55
3	1	3	3	2,779	2,83
4	2	1	2	3,123	3,13
5	2	2	3	3,488	3,31
6	2	3	1	3,632	3,66
7	3	1	3	4,254	4,43
8	3	2	1	4,512	4,66
9	3	3	2	5,186	4,87

2.3 Optimasi Multirespon Menggunakan Grey Relational Analysis

2.3.1 Perhitungan rasio S/N untuk masing-masing respon

Rasio S/N merupakan rancangan untuk melakukan transformasi pengulangan data ke dalam suatu nilai yang merupakan ukuran variasi yang timbul. Nilai rasio S/N dihitung tergantung dari jenis karakteristik kualitas dari masing-masing respon. Respon kekasaran permukaan memiliki karakteristik semakin kecil semakin baik, dan rasio S/N dihitung dengan menggunakan persamaan 2. Respon laju pengikisan material memiliki karakteristik semakin besar semakin baik, dan rasio S/N dihitung dengan menggunakan persamaan 3.

1. Semakin kecil semakin baik

Adalah karakteristik kualitas dengan batas nilai 0 dan non-negatif sehingga nilai yang semakin kecil atau mendekati nol adalah nilai yang diinginkan. Rasio S/N untuk karakteristik ini dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

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

2. Semakin besar semakin baik

Adalah karakteristik kualitas dengan rentang nilai tak terbatas dan non-negatif sehingga nilai yang semakin besar adalah nilai yang diinginkan. Rasio S/N untuk karakteristik ini dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

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

Contoh perhitungan rasio S/N LPM dengan karakteristik kualitas respon semakin besar semakin baik pada kombinasi pertama adalah sebagai berikut.

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

$$S/N = -10 \log \left[\frac{\left(\frac{1}{2,38^2} \right)}{1} \right]$$

$$S/N = -10 \log 0,176$$

$$S/N = 7,531$$

2.3.2 Normalisasi Rasio S/N

Normalisasi dilakukan untuk mentransformasi nilai rasio S/N menjadi nilai yang besarnya antara nol sampai satu. Proses normalisasi dilakukan berdasarkan karakteristik kualitas respon rasio S/N. Cara yang digunakan untuk proses normalisasi sesuai dengan karakteristik variabel respon yang meliputi semakin besar semakin baik (*larger the better*), semakin kecil semakin baik (*smaller the better*) dan tertuju pada nilai tertentu (*nominal the best*). Persamaan yang digunakan dalam proses normalisasi untuk respon dengan karakteristik “semakin besar semakin baik” adalah [4]:

$$X_i^*(k) = \frac{X_i(k) - \min_{\forall k} X_i(k)}{\max_{\forall k} X_i(k) - \min_{\forall k} X_i(k)} \quad (4)$$

Proses normalisasi untuk respon dengan karakteristik “semakin kecil semakin baik” menggunakan persamaan sebagai berikut [4]:

$$X_i^*(k) = \frac{\max_{\forall k} X_i(k) - X_i(k)}{\max_{\forall k} X_i(k) - \min_{\forall k} X_i(k)} \quad (5)$$

dengan:

$$\max_{\forall k} X_i(k) = \text{Nilai terbesar dari } X_i(k)$$

$$\min_{\forall k} X_i(k) = \text{Nilai terkecil dari } X_i(k)$$

Contoh perhitungan normalisasi rasio S/N untuk respon LPM pada kombinasi pertama adalah sebagai berikut:

$$X_i^*(k) = \frac{X_i(k) - \min_{\forall k} X_i(k)}{\max_{\forall k} X_i(k) - \min_{\forall k} X_i(k)}$$

$$X_i^*(1) = \frac{7,531 - 7,531}{13,751 - 7,531}$$

$$X_i^*(1) = 0,000$$

2.3.3 Perhitungan Nilai Deviation Sequence

Nilai deviation sequence $\Delta_{0,i}(k)$ adalah selisih absolut antara nilai maksimum hasil normalisasi dari masing-masing respon. Deviation sequence dihitung dengan menggunakan persamaan 6. Contoh perhitungan nilai $\Delta_{0,i}(k)$ respon LPM pada kombinasi pertama adalah sebagai berikut:

$$\Delta_{0,i}(k) = |X_0(k) - X_i^*(k)| \quad (6)$$

$$\Delta_{0,i}(1) = |1 - 0|$$

$$\Delta_{0,i}(1) = 1$$

2.3.4 Perhitungan Grey Relational Coefficient (GRC)

GRC merupakan hubungan antara kondisi yang ideal dengan kondisi aktual respon dari nilai *deviation sequence* yang telah diperoleh. Nilai GRC dihitung berdasarkan nilai $\Delta_{0,i}(k)$ pada masing-masing responnya. Contoh perhitungan nilai GRC respon LPB pada kombinasi pertama adalah sebagai berikut:

$$\xi_i(k) = \frac{\Delta_{\min} + \zeta \Delta_{\max}}{\Delta_{0,i}(k) + \zeta \Delta_{\max}} \quad (7)$$

$$\xi_i(1) = \frac{0,000 + 0.5 \times 1,000}{1 + 0.5 \times 1,000}$$

$$\xi_i(1) = 0,3333$$

dengan:

$$\Delta_{\min} = \min_i \min_k \Delta_{0,i}(k)$$

$$\Delta_{\max} = \max_i \max_k \Delta_{0,i}(k)$$

$$\zeta = \text{Distinguish coefficient.}$$

Pada umumnya nilai *distinguish coefficient* diatur berdasarkan kebutuhan dan besarnya antara 0 dan 1. Nilai *distinguish coefficient* yang digunakan pada umumnya adalah 0,5 [5]. Nilai *grey relational coefficient* yang tinggi menunjukkan bahwa hasil eksperimen memiliki hubungan yang dekat dengan nilai normalisasi yang terbaik pada respon tersebut.

GRC untuk masing-masing respon diubah menjadi satu nilai multi-respon yang disebut Grey Relational Grade (GRG) dengan menggunakan metode Principal Component Analysis (PCA). Hasil perhitungan S/N rasio, normalisasi rasio S/N, Nilai Deviation Sequence, nilai Grey Relational Coefficient (GRC) dan nilai nilai Grey Relation Grade (GRG) untuk masing-masing respon pada setiap kombinasi ditunjukkan pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Nilai Rasio S/N, Normalisasi Rasio S/N, Nilai Deviation Sequence, Nilai Grey Relational Coefficient (GRC) Dan Nilai Grey Relation Grade (GRG) Untuk Masing-masing Respon.

Kombinasi	Rasio S/N		Normalisasi		Deviation Sequence		Grey Relational Coefficient (GRC)		Grey Relational Grade (GRG)
	KP	LPM	KP	LPM	KP	LPM	KP	LPM	
1	-7,324	7,531	0	0	1	1	0,333	0,333	0,333
2	-8,079	8,13	0,108	0,096	0,891	0,903	0,359	0,356	0,356
3	-8,877	9,035	0,222	0,241	0,777	0,758	0,391	0,397	0,397
4	-9,891	9,91	0,368	0,382	0,631	0,617	0,441	0,447	0,447
5	-10,852	10,39	0,505	0,46	0,494	0,539	0,502	0,481	0,483
6	-11,203	11,269	0,556	0,601	0,443	0,398	0,529	0,556	0,554
7	-12,576	12,928	0,753	0,867	0,246	0,132	0,669	0,79	0,781
8	-13,087	13,367	0,826	0,938	0,173	0,061	0,742	0,89	0,879
9	-14,297	13,75	1	1	0	0	1	1	1,000

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaturan level parameter terbaik

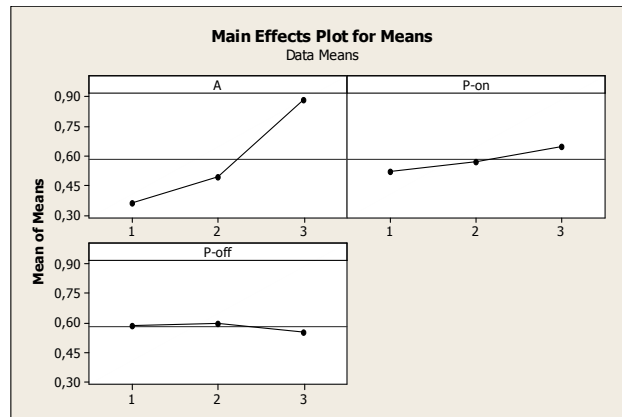
Penentuan setting level parameter terbaik dilakukan dengan menghitung rata-rata dari nilai Grey Relational Grade (GRG) untuk masing-masing parameter. Perhitungan rata-rata Grey Relational Grade (GRG) pada masing-masing level dari parameter proses ditunjukkan pada

Tabel .

Tabel 3 Rata-rata GRG pada masing-masing level parameter proses

Faktor	Ampere	Pulse on time	pulse off time
Level 1	0,3622	0,5205	0,5887
Level 2	0,4946	0,5726	0,6012
Level 3	0,8866	0,6503	0,5536
Delta	0,5243	0,1299	0,0475
Ranking	1	2	3

Plot untuk nilai rata-rata GRG pada masing-masing level dari parameter proses, yaitu amper (A), *pulse on time* (μ s), dan *pulse off time* (μ s) ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Plot Nilai Rata-rata GRG Pada Masing-masing Level Parameter

4. SIMPULAN

Pengaturan level parameter terbaik pada proses pengikisan benda kerja HSS pada purwarupa mesin EDM dengan menggunakan metode Grey relational Analysis (GRA) yang dapat meminimumkan respon kekasaran permukaan (KP) dan memaksimalkan respon laju pengikisan material (LPM) secara serentak adalah menggunakan arus pada level 3 yaitu 40 amper, pulse on time pada level 3 yaitu 200 μ s, pulse off time pada level 2 yaitu 20 μ s.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Muthuramalingama, T., Mohan, B., "review on influence of electrical process parameters in EDM process", Archives of Civil and Mechanical Engineering, Volume 15, Issue 1, Hal 87-94, 2015.
- [2]. Tzeng, Y. F. dan Chen, F. C., "Multi-Objective Optimization of High-Speed Electrical Discharge Machining Process Using a Taguchi Fuzzy-Based Approach," Journal of Materials and Design, Vol. 28, hal. 1159-1168, 2007
- [3]. Lin, J. L. dan Lin C. L., "The Use of Orthogonal Array with Grey Relational Analysis to Optimize the Electrical Discharge Machining Process with Multiple Performance Characteristics," International Journal of Machine Tools and Manufacture, Vol. 42, hal. 237-244, 2002.
- [4]. Huang, J. T. dan Liao, Y. S., "Optimization of Machining Parameters of Wire-EDM based on Grey Relational and Statistical Analysis," International Journal of Production Research, Vol 41, hal. 1707-1720, 2003.
- [5]. Durairaj, M., Sudarshun N, D. Swamynathan., "Analysis of Process Parameters in Wire EDM with Stainless Steel using Single Objective Taguchi Method and Multi Objective Grey Relational Grade", Proceeding of Engineering Vol. 64, hal. 868-877, 2013.