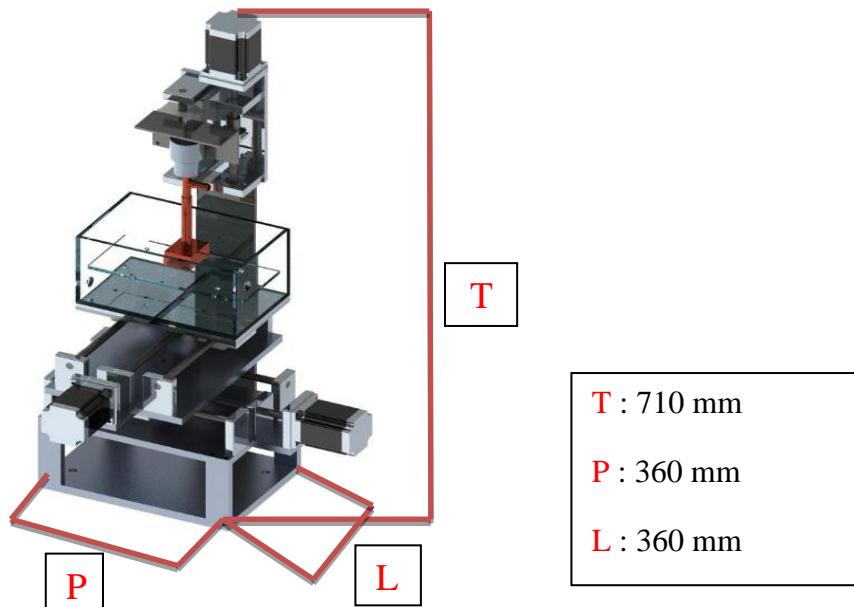


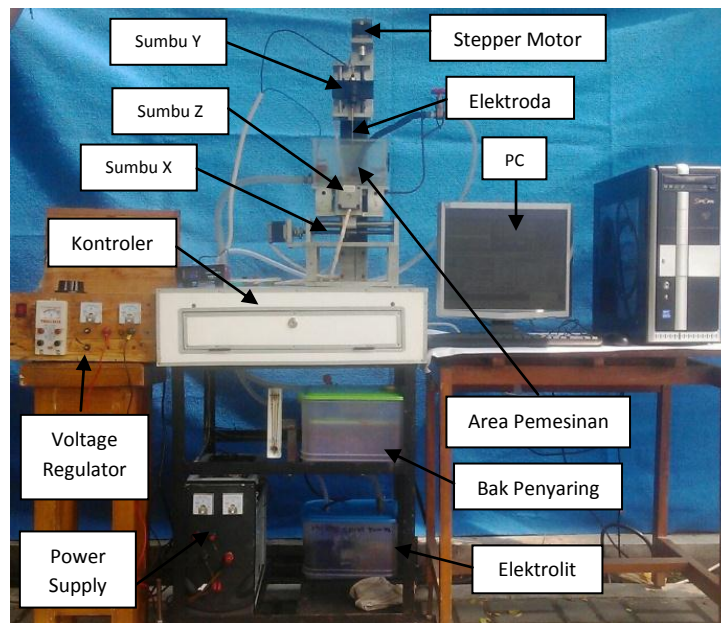
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Mesin ECM *Portable*

Mesin ECM *portable* yang digunakan untuk pengujian *drilling* material *stainless steel* 304 dan aluminium 1100 ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Mesin ECM *portable*



Gambar 4.2 *Sett up* ECM *portable* yang digunakan dalam penelitian

4.2 Hasil Pemesinan ECM

Hasil proses pemesinan ECM dapat dilihat pada tabel di bawah ini dengan ketebalan benda kerja *stainless steel* 304 dan aluminium 1100 yaitu 0,4 mm dan menggunakan *tool* terisolasi. Proses pemesinan secara detail terdapat di lampiran 1.

Tabel 4.1 Hasil proses pemesinan ECM material *stainless steel* 304 dengan *flow rate* 3 lpm

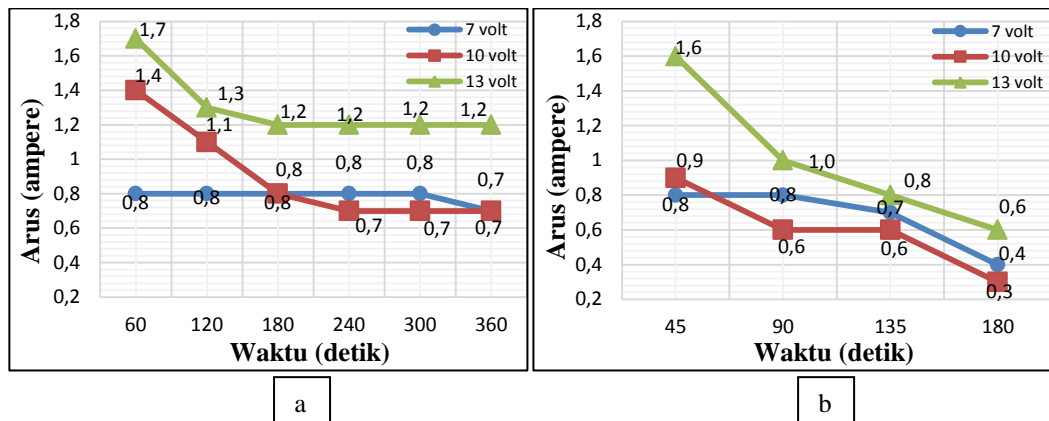
No	Tegangan (volt)	Arus (min-max) (ampere)	Gap (mm)	Waktu (detik)	Tool Speed (mm/dt)	Keterangan
1	7	0,3 – 0,6	0,5	193	0,1/45	Belum berlubang, <i>flash</i> dari atas
2	7	0,3 – 1,2	0,5	186	0,1/45	Belum berlubang, <i>flash</i> dari atas
3	7	0,8	0,5	186	0,1/45	Hampir berlubang, <i>flash</i> dari atas
4	7	0,7 – 0,8	0,5	371	0,05/60	Berlubang, <i>flash</i> dari atas
5	10	0,7 – 1,4	0,5	371	0,05/60	Berlubang, <i>flash</i> dari atas
6	13	1,2 – 1,7	0,5	371	0,05/60	Berlubang, <i>flash</i> dari atas
7	7	0,5 – 0,8	0,75	371	0,05/60	Berlubang, <i>flash</i> dari atas
8	10	0,6 – 1,3	0,75	371	0,05/60	Berlubang, <i>flash</i> dari atas
9	13	0,8 – 1,5	0,75	371	0,05/60	Berlubang, <i>flash</i> dari atas
10	7	0,5 – 0,9	1	371	0,05/60	Berlubang, <i>flash</i> dari atas
11	10	0,6 – 1,3	1	371	0,05/60	Berlubang, <i>flash</i> dari atas
12	13	0,6 – 1,3	1	371	0,05/60	Berlubang, <i>flash</i> dari atas

Pada Tabel 4.1 menjelaskan bahwa proses pemesinan menggunakan elektroda terisolasi membutuhkan waktu yang cukup lama yakni 371 detik agar material menghasilkan lubang. Benda kerja gagal berlubang disebabkan proses *tool speed* terlalu cepat dan pemakanannya banyak, sehingga elektroda menempel pada material yang mengakibatkan arus menurun.

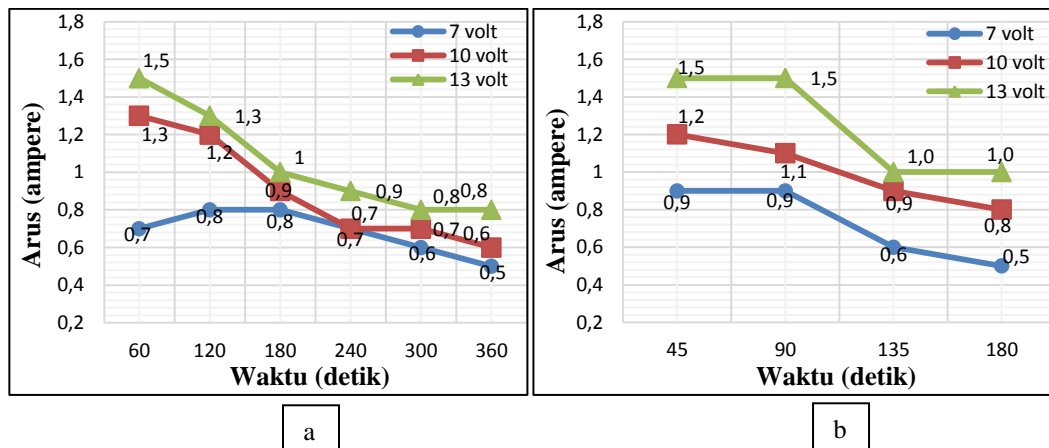
Tabel 4.2 Hasil proses pemesinan ECM material aluminium 1100 dengan *flow rate* 3 lpm

No	Tegangan (volt)	Arus (min-max) (ampere)	Gap (mm)	Waktu (detik)	Tool Speed (mm/dt)	Keterangan
1	7	0,4 – 0,8	0,5	193	0,1/45	Berlubang, <i>flash</i> dari atas
2	10	0,3 – 0,9	0,5	193	0,1/45	Berlubang, <i>flash</i> dari atas
3	13	0,6 – 1,6	0,5	193	0,1/45	Berlubang, <i>flash</i> dari atas
4	7	0,5 – 0,9	0,75	193	0,1/45	Berlubang, <i>flash</i> dari atas
5	10	0,8 – 1,2	0,75	193	0,1/45	Berlubang, <i>flash</i> dari atas
6	13	1,0 – 1,2	0,75	193	0,1/45	Berlubang, <i>flash</i> dari atas
7	7	0,6 – 1,0	1	193	0,1/45	Berlubang, <i>flash</i> dari atas
8	10	0,7 – 1,0	1	193	0,1/45	Berlubang, <i>flash</i> dari atas
9	13	1,0 – 1,4	1	193	0,1/45	Berlubang, <i>flash</i> dari atas

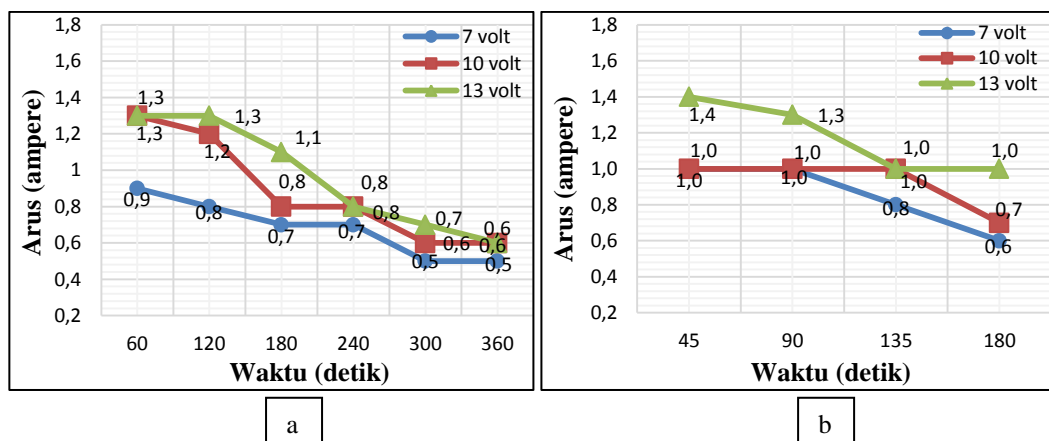
Pada Tabel 4.2 proses pemesinan dengan material aluminium waktu yang dibutuhkan lebih cepat dibandingkan *stainless steel* yakni hanya membutuhkan waktu 193 detik untuk menghasilkan lubang. Elektroda turun 0,1 mm tiap 45 detik.



Gambar 4.3 Grafik pengaruh besarnya arus terhadap waktu pemesinan dengan gap 0.5 mm pada material: (a) stainless steel 304, (b) aluminium 1100

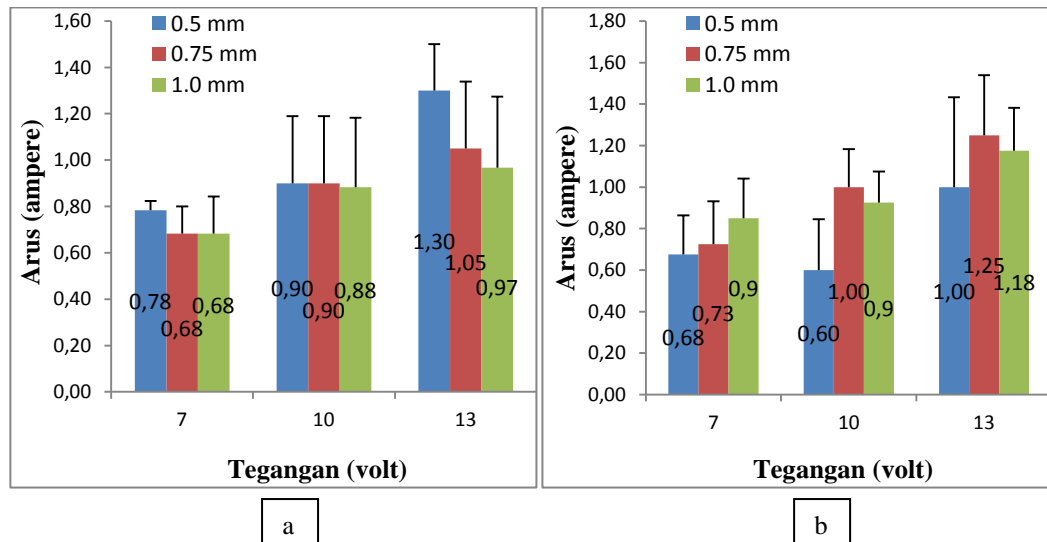


Gambar 4.4 Grafik pengaruh besarnya arus terhadap waktu pemesinan dengan gap 0.75 mm pada material: (a) stainless steel 304, (b) aluminium 1100



Gambar 4.5 Grafik pengaruh besarnya arus terhadap waktu pemesinan dengan gap 1 mm pada material: (a) stainless steel 304, (b) aluminium 1100

Gambar 4.3, 4.4, dan 4.5 merupakan grafik hubungan waktu dengan arus. Pada gambar tersebut dapat dilihat semakin lama waktu pemesinan maka arus akan turun, hal ini dikarenakan ketika proses pemakanan mendekati selesai (berlubang) maka tidak ada lagi kontak *tool* dengan benda kerja sehingga arus yang keluar akan semakin kecil.



Gambar 4.6 Grafik besar arus rata-rata pada material: (a) *stainless steel* 304, (b) aluminium 1100

4.3 Hasil Perhitungan Data dan Pembahasan

4.3.1 Hasil Perhitungan *Material Removal Rate* (MRR)

Pengujian MRR dilakukan 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, 0,75, 1 mm. Dengan rata-rata arus listrik yang keluar adalah 0,3 – 1,7 A. Contoh perhitungan MRR benda kerja *stainless steel* 304 dan aluminium dengan pemesinan statis dan *tool* elektroda kuningan pada konsentrasi NaCl 15% dari persamaan 3.12 adalah sebagai berikut.

Diketahui:

Material *stainless steel* 304 pada *gap* 0,5 mm dan tegangan 7 volt

$$m_o = 5,8402 \text{ gram}$$

$$m_t = 5,7588 \text{ gram}$$

$$t = 371 \text{ detik}$$

$$\rho = 7,93 \text{ g/cm}^3 = 7930 \text{ g/mm}^3$$

dimana, m_o adalah massa awal benda kerja

m_t adalah massa akhir benda kerja

t adalah waktu pemesinan

ρ adalah massa jenis material

$$\begin{aligned} \text{MRR} &= \frac{m_o - m_t}{\rho \cdot t} \\ &= \frac{5,8402 \text{ gr} - 5,7588 \text{ gr}}{7930 \text{ g/mm}^3 \cdot 371 \text{ dtk}} \\ &= 2,77 \times 10^{-2} \text{ mm}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

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

$$m_o = 2,0021 \text{ gram}$$

$$m_t = 1,9769 \text{ gram}$$

$$t = 193 \text{ detik}$$

$$\rho = 2,699 \text{ g/cm}^3 = 2699 \text{ g/mm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{MRR} &= \frac{m_o - m_t}{\rho \cdot t} \\ &= \frac{2,0021 \text{ gr} - 1,9769 \text{ gr}}{2699 \text{ g/mm}^3 \cdot 193 \text{ dtk}} \\ &= 4,84 \times 10^{-2} \text{ mm}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

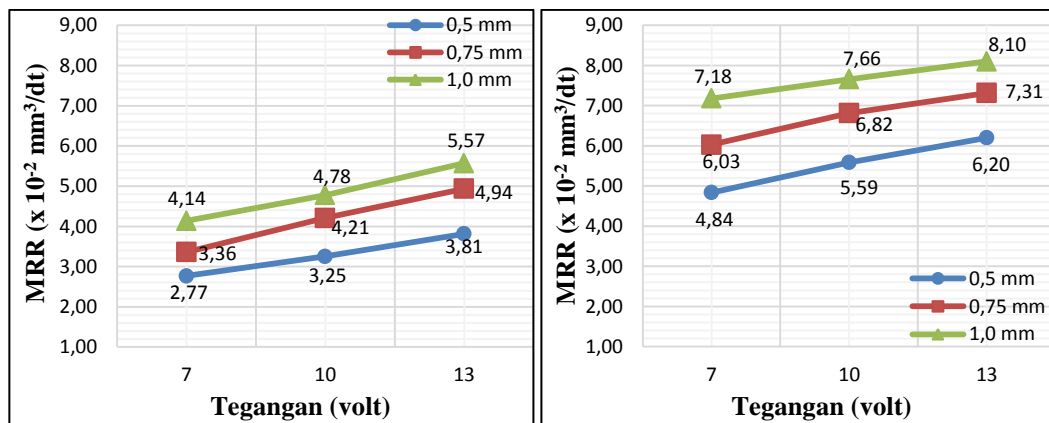
Seluruh perhitungan MRR hasil pemesinan benda kerja dengan variasi jarak celah (*gap*) dapat dilihat pada Tabel 4.3, Tabel 4.4, dan ditunjukkan oleh Gambar 4.7 Grafik MRR.

Tabel 4.3 Perhitungan MRR pada material *stainless steel* 304

No	Tegangan (volt)	Arus (min-max) (ampere)	Gap (mm)	MRR (g/dt)	MRR (mm ³ /dt)
1	7	0,7-0,8	0,5	$2,19 \times 10^{-4}$	$2,77 \times 10^{-2}$
2		0,5-0,8	0,75	$2,67 \times 10^{-4}$	$3,25 \times 10^{-2}$
3		0,5-0,9	1	$3,28 \times 10^{-4}$	$3,81 \times 10^{-2}$
4	10	0,7-1,4	0,5	$2,58 \times 10^{-4}$	$3,36 \times 10^{-2}$
5		0,6-1,3	0,75	$3,34 \times 10^{-4}$	$4,21 \times 10^{-2}$
6		0,6-1,3	1	$3,79 \times 10^{-4}$	$4,94 \times 10^{-2}$
7	13	1,2-1,7	0,5	$3,02 \times 10^{-4}$	$4,14 \times 10^{-2}$
8		0,8-1,5	0,75	$3,92 \times 10^{-4}$	$4,78 \times 10^{-2}$
9		0,6-1,3	1	$4,42 \times 10^{-4}$	$5,57 \times 10^{-2}$

Tabel 4.4 Hasil perhitungan MRR pada material aluminium 1100

No	Tegangan (volt)	Arus (min-max) (ampere)	Gap (mm)	MRR (g/dt)	MRR (mm ³ /dt)
1	7	0,4-0,8	0,5	$1,31 \times 10^{-4}$	$4,84 \times 10^{-2}$
2		0,5-0,9	0,75	$1,63 \times 10^{-4}$	$5,59 \times 10^{-2}$
3		0,6-1,0	1	$1,94 \times 10^{-4}$	$6,20 \times 10^{-2}$
4	10	0,3-0,9	0,5	$1,51 \times 10^{-4}$	$6,03 \times 10^{-2}$
5		0,8-1,2	0,75	$1,84 \times 10^{-4}$	$6,82 \times 10^{-2}$
6		0,7-1,0	1	$2,07 \times 10^{-4}$	$7,31 \times 10^{-2}$
7	13	0,6-1,6	0,5	$1,67 \times 10^{-4}$	$7,18 \times 10^{-2}$
8		1,0-1,5	0,75	$1,97 \times 10^{-4}$	$7,66 \times 10^{-2}$
9		1,0-1,4	1	$2,19 \times 10^{-4}$	$8,10 \times 10^{-2}$

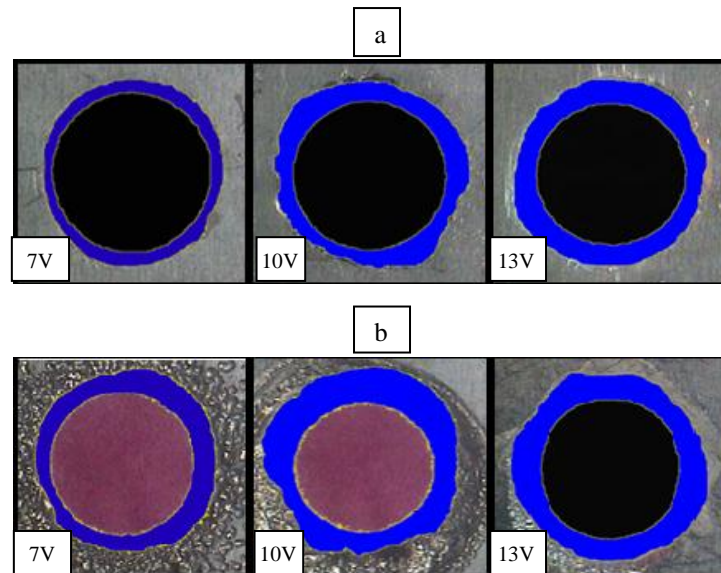
Gambar 4.7 Grafik pengaruh tegangan dan *gap* terhadap nilai MRR pada material:(a) *stainless steel* 304, (b) aluminium 1100

Dari data yang disajikan oleh Tabel 4.3 dan Tabel 4.4, Gambar 4.7 dapat dilihat pengaruh jarak celah (*gap*) antara elektroda dengan benda kerja terhadap MRR benda kerja *stainless steel* 304 dan aluminium 1100. Pada Gambar 4.7 besar jarak celah (*gap*) berbanding lurus terhadap nilai MRR baik material *stainless steel* 304 maupun aluminium 1100, dimana semakin besar jarak celah (*gap*) dan tegangan, maka semakin besar MRR yang dihasilkan pada proses pemesinan ECM dengan variasi tegangan 7, 10, 13 volt. Hal ini dikarenakan muatan listrik meningkat ketika tegangan ditingkatkan, dan arus yang keluar juga semakin besar. 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 $5,57 \times 10^{-2} \text{ mm}^3/\text{dt}$. Sedangkan nilai MRR pada material aluminium 1100 yang terbesar yaitu benda kerja hasil pemesinan dengan variasi *gap* 1 mm yaitu sebesar $8,10 \times 10^{-2} \text{ mm}^3/\text{dt}$. Massa benda dari material dibagi dengan massa jenis masing-masing material agar bisa dibandingkan satu sama lain. Massa jenis *stainless steel* 304 yaitu $7,93 \text{ g/cm}^3$, sementara massa jenis aluminium sebesar $2,699 \text{ g/cm}^3$. Proses pemesinan pada material *stainless steel* 304 membutuhkan waktu selama 371 detik, sementara pada material aluminium 1100 membutuhkan waktu pemesinan selama 193 detik, dengan konsentrasi elektrolit yang sama tiap pemesinan.

4.3.2 Hasil Pengukuran *Overcut*

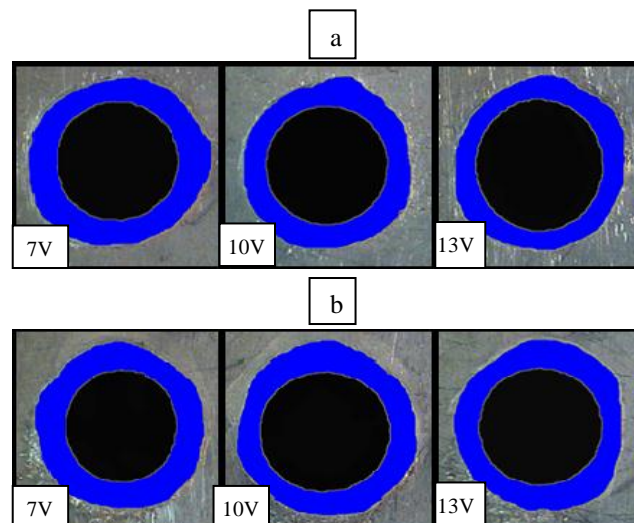
Pengujian *overcut* dilakukan untuk mengetahui perbedaan diameter hasil pemesinan dengan diameter tool pada permukaan benda kerja bagian depan dan bagian belakang. Penggunaan variasi tegangan dan jarak celah (*gap*) antara elektroda (*tool*) dengan benda kerja akan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap hasil *overcut* benda kerja.

Sebelum menghitung *overcut*, luas area diameter hasil pemesinan dan diameter tool harus dicari terlebih dahulu menggunakan *software ImageJ* seperti langkah-langkah yang sudah dijelaskan di bab sebelumnya. Di bawah ini merupakan hasil foto makro yang telah diolah menggunakan *ImageJ*.



Gambar 4.8 Hasil *overcut* material *stainless steel* 304 dengan *gap* 0,5 mm dan waktu pemesinan 371 detik, (a) bagian depan, (b) bagian belakang

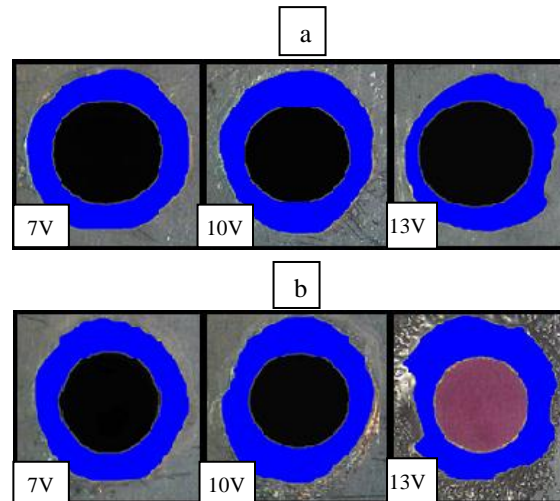
Pada Gambar 4.8 merupakan hasil pemesinan ECM yang sukses (berlubang). Material tanpa stiker di bagian belakang terdapat kerak pada permukaan tersebut dikarenakan adanya bekas percikan dari elektrolit selama pemesinan. Lubang yang terlalu besar di bagian belakang disebabkan karena material tersebut tidak diisolasi dengan stiker.



Gambar 4.9 Hasil *overcut* material *stainless steel* 304 dengan *gap* 0,75 mm dan waktu pemesinan 371 detik, (a) bagian depan, (b) bagian belakang

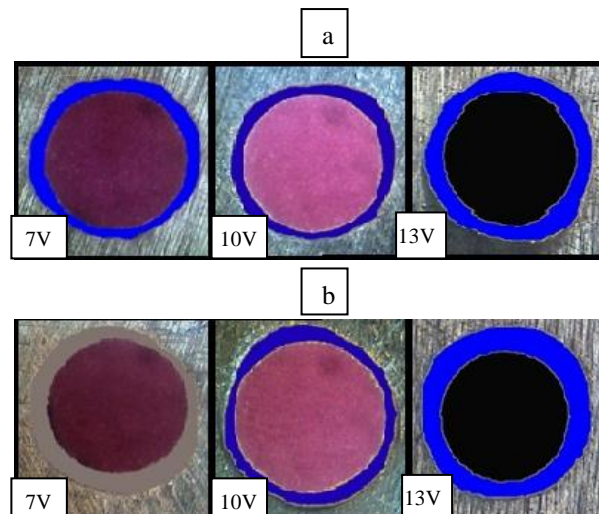
Pada Gambar 4.9 menjelaskan bahwa *gap* mempengaruhi hasil lubang pemesinan. Luas area *overcut* pada *gap* 0,75 mm lebih besar dibandingkan 0,5

mm, dan pada tampak belakang permukaan material terdapat kerak akibat dari percikan elektrolit. Lubang benda kerja bagian belakang membesar dari lubang yang diinginkan disebabkan tidak adanya stiker pada permukaan benda kerja bagian belakang.



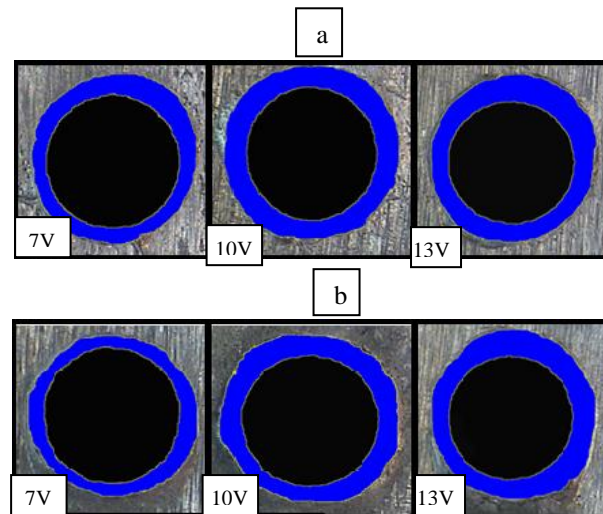
Gambar 4.10 Hasil *overcut* material *stainless steel* 304 dengan *gap* 1,0 mm dan waktu pemesinan 371 detik, (a) bagian depan, (b) bagian belakang

Gambar 4.10 menunjukkan bahwa material pada bagian depan maupun belakang, *overcut* yang dihasilkan lebih besar dibandingkan *gap* sebelumnya. Hal ini dikarenakan dengan waktu pemesinan yang sama, namun dengan *gap* yang berbeda mempengaruhi arus yang keluar, karena *tool* yang turun dari mulainya waktu pemesinan tersebut sudah terjadinya proses pemakanan.



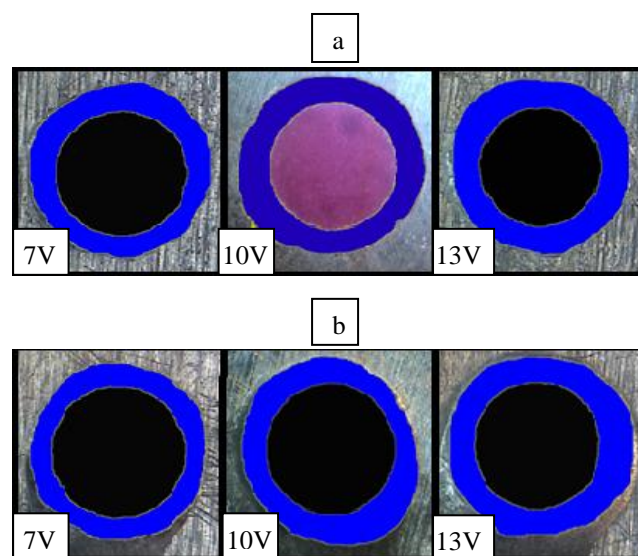
Gambar 4.11 Hasil *overcut* material aluminium 1100 dengan *gap* 0,5 mm dan waktu pemesinan 193 detik, (a) bagian depan, (b) gambar belakang

Gambar 4.11 menjelaskan *overcut* pada bagian belakang tidak terlalu besar dengan bagian depan, hal ini disebabkan karena waktu pemesinan cukup cepat yang akhirnya tidak adanya kelebihan percikan elektrolit.



Gambar 4.12 Hasil *overcut* material aluminium 1100 dengan *gap* 0,75 mm dan waktu pemesinan 193 detik, (a) bagian depan, (b) bagian belakang

Luas area *overcut* yang dihasilkan pada material dengan *gap* 0,75 tidak terlalu signifikan kenaikannya dibanding *gap* sebelumnya, hal ini disebabkan arus yang keluar selama proses pemesinan stabil, kerak yang menghitam tersebut dikarenakan material aluminium tidak tahan korosi, sehingga menyebabkan material tersebut berubah warna seperti terlihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.13 Hasil *overcut* material aluminium 1100 dengan *gap* 1,0 mm dan waktu pemesinan 193 detik, (a) bagian depan, (b) bagian belakang

Dari Gambar 4.13 menjelaskan bahwa semakin besar *gap* dan juga tegangan mempengaruhi luas area *overcut*. Ketika *tool* mulai bergerak turun, maka *tool* tersebut sudah mengeluarkan arus sehingga permukaan benda kerja pun sudah mulai terkikis oleh pergerakan *tool*.

Contoh perhitungan *overcut* benda kerja *stainless steel* 304 dan aluminium dengan pemesinan statis dan *tool* elektroda kuningan pada konsentrasi NaCl 15% dari persamaan 2.13 adalah sebagai berikut.

Diketahui:

Material *stainless steel* 304 pada tegangan 7 volt dengan *gap* 0,5 mm

$$d_2 = 4,001 \text{ mm}^2$$

$$d_0 = 3 \text{ mm}^2$$

dimana, d_2 adalah diameter belakang

d_0 adalah diameter tool

Ditanyakan:

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

O_c adalah *overcut*

Penyelesaian:

$$O_c = d_2 - d_0$$

$$O_c = 4,001 \text{ mm} - 3 \text{ mm}$$

$$O_c = 1,001 \text{ mm}$$

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

$$d_2 = 3,635 \text{ mm}^2$$

$$d_0 = 3 \text{ mm}^2$$

Ditanyakan:

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

Penyelesaian:

$$O_c = d_2 - d_0$$

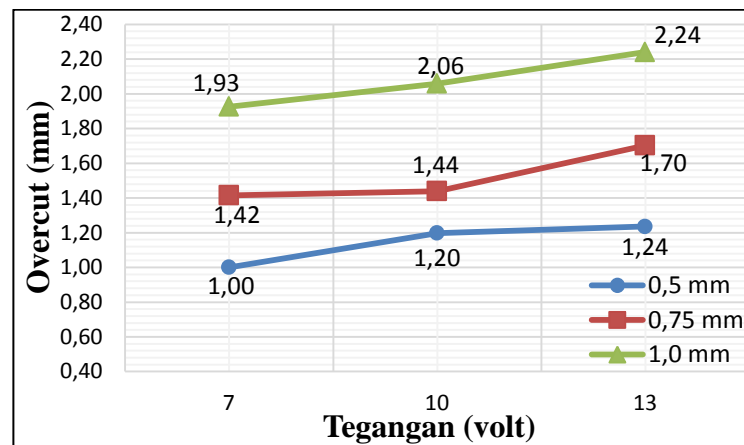
$$O_c = 3,635 \text{ mm} - 3 \text{ mm}$$

$$O_c = 0,635 \text{ mm}$$

Hasil pengukuran *overcut* dapat dilihat pada Tabel 4.5, dan 4.6. Tabel ini ditunjukkan oleh Gambar 4.14, dan 4.15.

Tabel 4.5 Hasil perhitungan *overcut* pada material *stainless steel 304*

No	Gap (mm)	Tegangan (volt)	Area Hasil Pemесinan (mm ²)	d ₂ (mm)	d ₀ (mm)	Overcut, Oc (mm)
1	0,5	7	12,566	4,001	3	1,00
2		10	13,834	4,197	3	1,20
3		13	14,083	4,235	3	1,24
4	0,75	7	15,303	4,415	3	1,42
5		10	15,470	4,439	3	1,44
6		13	17,363	4,703	3	1,70
7	1	7	19,051	4,926	3	1,93
8		10	20,092	5,059	3	2,06
9		13	21,558	5,240	3	2,24

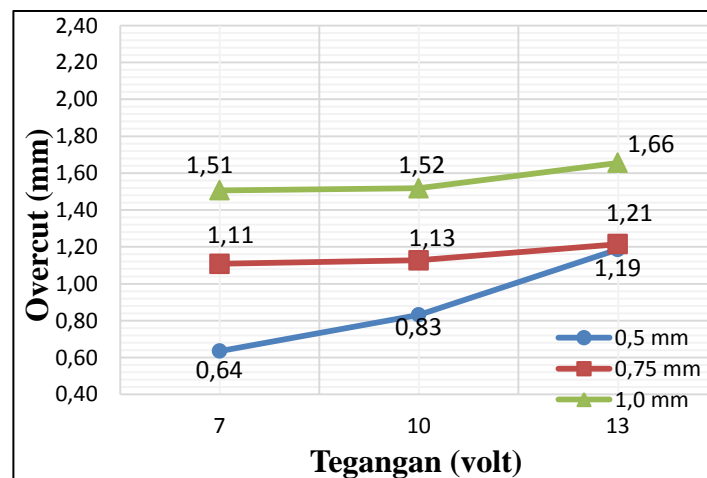


Gambar 4.14 Pengaruh variasi tegangan dan *gap* terhadap *overcut* pada material *stainless steel 304*

Dari Gambar 4.14 menjelaskan bahwa semakin besar jarak celah (*gap*) maka semakin besar *overcut* yang dihasilkan. *Gap* yang besar akan membuat proses pemakanan benda kerja semakin cepat, sehingga dengan waktu pengujian yang sama akan didapatkan nilai *overcut* meningkat tiap variasi tegangan dan *gap*. Pada grafik diatas didapatkan *overcut* tertinggi pada *gap* 1 mm dan tegangan 13 volt yaitu 2,24 mm.

Tabel 4.6 Hasil perhitungan *overcut* pada material aluminium 1100

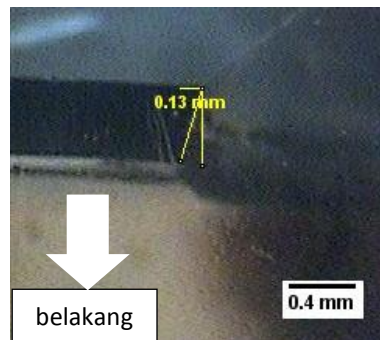
No	Gap (mm)	Tegangan (volt)	Area Hasil Pemesinan (mm ²)	d ₂ (mm)	d ₀ (mm)	Overcut, Oc (mm)
1	0,5	7	10,375	3,635	3	0,64
2		10	11,523	3,831	3	0,83
3		13	13,757	4,186	3	1,19
4	0,75	7	13,251	4,108	3	1,11
5		10	13,369	4,126	3	1,13
6		13	13,945	4,214	3	1,21
7	1	7	15,940	4,506	3	1,51
8		10	16,023	4,517	3	1,52
9		13	17,016	4,655	3	1,66

Gambar 4.15 Pengaruh variasi tegangan dan *gap* terhadap *overcut* pada material aluminium 1100

Gambar 4.15 menjelaskan bahwa semakin besar jarak celah (*gap*) maka semakin besar *overcut* yang dihasilkan. *Gap* yang besar akan membuat proses pemakanan benda kerja semakin cepat, sehingga dengan waktu pengujian yang sama akan didapatkan nilai *overcut* meningkat tiap variasi tegangan dan *gap*. Pada grafik diatas didapatkan *overcut* tertinggi pada *gap* 1 mm dan tegangan 13 volt yaitu 1,66 mm.

4.3.3 Hasil Pengukuran Ketirusan

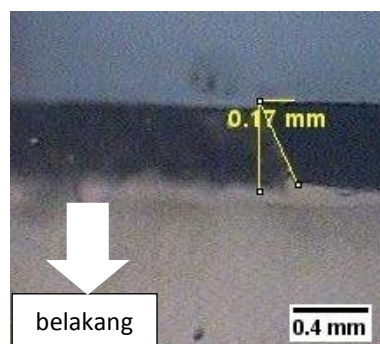
Setelah melakukan perhitungan *overcut* kemudian dilakukan juga perhitungan pada objek ketirusan pada hasil pemesinan ECM. Benda kerja yang dipakai adalah *stainless steel* 304 dengan ketebalan 0,4 mm. Di bawah ini merupakan hasil foto makro material yang telah diolah menggunakan *ImageJ*.



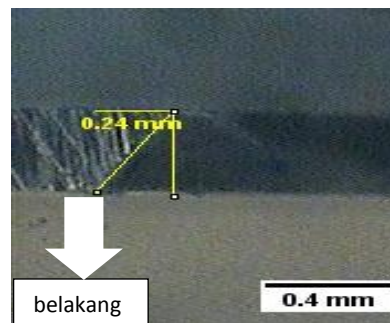
Gambar 4.16 Hasil ketirusan pemesinan ECM material *stainless steel* 304 dengan *gap* 0,5 mm dan waktu pemesinan 371 detik



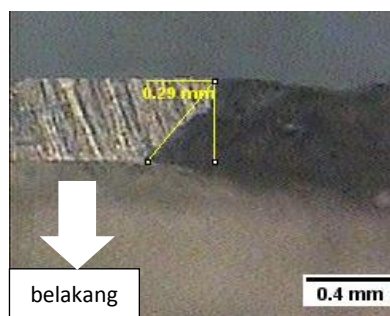
Gambar 4.17 Hasil ketirusan pemesinan ECM material *stainless steel* 304 dengan *gap* 0,75 mm dan waktu pemesinan 371 detik



Gambar 4.18 Hasil ketirusan pemesinan ECM material *stainless steel* 304 dengan *gap* 1,0 mm dan waktu pemesinan 371 detik



Gambar 4.19 Hasil ketirusan pemesinan ECM material aluminium 1100 dengan *gap* 0,5 mm dan waktu pemesinan 193 detik

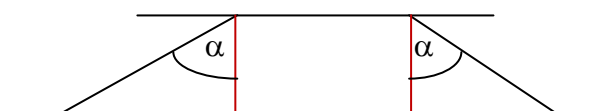


Gambar 4.20 Hasil ketirusan pemesinan ECM material aluminium 1100 dengan *gap* 0,75 mm dan waktu pemesinan 193 detik



Gambar 4.21 Hasil ketirusan pemesinan ECM material aluminium 1100 dengan *gap* 1,0 mm dan waktu pemesinan 193 detik

Gambar 4.16 sampai 4.21 adalah hasil foto makro material yang telah diresin. Foto makro tersebut diolah menggunakan *ImageJ* untuk mencari berapa besar panjang ketirusan tersebut.



Gambar 4.22 Arah ketirusan benda kerja

Jika dilihat arah ketirusan seperti Gambar 4.22, 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.

Contoh perhitungan ketirusan benda kerja *stainless steel* 304 dan aluminium 1100 dengan pemesinan statis dan *tool* elektroda kuningan pada konsentrasi NaCl 15% dari persamaan 3.14 adalah sebagai berikut.

Diketahui:

Material *stainless steel* 304 pada tegangan 7 volt dan *gap* 0,5 mm

$$d_2 = 4,001 \text{ mm}$$

$$d_1 = 3,659 \text{ mm}^2$$

$$h = 0,4 \text{ mm}^2$$

dimana, d_2 adalah diameter benda kerja sisi belakang

d_1 adalah diameter benda kerja sisi depan

h adalah ketebalan benda kerja

Ditanyakan:

$$\alpha = \dots \text{ } ^\circ$$

Dimana α adalah sudut benda kerja

Penyelesaian:

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

$$= \left(\frac{4,001 - 3,659}{2 \cdot 0,4} \right)$$

$$= 23,10^\circ$$

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

$$d_2 = 3,635 \text{ mm}$$

$$d_1 = 3,621 \text{ mm}^2$$

$$h = 0,4 \text{ mm}^2$$

Ditanyakan:

$$\alpha = \dots^{\circ}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\alpha &= \tan^{-1} \left(\frac{d_2 - d_1}{2 \cdot h} \right) \\ &= \left(\frac{3,635 - 3,621}{2 \cdot 0,4} \right) \\ &= 1,04^{\circ}\end{aligned}$$

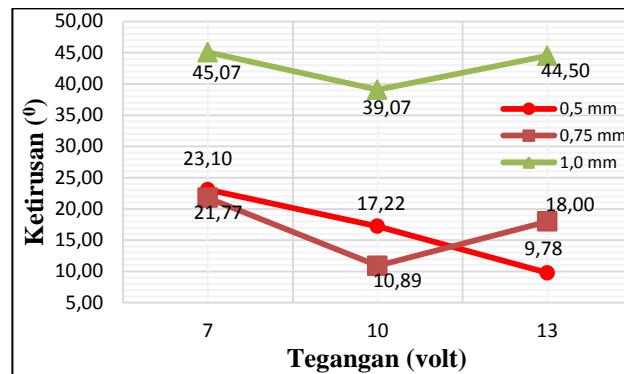
Hasil pengukuran ketirusan dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8. Grafik dari Tabel 4.7 ditunjukkan oleh Gambar 4.23. Grafik dari Tabel 4.8 ditunjukkan oleh Gambar 4.24.

Tabel 4.7 Hasil perhitungan ketirusan pada material *stainless steel* 304

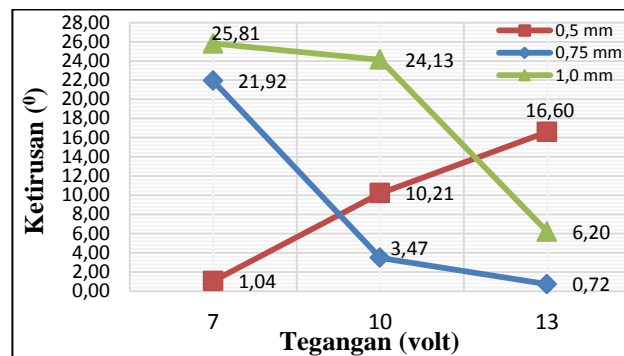
No	Gap (mm)	Tegangan (volt)	d ₂ (mm)	d ₁ (mm)	h (mm)	Ketirusan (°)
1	0,5	7	4,001	3,659	0,4	23,10
2		10	4,197	3,950	0,4	17,22
3		13	4,235	4,097	0,4	9,78
4	0,75	7	4,415	4,095	0,4	21,77
5		10	4,439	4,285	0,4	10,89
6		13	4,703	4,443	0,4	18,00
7	1	7	4,926	4,124	0,4	45,07
8		10	5,059	4,409	0,4	39,07
9		13	5,240	4,453	0,4	44,50

Tabel 4.8 Hasil perhitungan ketirusan pada material aluminium 1100

No	Gap (mm)	Tegangan (volt)	d ₂ (mm)	d ₁ (mm)	h (mm)	Ketirusan (°)
1	0,5	7	3,635	3,621	0,4	1,04
2		10	3,831	3,687	0,4	10,21
3		13	4,186	3,947	0,4	16,60
4	0,75	7	4,108	3,786	0,4	21,92
5		10	4,126	4,078	0,4	3,47
6		13	4,214	4,204	0,4	0,72
7	1	7	4,506	4,119	0,4	25,81
8		10	4,517	4,159	0,4	24,13
9		13	4,655	4,568	0,4	6,20



Gambar 4.23 Grafik pengaruh tegangan dan *gap* terhadap nilai ketirusan pada material *stainless steel* 304



Gambar 4.24 Grafik pengaruh tegangan dan *gap* terhadap nilai ketirusan pada material aluminium 1100

Dari Gambar 4.23 dan 4.24 menjelaskan bahwa perbedaan selisih diameter depan dengan diameter belakang pada masing-masing variasi *gap* dan tegangan mempengaruhi grafik ketirusan. Semakin besar *gap* maka arus yang keluar akan menyebar kesamping permukaan material dan menyebabkan hasil pemesinan menjadi tidak rata, sehingga dengan waktu pengujian yang sama akan didapatkan hasil ketirusan yang berbeda-beda. Data di atas pada material *stainless steel* grafik tersebut lebih besar dibandingkan material aluminium, data yang terbesar dari material *stainless steel* berada di *gap* 1 mm yaitu 23.10° , sementara material aluminium nilai ketirusan terbesar berada di *gap* 1 yaitu 25.81° .

4.3.4 Pembahasan

Dari hasil analisa pemesinan yang telah dilakukan dapat disimpulkan yaitu tegangan dan *gap* berbanding lurus dengan besarnya MRR (*Material Removal*

Rate), semakin besar tegangan dan *gap*, semakin besar pula nilai MRR yang dihasilkan. 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. Semakin besar nilai MRR, semakin besar pula nilai *overcut*. Hal ini dipengaruhi oleh tegangan yang diatur, arus yang keluar selama proses pemesinan, serta *gap* yang divariasikan.

Pada penelitian ini nilai MRR pada material aluminium 1100 lebih besar dibandingkan material *stainless steel* 304, namun berbanding terbalik dengan nilai *overcut* dan ketirusan justru material *stainless steel* lebih besar dibandingkan material aluminium. Hal ini disebabkan *tool speed* yang berbeda dari 2 material tersebut. Pada material *stainless steel tool speed* 0.05/60 dimana tiap waktu 60 detik elektroda turun 0.05 mm, sedangkan pada material aluminium *tool speed* 0.1/45 dimana tiap waktu 45 detik elektroda turun 0.1 mm.

Data ketirusan yang didapatkan menjelaskan variasi *gap* mempengaruhi nilai ketirusan. Semakin besar *gap* semakin besar pula ketirusan yang dihasilkan, hal ini dikarenakan dengan *gap* yang tinggi mengakibatkan arus sudah keluar sebelum *tool* menyentuh benda kerja sehingga benda kerja menghasilkan lubang yang lebih cepat. Waktu pemesinan yang sama tiap percobaan mengakibatkan lubang pada bagian yang tidak tertutupi stiker menjadi lebih melebar sehingga muncullah efek tirus dari permukaan tersebut.

Menggunakan *tool* terisolasi mengakibatkan arus yang keluar hanya dari bagian bawah yang tidak terisolasi sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama pada material *stainless steel* dibandingkan material aluminium. Hal ini dipengaruhi karena konduktivitas listrik dari *stainless steel* berbeda dengan aluminium, material aluminium lebih besar dibandingkan material *stainless steel*. Konduktivitas listrik material *stainless steel* yaitu $0.2 \times 10^7 \text{ (ohm.m)}^{-1}$, sedangkan material aluminium $3.8 \times 10^7 \text{ (ohm.m)}^{-1}$. Pada material *stainless steel* 304 membutuhkan waktu pemesinan selama 371 detik, sedangkan material aluminium 1100 membutuhkan waktu pemesinan selama 193 detik.