

Analisa Parameter Arus Pemakanan terhadap *Material Removal Rate* dan *Electrode Relative Wear* Bahan Elektrode Cu, Brass Dan Grafit pada Mesin Edm Chimer Ez

Dwi Handoko, Sutrisno, & Azmal

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Pontianak

Jalan Ahmad Yani Pontianak 78124

Alamat koresponden. e-mail: handwi66@yahoo.co.id

Abstrak: Pada penelitian ini dilakukan analisa pengaruh parameter variasi arus terhadap keausan material elektrode/*Electrode Relative Wear* serta hubungannya terhadap laju pembuangan material / *Material Removal Rate* dari mesin EDM Chimer Ez. Arus yang digunakan 1,5; 3; 6; 8; 10 dan 12 amper. Sedangkan material elektrode menggunakan tembaga, kuningan, aluminium dan grafit serta benda kerja baja ST 60. Dari hasil yang di dapat secara umum, semakin tinggi arus yang digunakan angka keausan material elektrode semakin meningkat. Dari ketiga jenis logam kuningan, tembaga dan aluminium, logam kuningan memiliki angka laju keausan tertinggi dan yang terendah terjadi pada elektrode grafit.

Kata Kunci: EDM, MRR, ERW, Elektrode

Salah satu jenis pemesinan non konvensional adalah *Electrical Discharge Machining* (EDM). EDM dimana pada proses pemesinan ini pengerjaan material dilakukan oleh sejumlah loncatan bunga api listrik (*spark*) melalui celah kecil yang diisi dengan cairan dielektrik antara elektrode dan benda kerja. Mesin mengendalikan pahat elektrode yang bergerak maju mengikis material benda kerja dan menghasilkan serangkaian loncatan bunga api listrik yang berfrekwensi tinggi, (*Fuller, 1989*).

Untuk mendapatkan hasil yang baik dari proses pemesinan EDM, ada beberapa parameter yang mempengaruhi antara lain seperti arus, tegangan, jenis material elektrode dan bahan yang akan dikerjakan. Namun dari parameter tersebut yang selalu menjadi perhatian adalah jenis material elektrode dan arus yang diberikan. Pada proses EDM, keausan yang terjadi tidak hanya pada benda

kerja tetapi juga terjadi pada elektrode (pahat). Pada saat terjadinya proses pengikisan material benda kerja, sebagian permukaan elektrode juga akan terkikis oleh panas akibat dari loncatan bunga api hal itu bisa saja disebabkan oleh besarnya arus listrik dan tingginya frekuensi bunga api, walaupun keausan pada yang terjadi pada permukaan elektrode hanya sedikit, namun jika proses dilakukan secara terus menerus akibatnya akan berpengaruh terhadap kepresisian produk yang dihasilkan, sehingga keausan pada elektrode dapat mengakibatkan ketelitian dimensi dari benda kerja yang dihasilkan berkurang selain itu juga dapat mengurangi efisiensi penggunaan mesin dan pemborosan material benda kerja.

Melihat permasalahan tersebut, maka diperlukan suatu penelitian tentang parameter pemesinan dan pemilihan elektrode yang sesuai dengan kondisi mesin EDM.

Berdasarkan penjelasan tersebut diatas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah “Bagaimana Pengaruh Analisa Parameter Arus terhadap *Electrode Relative Wear* Tembaga, Kuningan, aluminium Dan Grafit Serta *Material Removal Rate*, Benda Kerja ST 60 pada Mesin EDM Chimer Ez?”.

Prinsip kerja dari mesin EDM adalah elektrode/pahat yang dialiri sumber listrik (katoda) didekatkan pada benda kerja (anoda) dimana diantara keduanya terdapat celah. Pada proses EDM loncatan bunga api listrik akan terjadi diantara pahat dan benda kerja yang terendam dalam fluida minyak bersifat isolator (tidak menghantarkan arus listrik).

Meskipun demikian, beda potensial listrik yang cukup besar dapat menyebabkan cairan membentuk partikel yang bermuatan, sehingga tegangan listrik dapat mengalir dari elektrode/pahat ke benda kerja. Dengan adanya graphite/elektroda dan partikel logam yang tercampur ke cairan dapat membantu transfer tegangan listrik dalam dua cara: partikel-partikel (konduktor) membantu dalam ionisasi minyak dielektrik dan membawa tegangan listrik secara langsung, serta partikel-partikel dapat mempercepat pembentukan tegangan listrik dari cairan. Daerah yang memiliki tegangan listrik paling kuat adalah pada titik di mana jarak antara elektrode dan benda kerja paling dekat.

Proses EDM tidak dipengaruhi oleh kekerasan bahan benda kerja, sehingga sangat bermanfaat bila digunakan untuk mengerjakan benda kerja dengan kekerasan di atas 38 HRC. Bahan tersebut meliputi baja yang telah dikeraskan, *Stellite* and *Tungsten Carbide*. Karena proses EDM menguapkan material sebagai ganti penyayatan, kekerasan dari benda kerja bukan merupakan faktor penting. Maka dari itu mesin Wire EDM dan Ram EDM digunakan untuk membuat bentuk kompleks dies dan perkakas potong dari material yang amat keras.

Elektrode menghantarkan tegangan listrik dan mengerosi benda kerja menjadi bentuk yang diinginkan. Bahan elektrode yang berbeda memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap proses pemesinan. Beberapa akan menghilangkan benda kerja secara efisien tetapi keausannya tinggi, elektrode yang lain memiliki keausan rendah tetapi kemampuan menghilangkan material benda kerja sangat lambat. Ketika memilih bahan elektrode dan merencanakan cara pembuatannya, faktor-faktor berikut harus diperhitungkan: **Harga bahan elektrode**. Kemudahan pembuatan/membentuk elektrode, Jenis dari hasil yang diinginkan (misalnya kehalusan), Besaran keausan elektrode, Jumlah elektrode untuk menyelesaikan sebuah benda kerja, Kecocokan jenis elektrode dengan jenis pengerjaan, Jumlah lubang penyemprot (*flushing holes*) jika diperlukan.

Bahan elektrode dibagi menjadi dua macam, yaitu: logam dan *graphite*. Pada saat ini ada lima macam elektrode, yaitu: kuningan (*brass*), Tembaga (*copper*), Tungsten, Seng (*zinc*), dan *Graphite*. Selain itu, beberapa elektrode dikombinasikan dengan logam yang lain agar dapat digunakan secara efisien, yaitu: Kuningan dan Seng, Tembaga dan *Tellurium*, Tembaga, Tungsten dan Perak, *Graphite* dan tembaga.

Pada awalnya, kuningan digunakan sebagai elektrode walaupun keausannya tinggi. Akhirnya, pengguna EDM menggunakan tembaga dan paduannya untuk meningkatkan rasio keausan. Masalah yang muncul dengan tembaga adalah karena titik cairnya sekitar 1.085°C, padahal temperatur percikan api pada celah elektrode dan benda kerja mencapai 3.800°C. Titik lebur tembaga yang rendah menyebabkan keausan yang terlalu tinggi dibandingkan dengan bagian benda kerja yang bisa dihilangkan.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa elektrode *graphite* memiliki laju yang lebih

besar dalam menghilangkan bagian benda kerja dibandingkan dengan keausannya sendiri. Graphite tidak mencair di celah elektrode, pada sekitar temperatur 3.350°C berubah dari bentuk padat menjadi gas. Karena graphite lebih tahan panas di celah elektrode dibandingkan dengan tembaga, untuk sebagian besar pengerjaan EDM lebih efisien menggunakannya. Tungsten memiliki titik lebur setara dengan graphite, akan tetapi tungsten sangat sulit dibentuk/dikerjakan dengan mesin. Elektrode logam biasanya yang terbaik untuk pengerjaan EDM bagi material yang memiliki titik lebur rendah seperti: aluminum, copper dan brass. Untuk pengerjaan baja dan paduannya, elektrode graphite lebih disarankan.

Berbagai penelitian yang telah dipublikasikan yang berkaitan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut: Adi Muttaqin (2014), melakukan studi tentang pengaruh variasi jenis material elektroda terhadap peformansi pemesinan drilling edm menggunakan edm tipe relaksasi (rc). Variable yang digunakan adalah kapasitor dan jenis elektroda berupa tembaga, aluminium, kuningan dan tungsten. Hasilnya, untuk MRR tertinggi terjadi pada penggunaan material tungsten, sedangkan MRR paling rendah adalah pada material aluminium. Untuk keausan elektroda (EWR), material tungsten mempunyai keausan yang paling rendah. Keausan paling tinggi terjadi pada aluminium. Widodo,dkk. Pengaruh Parameter Proses *Current Pulse*, *On Time*, dan *Off Time* pada EDM *Die Sinking* terhadap Nilai Kekasaran Permukaan Benda Kerja Baja Aisi H-13. Metode rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode regresi linear berganda dengan menggunakan 3 variabel dan 3 level sehingga akan dilakukan sebanyak 27 kali percobaan dengan masing-masing kondisi yang berbeda. Berdasarkan hasil penelitian dengan variabel

proses off-time pulse, on-time pulse, dan pulse current terhadap kekasaran dapat diketahui nilai kekasaran paling rendah dan nilai kekasaran paling tinggi. Nilai kekasaran permukaan yang paling kecil terjadi pada parameter arus 4,5A, *ontime* 60 μ s, dan *offtime* 10 μ s dengan nilai kekasaran permukaan 3,58 μ m. Sedangkan untuk nilai kekasaran paling besar terjadi pada parameter arus 9A, *ontime* 120 μ s, dan *offtime* 4 μ s dengan nilai kekasaran permukaan 8,80 μ m. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variabel arus terhadap laju pengikisan material/MRR, diameter pemotongan, keausan elektroda, dan kekasaran permukaan. Penelitian dilakukan menggunakan elektroda tembaga dan benda kerja baja ST-37.

Junaidi (2011), melakukan penelitian pengaruh temperatur sinter terhadap kekerasan elektroda tembaga-5% karbon yang dibuat dengan metode serbuk metalurgi, Percobaan dilakukan terhadap berbagai variasi kompaksi dan variasi suhu sinter dengan komposisi 95%Cu dan 5%C. Tiap benda uji dilakukan percobaan kekerasan. Dari hasil percobaan ternyata bahwa secara umum terdapat kecenderungan dengan meningkatnya beban kompaksi, kekerasan akan meningkat, Makin tinggi suhu sinter makin baik konsolidasi serbuk.

Pengukuran *Material Removal Rate (MRR)* dan *Electrode Relative Wear (ERW)*. *MRR* adalah laju pengerjaan atau pemakanan material terhadap waktu dengan menggunakan elektroda EDM. *MRR* diukur dengan membagi berat benda kerja sebelum dan setelah proses *machining* terhadap waktu yang dicapai (Rival, 2005) atau volume material yang telah dikerjakan terhadap waktu (Bagiasna, 1978). Persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai *Material Removal Rate*:

(gr/min)

Dimana: W_b = berat benda kerja sebelum machining (gr); W_a = berat benda kerja setelah

machining (gr); t_m = waktu yang digunakan untuk proses *machining* (min).

ERW adalah laju keausan/material removal yang terjadi pada elektroda (pahat), nilai *ERW* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

Dimana: E_{WW} = selisih berat elektroda sebelum dan setelah digunakan (gr); W_{RW} = selisih berat benda kerja sebelum dan setelah dikerjakan (gr).

Pengujian komposisi adalah untuk mengidentifikasi bahan-bahan yang terkandung dalam suatu material alat yang digunakan adalah spektrometer yaitu sebuah alat yang digunakan untuk mengamati spektrum cahaya yang terurai setelah melewati suatu medium sehingga membentuk suatu spektrum.

Penelitian ini bertujuan: (1) mengetahui besar arus dan jenis elektroda EDM terhadap keausan benda kerja khususnya pada benda kerja ST 60; (2) menghasilkan buku petunjuk kerja/ job sheet praktikum EDM, sehingga memudahkan pemahaman bagi mahasiswa tentang materi yang diberikan.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Metode eksperimen merupakan metode penelitian yang mengadakan kegiatan percobaan untuk melihat suatu hasil dan hasil ini akan menegaskan kedudukan hubungan (sebab-akibat) antara variabel yang diteliti.

Adapun proses yang dilakukan meliputi proses persiapan dan pengesetan mesin EDM, proses EDM, proses karakterisasi dan pengujian. Dari data-data karakterisasi dan pengujian dilakukan analisa yang kemudian dibahas dalam laporan. Proses pengujian yang dilakukan meliputi, pengukuran tingkat keausan elektroda, laju pengurangan massa benda kerja dengan memberikan variasi arus pemakanan. Selanjutnya dilakukan pengujian komposisi elektroda dan benda kerja.

Pembuatan elektroda dengan dimensi \emptyset 8 mm x 30 mm, dari bahan tembaga, kuningan, aluminium dan grafit. Pembuatan benda kerja dari bahan ST 60 dengan dimensi \emptyset 20 x 25 mm, melakukan pengujian berat elektroda dan benda kerja sebelum proses EDM, melakukan proses EDM dengan masing-masing elektrode dan pengaturan variasi arus 1,5; 3; 6; 8; 10; 12 Amper dengan kedalaman pemakan sebesar 5 mm dan berikut pengujian komposisi elektroda dan benda kerja sebelum dan sesudah proses EDM dengan menggunakan mesin Foundry Master yang ada di laboratorium Teknik Mesin Polnep material elektrode dan benda kerja.

HASIL

Dari hasil pengujian komposisi bahan elektrode dan benda uji Baja St 60 didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Komposisi Kimia unsur

Gambar 1. Flowchart alur penelitian

Berdasarkan hasil pengujian pemesinan EDM pada masing masing arus (1,5; 3; 6; 8; 10; 12) Amper pada masing-masing elektrode (Aluminium, kuningan , Tembaga dan Grafit) didapatkan harga *MRR* dan *ERW* (lihat tabel pada lampiran).

Dari hasil data tersebut, dengan menggunakan program Microsoft Excel Regresi Linier, di bawah ini plot grafik hubungan antara variasi arus dengan *ERW*

dan *MRR* untuk masing-masing elektrode dengan tingkat kepercayaan diambil 95% sebagai berikut. Hasil pengujian komposisi: Aluminium (97,15% Al), Kuningan (55,85%-34,9% Zn), Tembaga (98,65% Cu), dan material baja St.60 (98,85% Fe dan 0,2% C). Dari hasil uji tersebut menunjukkan material elektroda termasuk materil murni, sedang benda kerja St. 60 adalah baja karbon sedang.

Gambar 1. Grafik hubungan arus terhadap MRR untuk elektrode aluminium

Gambar 2. Grafik hubungan arus terhadap ERW untuk elektrode aluminium

Dari pengujian EDM pada pemakanan Baja St.60 dengan kedalam 5 mm, untuk semua elektroda memperlihatkan bahwa dengan variasi arus 1,5 Amper sampai dengan

12 Amper, laju pembuangan material (*Material Removal Rate*)/*MRR* juga meningkat. Meningkatnya laju pembuangan material dan ini sangat dipengaruhi oleh

besarnya loncatan bunga api yang terjadi dikarenakan semakin tinggi arus listrik maka semakin tinggi pula pelepasan panas dari energi sparking yang terjadi. Hal tersebut yang

menyebabkan kecepatan pemakanan benda kerja semakin cepat dan laju pemotongan benda kerja meningkat.

Gambar 3. Grafik hubungan arus terhadap MRR untuk elektrode tembaga

Gambar 4. Grafik hubungan arus terhadap ERW untuk elektrode tembaga

Untuk *Electrode Relative Wear* (ERW), terlihat adanya perbedaan untuk masing-masing elektroda. Untuk ketiga jenis logam yang di gunakan yaitu aluminium, tembaga dan kuningan. Harga prosentase *Electrode Relative Wear* akibat meningkatnya arus yang digunakan memperlihatkan logam kuningan lebih mudah aus (1,5A – 7,4 % ,12 A - 8,6 %), sementara logam tembaga dengan meningkatnya arus prosentase keausan yang lebih rendah yaitu (1,5A – 0,8%; 12A – 2,2%).

Hal ini dikarenakan logam tembaga memiliki sifat konduktifitas dan titik lebur yang tinggi, sehingga memiliki ketahanan aus yang baik. Junaidi (2011), berdasarkan penelitian menunjukkan bahwa elektrode grafit memiliki laju keausan yang lebih besar dalam menghilangkan bagian benda kerja dibandingkan dengan keausannya sendiri. Namun pada penelitian ini, saat dilakukan proses pemesinan, meski laju

Gambar 5. Grafik hubungan arus terhadap MRR untuk elektrode kuningan

Gambar 6. Grafik hubungan arus terhadap ERW untuk elektrode kuningan

Gambar 7. Grafik hubungan arus terhadap MRR untuk elektrode grafit

Gambar 8. Grafik hubungan arus terhadap ERW untuk elektrode grafit

pembuangan material meningkat namun justru bahan elektroda grafit berat material bertambah. Ini mungkin disebabkan sifat dari elektroda grafit merupakan allotropi karbon yang mempunyai pori dan konduktivitas yang cukup reaktif dimana saat temperatur yang tinggi, hasil percikan dari baja (Fe/Unsur besi) saat spark, terdifusi ke dalam material elektroda grafit, sehingga menambah prosentase berat dari elektroda grafit. Selain itu pada penelitian ini saat pengujian EDM dengan menggunakan elektroda grafit proses pemakanan saat terjadi spark tidak stabil (percikan yang terjadi terputus-putus), hal ini juga menyebabkan laju pemakanan material sedikit terhambat. Peristiwa tersebut mungkin disebabkan kualitas dari grafit kurang homogen sehingga saat mengalirkan arus listrik terhambat.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari hasil penelitian yang telah kami lakukan, dapatlah disimpulkan sebagai berikut : Pada penelitian ini dengan menggunakan empat jenis elektroda yaitu aluminium, kuningan, tembaga dan grafit, didapatkan secara keseluruhan dengan meningkatnya arus akan mempercepat laju pemakan material (MRR). Dari ketiga jenis elektroda logam, Kuningan memiliki tingkat keausan yang tinggi dan tembaga memiliki tingkat keausan elektroda (EWR) yang relatif rendah. Khusus elektroda grafit pada penelitian ini menunjukkan laju pemakan material (MRR) naik, namun dikarenakan kualitas elektroda yang digunakan kemungkinan kurang homogen dan akibat terjadinya difusi saat proses spark karena temperatur tinggi pada elektroda grafit saat pemakanan, sehingga beratnya justru relatif bertambah pada elektroda grafit.

Saran

Beberapa hal yang perlu dilakukan sehubungan dengan penelitian ini selanjutnya: adalah penelitian ini hanya dilakukan pada 1 jenis parameter pemakanan EDM yaitu variasi arus. Untuk itu perlu kiranya dilakukan penelitian selanjutnya terhadap parameter-parameter lain seperti Pulsa ON-Pulsa Of, jarak elektrode dan benda kerja kedalaman pemakanan terhadap kekasaran permukaan, kekerasan struktur mikro dari hasil proses EDM.

DAFTAR PUSTAKA

- Bagiasna, K. 1978. Proses-proses non Konvensional, Departemen Mesin, Institut Teknologi Bandung. 1978
- Fuller, E. 2002. John, *Electric Discharge Machining*, ASM International vol.16, pp. 557 – 564, 2002.
- Junaidi, Ahmad. 2011. Pengaruh Temperatur Sinter Terhadap Kekerasan Elektrode Tembaga-5% Karbon Yang Dibuat Dengan Metode Serbuk Metalurgi Jurnal Austenit Volume 3, Nomor 2, 2011
- Muttaqin, .Adi. 2014. Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Jenis Material Elektroda Terhadap Peformansi Pemesinan Drilling Edm Menggunakan Edm Tipe Relaksasi (Rc). Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XX Program Studi MMT-ITS, Surabaya 1 Februari 2014.
- Partana, Patna. 2008. Studi Pengaruh Material Elektroda Pada Proses *Electrical Discharge Machining*, Jurnal Media Mesin, Surakarta, 2008.
- Petrus Londa. 2014. Pengaruh Variabel Pemotongan terhadap Keausan Elektroda dan Benda Kerja Pada Proses Edm. Jurnal ROTASI – Vol. 16, No. 4, Oktober 2014: 9–16

- Purnomo, dkk. tt. Pengaruh Besar Arus Listrik Dan Tegangan terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada *Electrical Discharge Machining* (EDM) Dengan Metode Respon *Surface*.
- Rival. 2005. *Electrical Discharge Machining of Titanium Alloy Using Copper Tungsten Electrode With SiC Powder Suspension Dielectric Fluid*, Thesis S2, Fakultas Kejuruteraan, Mekanikal, Universiti Teknologi Malaysia, 2005.
- Suhardjono. 2004. Pengaruh Arc On dan Arc Off Time Terhadap kekasaran permukaan dan Laju Pembuangan Geram Hasil Permesinan Sinking EDM, *Jurnal Teknik Mesin*, Vol.6 No. 1. 2004.
- Widodo, dkk. 2001. Pengaruh Parameter Proses *Current Pulse, On Time, Dan Off Time* Pada *Electrical Discharge Machining* (EDM) Die Sinking Terhadap Nilai Kekasaran Permukaan Benda Kerja Baja Aisi H-13, 2001.
- <http://www.mechanicalbooster.com/2017/04/electrical-discharge-machining.html>