Pengaruh Parameter Arus Discharge dan Elektroda Terhadap Nilai MRR Pada Proses Sinker EDM Material AISI

Lisbhet Engelita ^{1*}, Darius Yuhas ¹, dan Muslimin ¹

¹Program Studi Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Abstrak

Electrical Discharge Machining (EDM) adalah proses permesinan non-konvensional yang menggunakan energi thermal berupa loncatan bunga api listrik bertemperatur tinggi 10.000°C-12.000°C di antara pahat dan benda kerja sebagai media pemotongannya. Proses EDM digunakan untuk pemotongan material yang sangat kuat dan keras. Proses EDM menghasilkan kepresisian tinggi untuk bentuk produk yang rumit dan kualitas permukaan yang baik. Proses EDM dipengaruhi oleh material yang diproses, material elektroda, arus discharge, tegangan, pulse on time (PON), pulse off time (POFF), spark gap, cairan dielektrik dan sebagainya. Kombinasi parameter tersebut akan menghasilkan karakteristik hasil pemotongan yang berbeda-beda. Penelitian ini bertujuan untuk mencari kombinasi parameter optimum proses EDM punches dari bahan AISI 316. Variable bebas penelitian adalah arus discharge (12A, 21A, 30A) dan elektroda (Tembaga dan Graphite). Variabel tetap yang digunakan PON 120 µs, POFF 3 µs, tegangan 45 V, cairan dielektrik CPC kerosene, material AISI 316, jenis mesin EDM sinker SKM EDM Politeknik Negeri Jakarta. Variable kontrol yaitu nilai MRR. Berdasarkan penelitian, nilai MRR tertinggi 0.775 gram/min dan terendah 0.175 gram/min. Parameter arus discharge dan elektroda merupakan variable yang paling berpengaruh terhadap nilai MRR.

Kata-kata kunci: EDM, arus discharge, elektroda

Abstract

EDM is a non-conventional machining process that uses thermal energy in the form of high-intensity 10.000°C–12.000°C between the tool and workpiece as the cutting medium. The EDM process is commonly used for cutting very strong and hard materials. The edm process produces high precision for complex product shapes and good surface quality. The EDM process is influenced by the material being processed, electrode material, discharge current, voltage, pulse on time PON, pulse off time POFF, spark gap, dielectric liquid and so on. combination of these parameters will produce different cutting characteristics. This research aims to find the optimum combination of EDM punches from AISI 316 material. The independent variables of the research were discharge currents (12A, 21A, 30A) and electrodes (copper and graphite). fixed variables used are PON 120 , poff 3, 45v voltage, kerosene cpc dielectric liquid, AISI 316 material, type sinker edm machine skm edm state polytechnic of jakarta. Control variable namely the value of MRR. Based on the research, the highest MRR value was 0.775 gram / min and the lowest was 0.715 gram / min. discharge and electrode current parameters is that most influence variable of the value of MRR

Keywords: EDM, Discharge current, Elektroda

* Corresponding author E-mail address: lisbhetsaragi@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Electrical discharge machining (EDM) sinking adalah proses permesinan non-konvensional yang dapat menjadi pilihan ketika pembuatan benda kerja dengan proses permesinan konvensional sulit dilakukan. Proses ini digunakan secara efektif pada permesinan material yang sangat keras dan kuat seperti tool steel dan advance material serta tahan terhadap suhu tinggi, oleh karena itu proses ini sering digunakan untuk menghasilkan produk yang mempunyai kepresisian yang tinggi, bentuk yang rumit, dan kualitas permukaan yang baik [1]. Tuntutan pembuatan Punches harus memiliki kriteria seperti diatas, berdasarkan kebutuhan diatas dalam pembuatan punches maka, Electrical Discharge Machining (EDM) adalah proses permesinan yang paling banyak digunakan untuk proses produksi Punch.

Proses permesinan non-konvensional Electrical Discharge Machining (EDM) merupakan salah satu proses pemesinan yang digunakan untuk memotong benda kerja yang bersifat konduktor. EDM sinking merupakan proses pemotongan logam dengan menggunakan erosi yang terjadi karena adanya sejumlah loncatan bunga api listrik. Loncatan bunga api listrik terjadi secara periodik pada celah di antara katoda (benda kerja) dengan anoda (pahat) di dalam cairan dielektrik [2]. Loncatan bunga api listrik menyebabkan pemusatan aliran elektron berkecepatan tinggi dan menumbuk permukaan benda kerja. Peningkatan temperature sekitar 8000°C – 12.000°C dengan maksimal 20.000°C terjadi saat proses discharge berlangsung dan menyebabkan bagian penumbukkan mengalami pelelehan lokal.

Kualitas permukaan Punch yang baik dapat dihasilkan dari beberapa parameter yang ditentukan yang berpengaruh pada hasil proses EDM. Para peneliti terdahulu sudah melakukan penelitian mengenai parameter-parameter yang berpengaruh pada hasil dari proses EDM. Patna Partono dan Tri Widodo (2008) meneliti variasi arus untuk membandingkan Material Removal Rate, Dimensi celah pemotongan, Keausan Elektroda, dan Kekasaran permukaan [1]. Rahayu Mekar Bisono (2015) meneliti Gap Voltage, Duty Factor, Pulse Current untuk membandingkan Material Removal Rate, Kekasaran Permukaan, Tebal Lapisan Recast, Rasio Keausan Elektroda [2]. Mandeloi (2016) meneliti arus dan pulse on time untuk membandingkan Material removal rate (MRR), Keausan elektroda, Kekasaran permukaan [3]. Saaed Daneshmand (2017) meneliti Voltage, Discharge Current, Pulse on time, Pulse off time untuk membandingkan MRR, Keausan elektroda dan Kekasaran permukaan [4]. Tores, et al (2014) meneliti arus, pulse on time, tegangan untuk membandingkan Material Removal Rate (MRR), keausan elektroda, kekasaran permukaan dan analisis SEM [5]. Priyadarshini dan Pal (2015) meneliti arus (10 A, 20 A, 30 A, 40 A, dan 50 A), pulse on time (5 μ m, 10 μ m, 15 μ m, 20 μ m, dan 30 μ m) dan tegangan (6 V, 7 V, 8 V, 9 V, dan 10 V) dengan membandingkan Material Removal Rate (MRR), keausan elektroda, dan kekasaran permukaan. Material yang digunakan adalah Ti-6Al-4V dan elektroda copper [6]. Abdul-Rani et al. (2017) meneliti arus, tegangan, pulse on time, dan penambahan konsentrasi nano alumunium. Ti-6Al-4V membandingkan kekasaran permukaan dan SEM [7]. Dari beberapa penelitian dapat disimpulkan bahwa arus discharge adalah parameter yang paling berpengaruh pada hasil proses EDM.

Namun, selain parameter arus yang paling berpengaruh, pada penelitian ini akan dicari parameter lain yang dapat berpengaruh pada hasil proses EDM, dimana pada penelitian ini akan melihat pengaruh variasi Elektroda pada proses EDM. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji pengaruh parameter arus discharge dan elektroda terhadap perhitungan Material Removal Rate (MRR) proses sinker Electrical Discharge Machining (EDM) pada material AISI 316.

2. METODE

Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

1. Persiapan sampel material AISI 316 sebanyak 6 sampel
2. 6 sampel material AISI 316 ditimbang dengan menggunakan timbangan digital, satuan pada timbangan adalah gram
3. Proses EDM dilakukan di Laboratorium CNC Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta terhadap 6 sampel material AISI 316.
4. Parameter tetap yang digunakan pada material ini adalah:
 - Material AISI 316
 - Pulse on time : 120 μ s
 - Pulse off time : 3 μ s
 - Tegangan : 45V
 - Cairan Dielektrik : CPC Kerosene
 - Jenis mesin : Sinker SKM EDM
5. Variable bebas yang digunakan ada 2 dengan parameter-parameter uji yaitu sebagai berikut:

- Arus Discharge : 12A, 21A, dan 30A
 - Elektroda : Tembaga dan Graphite
6. Enam sampel dilakukan perhitungan *Material Removal Rate* (MRR) dari enam material sebelum dan sesudah dilakukan permesinan.

Diagram alir penelitian yang dilakukan ditunjukkan seperti pada Gambar 1 berikut:

Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan Gambar 1 di atas penjelasan metode yang digunakan, langkah awal yaitu mencari studi literatur mengenai penelitian sebelumnya sebagai acuan. Selanjutnya pembuatan sampel Material AISI 316 yang di proses dengan Sinker EDM dengan variable-variable proses yang di variasikan adalah arus discharge (12A,21A,30A) dan elektroda (Tembaga dan Graphite). Selanjutnya setelah proses EDM dilakukan dihitung nilai MRR selanjutnya hasil dilakukan Analisa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Electrical Discharge Machining (EDM)

Electrical Discharge Machine (EDM) adalah teknik pengerjaan non-konvensional termal elektrik yang disebabkan oleh sejumlah loncatan bunga api listrik yang terjadi pada celah antara katoda (elektroda/pahat) dengan benda kerja (anoda). Loncatan bunga-bunga api listrik tersebut terjadi secara periodik terhadap waktu dan terjadi pada tegangan listrik yang tinggi. Prinsip dari Electrical Discharge Machining Di dalam cairan dielektrik terdapat elektroda (pahat) dan benda kerja yang bersifat sebagai media isolator. Loncatan bunga api akan terjadi jika adanya beda tegangan listrik diantara dua benda tersebut dengan pahat bermuatan negatif dan benda kerja bermuatan positif. Skema pada proses EDM ditunjukkan pada Gambar 2. di bawah ini.

Gambar 2. Skema Proses Electrical Discharge Machining

Proses terjadinya loncatan bunga api diantara elektroda dan benda kerja adalah pergerakan ion positif dan negatif (elektron) yang menuju kutub yang berlawanan disebabkan oleh pengaruh medan listrik antara elektroda dan benda kerja yang membentuk aliran ion yang bersifat konduktif. Loncatan bunga api listrik seperti menyebabkan pemusatan aliran elektron yang bergerak dengan kecepatan tinggi dan menumbuk permukaan benda kerja. Akibat dari itu, permukaan benda kerja mengalami kenaikan temperatur sekitar 8000°C – 12.000°C sampai maksimal 20.000°C dan akan menyebabkan pelelehan lokal pada bagian penumbukkan. Kondisi ini juga terjadi pada permukaan pahat. Di saat yang bersamaan terjadi penguapan pada benda kerja, pahat, maupun cairan dielektrik.

Perhitungan Material Removal Rate

Pengujian dilakukan sebanyak 6 sampel dengan varian arus discharge 12 A; 21 A; dan 30 A dan variasi elektroda yaitu elektroda tembaga dan elektroda graphite yang dilakukan pengambilan data dengan melakukan penimbangan material (sampel) dengan menggunakan timbangan digital. Pengujian ini dilakukan dengan cara meletakkan sampel sebelum dilakukan proses EDM dan sesudah dilakukan proses EDM diatas timbangan, kemudian diperoleh data berupa berat dari sampel. Kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan *Material Removal Rate* (MRR) dengan persamaan:

$$MRR = (m_0 - m_1) / s \text{ [gram/menit]} \quad (1)$$

Dimana:

m_0 : berat material sebelum dilakukan proses EDM [gram]

m_1 : berat material sesudah dilakukan proses EDM [gram]

s : waktu pemesinan [menit]

berikut adalah hasil dari perhitungan Material Removal Rate dengan persamaan 1 yang ditunjukkan pada Tabel 1:

Table 1. Hasil Perhitungan Material Removal Rate

Sampel	Arus Discharge [A]	Elektroda	m_0 [gram]	m_1 [gram]	s [menit]	MRR [gram/min]
1	12	Tembaga	547	540	40	0.175
2	21	Tembaga	545	524	40	0.525
3	30	Tembaga	561	530	40	0.775
4	12	Graphite	549	540	40	0.225
5	21	Graphite	533	520	40	0.325
6	30	Graphite	545	525	40	0.5

Hubungan Material Removal Rate (MRR) terhadap Arus Discharge

Gambar 3. Grafik Material Removal Rate terhadap Arus Discharge

Gambar. 3 menunjukkan hasil dari Material Removal Rate (MRR) dengan variable bebas arus discharge yaitu 12 A; 21 A; dan 30 A. berdasarkan grafik diatas terlihat bahwa garis tidak stabil karena mengalami peningkatan dan mengalami penurunan pada arus 30 A

- Pada saat elektroda tembaga, Material Removal Rate (MRR) yang didapat pada arus discharge 12 A; 21 A; dan 30 A adalah 0.175 gram/min; 0.525 gram/min; dan 0.775 gram/min dengan persentase peningkatan sebesar 200 % pada kenaikan arus dari 12 A menjadi 21 A, dan persentase peningkatan 47.61 % pada kenaikan arus dari 21 A menjadi 30 A
- Pada saat elektroda graphite, Material Removal Rate (MRR) yang didapat pada arus discharge 12 A; 21 A; dan 30 A adalah 0.225 gram/min; 0.325 gram/min; dan 0.5 gram/min dengan persentase peningkatan sebesar 44.4 % pada kenaikan arus dari 12 A menjadi 21 A, dan persentase peningkatan sebesar 53.84 % pada kenaikan arus dari 21 A menjadi 30 A

Berdasarkan hasil perhitungan Material Removal Rate (MRR) yang didapat, maka pada elektroda tembaga semakin tinggi arus discharge yang digunakan Material Removal Rate semakin kecil atau mengalami penurunan, sedangkan pada elektroda tembaga semakin tinggi arus discharge yang digunakan maka, semakin tinggi pula Material Removal Rate (MRR) yang didapatkan. Hal ini dikarenakan, pada saat proses discharge berlangsung dengan menggunakan arus yang tinggi, maka tumbukan yang terjadi antara pahat dan material benda kerja menghasilkan percikan yang besar yang menyebabkan pemakanan material benda kerja lebih banyak, Namun pada arus discharge yang kecil (rendah) tumbukan yang terjadi antara pahat dan benda kerja menghasilkan

percikan yang kecil yang menyebabkan pemakanan material benda kerja lebih sedikit. Maka dari itu, peningkatan variable arus discharge mempengaruhi hasil perhitungan *Material Removal Rate* (MRR).

Hubungan *Material Removal Rate* (MRR) terhadap Elektroda

Gambar 4. Grafik *Material Removal Rate* terhadap Elektroda

Gambar. 4 menunjukkan hasil dari *Material Removal Rate* (MRR) dengan variable bebas arus Elektroda yaitu elektroda tembaga dan elektroda graphite. berdasarkan grafik diatas terlihat bahwa garis tidak stabil karena ada yang mengalami peningkatan dan mengalami penurunan.

- Pada saat Arus Discharge 12 A, *Material Removal Rate* (MRR) yang didapat pada saat elektroda tembaga dan graphite adalah 0.175 gram/min dan 0.225 gram/min dengan persentase peningkatan sebesar 28.57 % pada penggunaan elektroda tembaga menjadi elektroda graphite
- Pada saat Arus Discharge 21 A, *Material Removal Rate* (MRR) yang didapat pada elektroda tembaga dan elektroda graphite adalah 0.525 gram/min dan 0.325 gram/min dengan persentase penurunan sebesar 38.09 % pada penggunaan elektroda tembaga menjadi elektroda graphite.
- Pada saat Arus Discharge 30 A, *Material Removal Rate* (MRR) yang didapat pada elektroda tembaga dan elektroda graphite adalah 0.1 gram/min dan 0.5 gram/min dengan persentase peningkatan sebesar 400 % pada penggunaan elektroda tembaga menjadi elektroda graphite.

Berdasarkan hasil perhitungan *Material Removal Rate* (MRR) yang didapat, maka pada elektroda tembaga semakin tinggi Arus Discharge semakin tinggi nilai *Material Removal Rate* (MRR), begitu juga untuk penggunaan elektroda graphite semakin tinggi arus semakin tinggi nilai *Material Removal Rate* (MRR) yang didapat, tetapi pada elektroda tembaga didapat nilai *Material Removal Rate* (MRR) lebih besar dibandingkan ketika menggunakan elektroda graphite.

4. KESIMPULAN

1. Hasil perhitungan *Material Removal Rate* (MRR) dengan variable Arus Discharge 12 A; 21 A; dan 30 A, yaitu:
 - Pada saat elektroda tembaga, *Material Removal Rate* (MRR) yang didapat pada arus discharge 12 A; 21 A; dan 30 A adalah 0.175 gram/min; 0.525 gram/min; dan 0.775 gram/min dengan persentase peningkatan sebesar 200 % pada kenaikan arus dari 12 A menjadi 21 A, dan persentase peningkatan 47.61 % pada kenaikan arus dari 21 A menjadi 30 A

- Pada saat elektroda graphite, *Material Removal Rate* (MRR) yang didapat pada arus discharge 12 A; 21 A; dan 30 A adalah 0.225 gram/min; 0.325 gram/min; dan 0.5 gram/min dengan persentase peningkatan sebesar 44.4 % pada kenaikan arus dari 12 A menjadi 21 A, dan persentase peningkatan sebesar 53.84 % pada kenaikan arus dari 21 A menjadi 30 A
- 2. Peningkatan Arus Discharge yang digunakan berpengaruh terhadap perhitungan *Material Removal Rate* (MRR) pada elektroda tembaga nilai MRR lebih tinggi dibandingkan nilai MRR menggunakan elektroda Graphite.
- 3. Hasil perhitungan *Material Removal Rate* (MRR) dengan variable bebas elektroda tembaga dan elektroda graphite, yaitu:
 - Pada saat Arus Discharge 12 A, *Material Removal Rate* (MRR) yang didapat pada saat elektroda tembaga dan graphite adalah 0.175 gram/min dan 0.225 gram/min dengan persentase peningkatan sebesar 28.57 % pada penggunaan elektroda tembaga menjadi elektroda graphite
 - Pada saat Arus Discharge 21 A, *Material Removal Rate* (MRR) yang didapat pada elektroda tembaga dan elektroda graphite adalah 0.525 gram/min dan 0.325 gram/min dengan persentase penurunan sebesar 38.09 % pada penggunaan elektroda tembaga menjadi elektroda graphite.
 - Pada saat Arus Discharge 30 A, *Material Removal Rate* (MRR) yang didapat pada elektroda tembaga dan elektroda graphite adalah 0.1 gram/min dan 0.5 gram/min dengan persentase peningkatan sebesar 400 % pada penggunaan elektroda tembaga menjadi elektroda graphite.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak BATAN Serpong dan LIPI dalam membantu melakukan pengujian untuk menyelesaikan penelitian ini.

REFERENSI

1. P. Partono, T. Widodo, B. Riyadi, J. Teknik, M. Universitas, and M. Surakarta, "Studi Proses Electrical Discharge Machining."
2. R. M. Bisono, "Optimasi Multi Respon Pada Proses Electrical Discharge Machining (EDM) Sinking Material Baja Perkakas Dengan Menggunakan Metode Taguchi-Grey-Fuzzy," p. 157, 2015.
3. G. Mandaloi, S. Singh, P. Kumar, and K. Pal, "Effect on crystalline structure of AISI M2 steel using tungsten-thorium electrode through MRR, EWR, and surface finish," *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 90, pp. 74–84, 2016.
4. S. Daneshmand, "Influence of machining parameters on electro discharge machining of NiTi shape memory alloys Influence of Machining Parameters on Electro Discharge Machining of NiTi Shape Memory Alloys," no. March 2013, 2017.
5. A. Torres, I. Puertas, and C. J. Luis, "Modelling of surface finish, electrode wear and material removal rate in electrical discharge machining of hard-to-machine alloys," *Precis. Eng.*, vol. 40, pp. 33–45, 2015.
6. M. Priyadarshini and K. Pal, "Grey-taguchi Based Optimization of EDM Process for Titanium Alloy," *Mater. Today Proc.*, vol. 2, no. 4–5, pp. 2472–2481, 2015.
7. A. M. Abdul-Rani, A. M. Nanimina, T. L. Ginta, and M. A. Razak, "Machined Surface Quality in Nano Aluminum Mixed Electrical Discharge Machining," *Procedia Manuf.*, vol. 7, pp. 510–517, 2017.