

**PENGARUH TEGANGAN DAN VARIASI JARAK CELAH (*GAP*) PADA  
PROSES *ELECTROCHEMICAL MACHINING* (ECM) MENGGUNAKAN  
ELEKTRODA KUNINGAN TIDAK TERISOLASI TERHADAP NILAI  
MRR, *OVERCUT*, DAN KETIRUSAN PADA ALUMINIUM 1100**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
Strata-1 pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh :

Fahmi Rokin

2012 013 0063

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**2016**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

PENGARUH TEGANGAN DAN VARIASI JARAK CELAH (*GAP*) PADA  
PROSES *ELECTROCHEMICAL MACHINING* (ECM) MENGGUNAKAN  
ELEKTRODA KUNINGAN TIDAK TERISOLASI TERHADAP NILAI MRR,  
*OVERCUT*, DAN KETIRUSAN PADA ALUMINIUM 1100

Disusun Oleh:

Fahmi Rokin  
20120130063

Telah Dipertahankan Di Depan Tim Penguji  
Pada Tanggal, 8 September 2016

Susunan Tim Penguji:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Aris Widyo Nugroho M.T.,PhD.  
NIK. 19700301199509 123 022

Sunardi, S.T., M.Eng.  
NIK. 19770210201410 123 068

Penguji,

Muhammad Budi Nurrahman S.T. M.Eng.  
NIP. 19790523 200501 1 001

Tugas Akhir Ini Telah Dinyatakan Sah Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Tanggal :  
Mengesahkan  
Ketua Program Studi Teknik Mesin

Novi Caroko S.T., M.Eng  
NIP. 19791113 200501 1 001

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Fahmi Rokin**

NIM : **20120130063**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang berjudul: *PENGARUH TEGANGAN DAN VARIASI JARAK CELAH (GAP) PADA PROSES ELECTROCHEMICAL MACHINING (ECM) MENGGUNAKAN ELEKTRODA KUNINGAN TIDAK TERISOLASI TERHADAP NILAI MRR, OVERCUT, DAN KETIRUSAN PADA ALUMINIUM 1100* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada instansi 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 bila ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Yogyakarta, 8 September 2016  
Yang menyatakan,

( Fahmi Rokin)  
NIM. 20120130063

## INTISARI

Pemesinan ECM tidak terlepas dari nilai MRR, *overcut*, dan ketirusan yang dipengaruhi oleh *flow rate* elektrolit, *feed rate*, *voltage*, jarak celah (*gap*), konsentrasi elektrolit, dan jenis elektrolit yang digunakan. Pada proses ECM peran dari tegangan dan *gap* sangatlah penting. Tanpa adanya tegangan dan *gap* proses pemesinan tidak akan terjadi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi tegangan dan *gap* terhadap nilai MRR, *overcut*, dan ketirusan.

Pemesinan yang dilakukan yaitu membuat lubang pada benda kerja, dengan diameter 3 mm. Benda kerja dari bahan aluminium 1100 dengan ketebalan 0.4 mm, dimana *tool* terbuat dari bahan kuningan pejal berdiamater 3 mm. Variasi tegangan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 7, 10, 13 volt dan *gap* yang digunakan yaitu 0.5, 0.75, dan 1 mm.

Semakin besar tegangan dan *gap* yang digunakan maka nilai MRRnya akan semakin besar pula. MRR terbesar yaitu  $1,505 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{dt}$  pada tegangan 13 volt dan *gap* 1 mm. Semakin besar tegangan dan *gap* yang digunakan maka nilai *overcut*nya juga semakin besar. *Overcut* terkecil yaitu 1,48 mm pada tegangan 7 volt dan *gap* 0,5 mm. Tegangan dan *gap* yang besar membuat arus akan menyebar kesamping permukaan benda kerja dan menyebabkan hasil pemesinan tidak merata sehingga menghasilkan ketirusan yang bervariasi. Nilai ketirusan terkecil yaitu 12,48 ( $^{\circ}$ ) pada tegangan 10 volt dan *gap* 0,5 mm.

**Kata Kunci:** *Electrochemical Machining*, MRR, *Overcut*, Ketirusan, Aluminium 1100

## MOTTO

*“Jangan lupa untuk mensyukuri segala nikmat yang telah Tuhan anugerahkan kepada kita, karena orang lain belum tentu mendapatkan nikmat yang kita peroleh seperti sekarang ini”*

*“Pada dasarnya setiap diri kita terlahir untuk menjadi pemenang, namun untuk mendapatkannya kita harus merencanakan, mempersiapkan, dan mengharapkan kemenangan itu”*

*“Setinggi apapun pangkat yang kamu peroleh, kesuksesan yang kamu dapat, dan cita-cita yang telah tercapai janganlah kamu melupakan kedua orang yang telah membesarkanmu, mengajarmu, dan selalu mendoakan untuk kesuksesanmu”*

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga kami bisa menyelesaikan Tugas Akhir kami dengan judul ” PENGARUH TEGANGAN DAN VARIASI JARAK CELAH (*GAP*) PADA PROSES *ELECTROCHEMICAL MACHINING* (ECM) MENGGUNAKAN ELEKTRODA KUNINGAN TIDAK TERISOLASI TERHADAP NILAI MRR, *OVERCUT*, DAN KETIRUSAN PADA ALUMINIUM 1100 ”.Tugas akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan akademis untuk menyelesaikan Program Strata-1 pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Dengan terselesaikannya Tugas Akhir ini kami ucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir.Aris Widyo Nugroho M.T.,Ph.D. Selaku dosen pembimbing 1 yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberi bimbingan dan petunjuk sampai Tugas Akhir ini selesai.
2. Bapak Sunardi S.T., M.eng., Selaku dosen pembimbing 2 yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberi bimbingan dan petunjuk sampai Tugas Akhir ini selesai.
3. Bapak Muhammad Budi Nurrahman S.T. M.Eng., Selaku dosen penguji Tugas Akhir ini.
5. Ayahanda dan ibunda tercinta ,serta seluruh keluarga atas dukungan morilnya selama ini .
6. Bapak Novi Caroko S.T.,M.eng. selaku ketua Jurusan Teknik Mesin yang juga telah membantu dalam masalah pribadi saya.
7. Teman satu kontrakan barokah sitho, dobleh, komar, bibin, dede yang selalu memberikan semangat dan menghbur selama pengerjaan tugas akhir ini.
8. Teman satu seperdolanan ariq dicky pratama yang selalu menemani dalam berwisata kuliner ketika bosan melanda.
9. Teman seperjuangan kelompok ECM yang saling membantu dalam mengerjakan penelitian ini.

10. Teman-teman SELENK yang selalu memberikan hiburan dan tetep mengajak berolah raga secara rutin.
11. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Mesin 2012, “M” Solidarity Forever.
12. Seluruh staf dosen Jurusan Teknik Mesin UMY.
13. Seluruh mahasiswa teknik mesin, “M” Solidarity Forever .
14. Seluruh pihak yang telah membantu kami, yang tak dapat kami sebutkan semua satu per satu. Karena keterbatasan dalam pengetahuan dan pengalaman, kami menyadari bahwa terdapat banyak kekurangan dalam Tugas Akhir kami ini. Maka kritik dan saran dari anda sangat kami harapkan untuk pengembangan selanjutnya. Besar harapan kami sekecil apapun informasi yang ada dibuku kami ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Yogyakarta, 8 September 2016

Fahmi Rokin

20120130063

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN .....	iii
INTISARI .....	iv
MOTTO .....	v
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar belakang .....	1
1.2. Perumusan masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
1.6. Sistematika Penulisan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....	5
2.1 Kajian Pustaka .....	5
2.2 Dasar Teori .....	12
2.2.1 Electro Chemical Machining (ECM).....	12
2.2.2. Prinsip kerja pada ECM .....	14
2.2.3. Reaksi kimia pada proses ECM .....	16
2.2.4. Proses Ideal Pada ECM .....	17
2.2.5 Jenis <i>Electrochemical Machining</i> (ECM).....	17
2.2.6 Peralatan <i>Electrochemical Machining</i> (ECM).....	22
2.2.7 Peralatan <i>Electrochemical Machining</i> (ECM).....	27



2.2.8 <i>Material Removal Rate</i> (MRR).....	28
2.2.9 <i>Overcut</i> dan ketirusan.....	29
<b>BAB III METODE PERANCANGAN PABRIKASI.....</b>	<b>31</b>
3.1. Pendekatan Penelitian.....	31
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian.....	31
3.2.1. Tempat Penelitian.....	31
3.2.2. Waktu Penelitian.....	31
3.3. Alat dan Bahan Penelitian.....	31
3.3.1. Peralatan Penelitian.....	32
3.3.2. Bahan Penelitian.....	33
3.4. Variabel Penelitian.....	35
3.4.1. Variabel Bebas.....	35
3.4.2. Variabel Terikat.....	35
3.5. Langkah-Langkah Penelitian.....	36
3.6. <i>Flowchart</i> / Diagram Alir.....	37
3.7. Prosedur Pengujian dengan Mesin ECM.....	37
3.8. Prosedur pembuatan Benda Kerja.....	39
3.9. Spesifikasi Mesin ECM.....	40
3.10. Pengujian Terhadap Material Benda Kerja.....	41
3.10.1. Persiapan Cairan Elektrolit.....	41
3.10.2. Proses Pemesinan.....	41
3.11. Pengukuran Hasil Pengujian.....	42
3.11.1. Pengukuran <i>Material Removal Rate</i> (MRR).....	42
3.11.2. Pengukuran <i>Overcut</i> dan Ketirusan.....	42
3.12. Pengumpulan Data.....	47
3.13. Analisis Data.....	48
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>48</b>
4.1. Mesin ECM <i>Portable</i> .....	48
4.2. Hasil Pemesinan ECM.....	49
4.3. Hasil Perhitungan Data dan Pembahasan.....	55
4.3.1. Hasil Perhitungan <i>Material Removal Rate</i> .....	55

4.3.2. Hasil Pengukuran <i>Overcut</i> .....	58
4.3.3. Hasil Pengujian Ketirusan.....	60
4.4. Pembahasan.....	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	65
5.1. Kesimpulan .....	65
5.2. Saran... ..	65
DAFTAR PUSTAKA .....	66
LAMPIRAN .....	67

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik rata-rata (a) <i>overcut</i> dan (b) MRR <i>stainless steel</i> J-430 .....	6
Gambar 2.2 Grafik rata-rata <i>surface roughness stainless steel</i> j-430 .....	7
Gambar 2.3 Elektroda kuningan .....	7
Gambar 2.4 Perbandingan <i>overcut</i> .....	8
Gambar 2.5 Hasil lubang pemesinan menggunakan ECM dengan benda kerja (a) kuningan (b) <i>stainless steel</i> (c) aluminium .....	9
Gambar 2.6 Hasil lubang material aluminium (a) diameter 2 mm dan (b) diameter 6 mm menggunakan elektroda kuningan .....	10
Gambar 2.7 Sudut <i>overcut</i> material <i>stainless steel</i> (a) diameter 2 mm dan (b) diameter 6 mm menggunakan elektroda kuningan .....	11
Gambar 2.8 Sudut <i>overcut</i> material aluminium (a) diameter 2 mm dan (b) diameter 6 mm menggunakan elektroda kuningan .....	11
Gambar 2.9 Prinsip ECM .....	15
Gambar 2.10 Reaksi proses pemesinan ECM pada besi .....	16
Gambar 2.11. Skema representatif reaksi pada ECM .....	17
Gambar 2.12. <i>Electrolyte Jet</i> .....	18
Gambar 2.13. Indentasi (cekungan) pada permesinan mikro .....	18
Gambar 2.14. Konfigurasi ECDR.....	19
Gambar 2.15. Skema STEM .....	20
Gambar 2.16. Skema <i>Electrostream</i> .....	21
Gambar 2.17. <i>Electro Chemical Jet Drilling</i> .....	21
Gambar 2.18. Mekanisme ECDB .....	22
Gambar 2.19. Komponen sistem pada ECM .....	22
Gambar 2.20. Sistem mekanik / <i>frame</i> .....	25
Gambar 2.21. sistem sirkulasi elektrolit .....	26
Gambar 2.22. kontroler 3 axis.....	27
Gambar 2.23. Parameter yang mempengaruhi akurasi pada ECM.....	28
Gambar 2.24. <i>Overcut</i> dan efek tirus pada lubang hasil drilling ECM.....	30

Gambar 3.1. (a) ECM <i>portable</i> , (b) <i>Magnetic stirrer</i> , (c) Timbangan digital.....	32
Gambar 3.2. Ukuran <i>tool elektrode</i> untuk pengujian .....	33
Gambar 3.3. Elektroda Kuningan .....	33
Gambar 3.4. (a) NaCl, (b) Aquades .....	33
Gambar 3.5. Pencampuran NaCl dan Aquades menggunakan <i>magnetic stirrer</i> ...	34
Gambar 3.6. Ukuran benda kerja plat aluminium 1100.....	34
Gambar 3.7. Benda kerja plat Aluminium 1100.....	35
Gambar 3.8. Diagram alir penelitian .....	37
Gambar 3.9. Layar <i>Load G-code</i> .....	38
Gambar 3.10. contoh program <i>G-code</i> .....	38
Gambar 3.11. Tampilah <i>G-code</i> .....	39
Gambar 3.12. (a) Benda kerja, (b) Dimensi isolator, (c) Benda kerja setelah diisolasi.....	40
Gambar 3.13. Pengukuran massa menggunakan timbangan digital.....	43
Gambar 3.14. Pengujian makro.....	43
Gambar 3.15. a. Tampilan image j, b. Benda yang akan di set scale, dan c. Tampilan set scale .....	44
Gambar 3.16. a. Tampilan pemberikan tanda oval, b. Tampilan yang sudah di beri warna, c. Tampilan <i>tracing tool</i> , dan d. Tampilan menu <i>roi manager</i> .....	45
Gambar 3.17. a. Tampilan <i>roy manager</i> , b. Tampilan daerah yang ingin di <i>wracing</i> , dan c. Tampilan <i>Result</i> .....	46
Gambar 4.1 Mesin ECM <i>portable</i> .....	49
Gambar 4.2 <i>sett up ECM portable</i> yang digunakan dalam penelitian .....	49
Gambar 4.3. Grafik pengaruh waktu dan tegangan terhadap arus (a) <i>gap</i> 0,5 mm, (b) <i>gap</i> 0,75 mm (c) <i>gap</i> 1mm .....	51
Gambar 4.4. Grafik pengaruh tegangan dan <i>gap</i> terhadap arus .....	52
Gambar 4.5. Hasil pemesinan ECM Aluminium 1100 (a) tampak depan (b) tampak belakang.....	52

Gambar 4.6. Gambar hasil pemesinan ECM Aluminium 1100 dengan tegangan 7,10, dan 13 pada <i>gap</i> 0,5 mm dalam waktu 186 detik bagian depan (atas), bagian belakang (bawah) .....	53
Gambar 4.7. Gambar hasil pemesinan ECM Aluminium 1100 dengan tegangan 7,10, dan 13 pada <i>gap</i> 0,75 mm dalam waktu 186 detik bagian depan (atas), bagian belakang (bawah) .....	54
Gambar 4.8. Gambar hasil pemesinan ECM Aluminium 1100 dengan tegangan 7,10, dan 13 serta <i>gap</i> 1 mm dalam waktu 186 detik bagian depan (atas), bagian belakang (bawah).....	55
Gambar 4.9. Grafik pengaruh tegangan dan jarak celah ( <i>gap</i> ) terhadap nilai MRR pada material aluminium 1100.....	57
Gambar 4.10. Pengaruh tegangan dan <i>gap</i> terhadap nilai <i>Overcut</i> pada material aluminium 1100 bagian belakang .....	60
Gambar 4.11. foto makro ketirusan (a) tegangan 10 volt <i>gap</i> 0,5 mm, (b) tegangan 10 volt <i>gap</i> 0,75mm, (c) tegangan 10 volt <i>gap</i> 1 mm.....	61
Gambar 4.12. Arah ketirusan benda kerja .....	62
Gambar 4.13. Grafik pengaruh tegangan dan <i>gap</i> terhadap ketirusan .....	63

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. <i>Overcut</i> rata-rata dengan elektroda kuningan berdiameter 2 mm .....	8
Tabel 2.2. Perbandingan <i>overcut</i> rata-rata dan sudut <i>overcut</i> rata-rata .....	9
Tabel 2.3. Perbandingan <i>overcut</i> rata-rata dan presentase.....	10
Tabel 2.4. Elektrolit dan laju permesinan berbagai benda kerja.....	24
Tabel 3.1. Komposisi kandungan unsur logam aluminium 1100 .....	35
Tabel 3.2. Spesifikasi ECM <i>portable</i> .....	40
Tabel 3.3. Lembar pengamatan uji MRR .....	47
Tabel 3.4. Lembar Pengamatan Uji <i>Overcut</i> .....	47
Tabel 3.5. Lembar Pengamatan Uji Ketirusan .....	48
Tabel 4.1. Hasil proses pemesinan ECM dalam waktu 186 detik dengan <i>flowrate</i> 3 (LPM).....	50
Tabel 4.2. MRR hasil pemesinan pada material aluminium 1100.....	57
Tabel 4.3. <i>Overcut</i> hasil pemesinan pada material aluminium 1100.....	59
Tabel 4.4. Ketirusan hasil pemesinan pada material aluminium 1100.....	63

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel keseluruhan hasil pemesinan material Aluminium 1100.....	68
Lampiran 2. Material aluminium 1100 yang diresin .....	69
Lampiran 3. Hasil <i>image-j overcut</i> aluminium 1100 dengan <i>gap</i> 0,5 mm dan waktu pemesinan 186 detik, bagian depan (gambar atas), bagian belakang (gambar bawah).....	69
Lampiran 4. Hasil <i>image-j overcut</i> aluminium 1100 dengan <i>gap</i> 0,75 mm dan waktu pemesinan 186 detik, bagian depan (gambar atas), bagian belakang (gambar bawah).....	70
Lampiran 5. Hasil <i>image-j overcut</i> aluminium 1100 dengan <i>gap</i> 1 mm dan waktu pemesinan 193 detik, bagian depan (gambar atas), bagian belakang (gambar bawah).....	70
Lampiran 6. Gambar <i>image-j</i> diameter terluar bagian depan aluminium 1100.....	71
Lampiran 7. Tabel ukuran diameter terbesar bagian depan aluminium 1100.....	71
Lampiran 8. Gambar <i>image-j</i> diameter terluar bagian belakang aluminium 1100.....	72
Lampiran 9. Tabel ukuran diameter terbesar aluminium 1100 bagian belakang...	72
Lampiran 10. Poto makro ketirusan aluminium 1100 dengan tegangan 10 volt, <i>gap</i> 0,5 mm dan waktu pemesinan 193 detik.....	73
Lampiran 11. Poto makro ketirusan aluminium 1100 dengan tegangan 10 volt, <i>gap</i> 0,75 mm dan waktu pemesinan 186 detik.....	73
Lampiran 12. Poto makro ketirusan aluminium 1100 dengan tegangan 10 volt, <i>gap</i> 1 mm dan waktu pemesinan 186 detik.....	74