

Perancangan dan Pembuatan *Electrochemical Machine* untuk Pabrikasi *Microchannel*

T. Sriani^{1,a}, Sadiwan^{1,b}, M.T. Firdaus^{1,c}, Sarjito¹, Feriyanta¹, G.S. Prihandana¹, M. Mahardika²

¹Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Indonesia

²Jurusan Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada, Indonesia

^atsriani@gmail.com, ^biwan.yozza@gmail.com, ^cmochamad.toriquddin.firdaus@gmail.com

Abstrak

ECM (*Electrochemical Machine*) merupakan sebuah teknologi non-konvensional mesin logam dengan memanfaatkan prinsip elektrolisis dimana produknya diproses tanpa adanya kontak langsung serta pengaruh termal. Benda kerja (*workpiece*) diproses menggunakan arus listrik dan cairan elektrolit sampai mencapai bentuk akhir yang diperlukan. Akurasi bentuk akhir dari produk tergantung pada ukuran jarak antara tool dan benda kerja. Dalam penelitian ini mesin elektro-kimia dirancang dan dibuat untuk pembuatan *microchannel* yang kedepannya akan diaplikasikan untuk pembuatan penyaring air (*water-filter*). Proses permesinannya sendiri akan menggunakan tool dari kuningan dan *ethylene glycol* sebagai cairan elektrolitnya.

Kata kunci : *Electrochemical Machine*, Elektrolisis, *microchannel*, *ethylene glycol*

1. Pendahuluan

Fenomena elektrolisis sebagaimana hukum Faraday bahwa jika ada dua buah logam direndam dalam larutan elektrolit dan dihubungkan dengan sumber arus DC, maka partikel logam akan terlepas dari anoda dan kemudian akan melekat ke katoda. *Electrochemical Machining* (ECM) adalah suatu proses permesinan non-konvensional yang prinsip pemakanannya menggunakan mekanisme elektrolisis [1], dimana pembuangan logam terjadi karena pelarutan secara proses kimia dari benda kerja [2]. Pada umumnya tool menjadi katoda dan benda kerja sebagai anoda dengan medium larutan elektrolit. Kedua kutub dialiri dengan tegangan bolak-balik yang besarnya dapat dikontrol. Benda kerja sebagai anoda akan terkikis secara perlahan dan kikisan partikel akan melekat ke tool sebagai katoda atau dibuang lewat sistem pembuangan cairan elektrolit, sehingga tool tidak akan pernah aus. Hasil akhir dari proses ECM adalah benda kerja yang memiliki profil berbalik dengan profil tool. Kelebihan ECM dibanding dengan proses permesinan konvensional adalah ECM dapat melakukan pemakanan pada benda kerja sekeras apapun, tidak ada keausan tool, laju pemakanan tinggi dengan kualitas permukaan yang bagus, dan mampu membuat profil sulit tanpa ada retakan mikro di permukaannya [3].

Dalam perkembangannya, ada beberapa jenis ECM yang telah digunakan: *wire-ECM*, *laser assisted ECM*, *abrasive assisted ECM* dan *pulsed ECM* (PECM) [4]. Dalam mekanisme kerjanya, PECM menggunakan *pulse* karena prosesnya lebih

stabil, mudah dikontrol dengan akurasi permesinan yang tinggi [4]. Dalam permesinan mikro, PECM dikenal dengan nama PECMM (*pulse electrochemical micromachining*). ECM juga dapat diaplikasikan dengan teknik *electro-polishing* dan *electro-etching* untuk beragam aplikasi, mulai dari komponen luar angkasa hingga biomedikal [5-7]. Pada penelitian ini kami merancang dan merakit mesin ECM skala laboratorium. Mesin ECM ini nantinya akan digunakan untuk aplikasi pembuatan *microchannel* untuk pembuatan penyaring air. Gambar 1 menunjukkan sebuah *microchannel* yang dibuat dengan metode *electro-polishing* [8]. Pada penelitian ini mesin ECM dipilih untuk metode permesinannya dikarenakan proses permesinan ECM lebih



Gambar 1. Microchannel yang dibuat dengan metode *electropolishing*

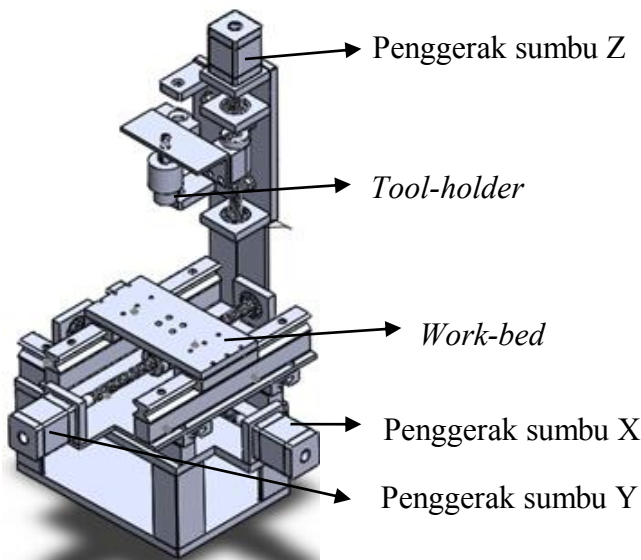
cepat bila dibandingkan dengan *electro-polishing* dengan kualitas permukaan benda kerja dapat dikontrol dengan lebih baik.

2. Metodologi

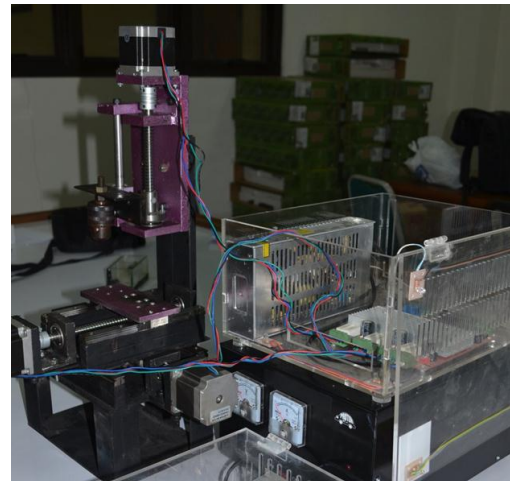
Metode perancangan dan pembuatan mesin ECM dibagi ke dalam dua bagian besar; mekanikal dan elektrikal. Bagian mekanikal meliputi perancangan rangka mesin dalam CAD beserta simulasi uji beban dan proses pembuatan rangka mesin. Bagian elektrikal meliputi perancangan sistem elektrik, pembuatan *Printed Circuit Board* (PCB) dan sistem kontrol mesin ECM.

Sistem Mekanikal. Pada tahap pertama, perancangan mesin ini dimulai dengan membuat sketsa kasar konstruksi mesin ECM skala lab, selanjutnya sketsa tersebut digambar dalam CAD (*SolidWorks*). Dengan perangkat lunak inilah detail bentuk, ukuran dan dimensi ditentukan. Rancangan mesin ECM skala lab ditunjukkan pada Gambar 2.

Gambar 3 menunjukkan rangka mesin yang telah selesai dibuat. Seperti terlihat pada gambar, mesin ECM tersebut menggunakan 3 buah motor stepper sebagai penggerak sumbu X, Y dan Z. Putaran motor pada tiap sumbu diteruskan oleh kopling ke *ballscrew* menuju meja kerja dengan panduan *sliding rel*. Putaran *ballscrew* distabilkan oleh dua buah bantalan pada masing-masing sumbu gerak. Rangka mesin dan meja kerja dibuat dengan plat besi ukuran 6 mm x 3 mm dengan ketebalan 10 mm, sedangkan plat siku digunakan sebagai pilar utama rangka yang menyangga meja kerja dan kepala alat. *Power supply* dan pengatur gerak dikendalikan dengan *software*.



Gambar 2. Rancangan mesin ECM dalam CAD

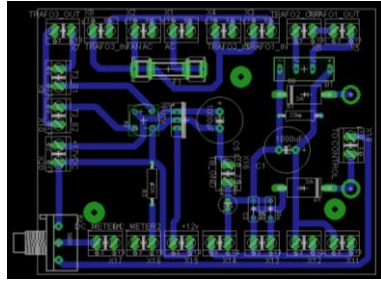


Gambar 3. Rangka mesin ECM

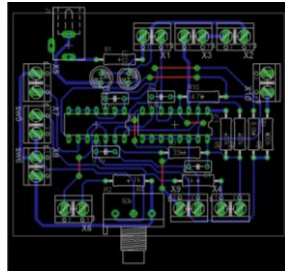
Sistem Elektrikal

Tahap kedua adalah merancang *power supply* dan kontroler yang akan menjadi sumber arus listrik mesin ECM skala lab. Tipe *power supply* yang dipilih dalam penelitian ini adalah tipe resistor-kapasitor yang mudah digunakan, murah dan relatif lebih stabil bila dibandingkan dengan tipe *pulse*. Tipe ini terdiri dari sumber tegangan DC, resistor dan kapasitor. Sirkuit kontroler dan *power supply* dirancang terlebih dahulu dengan menggunakan *software Eagle* untuk memudahkan pencetakan PCB. Rancangan sirkuit PCB mengikuti rancangan kontroler dan *power supply* EDM dengan beberapa modifikasi [9]. Kontroler dan *power supply* ini kedepannya akan digunakan bergantian dengan mesin EDM skala lab yang proses pengerjaannya akan dilakukan setelah mesin ECM selesai dikerjakan. Gambar 4 menunjukkan sirkuit kontroler dan *power supply* beserta rakitan komponen elektriknya.

Skema sirkuit
power supply
ECM



Skema sirkuit
kontroler ECM



Gambar 4. Skema sirkuit power supply dan kontroler ECM beserta rakitan komponen elektriknya.

Prinsip kerja kontroler adalah sebagai berikut. Sebuah integrated circuit (LM 339 IC) memonitor besarnya voltase antara *tool* dan benda kerja (voltase *gap*). Saat voltase di area ini tidak sama dengan voltase yang telah ditetapkan sebelumnya, maka IC ini akan mengirimkan sinyal ke *chip* servomotor untuk menaikkan atau menurunkan posisi *tool* sehingga voltase *gap* bernilai sama dengan voltase yang ditetapkan sebelum permesinan.

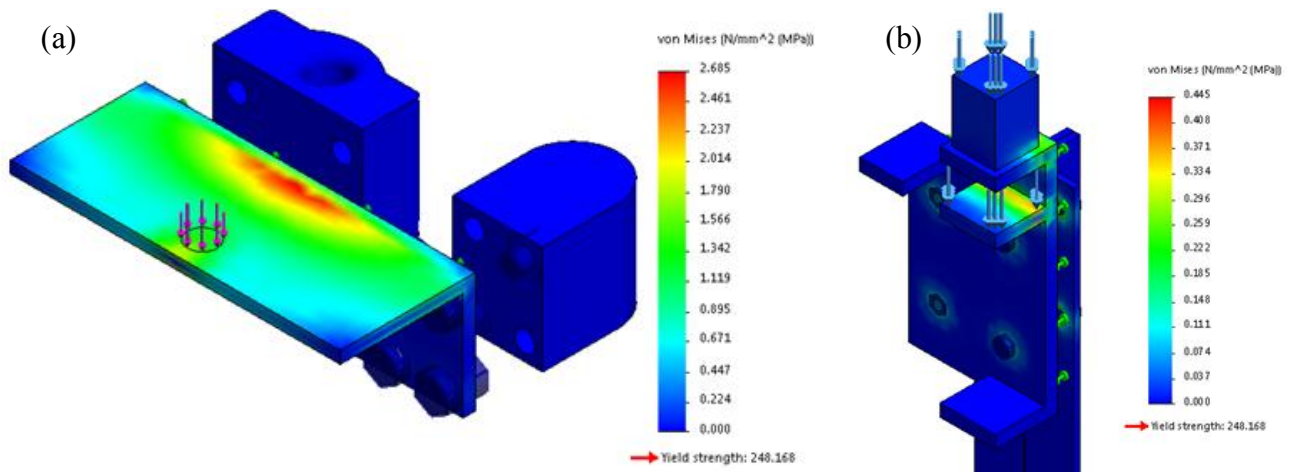
Power supply dirancang untuk memberikan keluaran 120 VDC dengan kapasitan 160 mikrofarad. Dalam uji sirkuit, transformer memberikan nilai 56 VAC, filter kapasitor terminal memberikan nilai 77 VDC, LM-339 DIP dan SN754410NE DIP memberi nilai 11.8 VDC sehingga kontroler dan *power supply* dinyatakan bekerja dengan baik.

3. Hasil dan Pembahasan

Simulasi yang dilakukan pada rangka mesin ECM adalah studi pembebanan statis, yang menghitung besarnya perpindahan material saat terbeban dan gaya aksi-reaksi yang terjadi saat pembebanan. Studi ini membantu untuk menghindari

gagalnya desain karena pembebanan berlebih. Ada dua bagian yang diuji kekuatan sambungannya mengacu pada beban yang ditahan di setiap bagian.

Bagian yang pertama adalah pemegang *tool* (*chuck*) dengan gaya yang dibebankan adalah berat *chuck* sebesar 20 N. Gambar 5 (a) menunjukkan hasil simulasi uji beban pada *chuck*. *Chuck* dihubungkan dengan 8 buah baut ke rangka mesin. Setiap baut diasumsikan menderita beban 10 N. Material yang digunakan adalah *cast iron steel* dengan *yield point value* = 248.1 MPa sementara *Von Mises stress* maksimum yang terdeteksi adalah 2.685 Mpa. Dengan demikian maka desain di bagian ini dinyatakan aman. Bagian yang kedua adalah simulasi uji beban pada baut sambungan *upper-frame* mesin ECM dengan pilar utama mesin, ditunjukkan pada gambar 5 (b). *Upper frame* dan pilar utama dihubungkan dengan 4 buah baut. Ada dua beban yang bekerja; beban yang pertama dalah berat dari *motor stepper* dan beban yang kedua adalah beban dari *chuck*. Keduanya di-set sebesar 20 N. Kedua gambar menunjukkan bahwa desain dan pemilihan material pada mesin ECM dinyatakan aman dari segi pembebanan statis.



Gambar 5. Hasil simulasi uji statis: (a) pada chuck (b) pada upper-frame

4. Kesimpulan

Mesin ECM skala lab dirancang dan dibuat dari nol dalam penelitian ini meliputi dua bagian besar; mekanikal dan elektrik. Desain dan sistem gerak mesin dirancang dan dibuat dengan hasil uji simulasi beban yang aman. Desain dan perakitan kontroler dan *power supply* menunjukkan bahwa kedua komponen bekerja dengan baik. Tahap selanjutnya adalah proses permesinan yang dirancang akan menggunakan *tool* dari kuningan dan *ethylene glycol* sebagai cairan elektrolit untuk pembuatan *microchannel*.

Referensi

- [1] Rajurkar, K.P., et al., New Developments in Electro-Chemical Machining. CIRP Annals - Manufacturing Technology, 1999. 48(2): p. 567-579.
- [2] Sudiarso, A. 2009. Advanced Methods of Machining Series: Electro-Chemical Machining (ECM). Yogyakarta: Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada.
- [3] Sundaram, M.M. and K. Rajurkar, Electrical and Electrochemical Processes, in Intelligent Energy Field Manufacturing. 2010, CRC Press. p. 173-212.
- [4] KP Rajurkar, MM Sundaram, AP Malshe, Review of Electrochemical and Electrodischarge Machining, Procedia CIRP 6 (2013) 13-26
- [4] Schuster, R., et al., Electrochemical Micromachining Science, 2000. 289(5476): p. 98-101
- [5] Taylor, E. J., McCrabb, H., Garich, H., Hall, T., Inman, M., A Pulse/Pulse Reverse Electrolytic Approach to Electropolishing and

- Through-Mask Electroetching, Products Finishing Magazine, September 2011.
- [6] Kamaraj, A.B., M.M. Sundaram, and R. Mathew, Ultra high aspect ratio penetrating metal microelectrodes for biomedical applications. Microsystem Technologies, 2012.
- [7] Pavlinich, S., et al., Electrochemical shaping of aerodynamic seal elements, Russian Aeronautics (Iz VUZ), 2008. 51(3): p. 330-338
- [8] Prihandana, G. S., Mahardika, M., Nishinaka, Y., Ito, H., Kanno, Y., dan Miki, N. 2013. Electropolishing of Microchannels and its Application to Dialysis System. Procedia CIRP (5) PP 164-168.
- [9] B. Fleming, The EDM How-to Book, Fleming Publications, 4th ed., 2005.