

## PENGARUH PARAMETER WIRE CUT EDM TERHADAP LAJU PEMBUANGAN MATERIAL DAN KEAUSAN KAWAT

Dhimas Ilhamsyah<sup>1</sup>, M Fahrur Rozy Hentihu<sup>2</sup>, Franciscus Xaverius Kristianta<sup>2</sup>, Ahmad Adib Rosyadi<sup>2</sup>, Hari Arbiantara Basuki<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

<sup>2</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember  
e-mail: fahrur.teknik@unej.ac.id

### ABSTRACT

*To improve the performance of the WEDM process, it is necessary to adjust the WEDM parameter settings to optimize the material removal rate (MRR) by decreasing the electrode wire wear (TWR) value. Using SKD 61 steel as the material, the impact of peak current, voltage open, and wire tension on material removal rate and tool wear ratio is used to estimate the ideal level parameters. The study's findings should be able to offer suitable parameter settings for WEDM work. Peak current ( $I_p$ ) of 63.7%, wire tension of 31.4%, and open voltage of up to 1.9% are the machining parameters that impact the material removal rate (MRR) in the wire cut electrical discharge machine process sequentially. Open voltage, which contributes 54.4%, the wire tension parameter, which contributes 36.5%, and the peak current ( $I_p$ ) parameter, which contributes 7.8%, are the machining parameters that have the most significant cumulative influence on the tool wear ratio (TWR). Peak current parameter at level 3 (9A), open voltage parameter at level 1 (5V), and wire tension parameter at level 2 (8N) are the ideal settings for MRR and TWR, resulting in MRR values of 9.861 mm<sup>3</sup>/min and TWR as high as 0.078. The study's findings usually show that higher wire tension and peak currents enhance material removal rates because the jumps of sparks produce tremendous energy. In contrast to how to open voltage and wire tension affect the wear value of the wire, thicker wires erode more quickly because more tremendous energy is generated, necessitating ideal conditions for both responses. The results of the optimization of the two responses are produced by raising the maximum peak current, lowering the minimum open voltage, and figuring out the ideal wire tension.*

*Keywords: Wire Cut Electrical Discharge Machine, Material Removal Rate, Tool Wear Ratio.*

### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang terus berkembang menyebabkan tuntutan dari industri untuk meningkatkan produktivitas guna memenuhi kebutuhan industri. Untuk memenuhi kebutuhan industri maka diperlukan proses-proses manufaktur yang mampu melakukan proses permesinan dengan baik. Salah satu proses permesinan yang sedang berkembang pesat saat ini adalah penggunaan *Wire Cut Electrical Discharge Machine* (WEDM). Pengembangan WEDM bertujuan untuk mempercepat produksi skala besar dengan kualitas produk yang baik untuk meningkatkan produktivitas dan memenuhi kebutuhan industri. Teknologi WEDM digunakan untuk memotong benda yang memiliki kekerasan tinggi dan tidak proses

tersebut tidak dimungkinkan menggunakan pemesinan konvensional karena dibutuhkan tingkat kepresisian yang tinggi dengan hasil yang baik dari segi kekasaran permukaan pasca hasil pemotongan. Selain itu, penggunaan WEDM tidak membuang terlalu banyak material seperti pada pemesinan tradisional, sehingga jumlah objek yang akan dipotong dapat dioptimalkan. Seiring berjalannya waktu, WEDM harus mampu memotong objek dengan waktu pengerjaan yang efisien dan hasil yang baik dalam sekali proses tanpa perlu finishing tambahan seperti pada permesinan konvensional. Penggunaan WEDM juga dapat diterapkan untuk membuat roda gigi dengan tingkat kekerasan tinggi tanpa adanya perlakuan panas, dan inilah menjadi alasan utama mengapa penggunaan WEDM banyak diminati oleh

banyak pengguna meskipun biaya pengerjaan menggunakan proses WEDM relatif lebih mahal dibandingkan dengan proses konvensional akan tetapi hasil yang didapatkan jauh lebih baik dari proses permesinan konvensional.

Kajian WEDM sebelumnya dilakukan oleh Tosun N (2003) dengan respon keausan kawat. Parameter yang digunakan adalah durasi pulsa, tegangan rangkaian terbuka, kecepatan kawat dan tekanan pencucian dielektrik, yang dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi durasi pulsa dan tegangan rangkaian terbuka, semakin tinggi nilai rasio keausan kawat. Di sisi lain, peningkatan kecepatan kawat dan tekanan siram dielektrik mengakibatkan penurunan nilai keausan kawat. Penelitian Goswami A (2014) [] menyebutkan bahwa laju pembuangan material meningkat saat *pulse on time*, *peak current* dan *wire tension* meningkat dan dari parameter-parameter tersebut, parameter *pulse on time* memiliki pengaruh terbesar. Di penelitian yang sama juga didapatkan laju keausan kawat dipengaruhi oleh *pulse on time*, *pulse off time* dan *peak current*. Penelitian S.S Mahapatra (2007) menghasilkan kesimpulan bahwa semakin besar arus menyebabkan laju pembuangan material semakin besar. Penelitian R. Ramakrishnan (2006) menyebutkan bahwa peningkatan *wire tension* menyebabkan nilai laju keausan kawat meningkat sehingga memicu terjadinya putusnya kawat elektroda.

## METODOLOGI

Dalam penelitian ini, akan dilakukan proses optimasi parameter WEDM untuk mendapatkan hasil Laju Pembuangan Material (LPM) dan Laju Keausan Kawat (LKK) yang optimal.

### Parameter WEDM

Pada proses WEDM terdapat banyak parameter proses yang di perlu diperhatikan, seperti parameter *on time*, *off time*, *voltage open*, tegangan kawat, *wire speed*, *feed rate*, jenis kawat, dan cairan dielektrik. Setiap parameter berkontribusi terhadap hasil benda kerja yang akan dihasilkan sehingga perlu untuk melakukan setting yang tepat terhadap parameter-parameter tersebut agar memperoleh hasil yang optimum. Untuk lebih jelasnya terkait parameter-parameter tersebut ada pada pembahasan berikut:

#### A. Off Time

Parameter *off time* adalah waktu dimana tidak terjadinya loncatan bunga api listrik dan dinyatakan dalam  $\mu s$ , dalam kisaran level 1-199. Pada proses ini terjadi pengisian arus listrik yang akan disimpan kedalam kapasitor. Menurut Martowibowo (2007) Semakin besar nilai *off time* maka kecepatan pemesinan semakin rendah. Pada penelitian Goswami A., Kumar J (2014) membuktikan bahwa semakin besar nilai *off time* maka laju pembuangan material semakin menurun. Hal ini disebabkan dengan naiknya *off time* maka jeda loncatan bunga api semakin tinggi sehingga nilai keausan kawat juga menurun.

#### B. On Time

Menurut Darsin (2010), parameter *On Time* adalah waktu dimana terjadinya loncatan bunga api listrik melalui celah, dan dinyatakan dalam  $\mu s$  dengan interval 1-1200. Semakin besar nilai *On Time* maka waktu loncatan bunga api semakin besar pula. Tetapi ada batas nilai *On Time* yang bergantung pada nilai kapasitor.

#### C. Pulse current

Arus pulsa atau parameter arus adalah besarnya arus yang mengalir pada kawat elektroda untuk menimbulkan percikan api sehingga dapat melelehkan logam. Arus yang tinggi dapat mempercepat proses pemotongan karena arus yang tinggi meningkatkan jumlah bunga api yang dihasilkan, sehingga laju penyingkiran material menjadi lebih tinggi. Nilai keausan kawat elektroda berbanding terbalik dengan laju pelepasan material, yaitu semakin tinggi arus, semakin besar keausan kawat elektroda.

#### D. Voltage Open

Parameter *Voltage Open* berkaitan dengan tegangan listrik yang melalui kawat dalam volt saat proses pemotongan. Tegangan ini bisa diatur sesuai kebutuhan dan pada mesin WEDM MITSUBISHI BA8 yang dipakai dalam penelitian ini, memiliki level 1-16. Pada penelitian Tosun (2003) berpendapat, semakin besar nilai *voltage open* maka nilai kekasaran juga meningkat. Hal ini disebabkan tingginya energi pada kawat elektroda. Sehingga dengan tingginya nilai kekasaran maka nilai laju pembuangan material juga semakin besar.

#### E. Tegangan Kawat

Parameter keketaan benang merupakan salah satu parameter yang berperan dalam menentukan kualitas produk. Pengaturan nilai tegangan kawat mempengaruhi pemandu intan atas dan pemandu intan bawah saat memegang kawat elektroda pada struktur penahan kawat WEDM, sehingga dapat menyebabkan getaran pada kawat elektroda saat menggores benda kerja. Getaran kawat yang tidak stabil dan dikombinasikan dengan gaya kompresi kawat selama pengikisan benda kerja juga dapat mempengaruhi keakuratan hasil pemotongan. Dengan kata lain, penentuan tegangan kawat elektroda akan mempengaruhi tingkat getaran kawat elektroda, yang akan berpengaruh pada hasil penyimpangan lebar pemotongan produk. Sehingga menurut Susanto (2015) proses ini secara tidak langsung mempengaruhi nilai laju pembuangan material benda kerja.

**Laju Pembuangan Material**

Laju pembuangan material (*Material Removal Rate*) didefinisikan sebagai jumlah material yang dihilangkan dari benda kerja per satuan waktu. LPM dapat dihitung dari volume pemindahan material atau dari perbedaan berat benda kerja, sebelum dan sesudah pemesinan. Fenomena ini adalah indikasi seberapa cepat atau lambat laju pemesinan dan parameter kinerja penting dalam WEDM. Produktivitas pemesinan yang lebih tinggi seiring dengan dicapainya akurasi yang tinggi dan kekasaran permukaan yang diinginkan. LPM sangat tergantung pada parameter proses. Parameter *off time*, *on time*, *voltage open* berpengaruh signifikan terhadap nilai LPM. Selain parameter kelistrikan tersebut, parameter nonlistrik lainnya dan sifat material juga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap LPM.

**Laju Keausan Kawat**

Laju Keausan Pahat (TWR) merupakan respon keluaran dari proses WEDM yang berhubungan dengan kawat elektroda. Kawat elektroda yang diterima oleh arus listrik menyebabkan bagian tergores oleh percikan api, yang menimbulkan energi yang disebabkan oleh pengikisan bahan benda kerja dan kawat elektroda. Goresan benda kerja juga menyebabkan keausan atau keausan pada kawat elektroda, semakin besar pengikisan

benda kerja maka semakin besar pengikisan kawat elektroda tersebut.

**Variabel Penelitian**

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data yang diperoleh dari hasil percobaan. Variabel-variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Variabel Bebas:

*Peak current* ( $I_p$ ), *Voltage Open* ( $V_o$ ) dan *Wire Tension*

Variabel Respon:

Laju pembuangan material (LPM) dan Laju Keausan Kawat (LKW)

Variabel Konstan:

*Off time*, *On time*, *Wire speed*, Polaritas, Jenis Cairan dielektrik, Flushing pressure, dan Jenis Elektroda

Material yang digunakan adalah Baja SKD 61

Level-level yang ditentukan pada setiap variabel proses yang digunakan pada proses WEDM tercantum pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Variabel-variabel Proses dan level yang digunakan

Kode	Variabel proses	Satuan	Level 1	Level 2	Level 3
A	<i>Peak current</i> ( $I_p$ )	A	6	8	9
B	<i>Voltage Open</i> ( $V_o$ )	V	5	7	9
C	<i>Wire Tension</i>	N	6	8	10

Rancangan penelitian yang terkait dengan parameter yang dipakai dalam proses penelitian dan menggunakan dasar teori metode Taguchi di tabelkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. Rancangan Penelitian

No. Percobaan	Parameter kendali		
	IP setting	Voltage Open	Wire tension
1	6	5	6
2	6	7	8
3	6	9	10
4	8	5	8
5	8	7	10
6	8	9	6
7	9	5	10
8	9	7	6
9	9	9	8

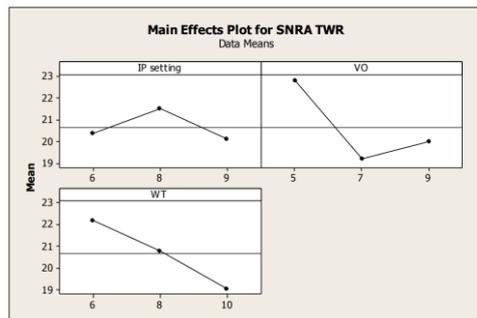
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Seluruh data pada penelitian ini dimasukkan kedalam tabel 3.

Tabel 3. Data hasil perhitungan S/N Ratio

Komb.	Parameter Kontrol			MRR (mm <sup>3</sup> /min)	TWR
	Ip setting	Voltage open	Wire tension	S/N	S/N
1	6	5	6	16,052	23,911
2	6	7	8	16,871	19,021
3	6	9	10	14,772	18,238
4	8	5	8	17,911	23,895
5	8	7	10	15,322	18,252
6	8	9	6	16,71	22,345
7	9	5	10	18,257	20,658
8	9	7	6	18,205	20,28
9	9	9	8	19,85	19,37
Rata-rata				17,106	20,663

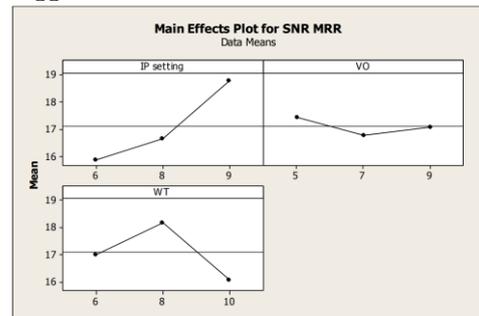
Analisis penelitian ini didasarkan pada dua respon yang diteliti, LPM dan LKK. Ada dua jawaban yang berbeda yaitu lebih kecil lebih baik untuk LKK dan lebih besar lebih baik untuk LPM.



Gambar 1 Plot S/N terhadap Keausan Kawat

Hasil analisis LKK pada Gambar 1 menunjukkan bahwa parameter *open voltage* berpengaruh paling signifikan terhadap respon LKK yang ditunjukkan dengan nilai S/N tertinggi menurut kajian Tosun (2003). Parameter *wire tension* menunjukkan bahwa semakin tinggi level tegangan kabel, semakin rendah nilai rasio S/N dan semakin tinggi nilai LKK, karena semakin rendah respons LKK semakin baik. Penurunan tegangan benang disebabkan semakin tinggi *wire tension* maka semakin rendah sehingga nilai keausan kawat meningkat menurut penelitian Goswami (2014). Parameter *peak current* menunjukkan peningkatan pada grafik pada level 2 sehingga nilai rasio S/N meningkat yang berarti nilai LKK menurun dan nilai S/N menurun pada level 3. Peningkatan *peak current* yang signifikan, menyebabkan nilai keausan (LCK) meningkat. Peningkatan *peak*

*current* level 2 menyebabkan energi terkonsentrasi pada benda kerja, yang mengurangi erosi pada kawat elektroda. Keadaan ini berbeda ketika *peak current* dinaikkan kembali pada level 3, dimana penurunan nilai rasio S/N terlihat semakin tinggi nilai keausan.



Gambar 2 Plot S/N terhadap Laju Pembuangan Material

Respon laju pembuangan material pada Gambar 2 menunjukkan bahwa parameter *peak current* dinaikkan pada setiap level yang berarti nilai LPM meningkat, karena menggunakan properti semakin tinggi semakin baik, sehingga dapat disimpulkan semakin tinggi adalah. Semakin tinggi nilai *peak current* maka semakin tinggi arus yang mengalir akibat peningkatan laju disipasi energi melalui kawat elektroda, kondisi ini sesuai dengan penelitian Goswami (2014) dan Mahapatra (2007). Parameter *wire tension* juga menunjukkan peningkatan grafis pada level kedua, tetapi menurun pada level ketiga. Hal ini menunjukkan bahwa nilai LPM meningkat pada kondisi tertentu, peningkatan tegangan kawat menyebabkan penurunan vibrasi, membuat percikan lebih stabil, tetapi peningkatan *wire tension* yang terlalu tinggi menyebabkan penurunan LPM. getaran yang dihasilkan sangat minim sehingga luasan percikan api berkurang, kondisi ini sesuai dengan penelitian Ramakrishnan (2006). Parameter *open voltage* laju limbah material menurun, sementara LPM sebenarnya meningkat sebagai akibat dari energi yang dihasilkan lebih tinggi. Berdasarkan referensi penelitian Tosun (2003), peningkatan *open voltage* dapat meningkatkan LPM, perbedaan kondisi ini disebabkan perbedaan level parameter, dimana hanya 2 level parameter tegangan bukaan yang digunakan dalam publikasi referensi.

Kombinasi optimum dihasilkan dari parameter *peak current* level 3, parameter *voltage open* level 1 dan *wire tension* level 2. Kondisi ini berbeda dari pengaruh parameter pada satu respon baik laju pembuangan material maupun keausan kawat. Prinsip dasar optimasi pada penelitian ini adalah membandingkan nilai dari kedua respon yang diteliti yaitu respon LPM dan respon LKK menggunakan metode taguchi-pcr topsis sehingga diperoleh hasil akhir berupa nilai *Process Capability Ratio* (PCR). Dari nilai PCR inilah yang akan menunjukkan kondisi optimum dari respon tersebut. Untuk lebih detailnya pengaruh setiap parameter terhadap kedua respon adalah sebagai berikut:

a. Parameter *peak current* memiliki pengaruh paling signifikan terhadap laju pelepasan material dan keausan kawat. Keadaan ini dapat dilihat pada plot PCR yang meningkat seiring dengan peningkatan level parameter. Titik optimal adalah pada parameter level puncak arus 3, artinya semakin tinggi arus tidak berpengaruh signifikan terhadap keausan kawat, sehingga semakin tinggi arus maka semakin banyak energi yang terkonsentrasi pada benda kerja, bukan berarti kawat tersebut nilai keausan tidak akan meningkat, namun peningkatan keausan kawat tidak terlalu terlihat.

b. Meningkatnya parameter *voltage open* menyebabkan nilai PCR menurun, yang artinya energi yang meningkat menyebabkan fokus pemotongan menyebar, sehingga tidak dapat dipungkiri bahwa kawat elektroda mengalami pengikisan yang signifikan selama proses pemotongan. Namun ada peningkatan pada level maksimal yang tidak begitu signifikan. Hal ini disebabkan meningkatnya nilai tingkat pemindahan material. Kondisi ini dikonfirmasi berdasarkan analisis pengaruh LKK, dimana kelonggaran tegangan mempengaruhi hasil pemotongan berupa pola tertentu.

c. Parameter *wire tension* mempengaruhi nilai PCR, yang dinyatakan sebagai peningkatan level 2 pada kondisi optimal. Analisis tegangan kawat berhubungan dengan vibrasi kawat elektroda. Meningkatkan level parameter mengurangi getaran, membuat percikan lebih stabil. Fenomena ini dapat dilihat pada sampel potongan, yaitu warna pola garis tidak terlalu tebal, tidak seperti level 3, yang berkurang sangat signifikan karena konsentrasi energi

pemotongan pada kawat. dan benda kerja agar pola garis lebih tebal. Hal ini meningkatkan LKK yang dapat menyebabkan kabel elektroda putus selama proses pemotongan.

## KESIMPULAN

Dari hasil optimasi dan analisa dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Pengaruh parameter proses yang paling penting dalam produksi LPM dalam proses WEDM berturut-turut dipengaruhi oleh *peak current* ( $I_p$ ) yang menyumbang 63,7%, *wire tension* 31,4%, dan parameter *open voltage* menyumbang 1,9%.
- Pengaruh parameter proses yang paling signifikan dalam produksi proses keausan kawat pada proses WEDM berturut-turut dipengaruhi oleh *open voltage* 54,4%, rasio parameter *wire tension* 36,5% dan parameter *peak current* ( $I_p$ ). 7,8%
- Parameter optimum terhadap LPM dan LKK pada parameter *peak current* level 3 sebesar 9 A, parameter *voltage open* level 1 sebesar 5 V dan parameter *wire tension* pada level 2 dengan nilai 8 N, menghasilkan nilai LPM sebesar 9,846 mm<sup>3</sup>/min dan LKK sebesar 0,078

## DAFTAR PUSTAKA

- Darsin M. (2010). Proses pemesinan non konvensional. Jember University Press: Jember
- Goswami A., Kumar J. (2014). Investigation of surface integrity, material removal rate and wire wear ratio for WEDM of nimonic alloy using GRA and taguchi method. Engineering Science and Technology an International Journal (17): 173-174.
- Mahapatra S.S, Patnaik A. (2007). Optimization of wire electrical discharge machining (WEDM) process parameters using taguchi method. Journal Advance Manufacturing Technology (34): 911-925.
- Martowibowo, S. Y., dan Andriansyah. (2007). Optimisasi proses pemesinan EDM wire cut untuk modus gerak sirkular menggunakan algoritma genetik. Mesin. 22(2): 62-68.
- Ramakrishnan R, Karunamoorthy L. (2006). Multi response optimization of wire EDM operations using robust design of

experiments. *Journal Advance Manufacturing Technology* (29): 105-112.

Susanto E. E., Stevani. A, (2015) Pengaruh Wire Tension Electrode Pada Mesin Wire EDM Terhadap Kepresisian Pemotongan. Seminar Nasional Teknologi 2015. 17 Januari 2015. ISSN 2407- 7534: 285-295.

Tosun N., Cogun c. (2003). An investigation on wire wear in WEDM. *Journal of materials processing Technology* (134) :273-278.