

## OPTIMASI PARAMETER PEMESINAN WIRE ELECTRIC DISCHARGE MACHINING BAJA PERKAKAS SKD 11 MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

Okik Aris Setiawan<sup>1\*</sup>, Dwi Djumhariyanto<sup>2</sup>, Santoso Mulyadi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37, Jember, 68121

<sup>2</sup>Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37, Jember, 68121

E-mail: \*okik.aris@gmail.com

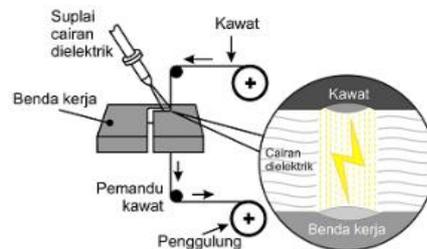
### ABSTRACT

Wire EDM merupakan salah satu pemesinan non konvensional yang saat ini banyak di gunakan di dunia industri manufaktur, karena mampu memproses benda kerja dengan material keras dan juga menghasilkan akurasi dimensi yang sangat baik. Penelitian ini dilakukan dengan variabel proses kuat arus, voltase dan wire speed. Sedangkan variabel respons adalah material removal rate dan lebar pemotongan (kerf). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh setiap faktor terhadap masing-masing respons maupun pada respons gabungan, serta mencari kombinasi parameter yang tepat untuk menghasilkan nilai respons yang optimal. Hasil penelitian menyatakan bahwa faktor kuat arus berkontribusi sebesar 89,84% dan faktor wire speed sebesar 8,26% terhadap respons lebar pemotongan(kerf). Faktor kuat arus berkontribusi sebesar 87,88% terhadap respons material removal rate. Sedangkan untuk respons gabungan, faktor yang berpengaruh adalah wire speed dengan kontribusi sebesar 92,79%. Kombinasi parameter optimal pada respons gabungan yaitu pada kuat arus 7 ampere, voltase 5 volt dan wire speed 10 m/s. Kesimpulan penelitian ini menginformasikan bahwa semakin kecil kuat arus akan semakin baik nilai lebar pemotongan, sedangkan kuat arus yang semakin besar akan menghasilkan material removal rate yang lebih tinggi. Faktor yang berpengaruh terhadap respons gabungan adalah wire speed, di mana kenaikan nilai wire speed akan meningkatkan nilai Grey Relational Grade dari respons gabungan.

Keywords : Wire EDM, Baja SKD 11, Taguchi, Optimasi

### PENDAHULUAN

Berkembangnya produk hasil manufaktur dengan kompleksitas bentuk dan tingkat akurasi tinggi mendorong pengembangan teknologi manufaktur di dunia industri. Produk manufaktur saat ini sulit untuk diproduksi menggunakan pemesinan konvensional, karena tuntutan profil produk yang rumit serta kekerasan material yang tinggi. Wire Electrical Discharge Machining merupakan salah satu proses pemesinan non konvensional yang saat ini banyak diaplikasikan di industri-industri medis, pesawat, otomotif dan pembuatan dies. Proses Wire EDM memanfaatkan energi termal dari loncatan bunga api, akibat perbedaan tegangan antara elektroda dan benda kerja yang bersifat konduktor di dalam suatu media dielektrik. Perbedaan tegangan yang tinggi tersebut akan mengakibatkan loncatan bunga api yang melelehkan sebagian kecil dari benda kerja. Pelelehan benda kerja tersebut akan membentuk geram yang akan dibawa keluar oleh aliran cairan dielektrik dan sebagian lain akan tertinggal di permukaan benda kerja membentuk lapisan *recast*[1]. Umumnya diameter elektroda yang digunakan adalah kurang dari 0,5 mm.



Gambar 1. Skema pemotongan pada sistem Wire EDM (Sigit Yoewono, 2002)

Baja SKD 11 merupakan salah satu baja yang memiliki tingkat kekerasan tinggi dan banyak digunakan sebagai *tools*. Selain itu baja SKD 11 juga memiliki sifat tahan aus yang tinggi dan sifat mampu mesin yang baik. Baja SKD 11 umumnya digunakan sebagai pisau potong, cetakan *deep drawing*, *drawing cones*, *compression moulding dies*.

Penelitian Wire EDM yang dilakukan Purnomo (2015) pada baja *Buderus 2080* dan variasi respons *material removal rate*, lebar pemotongan, kekasaran permukaan dan tebal lapisan *recast*, menyatakan bahwa parameter yang

berpengaruh adalah *on time* sebesar 63,2 %, *open voltage* sebesar 14,19%, *servo voltage* sebesar 6,45% dan *arc on time* sebesar 4,00%[2]. Handoko (2010) memvariasikan pengaruh *pulse on time*, *pulse off time* dan ketebalan bahan terhadap *material removal rate* dan kekasaran permukaan pada baja EMS 45. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap kenaikan 1 level ketebalan bahan meningkatkan nilai *material removal rate* sebesar 0.14 mm<sup>3</sup>/s dan menurunkan angka kekasaran permukaan sebesar 0.005 μm. Kenaikan 1 level parameter *pulse on* meningkatkan nilai *material removal rate* sebesar 0.054 mm<sup>3</sup>/s dan kekasaran permukaan sebesar 0.028 μm. Sedangkan untuk kenaikan 1 level parameter *pulse off* akan menurunkan *material removal rate* sebesar 0.033 mm<sup>3</sup>/s dan kekasaran permukaan sebesar 0.05 μm[3]. Pathya (2017) melakukan penelitian dengan menggunakan baja AISI D2 serta variabel respons yang digunakan yaitu *recast layer* dan kekasaran permukaan. Hasil studi menyatakan bahwa parameter *on time*, *open voltage* dan *wire speed* memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap optimasi *recast layer* dan kekasaran permukaan[4]. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui respons *material removal rate* dan lebar pemotongan serta optimasi kombinasi parameter yang tepat, akibat adanya pengaruh variasi kuat arus, voltase dan *wire speed*.

## METODOLOGI PENELITIAN

### a. Bahan

Material yang digunakan adalah baja SKD 11 dengan dimensi 300 mm x 50 mm x 5,5 mm. Baja SKD 11 memiliki kekerasan 58HRC hingga 60HRC. Kawat elektroda yang digunakan adalah jenis *brass wire* AC CUT VS 900 yaitu kawat berbahan kuningan dengan diameter 0,25 mm.

### b. Peralatan

#### 1) Mesin Wire-EDM

Mesin Wire-EDM yang digunakan pada adalah *Mitsubishi* BA8, dengan arah gerak lima sumbu (*x*, *y*, *z*, *u*, dan *v*), diameter kawat 0,1-0,3 mm dan dimensi benda kerja maksimal 700 mm x 550 mm x 215 mm[5].

#### 2) Profile projector

Pengukuran *kerf* dilakukan dengan menggunakan *Profile Projector*.

#### 3) Jangka sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur dimensi benda kerja.

### c. Rancangan Percobaan

Ada tiga parameter proses yang digunakan dalam percobaan ini, di mana setiap parameter proses pemesinan *wire* EDM memiliki tiga level pengaturan. Pengaturan level ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaturan level pada setiap parameter

No	Variabel proses	Satuan	Level 1	Level 2	Level 3
1	Arus (A)	Ampere	5	7	9
2	Voltase (V)	Volt	4	5	6
3	Wire Speed (WS)	mm/s	6	8	10

Sesuai dengan judul yang ada dia atas, desain eksperimen yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Taguchi dengan rancangan percobaan *orthogonal array* L<sub>9</sub> yang ditunjukkan pada Tabel 2. Untuk mengurangi faktor gangguan dilakukan replikasi sebanyak tiga kali.

Tabel 2. Rancangan percobaan *orthogonal array* L<sub>9</sub>

Kombinasi	Variabel		
	Arus	Voltase	Wire Speed
1	5	4	6
2	5	5	8
3	5	6	10
4	7	4	8
5	7	5	10
6	7	6	6
7	9	4	10
8	9	5	6
9	9	6	8

### d. Prosedur Percobaan

Percobaan dilakukan dengan mengambil data lebar pemotongan dan *material removal rate* pada setiap kombinasi faktor. Lebar pemotongan diukur menggunakan *profile projector*. Sedangkan *material removal rate* dalam proses *Wire-EDM* secara umum dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut[2].

$$MRR = \frac{\text{volume material terbuang}}{\text{waktu pemotongan}} \quad (1)$$

Setelah dilakukan proses pemotongan dan didapatkan nilai lebar pemotongan dan *material removal rate* pada masing-masing pemotongan, langkah selanjutnya adalah melakukan optimasi

untuk mengetahui kombinasi parameter yang tepat. Berikut ini merupakan langkah-langkah optimasi

menggunakan metode *Taguchi*:

a. Perhitungan S/N Rasio pada setiap respons

S/N Rasio digunakan untuk memilih parameter proses yang memiliki kontribusi pada pengurangan variasi suatu karakteristik kualitas respons[4]. S/N Rasio merupakan rancangan untuk melakukan transformasi pengulangan data ke dalam suatu nilai yang merupakan ukuran variasi yang timbul. Karakteristik kualitas respons optimal yang digunakan pada penelitian ini adalah semakin kecil semakin baik untuk nilai lebar pemotongan dan semakin besar semakin baik untuk *material removal rate*. Oleh karena itu, persamaan untuk menghitung S/N Rasio adalah [2]:

- Semakin kecil semakin baik:

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

- Semakin besar semakin baik:

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

Keterangan:

n = jumlah data

y = data respons pengamatan ke - i

Untuk analisis pengaruh faktor terhadap masing-masing respons, tahap selanjutnya adalah melakukan analisis varian (ANOVA), sedangkan untuk melakukan optimasi respons gabungan akan dilakukan tahap pendekatan dengan metode *grey relational analysis*.

b. Pendekatan *Grey Relational Analysis*

1) Melakukan normalisasi S/N Rasio

Normalisasi S/N Rasio bertujuan untuk mentransformasikan S/N Rasio sehingga bernilai antara 0 sampai dengan 1. Normalisasi S/N Rasio dapat dihitung dengan persamaan berikut[6]:

$$x_i^*(j) = \frac{x_i(j) - \min x_i(j)}{\max x_i(j) - \min x_i(j)} \quad (4)$$

Keterangan :

$x_i^*(j)$  = Normalisasi S/N Rasio pada percobaan ke-i dan respons ke-j

$x_i(j)$  = nilai S/N Rasio percobaan ke-i pada respons ke-j

i = banyaknya percobaan

j = banyaknya respons

2) Menghitung nilai delta

Nilai delta adalah jarak dari  $\Delta_{0i}(j)$  yang merupakan nilai mutlak dari perbedaan  $X_0$  dan  $X_i$  pada titik j. Nilai delta dapat dihitung sesuai dengan persamaan berikut[6]:

$$\Delta_{0i}(j) = |x_0^*(j) - x_i^*(j)| \quad (5)$$

Keterangan:

$x_0^*(j)$  = (diinversikan = 1, nilai paling besar normalisasi S/N Rasio,)

3) Menghitung nilai gamma atau *Grey Relational Coefficient* (GRC)

Nilai gamma atau *grey relational coefficient* digunakan untuk mengetahui hubungan dari S/N Rasio yang terbaik dengan S/N Rasio normalisasi aktual. Nilai gamma dihitung sesuai dengan persamaan berikut[6]:

$$\gamma_i^*(j) = \frac{\Delta \min + \zeta \Delta \max}{\Delta_{0i}(j) + \zeta \Delta \max} \quad (6)$$

Keterangan :

$\zeta$  = koefisien pembeda, pada umumnya diambil  $\zeta = 0,5$

4) Menghitung *Grey Relational Grade* (GRG)

Nilai *Grey Relational Grade* adalah bobot penjumlahan *grey relational coefficient*. *Grey Relational Grade* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut [6]:

$$\Gamma_{0i}(j) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \gamma_{0i}(j) \quad (7)$$

Keterangan:

$\gamma_{0i}(j)$  = Nilai gamma setiap respons

c. Analisis Variansi (ANOVA)

Analisis varian digunakan untuk menentukan besar kecilnya pengaruh dari masing-masing parameter terhadap respons[4]. Pada penelitian ini, analisis variansi dilakukan pada S/N Rasio untuk respons tunggal, sedangkan *Grey Relational Grade* untuk respons gabungan. Persen kontribusi menunjukkan porsi masing-masing faktor terhadap total variansi yang diamati. Jika persen kontribusi *error* kurang dari 15%, maka tidak ada faktor yang berpengaruh terabaikan tetapi jika persen kontribusi *error* lebih dari lima belas persen mengindikasikan ada faktor yang berpengaruh terabaikan sehingga *error* yang terjadi terlalu besar[2].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil percobaan yang diambil pada penelitian ini adalah

Tabel 3. Hasil percobaan dan S/N Rasio untuk respons lebar pemotongan dan *material removal rate*

No	Variabel			Respons			
	A	v	ws	Kerf (mm)	S/N Rasio	MRR (mm <sup>3</sup> /menit)	S/N Rasio
1	5	4	6	0,276	11,178	5,725	15,104
2	5	5	8	0,277	11,161	6,313	15,941
3	5	6	10	0,273	11,284	6,274	15,937
4	7	4	8	0,281	11,039	7,547	17,555
5	7	5	10	0,278	11,109	7,910	17,956
6	7	6	6	0,284	10,920	7,133	17,041
7	9	4	10	0,288	10,802	8,945	18,505
8	9	5	6	0,294	10,636	8,188	17,768
9	9	6	8	0,292	10,686	7,809	17,829

Untuk respons gabungan dilakukan pendekatan dengan menggunakan metode *grey relational analysis*, sehingga didapatkan nilai *Grey Relational Grade* seperti tercantum pada Tabel 4.

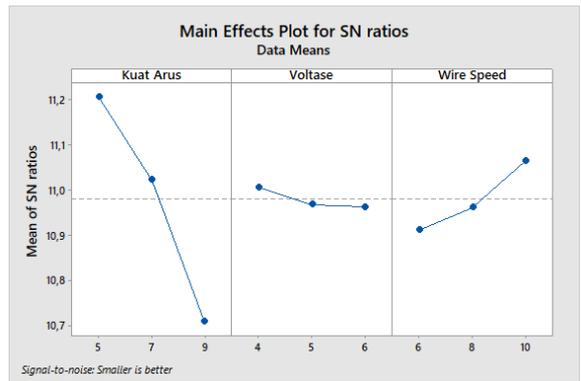
Tabel 4. Nilai *Grey Relational Grade* respons gabungan

Kombinasi	Nilai <i>Grey Relational Grade</i>
1	0,544
2	0,562
3	0,699
4	0,606
6	0,504
7	0,701
8	0,516
9	0,533

Tabel 5, Tabel 6 dan Tabel 7 menunjukkan hasil analisis variansi dari S/N Rasio setiap respons dan respons gabungan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui parameter proses yang berpengaruh secara signifikan terhadap setiap variabel respons. Penelitian ini menggunakan *level of significant* ( $\alpha$ ) sebesar 5%, sehingga *P-value* harus kurang dari 5% agar dianggap berpengaruh.

Tabel 5. Hasil analisis variansi untuk respons lebar pemotongan

Variabel Proses	d	SS	MS	F	P
Kuat Arus	2	0,38281	0,19140	243,91	0,004
Voltase	2	0,00338	0,00169	2,15	0,317
Wire Speed	2	0,03661	0,01831	23,33	0,041
Error	2	0,00157	0,00079		
Total	8	0,42436			

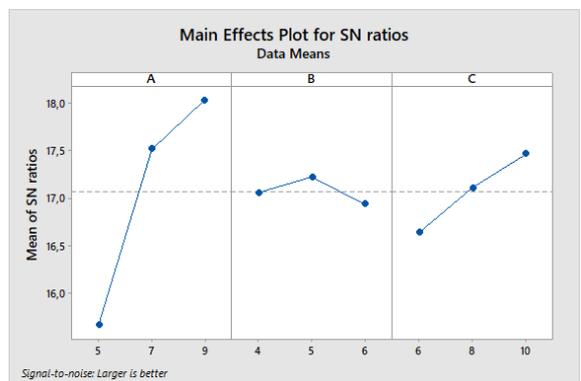


Gambar 2. *Main effect plot S/N Ratio* respons lebar pemotongan

Berdasarkan Tabel 5 diketahui bahwa hanya faktor kuat arus dan *wire speed* yang berpengaruh signifikan terhadap respons lebar pemotongan (*P-value* < 5%). Gambar 2 memperlihatkan bahwa kuat arus yang semakin besar akan menghasilkan lebar pemotongan yang buruk. Sedangkan *wire speed* yang lebih besar akan menghasilkan lebar pemotongan yang semakin baik. Faktor voltase tidak terjadi perubahan signifikan di antara perbedaan levelnya.

Tabel 6. Hasil analisis variansi untuk respons *material removal rate*

Variabel Proses	d	SS	MS	F	P
Kuat Arus	2	9,34755	4,6738	153,473	0,006
Voltase	2	0,12383	0,0619	2,033	0,330
Wire Speed	2	1,03459	0,5173	16,986	0,056
Error	2	0,06091	0,0305		
Total	8	10,5669			



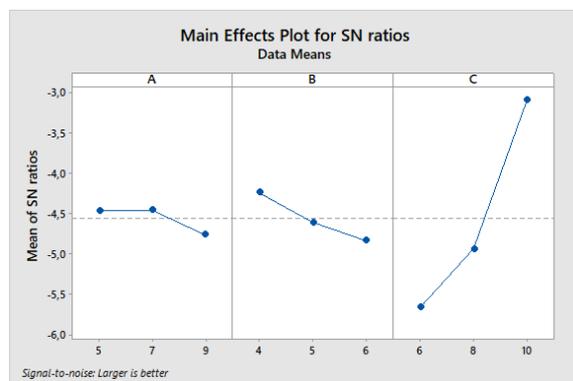
Gambar 3. *Main effect plot S/N Ratio* respons *material removal rate*

Berdasarkan Tabel 6 diketahui bahwa yang berpengaruh signifikan terhadap respons *material removal rate* hanya faktor kuat arus (*P-value* <

5%). Gambar 3 memperlihatkan bahwa kuat arus yang semakin besar akan menghasilkan *material removal rate* yang semakin baik. Faktor voltase tidak terjadi tren naik atau turun. Sedangkan *wire speed* yang semakin tinggi akan menghasilkan *material removal rate* yang semakin baik.

Tabel 7. Hasil analisis varian untuk respons gabungan

Variabel Proses	df	SS	MS	F	P
Kuat Arus	2	0,00078	0,0004	1,485	0,402
Voltase	2	0,00221	0,0011	4,266	0,191
<i>Wire Speed</i>	2	0,05229	0,0261	100,207	0,010
Error	2	0,00052	0,0003		
Total	8	0,05579			



Gambar 4. Main effect plot S/N Ratio respons gabungan

Berdasarkan Tabel 7 diketahui bahwa hanya faktor *wire speed* yang berpengaruh signifikan terhadap ( $P\text{-value} < 5\%$ ). Gambar 4 memperlihatkan bahwa *wire speed* yang semakin besar akan menghasilkan nilai *Grey Relational Grade* (GRG) yang semakin tinggi. Faktor voltase yang semakin kecil memberikan hasil yang semakin baik. Sedangkan kuat arus cenderung tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap respons gabungan.

## KESIMPULAN

1. Parameter penelitian yang berpengaruh signifikan terhadap respons dimensi lebar pemotongan (*kerf*) yaitu kuat arus dan *wire speed*. Kuat arus berkontribusi sebesar 89,84% sedangkan *wire speed* berkontribusi sebesar 8,26%. Untuk respons *material removal rate* (MRR) parameter yang berpengaruh signifikan

yaitu faktor kuat arus, yang kontribusi sebesar 87,88% .

- Kondisi optimal *setting* parameter untuk respons dimensi lebar pemotongan (*kerf*) yaitu dengan kombinasi parameter kuat arus 5 ampere, voltase 6 volt dan *wire speed* 10 m/s, didapatkan *kerf* optimum sebesar 0,273 mm. Untuk respons *material removal rate* (MRR) yaitu pada kombinasi parameter kuat arus 9 ampere, voltase 4 volt dan *wire speed* 10 m/s, didapatkan *material removal rate* terbesar yaitu 8,94 mm<sup>3</sup>/min.
- Parameter penelitian yang berpengaruh signifikan terhadap respons gabungan adalah faktor *wire speed* dengan kontribusi sebesar 92,79%. Kondisi optimal *setting* parameter untuk respons gabungan yaitu dengan kombinasi parameter kuat arus 7 ampere, voltase 5 Volt dan *wire speed* 10 m/s. Hasil *setting* parameter tersebut didapatkan *Grey Relational Grade* terbesar yaitu 0,703.

## DAFTAR PUSTAKA

- Martowibowo, Sigit Yoewono dan Adriansyah. 2007. *Optimisasi Proses Pemesinan Edm Wire Cut untuk Modus Gerak Sirkular Menggunakan Algoritma Genetik*. Jurnal Teknik Mesin Vol. 22, No. 2, Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Bandung, hal. 62-68
- Purnomo, Dhika Aditya. 2015. "Optimasi Multi Respon pada Proses Pemesinan Wire Electrical Discharge Machining (Wedm) Baja Perkakas Buderus 2080 dengan Menggunakan Metode Taguchi-Grey-Fuzzy" Tidak Diterbitkan, Thesis. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Setiawan, Handoko. 2010. *Pengaruh Pulse On, Pulse Off, dan Ketebalan Bahan Terhadap MRR dan Kekasaran Permukaan pada Proses Pemotongan Baja EMS-45 dengan Mesin Wire EDM*. Tidak Diterbitkan, Surabaya: Ubaya
- Pathya dan Bobby O.P.O. 2017. *Optimasi Multi Respon Proses Wire-EDM Menggunakan Metode Taguchi Logika Fuzz*. Teknik Mesin – Institut Teknologi Indonesia Vol. 1, No. 1, hal 6-11
- Mitsubishi Electric. 2012. *Instruction Manual Book Wirecut BA 8*. Mitsubishi Electric Europe B.V. Branch of Germany Co., Ltd.
- Wulandari, Annisa Ayu, Triastuti W., Dwi Ispriyanti. 2016. Penerapan Metode Taguchi Untuk Kasus Multirespon Menggunakan Pendekatan *Grey Relational Analysis* dan *Principal Component Analysis*. Jurnal Gaussian Universitas Diponegoro, Vol. 5, No. 4, Tahun 2016, 791-800

