

# REKAYASA ELEKTRODA ELECTRICAL DISCHARGE MACHINE DARI BAHAN BAKU SERBUK TEMBAGA DENGAN PROSES KOMPAKSI

Abdul Syukur A<sup>1)</sup>, Adhy Purnomo<sup>2)</sup>, Hariyanto<sup>3)</sup>, Nur Saada<sup>4)</sup>, Bambang Tjahjono<sup>5)</sup>

<sup>1) 2)3)4)5)</sup>Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang

Jl. Prof. H. Sudarto, SH, Tembalang, Kotak Pos 6199/SMS, Semarang 50329

Telp (024) 7473417, 7466420 (Hunting), Fax. 7472396

## Abstrak

*Electrical Discharge Machining (EDM) adalah proses pembuangan material yang dikerjakan oleh sejumlah loncatan bunga api listrik yang terjadi pada celah antara pahat (elektroda). Pembuatan elektroda EDM salah satunya dibuat dengan proses metalurgi serbuk (penekanan dan sintering) dari bahan serbuk tembaga. Metalurgi serbuk adalah proses penekanan terhadap serbuk agar serbuk dapat menyatu satu dengan lainnya sebelum ditingkatkan ikatannya dengan proses sintering. Pembuatan serbuk tembaga dapat dilakukan dengan proses pengendapan elektrolisis (electrorefining). Serbuk tembaga kemudian dilakukan proses kompaksi, sintering dan uji kekerasan untuk menghasilkan elektroda EDM yang optimal. Dengan mesin cetak menggunakan tenaga hidrolik yang berkemampuan tekan 6 ton, dapat mencetak bentuk elektroda EDM yang terbaik pada tekanan (P) sebesar 8,8 (MPa), gaya (F) sebesar 60 (kN) dilanjutkan dengan proses sintering dengan temperatur 900°C dan waktu penahanan 1 jam sehingga menghasilkan produk dengan nilai kekerasan 77 (kg/mm<sup>2</sup>).*

**Kata Kunci :** “Metalurgi Serbuk”, “ Elektroda EDM”

## 1. Pendahuluan

*Electrical Discharge Machine (EDM)* adalah proses pembuangan material yang dikerjakan oleh sejumlah loncatan bunga api listrik yang terjadi pada celah antara pahat (elektroda) sebagai katoda dengan benda kerja sebagai anoda yang dimasukkan ke dalam suatu larutan cairan yang biasa disebut dielektrikum, artinya cairan dengan tahanan listrik yang besar berfungsi sebagai media isolator. Ada beberapa model matematis yang telah berhasil dikembangkan berdasarkan fase awal, pengapian dan pelepasan arus dan celah voltase (Y. Tsai and C. Lu, 2014).

Elektroda EDM dapat diaplikasikan pada penambahan kedalaman ukuran lubang silindris *shell end mill cutter* yang berfungsi sebagai tempat dudukan kepala baut pengikatnya. Karena pemakaian dan proses pengasahan pada mesin gerinda menjadikan tebal lubang *shell end mill cutter* berkurang. Material elektroda EDM dikelompokkan menjadi tiga yaitu: logam (tembaga, *tellurium-copper*, *chromium-copper*, *zink-copper*, tembaga *wolfram*, paduan aluminium, kuningan, *tungsten (wolfram)*, baja (*steel*),

bukan logam (grafit) dan kombinasi (tembaga-grafit). Bahan pembuatan elektroda EDM dari bahan tembaga yang selama ini di buat dengan proses permesinan

Perkembangan teknologi baru menjadikan pembentukan benda kerja tidak selamanya ketergantungan pada proses permesinan yang banyak memerlukan proses yang panjang. Pada era sekarang dituntut proses produksi serba cepat terutama untuk produk-produk ukuran kecil yang tidak memungkinkan dilakukan dengan proses permesinan, maka teknologi *powder metallurgy* yang memungkinkan digunakannya terutama produk-produk ukuran kecil. *Powder Metallurgy* (metalurgi serbuk) adalah suatu kegiatan yang meliputi pembuatan benda komersial, baik yang jadi atau masih setengah jadi (disebut *kompak mentah*), dari serbuk logam melalui penekanan. Penekanan terhadap serbuk dilakukan agar serbuk dapat menyatu satu dengan lainnya sebelum ditingkatkan ikatannya dengan proses *sintering*. Penelitian proses kompaksi telah dilakukan dengan hasil pengaruh suhu terhadap kerapatan, kekerasan, kekuatan, dan struktur mikro cenderung meningkat seiring

dengan meningkatnya suhu akibat pembentukan Al<sub>2</sub>Cu (H Wang - 2008 ).

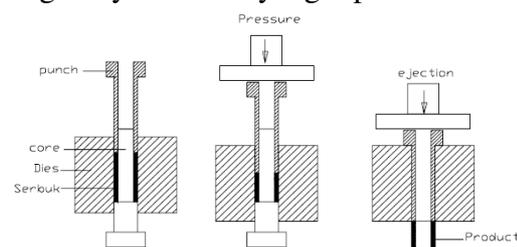
**Dari latar belakang di atas dapatkah dibuat elektroda EDM dari bahan serbuk tembaga dengan proses kompaksi?.** Pada penelitian ini akan di buat elektroda EDM dari bahan serbuk tembaga dengan proses kompaksi. Pengujian kekuatan dilakukan dengan uji kekerasan setelah dilakukan proses sintering, dengan variasi temperatur sintering terhadap kekerasan elektroda. Proses cetak elektroda EDM dilakukan dengan alat cetak serbuk logam dengan tenaga hidrolis yang mempunyai kekuatan tekan 60 ton, hasil penelitian Abdul Syukur dan Hartono di bengkel Politeknik Negeri Semarang.

## 2. Tinjauan Pustaka

Pada penelitian sebelumnya terfokus pada pembuatan serbuk logam nikel dengan metode elektrofusi ( Abdul Syukur, 2014) dihasilkan partikel serbuk logam dengan ukuran 5 $\mu$ m bentuk irregular dan penelitian pembuatan serbuk logam tembaga ( Hartono, 2014) yang merupakan bahan baku pembuatan elektroda EDM dengan teknologi metalurgi serbuk. Proses produksi logam secara metalurgi serbuk sudah cukup dikenal sekitar abad ke 18. Dan ketika mesin pres tekan mulai dipergunakan, yakni pada sekitar tahun 1870, metalurgi serbuk berkembang kepada bahan-bahan logam lainnya. Ukuran partikel, bentuk dan distribusi ukuran serbuk logam, mempengaruhi karakter dan sifat fisis dari benda yang dimampatkan. Serbuk dibuat menurut spesifikasi antara lain bentuk, kehalusan, distribusi ukuran partikel, mampu alir (flowability), sifat kimia, mampu tekan (compressibility), berat jenis semu dan sifat-sifat sinter.

Proses pembentukan dilakukan dengan proses penekanan (Pressing) yaitu, Serbuk ditekan dalam die baja dengan tekanan 20 – 1400 MPa. Karena partikel yang lunak dapat ditekan dengan mudah, dan serbuk yang bersifat plastik tidak memerlukan tekanan tinggi. Sedang untuk serbuk yang lebih keras dengan berat jenis yang memadai memerlukan tekanan yang lebih besar.

Berat jenis dan kekerasan meningkat seiring dengan meningkatnya tekanan yang diberikan, akan tetapi selalu ada tekanan optimum (rekomendasi atau yang lebih tepat). Diatas tekanan optimum ini terjadi peningkatan sifat-sifat yang sebenarnya tidak berarti lagi. Untuk tekanan yang lebih tinggi diperlukan die yang kuat dan mesin pres berkapasitas tinggi, sehingga dengan sendirinya ongkos produksi naik karena meningkatnya tekanan yang diperlukan.



Ga

### untuk memampatkan serbuk logam

Ada dua penekan, penekan atas yang sesuai dengan bentuk bagian atas dari benda dan penekan bawah yang sesuai dengan bentuk die bagian bawah. Penekan bawah sekaligus berfungsi sebagai *ejector* untuk mengeluarkan benda yang telah dicetak. Ruang die harus halus untuk mengurangi gesekan dan harus tirus sedikit untuk memudahkan pengeluaran benda. Gesekan dinding akan mengurangi tekanan ke serbuk dan bila tekanan bekerja pada satu sisi saja, dalam benda itu sendiri akan timbul perbedaan berat jenis (dari atas ke bawah). Oleh karena itu digunakan penekan baik atas maupun bawah. Jarak penekanan tergantung

pada rasio kompresi serbuk. Ruang die diisi sampai ketinggian 3 kali tinggi benda jadi. Bentuk benda yang dikeluarkan atau yang disebut dengan *kompak mentah*, telah menyerupai produk akhir akan tetapi kekuatannya masih rendah. Kekuatan akhir diperoleh setelah proses sinter. Susunan peralatan untuk menekan serbuk brons tampak dalam gambar 1. (Joseph, C.M, 2005). Besar benda serbuk yang dapat dibuat tergantung pada kapasitas pres. Luas kompak dapat dihitung dari hubungan berikut :

$$A = \frac{F}{P} \dots\dots\dots(E.P Popov)$$

$A$  = luas ( $m^2$ )

$F$  = Gaya tekan (Newton ~ N)

$P$  = tekanan kompak yang dipersyaratkan (Pascal ~ Pa)

Berat jenis merupakan salah satu ciri khas produk serbuk logam. Tekanan yang lebih besar menghasilkan benda dengan berat jenis yang lebih tinggi, oleh karena itu kekuatannya bertambah. Berat jenis dapat ditingkatkan dengan menggunakan serbuk yang lebih halus

*Sintering* merupakan proses pemanasan dibawah titik leleh dalam rangka membentuk fase kristal baru sesuai dengan yang diinginkan dan bertujuan membantu mereaksikan bahan-bahan penyusun baik bahan keramik maupun bahan logam. Proses sintering akan berpengaruh cukup besar pada pembentukan fase kristal bahan. Fraksi fase yang terbentuk umumnya bergantung pada lama dan atau suhu sintering. Semakin besar suhu sintering dimungkinkan semakin cepat proses pembentukan kristal tersebut. Besar kecilnya suhu juga berpengaruh pada bentuk serta ukuran celah dan juga berpengaruh pada struktur pertumbuhan kristal (German,MR, 1994).

Berdasarkan hasil eksperimen ini diperoleh suhu lelehan selain suhu dekomposisi. Setiap komposisi senyawa tertentu memiliki titik

leleh berbeda. Sintering bahan keramik biasanya ditentukan sekitar 75% dari titik leleh total . Pada proses sintering, terjadi proses pembentukan fase baru melalui proses pemanasan dimana pada saat terjadi reaksi komponen pembentuk masih dalam bentuk padat dari campuran serbuk. Hal ini bertujuan agar butiran-butiran (grain) dalam partikel-partikel yang berdekatan dapat bereaksi dan berikatan. Proses sintering fase padat terbagi menjadi tiga padatan, yaitu:

### 1). Tahap awal

Pada tahap awal ini terbentuk ikatan atomik. Kontak antar partikel membentuk leher yang tumbuh menjadi batas butir antar partikel. Pertumbuhan akan menjadi semakin cepat dengan adanya kenaikan suhu sintering. Pada tahap ini penyusutan juga terjadi akibat permukaan porositas menjadi halus.

### 2). Tahap menengah

Pada tahap ini terjadi desifikasi dan pertumbuhan partikel yaitu butir kecil larut dan bergabung dengan butir besar. Akomodasi bentuk butir ini menghasilkan pemadatan yang lebih baik. Pada tahap ini juga berlangsung penghilangan porositas. Akibat pergeseran batas butir, porositas mulai saling berhubungan dan membentuk silinder di sisi butir.

### 3). Tahap akhir

Fenomena desifikasi dan pertumbuhan butir terus berlangsung dengan laju yang lebih rendah dari sebelumnya. Demikian juga dengan proses penghilangan porositas, pergeseran batas butir terus berlanjut. Apabila pergeseran batas butir lebih lambat daripada porositas maka porositas akan muncul dipermukaan dan saling berhubungan. Akan tetapi jika pergeseran batas butir lebih cepat daripada porositas maka porositas akan mengendap di dalam produk dan akan sulit dihilangkan

### 3. Metode Penelitian

#### 3.1. Persiapan Bahan Uji

Penelitian ini menggunakan bahan serbuk tembaga sebagai bahan baku elektroda EDM yang mempunyai spesifikasi 230 (*mesh*)

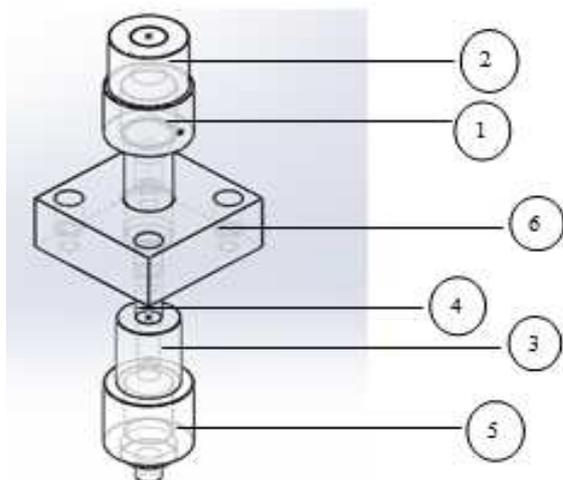


Gambar 2. Serbuk tembaga bahan baku elektroda EDM

#### 3.2. Proses Pembuatan Elektroda EDM dari Bahan Serbuk Tembaga Dengan Proses Kompaksi

Proses pembuatan elektroda EDM dilakukan beberapa tahap yaitu : Pembuatan cetakan elektroda EDM.

Alat cetak elektroda dibuat dari bahan stainless steel dengan proses pembentukan sesuai dengan gambar yang ditentukan.



Gambar 3. Desain cetakan elektroda yang direncanakan

Keterangan:

1. *Punch*
2. *Holder punch*
3. *Ejector*
4. *Holderejector*
5. *Poros ejector*
6. *Dies*

### 4. Pengujian Dan Analisa

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Penekanan

No. uji	Tekanan (MPa)	Sebelum Pengepresan		Setelah Pengepresan	
		Tinggi awal (mm)	Volume (mm <sup>3</sup> )	Tinggi akhir (mm)	Volume (mm <sup>3</sup> )
1.	8,8	25	17662,5	10,4	7347,6
2.		25	17662,5	11	7771,5
3.	4,5	25	17662,5	13	9184,5
4.		25	17662,5	13	9184,5
5.	5,9	25	17662,5	13	9184,5
6.		25	17662,5	13	9184,5
7.	9,8	25	17662,5	13,3	9749,7
8.		25	17662,5	13,6	9396,45
9.	11,7	25	17662,5	13,8	8689,95
10.		25	17662,5	13,9	9608,4

#### 4.1. Hasil Analisis Sintering dan Uji Kekerasan

Parameter yang diukur selama proses pengujian hasil *sintering* adalah besarnya tekanan kompaksi dan suhu *sintering* berbanding dengan nilai kekerasan (HB). Pengujian kekerasan hasil *sintering* dilakukan dengan metode *Brinell* dengan beban 6,25(kg) dan diameter indenter sebesar 2,5 (mm). Uji kekerasan menggunakan mesin uji kekerasan GNEHM HORGEM beserta perlengkapannya. Hasil uji kekerasan disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Pengujian kekerasan pada hasil *sintering*

No	Tekanan kompaksi (MPa)	Waktu	Temperatur sinter	Nilai Kekerasan (Kg/mm <sup>2</sup> )
1	8,8	1 jam	700 <sup>0</sup> C	Pecah
2			900 <sup>0</sup> C	77,67
3	9,8		700 <sup>0</sup> C	49,67
4			900 <sup>0</sup> C	53,67
5	11,7		700 <sup>0</sup> C	41,33
6			900 <sup>0</sup> C	52,33

Berdasarkan benda acuan yaitu tembaga batangan yang ada di pasaran dengan nilai kekerasan 69 (kg/mm<sup>2</sup>), maka angka kekerasan tersebut dijadikan sebagai nilai acuan untuk mengetahui parameter terbaik dari proses pengujian.

Data pengujian kekerasan yang didapat pada tabel 4.2, dapat dianalisis sebagai berikut:

Analisis hasil *sintering* dengan tekanan kompaksi 8,8 (MPa) dan temperatur *sintering* 700<sup>0</sup>C.

Setelah produk disintering dan diuji dengan mesin uji kekerasan, produk pecah diakibatkan temperatur *sintering* kurang tinggi dan sifat produk yang getas karena tanpa menggunakan bahan pengikat serta pengecaman produk terlalu besar.



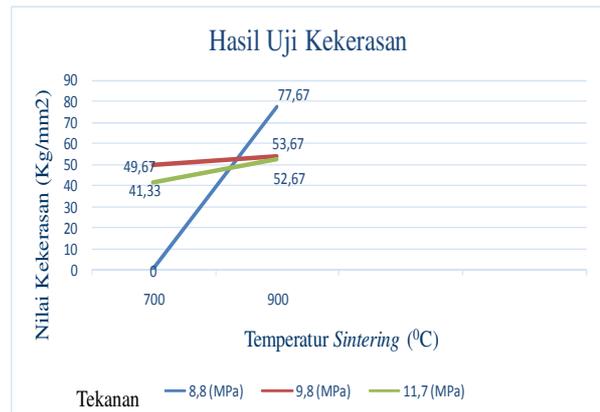
**Gambar 4. Hasil *sintering* dengan tekanan kompaksi 8,8 (Mpa) dan temperatur 700<sup>0</sup>C**



**Gambar 5. Hasil *sintering* dengan tekanan kompaksi 8,8 (Mpa) dan temperatur 900<sup>0</sup>C**



**Gambar 6. Hasil *sintering* dengan tekanan kompaksi 9,8 (Mpa) dan temperatur 700<sup>0</sup>C**



**Gambar 7. Hasil uji kekerasan**

## 5. Kesimpulan

- 1) Elektroda EDM (*Electrical Discharge Machine*) dibuat berbentuk silinder dengan diameter 30 (mm) dan tinggi 25 (mm) dari bahan Besi Plat S 60 C.
- 2) Mesin dapat mencetak elektroda EDM yang terbaik pada tekanan (P) sebesar 8,8 (MPa), gaya (F) sebesar 60 (kN) dilanjutkan dengan proses *sintering* dengan temperatur 900<sup>0</sup>C dan waktu penahanan 1 jam sehingga menghasilkan produk dengan nilai kekerasan 77 (kg/mm<sup>2</sup>).

## 6. Daftar Pustaka

- Abdul Syukur, (2014), “Model Alat Produksi Serbuk Nikel Dengan Metode Elektrolisa Proses Elektrorefining”, Penelitian Hibah PUPTN.
- Hartono, (2014), “Rancang Bangun Alat Pembuat Serbuk Tembaga sebagai Bahan Pengganti Tinta pada *Printer* Tiga Dimensi”, Penelitian Hibah PUPTN.
- Y. Tsai and C. Lu, “*Influence of current impulse on machining characteristics in EDM,*” *Journal of Mechanical Science and Technology*, vol. 21, pp. 1617-1621 ...

- H Wang - 2008 - **Journal** of Materials Processing Technology · Volume 197, Issues ... Characterization of **apowder metallurgy** SiC/Cu–Al composite. Author links ..
- ASM Handbook, (1998), *Powder Metal Technologies and Applications*, 7, ASM International, Ohio.
- Allen, J.B. and Larry R.F., (2001), *Electrochemical Methods*, New York.
- German, M.R., ( 1994 ), *Powder Metallurgy Science* , Metal Powder Industries Federation, New Jersey.
- Upadyaya, G.S., (2002), *Powder Metallurgy Technology*, Departement of Materials and Metallurgical Engineering Indian. Institute of Technology, Kanpur, India.