

PENGARUH WAKTU SINTERING TERHADAP NILAI KEKERASAN ELEKTRODA TEMBAGA-GRAFIT PADA EDM

Achmad Putra Irfan¹⁾, Achmad As'ad Sonief²⁾, Lilis Yulianti³⁾

^{1,2,3}Departemen Teknik Mesin, Universitas Brawijaya
E-mail: putrairfan@gmail.com

Abstract

The electric discharge machining process, EDM electrodes (copper) which have relatively low hardness experience high wear due to the edm machining process utilizing sparks at the tip of the electrode which can reach a working temperature of up to 3800°C. the process of making electrodes from metal matrix composite by powder metallurgy method can be done. making Metal Matrix Composite (MMC) electrodes 95% copper - 5% graphite, the addition of graphite elements is expected to add to the hardness value of the electrode. In this study, the electrode molding compaction pressure used is 508 mpa and will be seen the effect of sintering time on powder metallurgy on the hardness value of the electrode with a variation time of 40, 60, 80 minutes with a sintering temperature of 800°C. After that, the Vickers hardness value and the microstructure of the electrode will be tested. the highest hardness value at 40 minutes (26.20 HV). The longer the sintering time the value of electrode hardness will decrease. the longer the sintering time the copper-graphite grain boundaries are clearly visible and the graphite distribution is less evenly distributed this causes the hardness value to be low.

Keywords: EDM, Hardness, MMC, Copper, Graphite

PENDAHULUAN

EDM adalah metode permesinan non-konvensional yang menggunakan elektroda pahat untuk mengikis benda kerja menjadi bentuk yang diinginkannya. Beberapa loncatan bunga api listrik terjadi di antara celah pahat (elektroda) sebagai katoda dan benda kerja sebagai anoda. Benda kerja dimasukkan ke dalam cairan yang memiliki tahanan listrik yang tinggi dan bertindak sebagai media isolator selama proses pembuangan material. Tiga jenis material dapat digunakan untuk membuat elektroda EDM: logam (tembaga, paduan alumunium, kuningan, tungsten, baja), bukan logam (grafit), dan kombinasi tembaga-grafit (Ganesh et al, 2023).

Dalam mesin EDM, tembaga murni digunakan sebagai pahat dengan toleransi pemotongan antara 0,005-0,125. Oleh karena itu, keausan elektroda mempengaruhi oleh ketelitian dimensi pemotongan, sementara keausan benda kerja tergantung pada titik leburnya dan nilai kekerasan elektroda. Temperatur percikan api di antara elektroda dan benda kerja mencapai 3800°C, sedangkan titik cair tembaga sekitar 1083°C. Titik lebur tembaga yang rendah menyebabkan keausan yang tinggi. Pembuatan komposit matrik

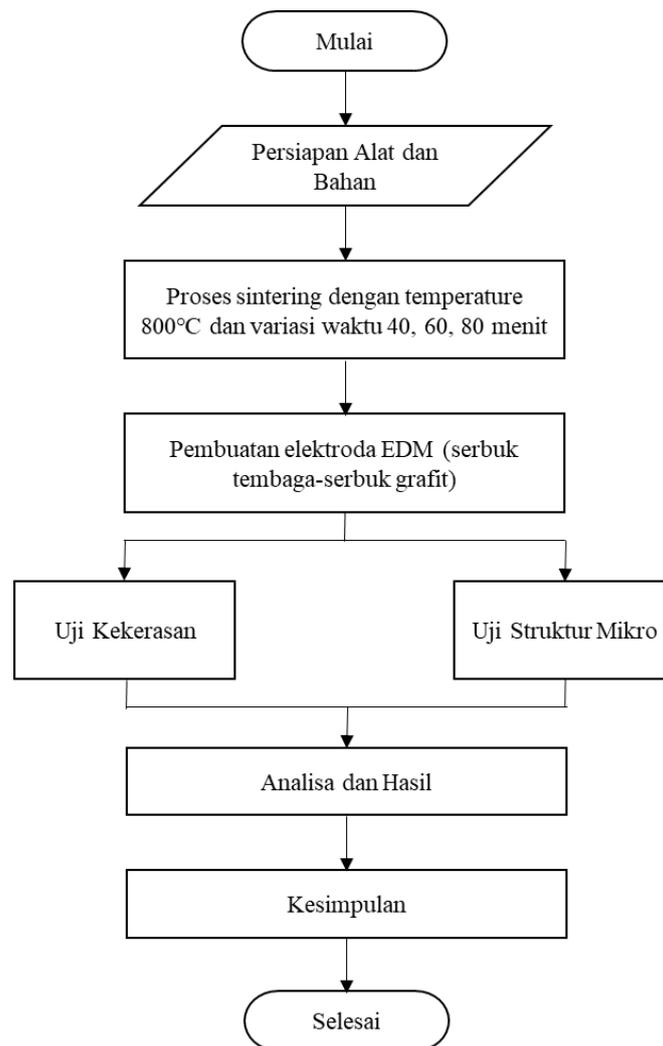
logam dengan material penguat partikel, dapat dilakukan dengan proses *Powder Metallurgy* yaitu dengan tahapan: Pencampuran serbuk (*mixing*), kompaksi serbuk (*Compaction*), dan proses sinter (Handoko et al, 2020).

Pembuatan komposit matrik paduan aluminium-grafit dapat dibuat dengan menggunakan metalurgi serbuk dimana aluminium sebagai matrik dan partikel grafit sebagai penguat, dengan tujuan mengatasi kelemahan dari sifat aluminium. Dimana hasil yang didapat pada penelitian ini dengan penambahan unsur grafit meningkatkan nilai kekerasan maksimum, pada 5% dari berat aluminium, hal ini menunjukkan adanya partikel keras yang terbentuk pada proses sinter. Elektroda EDM dikelompokkan menjadi tiga yaitu: logam (tembaga, paduan aluminium, kuningan, *tungsten*, baja, bukan logam (grafit) dan kombinasi tembaga-grafit. Bahan pembuatan elektroda EDM dari bahan tembaga yang selama ini dibuat dengan proses permesinan (Abdul et al, 2018).

Mengacu dari hal tersebut untuk mengatasi tingkat keausan dari elektroda yang tinggi dikarenakan nilai kekerasan tembaga yang rendah, maka pada penelitian kali ini akan dilakukan pembuatan elektroda EDM *metal matrix composite* dari tembaga 95% - grafit 5% dengan metode metalurgi serbuk, dan dilihat pengaruh lama waktu sintering terhadap nilai kekerasan dari elektroda tersebut.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *true experimental* yang dilakukan di Politeknik Negeri Pontianak dan Universitas Brawijaya. Pada proses *mixing* akan dilakukan pencampuran serbuk tembaga 95% - grafit 5% dari berat total 25 gr dengan spesifikasi kedua serbuk yang memiliki kemurnian 95,5% dengan *grain size* 0.075-0.061 mm. Grafit, sebagai salah satu bentuk karbon yang paling dikenal, telah terbukti dapat meningkatkan kekerasan material ketika digunakan sebagai pengisi atau komponen dalam campuran. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa grafit, ketika ditambahkan ke dalam matriks material seperti komposit atau logam, dapat berkontribusi pada peningkatan kekerasan dan ketahanan terhadap aus (Zhang et al, 2020).



Gambar 1. Diagram alir tahapan penelitian

Tahap selanjutnya dilakukan proses kompaksi. Proses kompaksi bertujuan untuk memadatkan material. Serbuk yang sudah melalui proses *mixing* akan dimasukkan pada cetakan elektroda kemudian dilakukan penekanan kompaksi menggunakan *universal testing machine* dengan beban penekanan 60 kN dengan waktu penahanan 1 menit setelah mencapai beban, setelah itu elektroda akan dikeluarkan dari cetakan.

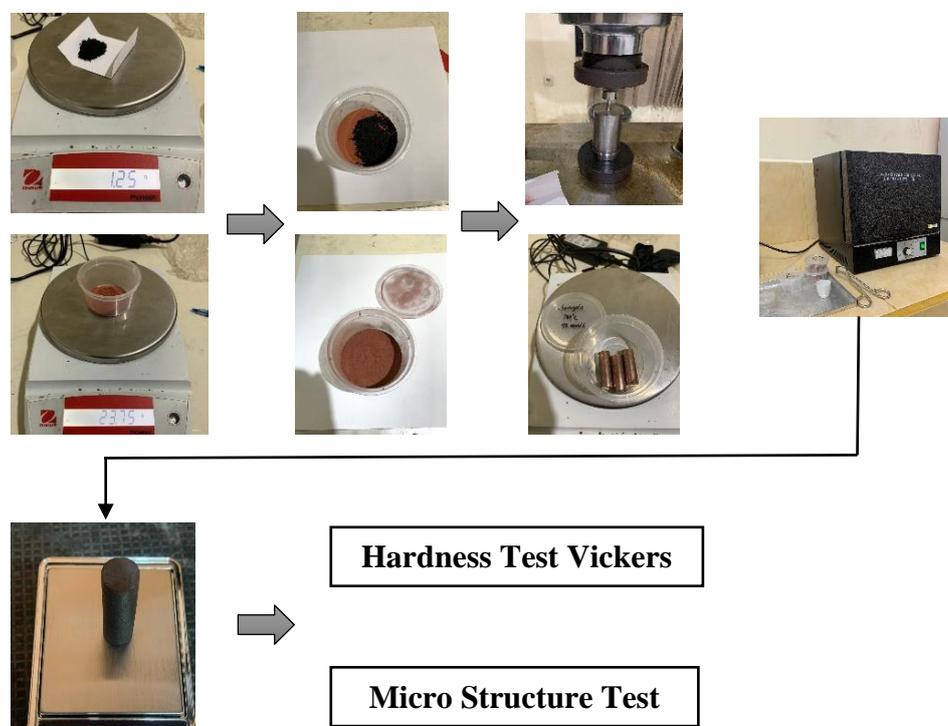
Setelah dari proses kompaksi maka akan dilakukan proses sintering adalah proses pemanasan material di bawah titik lelehnya hal ini bertujuan untuk meng optimalkan struktur mikro, mengurangi porositas serta meningkatkan sifat mekaniknya. Lama waktu proses sintering akan dilakukan pada 40 menit, 60 menit dan 80 menit dengan

temperature 800°C guna mengetahui pengaruh waktu sintering terhadap nilai kekerasan pada elektroda.

Setelah elektroda dibuat maka akan dilakukan pengujian kekerasan pada elektroda dengan alat uji kekerasan *vickers*. Setelah itu akan dilakukan foto struktur mikro dari elektroda dengan perbesaran 1500x.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap pembuatan elektroda dilakukan dari proses *Mixing*, kompaksi dan sintering dengan variable yang telah ditentukan. Setelah elektroda dibuat maka akan dilakukan pengambilan nilai kekerasan elektroda dari tiap sample dengan uji kekerasan *vickers* pengujian *vickers* diambil dari 3 titik permukaan elektroda lalu di rata-ratakan nilai kekerasannya setelah itu akan diambil foto struktur mikro. sebelum dilakukan foto struktur mikro sample perlu dilakukan penghalusan bagian permukaan dengan proses pengamplasan lalu dilakukan proses *etching* sehingga permukaan elektroda dapat dilihat dari mikroskop dengan perbesaran 1500x. Tahapan dari seluruh proses penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini.



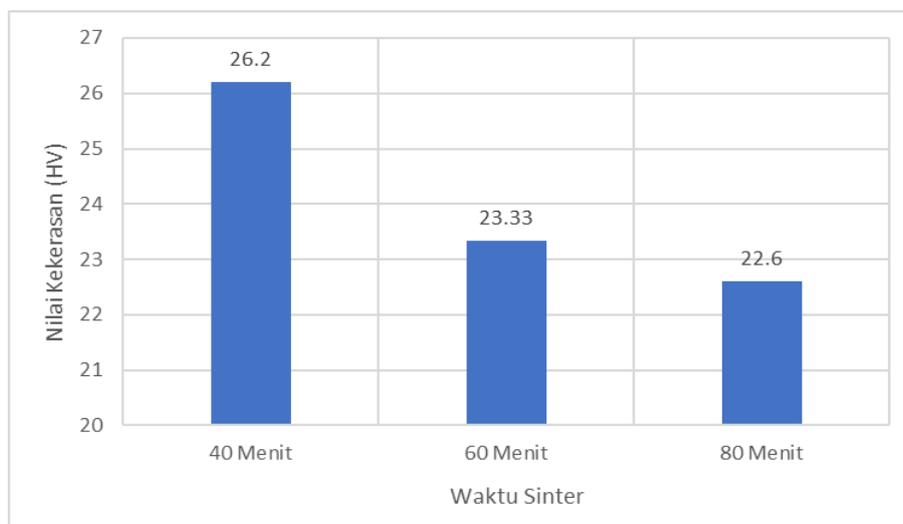
Gambar 2. Alur proses pembuatan elektroda sampai pengujian

Elektroda yang telah dibuat akan dilakukan uji kekerasan *vickers* dan diambil nilai kekerasan dari tiap sample elektroda yang telah dibuat. Hasil dari pengukuran nilai kekerasan dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 1
Nilai kekerasan terhadap variasi waktu sintering

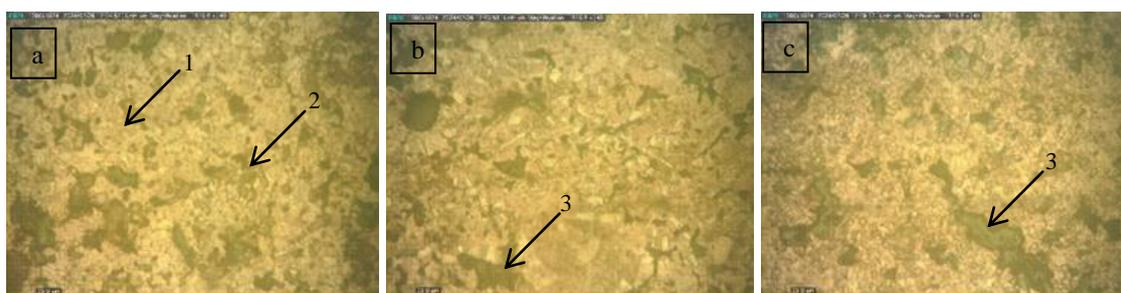
Temperatur	Waktu	Nilai Kekerasan 3 Ttik (HV)	Nilai Kekerasan Rata-rata (HV)
800°C	40 Menit	24.00	26.20
		25.10	
		29.50	
	60 Menit	25.10	23.33
		22.20	
		22.70	
	80 Menit	18.60	22.60
		26.70	
		22.50	

Sintering adalah proses penting dalam pembuatan bahan komposit dan keramik, dan suhu sintering memiliki pengaruh besar terhadap nilai kekerasan material. Pada suhu sintering yang lebih tinggi, partikel material dapat bergabung dengan lebih baik, mengurangi porositas dan meningkatkan densitas. Ini biasanya menghasilkan kekerasan yang lebih tinggi karena ikatan antara partikel menjadi lebih kuat dan lebih stabil.



Gambar 3. Diagram nilai kekerasan terhadap variasi waktu sinter

Namun dapat kita lihat pada gambar 3, nilai kekerasan tertinggi elektroda tembaga-grafit didapat pada waktu sinter 40 menit yaitu 26.20 HV dan terendah pada waktu 80 menit dengan nilai kekerasan 22.60 HV. Dapat disimpulkan semakin lama waktu sinter maka nilai kekerasan elektroda tembaga dengan penambahan grafit semakin menurun. Namun, penting untuk dicatat bahwa peningkatan suhu sintering juga dapat menyebabkan beberapa efek negatif, seperti pertumbuhan butir yang tidak diinginkan, yang dapat mengurangi kekerasan material. Waktu sintering yang lama memungkinkan proses difusi dan rekristalisasi terjadi lebih lengkap. Hal ini bisa menyebabkan homogenisasi mikrostruktur yang berlebihan dan menghilangkan kekerasan yang disebabkan oleh ketidakseragaman struktural awal (Li et al, 2020).



Gambar 4. Struktur mikro, a) 40 Menit, b) 60 Menit, c) 80 Menit

Hasil dari pengujian struktur mikro dapat dilihat pada gambar 4. Dari hasil pengujian struktur mikro pada gambar 4. a) 40 Menit pada panah no.1 berwarna kuning keemasan merupakan material tembaga pada elektroda sedangkan no.2 berwarna gelap merupakan grafit. Nilai kekerasan tertinggi didapat pada waktu sinter 40 menit hal ini dikarenakan penyebaran grafit cenderung merata pada tembaga. Penyebaran butir penguat (reinforcement) pada matriks komposit dapat meningkatkan kekerasan material. Ini terjadi karena butir-butir penguat dapat menghambat pergerakan dislokasi dalam matriks, yang pada gilirannya meningkatkan kekerasan dan kekuatan material. Selain itu, distribusi yang merata dari butir penguat dapat menghasilkan peningkatan sifat mekanik secara keseluruhan (Liu et al, 2020).

Gambar 4. b) dan c) dapat kita lihat batas butir tembaga terlihat jelas dan banyak terjadi cluster atau gumpalan unsur grafit dapat dilihat pada panah no.3 gambar tersebut.

Hal ini dikarenakan adanya perbedaan titik lebur yang tinggi antara tembaga dan grafit dimana tembaga memiliki titik lebur pada suhu 1083°C sedangkan grafit pada suhu 2400°C. Proses sintering dilakukan pada titik kristalisasi perbedaan yang jauh ini mempengaruhi reaksi kimia yang terjadi. Suhu dan waktu sintering yang tidak optimal dapat menyebabkan migrasi dan agregasi butir penguat. Ini sering terjadi jika suhu sintering terlalu tinggi atau waktu sintering terlalu lama, memungkinkan partikel bergerak dan berkumpul (Lee et al, 2019). Hal ini dapat menyebabkan sifat mekanis termasuk nilai kekerasan dari elektroda tembaga-grafit berkurang.

SIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini waktu sintering sangat berpengaruh terhadap nilai kekerasan elektroda tembaga 95% - grafit 5%. Semakin lama waktu sintering nilai kekerasan dari elektroda akan semakin menurun. Kekerasan tertinggi di dapat pada waktu 40 Menit dengan nilai 26.20 HV. Lama waktu sintering mempengaruhi struktur mikro dari elektroda. Dimana semakin lama waktu sintering menyebabkan migrasi dan agresi dari butir penguat sehingga terjadi cluster pada grafit.

Saran untuk penelitian lanjutan, dapat dilakukan pengujian pengaruh tekanan kompaksi, pengaruh suhu sintering terhadap nilai kekerasan dari elektroda *metal matrix composite* tembaga 95% - grafit 5%.

DAFTAR PUSTAKA

- Ganesh D, Nitin P, Ravi R, Apurva .K, Aditya M, Ishwar P, Yash B, Vishwajit K, Namrete I. (2023). Experimental analysis of SS316 using brass electrode in electric discharge machine. *Viswhakarma Institute of Technology*, 411.037.
- Zhang S, Wang J, Liu Y, (2020), The role of graphite in improving the wear resistance of metal matix composite, *Journal of Materials Science & Technology*.
- Li J, Chen D, Yang F, (2020), Influence of sintering temperature and time on the micro structure and mechanical properties of titanium-based composites, *Journal of Materials Science & Technology*, 54, 156-163.
- Liu R, Chen C, Zhang Y, (2020), Effect of reinforcement distribution on the mechanical properties of Al-based composites reinforced with SiC nanoparticles, *Materials Science and Engineering*, 773, 138742.
- Lee C, Park J, Kim, S, (2019), Influence of sintering parameters on the microstructures and mechanical properties of metal matrix composites reinforced with nano-sized particles, *Powder Metallurgy*, 62(3), 195-202.

- Syukur A, Abdul P, Adhy H, Nur, T, Bambang, Rekayasa elektroda electrical discharge machine dari bahan baku serbuk tembaga dengan proses kompaksi, *Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang*.
- Deepanraj, B., Senthilkumar, N., & Thamizharasan, T. (2023). Sintering parameters consequence on microstructure and hardness of copper alloy prepared by powder metallurgy. *Elsavier*.
- Handoko, D., Sutrisno, & Reharmento, A. (2020). Pengaruh Variasi Tekanan Kompaksi Powder Metallurgy Elektroda Metal Matrix Composites Tembaga-Grafit Terhadap Materiam Removal Rate Dan Electrode Relative Wear Pada Proses EDM Mesin Chimer EZ. *Jurnal Mesin Nusantara*.
- Su, Y., Jiang, F., Wu, F., & Long, M. (2024). Effect of Sintering Temperature on Microstructure and Tribological Properties of Copper/Graphite Composites Doped With Ti3ALC2 Particles. *Materials Today Communication*, Vol 38, 2024.