

ANALISIS PENGARUH PARAMETER JARAK CELAH (*GAP*) DALAM PROSES *ELECTROCHEMICAL MACHINING* PADA ALUMINIUM 1100 DENGAN MENGGUNAKAN *TOOL* KUNINGAN BERLUBANG

Dicky Adi Paratama¹, Aris widyo Nugroho², Sunardi³

Program Sudi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Brawijaya, Tamantirto, Bantul Yogyakarta 55183

Dicky.adi.2014@ft.umy.ac.id

Institution/affiliation
Address, city, country
Telephone/fax of institution/affiliation
e-mail: xxx@xxx.xxx

Intisari

Pada penelitian ini ditunjukkan untuk optimalisasi hasil kualitatif MRR, *overcut* dan ketirusan dari lubang hasil pemesinan ECM skala laboratorium pada aluminium 1100 pada benda kerja *masking* dan *non masking* akibat pengaruh jarak celah (*gap*) dengan menggunakan *tool* elektroda kuningan berlubang. Variasi jarak celah (*gap*) yang digunakan yaitu 0.5, 0.75, dan 1 mm dengan laju aliran 2.5 lpm, konsentrasi NaCl 10%, tegangan 10 volt dan waktu pemesinan 200 detik.

Dari hasil pemesinan diketahui bahwa semakin kecil jarak celah (*gap*) maka akan semakin besar MRR dan *overcut* yang dihasilkan, Rata-rata MRR terbesar pada jarak celah (*gap*) 0.5 mm yaitu 3.435×10^{-3} g/s dengan *overcut* 43% pada benda kerja *non masking* dan $3,311 \times 10^{-3}$ gr/s dengan *overcut* 33% pada *masking*. Nilai MRR dan *overcut* pada benda kerja *non masking* lebih besar dari pada benda kerja *masking*, hal tersebut dipengaruhi arus yang muncul pada benda kerja *non masking* lebih besar karena menyebar kepermukaan benda kerja. Pada hasil ketirusan benda kerja *masking* memiliki fenomena yang berbeda dari setiap variasi jarak celah (*gap*) yang diberikan, nilai ketirusan terkecil pada benda kerja *masking* yaitu $16,17^\circ$ pada *gap* 0.5 mm, nilai ketirusan terkecil pada benda kerja *non masking* yaitu $36,87^\circ$ pada *gap* 0.5 mm.

Kata kunci : ECM, *Gap*, MRR, *Overcut*, ketirusan, Almununium 1100

1. PENDAHULUAN

Electrochemical Machining (ECM) merupakan salah satu mesin non-konvensional yang digunakan untuk memproses berbagai jenis material yang mempunyai sifat konduktor. ECM didasarkan pada proses *anodic dissolution* dalam elektrolisis (Tlusty, 2000). Sebagaimana pada prinsip Faraday yang digunakan dalam proses tersebut, yaitu apabila ada dua buah logam elektroda direndam dalam larutan elektrolit dan dihubungkan dengan sumber arus DC, maka partikel logam akan terlepas dari *anode* dan kemudian akan melekat ke *cathode*. Elektrolit yang dialirkan dengan tekanan yang cukup kuat ke benda kerja akan mencegah partikel-partikel logam yang terlepas dari *anode* melekat pada *cathode* dan membuang partikel-partikel tersebut dari area pemesinan melalui aliran elektrolit.

Pada proses pemesinan ECM ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi dari hasil pemesinan, yaitu dari perbedaan tegangan (*voltage*) antar dua jenis logam, jarak celah (*gap*) antara elektroda dan *workpiece*, jenis material dan bentuk dari pahat yang digunakan, kecepatan laju aliran elektrolit, yang akan berpengaruh pada pengikisan partikel logam dan waktu pemesinan, konsentrasi cairan elektrolit yang akan

berpengaruh pada aliran listrik yang diterima oleh benda kerja. Parameter kualitas hasil dari pemesinan yaitu meliputi dari besarnya nilai toleransi suaian dari dimensi rencana yang akan dibuat (*overcut*), efek ketirusan, *material removal rate* (MRR), serta kualitas tingkat kekasaran permukaan *workpiece* setelah di *machining* (*surface roughness*) (El-Hofy, 2005).

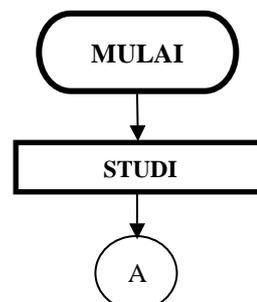
Studi yang dilakukan oleh Purna, (2016) membahas tentang analisa perhitungan MRR, *overcut*, dan ketirusan pada material benda kerja *stainless steel* 304 dan aluminium 1100 dengan variasi tegangan dan jarak celah (*gap*) pada proses ECM menggunakan *tool* elektroda kuningan terisolasi. Benda kerja yang digunakan *stainless steel* 304 dan aluminium 1100 dengan dimensi ketebalan 0,4 mm dengan permukaan di-*masking*. Variasi jarak celah (*gap*) antara elektroda terhadap benda kerja yaitu 0.5 mm, 0.75 mm, 1 mm dan dengan variasi tegangan 7V, 10V, 13V. Konstrasi larutan elektrolit yang dipakai yaitu 15 % NaCl + 85 % Aquades dengan laju kecepatan elektrolit 3 lpm. Pada benda kerja aluminium 1100 nilai MRR terbesar yaitu pada jarak celah (*gap*) 1 mm adalah sebesar $5.57 \times 10^{-2} \text{ mm}^3/\text{dt}$. *Overcut* terkecil pada jarak celah (*gap*) 0.5 mm sebesar 1.00 mm dan nilai ketirusan terkecil pada jarak celah (*gap*) 0,5 mm sebesar 1,04°.

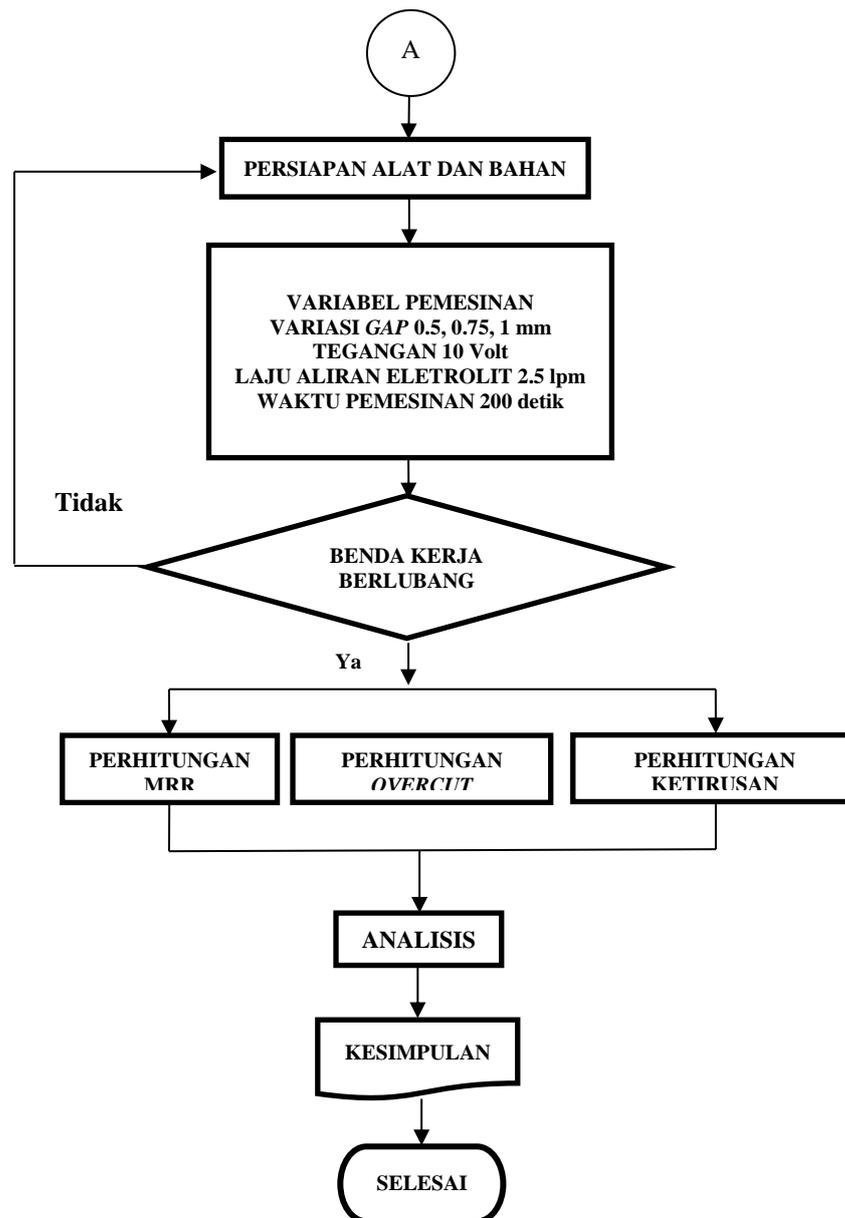
Pada penelitian lainya Rokin, (2016) yang membahas tentang pengaruh tegangan dan variasi jarak celah (*gap*) pada proses *electrochemical machining* (ECM) menggunakan elektroda kuningan terhadap nilai MRR, *overcut*, dan ketirusan pada aluminium 1100. *Tool* yang digunakan berbahan dasar kuningan bulat dengan diameter 3 mm yang tidak terisolasi dan material yang digunakan yaitu aluminium 1100 dengan dimensi pajang 50 mm, lebar 40 mm, dan tebal 0,4 mm dengan dilapisi *masking* berbahan *vynil*. Ada 2 faktor dan 3 level yang dipakai yaitu tegangan 7V, 10V, 15V dan jarak celah (*gap*) 0,5 mm, 0,75 mm, 1 mm. Konsentrasi larutan yang digunakan yaitu NaCL dan aquades dengan perbandingan 15 % NaCL dan 85 % aquades, kecepatan laju aliran elektrolit yaitu sebesar 3 lpm. Dari hasil penelitiannya didapatkan hasil analisa yaitu besarnya tegangan dan jarak celah (*gap*) berbanding lurus dengan MRR yang ditimbulkan, karena semakin besar jarak celah (*gap*) pada benda kerja maka MRR yang dihasilkan akan semakin besar dan semakin besar arus yang dihasilkan semakin besar pula MRR yang terjadi.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh jarak celah (*gap*) pada proses *Electrochemical Machining* (ECM). Akan tetapi belum ada penelitian yang lebih mendalam tentang pengaruh jarak celah (*gap*) pada proses *Electrochemical Machining* (ECM), terhadap respon MRR, *overcut*, dan ketirusan pada hasil pemesinan dengan menggunakan *tool* kuningan berlubang, khususnya pada benda kerja dengan permukaan dilapisi dan tidak dilapisi *masking*.

2. METODE PENELITIAN

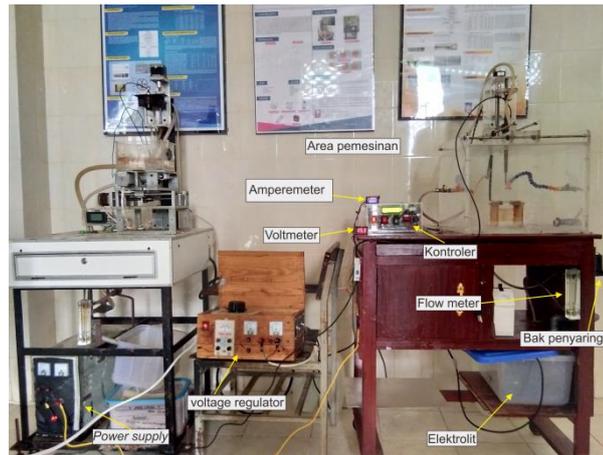
Pada penelitian ini dibuatnya diagram alir merupakan gambar peyederhanaan proses-proses atau tahapan yang dilakukan. Dengan adanya diagram alir maka proses penelitian akan dilakukan sesuai dengan gambar dari diagram alir yang telah direncanakan.





Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan memvariasi jarak celah (*gap*) pada antara *tool berlubang* dengan permukaan benda kerja. Jarak celah (*gap*) yang digunakan pada penelitian ini adalah 0.5, 0.75, 1 mm. Kemudian dilakukan pengambilan data untuk dilihat dan dianalisis pengaruhnya terhadap MRR, *overcut* dan ketirusan hasil pemesinan. Pengaruh dilihat untuk membandingkan hasil pemesinan antara benda kerja *masking* dan *non masking* dengan penggunaan *tool* elektroda kuningan berlubang .



Gambar 2 ECM portable single axis.

Bahan penelitian :

1. Tool elektroda kuningan berlubang
2. Cairan NaCl
3. Benda kerja plat aluminium 1100
4. Stiker *masking*

Tabel 1 Variabel Bebas Penelitian

Benda kerja yang di <i>masking</i>			Benda kerja <i>non masking</i>		
Jarak Celah (<i>Gap</i>)	Tegangan	Elektrolit	Jarak Celah (<i>Gap</i>)	Tegangan	Elektrolit
0,5 mm	10 V	10%	0,5 mm	10 V	10%
0,75 mm	10 V	10%	0,75 mm	10 V	10%
1 mm	10 V	10%	1 mm	10 V	10%

Variabel pemesinan :

1. Variasi *gap* 0.5, 0.75, 1 mm
2. Tegangan 10 volt
3. Laju aliran elektrolit 2.5 lpm
4. Waktu pemesinan 200 detik

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menentukan nilai terbaik dari setiap hasil percobaan terhadap material removal rate (MRR), ketirusan hasil pemesinan dan overcut yang didasarkan pada faktor yang terlibat. Dengan mempertimbangkan jumlah faktor yang terlibat beserta hasil observasi untuk menghitung Material Removal Rate (MRR) menggunakan persamaan 1.

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

Overcut didefinisikan sebagai penyimpangan yang menunjukkan bahwa ukuran lubang hasil *drilling* lebih besar dari ukuran yang ingin dicapai, jadi *overcut* (*Oc*) Adapun rumus dari kecepatan aliran fluida dapat dilihat pada persamaan 2.

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

Ketirusan yaitu sudut yang terbentuk dari penyimpangan atau deviasi antara lubang terbesar dan yang terkecil yang akan membentuk sudut kemiringan pada hasil proses *drilling* ECM. Adapun rumus untuk menghitung ketirusan dapat dilihat pada persamaan 3.

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{d_2 - d_1}{2.h} \right) \dots \dots \dots (3)$$

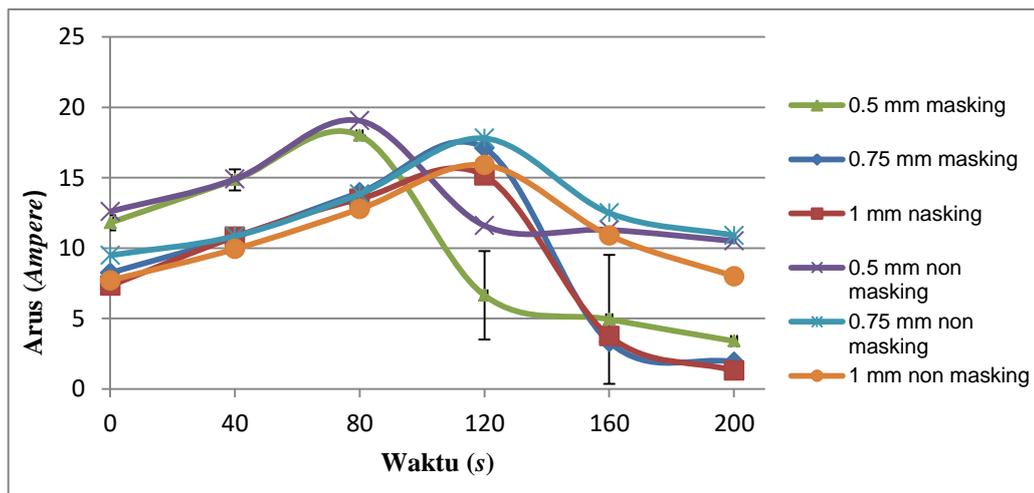
Keterangan :

- m_0 : massa benda kerja sebelum pemesinan (gr)
- m_t : massa benda kerja sesudah pemesinan (gr)
- t : waktu proses pemesinan (s)
- d_1 : diameter hasil pemesinan permukaan bawah (mm)
- d_2 : diameter hasil pemesinan permukaan atas(mm)
- d_0 : diameter yang ingin dicapai (mm)
- h : ketebalan benda kerja (mm)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2 Perhitungan Besarnya Arus Pemesinan

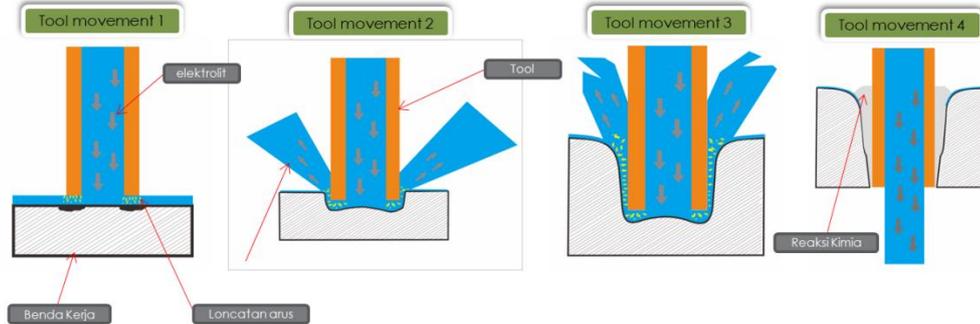
Gap (mm)	Waktu (detik)	Masking			Non Masking		
		Arus (Ampere)		Rata -Rata Arus (Ampere)	Arus (Ampere)		Rata -Rata Arus (Ampere)
		Spesimen 1	Spesimen 2		Spesimen 1	Spesimen 2	
0.5	0	11.6	12	11.8	12.8	12.4	12.6
	40	15.4	14.3	14.85	14.3	15.5	14.9
	80	17.7	18.3	18	18.6	19.5	19.05
	120	7.14	6.15	6.645	12	11.2	11.6
	160	4.83	5.05	4.94	11.7	10.9	11.3
	200	2.52	4.28	3.4	10.8	10.2	10.5
0.7	0	7.88	8.6	8.24	10.2	8.78	9.49
	40	10.3	11.3	10.8	11.1	10.6	10.85
	80	14.1	13.8	13.95	13.5	14.2	13.85
	120	17.8	16.4	17.1	18.2	17.4	17.8
	160	3.29	3.36	3.325	12	13	12.5
	200	1.64	2.19	1.915	10.8	11	10.9
1	0	7.4	7.25	7.325	8.68	6.73	7.705
	40	11.2	10.4	10.8	10.1	9.77	9.935
	80	12.9	14.1	13.5	13.9	11.66	12.78
	120	15.6	14.7	15.15	15.3	16.5	15.9
	160	3.4	4.1	3.75	10.2	11.6	10.9
	200	1.35	1.24	1.295	7.72	8.27	7.995



Gambar 3 Grafik rata-rata besar aliran arus pada proses pemesinan ECM pada material aluminium 1100

Dari Tabel 2 dan Gambar 3. diatas dapat dilihat arus tertinggi yang muncul pada benda kerja yang tidak di-*masking* yaitu pada jarak celah (*gap*) 0,5 pada spesimen 1,

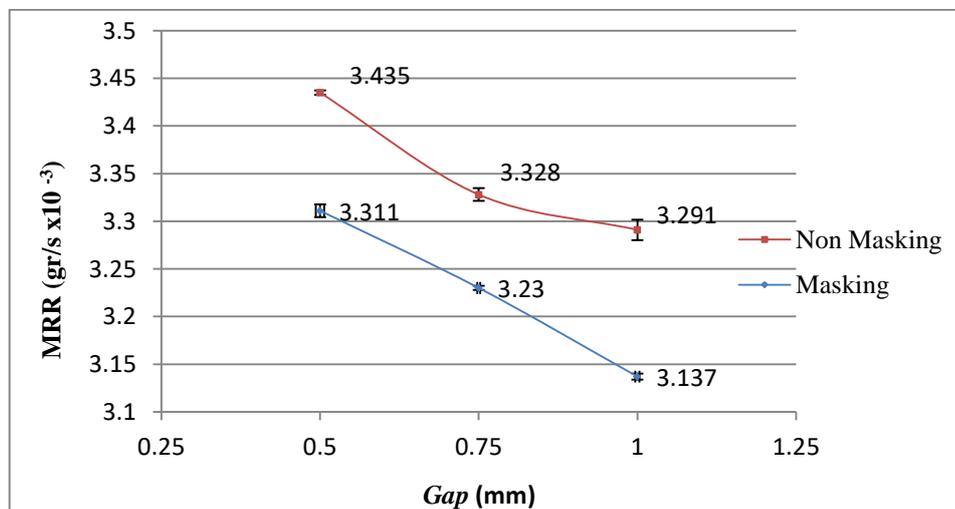
yaitu arus yang dihasilkan sebesar 19.5 A pada detik ke 80. Sedangkan pada benda kerja yang menggunakan *masking* yaitu pada jarak celah (*gap*) 0,5 pada spesimen 2, yaitu arus yang dihasilkan sebesar 18,3 A pada detik ke 80. Arus yang muncul pada benda kerja *non masking* lebih besar, hal tersebut diakibatkan arus ketika pemesinan menyebar sedangkan pada benda *masking* arus lebih terpusat. Rata-rata arus tetinggi pada jarak celah (*gap*) yang kecil, hal tersebut diakibatkan loncatan arus antara *tool* dengan permukaan benda kerja lebih besar. Penyebaran arus pada saat proses pemesinan dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Loncatan arus yang muncul ketika pemesinan

Tabel 3 Hasil Perhitungan MRR

Gap (mm)	Waktu (t) (detik)	Non Masking			Non Masking				
		Rata-Rata m_o (gr)	$Dm = m_o - mt$ (g)	MRR (g/s)	Rata-Rata m_o (gr)	$Dm = m_o - mt$ (g)	MRR (g/s)		
0.5	200	4.0593	3.3723	0.687	0.003311	4.1237	3.4615	0.6622	0.003435
0.75	200	4.0106	3.3451	0.6655	0.00323	4.0871	3.4411	0.6459	0.003328
1	200	4.0108	3.3527	0.6581	0.003137	4.0011	3.3738	0.6273	0.003291

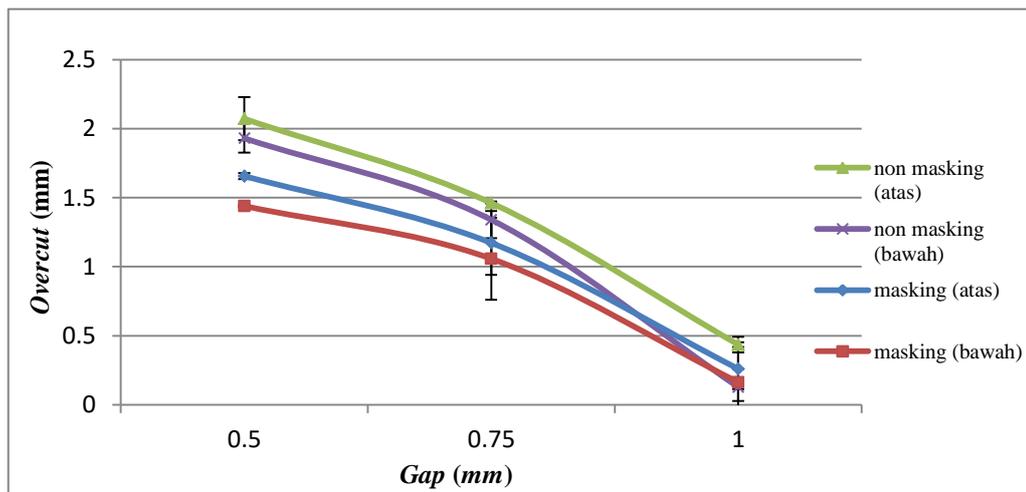


Gambar 5 Grafik rata-rata MRR dari pengaruh jarak celah (*gap*), pada benda kerja *masking* dan *non masking* pada material aluminium 1100

Dari Tabel 3 dan Gambar 4. diatas dapat dilihat MRR tertinggi yang muncul Nilai rata-rata MRR terbesar yang muncul pada benda *non masking* pada jarak celah (*gap*) 0,5 mm yaitu sebesar 3.435×10^{-3} g/s dan pada benda yang di-*masking* nilai MRR tertinggi yaitu pada jarak celah (*gap*) 0,5 mm yaitu sebesar 3.311×10^{-3} g/s. Proses pemesinan benda kerja pada aluminium 1100 hanya dengan ketebalan 0,5 mm membutuhkan waktu 200 detik. Nilai MRR yang muncul pada benda kerja *non masking* lebih besar, hal tersebut disebabkan arus yang muncul pada benda kerja *non masking* lebih besar sehingga aka mempengaruhi nilai MRR yang diperoleh.

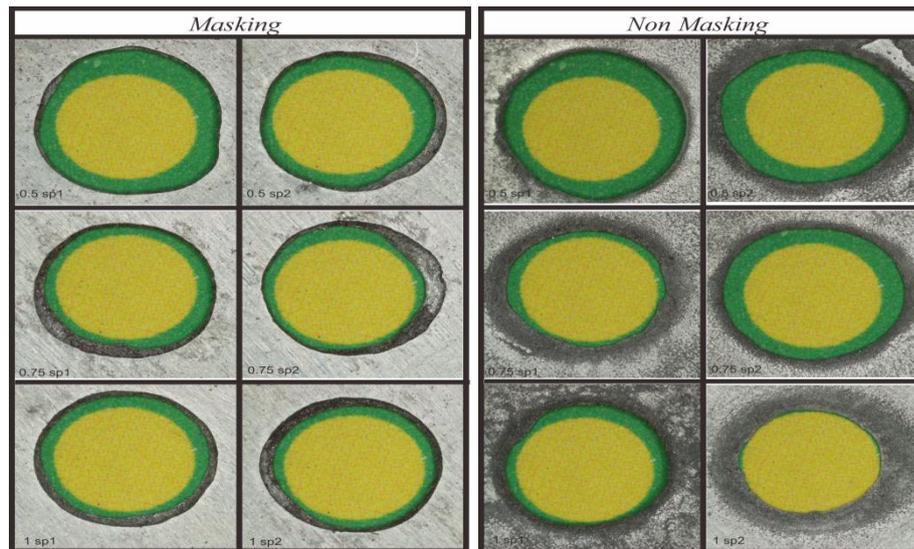
Tabel 4 Hasil *Overcut* Dari Setiap Benda Kerja

Permukaan	Tegangan (volt)	Konsentrasi Elektrolit (%)	Gap (mm)	Non Masking			Masking		
				d2 (mm)	do (mm)	Overcut (mm)	d2 (mm)	do (mm)	Overcut (mm)
Atas	10	10	0.5	7.14	5	2.14	6.6714	5	1.6714
Bawah	10	10	0.5	6.9712	5	1.9712	6.4292	5	1.4292
Atas	10	10	0.5	7.0029	5	1.8659	6.6409	5	1.6105
Bawah	10	10	0.5	6.8891	5	1.6271	6.4497	5	1.4702
Atas	10	10	0.75	6.2751	5	0.9031	6.085	5	0.9105
Bawah	10	10	0.75	6.1585	5	0.796	5.9521	5	0.7411
Atas	10	10	0.75	6.6471	5	1.6471	6.2597	5	1.2597
Bawah	10	10	0.75	6.5211	5	1.5211	6.1632	5	1.1632
Atas	10	10	1	5.5483	5	0.5483	5.3991	5	0.6772
Bawah	10	10	1	5.0304	5	0.0304	5.3158	5	0.6211
Atas	10	10	1	5.323	5	0.323	5.1211	5	0.1211
Bawah	10	10	1	5.2259	5	0.2259	5.0105	5	0.0105



Gambar 6 Hasil rata-rata *overcut* permukaan benda kerja *masking* dan *non masking* pada aluminium 1100

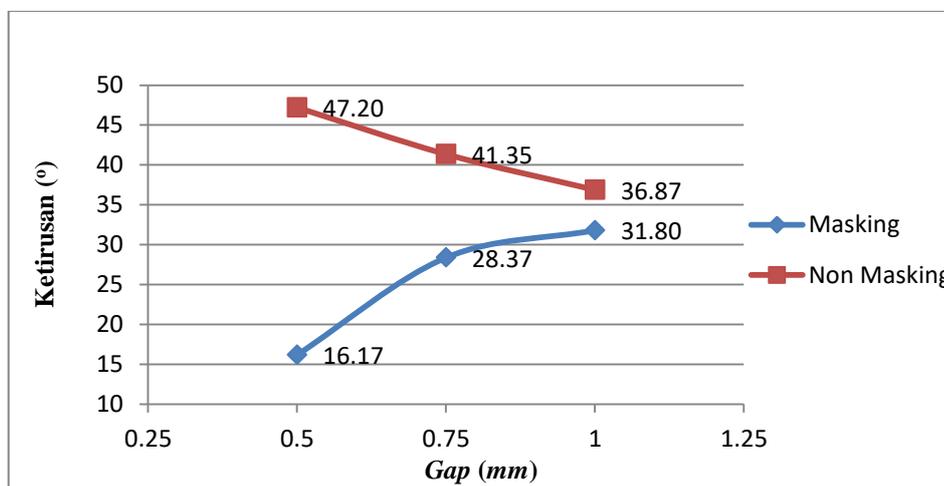
Dari tabel 3 dan Gambar 6 memperlihatkan bahwa semakin kecil jarak celah (*gap*) yang diberikan maka semakin besar *overcut* yang dihasilkan. Nilai *overcut* yang didapatkan pada benda kerja yang *non masking* lebih tinggi dibandingkan, nilai *overcut* yang didapatkan pada benda kerja yang *di-masking*. Pada benda kerja *masking*, *overcut* tertinggi pada variasi jarak celah (*gap*) 0,5 mm yaitu sebesar 1.6714 mm dan pada benda kerja *non masking*, *overcut* tertinggi pada variasi jarak celah (*gap*) 0,5 mm yaitu sebesar 2.14 mm.



Gambar 7 Hasil foto makro permukaan benda kerja *masking* dan *non masking* pada aluminium 1100

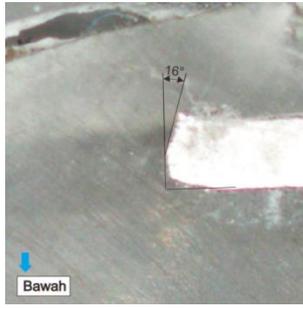
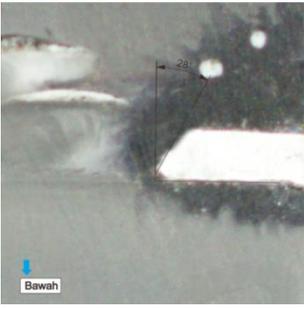
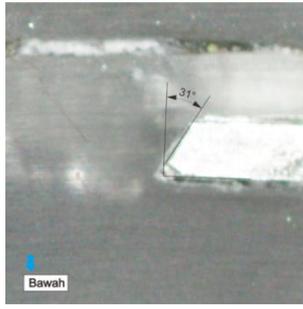
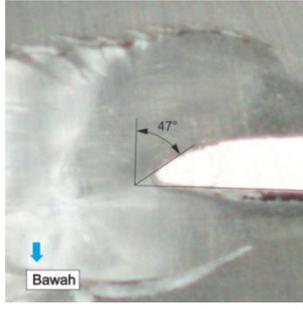
Tabel 5 Perhitungan Ketirusan Benda Kerja

Gap (mm)	Masking				Non Masking			
	d2 (mm)	d1 (mm)	h (mm)	Ketirusan (°)	d2 (mm)	d1 (mm)	h (mm)	Ketirusan (°)
0.5	6.11	5.82	0.5	16.17	6.99	5.91	0.5	47.20
0.75	5.94	5.4	0.5	28.37	5.96	5.08	0.5	41.35
1	5.98	5.36	0.5	31.80	5.9	5.15	0.5	36.87



Gambar 8 Grafik hasil pengukuran benda kerja *masking* dan *non masking* pada aluminium 1100

Dari tabel 5 dan Gambar 8 memperlihatkan bahwa perbedaan selisih antara diameter atas dan diameter bawah dari setiap masing-masing variasi jarak celah (*gap*) mempengaruhi dari hasil ketirusan. Ketirusan yang dihasilkan dari benda kerja *non masking* cenderung lebih besar dari pada benda kerja yang di-*masking* semakin karena arus yang dihasilkan pada benda kerja akan lebih terpusat karena dibatasi oleh *masking*. Hasil ketirusan terkecil pada benda kerja *masking* adalah 16.17° , sedangkan benda kerja *non masking* nilai ketirusan terkecil yaitu 36.87° .

Gap (mm)	0.5	0.75	1.0
Masking			
Non Masking			

Gambar 9 Hasil pengukuran ketirusan benda kerja *masking* dan *non masking* pada aluminium 1100 dengan *software Imagej*

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan yaitu:

1. Semakin kecil jarak celah (*Gap*) *tool* elektroda kuningan berlubang yang diberikan maka MRR dan *overcut* yang dihasilkan akan lebih besar, hal tersebut diakibatkan pada variasi jarak celah (*gap*) yang kecil arus yang muncul akan lebih besar dan sebaliknya apabila pada variasi jarak celah (*gap*) besar.
2. Penggunaan *masking* pada permukaan benda kerja memeberikan pengaruh terhadap nilai MRR dan *overcut* yang dihasilkan. Karena penggunaan *masking* akan mempengaruhi arus, dimana arus yang dihasilkan akan lebih terpusat sehingga tidak melebar kepermukaan benda kerja.
3. Penggunaan *tool* elektroda kuningan berlubang juga mempengaruhi hasil dari permesinan, hal tersebut dapat dilihat dari hasil ketirusan yang berbeda-beda dari setiap benda kerja. Karena penggunaan *tool* elektroda kuningan berlubang akan menimbulkan pancaran elektrolit yang membentuk sudut, sehingga akan mempengaruhi pengikisan benda kerja karena elektrolit memiliki sifat korosif. Pergerakan *tool movement* juga mempengaruhi dari hasil ketirusan, karena pergerakan *tool movement* dari setiap variasi jarak celah (*gap*) akan memiliki hasil hasil akhir penurunan yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, Galih Putra Laksana 2015. *Optimasi Parameter Konsentrasi Elektrolit, Tegangan, dan Gap Pemesinan Dalam Pembuatan Profil Multilayered Microfilters Dengan Proses Electrochemical Machining Menggunakan Metode Taguchi*. Yogyakarta : Skripsi, Universitas Gadjah Mada.
- El-Hofy, H. *Advanced Machining Processes*. New York: McGraw-Hill, 2005
- McGeough, J. A. (1988). *Advanced Methods of Machining*. Chapman and Hall Ltd, London.

- Neto, d. J., Silva, E. M., & da Silva, M. B. (2006). *Intervening variables in electrochemical machining*. *Journal of Materials Processing Technology*.
- Nuroho, dkk (2016). *Perancangan, Pembuatan Dan Pengujian Pendahuluan Electrochemical Machining Skala Laboratorium*. Bandung : Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XV (SNTTM XV).
- Rokin, F. (2016). *Pengaruh Tegangan Dan Variasi Jarak Celah (Gap) Pada Proses Electrochemical Machining (ECM) Menggunakan Elektroda*. Yogyakarta : Skripsi, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Septiaji, P. (2016). *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* . Yogyakarta : Skripsi, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Sidik, Adang Mubarak 2017. *Perancangan Mesin Electrochemical Machining (ECM) Single Axis*. Yogyakarta : Skripsi, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Sumardi. (2016). *Analisa Perhitungan MRR, Overcut Dan Ketirusan Pada Stainless 304 Dengan Pengaruh Variasai Gap Dan Tegangan Pada Proses Eleetrochemical Machining (ECM) Menggunakan Elektroda Tidak Terisolasi*. Yogyakarta : Skripsi, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Ulusty, G. *Manufacturing Processes and Equipment*. Prentice-Hall. Inc., New York, 2000.
- Widyargo, R. (2017). *Analisis Parameter Proses Dalam Fabrikasi Microchamber Menggunakan Mesin Electrochemical Machining (ECM) Pada Stainless Steel 316 Menggunakan Tool Kuningan Dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta : Skripsi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Yudy, 2013. *Material Teknik, Alumunium dan Paduannya*. <https://matrudian.files.wordpress.com/2013/10/material-teknik-08th.pdf> diakses pada 14 Juni 2018.