

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/317717870>

Seminar Nasional Mesin Dan Industri (SNMI8) 2013 ANALISA KUALITAS PERMUKAAN BAJA AISI 4340 TERHADAP VARIASI ARUS PADA ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING (EDM)

Conference Paper · November 2013

CITATIONS

0

READS

651

3 authors, including:



Sobron Yamin Lubis

Tarumanagara University

47 PUBLICATIONS 42 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Sofyan Djamil

Tarumanagara University

15 PUBLICATIONS 24 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



ceramic cutting tools [View project](#)

ANALISA KUALITAS PERMUKAAN BAJA AISI 4340 TERHADAP VARIASI ARUS PADA ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING (EDM)

Sobron Lubis, Sofyan Djamil, Ivan Dion

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara, Jakarta - Indonesia

e--mail: Sobron_lbs@yahoo.com

Abstrak

Proses produksi suatu material logam untuk menghasilkan permukaan yang sesuai dengan yang diinginkan dapat dilakukan dengan menggunakan metode Electrical discharge Machining (EDM). Mesin ini mampu melakukan pemotongan logam tanpa menghasilkan chips. EDM merupakan proses pemesinan non-tradisional elektro-termal, dimana energi listrik digunakan untuk menghasilkan percikan listrik dan removal material yang terjadi karena energi panas dari percikan tersebut. EDM terutama digunakan untuk pemesinan bahan yang sulit dimesin dan memiliki paduan yang tahan terhadap suhu dan kekuatan yang tinggi. Pada proses EDM, elektroda bergerak ke bawah menuju bahan kerja sampai jarak antara benda kerja dan elektroda cukup kecil sehingga tegangan terkesan cukup besar untuk mengionisasi dielektrik. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa kondisi permukaan benda kerja baja AISI 4340 yakni nilai kekasaran dan kekerasan permukaan terhadap variasi arus listrik yang digunakan. Elektroda yang digunakan dari bahan graphite. Variasi arus listrik yaitu 1,4 A, 1,8 A, 2,1 A dan 2,4 A. Hasil proses pengerjaan dengan EDM dilakukan pengukuran kekasaran permukaan surface test dan pengukuran kekerasan permukaan dengan menggunakan Brinell hardness test. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa perubahan arus listrik memberi pengaruh terhadap kekasaran dan kekerasan benda kerja. Nilai kekasaran benda kerja (Ra) berbanding lurus dengan arus listrik yang digunakan karena semakin besar arus listrik yang digunakan maka kekasaran permukaan benda kerja yang dihasilkan semakin kasar.

Kata kunci: *Electrical discharge machining, graphite, AISI 4340, surface test, hardness test.*

PENDAHULUAN

Dewasa ini teknologi pembentukan logam untuk menghasilkan produk-produk yang memiliki kualitas permukaan yang baik berkembang dengan begitu pesat, hal ini terjadi oleh karena tuntutan terhadap peningkatan mutu dan laju produksi yang tinggi. Seiring dengan itu peralatan mesin-mesin juga mengalami perkembangan yang begitu signifikan dari hal yang paling sederhana hingga bentuk yang kompleks. Proses pemesinan merupakan salah satu metoda dalam proses produksi, yang berada di dalam suatu sistem manufaktur bertujuan untuk membuat produk/komponen dengan cara mengambil dan membuang sebagian material benda kerja guna menghasilkan bentuk yang diinginkan. Operasi pemesinan logam pada umumnya dilakukan dengan menggunakan mesin-mesin perkakas. Dalam dunia industri permesinan logam pada dasarnya terdiri atas dua konsep dasar yaitu pemesinan tradisional dan non tradisional. Pada proses pemesinan tradisional benda kerja yang dimesin umumnya menghasilkan sisa pemotongan yang disebut dengan serpihan. Proses ini umumnya menggunakan mata pahat potong tunggal dan jamak seperti mesin bubut, freis, bor, ketam, gergaji, grinda dll. Sedangkan pada pemesinan non tradisional merupakan proses pembentukan logam tanpa menghasilkan serpihan.

Proses pemesinan non konvensional dapat diklasifikasikan atas type energi yang digunakan untuk pemesinan bahan kerja seperti *Mechanical Ultrasonic Machining (USM)*, *Water Jet Machining*, *Abrasive Jet Machining (AJM)*, *Thermal Electrical Discharge Machining (EDM)*, *Electron Beam Machining (EBM)*, *Laser Beam Machining (LBM)* and *Chemical Machining*, *Photo Chemical Machining (PCM)*. *Electrical Discharge Machining (EDM)*, suatu proses pelepasan logam secara termal dibuat untuk digunakan dalam pembentukan peralatan cetakan dan pemesinan yang efektif untuk material-material

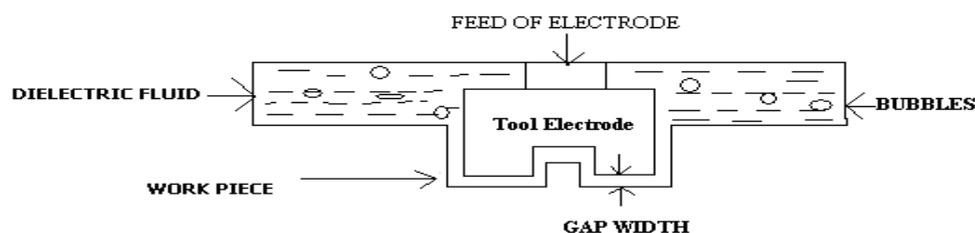
modern. EDM terutama digunakan untuk memesis material bahan paduan yang memiliki ketahanan temperatur yang sangat kuat dan sukar dipotong dengan menggunakan mesin perkakas konvensional [7].

EDM merupakan suatu mesin perkakas yang proses pemotongan material (*material removal*) benda kerja berupa erosi yang terjadi karena terdapat sejumlah loncatan bunga api listrik secara periodik pada celah antara katoda (pahat) dengan anoda (benda kerja) di dalam cairan *dielectric*. Proses *Electrical Discharge Machining* (EDM) memiliki aplikasi yang tersebar luas untuk membuat cetakan untuk memproduksi cetakan plastik, die casting dan cetakan lembaran logam dll [8].

Untuk menghasilkan produk yang memiliki kualitas yang baik diperlukan pengaturan yang sesuai terhadap parameter yang digunakan pada mesin tersebut. Pada proses EDM terdapat pengaturan arus yang akan digunakan untuk melakukan proses pemesian tersebut. Oleh karena itu perlu diketahui besaran arus listrik yang digunakan dalam pemesian EDM agar dapat diketahui penggunaan energy yang ekonomis dan waktu proses yang efektif. Hal ini tidak terlepas juga pengaruhnya terhadap kualitas permukaan benda kerja dan kekerasannya. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilaksanakan untuk menganalisa pengaruh variasi arus listrik pada proses pemesian EDM terhadap nilai kekasaran permukaan dan kekerasan benda kerja. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui besaran arus listrik yang ekonomis dalam menghasilkan permukaan benda kerja yang baik. Proses pemesian EDM ini dilakukan terhadap logam baja paduan keras AISI 4340.

Electrical Discharge Machining (EDM)

Electrical Discharge Machining (EDM) adalah proses pemesian non-tradisional elektro-termal, dimana energi listrik digunakan untuk menghasilkan percikan listrik dan *removal material* yang terjadi karena energi panas dari percikan tersebut. EDM terutama digunakan untuk pemesian bahan yang sulit dimesin dan memiliki paduan tahan terhadap suhu dan kekuatan yang tinggi. Pada proses EDM, elektroda bergerak ke bawah menuju bahan kerja sampai jarak antara benda kerja dan elektroda cukup kecil sehingga tegangan terkesan cukup besar untuk mengionisasi dielektrik [1]. Materi dalam bentuk puing-puing dihapus dengan efek erosi dari debit listrik dari alat dan benda kerja [2]. EDM tidak melakukan kontak langsung antara elektroda dan benda kerja di mana ia dapat menghilangkan masalah getaran selama mesin bekerja [3].



Gambar 1. Skema EDM

Parameter EDM

Pada proses EDM terdapat beberapa parameter pemesian yaitu:

a) T-on

Ini adalah durasi waktu yang diukur dalam mikro detik. Penghapusan logam secara langsung proporsional dengan jumlah energi yang diterapkan selama periode waktu [4].

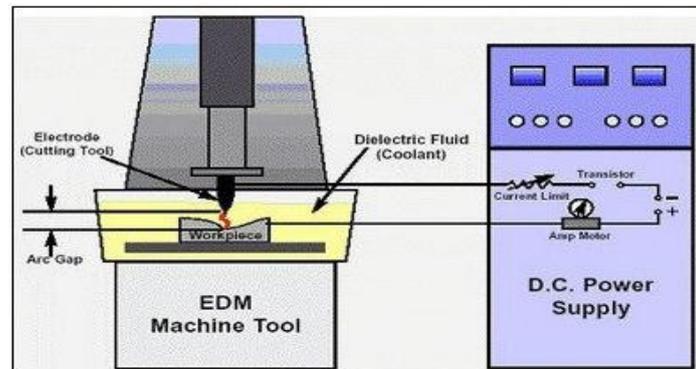
b) T-off

Ini adalah periode waktu menunggu, interval selama dua pulsa pada periode waktu. Parameter ini mempengaruhi kecepatan dan stabilitas bahan kerja yang dipotong. Jika waktu-off terlalu singkat akan meningkatkan MRR [5].

c) Arus

Merupakan arus yang digunakan selama proses pemakanan terhadap benda kerja [4].

Mekanisme kerja EDM disampaikan melalui gambar berikut:



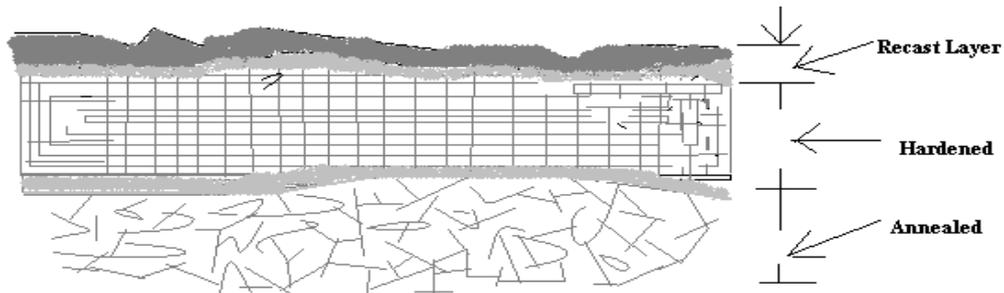
Gambar 2. Proses EDM

Pada proses awal EDM, elektrode yang berisi tegangan listrik didekatkan ke benda kerja (elektrode positif mendekati benda kerja/turun). Di antara dua elektrode ada minyak isolasi (tidak menghantarkan arus listrik), yang pada EDM dinamai cairan *dielectric* (umumnya digunakan minyak kerosin). Walaupun cairan dielektrik adalah sebuah isolator yang bagus, beda potensial listrik yang cukup besar menyebabkan cairan membentuk partikel yang bermuatan, yang menyebabkan tegangan listrik melewatinya dari elektroda ke benda kerja. Dengan adanya *graphite* dan partikel logam yang tercampur ke cairan dapat membantu transfer tegangan listrik dalam dua cara: partikel-partikel (konduktor) membantu dalam ionisasi minyak *dielectric* dan membawa tegangan listrik secara langsung, serta partikel-partikel dapat mempercepat pembentukan tegangan listrik dari cairan. Daerah yang memiliki tegangan listrik paling kuat adalah pada titik di mana jarak antara elektroda dan benda kerja paling dekat.

Ketika jumlah partikel bermuatan meningkat, sifat isolator dari cairan dielektrik menurun sepanjang tengah jalur sempit pada bagian terkuat di daerah tersebut. Tegangan meningkat hingga titik tertinggi tetapi arus listrik masih nol. Arus listrik mulai muncul ketika cairan berkurang sifat isolatornya menjadi yang paling kecil. Beda tegangan mulai menurun. Panas muncul secara cepat ketika arus listrik meningkat dan tegangan terus menurun drastis. Panas menguapkan sebagian cairan, benda kerja, dan elektrode, serta jalur *discharge* mulai terbentuk antara elektrode dan benda kerja.

Gelembung uap melebar ke samping, tetapi gerakan melebarnya dibatasi oleh kotoran-kotoran ion di sepanjang jalur *discharge*. Ion-ion tersebut dilawan oleh daerah magnet listrik yang telah timbul. Arus terus meningkat dan tegangan menurun. Sebelum berakhir, arus dan tegangan menjadi stabil, panas dan tekanan di dalam gelembung uap telah mencapai ukuran maksimal, dan sebagian logam telah dihilangkan. Lapisan dari logam di bawah kolom *discharge* pada kondisi mencair, tetapi masih berada di tempatnya karena tekanan dari gelembung uap. Jalur *discharge* sekarang berisi plasma dengan suhu sangat tinggi, sehingga terbentuk uap logam, minyak dielektrik, dan karbon pada saat arus lewat dengan intensif melaluinya. Pada akhirnya, arus dan tegangan turun menjadi nol. Temperatur turun dengan cepat, tabrakan gelembung dan menyebabkan logam yang telah dicairkan lepas dari benda kerja.

Cairan dielektrik baru masuk di antara elektrode dan benda kerja, menyingkirkan kotoran-kotoran dan mendinginkan dengan cepat permukaan benda kerja. Logam cair yang tidak terlepas membeku dan membentuk lapisan baru hasil pembekuan (*recast layer*).

Gambar 3. Daerah *recast layer*

Logam yang terlepas membeku dalam bentuk bola-bola kecil menyebar di cairan dielektrik bersama-sama dengan karbon dari elektrode. Uap yang masih ada naik menuju ke permukaan. Tanpa waktu putus yang cukup, kotoran-kotoran yang terbentuk akan terkumpul membentuk percikan api yang tidak stabil. Situasi tersebut dapat membentuk *DC arc*, yang mana dapat merusak elektrode dan benda kerja [12].

METODE PENELITIAN

Untuk mencapai objektif dari penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen, Penelitian ini dilaksanakan dilaboratorium Teknik Mesin Universitas Tarumanagara.

Bahan Yang Digunakan

Adapun bahan benda kerja yang digunakan dalam penelitian ini adalah Baja AISI 4340 yang memiliki diameter 80 mm dan panjang 15 mm. Komposisi material tersebut antara lain:

- | | | | |
|------|---------|------|---------|
| • C | : 0.34% | • Cr | : 1.50% |
| • Si | : 0.30% | • Mo | : 0.20% |
| • Mn | : 0.60% | • Ni | : 1.50% |

Gambar 4. Baja AISI 4340 *Round Bar*

Elektroda yang yang digunakan terbuat dari bahan *graphite* sebagaimana ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 5. Elektroda Graphite

Graphite tidak mencair di celah elektroda, pada temperatur sekitar 3350°C berubah dari bentuk padat menjadi gas. Sebagian besar pengerjaan dengan EDM lebih efisien menggunakan elektroda bahan *graphite* karena memiliki ketahanan panas yang tinggi di celah elektroda dibandingkan dengan tembaga. Ada bahan lain yaitu *Tungsten* yang memiliki titik lebur setara dengan *graphite*, akan tetapi tungsten sangat sulit dibentuk/dikerjakan dengan mesin perkakas.

Peralatan yang digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu mesin EDM “MF Series”



Gambar 6. Mesin EDM

Pengukuran kekasaran permukaan benda kerja hasil pengerjaan EDM dilakukan dengan menggunakan alat ukur kekasaran permukaan (*surface test*) sebagaimana disampaikan pada gambar berikut:



Gambar 7. Surface Tester Mitutoyo 211

Untuk melakukan pengujian kekerasan permukaan benda kerja digunakan alat uji Kekerasan Brinell sebagaimana ditunjukkan pada gambar berikut:

Gambar 8. Alat Uji Kekerasan *Brinell***Spesifikasi:**

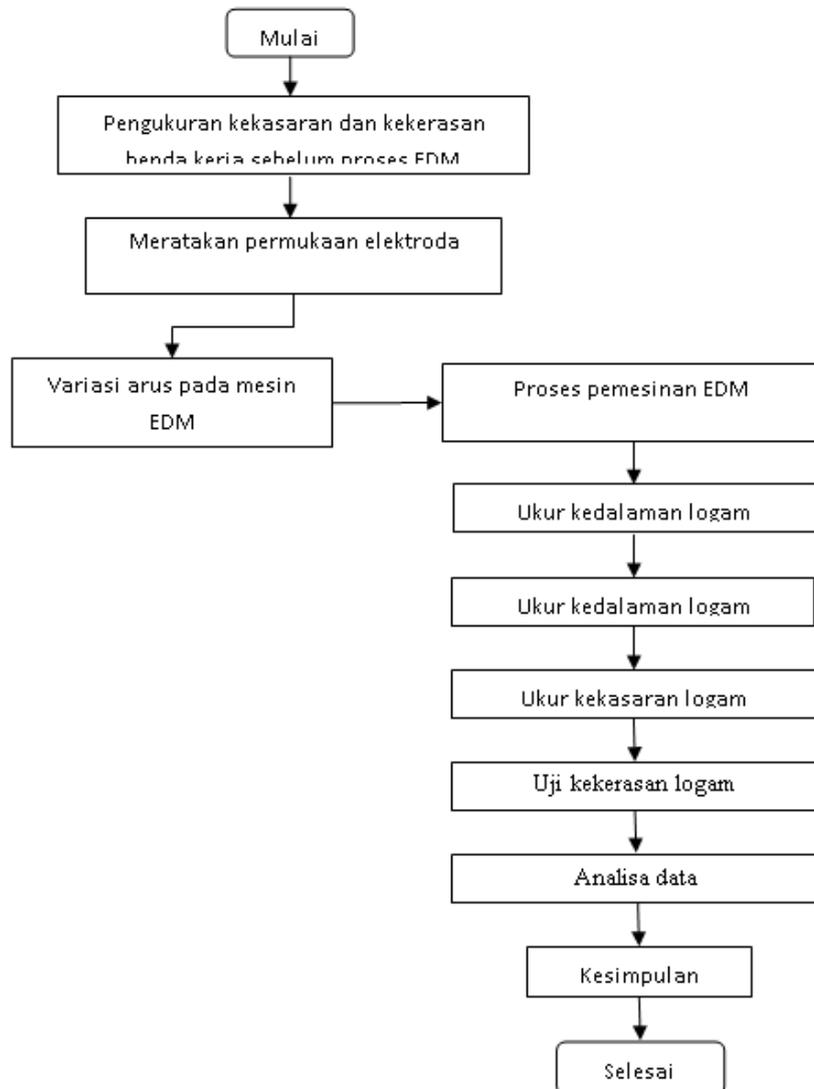
- a. Metode pembebanan : Dengan sistem tekanan fluida/oli
- b. Pembebanan
 - Beban maksimum : 3000 kg
 - Beban minimum : 250 kg
- c. Diameter bola baja : 10 mm

Prosedur Eksperimen

- a) Menentukan parameter-parameter pemesinan.
 - T-on = 1600 μ s
 - T-off = 800 μ s
 - Variasi arus = 1,4 A; 1,8 A; 2,1 A; 2,4 A
- b) Pengujian kekerasan permukaan benda kerja sebelum proses *Electrical Discharge Machining* (EDM) dengan menggunakan *Brinell Hardness Test*.
- c) Pengukuran nilai kekasaran permukaan benda kerja sebelum dilakukan proses EDM menggunakan Mitutoyo *Surfest - 211*
- d) Meratakan ujung mata pahat elektroda *graphite* menggunakan mesin bubut
- e) Meletakkan benda kerja dengan posisi yang tegak lurus dengan mata pahat
- f) Mengatur posisi penyemprotan cairan dielektrik agar tepat pada permukaan benda kerja Baja AISI 4340.
- g) Mengatur T-on dan T-off sesuai dengan parameter pemesinan
- h) Mengaktifkan mesin EDM, Melakukan penyemprotan cairan dielektrik
- i) Memasang amperemeter untuk mengetahui secara pasti arus yang bekerja.
- j) Memvariasikan arus dari 1,4 A kemudian dilanjutkan LV 1,8 A; 2,1 A dan 2,4 A untuk tiap material baja AISI 4340
- k) Dari tiap variasi arus tersebut diberikan waktu yang sama untuk tiap proses selama 4 jam
- l) Menghitung kedalaman pemakanan benda kerja dengan menggunakan alat pengukur kedalaman.
- m) Mengukur kekasaran permukaannya dengan menggunakan Mitutoyo *Surfest - 211*.
- n) Pengujian kekerasan benda kerja
- o) Analisa data
- p) Kesimpulan

Diagram Alir Penelitian

Prosedur penelitian disampaikan pada gambar berikut:



Gambar 9. Diagram Alir Ekperimen

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum benda kerja dilakukan proses pemesinan EDM terlebih dahulu dilakukan pengukuran kekasaran permukaan dan kekerasan benda kerja. Pengukuran dilakukan pada 5 (lima) titik yang berbeda di permukaan benda kerja logam AISI 4340. Pengukuran kekasaran permukaan dilakukan menggunakan alat ukur surfacet test, sedangkan pengukuran kekerasan dilakukan dengan menggunakan Brinnel Hardness Test. Pada hardness test, diameter indentor yang digunakan adalah 10 mm dan beban sebesar $P = 2500$ kgf. Dari hasil pengujian didapati nilai kedalaman indentor masuk kepermukaan benda kerja adalah sama untuk semua titik yaitu sebesar 3,3 mm. Maka untuk mengetahui besarnya nilai kekerasan benda kerja dengan skala Brinnel dilakukan perhitungan menggunakan persamaan berikut:

$$D_{\text{rata-rata}} = 3,3 \text{ mm}$$

$$BHN_{\text{rata-rata}} = \frac{2 \times P}{\pi \times D \left(D - \sqrt{D^2 - d_{\text{rata-rata}}^2} \right)}$$

$$BHN_{rata-rata} = \frac{2 \times 2500 \text{ kgf}}{\pi \times 10 \text{ mm} \left(10 \text{ mm} - \sqrt{(10 \text{ mm})^2 - (3,3 \text{ mm})^2} \right)}$$

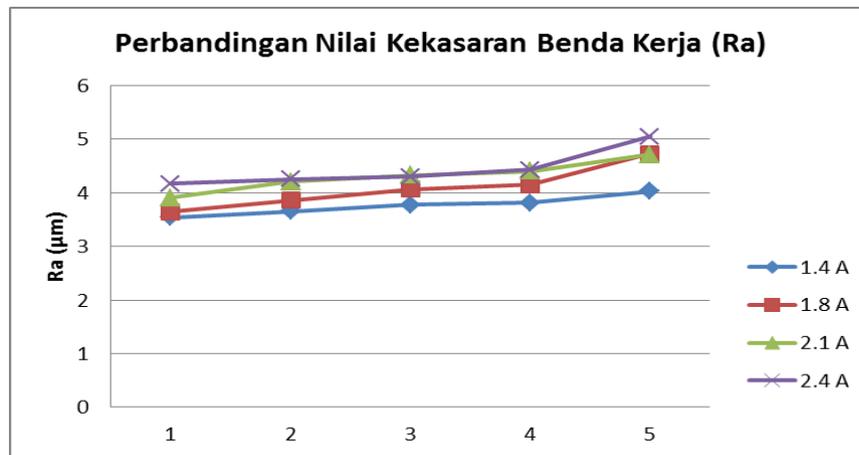
$$BHN_{rata-rata} = 284$$

Hasil pengukuran kekasaran permukaan benda kerja disampaikan di dalam tabel 1.

Tabel 1. Nilai Kekasaran Benda Kerja Baja AISI 4340 Pada Pemesinan EDM

No	Variasi Arus (A)				
	0	1,4	1,8	2,1	2,4
1	0.82	3.54	3.64	3.91	4.17
2	0.82	3.65	3.86	4.21	4.25
3	0.82	3.78	4.07	4.33	4.30
4	0.82	3.81	4.15	4.40	4.43
5	0.82	4.03	4.73	4.71	5.05
Rata-rata, Ra (μm)	0.82	3.76	4.09	4.31	4.44

Perbandingan Nilai Kekasaran



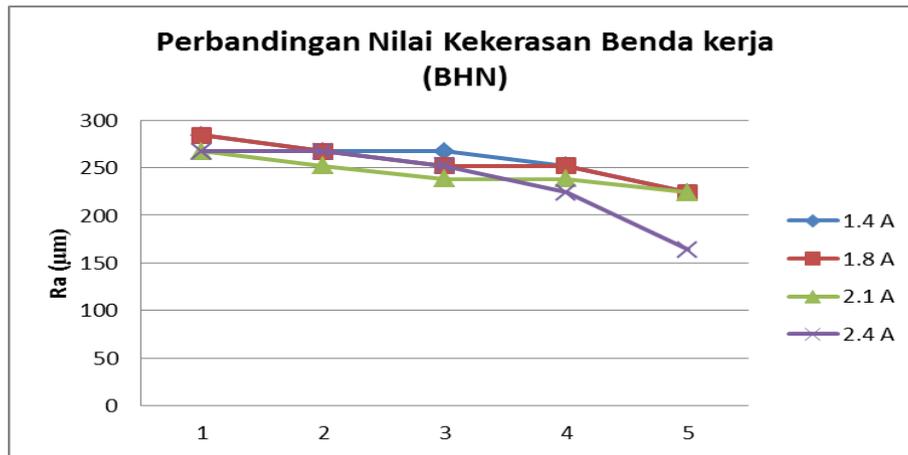
Gambar 11. Perbandingan Nilai Kekasaran (Ra)

Gambar 11 Menunjukkan hubungan nilai kekasaran pada 5 titik dari tiap material dengan perubahan nilai kekasaran yang dihasilkan dari tiap variasi arus. Pada titik 1, 2, 3 dan 4 untuk tiap variasi arus tersebut nilai kekasarannya tidak ada perbedaan yang terlalu signifikan. Sedangkan pada titik ke 5, nilai kekasarannya sangat tinggi. Hal ini dikarenakan permukaan dari mata pahat yang tidak merata dan saat diukur dengan menggunakan alat pengukur kedalaman, titik ke 5 tersebut memiliki nilai kedalaman yang lebih besar dibandingkan dengan titik yang lainnya.

Perbandingan Nilai Kekerasan

Tabel 2. Nilai Kekerasan Benda Kerja Baja AISI 4340 Pada Pemesinan EDM

No	Variasi Arus (A)				
	0	1,4	1,8	2,1	2,4
1	284	284	284	267	267
2	284	267	267	252	267
3	284	267	252	238	252
4	284	252	252	238	224
5	284	224	224	224	164
Rata-rata (BHN)	284	255	255	243	241



Gambar 12. Perbandingan Nilai Kekerasan (BHN)

Berdasarkan gambar 12. ditunjukkan nilai kekerasan yang diuji pada 5 titik untuk setiap materialnya. Pada arus 1,4 A; 1,8 A dan 2,1 A nilai kekerasan yang diambil pada 5 titiknya masih memiliki nilai yang hampir sama. Sedangkan pada arus 2,4 A terdapat perbedaan yang signifikan pada titik 4 dan 5, penurunan nilai kekerasannya sangat jauh. Namun saat dihitung secara rata-rata, seperti terlihat pada gambar 12 tidak terlalu terlihat adanya perbedaan nilai kekerasan yang sangat signifikan. Hal ini menjadi salah satu kelebihan pada EDM, karena saat material itu telah mengalami proses pemesinan, material tersebut tidak banyak mengalami penurunan nilai kekerasannya.

Dari data yang diperoleh diketahui bahwa peningkatan arus pada proses EDM memberi pengaruh terhadap peningkatan nilai kekasaran permukaan benda kerja. Hal ini terjadi disebabkan ketika proses pemesinan EDM percikan bunga api listrik melakukan pelepasan partikel logam. Semakin besar arus yang digunakan menyebabkan besaran percikan yang dihasilkan juga besar dan menyebabkan Area yang mengalami proses tersebut menjadi terkikis dan menjadi lebih luas area nya sehingga partikel logam yang terlepas juga menjadi besar. Efeknya permukaan benda kerja menjadi tidak rata dan seperti terbentuk rongga-rongga ini yang menyebabkan permukaan benda kerja tersebut menjadi kasar. Sedangkan kekerasan benda kerja didapati bahwa terjadi penurunan kekerasan dengan meningkatnya arus yang digunakan hal ini terjadi disebabkan peningkatan arus menyebabkan percikan bunga api menjadi lebih tinggi. dan hal ini memberi pengaruh terhadap struktur dari benda kerja tersebut tentunya terjadi pelepasan partikel logam juga mempengaruhi terhadap kekuatan benda kerja tersebut. Namun struktur mikro pada benda kerja tidak dapat dilihat karena tidak dilakukan pengukuran struktur mikro. Perbandingan antara nilai kekasaran permukaan dan kekerasan benda kerja pada variasi arus disampaikan pada tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Nilai Kekasaran dan Kekerasan Benda Kerja Baja AISI 4340 Pada Pemesinan EDM

No	Arus (A)	Nilai Kekasaran permukaan benda kerja, Ra (µm)	Nilai Kekerasan Benda Kerja (BHN)
1	1.4	3,76	255
2	1.8	4.09	255
3	2.1	4.31	243
4	2.4	4.49	241

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dan analisa terhadap hasil yang diperoleh maka dapat dibuat suatu kesimpulan yaitu:

Nilai kekasaran benda kerja (R_a) berbanding lurus dengan arus yang digunakan karena semakin besar arus yang digunakan maka kekasaran permukaan benda kerja yang dihasilkan semakin kasar.

Bentuk permukaan benda kerja juga dipengaruhi bentuk mata potong (elektroda) dari mesin EDM. Nilai kekerasan hasil proses EDM berbanding terbalik dengan arus yang digunakan.

Saran

Saran yang ingin disampaikan antara lain:

1. Untuk menghasilkan permukaan benda kerja yang lebih baik sebaiknya menggunakan arus yang lebih rendah.
2. Pada penelitian berikutnya disarankan dengan memvariasikan jenis tools dan profil permukaan yang dibentuk.
3. Dilakukan pengujian mikrostruktur untuk menganalisa kondisi struktur logam setelah proses pemesinan EDM

DAFTAR PUSTAKA

1. Bojorquez, B.; Marloth, R.T.; Es-Said, O.S. (2002): *Formation of a crater in the work piece on an electrical discharge machine*, *Engineering Failure analysis*, 9, pp.93–97.
2. Marafona, J.; Chousal, J.A.G. (2005): *A finite element model of EDM based on the Joule effect*, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 46, pp. 1–8.
3. Singh, S.; Maheshwari, S.; Pandey, P.C (2004): *Some investigations into the electric discharge machining of hardened tool steel using different electrode materials*, *Journal of Materials Processing Technology* 149, pp. 272–277.
4. Singh, S.; Kansal, H.K.; Kumar, P. (2005): *Parametric optimization of powder mixed Electrical discharge machining by response surface methodology*, *Journal of Materials Processing Technology*, 169, 3, pp. 427-436.
5. Shobert, E.I. (1983): *What happens in EDM (Electrical Discharge Machining): Tooling, Methods and Applications*, *Society of Manufacturing Engineers, Dearborn, Michigan*, pp.3–4.
6. Steelexpress.co.uk/steel-hardness-conversion.html (20 Juni 2013)
7. Anand, Pandey.(2010). Current Research Trend in Variants of Electrical Discharge Machining: A Review. *International Journal of Engineering Science and Technology*. Vol. 2 (6).PP 2172-2191.
8. H.S.Payal., Rajesh Choudry.,Sarabjet, Singh. (2008). Analysis of Electro Discharge Machined Surface of EN-31 Tool Steel. *Journal of Scientific & Industrial Research*. Vol.67. December 2008.PP 1072-1077.