

KAJIAN MATERIAL REMOVAL RATE DAN ELECTRODE RELATIVE WEAR PADA ELEKTRODA EDM (ELECTRICAL DISCHARGE MACHINE) BERBAHAN KOMPOSIT MATRIKS TEMBAGA DENGAN PENGUAT PARTIKEL KARBON

Putri Nawangsari¹, Dedy Masnur²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km. 12,5 Simpang Baru Pekanbaru
Email : putrinawangsari@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini mengamati pengaruh penambahan partikel karbon di dalam komposit matriks tembaga terhadap Material Removal Rate dan Electrode Relative Wear sebagai elektroda EDM. Partikel karbon digunakan sebagai penguat dengan variasi 0 ; 2,5 ; 5 dan 7,5 % volume dicampur dengan serbuk tembaga selama 2 jam dan ditekan menggunakan uniaxial single action dengan tekanan 350 MPa untuk menghasilkan green body. Green body kemudian disinter dengan variasi temperatur sintering 840 °C, 870 °C, dan 900 °C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan partikel karbon pada 5% volume dengan temperatur sintering 900 °C menghasilkan nilai optimum dari Electrode Relative Wear sebesar 11,79%, sedangkan nilai Material Removal Rate tertinggi terjadi pada penambahan karbon 0% volume dengan temperatur sintering 900 °C yaitu 0.067gr/min.

Kata kunci : elektroda EDM, Electrode Relative Wear, Green body, komposit matriks tembaga, , Material Removal Rate, sintering

1. PENDAHULUAN

EDM (Electrical Discharge Machine) adalah proses pengerjaan material yang dikerjakan oleh sejumlah loncatan bunga api listrik (spark) melalui celah kecil yang diisi dengan cairan dielektrik antara elektroda dan benda kerja (Fuller, 1989). Energi listrik dari loncatan bunga api listrik diubah menjadi energi panas sehingga energi panas menimbulkan plasma temperatur tinggi dan mengikis material benda kerja. Elektroda EDM berfungsi untuk menyebarkan *electrical discharge* dan untuk mengikis benda kerja sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Secara teoritis setiap material yang dapat menghantarkan listrik dapat digunakan sebagai elektroda pahat dimana elektroda yang terbaik memiliki tahanan listrik rendah, konduktivitas panas yang baik, dan memiliki titik leleh yang tinggi (Amorim dan Weingaertner, 2004).

Tembaga banyak digunakan sebagai elektroda EDM (Electrical Discharge Machine) karena memiliki konduktivitas elektrik dan panas yang baik, tahan terhadap korosi, dan mampu terhadap temperatur tinggi, tetapi tembaga murni sangat sukar dikerjakan dengan metode konvensional (dibubut, frais, dan gerinda) karena sifatnya yang ulet sehingga perlu ditambahkan unsur-unsur untuk memperbaiki sifat *machinability* dan sifat mekanis. Karbon juga digunakan sebagai elektroda EDM karena memiliki sifat tahan terhadap temperatur tinggi dan tidak terpengaruh oleh kejutan panas (thermal-shock) yang terjadi pada waktu proses permesinan EDM berlangsung, harganya lebih murah, dan lebih ringan dibandingkan dengan elektroda dari metal sehingga tidak memberatkan pemegang pahat, tetapi kelemahannya adalah material karbon bersifat *abrasive* dan getas (Rival, 2005), sehingga menjadi kendala apabila dikendaki bentuk elektroda bersudut tajam pada proses permesinan EDM.

Menggabungkan antara material tembaga dengan material karbon untuk mendapatkan sifat yang lebih baik dari material pembentuknya bisa dilakukan dengan membentuk MMCs (Metal Matrix Composites) seperti yang telah dilakukan oleh Tsai dkk (2003) yang menggabungkan tembaga sebagai matriks dengan partikel penguat Cr sebesar 0%, 20%, dan 43% berat untuk membentuk elektroda EDM dengan variasi tekanan kompaksi 10 MPa, 20 MPa, dan 30 MPa. MMCs dengan penguat partikel pembuatannya dapat dilakukan dengan metode metalurgi serbuk. Secara singkat proses metalurgi serbuk meliputi pencampuran serbuk (mixing), pengempaan serbuk (compacting), dan proses sintering (German, 1994). Penelitian ini menggabungkan sifat antara tembaga dan karbon untuk membentuk MMCs (Metal Matrix Composites) dengan metode metalurgi serbuk sehingga hasil penelitian ini diharapkan didapatkan suatu material baru yang dapat digunakan sebagai elektroda EDM yang dapat memberikan efisiensi pada proses *machining*.

1. METODOLOGI PENELITIAN

1. Bahan

2. Serbuk Cu, ukuran +230 mesh ASTM ($63\mu\text{m}$), sebagai matriks dengan komposisi seperti tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia serbuk tembaga

--

3. Serbuk Karbon, ukuran +270 mesh ASTM ($53\mu\text{m}$), sebagai penguat dengan komposisi seperti tabel 2.

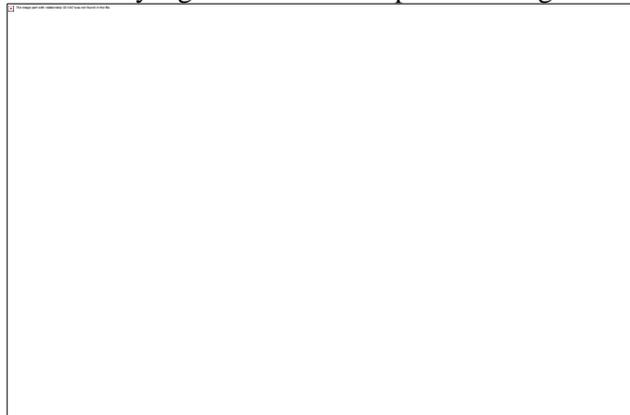
Tabel 2. Komposisi kimia serbuk karbon

Kandungan	C	Ash	Moisture
% berat	min 85	maks 5	maks 3

4. Stainless Steel AISI 304 sebagai bahan cetakan (die)
 5. Amutit S sebagai bahan penekan (punch)
 6. Gas Argon, pada saat proses sintering
 7. S45C sebagai material benda kerja pada proses EDM

8. Pembuatan Spesimen dan Prosedur Pengujian

Serbuk dengan kandungan karbon 0; 2,5; 5; dan 7,5% volume dicampur dengan serbuk tembaga selama 2 jam dengan menggunakan *rotating cylindrical* pada kecepatan 2 rpm untuk mendapatkan distribusi ukuran partikel yang homogen. Setelah serbuk dicampur selanjutnya serbuk dimasukkan ke dalam cetakan dan dikompaksi dengan menggunakan *uniaxial single action* pada tekanan 350 MPa. Penekanan ditahan selama 5 menit untuk mendapatkan spesimen yang padat sehingga cukup kuat untuk dikeluarkan dari cetakan untuk mendapatkan *green body* dengan dimensi $\text{Ø}12 \times 10 \text{ mm}$ (Gambar 1). *Green body* selanjutnya disinter pada kondisi vakum yang dialiri gas Argon untuk mencegah oksidasi. Sintering dilakukan pada temperatur 840°C , 870°C , dan 900°C selama 60 menit dengan kenaikan temperatur $5^\circ\text{C}/\text{menit}$ yang dimulai dari temperatur ruang.



Gambar 1. Spesimen setelah proses sintering pada variasi temperatur 840°C , 870°C , dan 900°C

9. Pengujian EDM

Spesimen yang sudah disintering digunakan sebagai elektroda EDM untuk diuji *Material Removal Rate (MRR)* dan *Electrode Relative Wear (ERW)* pada material benda kerja S45C.

Parameter pengujian

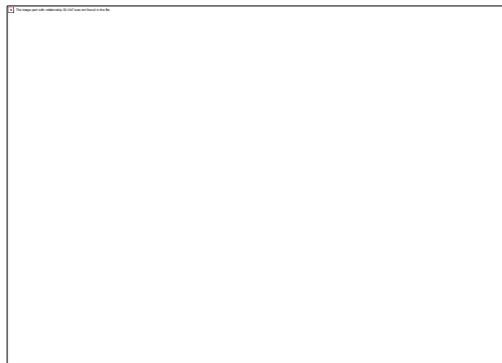
Benda Kerja

S45C

Elektroda

Komposit Cu-C ($\text{Ø}12 \times 10 \text{ mm}$)

<i>Fluida dielectric</i>	<i>Esso Univolt 64</i>
Polaritas, P	Positif (+)
<i>Peak Current, Ip</i>	12 A
<i>Open Circuit Voltage, Vo</i>	50 V
<i>Pulse On</i>	2,5 detik (discharge)
<i>Pulse Off</i>	<i>Flushing</i> 2,5–3 detik
<i>Side Gap</i>	0.03 mm
Kedalaman pengerjaan benda kerja	3 mm



Gambar 2. Geometri elektroda dan benda kerja proses EDM

2.3.1 Pengukuran *Material Removal Rate* (MRR) dan *Electrode Relative Wear* (ERW)

Material Removal Rate 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* :

$$MRR = \frac{W_b - W_a}{t_m} \text{ (gr/min)} \quad (1)$$

dengan, 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)

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

$$ERW = \frac{EWW}{WRW} \times 100\% \quad (2)$$

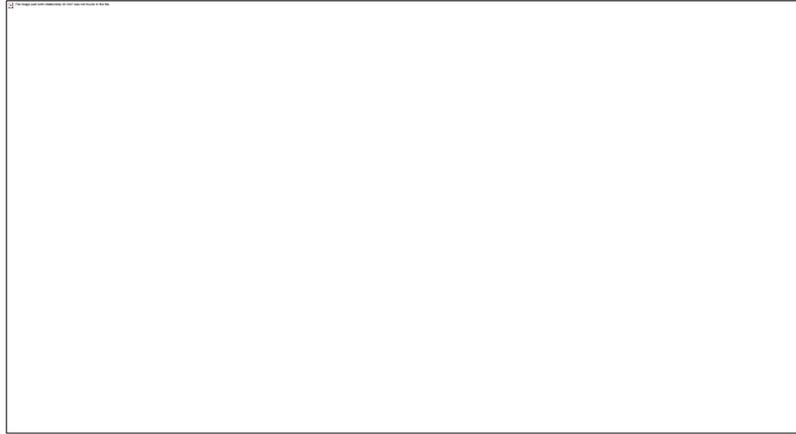
dengan, EWW : selisih berat elektroda sebelum dan setelah digunakan (gr)

WRW : selisih berat benda kerja sebelum dan setelah dikerjakan (gr)

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

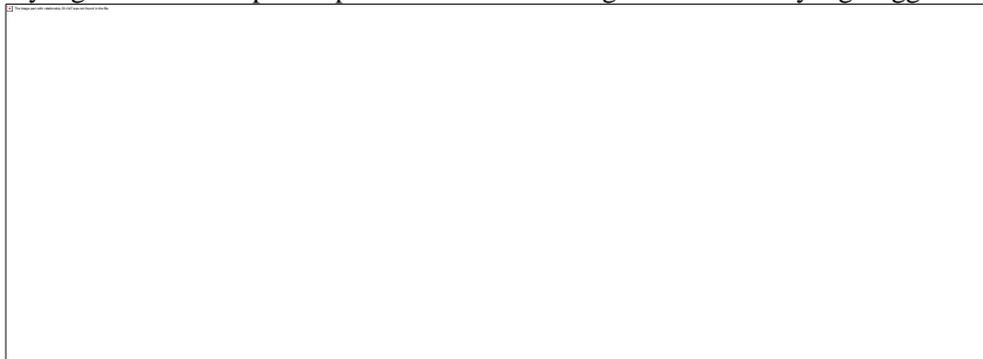
1. Pengaruh kandungan karbon terhadap *Material Removal Rate* (MRR)

Grafik hubungan antara *Material Removal Rate* (MRR) dengan kandungan karbon pada temperatur sintering 840 °C , 870 °C, dan 900 °C ditunjukkan pada gambar 3.

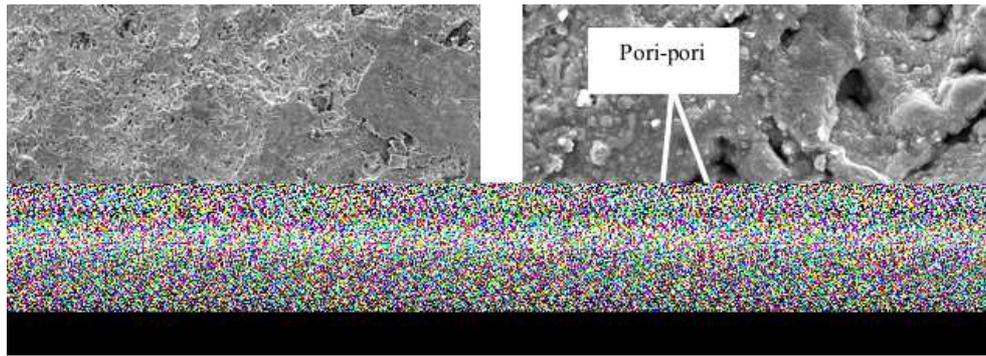


Gambar 3. Material Removal Rate pada variasi kandungan karbon

MRR cenderung menurun seiring dengan meningkatnya penambahan kandungan karbon, hal ini disebabkan karena konduktivitas listrik karbon lebih rendah dibandingkan dengan konduktivitas listrik tembaga sehingga dengan penambahan kandungan karbon pada matriks tembaga konduktivitas listrik akan berkurang. Pada saat proses permesinan EDM juga menunjukkan bahwa stabilitas arus yang dilepaskan untuk komposit matriks tembaga 0% vol C sebesar 100%; 2,5% vol C sebesar 80%; 5% vol C sebesar 70% dan 7,5% vol C sebesar 60%, dimana arus listrik yang konstan (stabilitas mesin 100%) akan mempertinggi frekuensi pelepasan bunga api listrik sehingga menghasilkan MRR yang tinggi (Bagiasna, 1978). Rival (2005) juga menyatakan bahwa faktor yang mempengaruhi MRR adalah besarnya arus listrik dari elektroda, arus listrik yang tinggi akan menghasilkan MRR yang tinggi karena dengan besarnya arus akan meningkatkan energi *discharge* yang menyebabkan pelelehan lokal pada area benda kerja yang dikerjakan. Gambar 4 dan gambar 5 menunjukkan hasil pengamatan SEM untuk permukaan elektroda komposit setelah proses pemesinan EDM terlihat lebih kasar karena permukaan yang kasar/runcing akan mempermudah loncatan elektron yang menghasilkan konduktivitas listrik yang paling tinggi. Miller dkk (2004) juga menyatakan bahwa elektroda dengan permukaan yang kasar setelah proses permesinan EDM menghasilkan MRR yang tinggi.



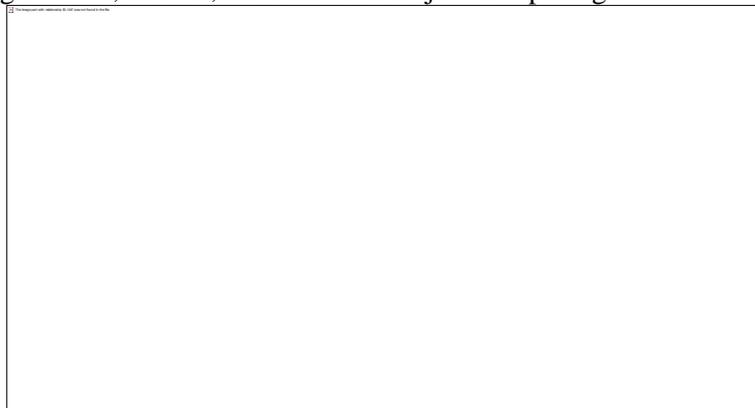
Gambar 4. Pengamatan SEM, elektroda komposit setelah proses permesinan EDM dengan kandungan karbon 5% volume pada temperatur sintering 900 °C



Gambar 5. Pengamatan SEM, elektroda komposit setelah proses permesinan EDM dengan kandungan karbon 7,5% volume pada temperatur sintering 840 °C

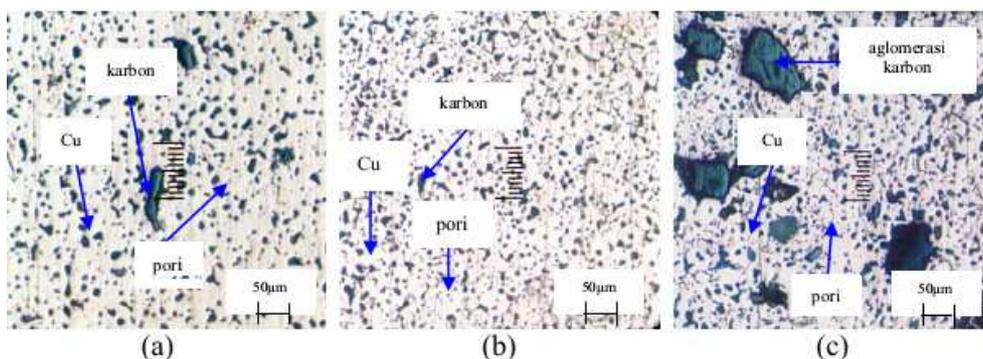
4.2 Pengaruh Kandungan Karbon terhadap

Grafik hubungan antara *Electrode Relative Wear* (ERW) dengan kandungan karbon pada temperatur sintering 840 °C , 870 °C, dan 900 °C ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. *Electrode Relative Wear* pada variasi kandungan karbon

Secara umum ERW rendah untuk material yang mempunyai titik lebur tinggi (Amorim dan Weingaertner, 2004). ERW komposit menurun dengan meningkatnya kandungan karbon sampai 5 % volume karena nilai porositas komposit menurun sehingga elektroda tidak mudah tererosi akibat panas sedangkan elektroda dengan penambahan karbon 7,5% volume laju keausan elektroda mengalami peningkatan, hal ini disebabkan porositas yang tinggi sehingga kekuatan ikatan antar butiran antar serbuk lemah yang menyebabkan lebih mudah tererosi akibat panas selama proses permesinan EDM berlangsung. Gambar 7 menunjukkan struktur mikro dari komposit matriks tembaga dengan variasi kandungan karbon 2,5 % vol; 5 % vol; dan 7,5 % vol pada temperatur sintering 900 °C, dari gambar tersebut terlihat bahwa porositas terendah terlihat pada kandungan karbon 5 % volume.



Gambar 7. Struktur mikro komposit matriks tembaga pada temperatur sintering 900 °C dengan kandungan karbon (a) 2,5 %; (b) 5 % ; (c) 7,5 %

3. KESIMPULAN

1. Laju pemakanan (MRR) meningkat dengan peningkatan temperatur sintering dan menurun dengan penambahan kandungan karbon sampai 7,5% volume sebesar 7,14 % pada perlakuan temperatur sintering 840 °C, 8,06 % pada perlakuan temperatur sintering 870 °C, dan 13,43 % pada perlakuan temperatur sintering 900 °C.
2. Laju keausan elektroda (ERW) menurun seiring dengan peningkatan temperatur sintering dan penambahan kandungan karbon 5% volume
3. Komposit matriks tembaga dengan penguat karbon yang dapat digunakan sebagai elektroda EDM terbaik adalah penambahan kandungan karbon sebesar 5 % volume pada temperatur sintering 900 °C.

4. DAFTAR PUSTAKA

ASM International, 1998, ASM Powder Metal Technologies vol.7.

Amorim, F.L., dan Weingaertner, W.L., 2004, Die-Sinking Electrical Discharge Machining of a High-Strength Copper-Based Alloy for Injection Molds, Mechanical Science Engineering, vol.26, pp.137-144.

Bagiasna, K., 1978, Proses-proses non Konvensional, Departemen Mesin, Institut Teknologi Bandung.

Fuller, E. John, 2002, Electric Discharge Machining, ASM International vol.16, pp. 557 – 564

German, R.M., 1994, Powder Metallurgy Science 2nd edition, Metal Powder Industries Federation, Princeton, New Jersey.

Miller, S., Shih, A., dan Qu, J., 2004, Investigation of The Spark Cycle on Material Removal Rate in Wire Electrical Discharge Machining of Advanced Material, International Journal of Machined Tool and Manufacture, Science Direct, Elsevier, vol. 44, pp. 391 – 400.

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.

Tsai, H.C., Yan, B. H., dan Huang, F. Y., 2003, EDM Performance of Cu/Cr Based Composite Electrode, International Journal of Machine Tool & Manufacture, vol.43, pp. 245 – 252.