

ANALISIS PENGARUH TEGANGAN DALAM PROSES FABRIKASI MENGGUNAKAN MESIN ELECTROCHEMICAL MACHINING (ECM) PADA ALUMINIUM SERI 1100 MENGGUNAKAN TOOL KUNINGAN BERLUBANG

Tiyan Prakasa

Program Sudi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
 Jl. Brawijaya, Tamantirto, Bantul Yogyakarta 55183
 +62 823 2489 1906
 tiyan.prakasa.2014@ft.umy.ac.id

Aris Widyo Nugroho

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
 Jl. Brawijaya, Tamantirto, Bantul Yogyakarta 55183
 +62 856 4336 1829
 e-mail: ariswn70@gmail.com

Intisari

Pada zaman sekarang pemesinan menggunakan material keras dan bentuk rumit telah menjadi kebutuhan, karena itu untuk mengatasi masalah tersebut dikembangkanlah pemesinan non konvensional yaitu *electrochemical machining* (ECM). Penelitian sebelumnya belum dibahas tentang proses fabrikasi aluminium 1100 menggunakan *tool* kuningan berlubang. Penelitian bertujuan menganalisis pengaruh tegangan pada nilai MRR, *overcut*, ketirusan pada hasil pemesinan *electrochemical machining* (ECM). Benda kerja aluminium 1100 berukuran 80 x 35 x 0,5 mm, lalu dibedakan menjadi dua bagian benda, kerja *masking* dan *non masking*. Benda kerja *masking* ukuran pola dibuat sama seperti *tool* kuningan berlubang. Pemesinan dilakukan dengan variasi tegangan 7, 10, 13 volt dengan jarak celah (*gap*) 0,5 mm, konsentrasi elektrolit 15%, *flow rate* 2,5 lpm dan waktu pemesinan 144 detik. Pada hasil penelitian ini disimpulkan nilai respon MRR menjadi besar dikarenakan tegangan yang dialirkan juga besar, nilai MRR *masking* terbesar yaitu $6,12 \times 10^{-7} \text{ mm}^3/\text{s}$, *non masking* $22,508 \times 10^{-7} \text{ mm}^3/\text{s}$. Nilai *overcut* semakin besar tegangan dan semakin kecil *gap*, nilai *overcut*nya menjadi besar. *Overcut masking* terbesar yaitu 1,571 mm, *non masking* 2,038 mm. Hasil nilai ketirusan yang terjadi semakin besar tegangan dan *gap* menyebabkan hasil tidak merata dan nilai ketirusan menjadi lebih berbeda. Ketirusan *masking* terbesar yaitu $44,038^\circ$ dan *non masking* $52,388^\circ$.

Kata kunci: ECM, tegangan, MRR, *overcut*, ketirusan, *masking*, *non masking*, *tool* kuningan berlubang

1. PENDAHULUAN

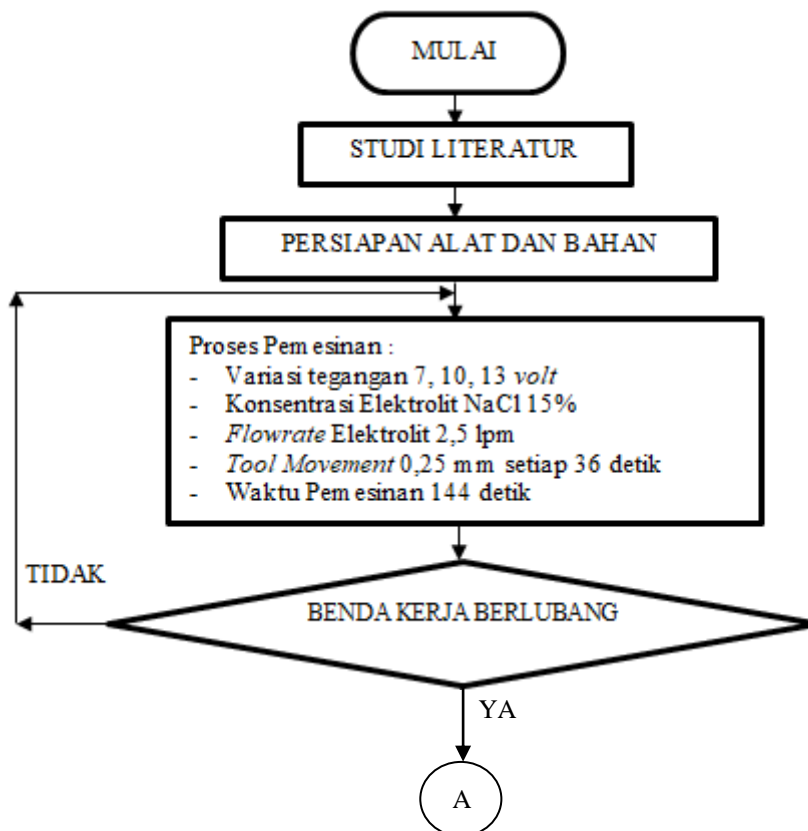
Electrochemical Machining (ECM) adalah salah satu proses pemesinan non konvensional yang cara kerjanya menggunakan larutan elektrolit sebagai media dan dialiri oleh sumber arus listrik DC. Mengacu pada hukum Faraday (1833), apabila dua buah logam elektroda yang direndam dengan larutan elektrolit lalu partikel – partikel *anode* akan terkikis dan berpindah ke *cathode*. Setelah *anode* menempel pada *cathode*, partikel tersebut dibuang dengan menggunakan aliran elektrolit sebagai media pembersih dan pelarut pada proses pemesinan ECM.

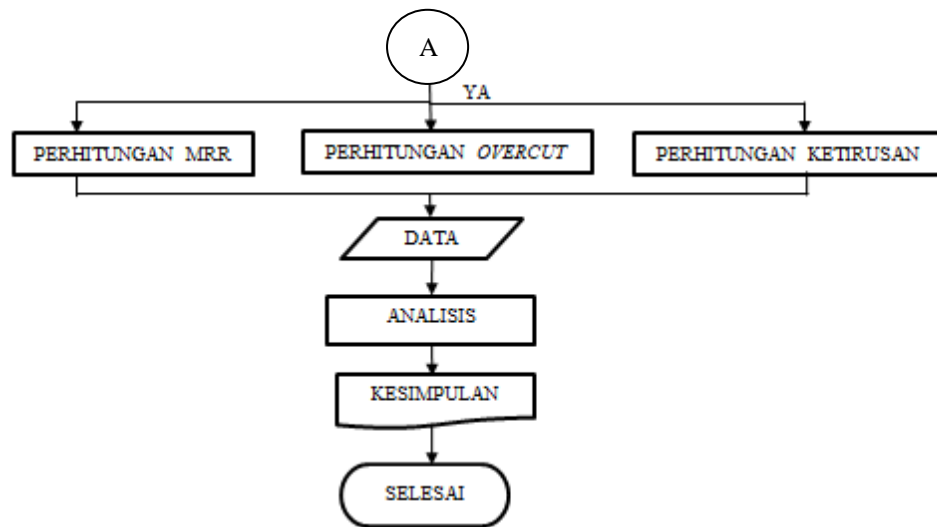
Agar pemesinan menghasilkan kualitas yang bagus harus diperhatikan faktor seperti: besar tegangan yang ditimbulkan, besar aliran arus pada pemesinan, konsentrasi elektrolitnya, jarak celah (*gap*) pemesinan, jenis material pahat dan jenis material benda kerja. Penelitian sebelumnya, antara lain membahas tentang variasi tegangan dan jarak celah (*gap*) terhadap pengaruh MRR, *overcut* dan ketirusan pada aluminium 1100 dan *stainless steel* 304 pada pemesinan ECM. Semakin besar tegangan pada saat pemesinan maka nilai MRR akan menjadi besar, itu berlaku sama dengan nilai *overcut* (Septiaji, 2016)

Pada penelitian lainnya 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 (Rokin, 2016). Menggunakan *tool* kuningan yang tak terisolasi, dengan tegangan 7, 10, 13 *volt* dan jarak celah (*gap*) adalah 0.5 mm, 0.7 mm, 1 mm. Konsentrasi larutan yang digunakan adalah campuran antara NaCL dan cairan aquades yaitu 15 % NaCL dengan 85 % aquades, kecepatan laju aliran elektrolit adalah 3 lpm dan *material* yang digunakan adalah aluminium seri 1100. Hasilnya adalah semakin besar jarak celah (*gap*) pada benda kerja maka MRR yang dihasilkan akan semakin besar, berbanding sama dengan tegangan, semakin besar tegangan yang dihasilkan semakin besar pula MRR yang terjadi. Dengan kata lain besarnya tegangan dan jarak celah (*gap*) berbanding lurus dengan MRR yang ditimbulkan.

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. Diagram alir ditunjukkan pada gambar 1.



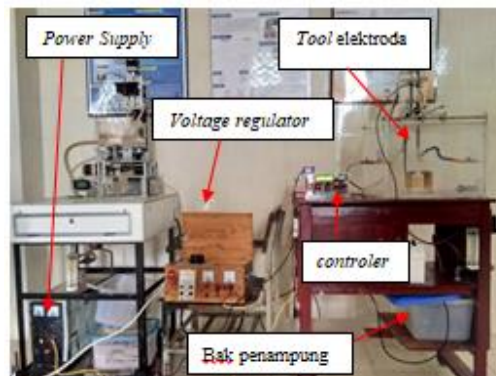


Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

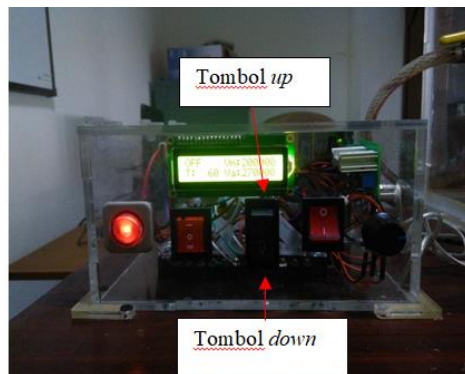
Persiapan awal yang dilakukan sebelum penelitian adalah mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan pada saat proses penelitian.

A. Mesin ECM

Mesin ECM yang digunakan dengan komponen lainnya ditunjukkan pada gambar 2. Pada gambar 3 adalah kontroler pada *tool* elektroda. Pada mesin ECM ini sistem pergerakan *tool* yaitu *single axis* atau bergerak naik turun.



Gambar 2. Mesin ECM



Gambar 3 Kontroler pada mesin ECM

B. Bahan-bahan Penelitian

1. Elektroda kuningan berlubang

Mempunyai sifat anti karat, konduktor yang baik dan material kuningan mudah untuk didapatkan. Menggunakan *tool* kuningan berlubang dimaksudkan agar aliran elektrolit dapat terfokus pada area pemesinan. *Tool* ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. *Tool* kuningan berlubang

2. Cairan Elektrolit

Campuran NaCl dengan cairan *aquades* dengan menggunakan *magnetic stirrer* agar mendapatkan konsentrasi larutan sebesar 15%. Komposisinya adalah serbuk NaCl sebanyak 1500 gr dan cairan *aquades* 10 liter. Bahan cairan elektrolit pada gambar 5.



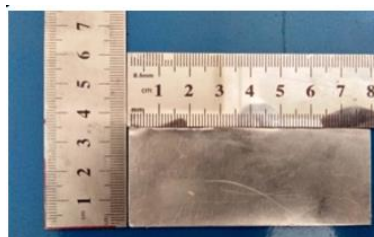
(a)

(b)

Gambar 5. (a) NaCl, (b) *aquades*

3. Benda kerja

Benda kerja yang digunakan aluminium 1100 berukuran 80 x 35 x 0,5 mm. Pada setiap variasi tegangan memakai dua benda kerja untuk dilakukan pengujian pemesinan. Benda kerja *non masking* Gambar 6, lalu benda kerja *masking* Gambar 7.



Gambar 6. Benda kerja aluminium 1100 sebelum di-*masking*



Gambar 7. Benda kerja aluminium 1100 setelah di-*masking*

C. Prosedur penelitian

Benda kerja aluminium 1100 yang telah dipotong dan di *masking*, diletakkan pada penjepit yang berada pada area pemesinan lalu posisi benda kerja diatur tegak lurus dengan *tool* elektroda kuningan berlubang. Setelah itu atur laju aliran elektrolit sebesar 2,5 lpm. Laju aliran elektrolit dibuat melewati *tool* berlubang dan alirannya langsung menyemprot ke benda kerja lalu atur *gap* dari *tool* hingga benda kerja sejauh 0,5 mm. Hidupkan *power supply* atur tegangan setiap benda kerja *masking* maupun *non masking* sebesar 7, 10, 13 volt. Lama waktu pemesinan diatur selama 144 detik. *Tool movement* setiap pergerakan diatur 0,25mm/36s. Setelah proses pemesinan selesai, ambil benda kerja dari area pemesinan lalu bersihkan untuk melihat hasil pemesinan tersebut. Lalu ulangi pada proses pemesinan lainnya untuk variasi tegangan lainnya sampai mendapatkan hasil yang diinginkan. Bersihkan benda kerja lalu keringkan. Parameter pengujian ECM ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter pengujian ECM

Tegangan Listrik	5 – 20 volt
Working Gap	0,5 mm
Kecepatan elektrolit	2,5 lpm
Cairan elektrolit	<i>Sodium Chloride</i> (NaCl)
Konsentrasi elektrolit	15 % NaCl + 100% aquades

D. Perhitungan

1. Material Remove Rate

Jumlah massa material benda kerja yang terikiks per satuan waktu pada proses pemesinan berlangsung. MRR secara teoritis dihitung berdasarkan prinsip Faraday tentang elektrolisis dengan persamaan berikut ini :

$$MRR = \frac{m_o - m_t}{\rho \cdot t} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

- m_o* : benda kerja sebelum pemesinan (gr)
- m_t* : benda kerja setelah pemesinan (gr)
- ρ : massa jenis benda kerja 2699 (mm³/ gr)
- t* : waktu pemesinan (s)

2. Overcut

Penyimpangan yang ditunjukkan bahwa ukuran lubang hasil pemesinan lebih besar daripada ukuran *tool* yang digunakan. Persamaan ditunjukkan pada rumus dibawah ini :

$$O_C = d_2 - d_o \dots\dots\dots (2)$$

keterangan,

- d₂* : diameter benda kerja sisi belakang, (mm)
- d_o* : diameter *tool*, (mm)

3. Efek ketirusan

Penyimpangan pada hasil benda kerja berupa efek ketirusan yang terjadi pada permukaan benda kerja. Persamaan ditunjukkan pada rumus dibawah ini :

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

Keterangan :

d_2 : diameter benda kerja atas (mm)

d_1 : diameter benda kerja bawah (mm)

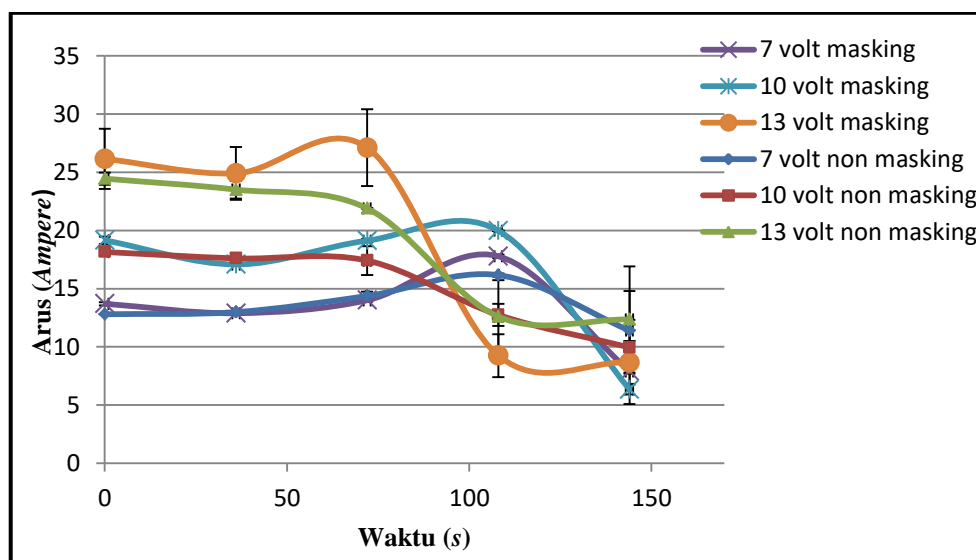
h : ketebalan benda kerja (mm)

3. Hasil dan Pembahasan

1. Pengukuran arus

Tabel 2. Besar arus saat pemesinan

Tegangan (volt)	t (s)	Masking		Non masking	
		Arus (Ampere)		Arus (Ampere)	
		Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 1	Spesimen 2
7	0	13,9	13,5	12,8	12,8
	36	13,064	12,72	13,112	12,86
	72	14,18	13,825	14,8739	13,8625
	108	16,887	16,956	16,3672	15,96
	144	7,62783	8,165	10,1122	12,6954
10	0	18,7	19,6	18,5	17,8
	36	16,95	17,211	17,8681	17,33
	72	18,9059	19,34	19,1648	15,6587
	108	19,95	20,006	11,3933	14,0872
	144	6,738	6,9529	16,8181	3,0895
13	0	29,8	22,5	23,7	25,2
	36	28,1076	21,7	22,4389	24,5764
	72	31,7714	22,45	21,88	21,91095
	108	11,8421	6,65	17,0333	8,1592
	144	11,2548	6,063	18,8194	5,879



Gambar 8 Grafik rata – rata arus proses pemesinan benda kerja masking dan non masking

Tabel 2 adalah besar arus pada saat penelitian, dan gambar 8 merupakan perbandingan dari benda kerja *masking* dan *non masking* yang telah di rata-rata setiap percobaan pemesinan. Kurva benda kerja *masking* terlihat kenaikannya agak menanjak dan penurunannya relatif drastis karena setelah pemakanan pada step sebelumnya belum selesai, lalu *tool movement* kembali bergerak turun yang mengakibatkan jarak celah (*gap*) mengecil dan menjadikan arus yang keluar semakin besar. Setelah terbentuknya lubang aliran arus menurun drastis karena terdapat *masking* atau isolator yang menghambat aliran arus pada proses pemesinan. Berbeda dengan benda kerja *non masking*, Kurva yang dihasilkan pada benda kerja *non masking* relatif lebih landai. Karena perambatan arus pada permukaan benda kerja *non masking* merambat ke sekitar area permukaan benda kerja yang menyebabkan arus relatif stabil.

2. *Material Remove Rate*

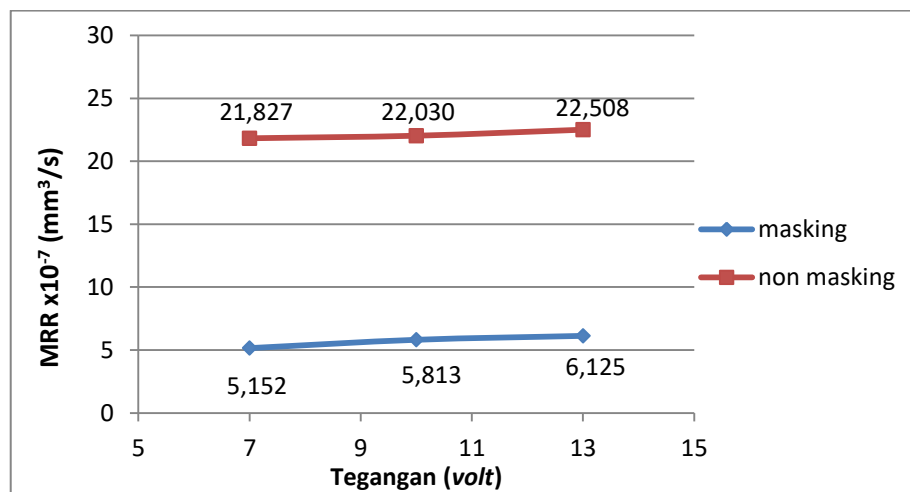
Material remove rate (MRR) adalah mengetahui massa benda kerja yang terkikis per satuan waktu. Nilai hasil MRR dipengaruhi oleh variasi tegangan, jarak celah (*gap*) antara *tool* dengan benda kerja. Benda kerja *masking* pada tabel 3 dan *non masking* tabel 4.

Tabel 3 Hasil nilai rata-rata *masking*

Tegangan (volt)	Rata-Rata		Masking	t (s)	Masking	Masking
	Masking		$\Delta m = mo - mt$ (g)		MRR	MRR
	mo(gr)	mt(gr)			$\times 10^{-3}$ (g/s)	$\times 10^{-7} \text{mm}^3/\text{s}$
7	4,21655	4,0163	0,2003	144	1,391	5,1524
10	4,1867	3,9607	0,2259	144	1,569	5,8132
13	4,15805	3,92	0,238	144	1,653	6,1249

Tabel 4 Hasil nilai rata-rata *non masking*

Tegangan (volt)	Rata-Rata		Non Masking	t (s)	Non Masking	Non Masking
	Non Masking		$\Delta m = mo - mt$ (g)		MRR	MRR
	mo(gr)	mt(gr)			$\times 10^{-3}$ (g/s)	$\times 10^{-7} \text{mm}^3/\text{s}$
7	4,2157	3,3674	0,8483	144	5,8909	21,8265
10	4,2985	3,4423	0,8562	144	5,9458	22,0298
13	4,3018	3,427	0,8748	144	6,075	22,5083

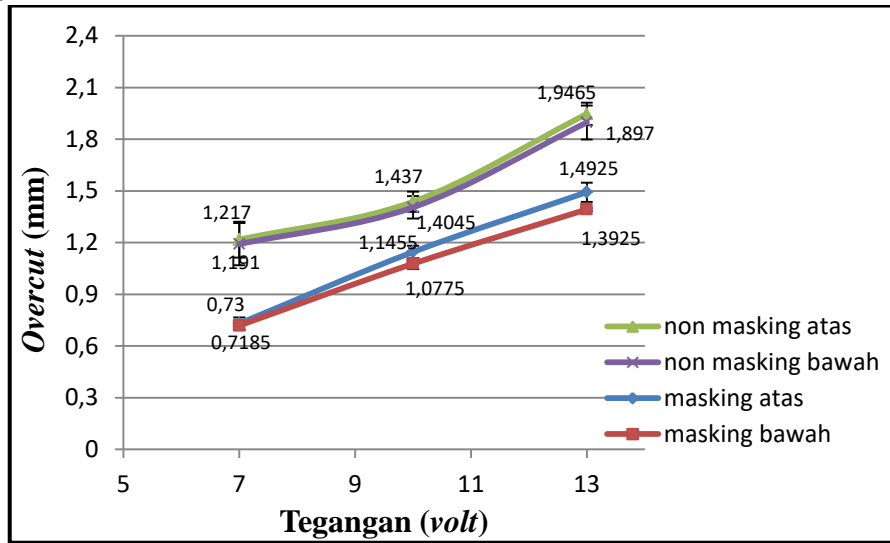


Gambar 9. Grafik rata-rata MRR dari pengaruh tegangan dengan benda kerja *masking* dan *non masking*

Dari gambar 9 rata-rata pengaruh tegangan dari benda kerja aluminium 1100 *masking* maupun *non masking* adalah semakin besar tegangan dialirkan, nilai MRR yang terjadi semakin besar. Nilai MRR tertinggi yaitu benda *masking* tegangan 13 volt, elektrolit 15% dan jarak celah (*gap*) 0,5 mm adalah $6,12 \times 10^{-7} \text{ mm}^3/\text{s}$, benda *non masking* nilai MRR tertinggi variasi tegangan 13 volt, elektrolit 15% dan jarak celah (*gap*) 0,5 mm adalah $22,508 \times 10^{-7} \text{ mm}^3/\text{s}$. Lama waktu pemesinan 144 detik. Semakin besar nilai MRR yang terjadi pada saat proses pemesinan, maka proses pemesinannya semakin baik dikarenakan pemesinan menjadi lebih cepat dikarenakan pengikisan yang lebih banyak.

3. Overcut

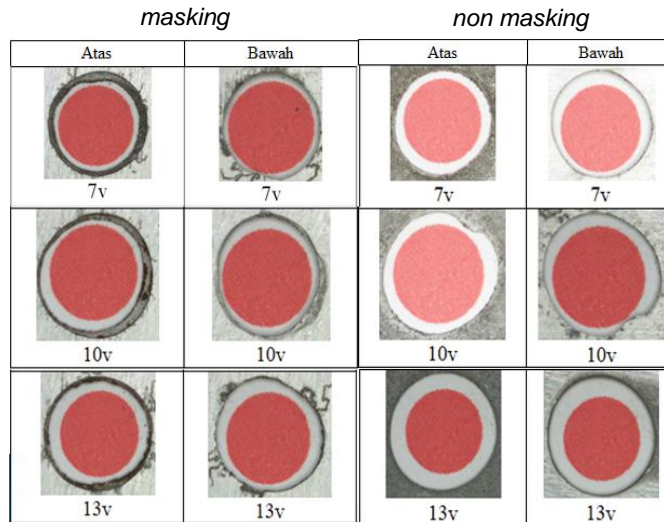
Pengukuran *overcut* bertujuan agar mengetahui penyimpangan pada hasil proses pemesinan. Pada benda kerja *non masking* lebih besar diameter atas. Semakin kecil ukuran *overcut* yang dihasilkan maka semakin akurat hasil pemesinan tersebut. Gambar grafik *overcut* ditunjukkan pada gambar 10 dan tabel keseluruhan *overcut* yaitu pada tabel 5.



Gambar 10. Hasil rata-rata *overcut* permukaan atas dan bawah dengan benda kerja *masking* dan *non masking*

Tabel 5. Nilai hasil *overcut*

No	Permukaan	Tegangan (volt)	Masking			Non Masking			Presentase	
			d ₂ (mm)	d ₀ (mm)	Overcut (mm)	d ₂ (mm)	d ₀ (mm)	Overcut (mm)	Masking	Non Masking
1	Atas	7	5,78	5	0,78	6,069	5	1,069	16%	21%
	Bawah	7	5,757	5	0,757	6,017	5	1,017	15%	20%
2	Atas	7	5,68	5	0,68	6,365	5	1,365	14%	27%
	Bawah	7	5,671	5	0,671	6,337	5	1,337	13%	27%
3	Atas	10	6,095	5	1,095	6,519	5	1,519	22%	27%
	Bawah	10	6,032	5	1,032	6,497	5	1,497	21%	26%
4	Atas	10	6,196	5	1,196	6,355	5	1,355	24%	30%
	Bawah	10	6,123	5	1,123	6,312	5	1,312	22%	30%
5	Atas	13	6,414	5	1,414	7,038	5	2,038	28%	41%
	Bawah	13	6,405	5	1,405	7,036	5	2,036	28%	41%
6	Atas	13	6,571	5	1,571	6,855	5	1,855	31%	37%
	Bawah	13	6,38	5	1,38	6,758	5	1,758	28%	35%



Gambar 11. Hasil overcut pada benda kerja *masking* dan *non masking*

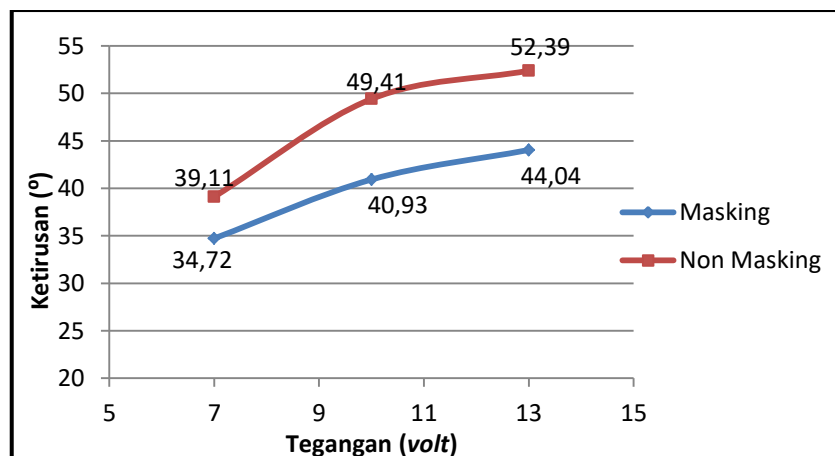
Gambar 11 menjelaskan secara visual benda kerja *masking* nilai *overcut* lebih kecil daripada benda kerja *non masking*, karena pengikisan benda kerja *non masking* lebih melebar disebabkan tidak ada isolator yang membatasi area pemesinan.

4. Ketirusan

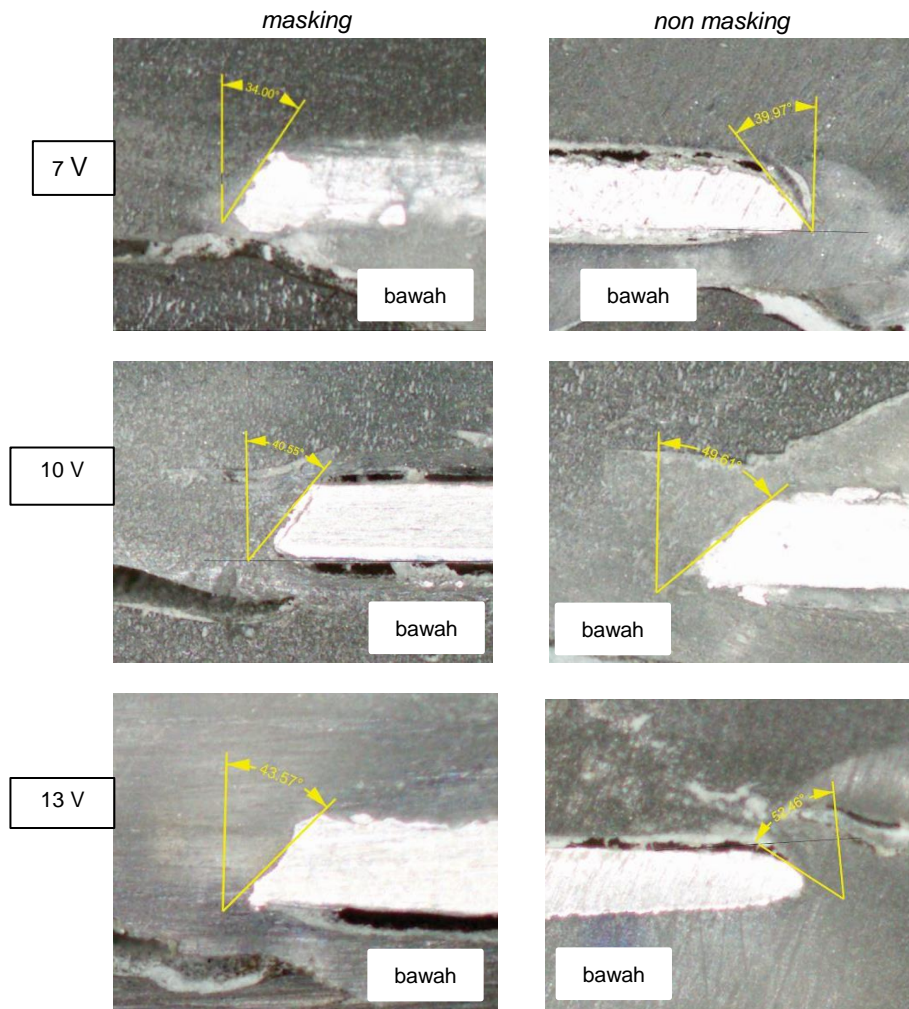
Penyimpangan pada hasil benda kerja berupa efek ketirusan yang terjadi pada permukaan benda kerja. Pada pengukuran ketirusan pada hasil proses pemesinan ECM menggunakan aplikasi *software ImageJ* dan *Corel Draw*. Semakin kecil nilai ketirusan, maka hasil nilai pemesinan lebih optimal dikarenakan penyimpangan yang tidak melampaui toleransi yang ditentukan. Tabel ketirusan ditunjukkan pada tabel 6, dan hasil grafiknya ditunjukkan pada gambar 12.

Tabel 6. Hasil ketirusan

Tegangan (volt)	Masking		Non Masking		h (mm)	Masking	Non Masking
	d ₂ (mm)	d ₁ (mm)	d ₂ (mm)	d ₁ (mm)		Ketirusan (°)	
	7	6,097	5,404	6,206	5,393	0,5	34,72
10	6,119	5,252	6,8	5,633	0,5	40,92	49,406
13	6,668	5,701	7,306	6,008	0,5	44,038	52,388



Gambar 12 Hasil ketirusan benda kerja *masking* dan *non masking*



Gambar 13 Hasil ketirusan benda kerja *masking* dan *non masking*

Hasil dari ketirusan benda kerja gambar 13, fenomena ketirusan pada hasil benda kerja *masking* hampir sama dengan benda kerja *non masking*. Semakin besar tegangan yang diberikan maka hasil ketirusan yang terjadi juga semakin besar. ketirusan terbesar benda kerja *masking* terletak pada tegangan 13v yaitu sebesar $44,038^{\circ}$. Sedangkan pada benda kerja *non masking* pada tegangan 13v yaitu $52,388^{\circ}$.

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan pengambilan data dan hasil perhitungan pada setiap pengujian, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai MRR yang terjadi semakin besar tegangan yang dialirkan maka MRR juga semakin besar. Benda kerja *masking* nilai MRR lebih rendah daripada benda kerja *non masking*. Semakin besar MRR maka semakin cepat pemakanan itu terjadi.
2. Semakin besar tegangan yang dialirkan maka semakin besar nilai *overcut* yang terjadi. Semakin kecil nilai *overcut* yang terjadi ukuran hasil pemesinan menjadi lebih akurat dan optimal, tetapi apabila *overcut* terlalu besar akan mempengaruhi kualitas dari hasil pemesinan tersebut.
3. Semakin besar tegangan maka semakin besar juga nilai ketirusan yang terjadi. Semakin kecil nilai ketirusan hasil nilai pemesinan lebih optimal dikarenakan penyimpangan yang tidak melampaui toleransi yang ditentukan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Adi, G. P. (2015). *Optimasi Parameter Konsentrasi Elektrolit, Tegangan, dan Gap Permesinan Dalam Pembuatan Profil Multilayered Microfilters dengan Proses Electrochemical Machining Menggunakan Metode Taguchi*. Yogyakarta : Skripsi, Universitas Gadjah Mada.
- Ayubi, Y. A. (2017). *Pengaruh Tegangan Dan Konsentrasi Elektrolit Pada Proses Fabrikasi Microchanel Menggunakan Ecm Dengan Bahan Aluminium*. Yogyakarta : Skripsi, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- El-Hofy, H. (2005). *Advanced Machining Processes*. New York: Mcgraw-Hil.
- 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.
- Rokin, F. (2016). *Pengaruh Tegangan dan Variasi Jarak Celah (Gap) Pada Proses Electrochemical Machining (ECM) Menggunakan Elektroda*. Simposium Nasional Teknologi Terapan.
- 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.
- Sudiarso, A., Mahardika, M., & Ramdhani, N. L. (2013). *Overcut on Electrochemical Machining of Brass, Stainless Steel, And Aluminium Using Brass Electrodes*. International Journal Of Mining, Metallurgy & Mechanical Engineering (Ijmmme), Volume 1(1).
- Sumardi. (2016). *Analisa Perhitungan MRR, Overcut dan Ketirusan pada Stainless Steel 204 dengan Pengaruh Tegangan pada proses Electrochemical Machining Menggunakan Elektroda Tidak Terisolasi*. Yogyakarta : Skripsi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Thusty, G. (2000). *Manufacturing Processes And Equipment*. Prentice-Hall. Inc., New York. .
- Wahyudi, A. (2010). *Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Voltage terhadap Overcut Lubang, Efek Ketirusan dan MRR Pada Proses Electrochemical Machining (ECM) dengan menggunakan Pahat Terisolasi dan Tanpa Isolasi*. Surabaya: Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- 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.