

RANCANG BANGUN ALAT PENCETAK ELEKTRODA EDM (*ELECTRICAL DISCHARGE MACHINE*) DENGAN TENAGA HIDROLIK DARI BAHAN SERBUK TEMBAGA

Hartono¹⁾, Abdul Syukur A.²⁾, Carli³⁾, Atina Husnul Khotimah⁴⁾

^(1,2,3)Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang

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

Telp. 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 tembaga. Metalurgi serbuk adalah proses penekanan terhadap serbuk agar serbuk dapat menempel 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 hidrolis 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 9000C dan waktu penahanan 1 jam sehingga menghasilkan produk dengan nilai kekerasan 77 (kg/mm²).

Kata Kunci : “Metalurgi Serbuk”, “Mesin Cetak Hidrolis”, “Elektroda EDM dari bahan serbuk tembaga”.

1. Pendahuluan

Fungsi elektroda EDM adalah menghantarkan tegangan listrik dan mengerosi benda kerja menjadi bentuk yang diinginkan. Elektroda EDM dapat diaplikasikan pada penambahan kedalaman ukuran lubang silindris *shell end mill cutter* yang berfungsi sebagai tempat duduk kepala baut pengikatnya. Ukuran kedalaman lubang harus lebih besar daripada tebal kepala baut pengikat *shell end mill cutter* agar kepala baut dapat terbenam di dalam lubang silindris tersebut sehingga pahat freis dapat digunakan untuk pemakanan muka.

Secara teori setiap material yang bersifat konduktor listrik dapat digunakan sebagai elektroda di dalam proses EDM. 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*). (Sardjianto dkk, 2004).

Tembaga murni digunakan sebagai cutting tool pada mesin EDM. Tembaga sebagai elektroda memiliki keuntungan lebih dibandingkan *graphite* karena bentuk keausan ketika digunakan (*discharge-dressing*) lebih baik. Elektroda ini setelah digunakan mengerjakan satu benda kerja sesudahnya dapat digunakan lagi untuk proses pengerjaan *finishing* atau digunakan untuk mengerjakan benda kerja yang lain.

Berdasarkan dari latar belakang di atas, didapat tujuan yaitu; merancang cetakan berbentuk elektroda EDM dari serbuk tembaga dengan mesin cetak menggunakan tenaga hidrolis, membuat serbuk tembaga dari bahan plat tembaga dengan mesin pembuat serbuk menggunakan metode pengendapan elektrolisis (*electrorefining*), dan membuat elektroda EDM dengan mesin cetak tekan menggunakan tenaga hidrolis dengan parameter tekanan dan suhu sintering yang tepat agar didapat ukuran dan kekuatan bahan yang diinginkan.

2. DASAR TEORI

EDM (*Electrical Discharge Machining*)

Electrical Discharge Machining (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.

Fungsi elektroda adalah menghantarkan tegangan listrik dan mengerosi benda kerja menjadi bentuk yang diinginkan. Ketika memilih bahan elektroda dan merencanakan cara pembuatannya, faktor-faktor berikut harus diperhatikan antara lain yaitu sebagai berikut (Junaidi, 2011):

- Harga bahan elektroda.
- Kemudahan pembuatan/membentuk elektroda.
- Jenis dari hasil yang diinginkan (misalnya kehalusan).
- Besaran keausan elektroda.
- Jumlah elektroda yang diperlukan untuk menyelesaikan sebuah benda kerja.
- Kecocokan jenis elektroda dengan jenis pengerjaan.
- Jumlah lubang penyemprot (*flushing holes*), jika diperlukan.

Material Elektroda EDM

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*).

Tabel 1. Sifat mekanik tembaga

Jenis dan nominal	Komposisi jumlah (%)	Ultimate tensile strength (MPa)	Yield Strength (MPa)	Elongasi di 50 mm (%)
Electrolytic lapangan sulit tembaga (c1 1000) O	99,90 Cu, 0,04	220-450	70-365	55-4
Merah kuningan, 85% (C23000)	85,0 Cu, 15,0 Zn	270-725	70-435	55-3
Cartridge kuningan, 70% (C26000)	70,0 Cu, 30,0 Zn	300-900	75-450	66-3
Free-pemotongan kuningan (C36000)	61,5 Cu, 3,0 Pb, 35,5 Zn	340-470	125-310	53-18
Naval kuningan (C46700)	60,0 Cu, 39,25 Zn, 0,75 Sn	380-610	170-455	50-17

Metalurgi Serbuk

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. Proses ini dapat disertai pemanasan akan tetapi derajat pemanasan harus berada dibawah teperatur rekristalisasi serbuk. Pemanasan selama proses penekanan atau sesudah penekanan yang dikenal dengan istilah sinter menghasilkan pengikatan partikel halus. Dengan demikian kekuatan dan sifat-sifat fisis lainnya meningkat. (Pramono, 2013: 20).

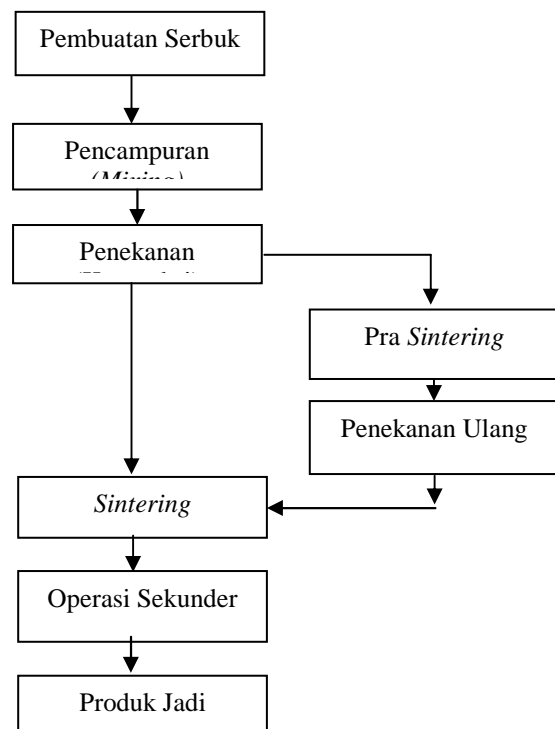
Kelebihan dari metalurgi serbuk adalah sebagai berikut (Junaidi, 2011: 56):

- Efisiensi pemakaian bahan yang sangat tinggi dan hampir mencapai 100 %.
- Tingkat terjadinya cacat seperti regregasi dan kontaminasi sangat rendah.
- Stabilitas dimensi sangat tinggi .
- Kemudahan dalam proses standarisasi dan otomatisasi.
- Besar butir mudah dikendalikan.
- Mudah dalam pembuatan produk beberapa paduan khusus yang susah didapatkan dengan proses pengecoran (*casting*).
- Porositas produk mudah dikontrol.
- Cocok untuk digunakan pada material dengan kemurnian tinggi.
- Cocok untuk pembuatan material paduan dengan matriks logam.

Sedangkan kelemahan dari metalurgi serbuk yaitu sebagai berikut :

- Tidak ekonomis untuk produksi dalam jumlah kecil.
- Proses terbatas untuk komponen yang relatif kecil dan tidak cocok untuk membuat komponen yang besar.
- Tidak cocok untuk membuat komponen yang bekerja di lingkungan korosif.

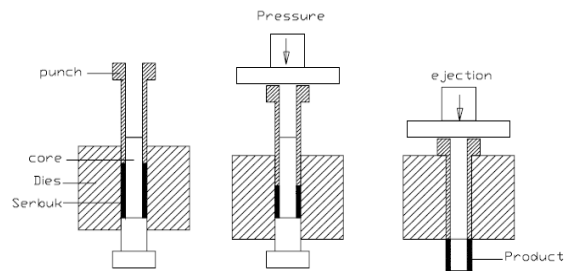
Proses metalurgi serbuk digambarkan seperti pada skema di bawah ini:



Gambar 1. Skema Proses Metalurgi Serbuk

Penekanan Serbuk (Kompaksi)

Penekanan adalah salah satu cara untuk memadatkan serbuk menjadi bentuk yang diinginkan. Terdapat beberapa metode penekanan, diantaranya: penekanan dingin (*cold compaction*) dan penekanan panas (*hot compaction*). *Cold compaction* adalah proses pemadatan serbuk pada temperatur ruang dengan 100 – 900 [Mpa] untuk menghasilkan *green body* atau kompak mentah



Gambar 2. Skema Proses Kompaksi

Tabel 2. Compaction pressure requirements and compression ratios for various materials (G S Upadhyaya, 2002: 49)

No	Type of Materials	Compaction pressure		Compression ratio
		Tsi	N/mm ²	
1	Aluminium	5 – 20	70 – 280	1,5 to 1,9 : 1
2	Brass	30 – 50	415 – 690	2,4 to 2,6 : 1
3	Bronze	15 – 20	205 – 230	2,5 to 2,7 : 1
4	Copper–Graphite Brushes	25 – 30	345 – 415	2,0 to 3,0 : 1
5	Carbides	10 – 30	140 – 415	2,0 to 3,0 : 1
6	Ferrites	8 – 12	110 – 165	3,0 : 1
7	Iron Bearings	15 – 25	205 – 345	2,2 : 1
8	Iron Parts:			
	Low Density	25 – 30	345 – 415	2,0 to 2,4 : 1
	Medium Density	30 – 40	415 – 550	2,1 to 2,5 : 1
	High Density	35 – 60	430 – 825	2,4 to 2,8 : 1
9	Iron Powder Cores	10 – 50	140 – 690	1,5 to 3,5 : 1
10	Tungsten	5 – 10	70 – 140	2,5 : 1
11	Tantalum	5 – 10	70 – 140	2,5 : 1

Sintering

Sintering adalah pemanasan komponen hingga permukaan partikel leleh, namun bagian dalamnya masih padat. Temperatur yg digunakan 70% - 90% dari titik lebur logamnya.

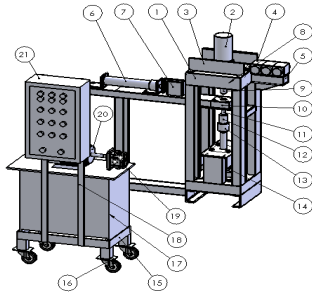
Tabel 3. Temperatur Sintering dan Waktu Pemanasan Untuk Jenis Logam (Colton, 2009: 21)

Material	Temperature (° C)	Time (Min)
Copper, brass, and bronze	760–900	10–45
Iron and iron-graphite	1000–1150	8–45
Nickel	1000–1150	30–45
Stainless steels	1100–1290	30–60
Alnico alloys (for permanent magnets)	1200–1300	120–150
Ferrites	1200–1500	10–600
Tungsten carbide	1430–1500	20–30
Molybdenum	2050	120
Tungsten	2350	480
Tantalum	2400	480

3. Hasil Dan Pembahasan

Alat Cetak Elektroda EDM

Setelah melalui berbagai proses dan tahapan perancangan mesin, dibuatlah mesin cetak elektroda EDM dengan sistem hidrolik dari serbuk tembaga.



Gambar 3. Mesin Cetak Elektroda EDM dengan Tenaga Hidrolik dari Serbuk Tembaga

Bahan dan Peralatan Pengujian Alat

Bahan pengujian pada penelitian ini yaitu serbuk tembaga dan menggunakan peralatan berupa: mesin cetak serbuk logam yang telah dibuat dengan kapasitas penekanan 60 (kN) , jangla sorong untuk mengukur hasil tebal penekanan, kunci pass, dan kunci L untuk mengatur tekanan pada manometer.

Prosedur Pengujian Alat

- 1).Siapkan serbuk tembaga yang sudah ditimbang.



Gambar 4. Serbuk tembaga

- 2).Kemudian masukkan serbuk ke dalam *dies*.



Gambar 5. Pemasukkan serbuk ke dalam *dies*

- 3).Lalu nyalakan mesin (*powerpack*).



Gambar 6. Power Pack

- 4).Kemudian tekan tombol hijau B bagian atas untuk menggerakkan silinder penekan serbuk yang akan menekan serbuk pada panel.
- 5).Setelah tekanan sesuai dan serbuk sudah padat, kemudian tekan tombol merah B untuk mematikan gerak silinder penekan serbuk.
- 6).Setelah serbuk sudah padat naikan silinder penekan serbuk dengan menekan tombol hijau bagian B bawah, lalu matikan dengan menekan tombol merah B.
- 7).Setelah *ejector* menahan silinder penekan, kemudian naikan *ejector* dengan menekan tombol hijau C bagian bawah untuk mengeluarkan benda hasil penekanan.
- 8).Ambil produk hasil penekanan.



Gambar 7. Hasil penekanan

- 9).Lalu turunkan kembali silinder *ejector* dengan menekan tombol hijau C bagian atas untuk menurunkan silinder *ejector*. Lalu, matikan silinder *ejector* dengan menekan tombol merah C.
- 10).Setelah penggunaan alat selesai, matikan mesin dengan menekan tombol *off* jika mesin sudah tidak dipergunakan

Hasil Pengujian Penekanan Serbuk Tembaga

Kemudian setelah melakukan proses kompaksi pada mesin tersebut maka didapatkan data hasil pengujian kompaksi.

Tabel 4. Data hasil pengujian penekanan dari serbuk tembaga

No. uji	Tekanan (Mpa)	Sebelum Pengepresan		Sesudah Pengepresan	
		Tinggi awal (mm)	Volume (mm ³)	Tinggi akhir (mm)	Volume (mm ³)
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

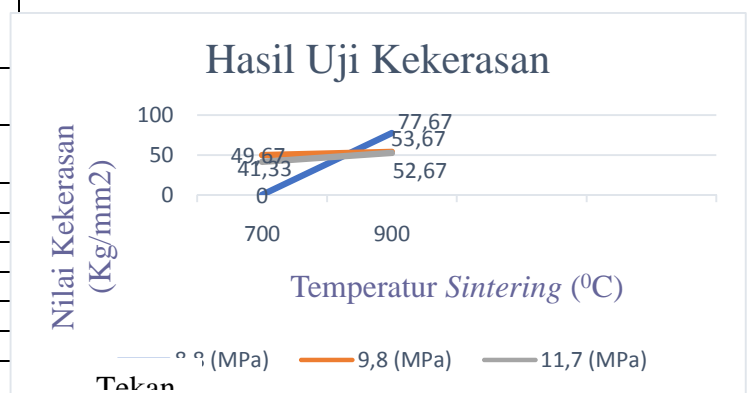
Hasil Analisis Sintering dan Uji Kekerasan

Sintering hasil kompaksi serbuk tembaga dilakukan di dalam tungku pemanas. Titik leleh dari tembaga yaitu 1083⁰C, maka diambil suhu *sinter* 700⁰C dan 900⁰C dengan waktu penahanan 1 jam dan pendinginan di dalam tungku pemanas hingga mencapai temperatur ruang.

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 6.

Tabel 5. Pengujian kekerasan pada hasil sintering

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



Gambar 8. Grafik Hasil Uji Kekerasan

Pembahasan

Setelah produk *disintering* dan diuji dengan mesin uji kekerasan, produk pertama pecah diakibatkan temperatur *sintering* kurang tinggi dan sifat produk yang getas.

Dengan meningkatnya kompaksi dan suhu *sinter* maka kekerasan semakin meningkat, kekerasan optimum yang didapat pada kompaksi 8,8 (MPa) dan suhu sinter 900 dengan nilai kekerasan sebesar 77,67 (kg/mm²). Disamping sifat konduktivitas listrik maka kekerasan merupakan persyaratan penting bagi bahan elektroda.

4. Kesimpulan

1) Hasil pembuatan alat pencetak elektroda EDM (*Electrical Discharge Machine*) dibuat berbentuk silinder dengan diameter 30 (mm) dan tinggi 25 (mm) dari bahan Besi Plat S 60 C. 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 900⁰C dan waktu penahanan 1 jam sehingga menghasilkan produk dengan nilai kekerasan 77 (kg/mm²).

5. Daftar Pustaka

- Colton, J.S. 2009. *Manufacturing Processes and Engineering*. Georgia Institute of Technology.
- Cross, N. 2005. *Engineering Design Methods*. The Open university, Milton Keynes, UK: willey.
- Fortek pembangunan, 2013. <http://fortek-pembangunan.blogspot.co.id/2013/05/sistem-hidrolik-dan-pompa-hidrolik.html>. 1 April 2017.
- German, M.R.,1994. *Powder Metallurgy Science*, Metal Powder Industries Federation, New Jersey.
- Hartono, 2011. *Pemilihan Metode Dan Pengujian Awal Dalam Pembuatan Serbuk Tembaga*. Jurnal Rekayasa.
- Hartono. 2011. *Tesis Pembuatan Serbuk Tembaga dengan Metode Electrorefining*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Krist, Thomas. 1993. *Dasar – dasar Pneumatik*. Dines Ginting. Jakarta: Erlangga.
- Junaidi, Ahmad dan Dicky Seprianto. 2011. *Pengaruh Temperatur Sinter terhadap Kekerasan Elektroda Tembaga -5% Karbon yang Dibuat dengan Metode Serbuk Metalurgi*. Jurnal Austeit Volume 3, nomor 2.
- Meixner, H dan R. Kobler. 1978. *Introduction to Pneumatics*. W. Germany: Festo Didactic.
- Parr, Anderw. 2003. *Hidrolika dan Pneumatika Pedoman untuk Teknisi dan Insinyur*. Gunawan Prasetyo. Jakarta: Erlangga.
- Pramono, Agus. 2013. *Pemanfaatan Limbah Dari Proses Penggerindaan Sebagai Bahan Baku Produk Metalurgi Serbuk*. Jurnal Teknis. Volume 8. Nomor 1.
- Sato, G.Takeshi dan N.Sugiarto H. 1992. *Menggambar Mesin Menurut Standar ISO*. Jakarta : Pradnya Paramita.
- Suryana dkk. 2016. *Rancang Bangun Mesin Cetak Berbentuk Carbon Brush dari bahan Serbuk Logam dengan Menggunakan Sistem Hidrolik*. Semarang: Politeknik Negeri Semarang.
- Upadhayaya, G. S. 2002. *Powder Metallurgy Technology*. Kanpur: Cambridge International Science Publishing.