e-ISSN : 2722-4163
p-ISSN : 2716-3326

ANALISIS RANCANGAN ALAT PENCETAK ELEKTRODA GRAFIT EDM DENGAN TENAGA HIDROLIK

Chandra Mukti Bhagaskara[1*], Kevin Jorghi Permana[2], Muh. Habib Cahyo Wisanggeni[3], Febriyanto Botutihe[4], Ig. Henry Ismadi[5]
[1,2,3,4,5] Program Studi Teknik Mesin Industri, Politeknik ATMI Surakarta
Jl. Mojo No. 1 Karangasem, Laweyan, Surakarta 57145
[*]Email: henry.ismadi@atmi.ac.id

Abstrak

EDM atau Electrical Discharge Machine merupakan alat perkakas yang digunakan pada dunia industri. EDM dapat digunakan untuk pengerjaan-pengerjan profil rumit pada benda kerja yang tidak dapat dijangkau oleh alat perkakas lain. Prinsip pengerjaan pada EDM adalah memanfaatkan bunga api listrik untuk memotong atau mengikis benda kerja akibat adanya beda potensial yang terjadi diantara dua elektroda. Alat potong yang digunakan pada EDM disebut elektroda. Salah satu bahan yang digunakan sebagai elektroda untuk proses erosi adalah grafit. Elektroda grafit dapat dibuat menggunakan metode graphite sintering, dengan mengubah serbuk grafit menjadi bentuk padatan melalui proses kompaksi dan sintering. Proses pembuatan serbuk grafit dapat memanfaatkan sisa serbuk grafit hasil dari proses pemesinan ataupun dengan sisa elektroda grafit yang sudah tidak terpakai yang akan dihancurkan melalui mesin crusher. Serbuk grafit selanjutnya melalui proses kompaksi dengan menggunakan mesin hydraulic press dengan tonase mesin 19,6 ton pada cetakan berukuran diameter 35 mm x 55 mm menghasilkan tekanan kerja 199,64 N/mm2. Jenis material yang digunakan sebagai bahan pembuatan cetakan dan punch adalah baja AISI 4340. Berdasarkan analisis perhitungan serta hasil simulasi pada cetakan ditemukan hasil tekanan maksimal yang mampu diberikan adalah 255,84 N/mm2 serta tegangan sirkumferensial yang terjadi adalah 294,161 N/mm2. Sedangkan pada punch dan base ditemukan nilai compressive strength yang dialami adalah 199,644 N/mm2.

***Kata kunci**: Cold Compaction, elektroda, EDM, grafit, Graphite Sintering*

1. PENDAHULUAN

Erosi pada EDM adalah proses pemotongan atau pengambilan material dengan memanfaatkan bunga api listrik yang terjadi di antara dua elektroda karena beda potensial dengan menggunakan media dielektrikum. Material yang dikerjakan dengan proses erosi adalah material yang bersifat konduktor seperti besi yang belum dikeraskan maupun yang sudah dikeraskan, aluminium, kuningan, perak, tembaga dan grafit. Bahan yang digunakan sebagai elektroda untuk proses erosi adalah tembaga, grafit, kuningan, dan *zink*[12].

Elektroda grafit seringkali digunakan untuk proses erosi EDM karena memiliki keunggulan dibandingkan elektroda dengan bahan yang lain. Keunggulan elektroda grafit antara lain, mudah untuk dibentuk menjadi profil yang rumit, mudah diproses pada pemesinan, memiliki titik lebur yang tinggi sehingga saat proses erosi tidak mengalami deformasi dan sebagainya.

PT ATMI IGI CENTER merupakan perusahaan yang bergerak di bidang *product development*, pembuatan *mold*, dan plastik injeksi. Pada aktivitas produksi, mesin perkakas EDM sering digunakan untuk pembuatan *mold*. Berbagai macam variasi pesanan dari pelanggan, membutuhkan variasi bentuk elektroda. Hal tersebut berdampak pada penumpukan elektroda grafit yang tidak terpakai. Melihat masalah yang terjadi, melalui judul tugas akhir Analisis Rancangan Alat Pencetak Elektroda Grafit EDM dengan Tenaga Hidrolik diharapkan dapat mengatasi masalah penumpukan elektroda grafit yang tidak terpakai dengan metode daur ulang serta dapat mengurangi biaya produksi akibat pengadaan blok elektroda grafit yang baru.

e-ISSN : 2722-4163
p-ISSN : 2716-3326

2. METODOLOGI

Perancangan alat pencetak elektroda grafit EDM ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu pembuatan desain morfologi, deskripsi konsep, kriteria pembobotan, kriteria penilaian, dan penilaian ketiga buah konsep untuk mendapatkan sebuah konsep pemenang yang sesuai dengan kebutuhan.

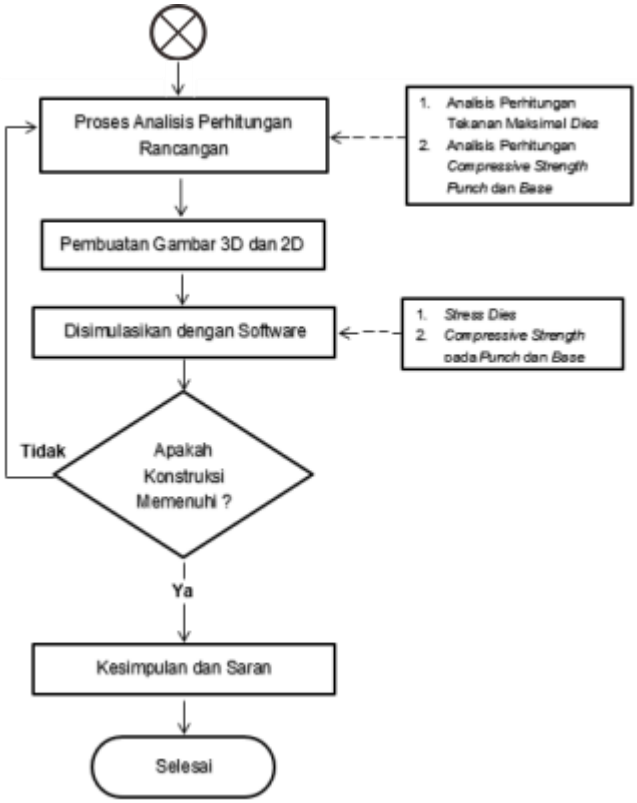
2.1. Metode Penelitian

Metode yang dipergunakan dalam analisis rancangan alat pencetak elektroda grafit EDM yaitu perhitungan dengan menggunakan prinsip bejana tekan, *hoop stress*, *compressive strength* serta melakukan simulasi *Finite Element Analysis* (*FEA*) dengan *software* Solidworks 2016. Alur pengerjaan mempertimbangkan unsur-unsur penelitian yang dibahas secara kualitatif untuk kemudian diubah menjadi kuantitatif dengan melibatkan *scoring* pada morfologi desain.

2.2. Proses Penelitian

Metode pengerjaan dilakukan dengan beberapa tahapan yang ditunjukan pada *flowchart* di gambar 1.

e-ISSN : 2722-4163
p-ISSN : 2716-3326



Gambar 1. *Flowchart* Proses Penelitian

2.2.1. Studi Referensi

Studi referensi merupakan hal yang penting untuk mengetahui dasar-dasar dan hala-hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan desain alat pencetak elektroda grafit EDM, penggunan *software* SolidWork dengan metode *Finite Element Analysis* dan penunjang lainnya dengan mengumpulkan jurnal, buku, dan website. Dari jurnal, buku, atau website dapat diambil bagian yang dibutuhkan, sepeti pembuatan grafit dengan bahan tambah *coal-tar-pitch*, menentukan perhitungan tekanan yang mampu diterima oleh desain dan melakukan simulasi dengan fitur-fitur solidwork.

2.2.2. Pembuatan Matriks Morfologi Perancangan

Proses pembuatan matriks morfologi perancangan diperlukan pengetahuan dasar dan hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan alat pencetak elektroda grafit EDM yang didapatkan dari studi referensi. Perancangan alat pencetak elektroda grafit EDM didasarkan pada segi teknis dan segi ekonomis. Berdasarkan analisis *Morphology Matrix*, dipilih variasi S1 sebagai solusi terbaik dengan spesifikasi:

1. *Dies* berbentuk silindris.
2. Sistem hidrolik dipilih sebagai sistem pencetakan.
3. Konstruksi *punch* menggunakan *tool holder*.
4. Menggunakan sistem *single cavity*.
5. Sistem *unloading* dilakukan dengan *dies* dilepas secara manual.

2.2.3. Pembuatan Desain Cetakan

Setelah mengetahui dasar-dasar dan hal-hal yang perlu diperhatikan dari studi referensi dilakukan pembuatan desain cetakan menggunakan *software* Solidworks sesuai dengan produk yang akan dibuat serta bagian-bagian penting mold. Penggunaan *software* Solidworks dipilih untuk memudahkan dalam proses pembuatan desain.

e-ISSN : 2722-4163
p-ISSN : 2716-3326

2.2.4. Simulasi Finite Element Analysis

Desian Cetakan yang telah dibuat menggunakan software Solidwork kemudian disimulasikan dengan Solidwork dengan metode *Finite Element Analysis*. Desain disimulasi dan diberi tekanan pada bagian dinding-dinding sebesar 199,644N/mm^2 dengan material baja AISI 4340. Proses analisis diibaratkan ketika cetakan sedang menjalankan kompaksi serbuk grafit.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis rancangan alat pencetak elektroda grafit EDM didasarkan pada perhitungan dengan menggunakan prinsip bejana tekan, *hoop stress*, *compressive strength* serta melakukan simulasi *Finite Element Analysis* (*FEA*) dengan *software* Solidworks 2016

3.1. Analisis Tekanan Cetakan

Pada proses kompaksi terdapat gaya tekan internal yang dialami oleh dinding bagian dalam cetakan, akibat dari penekanan yang diberikan dari mesin *hydraulic press*. Cetakan dirancang dengan ukuran diameter 35 × panjang 55 mm menggunakan material baja AISI 4340. Mesin yang akan digunakan adalah mesin *hydraulic press* motor 3 *phase* dengan serial no. P3137029007 milik PT ATMI SOLO. Maka pada analisis tekanan cetakan akan diperhitungkan tekanan internal maksimal dan gaya tekan maksimal yang dialami oleh dinding cetakan agar cetakan dapat berfungsi tanpa terjadi kegagalan pada saat proses kompaksi.

3.1.1 Perhitungan Tekanan Cetakan

Sebelum memperhitungkan tekanan maksimum cetakan terlebih dahulu menentukan tekanan proses kompaksi. Untuk mendapatkan nilai tekanan maksimal yang mampu dihasilkan oleh mesin *hydraulic press* sesuai dimensi luas penampang cetakan yang dipilih dapat menggunakan persamaan (2.1).

F_{mesin} = 19600 Kg ≈ 192080 N

$A = \pi \cdot r_{in}^2$

$= \pi \cdot 17{,}5^2$ mm

= 962,112 mm^2

$$P_{mesin} = \frac{F_{mesin}}{A}$$

$$= \frac{192080\ N}{962{,}112\ mm^2}$$

$$= 199{,}644\ N/mm^2$$

Hasil perhitungan persamaan (2.1) diperoleh nilai tekanan maksimal yang mampu dihasilkan oleh mesin hydraulic press sesuai dimensi luas penampang cetakan yang dipilih yaitu sebesar 199,644 N/mm^2 yang akan dimasukkan pada parameter tekanan yang diberikan pada cetakan untuk mengetahui tegangan yang dihasilkan pada cetakan melalui simulasi *Finite Element Analysis* Solidworks.

Selanjutnya menggunakan persamaan bejana tekan untuk mencari besar tekanan maksimal yang mampu ditahan oleh cetakan berdasarkan desain yang dipilih menggunakan persamaan (2.2).

S = 75% x *yield strength* N/mm^2

= 75% x 470 N/mm^2

= 352,5 N/mm^2

(75% sebagai faktor keamanan)

E = 1

$t = 22{,}5$ mm

$R_{in} = 17{,}5$ mm

$$P_{desain} = \frac{S.E.t}{R_{in}+0{,}6.t}$$

$$P_{desain} = \frac{352{,}5\ N/mm^2 .\ 1\ .\ 22{,}5\ mm}{17{,}5\ mm + 0{,}6\ .\ 22{,}5\ mm}$$

$P_{desain} = 255{,}846\ N/mm^2$

Desain cetakan yang dipilih dapat dikatakan berfungsi dengan baik tanpa mengalami kegagalan pada saat proses kompaksi jika Pdesain > Pmesin. Persamaan (2.2) menunjukan bahwa desain cetakan yang dipilih mampu menahan tekanan kerja yang diberikan pada saat proses kompaksi.

3.1.2 Perhitungan Tegangan *Hoop*

Untuk mengetahui nilai tegangan tegangan *circumferential* / *hoop stress* menggunakan persamaan (2.4).

$$\sigma_{hoop} = P_{mesin}\frac{R_{out}^2 + R_{in}^2}{R_{out}^2 - R_{in}^2}$$

$$= 199{,}644\ N/mm^2\ \frac{40^2 mm + 17{,}5^2 mm}{40^2 mm - 17{,}5^2 mm}$$

$$= 294{,}161\ N/mm^2$$

Tegangan yang terjadi pada cetakan yaitu 294,161 N/mm^2. Nilai tegangan dapat dikatakan aman karena masih berada di bawah nilai yield strength material baja AISI 4340 yaitu 470 N/mm^2.

3.2. Analisis Kekuatan Tekan pada *Punch* dan *Base*

Compressive Strength atau kekuatan tekan merupakan kemampuan material untuk mempertahankan keutuhannya di bawah tekanan. Pada proses kompaksi *punch* atau batang penekan sangat rawan terjadi pembengkokan akibat beban tekan. Maka diperlukan analisis *Compressive Strength* atau kekuatan tekan pada perancangan batang penekan.

3.2.1 Perhitungan Kekuatan Tekan *Punch*

Untuk menghitung besar *Compressive Strength* atau kekuatan tekan yang dialami pada batang penekan pada saat proses kompaksi dapat menggunakan persamaan (2.5).

$F_{mesin} = 19600$ Kg ≈ 192080 N

$A = 962{,}112$ mm^2

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$= \frac{192080\ N}{962{,}112\ mm^2}$$

$$= 199{,}644\ N/mm^2$$

Hasil perhitungan dari persamaan (2.5) membuktikan bahwa batang penakan mampu menahan gaya tekan yang diberikan. Hal itu dibuktikan dari hasil perhitungan yaitu sebesar 199,644 N/mm2 masih berada dibawah nilai tensile strength baja AISI 4340 yaitu 745 N/mm^2.

3.2.2 Perhitungan Kekuatan Tekan *Punch*

e-ISSN : 2722-4163
p-ISSN : 2716-3326

Untuk menghitung besar *Compressive Strength* atau kekuatan tekan yang dialami pada komponen *base* pada saat proses kompaksi dapat menggunakan persamaan (2.5).

F_{mesin} = 19600 Kg ≈ 192080 N

A = 962,112 mm²

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

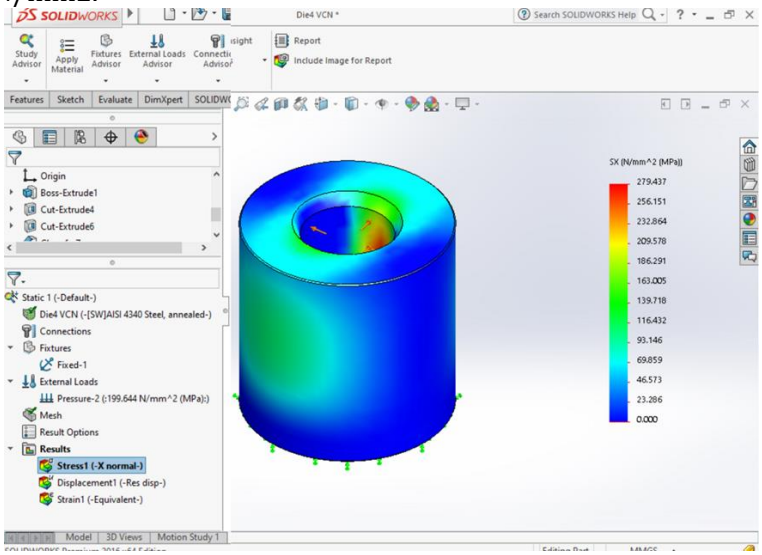
$$= \frac{192080\ N}{962{,}112\ mm^2}$$

$$= 199{,}644\ N/mm^2$$

Gaya yang diterima komponen *base* diasumsikan sama dengan gaya yang diterima batang penekan. Hasil perhitungan dari persamaan (2.5) menunjukan bahwa batang penakan mampu menahan gaya tekan yang diberikan. Hal itu dibuktikan dari hasil perhitungan yaitu sebesar 199,644 N/mm² masih berada dibawah nilai *tensile strength* baja AISI 4340 yaitu 745 N/mm2.

3.3. Simulasi Uji Statik pada Cetakan

Pengujian statik pada cetakan dilakukan untuk melihat besar nilai tegangan kritis yang terjadi pada cetakan dengan menggunakan *software* Solidworks 2016. Pada hasil pengujian menjelaskan bahwa tingkat tegangan / *stress* yang terjadi pada cetakan ketika diberikan tekanan sebesar 199,644 N/mm² dikategorikan aman. Hasil uji statik menunjukan nilai tegangan tertinggi adalah 279,437 N/mm². Perhitungan teoritis menunjukkan nilai tegangan *circumferential* adalah 294,161 N/mm². Terdapat selisih antara hasil simulasi dengan perhitungan teoritis, tetapi dari hasil simulasi dan perhitungan teoritis, cetakan dikatakan aman karena nilai tegangan tidak ada yang melebihi nilai *yield strength* material baja AISI 4340 yaitu 470 N/mm2.



Gambar 3.1 Hasil Uji Statik pada Cetakan

3.4. Analisis Hasil

Dari simulasi *Finite Element Analysis* dihasilkan data bahwa dimensi desain cetakan aman untuk sistem kompaksi dengan tekanan kerja 199,644N/mm² dan tidak mengalami kerusakan atau kegagalan desain.

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian dan analisis data hasil pengukuran, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. *Graphite Sintering* adalah metode yang sesuai untuk mekanisme pembuatan elektroda grafit EDM.
2. Penggunaan material baja AISI 4340 memenuhi persyaratan karena memiliki sifat keuletan, ketahanan terhadap keausan serta memiliki sifat mampu keras yang baik.
3. Dimensi alat pencetak elektroda grafit EDM memenuhi ketentuan:
    a. Kekuatan menahan tekanan mesin.
    b. Kekuatan luluh material dipilih di atas tegangan internal proses.
    c. Komponen *punch* dan *base* mampu menahan tekanan proses kompaksi.

DAFTAR PUSTAKA

Budiatama, Hisham. (2019, 19 Februari). Karakteristik Grafit Dan Manfaat Dalam Kehidupan Sehari-hari. Tulisan pada https://usaha321.net/karakteristik-grafit-dan-manfaat-dalam-kehidupan-sehari-hari.html

Charis, Ichwanul. (2013). Komparasi Proses Hot Compacting dan Cold

Compacting Terhadap Distribusi Kekerasan dan Porositas Powder Metallurgy pada Bushing Duralumin. Sarjana thesis, Universitas Brawijaya. http://repository.ub.ac.id/142266/

Dimas Setiawan, Yohanes, dkk. (2011). Mesin Pencetak Garam.

Diakses dari Perpustakaan Politeknik Atmi Surakarta

Gunawan, Adi. (2010). Pengaruh Temperatur Sinter Terhadap Karakteristik Material Komposit Grafit-Coal Tar Pitch. Diakses dari Universitas Indonesia, Situs Web Perpustakaan, http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/2016-8/20249439-S51536Adi%20Gunawan.pdf

Hartono, dkk. (2017). Rancang Bangun Alat Pencetak Elektroda EDM Dengan Tenaga Hidrolik Dari Bahan Serbuk Tembaga. Diakses dari Politeknik Negeri Semarang, Jurnal Rekayasa Mesin, https://jurnal.polines.ac.id/index.php/rekayasa/article/view/1051

https://beyond-steel.blogspot.com/2011/08/aisi4340-steel-round-bar.html

http://isolasithermal.blogspot.com/2014/03/kekuatan-tekan-bahan-material.html

http://repository.umy.ac.id/bitstream/handle/123456789/21291/7.%20Bab%20III.pdf?sequence=7&isAllowed=y

Kementrian ESDM dan Badan Geologi. (2017). Pengenalan Mineral Grafit, Pemanfaatan Dan Keterdapatannya Di Indonesia. Jakarta: Penulis. Diakses dari http://psdg.geologi.esdm.go.id/

index.php?option=com_content&view=article&id=1207&Itemid=610

Kopeliovich, Dimitri. (2013). Graphite Manufacturing Process. Diakses tanggal 26 November 2019,dari http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=graphite_manufacturing_process

Nariyoh, Nurun. (2015, September). Metalurgi Serbuk. Akses Situs Web Perpustakaan. Tulisan pada http://nurun.lecturer.uin-malang.ac.id/wpcontent/uploads/sites/7/2015/09/ METALURGI-SERBUK.pdf

Nugroho, Bernadus Bagas Agung. (2020). Perancangan Black Box. Surakarta: Politeknik Atmi Surakarta

Suroto, Ant., Sudibyo, Ing.HTL, B. (1983). Ilmu Logam Metallurgy. Surakarta: Atmi Press

Sutimbul, Catur. (2006). Analisis Kerja Mesin Hidrolik Pencetak Paving Dengan Sistem Hand Control Hidrolik pada Waktu yang Dibutuhkan Langkah Naik Dan Turun Silinder Hidrolik. Diakses dari Universitas Negeri Semarang, Situs Web Perpustakaan http://lib.unnes.ac.id/1350/1/2187.pdf

Wijana, SE. Teknik Manufaktur 3 Erosi EDM dan Wire Cut. Surakarta: Atmi Press

Wakhid, Nur. (2018). Rancang Bangun Perangkat Squeeze Casting untuk Pembuatan Bahan Dasar Material Baut Tulang Berbasis Magnesium AZ31. Diakses dari perpustakaan Unversitas Negeri Lampung http://digilib.unila.ac.id/30856/digilib.unila.ac.id