

**ANALISIS PENGARUH PARAMETER JARAK CELAH (*GAP*) DALAM
PROSES *ELECTROCHEMICAL MACHINING* PADA ALUMINIUM 1100
DENGAN MENGGUNAKAN *TOOL KUNINGAN BERLUBANG***

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat Strata-1 Pada
Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh :

**DICKY ADI PRATAMA
20140130002**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
YOGYAKARTA
2018**

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini yang berjudul **“ANALISIS PENGARUH PARAMETER JARAK CELAH (*GAP*) DALAM PROSES *ELECTROCHEMICAL MACHINING* PADA ALUMUNIUM 1100 DENGAN MENGGUNAKAN *TOOL KUNINGAN BERLUBANG*”** adalah bagian dari penelitian dosen, segala proses publikasi harus seizin dosen yang bersangkutan dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya duplikasi. 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.

Yogyakarta, 27 September 2018



Dicky Adi Pratama
NIM. 20140130002

HALAMAN PERSEMBAHAN

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Kususun jari jemari ku diatas keyboard laptopku sebagai pembuka kalimat persembahanku. Diikuti dengan lantunan basmalah "Bismillahirrahmanirrahim" sebagai awal setiap memulai pekerjaanku.

Sembah sujud serta puji dan syukurku pada-Mu Allah SWT, yang menciptakanku dengan taburan cinta, kasih sayang, rahmat dan hidayat-Mu yang memberikanku kekuatan, kesehatan, semangat pantang menyerah dan memberkatiku dengan ilmu pengetahuan serta cinta yang pasti ada disetiap ummat-Mu. Atas karunia serta kemudahan yang Engkau berikan akhirnya tugas akhir ini dapat terselesaikan. Sholawat serta salam selalu kulimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW.

Ku persembahkan tugas akhir ini untuk orang tercinta dan tersayang atas kasihnya yang berlimpah.

1. Teristimewa Bapak dan Ibu tercinta, tersayang, terkasih, dan yang terhormat, bapak Qomari dan ibu Nur Choilifa, terima kasih atas kasih sayang dan dukungan yang telah kalian berikan. Kuperssembahkan sebuah tulisan dari didikan kalian yang ku aplikasikan dengan ketikan hingga menjadi barisan tulisan dengan beribu kesatuan, berjuta makna kehidupan. Hanya sebuah kado kecil yang dapat ku berikan dari bangku kuliahku yang memiliki sejuta makna, sejuta cerita, sejuta kenangan sebagai bekalku menuju perjalanan masa depan yang ku inginkan atas restu dan dukungan yang kalian berikan. Tak lupa permohonan maaf ananda yang sebesar-sebesarnya, sedalam-dalamnya atas segala tingkah laku yang tak selayaknya diperlihatkan yang membuat hati dan perasaan ayah dan ibu terluka, bahkan teriris perih.
2. Tersayang dan yang sangat ku banggakan, saudaraku, David Arizal terimakasih atas motivasi yang telah berikan, serta doa yang selalu mengiringiku.

3. Kepada dosen pembimbing I bapak Ir. Aris Widyono Nugroho, M.T., Ph.D yang telah memberikan bimbingan dalam penulisan tugas akhir ini.
4. Kepada dosen pembimbing II bapak Sunardi, S.T., M.Eng yang telah membimbing dan membantu dalam penulisan tugas akhir ini.
5. Kepada teman-teman seperjuangan Teknik Mesin 2014 dan semua teman-teman teknik mesin yang telah mendukung dan membantu dalam pembuatan tugas akhir ini.

MOTTO

*Sugih tanpa bondho digjoyo tanpa adji, ngslurug tanpa boso
Menang tanpa ngasorake, trimah mawi pasrah suwung pamrih tebih adfrik.*

(Soso Kartono)

*Tangga menuju langit adalah kepalamu, maka letakan kakimu diatas
kepalamu. Untuk mencapai Tuhan injak-injaklah pikiran dan kesombongan
rasionalmu.*

(Sujiwo Tedjo)

*Karaya adalah satu pembeda anasar manuasia dengan ciptaan Tuhan
lainnya.*

(Deddy Corbuzier)

INTISARI

Electrochemical Machining (ECM) adalah alat pemesinan yang menggunakan prinsip elektrolisis, sehingga dapat digunakan untuk proses pemesinan terhadap material yang bersifat konduktor listrik. ECM memiliki keunggulan yaitu dapat melakukan pemesinan terhadap material yang keras dan bentuk yang rumit. Penelitian terdahulu telah meneliti pemesinan ECM dengan bentuk *tool* yang bervariasi akan tetapi hasil yang didapatkan belum optimal, sehingga perlu dilakukan penelitian yang lebih mendalam agar hasil pemesinan yang didapatkan lebih optimal.

Pada penelitian ini ditujukan untuk optimalisasi hasil kualitatif MRR, *overcut* dan ketirusan dari lubang hasil pemesinan ECM skala laboratorium pada aluminium 1100 pada benda kerja *masking* dan *non masking* akibat pengaruh jarak celah (*gap*) dengan menggunakan *tool* elektroda kuningan berlubang. Variasi *gap* yang digunakan yaitu 0.5, 0.75, dan 1 mm dengan laju aliran 2.5 lpm, konsentrasi NaCl 10% (w/v), tegangan 10 volt dan waktu pemesinan 200 detik.

Dari hasil pemesinan diketahui bahwa semakin kecil *gap* maka akan semakin besar MRR dan *overcut* yang dihasilkan, Rata-rata MRR terbesar pada *gap* 0.5 mm yaitu 3.435×10^{-3} g/s dengan *overcut* 43% pada benda kerja *non masking* dan $3,311 \times 10^{-3}$ gr/s dengan *overcut* 33% pada *masking*. Nilai MRR dan *overcut* pada benda kerja *non masking* lebih besar dari pada benda kerja *masking*, hal tersebut dipengaruhi arus yang muncul pada benda kerja *non masking* lebih besar karena menyebar kepermukaan benda kerja. Pada hasil ketirusan benda kerja *masking* memiliki fenomena yang berbeda dari setiap variasi *gap* yang diberikan, nilai ketirusan terkecil pada *masking* yaitu $16,17^{\circ}$ pada *gap* 0.5 mm, nilai ketirusan terkecil pada *non masking* yaitu $36,87^{\circ}$ pada *gap* 0.5 mm.

Kata kunci : ECM, *Gap*, MRR, *Overcut*, ketirusan, Almununium 1100.

ABSTRACT

Electrochemical Machining (ECM) is a machining tool that uses the principle of electrolysis, so that it can be used for machining of electrical conductor materials. ECM has the advantage of being able to do machining of hard materials and complicated shapes. Previous research has examined ECM machining with various tool shapes, but the results obtained have not been optimal, so more in-depth research is needed so that the optimal machining results are obtained.

This study aims to optimize the results of MRR skin, overcut and taper from the laboratory scale of ECM machining holes on aluminum 1100 in masking and non-masking workpieces due to gap control using a perforated brass electrode. The gap variations used were 0.5, 0.75 and 1 mm with a flow rate of 2.5 lpm, a concentration of 10% (w/v) NaCl, a voltage of 10 volts and a processing time of 200 seconds.

From the machining results it is known that the smaller the gap, the greater the MRR and overcut that will be generated. The biggest average MRR is 0.5 mm gap, which is 3.435×10^{-3} g /s with 43% overcut on workpieces that do non masking and 3.311×10^{-3} gr/s with 33% overcut on masking. MRR and the overcut value on non-masking workpieces is greater than the masking workpiece, it is affected by the current that appears on the non-masking workpiece is greater because it spreads to the surface of the workpiece. In the masking workpiece results have a different phenomenon from each variation of the slit provided, the smallest value of the masking workpiece is 16.17^0 at a gap of 0.5 mm, the smallest value of the non masking workpiece is 36.87^0 at a gap of 0.5 mm.

Keywords: ECM, Gap, MRR, Overcut, Taper, Almununium 1100.

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarokatuh.

Alhamdulillahahirabbil'alamin, dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT, yang telah memberikan kesehatan, nikmat, dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“ANALISIS PENGARUH PARAMETER JARAK CELAH (GAP) DALAM PROSES ELECTROCHEMICAL MACHINING PADA ALUMINIUM 1100 DENGAN MENGGUNAKAN TOOL KUNINGAN BERLUBANG”** dengan baik.

Melihat dari perkembangan teknologi pada bidang manufaktur, pemesinan *non-konvensional* sudah semakin banyak digunakan. Karena pemesinan *non-konvensional* memiliki banyak keunggulan terutama pada pemesinan pada benda yang rumit dan memiliki kekerasan tinggi, contoh dari pemesinan *non-konvensional* yaitu ECM. Setelah itu dikembangkan ECM dengan berbagai variasi untuk mendapatkan parameter terbaik. Pada penelitian ini membahas tentang respon MRR, *overcut*, dan ketirusan dengan menggunakan variasi jarak celah (*gap*) dengan menggunakan *tool* kuningan berlubang. Variasi *gap* yang digunakan yaitu 0.5, 0.75, 1.0 mm, konsentrasi NaCl 10% (w/v), tegangan 10 V, *flowrate* 2.5 lpm dengan waktu pemesinan 200 detik.

Penelitian ini berguna untuk mengetahui parameter terbaik yang dihasilkan oleh variasi *gap*, yang selanjutnya akan menjadi acuan untuk perbandingan dengan variasi lainnya dan pada penelitian sebelumnya untuk dijadikan referensi selanjutnya. Tugas akhir ini dibuat sebagai salah satu tugas yang harus ditempuh sebagai persyaratan untuk menyelesaikan studi Strata-1 (S-1) di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam menyusun Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih dan apresiasi setinggi-tingginya kepada:

1. Berli Paripurna Kamiel, S.T.,M.M., M.Eng.Sc., Ph.D., selaku Ketua Pogram Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing I Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan, motivasi, dan bimbingannya selama proses pengerjaan Tugas Akhir.
3. Sunardi, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan, motivasi, dan bimbingannya selama proses pengerjaan Tugas Akhir.
4. Muhammad Budi Nur Rahman, ST., MT selaku dosen penguji Tugas Akhir.
5. Bapak Qomari dan Ibu Nur Choilifa, selaku orang tua yang telah memberikan doa dan motivasi serta dukungannya selama masa kuliah dan pengerjaan tugas akhir ini.
6. Teman-teman SMK Muhammadiyah Mungkid yang selalu memberikan motivasi dan semangat selama ini.
7. Teman-teman seperjuangan penelitian Tiyan Prakasa dan Anggit Dwi Prasetya yang tidak ada henti-hetinya memberikan bantuan serta semangat.
8. Rekan-rekan Teknik Mesin kelas A, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
9. Seluruh rekan-rekan Teknik Mesin UMY yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah memotivasi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Seluruh teman-teman kelompok KKN 148 yang selalu memeberikan dukungan serta semangat.

11. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan agar tugas akhir ini dapat menjadi lebih baik. Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat memberi manfaat bagi pembaca.

Yogyakarta, 27 September 2018

Dicky Adi Pratama
NIM. 20140130002

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
MOTTO	vi
INTISARI.....	vii
ABSTRACT.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xx
BAB I.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II.....	5
2.1. Tinjauan Pustaka.....	5
2.2. Dasar Teori	9
2.2.1. <i>Electrochemical Machining</i> (ECM)	9
2.2.2. Prinsip Kerja pada <i>Electrochemical Machining</i> (ECM)	11
2.2.3. Reaksi kimia pada proses <i>Electrochemical Machining</i> (ECM).....	13
2.2.4. Jenis <i>Electrochemical Machining</i> (ECM)	14
2.2.5. Peralatan <i>Electrochemical Machining</i> (ECM)	18
2.2.6. <i>Material Removal Rate</i> (MRR)	21
2.2.7. <i>Overcut</i>	22

BAB III	24
3.1. Pendekatan Penelitian	24
3.2. Tempat dan Waktu peneltian	24
3.2.1. Tempat penelitian	24
3.2.2. Waktu penelitian.....	24
3.3. Alat dan Bahan Penelitian	24
3.3.1. Peralatan Penelitian	24
3.3.2. Bahan Penelitian	26
3.4. Variabel Penelitian.....	29
3.3.3. Variabel Bebas.....	29
3.3.4. Variabel Terikat.....	30
3.5. Langkah-Langkah Penelitian	30
3.6. <i>Flowchart</i> /Diagram Alir Penelitian	31
3.7. Prosedur Pembuatan Benda Kerja dan Spesifikasi Mesin ECM	31
3.8. Spesifikasi Mesin ECM	32
3.9. Rencana Penelitian.....	32
3.10. Pengujian Terhadap Material Benda Kerja	33
3.10.1. Persiapan Cairan Elektrolit	33
3.10.2. Proses Pemesinan	34
3.11. Pengukuran Hasil Pengujian	34
3.11.1. Pengukuran <i>Material Removal Rate</i> (MRR).....	34
3.11.2. Pengukuran <i>Overcut</i>	35
3.11.3. Pengukuran Ketirusan	37
3.12. Pengumpulan Data	38
3.13. Analisis Data	39
BAB IV	40
4.1. Hasil Penelitian.....	40
4.2. Hasil Perhitungan dan Pembahasan.....	44
4.2.1. <i>Material Remove Rate</i>	44
4.2.2. <i>Overcut</i>	46
4.2.3. Hasil Pengukuran Ketirusan	52

4.2.4. Pembahasan	57
BAB V.....	59
5.1. Kesimpulan.....	59
5.2. Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
Lampiran	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Prinsip ECM.....	12
Gambar 2.2. Reaksi proses pemesinan ECM pada besi.....	12
Gambar 2.3. Skema representatif reaksi kimia pada ECM.....	13
Gambar 2.4. <i>Electrolyte Jet</i>	14
Gambar 2.5. <i>Indentasi</i> (cekungan) pada pemesinan <i>micro-ECM</i>	14
Gambar 2.6. Konfigurasi ECDR.....	15
Gambar 2.7. Skema Konfigurasi STEM.....	16
Gambar 2.8. Skema <i>Electrostream (Capillary) Drilling</i>	16
Gambar 2.9. <i>Electrochemical Jet Drilling</i>	17
Gambar 2.10. Mekanisme ECDB.....	17
Gambar 2.11. Komponen sistem pada ECM.....	18
Gambar 2.12. <i>Tool</i> elektroda Kuningan.....	19
Gambar 2.13. <i>Overcut</i> dan efek tirus pada lubang hasil drilling ECM.....	22
Gambar 3.1. (a) <i>ECM portable 1 axis</i> (b) Timbangan digital (c) <i>Magnetic stirrer</i> ..	25
Gambar 3.2. Dimensi ukuran <i>tool</i> elektroda.....	26
Gambar 3.3. <i>Tool</i> elektroda.....	26
Gambar 3.4. (a) NaCl, (b) Aquades.....	27
Gambar 3.5. Proses pencampuran NaCl dan aquades dengan menggunakan <i>magnetic stirrer</i>	27
Gambar 3.6. Dimensi ukuran benda kerja plat aluminium 1100.....	28
Gambar 3.7. Pola serta dimensi ukuran lubang stiker <i>masking</i>	29
Gambar 3.8. Diagram alir Penelitian.....	31
Gambar 3.9. (a) Benda kerja (b) Benda kerja setelah di- <i>masking</i>	32
Gambar 3.10. Pengukuran massa menggunakan timbangan digital.....	35
Gambar 3.11. Pengujian foto makro.....	36
Gambar 3.12. Kalibrasi skala pada <i>software ImageJ</i>	36
Gambar 3.13. Contoh hasil pengukuran menggunakan <i>software ImageJ</i>	37
Gambar 3.14. Contoh hasil pengukuran sudut menggunakan <i>software ImageJ</i>	38

Gambar 4.1. Grafik besar aliran arus pada proses pemesinan ECM pada benda kerja <i>non masking</i>	42
Gambar 4.2. Grafik besar aliran arus pada proses pemesinan ECM pada benda kerja yang di- <i>masking</i>	42
Gambar 4.3. Grafik rata-rata besar aliran arus pada proses pemesinan ECM.	43
Gambar 4.4. Loncatan arus yang muncul pada saat pemesinan.....	44
Gambar 4.5. Grafik rata-rata MRR dari pengaruh jarak celah (<i>gap</i>), pada benda kerja <i>masking</i> dan <i>non masking</i>	46
Gambar 4.6. Hasil rata-rata <i>overcut</i> permukaan atas dan bawah dengan benda kerja <i>masking</i> dan <i>non masking</i>	48
Gambar 4.7. Hasil <i>overcut</i> pada <i>gap</i> 0.5 mm, konsentrasi elektrolit 10% (w/v) pada benda kerja <i>non masking</i> , (a) permukaan atas; (b) permukaan bawah.	49
Gambar 4.8. Hasil <i>overcut</i> pada <i>gap</i> 0.75 mm, konsentrasi elektrolit 10% (w/v) pada benda kerja <i>non masking</i> , (a) permukaan atas; (b) permukaan bawah.	49
Gambar 4.9. Hasil <i>overcut</i> pada <i>gap</i> 1.0 mm, konsentrasi elektrolit 10% (w/v) pada benda kerja <i>non masking</i> , (a) permukaan atas; (b) permukaan bawah. .	50
Gambar 4.10. Hasil <i>overcut</i> pada <i>gap</i> 0.5 mm, konsentrasi elektrolit 10% (w/v) pada benda kerja <i>masking</i> , (a) permukaan atas; (b) permukaan bawah.	50
Gambar 4.11. Hasil <i>overcut</i> pada <i>gap</i> 0.75 mm, konsentrasi elektrolit 10% (w/v) pada benda kerja <i>masking</i> , (a) permukaan atas; (b) permukaan bawah.	51
Gambar 4.12. Hasil <i>overcut</i> pada <i>gap</i> 1.0 mm, konsentrasi elektrolit 10% (w/v) pada benda kerja <i>masking</i> , (a) permukaan atas; (b) permukaan bawah.	51
Gambar 4.13. Hasil ketirusan dari benda kerja <i>masking</i> dan <i>non masking</i>	53
Gambar 4.14. Hasil ketirusan pada <i>gap</i> 0.5 mm <i>non masking</i>	54
Gambar 4.15. Hasil ketirusan pada <i>gap</i> 0,75 mm <i>non masking</i>	54

Gambar 4.16. Hasil ketirusan pada gap 1 mm <i>non masking</i>	54
Gambar 4.17. Hasil ketirusan pada gap 0.5 mm di- <i>masking</i>	55
Gambar 4.18. Hasil ketirusan pada gap 0.75 mm di- <i>masking</i>	55
Gambar 4. 19. Hasil ketirusan pada gap 1.0 mm di- <i>masking</i>	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Elektrolit dan laju pemesinan benda kerja	20
Tabel 3.1. Komposisi kandungan Unsur logam aluminium 1100 (Yudy,2013).	28
Tabel 3.2. Variabel bebas penelitian	29
Tabel 3.3. Spesifikasi ECM <i>portable</i>	32
Tabel 3.4. Faktor dan jarak celah (<i>gap</i>) penelitian.....	33
Tabel 3. 5. Lembar pengamatan uji MRR.....	38
Tabel 3.6. Lembar Pengamatan Uji <i>Overcut</i>	38
Tabel 3. 7. Lembar Pengamatan Uji Ketirusan.	39
Tabel 4.1. Hasil proses pemesinan ECM selama 200 detik, pada benda kerja aluminium 1100 <i>non masking</i>	40
Tabel 4.2. Hasil proses pemesinan ECM selama 200 detik, pada benda kerja aluminium 1100 yang di- <i>masking</i>	41
Tabel 4.3. Nilai MRR pada benda kerja <i>non masking</i>	45
Tabel 4.4. Nilai MRR pada benda kerja <i>masking</i>	45
Tabel 4.5. Hasil <i>overcut</i> dari benda kerja <i>non masking</i>	47
Tabel 4.6. Hasil <i>overcut</i> dari benda kerja <i>masking</i>	48
Tabel 4.7. Hasil perhitungan ketirusan benda kerja <i>non masking</i>	52
Tabel 4.8. Hasil perhitungan ketirusan benda kerja <i>masking</i>	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	63
Lampiran 2	65
Lampiran 3	67
Lampiran 4	70

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

m	: Massa dalam gram (g)
I	: Arus listrik, Ampere (A)
t	: Waktu pemesinan, detik (dt)
F	: Konstanta Faraday, (96500 As)
MRR	: <i>Material Removal Rate</i> (g/dt)
m_0	: Massa benda kerja sebelum pemesinan (gram)
m_t	: Massa benda kerja setelah pemesinan (gram)
t	: Waktu pemesinan (detik)
Oc	: <i>Overcut</i> , milimeter (mm)
α	: Ketirusan, derajat ($^{\circ}$)
d_2	: Diameter hasil <i>drilling</i> ECM sisi atas <i>workpiece</i> (mm)
d_1	: Diameter hasil <i>drilling</i> ECM sisi bawah <i>workpiece</i> (mm)
d_0	: Diameter <i>tool</i> , milimeter (mm)
h	: Ketebalan <i>workpiece</i> , milimeter (mm)
NaCl	: Natrium klorida
w	: <i>Weight</i>
v	: Volume