



**PENGARUH ARUS DAN *ON TIME* TERHADAP SIFAT
MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO PERMUKAAN PADA
PROSES *ELECTRICAL DISCHARGE*
*MACHINING DIE SINKING***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Yoga Aldia Anggadipta
NIM 071910101009

**PROGRAM STUDI STRATA-1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2012**



**PENGARUH ARUS DAN *ON TIME* TERHADAP SIFAT
MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO PERMUKAAN PADA
PROSES *ELECTRICAL DISCHARGE*
*MACHINING DIE SINKING***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Fakultas Teknik (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Yoga Aldia Anggadipta
NIM 071910101009**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2012**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. **Allah SWT.** Syukur alhamdulillah atas segala kemudahan yang telah diberikan, semoga ridho dan ampunan-Mu selalu mengiringi tiap langkah hamba-Mu yang lemah ini.
2. **Rasulullah SAW.** Terima kasih atas petunjuk dan keteladanan yang telah kau berikan hingga jiwa ini penuh dengan kedamaian dan keikhlasan.
3. **Ibunda tercinta, Eni Kurniawati dan Ayahanda tercinta, Bambang Purnomo.** Terima kasih atas semua hamparan cinta-kasih, doa-doa serta pengorbanan yang telah diberikan sehingga aku masih bisa tetap tersenyum sampai saat ini. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, selalu memberi tauwil pertobatan, mengampuni seluruh dosa-dosa serta membalas semua kebaikan yang telah dilakukan. Amien....
4. **Adik tersayang Ifra Aldia Dolarosa.** Terima kasih atas semua dukungan semangat, kekuatan, doa-doa dan cinta-kasih yang telah diberikan sehingga aku dapat menyelesaikan skripsi dengan baik dan lancar.
5. **Dyah Nurul Jannah.** Dengan pengorbanan, perhatian, semangat, kasih sayang dan cintamu yang telah menjadi motivasiku dan semangatku.
6. **Almamaterku, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin - Universitas Jember.** Yang telah mengantarkanku kejenjang pendidikan yang lebih tinggi.
7. **Teman-teman Mesin.** Alm.Rendy Destia, Adit (GM1), Yulius (Gm2), Somad (GM3), Mamang (ketua angkatan 07), Molen (Ketua touring), Agil (kor. Futsal), Fregi, Angger, Debi, Yoga Aldia, Prima, Yasin, Ardi, Dimas, Tri, Edi, Ayyub, Bastian, Eris, Intan, Ekik, Arga, Rio, Firman, Diki, Dana, Anggi, Riski, Sifak, Resa, Dias, Fatah, Disko, Very, Toni, Antok, Windu, Endika, Siget, Ardika, Wawan, Bery, Bidin, Mamang, Ari, dapong dan Aufa . ”*Keep Solidarity Forever*”. Dijogo terus bro KUMPULaNe.

MOTTO

“Shadaqah itu merupakan bukti dari iman”

(HR. Muslim)

“Barangsiapa yang berjalan untuk menuntut ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga”

(HR. Bukhari - Muslim)

“Seorang mukmin yang sabar atas kesusahannya, maka kesabaran itu lebih baik baginya”

(HR. Muslim)

“Kebenaran membawa ketenangan sedangkan dusta menimbulkan keraguan”

(HR. At - Turmudzy)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yoga Aldia Anggadipta

NIM : 071910101009

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis yang berjudul:

“Pengaruh Arus dan On time terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Permukaan pada Proses Electrical Discharging Machine (EDM)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 03 Februari 2012

Yang menyatakan,

Yoga Aldia Anggadipta

NIM 071910101009

SKRIPSI

PENGARUH ARUS DAN *ON TIME* TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO PERMUKAAN PADA PROSES *ELECTRICAL DISCHARGE* *MACHINING DIE SINKING*

Oleh

Yoga Aldia Anggadipta.

NIM 071910101009

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Mahros Darsin, S.T., M.Sc.

Dosen Pembimbing Anggota : Sumarji, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul Pengaruh Arus dan On time terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Permukaan pada Proses *Electrical Discharge Machining Die Sinking* telah diuji dan disahkan oleh Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

hari : Jumat

tanggal : 3 Februari 2012

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Mahros Darsin, S.T., M.Sc.
NIP 19700322 199501 1001

Sumarji, S.T., M.T.
NIP 19680202 199702 1001

Anggota I,

Anggota II,

Hary Sutjahjono, S.T., M.T.
NIP 19681205 199702 1 0 02

Ir. Ahmad Syuhri, M.T.
NIP. 19670123 199702 1001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember

Ir. Widyono Hadi, MT.
NIP 19610414 198902 1 0 01

RINGKASAN

Pengaruh Arus dan On Tme terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Permukaan pada Proses *Electrical Discharge Machining Die Sinking*; Yoga Aldia Anggadipita, 071910101009; 2012: 103 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Proses pengerjaan *Electrical Discharge Machining* (EDM) digunakan untuk membuat *dies* dalam pembuatan sebuah produk. *Dies* yang dihasilkan harus memiliki ketepatan waktu dalam pembuatan dan tingkat kekasaran permukaan yang kecil. Harus juga dipertimbangkan nilai kekerasan pada sebuah *dies* yang akan dibuat. Kekerasan pada proses pembuatan dies dipengaruhi oleh nilai parameter yang digunakan yaitu arus dan *ontime*. Hubungan antara arus dan *ontime* permukaan pada proses *Electrical Discharge Machining* (EDM) sangat saling mempengaruhi terhadap kekerasan dan struktur mikro. Hal itu dapat dilihat bahwa semakin besar arus dan *ontime* semakin tinggi tingkat kekerasannya dan strukturnya akan mengalami perubahan. Untuk membuktikan penelitian ini perlu ada penelitian yang lebih lanjut.

Dalam penelitian ini, proses *Electrical Discharge Machining Die Sinking* dengan variasi parameter arus dan *ontime* dilakukan terhadap baja karbon sedang AISI H-13 dengan menggunakan elektroda tembaga. Hasil percobaan kemudian diolah dengan menggunakan metode *regresi* dari *software minitab* kemudian dilakukan pendekatan optimasi respon berdasarkan fungsi *Faktorial* untuk mendapatkan nilai pengaruh arus dan *ontime* terhadap kekerasan permukaan benda kerja yang optimal.

Hasil akhir penelitian ini menyimpulkan bahwa pada on time 150 μ s kekerasan mengalami kenaikan kekerasan. Hal ini disebabkan pada on time 150 μ s akan terjadi proses penambahan energi yang lebih lama sehingga akan mengalami kenaikan temperatur yang paling tinggi sehingga ketika dilakukan *quenching* (terbenam dalam transformasi oil) akan mengalami tegangan sisa yang lebih tinggi

dan struktur butir yang lebih halus. Sehingga kekerasan selalu lebih tinggi dari base metal. Sebaliknya pada on time yang lebih rendah yaitu 90 dan 120 μ s kekerasan cenderung menurun. Hal ini disebabkan terjadinya *annealing* sehingga Struktur lapisan ini akan berubah dengan kekerasan yang sedikit menurun dan struktur butir yang lebih kasar dari base metal. Dari hasil pengujian keduanya berpengaruh baik arus maupun on time baik secara grafis maupun statistik akan tetapi yang paling dominan adalah on time.

Dari titik terdekat permukaan proses yaitu pada titik 5 dapat disimpulkan bahwa pada arus 6, 9 dan 12 A dan on time 150 μ s mengalami perubahan jumlah ferit dan ukuran butir. Hal ini disebabkan semakin besar arus pada on time 150 μ s akan terjadi proses penambahan energi sehingga akan mengalami kenaikan temperature yang lebih tinggi. Ketika dilakukan *quenching* (terbenam dalam transformasi oil) dengan laju pendinginan yang cepat struktur semakin halus, tegangan sisa yang terjadi semakin tinggi dan terjadinya white layer.

Sebaliknya pada titik terjauh permukaan proses yaitu pada titik 2 pada arus 6, 9 dan 12 mengalami perubahan struktur mikro. Hal ini disebabkan terjadinya *annealing* pada bagian tersebut . Pada bagian ini hanya sedikit mengalami kenaikan temperature. Ketika dilakukan pendinginan dengan laju pendinginan yang rendah mengakibatkan strukturnya cenderung lebih kasar dari base metal.

SUMMARY

Influence of currents and on time toward Mechanical Properties and Structure of Surface of part processed by Die Sinking Electrical Discharge Machining ;
Yoga Aldia Anggadipta, 071910101009; 2012: 100 pages; Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

Electrical Discharge Machining Process of (EDM) is used to make dies in the manufacture of a product. Dies must have produced in the manufacture of timeliness and level of surface roughness is small. In addition to the violence must also be considered on a dies to be made. Violence in the production of dies affected by the parameter values used are current and on time. The relationship between flow and surface ontime Electrical Discharge Machining processes (EDM) is the interplay of hardness and microstructure. It can be seen that the greater the flow and ontime higher levels of violence and its structure will change. To prove this research is necessary to have further research yag.

In this study, the Electrical Discharge Machining Die Sinking with the variation of flow parameters and ontime conducted on carbon steel is AISI H-13 by using a copper electrode. The experimental results are then processed by using the regression method of Minitab software and then do the response optimization approach based on the factorial function to get the current value and the effect on time to the workpiece surface hardness is optimal.

The final results of this study concluded that the on-time 150 μ s violence increases violence. This is due in on time 150 μ s will occur the process of adding more time so that the energy will increase at high temperatures so that when performed quenching (immersed in the transformation of oil) will have higher residual stresses and finer grain structure. So that violence is always higher than the base metal. In contrast to the on time is lower at 90 and 120 μ s violence tends to

decrease. This is due to the annealing of this layer so that the structure will change with a slight decrease violence and a more coarse grain structure of the base metal. From the test results they affect both current and on time both graphically and statistically the most dominant but it is on time.

From the nearest point of the surface is at a point 5 can be concluded that the current 6, 9 and 12 A and 150 μ s on time to change the amount of ferrite and grain size. This is due to the greater flow in on time 150 μ s will occur so that the process of adding energy to rise higher temperature. When done quenching (immersed in the transformation of oil) with a fast cooling rate the more delicate structure, residual stresses which occur higher and the white layer.

In contrast to the furthest point that the surface at point 2 on the current 6, 9 and 12 micro-structural changes. This is due to annealing in that section. In this section only slightly increased temperature. When done cooling with a low cooling rate tends to result in more rough structure of the base metal.

PRAKATA

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Pengaruh Arus dan On time Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Permukaan Pada Proses *Electrical Discharge Machining Die Sinking*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tiada terhingga kepada:

1. Ir. Widiono Hadi, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Sumarji, S.T., M.T. selaku ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Jember.
3. Mahros Darsin S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Sumarji, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang memberikan arahan dan saran-saran dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Hary Sutjahjono, ST., M.T. selaku penguji pertama dan Ir Ahmad syuhri, M.T. selaku penguji kedua yang telah memberikan saran dan waktu.
5. Hary Arbiantara, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik
6. Ibunda Eni Kurniawati dan Ayahanda Bambang Purnomo, serta adikku Ifra Aldia Dolarosa tercinta. Terima kasih atas semua doa, semangat, motivasi dan kasih sayang kalian semua sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
7. Dyah Nurul Jannah tersayang yang sabar memberikan semangat, kasih sayang dan perhatian kamu selama ini.
8. Semua teman Teknik Mesin baik S1 maupun D3 yang telah menjadi rekan dalam kuliahku, terima kasih atas segala canda, motivasi, bantuan dan doanya.
9. Arek seven engine yang sudah memberikan semangat ,saran , masukan dan memberiku kenangan yang tidak pernah terlupakan yaitu TOURING keliling Jawa timur dan Bali udah kita lewati. Sekali lagi suwon rek.

10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis mengucapkan terimakasih atas segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga tulisan ini dapat bermanfaat.

Jember, 03 Februari 2012

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GRAFIK	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Electrical Discharge Machining (EDM)	6
2.1.1 Konsep Dasar EDM	6
2.1.2 Prinsip Kerja EDM	8
2.1.3 Cairan Dielektrik	10
2.1.4 Elektroda (Pahat)	11

2.1.5 Metode <i>Flusing</i>	12
2.1.6 Parameter Proses EDM	12
2.1.7 Kondisi Elektrik EDM	13
2.2 Pengujian Mekanik	14
2.2.1 Uji Kekerasan <i>Brinell</i>	14
2.2.2 Uji Kekerasan <i>Rockwell (Rockwell Test)</i>	16
2.2.3 Uji Kekerasan <i>Vickers</i>	17
2.2.4 Uji Kekerasan <i>Knoop (Knoop Test)</i>	18
2.2.5 Uji Kekerasan <i>Meyer</i>	19
2.2.6 Pengujian <i>Microhardness</i>	19
2.3 Pengamatan Struktur Mikro	20
2.3.1 Reaksi Fasa-Padat	20
2.3.2 Pertumbuhan Butir (Bahan Fasa Tunggal)	21
2.3.3 Rekrystalisasi	22
2.3.4 Peralutan dan Pengendapan dalam Bahan Padat	23
BAB 3. METODE PENELITIAN	28
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	28
3.2 Bahan dan Alat	28
3.1.1 Bahan	28
3.1.2 Alat	29
3.3 Pelaksanaan Penelitian	32
3.4 Pengujian	33
3.4.1 Uji Kekerasan <i>brinell</i>	33
3.4.2 Pengamatan Struktur Mikro	34
3.5 Aalaisal Data	34
3.6 Alur Kerja Penelitian	40
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Tinjauan Umum	42
4.2 Data Hasil Percobaan	42

4.3 Analisis Data Kekerasan Permukaan	45
4.4 Pengujian Model Regresi	46
4.4.1 Analisis Faktorial	46
4.4.2 Uji kesesuaian Model	47
4.4.3 Memeriksa <i>Mean Square Residual</i>	48
4.4.4 Memeriksa Utilitas Model	48
4.4.5 Memeriksa Ukuran Kecukupan Model	49
4.4.6 Memeriksa Unusual Observation	50
4.4.7 Analisis Korelasi	50
4.4.8 Pemodelan Regresi	51
4.4.9 Uji Identik	52
4.4.10 Uji Independen	53
4.4.11 Uji Kenormalan Residual	53
4.5 Pembahasan Pengaruh Variabel Terhadap Kekerasan Permukaan	55
4.6 Analisis Grafik	56
4.6.1 Grafik Hubungan Arus dan <i>On Time</i> terhadap Kekerasan	56
4.7 Hasil Uji Mikro	59
4.7.1 Struktur Mikro Baja karbon Rendah Tipe H-13 Sebelum proses EDM	59
4.7.2 Struktur Mikro Spesimen Proses EDM pada Arus 6 A ..	60
4.7.3 Struktur Mikro Spesimen Proses EDM pada Arus 9 A ...	62
4.7.4 Struktur Mikro Spesimen Proses EDM pada Arus 12 A..	63
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	66
5.1 Kesimpulan	66
5.2 Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Pengaruh panas terhadap permukaan benda kerja	8
2.2 Diagram skema rangkaian relaksasi (<i>Relaxation</i>) untuk EDM	9
2.3 Proses pengujian kekerasan	15
2.4 Indentor dari intan	17
2.5 Indentor uji <i>Vickers</i>	18
2.6 (a) Larutan pada lewat jenuh, (b) Pengendapan batas butir, (c) Pengendapan dalam butir	26
2.7 Pembentukan <i>perlit</i>	26
3.1 Benda kerja	28
3.2 <i>Electrode</i>	29
3.3 Mesin EDM merk Jiann Sheng type NCF 304 N	30
3.4 Mesin Uji <i>Electric Brinell Hardness Tester Hauser Henry S A</i>	31
3.5 <i>Mikroskop Metalografi Olympus BX41M</i>	31
3.6 Lokasi pengujian kekerasan pada spesimen	33
3.7 Flowchart penelitian	41
4.1 Stuktur mikro baja karbon rendah tipe AISI H-13 sebelum EDM pada perbesaran 500 X	60
4.2 Stuktur mikro baja karbon rendah tipe AISI H-13 pada titik terdekat yaitu pada titik 5 proses EDM dengan arus 6 A dan <i>on time</i> 150 μ s pada perbesaran 500 X	61
4.3 Stuktur mikro baja karbon rendah tipe AISI H-13 pada titik terjauh yaitu pada titik 2 proses EDM dengan arus 6 A dan <i>on time</i> 150 μ s pada perbesaran 500 X	61
4.4 Stuktur mikro baja karbon rendah tipe AISI H-13 pada titik terdekat yaitu pada titik 5 proses EDM dengan arus 9 A dan <i>on time</i> 150 μ s pada perbesaran 500 X	62

4.5	Stuktur mikro baja karbon rendah tipe AISI H-13 pada titik terjauh yaitu pada titik 2 proses EDM dengan arus 9 A dan <i>on time</i> 150 μ s pada perbesaran 500 X	63
4.6	Stuktur mikro baja karbon rendah tipe AISI H-13 pada titik terdekat yaitu pada titik 5 proses EDM dengan arus 12 A dan <i>on time</i> 150 μ s pada perbesaran 500 X	64
4.7	Stuktur mikro baja karbon rendah tipe AISI H-13 pada titik terjauh yaitu pada titik 2 proses EDM dengan arus 12 A dan <i>on time</i> 150 μ s pada perbesaran 500 X	64

DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1 Data pengujian kekerasan untuk spesimen sebelum proses EDM	37
3.2 Data pengujian kekerasan untuk spesimen setelah proses EDM	37
4.1 Data pengujian kekerasan untuk spesimen logam induk sebelum dimesin	43
4.2 Data hasil percobaan sesudah proses EDM	43
4.3 Output analisis regresi berganda	45
4.4 Hasil analisis desain faktorial	46
4.5 Analisis korelasi untuk variable BHN, <i>on time</i> dan arus	51

DAFTAR GRAFIK

	Halaman
2.1 Garfik laju reaksi terhadap suhu	22
2.2 Grafik rekristalisasi isothermal	23
2.3 Grafik rekristalisasi terhadap waktu pemanasan.....	23
2.4 Grafik laju larut dan pengendapan (paduan Pb – 10 Sn)	24
2.5 Grafik waktu terhadap suhu	25
4.1 Grafik plot <i>Residuals Versus the Fitted Values</i>	52
4.2 Grafik <i>Autocorrelation Function (ACF) untuk RESI 1</i>	53
4.3 Grafik plot <i>uji distribusi normal</i>	54
4.4 Grafik hubungan antara arus dan <i>on time</i> terhadap kekerasan pada titik1	56
4.5 Grafik hubungan antara arus dan <i>on time</i> terhadap kekerasan pada titik 2	57
4.6 Grafik hubungan antara arus dan <i>on time</i> terhadap kekerasan pada titik 3.....	57
4.7 Grafik hubungan antara arus dan <i>on time</i> terhadap kekerasan pada titik 4	58
4.8 Grafik hubungan antara arus dan <i>on time</i> terhadap kekerasan pada titik 5.....	58

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN A	70
LAMPIRAN B	76
LAMPIRAN C	77
LAMPIRAN D	79
LAMPIRAN E	84
LAMPIRAN F	90
LAMPIRAN G	99