

**ANALISA RSM (*RESPON SURFACE METHODE*) DENGAN VARIASI WIRE SPEED,  
INTERPULSE, DAN ARUS TERHADAP MATERIAL REMOVAL RATE DAN KEKASARAN  
PERMUKAAN PADA PROSES WIRE – EDM**

Arif Efendi.<sup>1</sup>, Dwi Djumhariyanto<sup>2</sup>, M. Edoward Ramadhan<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  
Jl. Kalimantan 37 Jember 68121

Email: arif.teknikmesin@gmail.com

### ABSTRAK

Pada era sekarang ini proses permesinan sudah sangatlah maju yang dilengkapi dengan teknologi – teknologi canggih. Dampak dari proses permesinan tersebut, digunakan untuk mengembangkan dan meningkatkan kualitas dan kuantitas produk yang dihasilkan. Proses permesinan *Wire – EDM* (*Wire Cutting Electrical Discharge Machining*) adalah salah satu dari proses permesinan non – konvensional yang biasa digunakan dalam *die – mold*, *disk brake*, *punch*, dan *cutting tools*. Tingkat kecepatan MRR (*Material Removal Rate*) dan kehalusan suatu permukaannya memiliki peranan yang sangat penting dalam sebuah produk yang menyangkut masalah pelumasan, keausan, gesekan, dan tahanan. Berdasarkan masalah itu dilakukan penelitian untuk mengetahui variabel apa saja yang berpengaruh terhadap variabel respon. Dari hasil penelitian diketahui bahwa arus dan *interpulse* berpengaruh terhadap MRR, dan arus, *interpulse*, dan *wirespeed* juga berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Dengan metode RSM (*Response Surface Methode*) didapatkan hasil optimum untuk MRR paling cepat  $64,5688 \text{ mm}^3/\text{menit}$  dan kekasaran permukaan paling halus  $5,2391 \mu\text{m}$  dengan kombinasi variabel arus  $8 \text{ amp}$ , *interpulse*  $7 \mu\text{s}$ , dan *wirespeed*  $5 \text{ mm/s}$ .

**Kata kunci:** *Wire – EDM*, *Response Surface Methode* (RSM), *Material Removal Rate* (MRR), kekasaran permukaan

### ABSTRACK

*In this era, the machining process has been very advanced wich is equipped with advanced technologies. The impact of the machining process used to develop and increase quality and quantity product produce. Machining process wire – EDM (Wire Cutting Electrical Discharge Machining) is one of the non – conventional machining process wich is commonly used in die – mold, disk brake, punch, and cutting tools. The speed of MRR (Material Removal Rate) and the smoothness of a surface has a very important role in a product wich concerns lubrication, wear, friction and resistance problems. Based on the problem, a study was research for find out what variables affetc the response variable. From the result of the study it is known that the current and interpulse affected the MRR, and the current, interpulse, and wirespeed also affect surface roughness. With the RSM (Response Surface Methode) methode optimum result for MRR the fasted  $64,5688 \text{ mm}^3/\text{minutes}$  and the surface roughness smoothest  $5,2391 \mu\text{m}$  with the combination variable current is  $8 \text{ amp}$ , *interpulse*,  $7 \mu\text{s}$ , and *wirespeed*  $5 \text{ mm/s}$ .*

**Keywords:** *Wire – EDM*, *Response Surface Methode* (RSM), *Material Removal Rate* (MRR), surface roughness

#### PENDAHULUAN

Proses permesinan merupakan proses yang tidak bisa dipisahkan dari industri manufaktur. Seiring dengan kemajuan teknologi, banyak produk yang semakin sulit untuk dikerjakan dengan proses permesinan konvensional. Untuk mengatasi masalah tersebut maka dikembangkanlah proses permesinan

nonkonvensional. Proses permesinan nonkonvensional memiliki beberapa kelebihan seperti dalam hal ketelitian, ketepatan, kualitas dan kemampuannya untuk memotong benda kerja berkekuatan tinggi dalam bentuk yang kompleks. Proses non konvensional terdiri dari beberapa jenis, satu diantaranya adalah *Electrical Discharge*

*Machining Wire - Cut* (EDM *Wire - Cut*) yang sering digunakan dalam pembuatan pahat potong, *dies*, *punch*, dan *mold*. *Wire - EDM* (*Electrical Discharge Machining*) adalah sebuah proses termo - elektrik yang menyebabkan benda kerja terkikis karena pelepasan muatan listrik (*Electric Discharge*). Proses permesinan *Wire - Cut* tidak dipengaruhi oleh sifat mekanik benda kerja, tetapi dipengaruhi oleh titik leburnya.

Baja SLD adalah jenis baja perkakas yang mempunyai ketahanan tinggi terhadap keausan dan memiliki stabilitas yang tinggi dalam pengerasan. Baja SLD sangat sering digunakan sebagai bahan pembuatan material *spareparts* industri karena sifatnya yang keras dan tahan terhadap panas, diantaranya dalam pembuatan pisau potong. Dalam hal ini pisau pemotong (*Cutting*) digunakan untuk memotong sebuah produk, sehingga pisau tersebut diharapkan dan dituntut untuk memiliki permukaan yang halus yang bisa dilihat pada ASTM D7127-13 dan tingkat kepresisian yang tinggi.

Beberapa penelitian mengenai pengaturan parameter pemotongan pada *wire - EDM* telah dilakukan oleh Mulyadi dan Suryanto (2016) tentang optimasi hasil proses *wire-EDM* dengan metode *Prinsipal Component Analysis (PCA)* membuktikan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan terhadap laju pengerjaan bahan atau MRR, waktu pemotongan, lebar pemotongan dan kekasaran permukaan dari parameter *interpulse*, *electric current*, *wire speed*, dan variabel frekuensi. Vikram dan Pradhan (2014) dengan optimisasi WEDM parameter menggunakan metode taguchi dan *response surface methodology (RSM)* dengan proses permesinan menggunakan baja AISI D2 menjelaskan bahwa parameter optimal dari pengaturan kombinasi adalah *pulse on time* 112,99  $\mu$ s, *pulse off time* 45  $\mu$ s, *servo voltage* 20 volt, dan *wire feed* 4,85 mm/min untuk memaksimalkan MRR dan pemotongan juga meminimalisir kekasaran permukaan. Berdasarkan pemaparan diatas maka dilaksanakan penelitian untuk mendapatkan setting variabel *wire speed*, *interpulse*, dan arus yang tepat pada produk pisau potong agar didapatkan hasil pengerjaan yang optimal pada penggunaan *wire - EDM*

## METODOLOGI PENELITIAN

Pemotongan *wire - EDM* dilakukan di CV Catur Prasetya Packindo yang terletak di Komplek Industri Pergudangan Permata Blok A-1B Jalan Muncul, Gedangan, Sidoarjo. Sedangkan pengujian *Material Removal Rate (MRR)* dan kekasaran permukaan spesimen benda kerja dilakukan di Laboratorium Uji Bahan Universitas Jember.

Variabel proses / faktor :

- Arus (8, 10, 12 A)
- *Wire speed*, (5, 6, 7 mm/s)
- *Inter pulse*, (7, 9, 11  $\mu$ s)

Variable Respon:

- *Material Removal Rate (MRR)*
- Kekasaran Permukaan (*Ra*)

Metode pengolahan data:

- *Response Surface Methodologi (RSM)*

Bahan dan peralatan:

- Material : Baja SLD,( 115 x 20 x10 mm)
- Mesin : DK 7740 32 GF *wire - EDM*
- Elektroda : *Molybdenum* 0,18 mm
- Dielektrik : *Dromus*

Alat Ukur: TR-220 *Surface*

Gambar 1. Rancangan percobaan

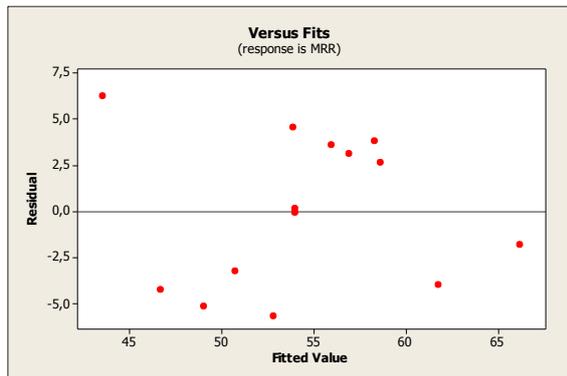
Pelaksanaan percobaan yang pertama dengan membersihkan benda kerja dari kotoran - kotoran yang bersifat isolator yang dapat mengganggu proses pemotongan. Selanjutnya dengan memasang benda kerja ke meja mesin WEDM kemudian diatur kelurusannya dengan menggunakan *dial indicator*. Setelah itu mengatur titik referensi pemessinan pada benda kerja sesuai dengan program CNC yang telah dibuat. Lalu memasang kawat elektroda *mollybdenum* berdiameter 0,18 mm pada mesin WEDM. Kemudian mengatur variabel - variabel pada mesin WEDM sesuai dengan rancangan percobaan yang telah ditetapkan. Selanjutnya melakukan proses pemotongan berdasarkan urutan percobaan yang telah ditentukan. Lalu mencatat waktu yang dibutuhkan pada setiap proses pemotongan untuk masing - masing percobaan. Kemudian melepaskan dan membersihkan benda kerja dari sisa cairan dielektrik yang dapat menyebabkan karat setelah proses pemotongan selesai. Lalu mengukur *material removal rate*, dan kekasaran permukaan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

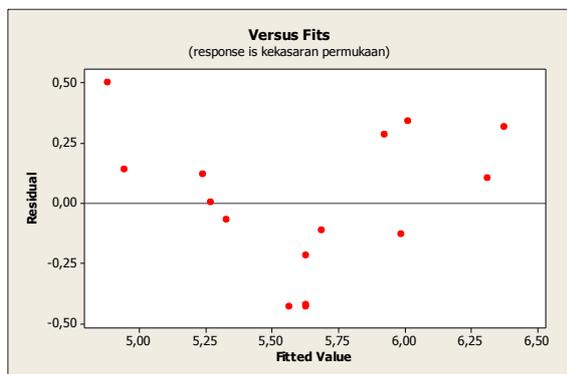
Dari hasil perhitungan MRR dan pengukuran kekasaran permukaan dilakukan percobaan, dari hasil percobaan akan didapatkan data hasil percobaan. Dan untuk *setting point* atau angka variabel proses data ini mengikuti yang ada dalam mesin *wire - EDM*. Data hasil percobaan yang sudah dilakukan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

No	Variabel Proses			Hasil	
	Arus	Interpulse	Wire Speed	MRR (mm <sup>3</sup> /min)	R <sub>a</sub> (μm)
1	7	11	10	50,87	6,688
2	7	7	10	48,75	6,210
3	5	9	8	59,78	5,082
4	5	11	10	43,22	5,262
5	7	9	8	48,53	5,857
6	6	11	8	42,92	5,574
7	6	11	12	58,69	6,355
8	5	7	10	58,66	5,383
9	6	9	10	52,85	5,207
10	7	9	12	59,76	6,417
11	6	9	10	55,52	5,198
12	6	9	10	56,97	5,411
13	5	9	12	58,49	5,272
14	6	7	12	74,28	5,135
15	6	7	8	62,77	5,362

Kemudian dilakukan pengujian residual untuk MRR dan kekasaran permukaan. Pengujian residual adalah pemeriksaan asumsi model terpenuhi atau tidak dengan malakukan uji identik, independen, dan distribusi normal.



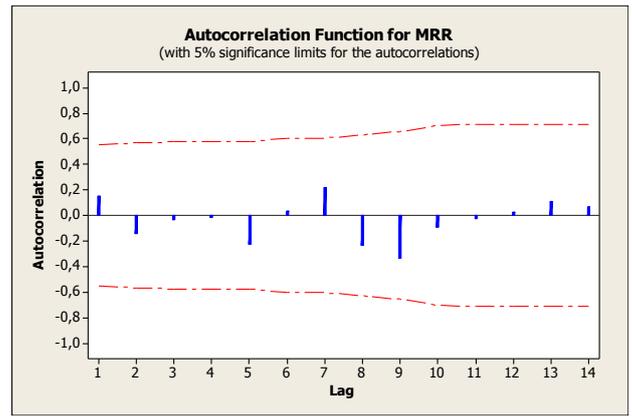
(a) MRR



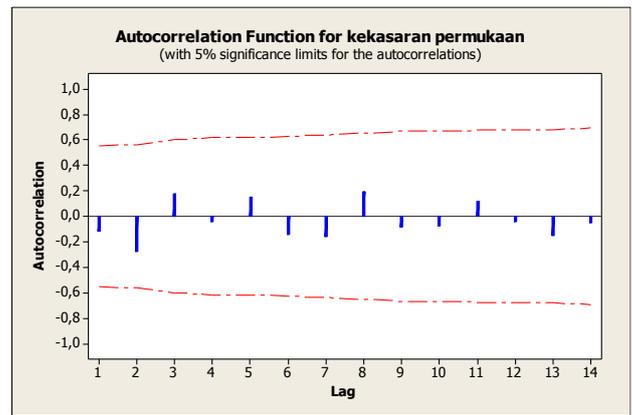
(b) Kekasaran permukaan

Gambar 2. Plot residual versus *fitted values*

Pada Gambar 2 diatas menunjukkan bahwa plot residual versus *fitted values* terlihat residualnya tidak membentuk pola tertentu dan dan tersebar acak disekitar harga nol. Maka disimpulkan asumsi identik terpenuhi.



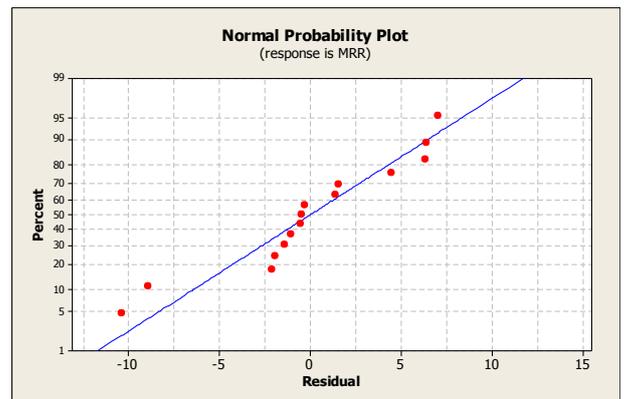
(a) MRR



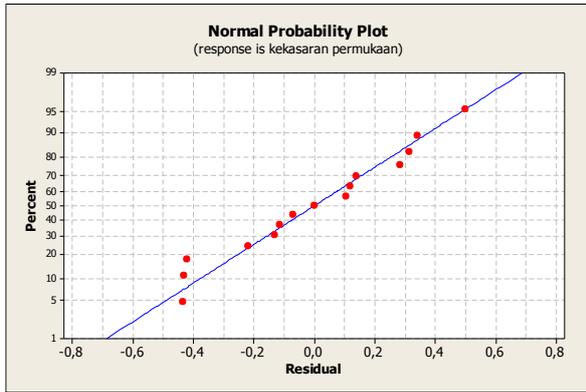
(b) Kekasaran permukaan

Gambar 3. Plot ACF (*Auto Correlation Function*)

Gambar 3 diatas adalah gambar plot ACF (*Auto Correlation Function*) menunjukkan bahwa residual berada pada interval  $\pm \frac{2}{\sqrt{n}}$ . dimana *n* adalah jumlah pengamatan yaitu 15 dan persebaran garis tidak melewati garis batas. Hal tersebut telah memenuhi syarat tidak ada korelasi yang terbentuk atau residual bersifat independen.



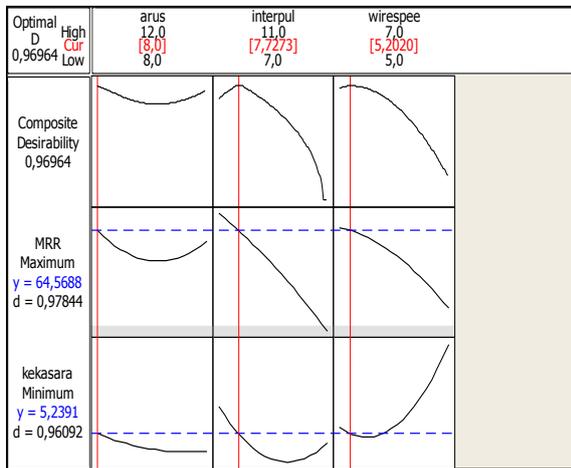
(a) MRR



(b) Kekasaran permukaan  
Gambar 4. Plot probabilitas normal

Gambar 4 diatas adalah plot probabilitas normal yang dapat dilihat dengan sebaran titik – titik pada grafik menunjukkan pola garis lurus yang dapat disimpulkan bahwa asumsi berdistribusi normal.

**Pembahasan Analisis**



Gambar 5. Grafik kombinasi optimum

Menurut Gambar 5 diatas, bisa dilihat bahwa kombinasi parameter optimum yang didapatkan dengan metode RSM. Dengan variabel arus sebesar 8,0 Amp, *interpulse* sebesar 7,7273μs, dan *wirespeed* sebesar 5,2030 mm/s. Didapatkan hasil optimum MRR paling cepat sebesar 64,5688 mm/menit dan kekasaran permukaan paling halus sebesar 5,2391 μm. Dari hasil diatas, variabel arus berpengaruh signifikan terhadap MRR dan kekasaran permukaan. Apabila semakin besar nilai arus akan menghasilkan MRR yang lambat tetapi kekasaran permukaannya semakin halus. Hal ini terjadi karena proses pelelehan benda kerja oleh loncatan bunga api listrik akan semakin besar jika level yang diatur semakin tinggi. Hal tersebut menghasilkan panas yang digunakan untuk melelehkan material sampai terjadi proses penguapan. Material akan menguap bersama cairan dielektrum, akibatnya proses pelelehan dan penguapan tersebut akan menghasilkan MRR yang lambat dan kekasaran permukaannya semakin halus.

Variabel *interpulse* atau *offtime* adalah jeda periode tegangan yang diberikan untuk menghasilkan loncatan bunga api listrik saat proses pemotongan berlangsung. Hal tersebut membuat *interpulse* yang lebih

tinggi akan mengakibatkan penurunan temperatur yang lebih besar sehingga, energi yang diterima benda kerja lebih kecil. Penurunan temperatur tersebut akan mengakibatkan lapisan daerah terpengaruh panas (*Heat Affected Zone*) yang terbentuk menjadi lebih tipis sehingga MRR menjadi lambat. Selain itu, energi yang lebih kecil akan membuat kawah yang terbentuk pada permukaan benda kerja semakin dangkal dan membuat kekasaran permukaan semakin halus.

Menurut Gambar 5, apabila level dari variabel *wirespeed* semakin tinggi maka MRR akan semakin rendah. Hal tersebut berbanding terbalik dengan kekasaran permukaan, yang semakin tinggi level *wirespeed* maka akan semakin kasar kekasaran permukaannya. Hal itu terjadi karena pengikisan benda kerja selama proses pemotongan membuat jarak antara benda kerja dengan elektroda menjadi lebih lebar. Semakin cepat kawat berputar maka arus yang ditimbulkan akan semakin tinggi. Sehingga menyebabkan kekasarnya akan menjadi lebih kasar dan MRR akan semakin kecil.

**Kesimpulan**

Kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian optimasi variabel proses arus, *interpulse*, dan *wirespeed* terhadap variabel respon MRR dan kekasaran permukaan:

1. Variabel proses yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon MRR adalah arus sedangkan untuk kekasaran permukaan yang mempunyai pengaruh signifikan adalah variabel arus dan *wirespeed*. Apabila nilai arus dan *wirespeed* semakin kecil akan semakin halus hasil kekasaran permukaannya, dan berbanding terbalik dengan MRR nya akan semakin lama.
2. Hasil setting parameter optimum berdasarkan *software* Minitab yaitu pada arus sebesar 8,0 Amp, *interpulse* sebesar 7,7273μs, dan *wirespeed* sebesar 5,2030 mm/s. Didapatkan hasil MRR paling cepat sebesar 64,5688 mm/menit dan kekasaran permukaan paling halus sebesar 5,2391 μm.

**Saran**

Beberapa saran yang dapat diberikan oleh penulis dari hasil penelitian ini yaitu antara lain:

1. Pengaturan hasil parameter pengolahan data yang optimal diharapkan dapat digunakan pada proses permesinan EDM di CV Catur Prasetya Packindo.
2. Penelitian selanjutnya agar menggunakan parameter lain misalnya variabel *frequency*, *pulse on – time*, cairan pendingin dll.
3. Melakukan pengulangan yang lebih banyak agar data yang dilakukan lebih akurat.

**Daftar Pustaka**

- [1] Bisono, R., dan Dani Irawan. 2017. Analisis Pengaruh Parameter Proses Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses EDM Untuk Material Baja Perkakas dengan Metode Taguchi. *Jurnal Teknik Mesin*, 6 (2):32-37.
- [2] Mulyadi, dan Agus Puji Suryanto. 2016. Optimalisasi Hasil Proses *Wire-Cut* EDM Dengan Metode *Principal Component Analysis* (PCA). *Jurnal Rotor*, 9 (1): 1-6.
- [3] Myers, Raymond H., dan Douglas C. Montgomery, dan Christine M. Anderson C. 1991. *Respon Surface Methodology*. Third Edition. Copyright © 2009 by John Wiley & Sons, Inc. All right reserved. Canada.
- [4] Singh, Vikram, dan S. K. Pradhan. 2014. Optimization of WEDM Parameters using Taguchi technique and Response Surface Methodology in machining of AISI D2 Steel. *Procedia Engineering* 97, (2014): 1579 – 1608.