

**PERANCANGAN MESIN ELECTROCHEMICAL MACHINING (ECM)
SINGLE AXIS**

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh:

Adang Mubarak Sidik

20130130079

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

2017

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

PERANCANGAN MESIN *ELECTROCHEMICAL MACHINING* (ECM) *SINGLE*
AXIS

Disusun Oleh:

ADANG MUBAROK SIDIK
20130130079

Telah Dipertahankan Di Depan Tim Penguji
Pada tanggal: 13 Juni 2017

Susunan Tim Penguji:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Aris Widyo Nugroho M.T., Ph.D.
NIK. 19700301 199509 123 022

Sunardi, S.T., M.Eng.
NIK. 19770210 201410 123 068

Penguji,

Muhammad Budi Nur Rahman, S.T., M.Eng
NIP. 19790523 200501 1 001

Tugas Akhir Ini Sudah 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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Saya yang betanda tangan dibawah ini:

Nama : Adang Mubarak Sidik

NIM : 20130130079

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang berjudul: **PERANCANGAN MESIN *ELECTROCHEMICAL MACHINING* (ECM) *SINGLE AXIS*** adalah bagian dari penelitian unggulan perguruan tinggi dengan judul **PEMBUATAN CNC *ELECTRO CHEMICAL MACHINING* SERTA PENGUJIAN PEMESINAN PADA PEMBUATAN *MICROCHANEL***. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya 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 dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Yogyakarta, Juni 2017

Yang menyatakan,

(Adang Mubarak Sidik)
NIM. 20130130079

motto

"berlari dan diam sama - sama ada lelahnya, lebih baik lelah dalam keadaan berlari"

(Adang)

"Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain)"

(Terjemahan Surat Ash Syarh ayat 5-7)

"soh dang, usahakeun we keula hasilna mah pasrahkeun ka Allah"

(Ayah)

"berdoalah nak, jika kamu ada masalah hamparkanlah sejadahmu"

(Ibu)

PERSEMBAHAN



Dengan penuh rasa syukur, skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. **Bapak dan Ibuku tercinta, Wawan Gunawan dan Ai Astriani.** Terimakasih atas didikan, kasih sayang, kesabaran, kepercayaan dan dukunganmu selama ini, sehingga aku mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini. Dimasa depan kelak aku akan membuatmu bangga dengan karya - karyaku.
2. **Andri Rahman Pratama, Ading Sihabudin, dan Regina Sylvia M** kakak dan adik - adikku yang telah memberikan motivasi untuk jangan pernah menyerah, saya harap kalian lebih sukses daripada saya saat ini, semoga kalian bisa meraih .apa yang kalian cita - citakan.
3. **Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T., Ph.D. dan Sunardi, S.T., M.Eng.** Selaku dosen pembimbing, terimakasih atas bimbingan bapak sehingga saya bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini sampai selesai.
4. **Muh Budi Nur Rahman, S.T., M.Eng** Selaku dosen penguji Tugas Akhir.
5. **Teman-teman Teknik Mesin UMY angkatan 2013 dan semua angkatan yang selalu memberi dukungan satu sama lain “M Forever”.**

INTISARI

Electrochemical machining (ECM) adalah salah satu proses pemesinan *non-konvensional*, yang prinsip kerjanya berdasarkan hukum Faraday. Mesin ECM bisa melakukan pemesinan terhadap benda kerja yang mempunyai kekerasan yang tinggi dan tanpa adanya kontak langsung antara *tool* dengan benda kerja. Pada perancangan mesin ECM kali ini, bahan yang digunakan adalah akrilik sebagai bahan dasar rangka mesin di samping kuat, lentur, tahan lama, transparan, anti korosi, ramah lingkungan, mudah perawatan dan lebih ringan dibandingkan dengan aluminium pejal. Mesin ECM yang dirancang saat ini adalah mesin ECM *single axis* karena pada proses pemesinan hanya dilakukan proses pemakanan secara vertikal saja.

Perancangan mesin ECM *single axis* dibuat menggunakan *software Solidworks*. Terdapat beberapa tahap dalam merancang mesin ECM *single axis* tahap yang pertama adalah merancang sistem mekanik dan analisis tegangan pada sistem mekanik. Tahap yang kedua adalah merancang sistem sirkulasi elektrolit. Tahap yang ketiga adalah merancang sistem elektrik.

Hasil analisis tegangan pada sistem mekanik mesin ECM *single axis*, dari perancangan sistem mekanik didapatkan hasil *force stress* dengan pembebanan sebesar 50 N tercatat *von mises* minimum adalah 6.8×10^{-4} Pa, sedangkan *von mises* maksimum adalah 44 MPa. *Displacement* maksimal yang terjadi adalah 7.2×10^{-1} mm. *Safety factor* yang didapat lebih besar dari 1 yaitu sebesar 3.1 kali ini menunjukkan bahwa sistem mekanik mesin ECM *single axis* aman.

Kata Kunci: *Electrochemical Machining, von mises, displacement, safety factor*

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“PERANCANGAN MESIN *ELECTROCHEMICAL MACHINING (ECM) SINGLE AXIS*”**. Pada tugas akhir ini akan menjelaskan proses perancangan mesin ECM *single axis*. Adapun proses perancangan mesin ECM *single axis* meliputi perancangan sistem mekanik, analisa tegangan sistem mekanik, perancangan sistem sirkulasi larutan elektrolit, perancangan sistem elektrik dan *assembly* keseluruhan bagian mesin ECM *single axis*. Sistem mekanik mesin ECM *single axis* ini akan dilakukan analisa tegangan untuk mendapatkan rancangan sistem mekanik yang aman.

Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa maupun bagi masyarakat. Penulis juga menyadari bahwa tugas akhir ini jauh dari kata sempurna sehingga penulis membutuhkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak guna memperbaiki skripsi ini maupun dari mesin yang kami rancang, agar kedepan menjadi lebih baik dan bermanfaat untuk masyarakat luas.

Selanjutnya penulis dengan tulus mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing I 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 II yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membimbing penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir.
3. Bapak Muhammad Budi Nurrahman S.T., M.Eng. selaku dosen penguji Tugas Akhir ini.
4. Bapak Novi Caroko, S.T., M.Eng. selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
5. Seluruh pihak yang telah membantu kami, yang tidak dapat kami sebutkan semua satu persatu.

Yogyakarta,

Adang Mubarak Sidik

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
INTISARI	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	
BAB I PENDAHULUAN	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 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1. Kajian 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) .	12
2.2.4. Proses Ideal Pada ECM	14
2.2.5. Jenis <i>Electrochemical Machining</i> (ECM)	15
2.2.6. Peralatan <i>Electrochemical Machining</i> (ECM)	19
2.2.7. Akurasi <i>Electrochemical Machining</i> (ECM)	22

2.2.8. Perancangan Mesin	23
2.2.9. Bahan Perancangan	25
2.2.10. <i>Software</i> Perancangan	28
BAB III METODOLOGI PERANCANGAN ECM	31
3.1. Alat dan Bahan Perancangan	31
3.1.1. Alat Perancangan	31
3.1.2. <i>Software</i> Perancangan	31
3.2. <i>Flowchart</i> / Diagram Alir Perancangan	31
3.3. Menjalankan <i>Software Solidworks</i>	34
3.4. Perancangan Mesin ECM <i>Single Axis</i>	39
3.4.1. Perancangan Sistem Mekanik ECM <i>Single Axis</i>	39
3.4.2. Perancangan Sistem Sirkulasi Elektrolit Mesin ECM	42
3.4.2. Perancangan Sistem Elektrik Mesin ECM	48
BAB IV HASIL PERANCANGAN MESIN ECM <i>Single Axis</i>	50
4.1. Perancangan sistem mekanik ECM <i>Single Axis</i>	50
4.1.1. Perancangan Rangka ECM <i>Single Axis</i>	50
4.1.2. Komponen Penggerak ECM <i>Single Axis</i>	53
4.1.3. <i>Assembly</i> Rangka dan Komponen Penggerak ECM	56
4.1.4. Analisis Tegangan Pada Sistem Mekanik ECM	63
4.2. Perancangan Sistem Sirkulasi Elektrolit	66
4.2.1. Komponen Sistem Sirkulasi Elektrolit.....	67
4.2.2. <i>Assembly</i> Sistem Sirkulasi ELEktrolit	76
4.3. Perancangan Sistem Elektrik ECM.....	76
4.3.1. Pemilihan <i>Power Supply</i> ECM	77
4.3.2. Pemilihan <i>Power Supply Microcontroller</i>	78
4.3.3. Pemilihan Motor <i>Stepper</i>	78
4.3.4. Pemilihan <i>Microcontroller</i>	79
4.3.5. Pemilihan <i>Stepper Motor Driver</i>	80
4.3.6. <i>Regulated Voltage</i>	81
4.3.7. Kotak Kelistrikan	81
4.3.8. <i>Assembly</i> Sistem Elektrik	82

BAB V PENUTUP	83
5.1. Kesimpulan	83
5.2. Saran	84
DAFTAR PUSTAKA	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Mesin ECM dengan sumbu X, sumbu Z, meja kerja, sumbu Y dan <i>tool</i>	5
Gambar 2.2 Hasil <i>stress analysis</i>	7
Gambar 2.3. Desain mesin ECM	7
Gambar 2.4. Hasil <i>stress analysis</i>	8
Gambar 2.5. Mesin ECM.....	9
Gambar 2.6. Skema proses kerja ECM	12
Gambar 2.7. Diagram reaksi <i>elektrochemical</i> dari besi dengan elektrolit NaCl.....	13
Gambar 2.8. <i>Electrolyte Jet</i>	15
Gambar 2.9. Indentasi (cekungan) pada pemesinan mikro	15
Gambar 2.10. Konfigurasi ECDR.....	16
Gambar 2.11. Skema STEM.....	17
Gambar 2.12. Skema <i>Electrostream (Capillary) Drilling</i>	18
Gambar 2.13. <i>Electro Chemical Jet Drilling</i>	18
Gambar 2.14. Mekanisme ECDB	19
Gambar 2.15. Komponen sistem pada ECM	19
Gambar 2.16. <i>Tool</i> kuningan	22
Gambar 2.17. Parameter yang mempengaruhi akurasi pada ECM.....	23
Gambar 3.1. Diagram alir perancangan system mekanik dan sistem sirkulasi larutan elektrolit	32
Gambar 3.2. Diagram alir perancangan sistem kelistrikan	33
Gambar 3.3. Tampilan awal <i>software Solidworks</i>	34
Gambar 3.4. <i>Shortcut new document</i>	35
Gambar 3.5. Tampilan <i>document</i> yang akan dibuat	35
Gambar 3.6. <i>Shortcut sketch</i>	36
Gambar 3.7. <i>Feature extrude</i>	36
Gambar 3.8. <i>Feature extrude cut</i>	36

Gambar 3.9. <i>Feature structural member</i>	37
Gambar 3.10. <i>Feature mirror</i>	37
Gambar 3.11. <i>Feature swept cut</i>	37
Gambar 3.12. <i>Feature fillet</i>	37
Gambar 3.13. <i>Feature chamfer</i>	38
Gambar 3.14. <i>Feature linear pattern</i>	38
Gambar 3.15. <i>Feature circular pattern</i>	38
Gambar 3.16. Desain mesin ECM.....	40
Gambar 3.17. Sketsa awal perancangan mesin ECM.....	41
Gambar 3.18. Desain kotak benda kerja perancangan.....	43
Gambar 3.19. Arah aliran (<i>flushing</i>).....	44
Gambar 3.20. Sketsa awal sistem sirkulasi elektrolit	45
Gambar 4.1. Gambar 3D rangka sumbu X	51
Gambar 4.2. Rangka sumbu Y	52
Gambar 4.3. Rangka sumbu Z.....	52
Gambar 4.4. Dudukan <i>tool</i>	53
Gambar 4.5. Motor <i>stepper</i>	54
Gambar 4.6. <i>Lead screw</i>	54
Gambar 4.7. <i>Linear bearing</i>	55
Gambar 4.8. <i>Flange bearing</i>	56
Gambar 4.9. <i>Coupling coupler</i>	56
Gambar 4.10. Gambar hasil <i>assembly</i> rangka sumbu X.....	57
Gambar 4.11. Gambar hasil <i>assembly</i> rangka sumbu Y.....	58
Gambar 4.12. Gambar hasil <i>assembly</i> rangka sumbu Z dengan komponen penggerak	58
Gambar 4.13. Gambar hasil <i>assembly</i> dudukan benda kerja.....	59
Gambar 4.14. <i>Assembly</i> dudukan benda kerja dengan rangka sumbu X.....	60
Gambar 4.15. <i>Assembly</i> rangka sumbu Y dengan rangka sumbu X.....	61
Gambar 4.16. <i>Assembly</i> dudukan benda kerja dengan rangka sumbu X, rangka sumbu Y dan rangka sumbu Z.....	62

Gambar 4.17. <i>Assembly</i> dudukan benda kerja dengan rangka sumbu X, rangka sumbu Y, rangka sumbu Z dan <i>tool</i>	63
Gambar 4.18. Nilai <i>von mises</i> yang didapat	65
Gambar 4.19. Nilai <i>displacement</i> yang didapat.....	65
Gambar 4.20. <i>Safety factor</i>	66
Gambar 4.21. Skema sistem sirkulasi larutan elektrolit	67
Gambar 4.22. Bak penampung	68
Gambar 4.23. Bak pemesinan.....	69
Gambar 4.24. Filter	69
Gambar 4.25. Pompa yang akan digunakan.....	70
Gambar 4.26. <i>Flow meter</i>	70
Gambar 4.27. Selang elektrolit	71
Gambar 4.28. <i>Hose fleksibel</i>	71
Gambar 4.29. Kran PVC	72
Gambar 4.30. <i>Elbow</i>	72
Gambar 4.31. Pipa PVC	73
Gambar 4.32. Sok drat luar PVC.....	73
Gambar 4.33. Kran kuningan	74
Gambar 4.34. Klem tangki PVC.....	74
Gambar 4.35. Klem selang	75
Gambar 4.36. Meja pendukung	75
Gambar 4.37. Sistem sirkulasi larutan elektrolit	76
Gambar 4.38. Skema kelistrikan sistem elektrik	77
Gambar 4.39. <i>Microcontroller AT mega 16 type A</i>	80
Gambar 4.40. <i>DRV8825 stepper motor driver</i>	80
Gambar 4.41. <i>Regulated voltage</i>	81
Gambar 4.42. Kotak Kelistrikan.....	81
Gambar 4.43. Sistem elektrik	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Elektrolit dan laju pemesinan berbagai benda kerja.....	21
Tabel 2.2. Jenis struktur pergerakan mesin	25
Tabel 3.1. Spesifikasi komputer yang dipakai dalam perancangan mesin ECM <i>single axis</i>	29
Tabel 3.2. Komponen sirkulasi elektrolit	45
Tabel 3.3. Komponen - komponen sistem kelistrikan mesin ECM.....	48
Tabel 4.1. Spesifikasi pompa.....	70
Tabel 4.2. Spesifikasi <i>power supply</i> yang penulis rancang	78
Tabel 4.3. Spesifikasi <i>power supply microcontroller</i>	78
Tabel 4.4. Spesifikasi motor <i>stepper</i>	79