

Effect of Gap and Voltage on MRR and Overcut of SS316 Electrochemical Machining Using Unisolated Brass Electrode

Aris Widyo Nugroho^{1,*}, Ilham D. Cahyo², Sudarisman³ dan M. Budi Nur Rahman⁴

¹Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah - Yogyakarta

*Korespondensi: ariswidyo.nugroho@umy.ac.id

Abstract. The influence of gap and voltage parameter on material removal rate (MRR) and overcut (OC) of custom built electrochemical machine has been investigated. Stainless steel plate 316 series with thickness of 0.4 mm as workpieces were machined using 3 mm diameter unisolated brass rod electrode in flowing sodium chloride as electrolyte. Experiments were carried out with the developed set up by varying the machining voltage and initial workpiece-to-electrode gap. Whilst the MRR was calculated from the weight loss measurement, image analysis was applied to determine OC. The result shows that increase in machining voltage and gap result in MRR and OC getting higher due to enhancing ion's mobility and conductivity for conduction.

Abstrak. Pengaruh gap dan parameter tegangan pada tingkat penyisihan material (MRR) dan *overcut* (OC) dari mesin elektrokimia buatan custom telah diteliti. Plat stainless steel 316 series dengan ketebalan 0.4 mm sebagai benda kerja dikerjakan dengan menggunakan elektroda batang kuningan tanpa isolasi berdiameter 3 mm dalam mengalirkan natrium klorida sebagai elektrolit. Eksperimen dilakukan dengan set up yang dikembangkan dengan memvariasikan tegangan pemesian dan celah benda kerja ke elektroda awal. Sementara MRR dihitung dari pengukuran penurunan berat badan, analisis gambar diterapkan untuk menentukan OC. Hasilnya menunjukkan bahwa peningkatan tegangan pemesian dan hasil gap pada MRR dan OC semakin tinggi karena meningkatkan mobilitas dan konduktivitas ion untuk konduksi.

Kata kunci: Electrochemical machining, MRR, overcut, SS 316

© 2017. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Baja tahan karat SS316 telah diketahui banyak digunakan pada berbagai bidang industri karena memiliki kelebihan seperti ketahanan korosi yang tinggi, kehalusan dan sifat biokompatibelnya. Dewasa ini metode pemesian konvensional sering digunakan dalam melakukan pemesian pada bahan SS316. Namun demikian pemesian konvensional hanya dapat digunakan ketika benda kerja mempunyai ketebalan yang cukup besar. Hal itu disebabkan adanya gaya dorong dari pahat yang diteruskan ke benda kerja, yang dapat merusak benda kerja yang dengan ketebalan yang sangat kecil (tipis, < 1mm). Oleh karena itu, banyak penelitian telah dikembangkan untuk memproses logam SS316 tipis dengan pemesian non konvensional [1]. Akan tetapi metode konvensional ini untuk melakukan proses pemesian membutuhkan peralatan yang mahal.

Beberapa metode pemesian lain untuk memproses logam SS316 yang menggunakan larutan kimia seperti chemical etching dan elektropolishing telah berhasil dikembangkan. Pada umumnya metode chemical etching menggunakan bahan kimia asam kuat, sehingga dapat menimbulkan bahaya bagi kesehatan dan lingkungan, sedangkan

metode elektropolishing walau menggunakan cairan elektrolit yang lebih aman namun membutuhkan waktu yang relatif lama [2]. Di artikel ini disampaikan metode pemesian yang melibatkan tenaga listrik dan aliran cairan kimia dengan prinsip kerjanya berdasar hukum Faraday yang disebut *Electrochemical Machining* (ECM) sehingga dapat mempercepat proses pemesian dan tidak terpengaruh kekerasan benda kerja dan keausan tool. Proses pemesian ECM sangat kompleks, karena dipengaruhi oleh beberapa parameter, seperti konsentrasi larutan elektrolit [3], tegangan, *feed rate* [4], *gap*, laju aliran elektrolit, kondisi pahat terisolasi [5] atau tidak [6] dan jenis material [7]. Penelitian tentang pemesian ECM menggunakan benda kerja SS 316 masih sangat sedikit, oleh karena itu dilakukan penelitian tentang pengaruh gap dan tegangan ini terhadap material removal rate (MRR) dan overcut pada benda kerja SS316 dengan elektroda tidak terisolasi.

Metode Penelitian

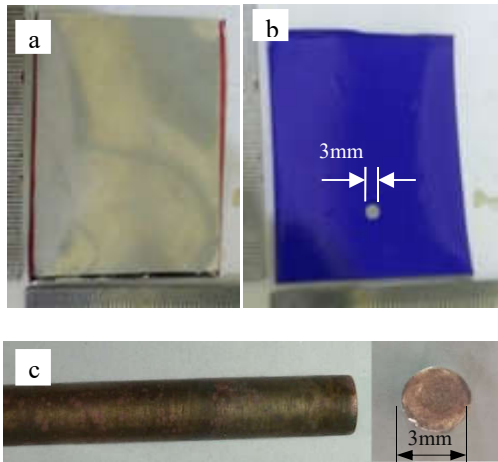
A. Benda kerja dan Elektroda

Benda kerja yang digunakan adalah plat SS316. Aluminium 1100 yang berbentuk persegi panjang dengan ukuran panjang 50 mm, lebar 40 mm, dan

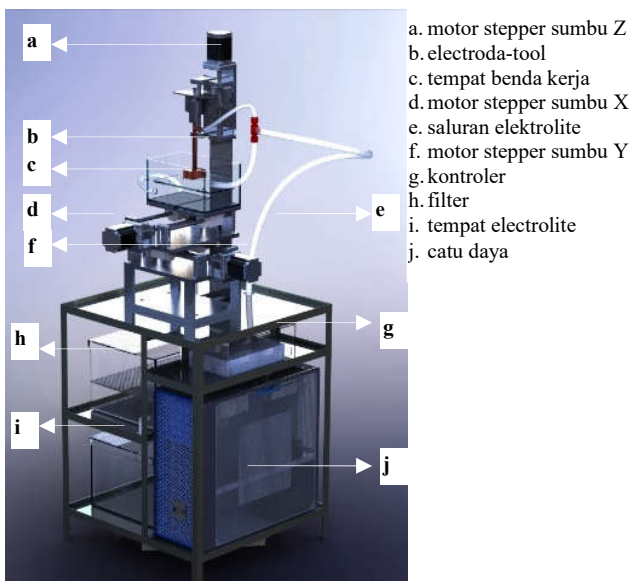
ketebalan 0.5 mm sebanyak 9 plat. Benda kerja setelah dibersihkan kemudian diisolasi pada satu sisi dengan diberikan satu lubang berdiameter 3 mm, seperti ditunjukkan oleh gambar 1(a) dan (b). Batang kuningan berbentuk silinder dengan panjang 198 mm dan berdiameter 3 mm digunakan sebagai tool elektroda seperti yang terlihat pada Gambar 1 (c).

B. Mesin ECM

Alat yang digunakan adalah Mesin ECM hasil fabrikasi dari grup riset di laboratorium penulis dan telah dilaporkan [8] seperti ditunjukkan pada gambar 3. Mesin ini memiliki 3 sumbu yaitu sumbu x,y, dan z yang dapat dikontrol secara individual melalui komputer atau PLC. Mesin ini menggunakan sistem sirkulasi elektrolit.



Gambar 1. Benda kerja SS 316 ukuran 50x 40 mm (a) sebelum dimasking, (b) setelah dimasking, dan (c) elektroda kuningan tidak terisolasi



Gambar 2. Mesin ECM yang digunakan

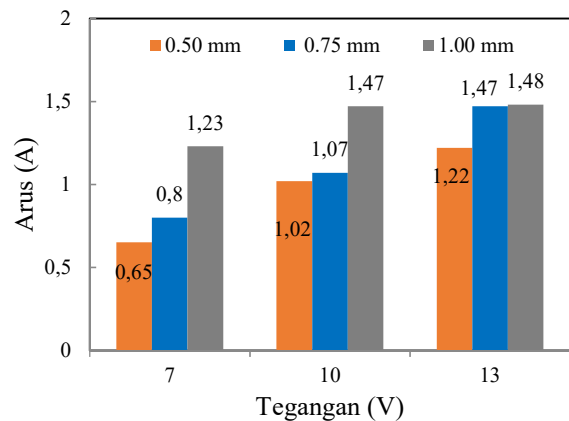
C. Prosedur Penelitian

Benda kerja diletakkan pada pemegang benda kerja, kemudian *tool* ditempelkan tepat pada lubang stiker. Proses pemesinan dimulai dengan mengatur jarak celah (*gap*) 0.5 mm antara elektroda dan benda kerja. Elektrolit diatur dengan kecepatan 3 lpm. Pemesinan berlangsung selama 371 detik untuk material *stainless steel* dan elektroda bergerak 0.1 mm ke arah benda kerja tiap 60 detik. Ketika proses pemesinan selesai, tombol *power* dimatikan, kemudian elektroda dijauhkan dari area pemesinan.

Selama proses pemesinan pada masing-masing parameter proses besar arus dicatat setiap 30 detik dan dihitung rata-ratanya dan ditampilkan dalam grafis (gambar 3).

Tabel 1. Parameter pengujian ECM

Parameter	Value
Tegangan Listrik	7, 10, 13 volt
Working Gap	0.5, 0.75, 1 mm
Kecepatan Elektrolit	3 lpm
Cairan Elektrolit	<i>Natrium Chloride</i> (NaCl)
Konsentrasi Elektrolit	15 % NaCl + 85 % Aquades
Benda Kerja	<i>Stainless Steel</i> 316



Gambar 3. Hasil pengukuran arus pada masing-masing tegangan dan gap

(mm³/dt) dihitung menggunakan persamaan (1), dimana *m₀* = massa benda kerja sebelum pemesinan (gram), *m_t* = massa benda kerja setelah pemesinan (gram) dan *t* = waktu pemesinan (detik)

$$MRR = \frac{m_0 - m_t}{t} \dots\dots\dots (1)$$

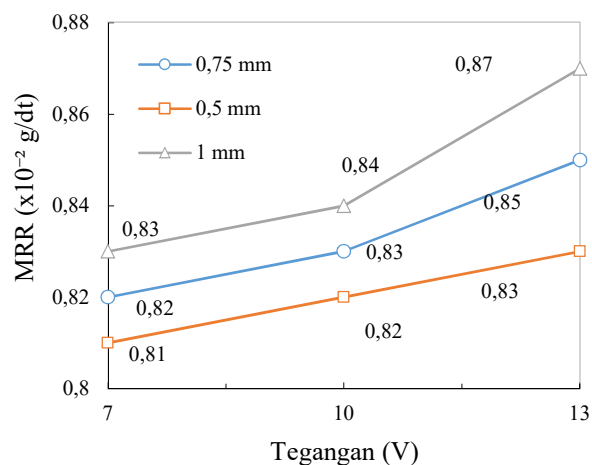
Hasil pemesinan dengan ECM kemudian difoto makro dengan menggunakan mikroskop optik perbesaran rendah. Hasil foto tersebut kemudian diolah dengan software ImageJ untuk mendapatkan *Overcut* dari proses pemesinan. *Overcut*, *Oc* dihitung dengan persamaan (2), dimana *d₂* = diameter benda kerja sisi depan, (mm) dan *d_{0v}*= diameter *tool*, (mm)

$$Oc = d_2 - d_0 \dots\dots\dots (2)$$

Sedangkan ketirusan diamati dengan secara image analysis pada beberapa spesimen dengan menggunakan software image-J.

Hasil dan Pembahasan

Setelah pemesinan selesai, maka didapatkan data perhitungan MRR seperti ditunjukkan oleh gambar 4. Dari data yang disajikan oleh gambar 3 dan 4 dapat dilihat pengaruh *gap* antara elektroda dengan benda kerja terhadap MRR benda kerja *stainless steel* 316. Pada gambar 4 besar (*gap*) berbanding lurus terhadap nilai MRR baik material *stainless steel* 316, dimana semakin besar jarak celah (*gap*) dan tegangan, maka semakin besar MRR yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan muatan listrik meningkat ketika tegangan ditingkatkan, dan arus yang keluar juga semakin besar. Pada *gap* yang kecil aliran air lebih pelan karena aliran air dibawah tool terhambat dan timbul gelembung sehingga pembersihan dari proses pengikisan lebih rendah dan adanya gelembung mengakibatkan arus terukur lebih rendah. Dari data yang disajikan didapat nilai MRR pada material *stainless steel* 304 yang terbesar yaitu benda kerja hasil pemesinan dengan variasi *gap* 1 mm yaitu sebesar $0,87 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{dt}$.

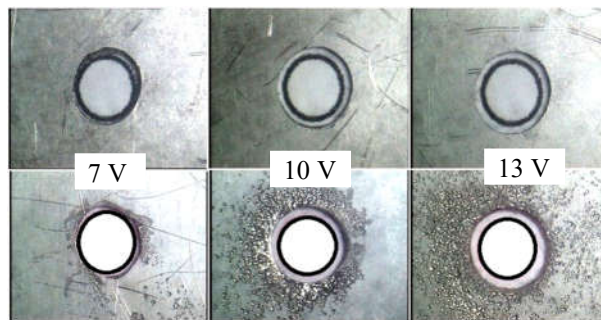


Gambar 4. Grafik pengaruh tegangan dan *gap* terhadap nilai MRR pada material *stainless steel*.

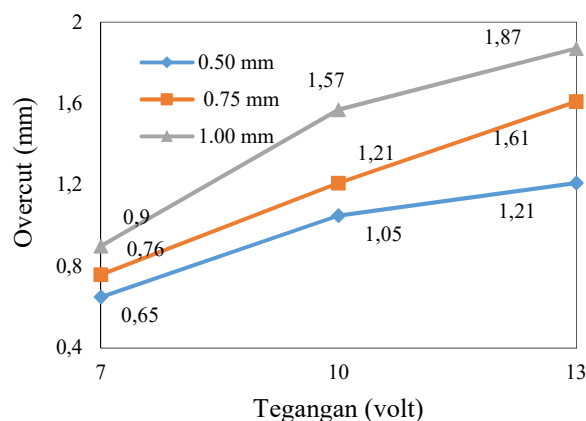
Hasil pemesinan menunjukkan bahwa sisi bagian atas (gambar 5(a)) lebih sedikit terkikis dibandingkan dengan sisi bagian bawah. Di bagian yang tertutup masking menunjukkan ukuran yang lebih mendekati 3 mm dibandingkan yang sisi bawah (tidak di masking). Arus listrik terhalang oleh adanya masking. Bekas aliran elektrolit tampak nyata pada sisi tidak tertutup masking (gambar 5 bawah) Foto makro hasil proses pemesinan pada *gap* 1 mm dengan berbagai tegangan dapat dilihat pada gambar 5.

Pengujian *overcut* dilakukan untuk mengetahui perbedaan diameter hasil pemesinan dengan diameter tool pada permukaan benda kerja baik bagian

depan dan bagian belakang. Dari gambar 5 maka pengukuran *overcut* dilakukan pada bagian bawah.



Gambar 5. Foto makro *overcut* *stainless steel* 316 dengan *gap* 1 mm dan waktu pemesinan 371 detik, bagian depan (gambar atas), bagian belakang (gambar bawah)

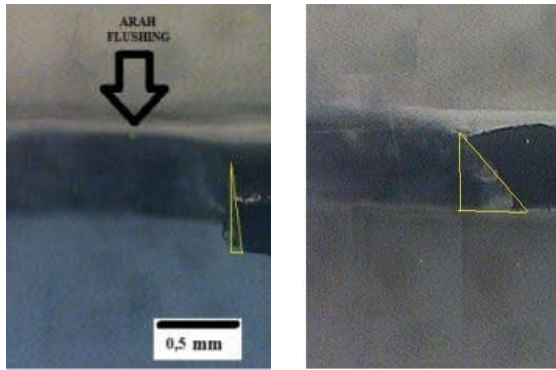


Gambar 6. Pengaruh variasi tegangan dan *gap* terhadap *overcut* pada material *stainless steel* 316

Hasil pengukuran *overcut* menunjukkan hubungan yang positif dengan nilai dari MRR, dimana semakin besar *gap* dan tegangan pemesinan maka semakin besar *overcut* yang dihasilkan. Hasil ini menunjukkan bahwa pemesinan ini belum presisi dimana *overcut* terkecil pada proses pemesinan ini diperoleh pada parameter *gap* 0,5 mm dan tegangan 7 sebesar 0,65 mm atau 21.67%.

Setelah melakukan perhitungan *overcut* kemudian dilakukan juga pengamatan ketirusan hasil pemesinan dengan menggunakan foro makro. Ketirusan juga mempunyai korelasi positif terhadap *overcut*, yang berarti bahwa nilai *overcut* yang lebih besar akan menghasilkan nilai ketirusan yang lebih besar juga [7]. Gambar 7 merupakan hasil foto makro material yang telah diolah menggunakan *image-j* yang menunjukkan fenomena tersebut.

Jika dilihat arah ketirusan seperti gambar di atas, benda kerja sisi belakang lebih besar dibandingkan sisi depan. Hal ini terjadi karena benda kerja yang terisolasi hanya di sisi depan, sehingga arus yang keluar dari *tool* mengenai benda kerja sisi belakang lebih banyak, yang mengakibatkan diameter benda kerja sisi belakang lebih besar.



Gambar 7. Hasil ketirusan pemesinan ECM material *stainless steel 316* dengan *gap* 0,5 mm dan 1 waktu pemesinan 371 detik

Kesimpulan

Hasil penelitian pemesinan ECM untuk benda kerja *stainless steel 316* menggunakan *tool* elektroda kuningan tidak terisolasi didapat kesimpulan bahwa pada rentang *gap* 0,5 , 0.75 dan 1 mm dan tegangan 7, 10 dan 13 volt menunjukkan bahwa semakin besar *gap* dan tegangan maka semakin besar nilai MRR dan overcut dari pemesinan, dengan nilai kepresisian yang masih rendah dimana nilai overcut terendah sebesar 21,67 %. Masih perlu dilakukan optimasi parameter pemesinan untuk mendapatkan hasil pemesinan yang lebih presisi.

Referensi

- [1] Lu, K., Tian, Z. and Geldmeier, J.A., 2011. Polishing effect on anodic titania nanotube formation. *Electrochimica Acta* **56** (17), 6014-6020.
- [2] Prihandana, G.S, et al., 2013. Electropolishing of microchannels and its application to dialysis system, *Procedia CIRP* **5** (Supplement C), 164-168.
- [3] Suhardjonon, 2014. Studi eksperimental variasi konsentrasi elektrolit kcl pada overcut dan ketirusan hasil drilling proses ECM, Simposium Nasional RAPI XIII, FT-Universitas Muhammadiyah, Surakarta.
- [4] Baroroh, D.K., 2014. Optimization of electrochemical machining process on making multi-layered microfilter, ICETIA, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [5] Nugroho, A.W., Nurahman, M.B. and Septiaji, P., 2016. Overcut and material removal rate on electrochemical machining of aluminum and stainless steel using isolated brass electrode, Industrial, Mechanical, Electrical, and Chemical Engineering (ICIMECE), International Conference of IEEE.

- [6] Nugroho, A.W. dkk., 2016. Pengaruh tegangan dan variasi jarak celah (*gap*) pada proses electrochemical machining (ECM) menggunakan elektroda kuningan tidak terisolasi terhadap nilai MRR, overcut dan ketirusan pada aluminium 1100, Simposium Nasional Teknologi Terapan IV.
- [7] Sudiarso, A., Ramdhani, N.L.F. and Mahardika, M., 2013. Overcut on electrochemical machining of brass, stainless steel, and aluminium using brass electrodes, *International Journal of Mining, Metallurgy & Mechanical Engineering (IJMMME)* **1**, 10-13.
- [8] Nugroho, A.W. dkk., 2016. Perancangan, pembuatan dan pengujian pendahuluan electrochemical machining skala laboratorium. Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XV, Bandung.