

TUGAS AKHIR

DESAIN DAN PEMBUATAN MESIN ELECTROCHEMICAL MACHINING
(ECM) SERTA PENGUJIAN AWAL

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan untuk Memperoleh Gelar Sarjana

Strata-1 Pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh :

Feriyanta

2011 013 0036

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

2015

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR
DESAIN DAN PEMBUATAN MESIN ELECTROCHEMICAL MACHINING
(ECM) SERTA PENGUJIAN AWAL

Disusun Oleh:

Feriyanta
20110130036

Telah Dipertahankan Di Depan Tim Penguji
Pada Tanggal, 24 Agustus 2015

Susunan Tim Penguji:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

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

Budi Nurrahman S.T., M.T.
NIP. 19790523 200501 1 001

Penguji,

Gunawan Setya Prihandana S.T., M.Eng., PhD.
NIK. 199810407201310 123 065

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 : **Feriyanta**

NIM : **20110130036**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang berjudul: **DESAIN DAN PEMBUATAN MESIN ELECTROCHEMICAL MACHINING (ECM) SERTA PENGUJIAN AWAL** 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, 24 Agustus 2015
Yang menyatakan,

(Feriyanta)
NIM. 20110130036

INTISARI

Teknologi pemesinan sampai saat ini semakin berkembang pesat. Seiring dengan hal itu saat ini banyak sekali dikembangkan jenis material baru dengan tingkat kekerasan yang sangat tinggi. Saat ini banyak sekali diciptakannya teknologi-teknologi yang mutakhir bahkan dengan ukuran yang relative kecil, bahkan sekala micro tentu saja teknologi tersebut dibekali komponen-komponen dengan ukuran kecil pula. Untuk pembuatan komponen tersebut sangat sulit apa bila dikerjakan dengan proses pemesinan konvensional, untuk mengatasi hal tersebut maka dengan dikembangkan teknologi pemesinan non- konvensional ECM Yang diharapkan mampu mengatasi permasalahan tersebut untuk pemesinan benda kerja berukuran kecil dengan bentuk yang rumit dan kompleks bahkan dengan material yang keras.

Perancangan Mesin ECM dibuat menggunakan program Solidwork design, setelah proses desain selesai mesin ECM mulai dibuat dengan menggunakan plat baja , plat baja dipotongi per part sesuai ukuran dan kebutuhan dari desain yang kita buat setelah semua bagian tersedia mulai proses perakitan menyatukan tiap bagian atau part dengan proses pengeboran, pengelasan dan lain-lain, serta memasang part-part yang sudah teredia seperti motor stepper, ballscrew, bearing, dan ril. Sehingga membentuk Mesin ECM jadi sesuai rancangan yang dibuat pada program Solidwork. spesifikasi mesin yaitu : tegangan listrik 7 volt, *working gap* 3mm, kecepatan aliran Elektrolit 3,32 m/s serta menggunakan cairan elektrolit Natrium Chlorida (NaCl) dengan elektrolit fraksi massa 15% NaCl dan 85% aquades. Komponen lain dari mesin yang dibuat diantaranya yaitu PC, *filter*, *reservoir* serta *power suplay* sebagai sumber tegangan pada saat pemesinan. Mesin yang telah dibuat dan dapat berfungsi dengan baik sesuai rancangan, kemudian mesin dilakukan pengujian performsi mesin. Pengujian performasi mesin tersebut degan melakukan pemesinan untuk membuat *gear spline*-dalam (*blind hole*) yang nantinya akan dihitung nilai pemakanan (*depth*) serta nilai MRR. dan pengambilan data juga telah berhasil dilakukan pada mesin ECM ini.

Setelah mesin selesai dibuat, mesin diuji performanya dengan mencoba melakukan pemesinan. Proses pemesinan dilakukan untuk membuat *gear spline*-dalam (*blind hole*) dengan memvariasikan waktu pemesinan, pengaruhnya terhadap *dept* dan MRR. Setelah digunakan untuk pemesinan mesin ECM yang telah selesai dibuat dapat berfungsi dengan baik sesuai perencanaan, dari hasil perhitungan bahwa hubungan antara variasi Waktu dan *nilai MRR* berbanding terbalik. Pada pemesinan ECM nilai rata-rata *MRR* terkecil diperoleh pada waktu pemesinan 5 menit dengan nilai 3,91 mg/detik, sedangkan nilai rata-rata MRR terbesar diperoleh pada waktu 10 menit dengan nilai 1,44 mg/detik. Semakin lama permesinan, maka akan semakin besar juga nilai MRR benda kerja. Dari data yang disajikan bahwa setiap menitnya bisa memakan kedalaman 840 μm /detik semakin lama waktu yang digunakan dalam pemesinan berarti semakin dalam lubang benda kerja.

Kata Kunci:*Electrochemical Machining, MRR, SLD*

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga kami bisa menyelesaikan Tugas Akhir kami dengan judul ” desain dan pembuatan mesin electrochemical machining (ecm) serta pengujian awal pembuatan roda gigi dengan”. Tugas akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan akademis 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 Budi Nurrahman S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 2 yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberi bimbingan dan petunjuk sampai Tugas Akhir ini selesai.
3. Bapak Gunawan Setya Prihandana S.T., M.eng., PhD. selaku dosen penguji Tugas Akhir ini.
5. Ayahanda Sikin, ibunda Suyamti, serta seluruh keluarga atas dukungan morilnya selama ini (you're my everything).
6. Bapak Novi Caroko S.T., Meng selaku ketua Jurusan Teknik Mesin yang juga telah membantu dalam masalah pribadi saya.
7. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Mesin 2011, “M” Solidarity Forever.
8. Seluruh staf dosen Jurusan Teknik Mesin UMY.
9. Seluruh mahasiswa teknik mesin, “M” Solidarity Forever.

10. 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, 24 Agustus 2015

Feriyanta
20110130036

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
INTISARI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang	1
1.2. Perumusan masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	13
2.2.1 Electro Chemical Machining (ECM).....	13
2.2.2. Prinsip kerja pada ECM	15
2.2.3. Reaksi kimia pada proses ECM	17
2.2.4. Proses Ideal Pada ECM	18
2.2.5 Jenis Electrochemical Machining (ECM).....	18

2.2.5.1. Micro-ECM	18
2.2.5.2. Electro Chemical Drilling (ECDR)	19
2.2.5.3. Shaped Tube Electrolytic Machining (STEM).....	20
2.2.5.4. Electrostream (Capillary) Drilling.....	21
2.2.5.5. Electro Chemical Jet Drilling (ECJD)	22
2.2.5.6. Electro Chemical Deburring (ECDB)	22
2.2.6 Peralatan Electro Chemical Machining	23
2.2.6.1 Power Supply	23
2.2.6.2 Elektrolit	24
2.2.6.3 Tool elektroda	25
2.2.6.4 Benda kerja (workpiece)	26
2.2.7 Material Removal Rate (MRR)	27
2.2.8 Surface Finish	28
2.2.9 Akurasi ECM	29
2.2.10. Proses perancangan dan pembuatan mesin.....	30
BAB III METODE PERANCANGAN PABRIKASI.....	31
3.1. Alat dan Bahan Perancangan pabrikasi.....	31
3.1.1. Peralatan Perancangan pabrikasi.....	32
3.1.2. Bahan Perancangan pabrikasi.....	32
3.2. Diagram Alir Penelitian	32
3.3. Perancangan mesin ECM.....	34
3.4. Simulasi analisis sttis desain mesin ECM.....	34
3.4. Pembuatan Mesin ECM.....	35
1. Meja sumbu X.....	35
2. Meja Sumbu Y	36
3. Meja sumbu Z	36
4. Tiang Meja sumbu Y... ..	37
5. Dudukan Bearing	38
6. Dudukan <i>Tool Holeder</i>	38
7. Dudukan Meja kerja.....	39

8. Meja Kerja	39
3.5. Prosedur Pembuatan Penjepit Benda Kerja	40
3.6. Prosedur Pembuatan Elektroda / Tool	40
3.7. Prosedur Pembuatan Benda Kerja	41
3.8. Prosedur pembuatan larutan NaCl	43
3.9. Prosedur Pengujian Mesin ECM	45
BAB IV HASIL PERANCANGAN DAN PABRIKASI	47
4.1 Hasil pembuatan Mesin ECM	47
4.1.1. Pemesinan dengan arah flusing dari atas	48
4.2. Spesifikasi Mesin ECM	49
4.3. Hasil penelitian pendahuluan pemesinan ECM.....	49
4.4. Pengujian Terhadap Material Benda Kerja	52
4.5. Pengukuran Hasil Pengujian.....	54
4.5.1. Pengukuran MRR	54
4.6. Analisis Data	55
4.6.1. Hasil Perhitungan MRR.....	55
4.6.2. Hasil perhitungan kedalaman pemakanan.....	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	61
5.1. Kesimpulan	61
5.2. Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip dasar disolusi anodis menggunakan NaCl	5
Gambar 2.2 Hasil SEM menggunakan (a) NaNO ₃ dan (b) NaCl	6
Gambar 2.3 Efisiensi arus permesinan dengan elektrolit NaCl dan NaNO ₃	7
Gambar 2.4 Grafik Hasil Penelitian Pengaruh Voltage Terhadap voltage, MRR .9	
Gambar 2.5 Grafik rata-rata (a) overcut dan (b) MRR stainless steel J-430	11
Gambar 2.6 Grafik rata-rata surface roughness stainless steel J-430	12
Gambar 2.7 Prinsip ECM	16
Gambar 2.8 Reaksi proses permesinan ECM pada besi	16
Gambar 2.9 Skema representatif reaksi pada ECM	18
Gambar 2.10 Electrolyte Jet	19
Gambar 2.11. Indentasi (cekungan) pada permesinan mikro	19
Gambar 2.12. Konfigurasi ECDR	20
Gambar 2.13. Skema STEM	20
Gambar 2.14. Skema Electrostream (Capillary) Drilling	21
Gambar 2.15. Electro Chemical Jet Drilling	22
Gambar 2.16. Mekanisme ECDB	23
Gambar 2.17. Komponen sistem pada ECM	23
Gambar 2.18. Tembaga	26
Gambar 2.19. Benda kerja SLD	26
Gambar 2.20. Surface roughness yang dihasilkan pada ECM	29
Gambar 2.21. Parameter yang mempengaruhi akurasi pada ECM	30
Gambar 3.1. Diagram alir perancangan pabrikasi	33
Gambar 3.2. Desain Mesin	34
Gambar 3.3. Simulasi hasil statis	35
Gambar 3.4. Meja sumbu X	36
Gambar 3.5. Meja Sumbu Z	36
Gambar 3.6. Meja Sumbu Y	37
Gambar 3.7. Tiang Meja sumbu Y	37
Gambar 3.8. Dudukan bearing	38

Gambar 3.9. Dudukan tool holder	38
Gambar 3.10. Dudukan Meja kerja	39
Gambar 3.11. Meja kerja	39
Gambar 3.12. Penjepit benda kerja	40
Gambar 3.13. Ukuran tool	41
Gambar 3.14. Elektroda / Tool	41
Gambar 3.15. Ukuran benda kerja	42
Gambar 3.16. Benda kerja sebelum diisolasi	42
Gambar 3.17. Benda kerja setelah diisolasi.....	42
Gambar 3.18. Serbuk NaCl	44
Gambar 3.19. Cairan Aquades	44
Gambar 3.20. Pecampuran NaCL dan Aquades	45
Gambar 3.21. Setting kalibrasi mach3	46
Gambar 4.1 Mesin ECM tanpa asesoris	47
Gambar 4.2 Komponen mesin ECM	47
Gambar 4.3. mekanisme pemesinan flushing dari arah atas	48
Gambar 4.4. Contoh hasil pemesinan	49
Gambar 4.5. Hasil pemesinan lubang pada Plat aluminium ketebalan 0,2 mm ..	50
Gambar 4.6. Hasil pemesinan lubang pada Plat aluminium ketebalan 5 mm	50
Gambar 4.7. Hasil pemesinan pada Plat aluminium ketebalan 5 mm	50
Gambar 4.8. Hasil pemesinan plat SLD, voltage 12 volt, konsentrasi 25 %	51
Gambar 4.9. Hasil pemesinan plat SLD, voltage 7 volt, konsentrasi 15 %	51
Gambar 4.10. Hasil pemesinan plat SLD, voltage 12 volt, konsentrasi 25 % ...	52
Gambar 4.11. Hasil pemesinan plat SLD, voltage 7 volt, konsentrasi 15 %	52
Gambar 4.12. Hasil pemesinan dengan vareasi yang ditentukan	54
Gambar 4.13. Pengukuran masa dengan timbangan digital	55
Gambar 4.14. Grafik nilai MRR tiap percobaan	57
Gambar 4.15. Grafik nilai rata-rata MRR (detik)	57
Gambar 4.16. Mengukur kedalaman pemakanan dengan jangka sorong	58
Gambar 4.17. Grafik rata-rata kedalaman pemakanan (mikro/detik	59
Gambar 4.18. Grafik nilai rata-rata kedalaman pemakanan (mikro/detik)	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Elektrolit dan laju permesinan berbagai benda kerja.....	25
Tabel 3.1. Komposisi kandungan unsur logam SLD	43
Tabel 4.1. Spesifikasi ECM portable.....	49
Tabel 4.2. Pengaruh waktu terhadap nilai MRR.....	56
Tabel 4.4. Pengaruh waktu terhadap <i>depth</i>	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Setting Up MACH3	65
Lampiran 2 Spesifikasi material plat SLD (Hitachi Material L.td)	75

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

- CNC : *Computer Numerically Control*
- E : Berat kimia ekuivalen
- ECM : *ElectroChemical Machining*
- F : Konstanta Faraday (96500 As)
- I : Arus listrik, ampere (A)
- M : Berat atom (g)
- MRR : *Material Removal Rate* (g/dt)
- m : Massa benda (g)
- m_o : Massa benda kerja sebelum permesinan (g)
- m_t : Massa benda kerja setelah permesinan (g)
- R_a : *Surface roughness* (μm)
- t : Waktu permesinan (detik)
- Z : Valensi benda kerja
- Δm : Selisih massa benda kerja sebelum dan sesudah permesinan (g)