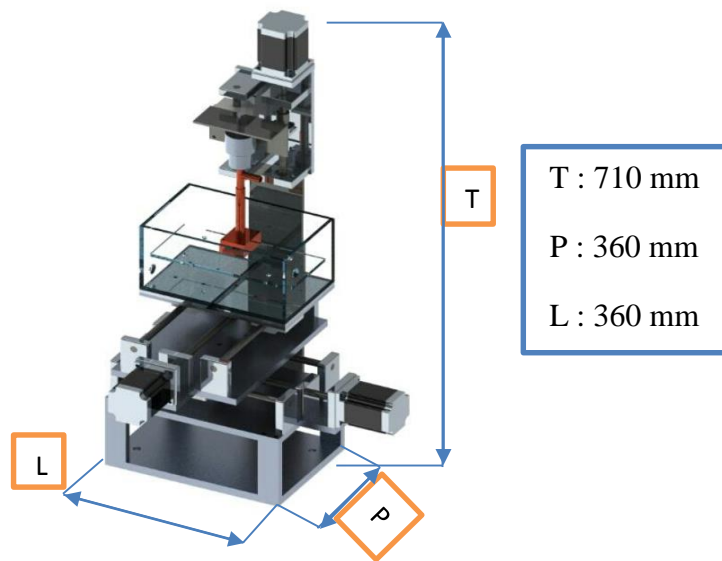


BAB IV

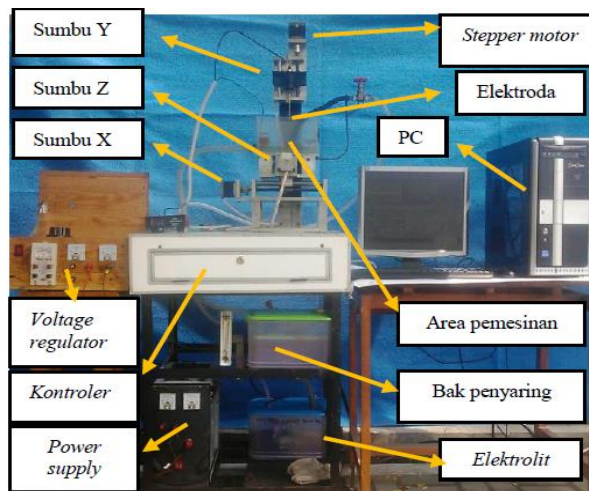
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Mesin ECM *Portable*

Mesin ECM *portable* yang digunakan untuk pengujian *drilling* material aluminium 1100 ditunjukkan pada Gambar 4.1 sedangkan untuk *sett up* ECM *portable* ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.1 Mesin ECM *portable*.



Gambar 4.2 *sett up* ECM *portable* yang digunakan dalam penelitian.

4.2 Hasil Pemesinan ECM

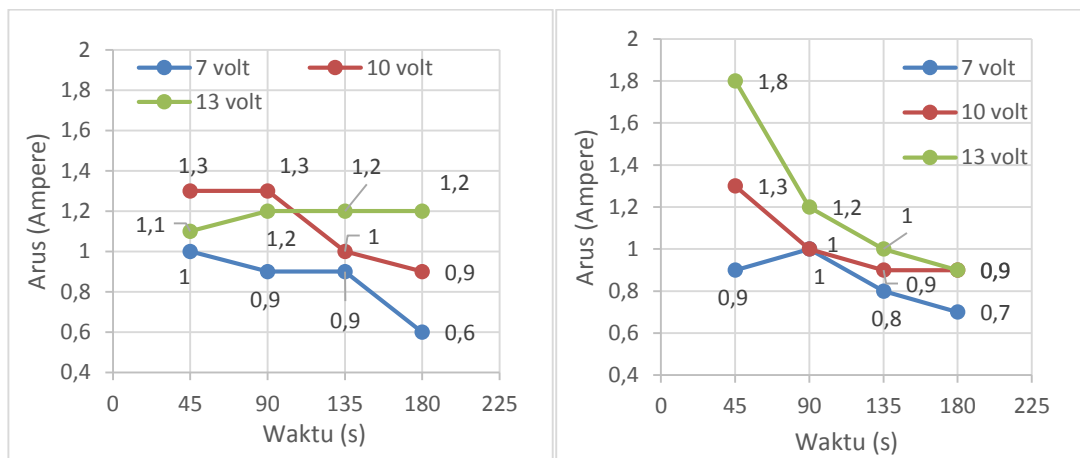
Adapun beberapa benda kerja hasil pemesinan ECM yaitu *drilling* yang dilakukan dengan memvariasikan tegangan dan jarak celah (*gap*) antara elektroda dengan benda kerja yang nantinya akan di analisis pengaruhnya terhadap nilai MRR, *overcut* dan ketirusan. Untuk hasil proses pemesinan ECM terdapat pada tabel 4.1, sedangkan foto hasil benda kerja tampak depan dan belakang seperti pada gambar 4.5 dan foto makro hasil pemesinan terdapat pada gambar 4.6- 4.8.

Tabel 4.1 Hasil proses pemesinan ECM dalam waktu 186 detik dengan *flowrate* 3 (LPM)

No	Arus (ampere)		Tegangan (volt)	Gap (mm)	Tool Movement (mm/s)	MRR gr/s	Keterangan
	Min	Max					
1	0,6	1	7	0,5	0,1/45	$7,58 \times 10^{-5}$	Berlubang, <i>flush</i> dari atas
2	0,9	1,3	10	0,5	0,1/45	$7,84 \times 10^{-5}$	Berlubang, <i>flush</i> dari atas
3	1,1	1,2	13	0,5	0,1/45	$8,60 \times 10^{-5}$	Berlubang, <i>flush</i> dari atas
4	0,7	1	7	0,75	0,1/45	$1,07 \times 10^{-4}$	Berlubang, <i>flush</i> dari atas
5	0,9	1,3	10	0,75	0,1/45	$1,08 \times 10^{-4}$	Berlubang, <i>flush</i> dari atas
6	0,9	1,8	13	0,75	0,1/45	$1,11 \times 10^{-4}$	Berlubang, <i>flush</i> dari atas
7	0,7	1	7	1	0,1/45	$1,30 \times 10^{-4}$	Berlubang, <i>flush</i> dari atas
8	0,8	1,3	10	1	0,1/45	$1,33 \times 10^{-4}$	Berlubang, <i>flush</i> dari atas
9	1,5	1,9	13	1	0,1/45	$1,50 \times 10^{-4}$	Berlubang, <i>flush</i> dari atas

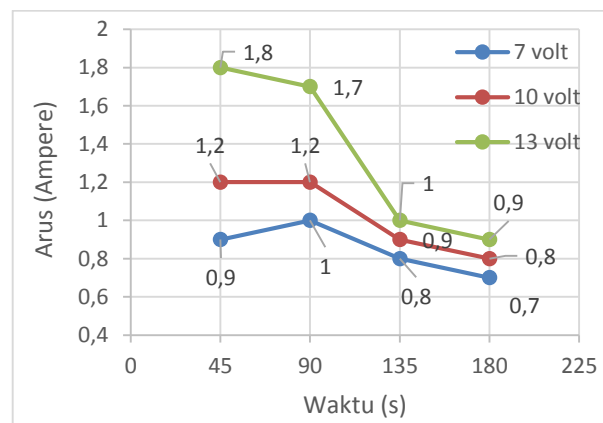
Pada tabel 4.1 tertera waktu yang berlangsung ketika proses pemesinan yaitu 186 detik telah membentuk lubang pada benda kerja. Pada *gap* 1 mm sebenarnya sudah membentuk lubang sebelum detik 186 namun proses pemesinan tetap dilanjutkan

sampai 186 detik. Akibatnya pada *gap* 1 mm setelah proses pemesian lubang yang dihasilkan terdapat *overcut* yang cukup besar pada bagian belakang seperti terlihat pada gambar 4.6. Dari tabel 4.1 didapatkan grafik antara arus, tegangan terhadap waktu yang ditampilkan pada gambar 4.3 . Semakin besar tegangan yang digunakan maka arus maksimalnya juga akan bertambah. Grafik hubungan antara waktu dan arus terdapat pada gambar 4.4



(a)

(b)

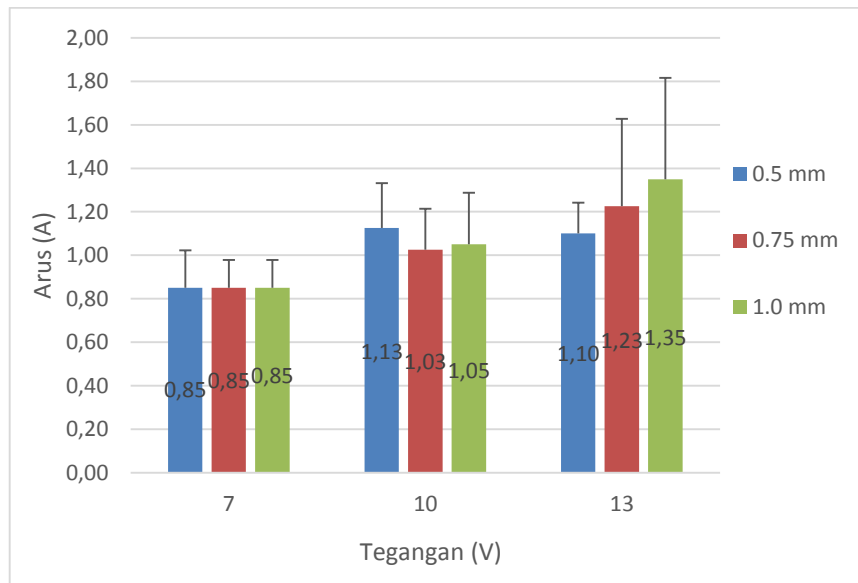


(c)

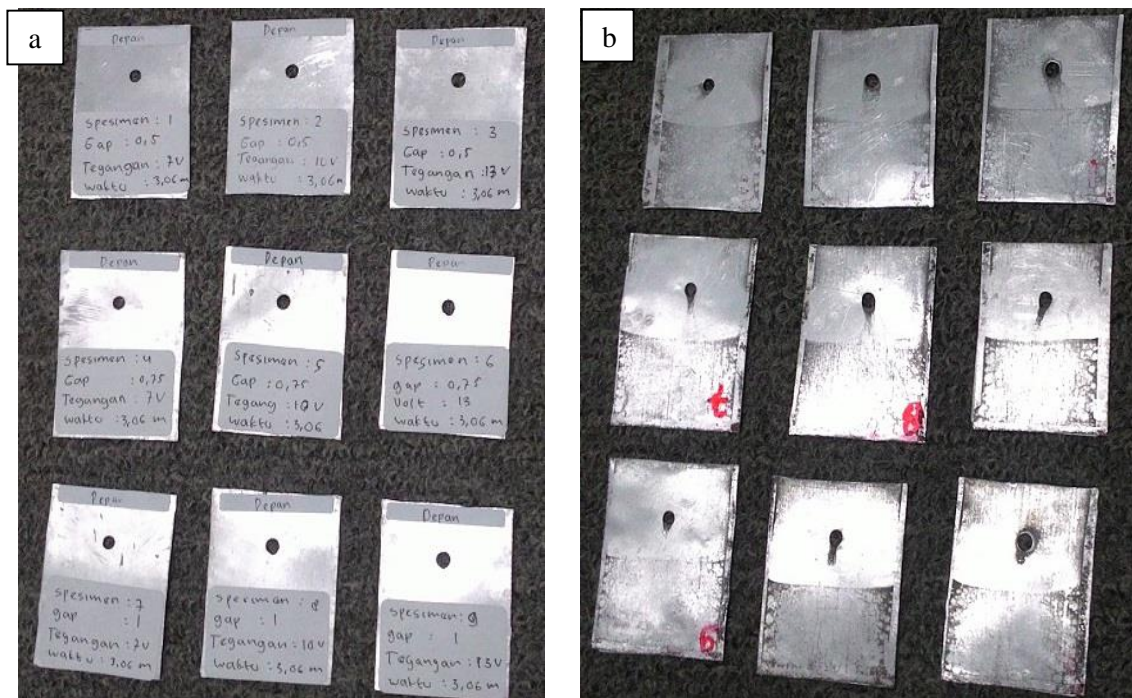
Gambar 4.3 Grafik pengaruh waktu dan tegangan terhadap arus (a) gap 0,5 mm, (b) gap 0,75 mm (c) gap 1mm

Dari gambar 4.3 dapat dilihat semakin tinggi tegangan maka arus yang dihasilkan akan semakin besar. Lama waktu pemesian juga berpengaruh terhadap arus

yang dihasilkan, arus yang dihasilkan pada awal pemesinan lebih besar dari pada arus yang didapatkan pada akhir pemesinan.

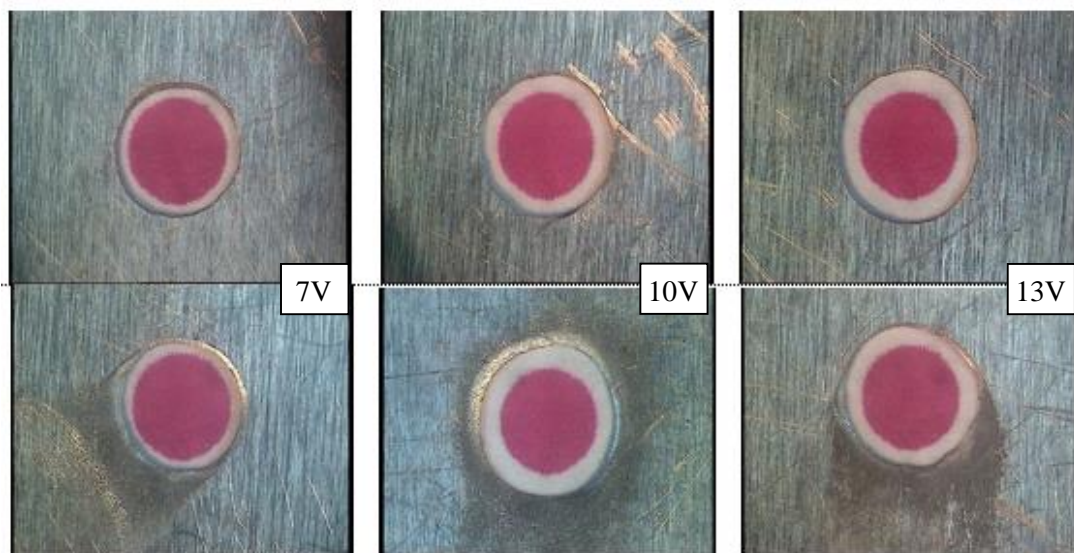


Gambar 4.4 Grafik pengaruh tegangan dan *gap* terhadap arus .



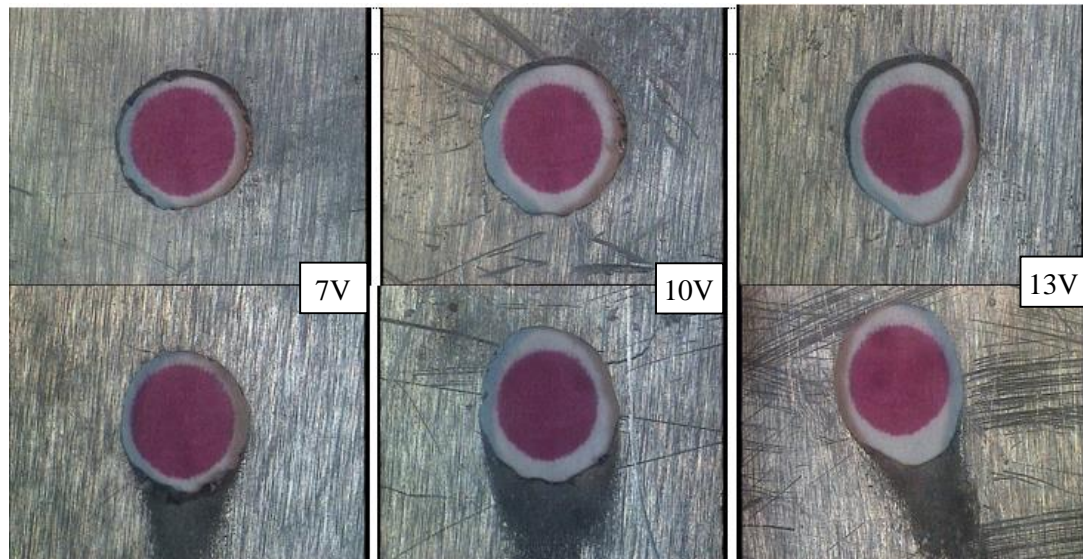
Gambar 4.5 Hasil pemesinan ECM Aluminium 1100 (a) tampak depan (b) tampak belakang

Dari gambar 4.6 dapat dilihat adanya perbedaan hasil pemesinan ECM antara bagian depan dan belakang benda kerja. Untuk hasil bagian depan cenderung lebih bagus dari pada belakang karena untuk bagian depan diberi isolasi sehingga pada waktu pemakanan mendekati hasil yang diinginkan. Sedangkan untuk bagian belakang terdapat seperti goresan berwarna hitam disekitar lubang hasil pemesinan yang diakibatkan oleh arah flushing air sewaktu pemesinan.



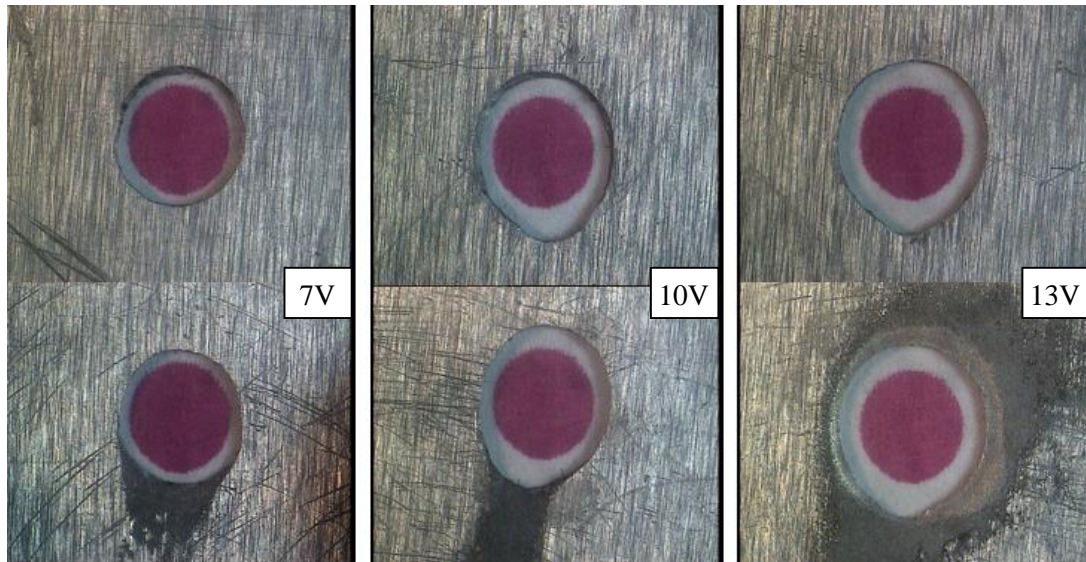
Gambar 4.6 Gambar hasil pemesinan ECM Aluminium 1100 dengan tegangan 7,10, dan 13 pada *gap* 0,5 mm dalam waktu 186 detik bagian depan (atas), bagian belakang (bawah)

Dari gambar 4.6 dapat dilihat adanya perbedaan hasil pemesinan ECM antara bagian depan dan belakang benda kerja baik untuk tegangan 7, 10, maupun 13 volt. Sedangkan hasil bagian depan cenderung lebih bagus dari pada belakang karena untuk bagian depan diberi isolasi sehingga pada waktu pemakanan mendekati hasil yang diinginkan. Untuk bagian belakang terdapat seperti goresan berwarna hitam disekitar lubang hasil pemesinan yang diakibatkan oleh arah flushing air sewaktu pemesinan. Untuk benda kerja hasil pemesinan yang hampir sesuai dengan yang diinginkan yaitu seperti gambar tampak depan tegangan 7 volt.



Gambar 4.7 Gambar hasil pemesinan ECM Aluminium 1100 dengan tegangan 7,10, dan 13 pada *gap* 0,75 mm dalam waktu 186 detik bagian depan (atas), bagian belakang (bawah)

Dari gambar 4.7 dapat dilihat adanya perbedaan hasil pemesinan ECM antara bagian depan dan belakang benda kerja baik untuk tegangan 7, 10, maupun 13 volt. Sedangkan hasil bagian depan cenderung lebih bagus dari pada belakang karena untuk bagian depan diberi isolasi sehingga pada waktu pemakanan mendekati hasil yang diinginkan. Untuk bagian belakang terdapat seperti goresan berwarna hitam disekitar lubang hasil pemesinan yang diakibatkan oleh arah flushing air sewaktu pemesinan. Untuk benda kerja hasil pemesinan yang hampir sesuai dengan yang diinginkan yaitu seperti gambar tampak depan tegangan 7 volt dan hasil pemesinan yang paling menjauhi hasil yang diinginkan yaitu pada tegangan 13 volt.



Gambar 4.8 Gambar hasil pemesinan ECM Aluminium 1100 dengan tegangan 7,10, dan 13 serta *gap* 1 mm dalam waktu 186 detik bagian depan (atas), bagian belakang (bawah)

Dari gambar 4.8 dapat dilihat adanya perbedaan hasil pemesinan ECM antara bagian depan dan belakang benda kerja baik untuk tegangan 7, 10, maupun 13 volt. Sedangkan hasil bagian depan cenderung lebih bagus dari pada belakang karena untuk bagian depan diberi isolasi sehingga pada waktu pemakanan mendekati hasil yang diinginkan. Untuk bagian belakang terdapat seperti goresan berwarna hitam disekitar lubang hasil pemesinan yang diakibatkan oleh arah flushing air sewaktu pemesinan. Untuk benda kerja hasil pemesinan yang hampir sesuai dengan yang diinginkan yaitu seperti gambar tampak depan tegangan 7 volt dan untuk hasil pemesinan yang pling menjauhi hasil yang diinginkan terlihat pada gambar belakang 13 volt yaitu terdapat banyak goresan disekitar lubang hasil pemesinan.

4.3 Hasil Perhitungan Data dan Pembahasan

4.3.1 Hasil Perhitungan *Material Removal Rate* (MRR)

Pengujian MRR berfungsi untuk mengetahui massa benda kerja (*workpiece*) yang terbuang per satuan waktu. Penggunaan variasi tegangan dan jarak celah (*gap*),

antara elektroda (*tool*) dengan benda kerja akan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap hasil MRR benda kerja.

Pada penelitian ini *tool* yang digunakan adalah *tool* kuningan. Input *power supply* (*unregulated*) yang digunakan pada mesin ECM *portable* dengan tegangan 7, 10, 13 *volt*. Pemesinan dilakukan dengan memvariasikan jarak antara *tool* dan benda kerja (*gap*) yaitu 0,5 mm, 0,75 mm, 1 mm. Dengan rata-rata arus listrik yang keluar adalah 0,2 – 1,6 A. Contoh perhitungan MRR benda kerja aluminium dengan pemesinan statis dan *tool* elektroda kuningan pada konsentrasi NaCl 15% dari Persamaan 3.3 adalah sebagai berikut.

Diket:

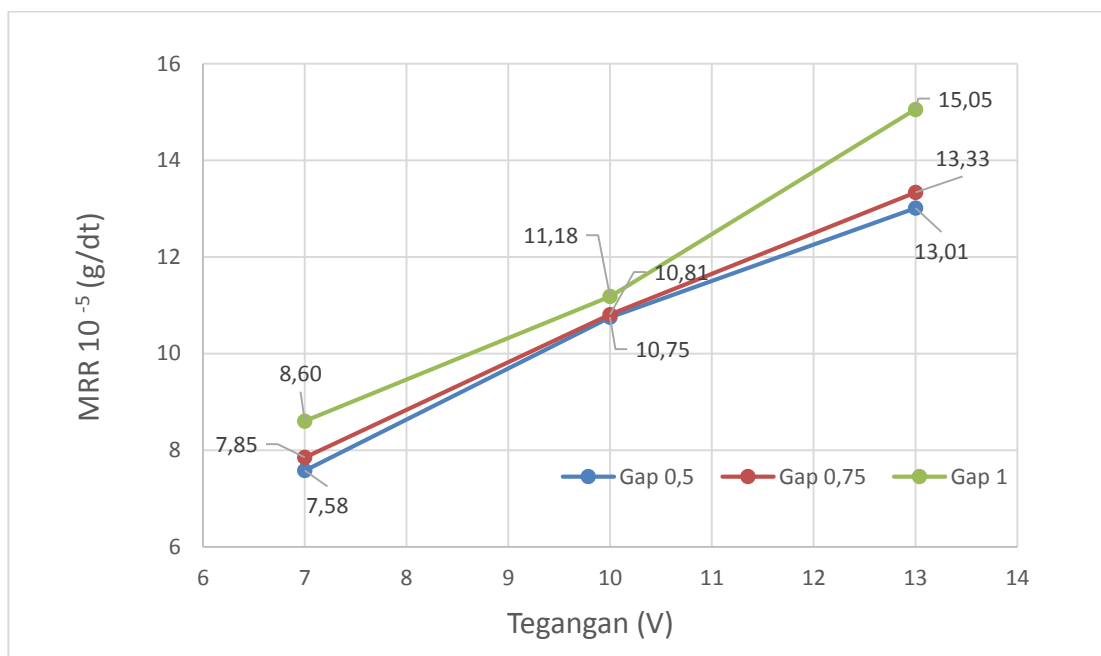
Material aluminium 1100 pada tegangan 7 volt dengan *gap* 0,5 mm

$$\begin{aligned}
 m_o &= 1,7686 \text{ gr} \\
 m_t &= 1,7545 \text{ gr} \\
 t &= 186 \text{ dtk} \\
 \text{MRR} &= \frac{m_o - m_t}{t} \\
 &= \frac{1,7686 \text{ gr} - 1,7545 \text{ gr}}{186 \text{ dtk}} \\
 &= 7,581 \times 10^{-5} \text{ gr/dtk}
 \end{aligned}$$

Seluruh perhitungan MRR hasil pemesinan benda kerja dengan variasi jarak celah (*gap*) dapat dilihat pada Tabel 4.2, dari Tabel 4.2 maka didapatkan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.7.

Tabel 4.2 MRR hasil pemesinan pada material aluminium 1100

No	Gap (mm)	Tegangan (volt)	M _o (g)	M _t (g)	$\Delta m = M_o - M_t$	t (dt)	MRR (g/dt)
1	0,5	7	1,7686	1,7545	0,0141	186	7,581,E-05
2	0,75		2,0173	2,0027	0,0146	186	7,849,E-05
3	1		1,8628	1,8468	0,016	186	8,602,E-05
4	0,5	10	1,8608	1,8408	0,02	186	1,075,E-04
5	0,75		1,9295	1,9094	0,0201	186	1,081,E-04
6	1		1,8748	1,854	0,0208	186	1,118,E-04
7	0,5	13	1,8825	1,8583	0,0242	186	1,301,E-04
8	0,75		1,7768	1,752	0,0248	186	1,333,E-04
9	1		1,857	1,829	0,028	186	1,505,E-04

Gambar 4.9 Grafik pengaruh tegangan dan jarak celah (*gap*) terhadap nilai MRR pada material aluminium 1100

Dari gambar 4.9 dapat dilihat pengaruh jarak celah (*gap*) antara elektroda dengan benda kerja terhadap MRR benda kerja aluminium 1100, dimana semakin besar jarak celah (*gap*) maka semakin besar MRR yang dihasilkan pada proses pemesinan ECM. Begitu juga dengan tegangan, semakin besar tegangan yang digunakan maka MRR nya juga akan semakin besar. Untuk nilai MRR pada material aluminium 1100 yang terbesar yaitu benda kerja hasil pemesinan dengan variasi *gap* 1 mm yaitu sebesar $1,505 \times 10^{-4}$ gr/dt.. Material aluminium 1100 membutuhkan waktu pemesinan selama 186 detik, dengan konsentrasi elektrolit yang sama tiap pemesinan.

4.3.2 Hasil Pengukuran *Overcut*

Hasil *overcut* sendiri bertujuan untuk mengetahui penyimpangan yang terjadi pada hasil pemesinan yaitu adanya perbedaan diameter *tool* dengan diameter hasil pemesinan. Penggunaan variasi tegangan dan jarak celah (*gap*) antara elektroda (*tool*) dengan benda kerja akan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap hasil *overcut* benda kerja. Untuk mengetahui *overcut* yang timbul dari hasil pemesinan, penggunaan aplikasi *software imageJ* sangatlah penting. Contoh perhitungan *overcut* benda kerja aluminium dengan pemesinan statis dan *tool* elektroda kuningan pada konsentrasi NaCl 15% dari Persamaan 2.14 adalah sebagai berikut :

Material aluminium 1100 pada tegangan 7 volt dengan *gap* 0,5 mm pada bagian depan

$$D_2 = 12,656 \text{ mm}^2 \quad \text{dimana, } D_2 \text{ adalah area hasil pemesinan}$$

$$D_0 = 7,564 \text{ mm}^2 \quad D_0 \text{ adalah area } \textit{tool}$$

Ditanyakan:

$$d_2 = \dots \text{ mm}$$

$$d_0 = \dots \text{ mm}$$

$$O_c = \dots \text{ mm}$$

Penyelesaian:

$$d_2 = \sqrt{\frac{D_2}{3,14/4}} \quad d_0 = 3 \text{ mm}$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{15,725}{3,14/4}}$$

$$d_2 = 4,475 \text{ mm}$$

Maka nilai *overcut* benda kerja aluminium 1100 adalah:

$$O_c = d_2 - d_0$$

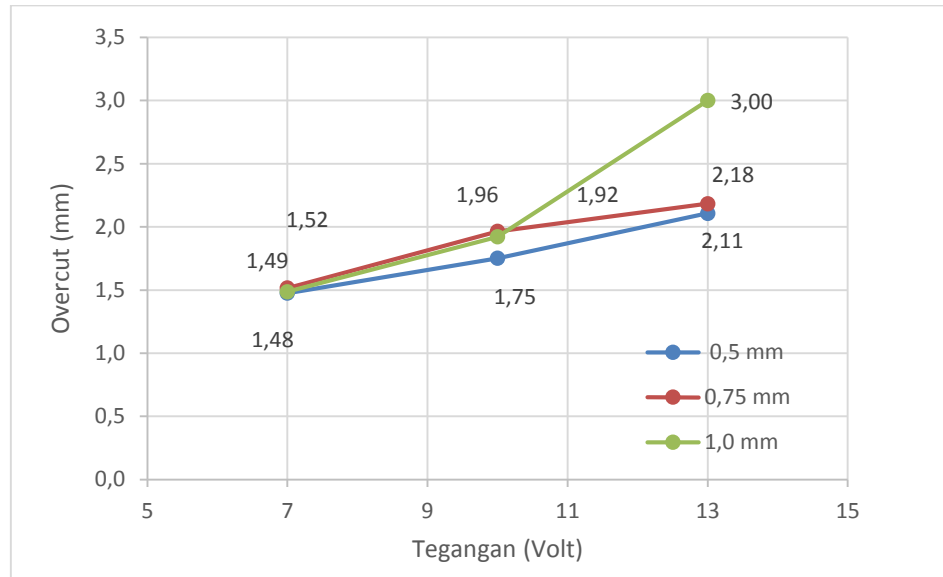
$$O_c = 4,475 \text{ mm} - 3 \text{ mm}$$

$$O_c = 1,48 \text{ mm}$$

Untuk hasil *overcut* bagian belakang dapat dilihat pada tabel 4.3, sedangkan grafik dari tabel 4.3 ditunjukkan oleh gambar 4.10.

Tabel 4.3 *Overcut* hasil pemesinan pada material aluminium 1100

No	Tegangan (volt)	Gap (mm)	Area Hasil Pemesinan (mm ²)	Area Tool (mm ²)	Present ase Area (%)	d ₂ (mm)	d ₀ (mm)	<i>Overcut</i> , Oc (mm)
1	7	0,5	15,725	7,068	1,078	4,475	3	1,48
2	10		17,719	7,068	1,342	4,751	3	1,75
3	13		20,479	7,068	1,707	5,107	3	2,11
4	7	0,75	16,013	7,068	1,117	4,516	3	1,52
5	10		19,347	7,068	1,557	4,964	3	1,96
6	13		21,094	7,068	1,788	5,183	3	2,18
7	7	1	15,803	7,068	1,089	4,486	3	1,49
8	10		19,008	7,068	1,512	4,920	3	1,92
9	13		28,262	7,068	2,736	6,000	3	3,00

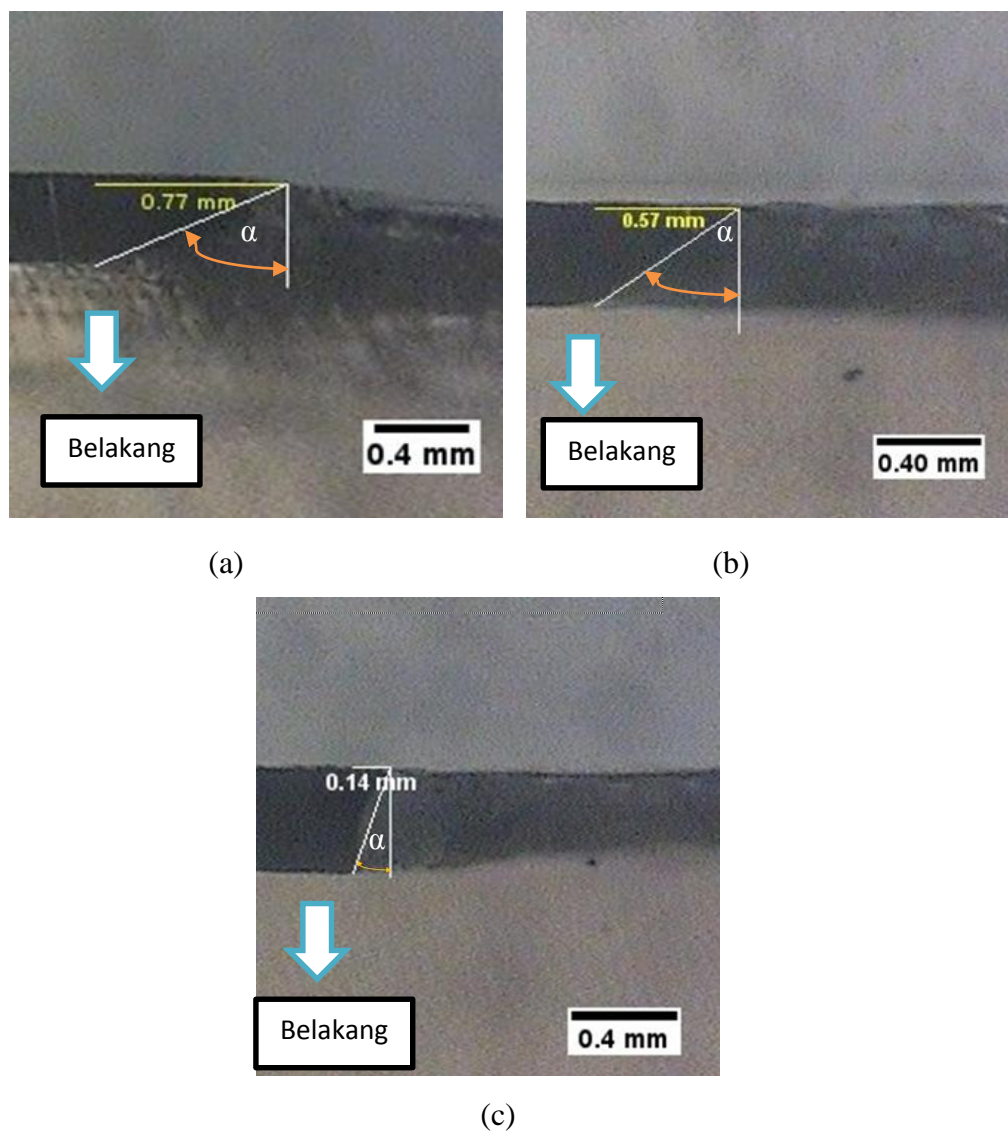


Gambar 4.10 Pengaruh tegangan dan *gap* terhadap nilai *Overcut* pada material aluminium 1100 bagian belakang.

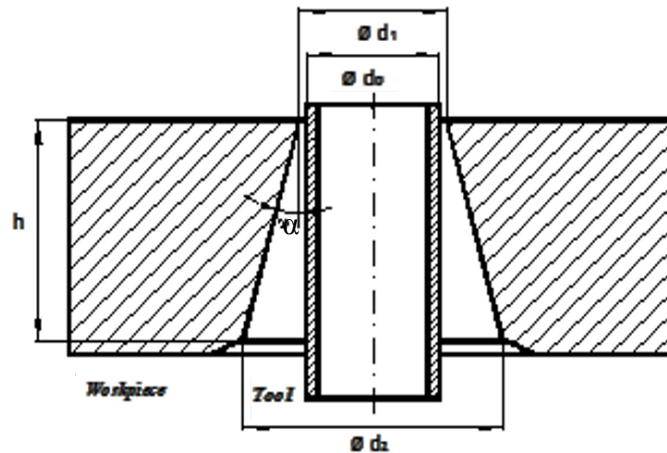
Dari gambar 4.10 diatas menjelaskan bahwa semakin besar jarak celah (*gap*) maka semakin besar *overcut* yang dihasilkan pada proses pemesinan ECM dengan variasi tegangan 7, 10, 13. *Gap* yang lebih besar akan membuat proses pemakanan benda kerja semakin cepat apalagi ditambah dengan tegangan yang lebih besar maka proses pemakanannya pun akan lebih cepat juga. Begitu juga dengan bagian benda kerja yang tidak terisolasi akan mengalami *overcut* yg lebih besar dibandingkan benda kerja yang diisolasi. Untuk nilai *overcut* pada material aluminium 1100 yang terbesar yaitu benda kerja hasil pemesinan bagian belakang dengan variasi *gap* 1 mm dan tegangan 1 volt yaitu sebesar 3,0 mm. Untuk *overcut* pada bagian depan terlampir.

4.3.3 Hasil Pengukuran Ketirusan

Pengujian ketirusan dilakukan untuk mengetahui perbedaan diameter permukaan benda kerja bagian depan dan bagian belakang yang mengalami pelebaran ataupun penyempitan. Untuk hasil foto makro ketirusan dapat dilihat pada gambar 4.11 dan untuk arah ketirusannya pada gambar 4.12.



Gambar 4.11 foto makro ketirusan (a) tegangan 10 volt *gap* 0,5 mm, (b) tegangan 10 volt *gap* 0,75mm, (c) tegangan 10 volt *gap* 1 mm



Gambar 4.12 Arah ketirusan benda kerja

Dari gambar 4.11 diatas menjelaskan bahwa panjang hasil ketirusan yang dihasilkan berbeda-beda. Pada tegangan 10 volt *gap* 1 mm memiliki panjang ketirusan yang pendek dikarenakan jarak *gap* yang lebih besar membuat *overcut* tidak hanya terjadi dibagian belakang benda kerja saja namun juga pada bagian depan benda kerja, sedang untuk arah ketirusannya lebih condong kebagian belakang benda kerja yang tidak tidak terisolasi.

Sedangkan contoh perhitungan ketirusan benda kerja aluminium dengan pemesinan statis dan *tool* elektroda kuningan pada konsentrasi NaCl 15% dari persamaan 2.15 adalah sebagai berikut :

Material aluminium 1100 pada tegangan 7 volt dengan *gap* 0,5 mm

$$D_2 = 4,51649 \text{ mm}^2$$

$$D_1 = 7,564 \text{ mm}^2$$

$$h = 0,4$$

dimana,

D_2 adalah diameter hasil drilling ECM bagian depan *workpiece*, milimeter (mm)

D_1 adalah area diameter hasil drilling ECM bagian belakang *workpiece*, milimeter (mm)

h adalah ketebalan *workpice*, milimeter (mm)

Ditanyakan:

$$\alpha = \dots\dots\dots (\text{°})$$

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

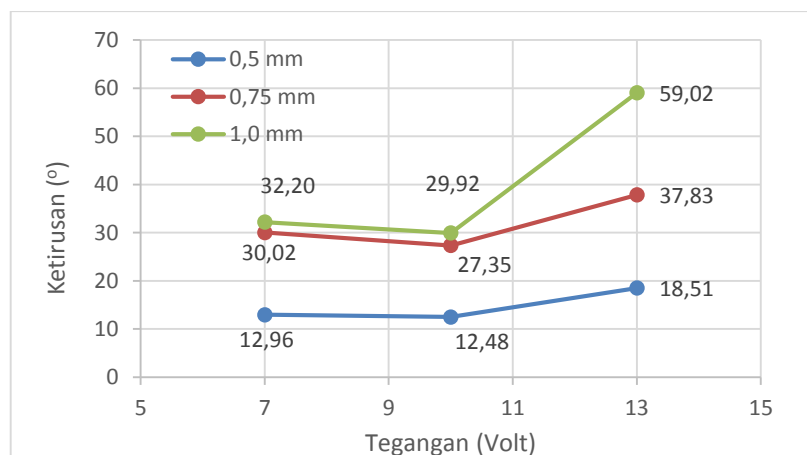
$$\alpha = \tan^{-1} \left[\frac{4,51649 - 4,05425}{2,0,4} \right]$$

$$\alpha = 30,02 \text{ °}$$

Untuk hasil perhitungan ketirusan dapat dilihat pada tabel 4.4, kemudian disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 4.13.

Tabel 4.4 Ketirusan hasil pemesinan pada material aluminium 1100

Percobaan	GAP (mm)	Tegangan (v)	d2 (mm)	d1 (mm)	h (mm)	Ketirusan (°)
1	0,5	7	4,48	4,02	0,4	12,96
2		10	4,75	4,31	0,4	12,48
3		13	5,11	4,44	0,4	18,51
4	0,75	7	4,52	4,05	0,4	30,02
5		10	4,96	4,55	0,4	27,35
6		13	5,18	4,56	0,4	37,83
7	1	7	4,49	3,98	0,4	32,20
8		10	4,92	4,51	0,4	27,11
9		13	6,00	4,67	0,4	59,02



Gambar 4.13 Grafik pengaruh tegangan dan *gap* terhadap ketirusan

Dari gambar 4.13 grafik menjelaskan bahwa semakin besar jarak celah (*gap*) dengan variasi tegangan 7, 10, 13 maka pemakanan yang dihasilkan tidak merata tetapi ketirusannya akan condong ke arah benda kerja yang tidak diisolasi. *Gap* yang lebih besar membuat arus akan menyebar kesamping permukaan material dan menyebabkan hasil pemesinan yang tidak merata sehingga didapatkan hasil ketirusan yang berbeda-beda. Untuk nilai ketirusan pada material aluminium 1100 yang terbesar yaitu benda kerja hasil pemesinan dengan variasi *gap* 1 mm dan tegangan 13 volt yaitu sebesar 59,02 °.

4.4 Pembahasan

Pengaruh tegangan dan jarak celah (*gap*) antara elektroda dengan benda kerja terhadap MRR aluminium 1100, dimana semakin besar tegangan dan *gap* maka MRR yang dihasilkan juga semakin besar. Besarnya tegangan dan *gap* juga berpengaruh pada besarnya arus yang mengalir pada saat pemesinan, semakin besar tegangan dan *gap* maka arus maksimal yang dicapai pada proses pemesinan juga semakin besar. Material aluminium 1100 membutuhkan waktu pemesinan selama 186 detik, dengan konsentrasi elektrolit yang sama tiap pemesinan. Waktu pemesinan pun mempengaruhi nilai MRR, dan *overcut*. Semakin lama waktu pemesinan lubang yang dihasilkan semakin besar dari lubang yang diinginkan, serta semakin banyak pengurangan massa benda kerja. Seperti pada penelitiannya (Permana, 2012) yang menjelaskan bahwa besarnya MRR yang terjadi pada benda kerja berbanding lurus dengan besarnya *feed rate* yang digunakan saat pemesinan berlangsung.

Nilai *overcut* yang dihasilkan pada proses pemesinan ECM dengan variasi tegangan 7, 10, 13 juga dipengaruhi oleh besarnya *gap* yang digunakan. *Gap* yang lebih besar akan membuat proses pemakanan benda kerja semakin cepat apalagi ditambah dengan tegangan yang lebih besar maka proses pemakanannya pun akan lebih cepat juga. Begitu juga dengan bagian benda kerja yang tidak terisolasi akan mengalami *overcut* yang lebih besar dibandingkan bagian benda kerja yang diisolasi dan ketirusannya akan condong ke arah benda kerja yang tidak diisolasi.