

**ANALISA PERHITUNGAN MRR, *OVERCUT*, DAN KETIRUSAN PADA
STAINLESS STEEL 304 DAN ALUMINIUM 1100 DENGAN PENGARUH
VARIASI TEGANGAN DAN *GAP* PADA PROSES *ELECTRO-CHEMICAL
MACHINING* (ECM) MENGGUNAKAN ELEKTRODA TERISOLASI**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Strata-1 Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh :

Purna Septiaji

20120130149

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

2016

MOTTO

**“Melihat ke bawah jika berada di puncak (kekuasaan),
melihat ke atas jika berada di bawah (impian)”**

(Purna Septiaji)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya. Ia mendapat pahala (dari kebajikan) yang diusahakannya dan ia mendapat siksa (dari kejahatan) yang dikerjakannya. (Mereka berdoa): “Ya Tuhan kami, janganlah Engkau hukum kami jika kami lupa atau kami tersalah. Ya Tuhan kami, janganlah Engkau bebankan kepada kami beban yang berat sebagaimana Engkau bebankan kepada orang-orang sebelum kami. Ya Tuhan kami, janganlah Engkau pikulkan kepada kami apa yang tak sanggup kami memikulnya. Beri maafilah kami; ampunilah kami; dan rahmatilah kami. Engkaulah penolong kami, maka tolonglah kami terhadap kaum yang kafir”

(Terjemahan Surat Al-Baqarah 286)

“Berusaha dan berdoa dalam melaksanakan pekerjaan maupun mengatasi permasalahan, tidak lupa pula selalu bersyukur atas nikmat-Nya”

(Bapake & Mamake)

PERNYATAAN



Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : PURNA SEPTIAJI

NIM : 20120130149

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang berjudul: **“ANALISA PERHITUNGAN MRR, *OVERCUT*, DAN KETIRUSAN PADA SS 304 DAN ALUMINIUM 1100 DENGAN PENGARUH VARIASI TEGANGAN DAN *GAP* PADA PROSES *ELECTRO-CHEMICAL MACHINING* (ECM) MENGGUNAKAN ELEKTRODA TERISOLASI”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggungjawab 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, Agustus 2016

Yang menyatakan,

(PURNA SEPTIAJI)

NIM. 20120130149

PERSEMBAHAN



Dia memberikan hikmah (ilmu yang berguna) kepada siapa yang dikehendaki Nya. Barang siapa yang mendapat hikmah itu sesungguhnya ia telah mendapat kebajikan yang banyak. Dan tiadalah yang menerima peringatan melainkan orang-orang yang bertawakal. (Q.S. Al-Baqarah: 269)

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Bapake dan Mamake tercinta, Bapak Kosim Almuchsini dan Mamah Nani Jumini terimakasih atas kasih sayang dan dukungan yang kalian berikan.
2. Kakak-kakak tersayang, telah memberikan motivasi, nasehat serta dukungan.
3. Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T., Ph.D. dan Sunardi, S.T., M.Eng. Selaku dosen pembimbing tugas akhir.
4. M. Budi Nurrahman, S.T., M.Eng. Selaku dosen penguji tugas akhir.
5. Teman-teman Teknik Mesin UMY semua angkatan, terutama TM 2012 yang selalu memberi dukungan satu sama lain.
6. Seseorang yang istimewa, serta sahabat-sahabat ku yang telah menyemangati dalam penyusunan tugas akhir ini hingga selesai.

KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga kami bisa menyelesaikan Tugas Akhir kami dengan judul "ANALISA PERHITUNGAN MRR, *OVERCUT*, DAN KETIRUSAN PADA *STAINLESS STEEL* 304 DAN ALUMINIUM 1100 DENGAN PENGARUH VARIASI TEGANGAN DAN *GAP* PADA PROSES *ELECTRO-CHEMICAL MACHINING* (ECM) MENGGUNAKAN ELEKTRODA TERISOLASI". Tugas akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan akademis menyelesaikan Program Strata-1 pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Dengan terselesaikannya Tugas Akhir ini kami ucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Novi Caroko, S.T., M.Eng. Selaku ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. 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.
3. 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.
4. Bapak M.Budi Nur Rahman, S.T., M.Eng. Selaku dosen penguji Tugas Akhir atas masukan dalam penyusunan Tugas Akhir.
5. Bapake Kosim Almuchsini dan Mamake Nani Jumini serta seluruh keluarga atas dukungan morilnya selama ini.
6. Bapak Mujiarto, Bapak Mujiyana, dan Bapak Joko Suminto selaku laboran Teknik Mesin atas peminjaman alat-alat laboratorium.
7. Saudara Ucok alias Sumardi sempat menjadi teman sekelas yang akhirnya teman satu tim dalam Tugas Akhir ini, walaupun pada akhirnya tidak bisa wisuda bareng tahun ini.
8. Saudara Fahmi Rokin teman satu jurusan, satu angkatan, satu tim yang sempat jatuh sakit selepas seminar Tugas Akhir hingga sembuh kembali dengan cepat dan akhirnya bisa menyusul siding pendadaran di lain waktu.
9. Saudara Eko Sulistyono sebagai leader di tim ECM yang telah bersusah payah membuat mesin ECM lembur sehari-hari hingga mesin ECM selesai dan dapat beroperasi dengan baik.
10. Saudara Ilham Dwi rekan satu tim yang mempunyai harapan agar bisa bareng seminar Tugas Akhir dengan saya, dan ternyata belum rezekinya bisa seminar bareng dengan saya.
11. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Mesin 2012, "M" Solidarity Forever.
12. Seluruh mahasiswa Teknik Mesin, "M" Solidarity Forever.

13. 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 di buku kami ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Yogyakarta, Agustus 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN	iv
PERSEMBAHAN	v
INTISARI	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Tujuan penelitian	3
1.4. Batasan masalah	3
1.5. Manfaat penelitian	3
1.6. Sistematika penulisan	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1. Kajian pustaka	5
2.2. Dasar teori	15
2.2.1. <i>Electro Chemical machining</i> (ECM)	15
2.2.2. Prinsip kerja mesin ECM	17
2.2.3. Reaksi kimia pada ECM	18
2.2.4. Proses ideal pada ECM	19
2.2.5. Jenis ECM	20
2.2.6. Peralatan ECM	24
2.2.7. Material Removal Rate	27
2.2.8. <i>Overcut</i> dan efek tirus	28
2.2.9. Akurasi ECM	29

BAB III METODOLOGI PEMBUATAN ECM	31
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. Alat-alat yang digunakan pada penelitian	31
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	35
3.6. Diagram alir penelitian	36
3.7. Prosedur pengujian ECM	37
3.8. Prosedur pembuatan benda kerja	39
3.9. Prosedur pembuatan elektroda	40
3.10. Prosedur pembuatan penjepit benda kerja	40
3.11. Parameter pengujian ECM	41
3.12. Pengujian terhadap material benda kerja	41
3.12.1. Pengujian MRR	41
3.12.2. Pengujian <i>overcut</i> dan ketirusan	35
3.13. Pengukuran hasil pengujian	42
3.13.1. Pengukuran MRR	42
3.13.2. Pengukuran <i>overcut</i> dan ketirusan	42
3.14. Pengumpulan data	46
3.15. Analisis data	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1. Mesin ECM <i>portable</i>	48
4.2. Hasil pemesinan ECM	49
4.3. Hasil perhitungan data dan pembahasan	52
4.3.1. Hasil perhitungan MRR	52

4.3.2. Hasil pengukuran <i>overcut</i>	55
4.3.3. Hasil pengukuran ketirusan	62
4.3.4. Pembahasan	66
BAB V PENUTUP	68
5.1. Kesimpulan	68
5.2. Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Mesin ECM skala laboratorium	5
Gambar 2.2. Grafik nilai MRR tiap percobaan	6
Gambar 2.3. Grafik nilai rata-rata MRR	6
Gambar 2.4. Prinsip contoh hasil <i>drilling</i> ECM <i>hardened tool steel</i> SKD 11 dimensi 100 x 40 x 4.5 mm	7
Gambar 2.5. Grafik fungsi konsentrasi KCl versus <i>overcut</i> untuk tegangan 12V, 24V dan 36V	7
Gambar 2.6. Hasil pengukuran arus listrik dengan jarak <i>gap</i> dijaga konstan 0,5 mm	8
Gambar 2.7. Grafik fungsi Konsentrasi KCl versus Ketirusan untuk tegangan 12, 24 dan 36 V	8
Gambar 2.8. Grafik rata-rata (a) <i>overcut</i> dan (b) MRR <i>stainless steel</i> J-430	10
Gambar 2.9. Grafik rata-rata <i>surface roughness</i> <i>stainless steel</i> j-430	11
Gambar 2.10. Elektroda kuningan	11
Gambar 2.11. Hasil lubang pemesinan menggunakan ECM dengan benda kerja (a) kuningan (b) <i>stainless steel</i> (c) aluminium	12
Gambar 2.12. Sudut <i>overcut</i> material <i>stainless steel</i> (a) diameter 2 mm dan (b) diameter 6 mm menggunakan elektroda kuningan	13
Gambar 2.13. Sudut <i>overcut</i> material aluminium (a) diameter 2 mm dan (b) diameter 6 mm menggunakan elektroda kuningan	13
Gambar 2.14. Prinsip ECM	18
Gambar 2.15. Reaksi proses pemesinan ECM pada besi	18
Gambar 2.16. Skema representatif reaksi pada ECM	19
Gambar 2.17. <i>Electrolyte Jet</i>	20
Gambar 2.18. Indentasi (cekungan) pada pemesinan mikro	20
Gambar 2.19. Konfigurasi ECDR	21
Gambar 2.20. Skema STEM	21
Gambar 2.21. Skema <i>electrostream (capillary) drilling</i>	22
Gambar 2.22. <i>Electro chemical jet drilling</i>	23
Gambar 2.23. Mekanisme ECDB	23

Gambar 2.24. Komponen sistem pada ECM	24
Gambar 2.25 <i>Overcut</i> dan efek tirus pada lubang hasil <i>drilling</i> ECM	28
Gambar 2.26 Faktor yang mempengaruhi akurasi pemesinan pada ECM	30
Gambar 3.1. Mesin ECM <i>portable</i>	32
Gambar 3.2. Alat bantu pemesinan ECM	32
Gambar 3.3. Desain elektroda kuningan	33
Gambar 3.4. (a) NaCl (b) aquades	33
Gambar 3.5. Desain benda kerja	34
Gambar 3.6. Diagram alir penelitian	37
Gambar 3.7. Layar <i>load g-code</i>	37
Gambar 3.8. Contoh program <i>g-code</i>	38
Gambar 3.9. Tampilan <i>g-code</i>	38
Gambar 3.10. Benda kerja	39
Gambar 3.11. Dimensi isolator	39
Gambar 3.12. Benda kerja setelah diisolasi (a) aluminium 1100, (b) <i>stainless steel</i> 340	40
Gambar 3.13. Elektroda / <i>Tool</i>	40
Gambar 3.14. Pengukuran massa menggunakan timbangan digital	42
Gambar 3.15. Pengujian Makro	43
Gambar 3.16 (a) Tampilan <i>software ImageJ</i> , (b) Benda kerja yang di <i>set scale</i> , (c) Tampilan <i>set scale</i> , (d) Benda kerja yang di klik <i>icon oval</i> , (e) Benda kerja yang sudah diwarnai	44
Gambar 3.17. Gambar 3.16 (f) Benda kerja yang telah di klik <i>icon wand</i> pada diameter luar, (g) <i>Toolbar ROI Manager</i> , (h) Tampilan <i>ROI Manager</i> , (i) Benda kerja yang telah di klik <i>icon wand</i> pada diameter dalam, (j) Tampilan setelah di klik <i>Measure</i>	45
Gambar 4.1. Mesin ECM <i>portable</i>	48
Gambar 4.2. <i>Sett up</i> ECM <i>portable</i> yang digunakan dalam penelitian	48
Gambar 4.3. Grafik pengaruh besarnya arus terhadap waktu pemesinan dengan <i>gap</i> 0.5 mm pada material: (a) <i>stainless steel</i> 304, (b) aluminium 1100	51

Gambar 4.4. Grafik pengaruh besarnya arus terhadap waktu pemesinan dengan gap 0.75 mm pada material: (a) <i>stainless steel</i> 304, (b) aluminium 1100	51
Gambar 4.5. Grafik pengaruh besarnya arus terhadap waktu pemesinan dengan gap 1 mm pada material: (a) <i>stainless steel</i> 304, (b) aluminium 1100	51
Gambar 4.6. Grafik besar arus rata-rata pada material: (a) <i>stainless steel</i> 304, (b) aluminium 1100	52
Gambar 4.7. Grafik pengaruh tegangan dan gap terhadap nilai MRR pada material: (a) <i>stainless steel</i> 304, (b) aluminium 1100	54
Gambar 4.8. Hasil <i>overcut</i> material <i>stainless steel</i> 304 dengan gap 0,5 mm dan waktu pemesinan 371 detik, (a) bagian depan, (b) bagian belakang	56
Gambar 4.9. Hasil <i>overcut</i> material <i>stainless steel</i> 304 dengan gap 0,75 mm dan waktu pemesinan 371 detik, (a) bagian depan, (b) bagian belakang	56
Gambar 4.10. Hasil <i>overcut</i> material <i>stainless steel</i> 304 dengan gap 1,0 mm dan waktu pemesinan 371 detik, (a) bagian depan, (b) bagian belakang	57
Gambar 4.11. Hasil <i>overcut</i> material aluminium 1100 dengan gap 0,5 mm dan waktu pemesinan 193 detik, (a) bagian depan, (b) gambar belakang	57
Gambar 4.12. Hasil <i>overcut</i> material aluminium 1100 dengan gap 0,75 mm dan waktu pemesinan 193 detik, (a) bagian depan, (b) bagian belakang	58
Gambar 4.13. Hasil <i>overcut</i> material aluminium 1100 dengan gap 1,0 mm dan waktu pemesinan 193 detik, (a) bagian depan, (b) bagian belakang	58
Gambar 4.14. Pengaruh variasi tegangan dan gap terhadap <i>overcut</i> pada material <i>stainless steel</i> 304	60

Gambar 4.15. Pengaruh variasi tegangan dan <i>gap</i> terhadap <i>overcut</i> pada material aluminium 1100	61
Gambar 4.16. Hasil ketirusan pemesian ECM material <i>stainless steel</i> 304 dengan <i>gap</i> 0,5 mm dan waktu pemesian 371 detik	62
Gambar 4.17. Hasil ketirusan pemesian ECM material <i>stainless steel</i> 304 dengan <i>gap</i> 0,75 mm dan waktu pemesian 37 detik	62
Gambar 4.18. Hasil ketirusan pemesian ECM material <i>stainless steel</i> 304 dengan <i>gap</i> 1,0 mm dan waktu pemesian 371 detik	62
Gambar 4.19. Hasil ketirusan pemesian ECM material aluminium 1100 dengan <i>gap</i> 0,5 mm dan waktu pemesian 193 detik	63
Gambar 4.20. Hasil ketirusan pemesian ECM material aluminium 1100 dengan <i>gap</i> 0,75 mm dan waktu pemesian 193 detik	63
Gambar 4.21. Hasil ketirusan pemesian ECM material aluminium 1100 dengan <i>gap</i> 1,0 mm dan waktu pemesian 193 detik	63
Gambar 4.22. Arah ketirusan benda kerja	63
Gambar 4.23. Grafik pengaruh tegangan dan <i>gap</i> terhadap nilai ketirusan pada material <i>stainless steel</i> 304	66
Gambar 4.24. Grafik pengaruh tegangan dan <i>gap</i> terhadap nilai ketirusan pada material aluminium 1100	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Perbandingan <i>overcut</i> rata-rata dan sudut <i>overcut</i> rata-rata	12
Tabel 2.2. Perbandingan <i>overcut</i> rata-rata dan sudut <i>overcut</i> rata-rata	13
Tabel 2.3. Elektrolit dan laju pemesinan berbagai benda kerja	25
Tabel 3.1. Komposisi kandungan unsur logam <i>stainless steel</i> 304	34
Tabel 3.2. Komposisi kandungan unsur logam aluminium 1100	34
Tabel 3.3. Parameter pengujian ECM	41
Tabel 3.4. Lembar pengamatan uji MRR.....	47
Tabel 3.5. Lembar pengamatan uji <i>overcut</i>	47
Tabel 3.6. Lembar pengamatan uji ketirusan	47
Tabel 4.1. Hasil proses pemesinan ECM material <i>stainless steel</i> 304 dengan <i>flow rate</i> 3 lpm	49
Tabel 4.2. Hasil proses pemesinan ECM material aluminium 1100 dengan <i>flow rate</i> 3 lpm	50
Tabel 4.3. Perhitungan MRR pada material <i>stainless steel</i> 304	54
Tabel 4.4. Hasil perhitungan MRR pada material aluminium 1100	54
Tabel 4.5. Hasil perhitungan <i>overcut</i> pada material <i>stainless steel</i> 304	60
Tabel 4.6. Hasil perhitungan <i>overcut</i> pada material aluminium 1100	61
Tabel 4.7. Hasil perhitungan ketirusan pada material <i>stainless steel</i> 304	65
Tabel 4.8. Hasil perhitungan ketirusan pada material aluminium 1100	65

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel keseluruhan hasil pemesinan material <i>stainless steel</i> 304 ...	71
Lampiran 2. Tabel keseluruhan hasil pemesinan material aluminium 1100	73
Lampiran 3. Hasil pemesinan material <i>stainless steel</i> 304 yang gagal (tidak berlubang)	75
Lampiran 4. Hasil pemesinan material aluminium 1100 yang gagal (tidak berlubang)	76
Lampiran 5. Material <i>stainless steel</i> 304 yang diresin	76
Lampiran 6. Material aluminium 1100 yang diresin	76
Lampiran 7. Foto makro <i>overcut stainless steel</i> 304 dengan <i>gap</i> 0,5 mm dan waktu pemesinan 371 detik, bagian depan (gambar atas), bagian belakang (gambar bawah)	77
Lampiran 8. Foto makro <i>overcut stainless steel</i> 304 dengan <i>gap</i> 0,75 mm dan waktu pemesinan 371 detik, bagian depan (gambar atas), bagian belakang (gambar bawah)	77
Lampiran 9. Foto makro <i>overcut stainless steel</i> 304 dengan <i>gap</i> 1 mm dan waktu pemesinan 371 detik, bagian depan (gambar atas), bagian belakang (gambar bawah)	78
Lampiran 10. Foto makro <i>overcut aluminium</i> 1100 dengan <i>gap</i> 0,5 mm dan waktu pemesinan 193 detik, bagian depan (gambar atas), bagian belakang (gambar bawah)	78
Lampiran 11. Foto makro <i>overcut aluminium</i> 1100 dengan <i>gap</i> 0,75 mm dan waktu pemesinan 193 detik, bagian depan (gambar atas), bagian belakang (gambar bawah)	79
Lampiran 12. Foto makro <i>overcut aluminium</i> 1100 dengan <i>gap</i> 1 mm dan waktu pemesinan 193 detik, bagian depan (gambar atas), bagian belakang (gambar bawah)	79
Lampiran 13. Foto makro ketirusan <i>stainless steel</i> 304 dengan <i>gap</i> 0,5 mm dan waktu pemesinan 371 detik	80
Lampiran 14. Foto makro ketirusan <i>stainless steel</i> 304 dengan <i>gap</i> 0,75 mm dan waktu pemesinan 371 detik	80

Lampiran 15. Foto makro ketirusan <i>stainless steel</i> 304 dengan <i>gap</i> 1 mm dan waktu pemesinan 371 detik	81
Lampiran 16. Foto makro ketirusan aluminium 1100 dengan <i>gap</i> 0,5 mm dan waktu pemesinan 193 detik	81
Lampiran 17. Foto makro ketirusan aluminium 1100 dengan <i>gap</i> 0,75 mm dan waktu pemesinan 193 detik	82
Lampiran 18. Foto makro ketirusan aluminium 1100 dengan <i>gap</i> 1 mm dan waktu pemesinan 193 detik	82