

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Hasil *Surface Roughness* dan Keausan Elektroda

Dari hasil pengujian yang dilakukan tentang kekasaran permukaan (*surface roughness*) baja SKD 11 dan keausan elektroda tembaga pada proses EDM *sinking* dengan menggunakan dua macam variabel bebas. Variabel bebas yang pertama adalah variasi arus listrik yaitu; 8, 10, 12 dan 14 A. Variabel bebas yang kedua adalah variasi waktu pemakanan (*on time*) yaitu; 80, 100 dan 120  $\mu$ s. Selanjutnya dilakukan pengukuran kekasaran permukaan (*Ra*) dengan tiga kali pengulangan setiap sampel menggunakan *Surface Roughness Tester Mitutoyo SJ 301* dan mengukur massa tembaga sebelum dan sesudah proses EDM *sinking*. Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Data nilai kekasaran permukaan (*Ra*) dan keausan elektroda ( $m_{aus}$ )

No.	Arus (A)	On Time ( $\mu$ s)	Ra ( $\mu$ m)			Ra Rata-Rata ( $\mu$ m)	$m_1$ (g)	$m_2$ (g)	t (min)	$m_{aus}$ (g/min)
			Ra 1	Ra 2	Ra 3					
1	8	80	3,86	3,80	3,21	3,62	105,28	105,16	78,39	0,00153
2		100	4,90	4,26	4,52	4,56	120,86	120,76	72,13	0,00139
3		120	4,77	4,83	4,78	4,79	120,76	120,70	61,19	0,00098
4	10	80	5,04	4,95	5,09	5,03	115,99	115,79	24,35	0,00821
5		100	5,88	5,82	5,71	5,80	116,14	116,01	19,01	0,00684
6		120	6,14	6,11	6,23	6,16	116,01	115,99	16,31	0,00123
7	12	80	6,33	6,39	6,34	6,35	118,28	118,06	20,47	0,01075
8		100	7,01	7,05	7,08	7,05	106,75	106,66	10,49	0,00858
9		120	7,93	7,94	7,78	7,88	106,66	106,64	9,29	0,00215
10	14	80	8,23	8,13	7,94	8,10	109,35	108,95	14,07	0,02843
11		100	9,00	9,02	9,10	9,04	108,95	108,76	7,23	0,02628
12		120	11,32	11,41	11,30	11,34	118,37	118,28	6,05	0,01488

\* *Off Time* = 100  $\mu$ s ; *Gap* = 2 mm ; *Voltage* = 200 V; *Kedalaman Pemotongan* = 1 mm

1. Untuk  $m_{\text{aus}}$  pada arus 8A, *on time* 80  $\mu\text{s}$  dan *off time* 100  $\mu\text{s}$

$$\begin{aligned} m_{\text{aus}} &= \frac{\Delta m}{t} = \frac{m_1 - m_2}{t} \\ &= \frac{105,16 \text{ (g)} - 105,28 \text{ (g)}}{78,39 \text{ (menit)}} = 0,00153 \text{ g/menit} \end{aligned}$$

#### 4.2 Perhitungan Duty Cycle dan Frekuensi

Dari perhitungan *duty cycle* dan frekuensi maka akan didapatkan data seperti yang terlihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 *Duty Cycle* dan Frekuensi

<i>On Time</i> ( $\mu\text{s}$ )	<i>Off Time</i> ( $\mu\text{s}$ )	<i>Duty Cycle</i> (%)	Frekuensi (kHz)
80	100	44,44%	5,56
100		50,00%	5,00
120		54,55%	4,55

1. Untuk *duty cycle* pada *on time* 80  $\mu\text{s}$  dan *off time* 100  $\mu\text{s}$

$$\begin{aligned} \text{Duty cycle} &= \frac{\text{on time } (\mu\text{s})}{\text{on time} + \text{off time } (\mu\text{s})} \times 100\% \\ &= \frac{80 \text{ } (\mu\text{s})}{80 \text{ } (\mu\text{s}) + 100 \text{ } (\mu\text{s})} \times 100\% \\ &= 44,44\% \end{aligned}$$

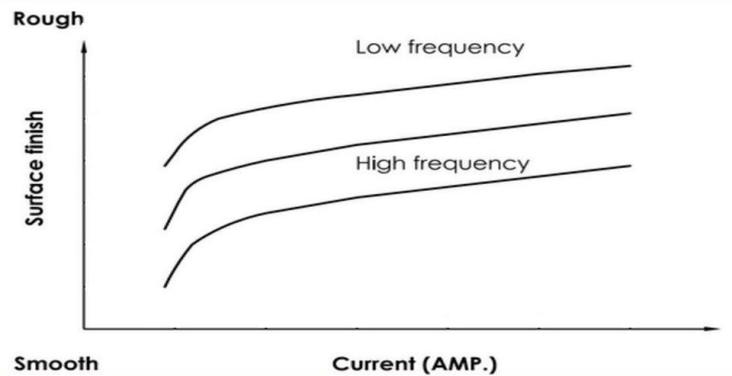
2. Untuk frekuensi pada *on time* 80  $\mu\text{s}$  dan *off time* 100  $\mu\text{s}$

$$\begin{aligned} \text{Frekuensi} &= \frac{1000 \text{ kHz}}{\text{on time } (\mu\text{s}) + \text{off time } (\mu\text{s})} \\ &= \frac{1000}{80 \text{ } (\mu\text{s}) + 100 \text{ } (\mu\text{s})} \\ &= 5,56 \text{ kHz} \end{aligned}$$

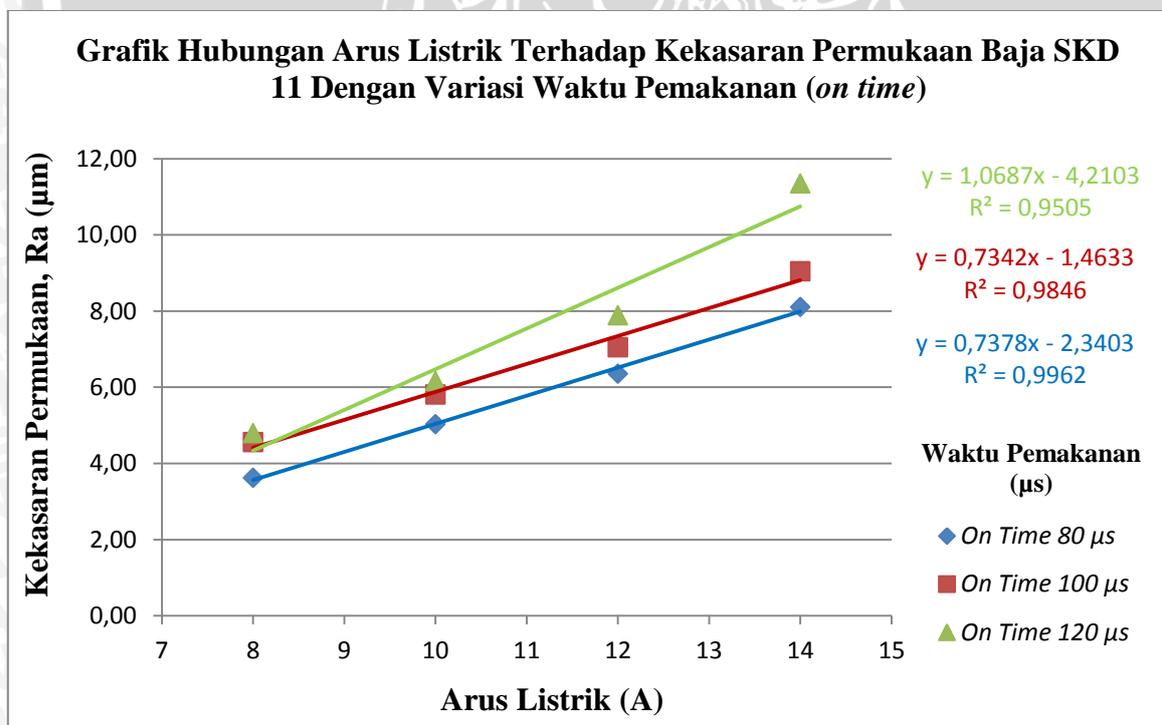
### 4.3 Pembahasan Kekasaran Permukaan (*Surface Roughness*)

#### 4.3.1 Hubungan Arus Listrik Terhadap Kekasaran Permukaan Baja SKD 11 Dengan Variasi Waktu Pemakanan (*On Time*)

Kekasaran permukaan dipengaruhi oleh arus listrik dan frekuensi, seperti ditunjukkan pada gambar 4.1 permukaan akhir yang paling baik dihasilkan dalam EDM *sinking* dengan pengoperasian pada frekuensi yang tinggi dan arus pelepasan muatan listrik yang rendah.



Gambar 4.1 Kekasaran Permukaan EDM *Sinking* Terhadap Arus dan Frekuensi  
Sumber: Pandey (1999 : 92)



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Arus Listrik Terhadap Kekasaran Permukaan Baja SKD 11 Dengan Variasi Waktu Pemakanan (*On Time*)

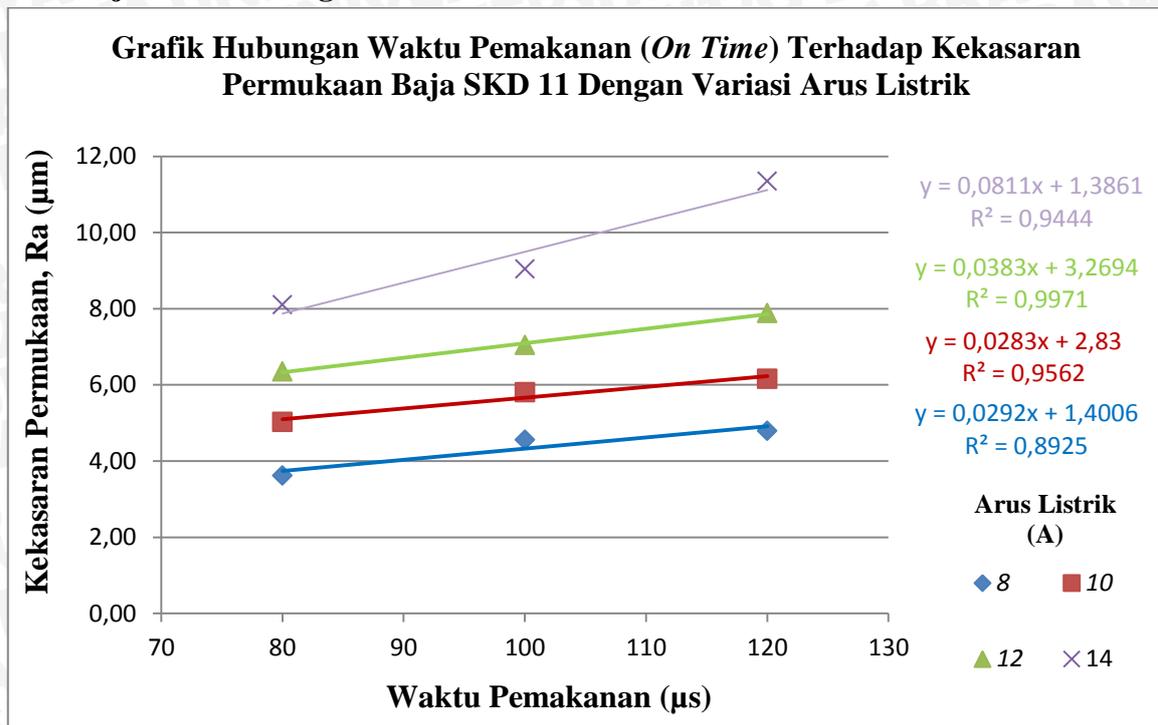
Dari gambar 4.2 parameter arus listrik berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan rata-rata aritmatik (Ra) material baja SKD 11. Berdasarkan gambar 4.2 variasi

waktu pemakanan (*on time*) 80  $\mu\text{s}$  dengan parameter arus listrik 8, 10, 12 dan 14 A nilai kekasaran permukaan rata-rata sebesar 3,62, 5,03, 6,35 dan 8,1  $\mu\text{m}$ . Sedangkan dengan menggunakan variasi waktu pemakanan (*on time*) 100  $\mu\text{s}$  nilai kekasaran permukaan rata-rata sebesar 4,56, 5,80, 7,05 dan 9,04  $\mu\text{m}$ . Selanjutnya dengan variasi waktu pemakanan (*on time*) 120  $\mu\text{s}$  nilai kekasaran permukaan rata-rata sebesar 4,79, 6,16, 7,88, dan 11,34  $\mu\text{m}$ . Dari gambar 4.2 di atas menunjukkan kecenderungan nilai dari kekasaran permukaan rata-rata meningkat seiring dengan semakin besar arus listrik yang digunakan pada proses EDM *sinking*.

Nilai kekasaran permukaan rata-rata tertinggi dengan menggunakan arus listrik 14 A sebesar 8,10, 9,04 dan 11,34  $\mu\text{m}$ , nilai ini lebih tinggi jika dibandingkan menggunakan arus listrik 8, 10 dan 12 A. Hal ini dikarenakan pada arus listrik 14 A menghasilkan percikan bunga api listrik yang lebih besar dari pada arus listrik 8, 10 dan 12 A. Semakin besar arus listrik yang digunakan maka semakin besar pula percikan bunga api listrik yang timbul.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, diketahui bahwa penambahan besar arus listrik yang semakin besar akan menyebabkan percikan bunga api listrik (*spark*) semakin besar pula, mengakibatkan pergerakan aliran elektron untuk menumbuk bagian permukaan benda kerja semakin besar. Sehingga terjadi peningkatan temperatur yang mengakibatkan pengerosian yang lebih besar dari pengerosian yang menggunakan arus listrik 8, 10 dan 12 A. Dengan naiknya nilai arus listrik percikan bunga api listrik akan lebih mudah terjadi, sehingga menghasilkan energi pemotongan lebih besar yang mengakibatkan pengerosian atau menumbuk permukaan benda kerja yang berdampak pada nilai kekasaran permukaannya yang lebih kasar.

#### 4.3.2 Hubungan Waktu Pemakanan (*On Time*) Terhadap Kekasaran Permukaan Baja SKD 11 Dengan Variasi Arus Listrik



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Waktu Pemakanan (*On Time*) Terhadap Kekasaran Permukaan Baja SKD 11 Dengan Variasi Arus Listrik

Pada gambar 4.3 dapat terlihat bahwa semakin besar nilai waktu pemakanan (*on time*) berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan rata-rata aritmatik (Ra) baja SKD 11. Pada variasi arus listrik 8 A dengan parameter waktu pemakanan (*on time*) 80, 100 dan 120  $\mu$ s nilai rata-rata kekasaran permukaannya sebesar 3,62, 4,56 dan 4,79  $\mu$ m. Pada variasi arus listrik 10A nilai rata-rata kekasaran permukaannya sebesar 5,03, 5,80 dan 6,16  $\mu$ m. Sedangkan dengan menggunakan variasi arus listrik 12 A nilai rata-rata kekasaran permukaannya sebesar 6,35, 7,05 dan 7,88  $\mu$ m. Selanjutnya dengan menggunakan variasi arus listrik 14 A nilai rata-rata kekasaran permukaannya sebesar 8,10, 9,04 dan 11,35  $\mu$ m. Dari gambar 4.3 di atas menunjukkan kecenderungan nilai dari kekasaran permukaan material meningkat seiring dengan semakin besar waktu pemakanan (*on time*) yang digunakan pada proses EDM *sinking*.

Nilai kekasaran permukaan parameter waktu pemakanan (*on time*) yang paling tinggi adalah dengan menggunakan waktu pemakanan (*on time*) 120  $\mu$ s sebesar 4,79, 6,16, 7,88 dan 11,35  $\mu$ m, nilai ini lebih tinggi jika dibandingkan menggunakan waktu pemakanan (*on time*) 80 dan 100  $\mu$ s. Hal ini dikarenakan pada waktu pemakanan (*on time*) 120  $\mu$ s menghasilkan percikan bunga api listrik yang lebih panjang atau lama dari pada

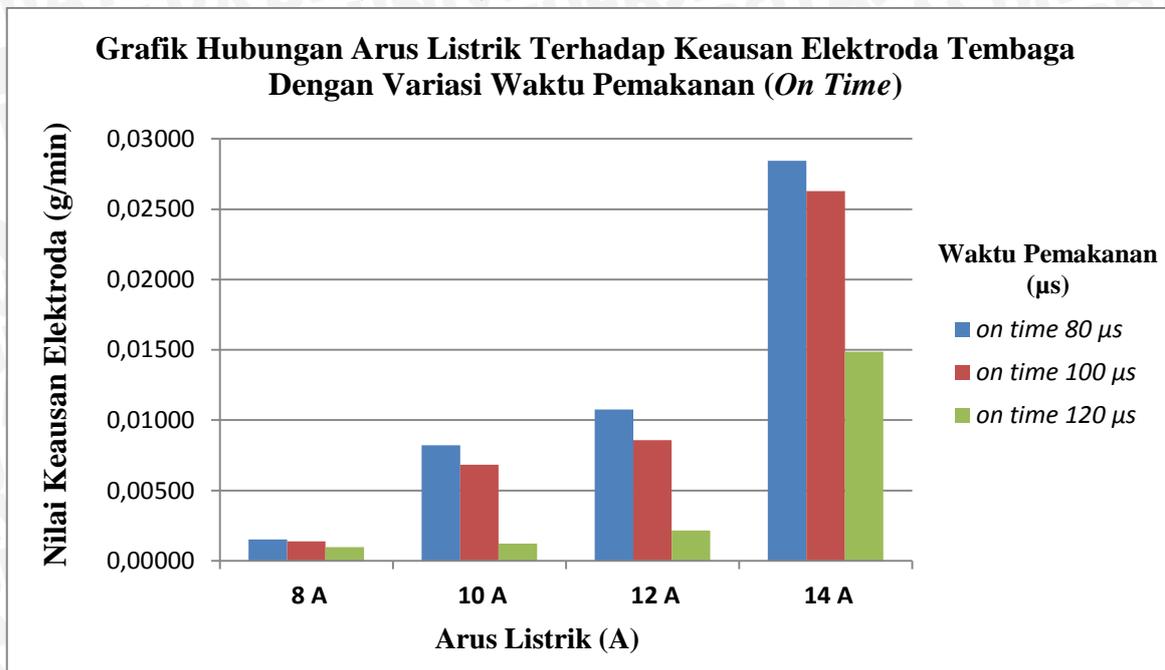
waktu pemakanan (*on time*) 80 dan 100  $\mu$ s. Semakin besar waktu pemakanan (*on time*) yang digunakan maka semakin lama pula percikan bunga api listrik yang terjadi.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, diketahui bahwa penambahan waktu pemakanan (*on time*) yang semakin besar akan menyebabkan proses percikan bunga api listrik (*spark*) semakin lama berkerjanya, mengakibatkan pergerakan aliran elektron untuk menjadikan percikan bunga api listrik menumbuk bagian permukaan benda kerja semakin dalam. Sehingga terjadi pengerosian yang lebih besar dari pengerosian yang menggunakan waktu pemakanan (*on time*) 80 dan 100  $\mu$ s. Dengan naiknya waktu pemakanan (*on time*) yang digunakan maka semakin lama pula loncatan percikan bunga api listrik dan energi pemotongan lebih lama juga yang dilepaskan ke permukaan benda kerja. Sehingga membuat luas daerah dari permukaan benda kerja yang dilelehkan semakin luas dan kawah-kawah yang terbentuk juga akan semakin dalam yang menyebabkan kekasaran permukaan benda kerja menjadi semakin kasar.



#### 4.4 Pembahasan Keausan Elektroda Tembaga

##### 4.4.1 Hubungan Arus Listrik Terhadap Keausan Elektroda Tembaga Dengan Variasi Waktu Pemakanan (*On Time*)



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Arus Listrik Terhadap Keausan Elektroda Tembaga Dengan Variasi Waktu Pemakanan (*On Time*)

Keausan elektroda merupakan kemampuan aus dari pahat. Keausan elektroda dapat diketahui dengan mengukur massa elektroda yang hilang selama proses, yang merupakan selisih massa sebelum dan setelah digunakan lalu dibagi dengan total waktu pengerjaan. Besarnya keausan elektroda dapat diketahui dengan persamaan berikut:

$$m_{\text{aus}} = \frac{\Delta m}{t} = \frac{m_1 - m_2}{t} \quad (\text{g/min}) \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

Dimana:

$m_1$  = Massa elektroda sebelum proses ( g )

$m_2$  = Massa elektroda setelah proses ( g )

$t$  = Waktu selama proses EDM (min)

$m_{\text{aus}}$  = Massa elektroda yang hilang selama proses (g/min)

Hubungan antara parameter arus listrik (ampere) terhadap keausan elektroda dapat dilihat pada gambar 4.4 dengan variasi waktu pemakanan (*on time*) 80  $\mu$ s dan arus listrik 8 A mempunyai nilai keausan elektroda sebesar 0,00153 g/min. Kemudian pada parameter arus listrik 10 A mempunyai nilai keausan elektroda sebesar 0,00821 g/min. Sedangkan

pada parameter arus listrik 12 A mempunyai nilai keausan elektroda sebesar 0,01075 g/min, lalu pada parameter arus listrik 14 A mempunyai nilai keausan elektroda sebesar 0,02843 g/min.

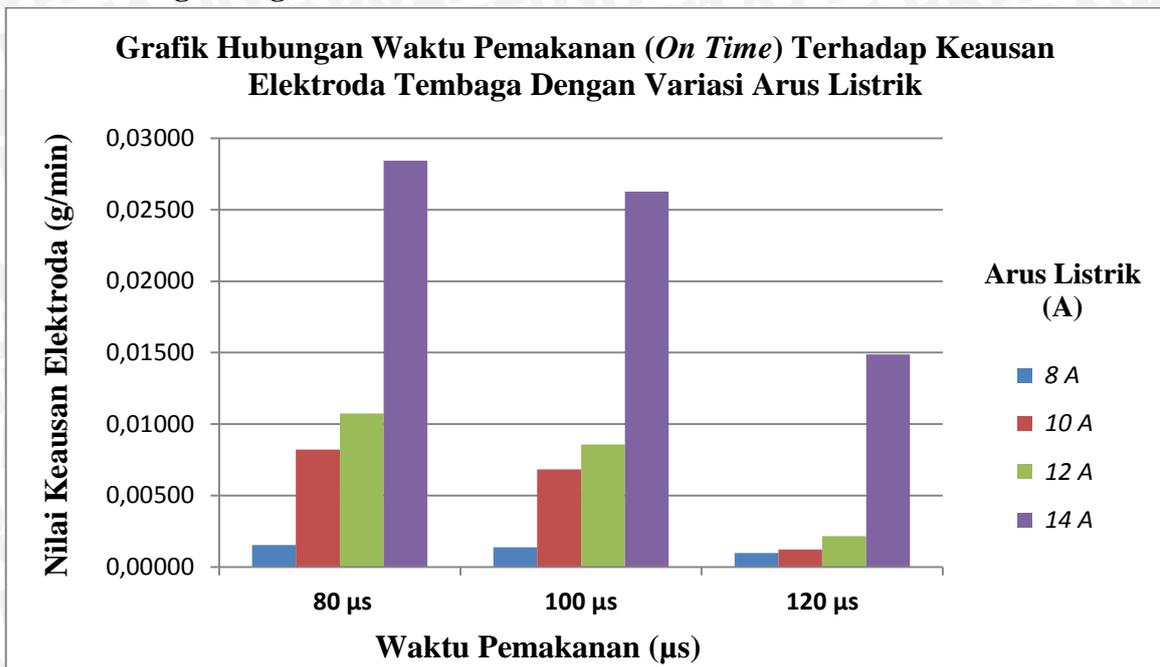
Pada variasi waktu pemakanan (*on time*) 100  $\mu$ s dan parameter arus listrik 8A mempunyai nilai keausan elektroda sebesar 0,00139 g/min. Kemudian pada parameter arus listrik 10 A mempunyai nilai keausan elektroda sebesar 0,00684 g/min. Sedangkan pada parameter arus listrik 12 A mempunyai nilai keausan elektroda sebesar 0,00858 g/min, lalu pada parameter arus listrik 14 A mempunyai nilai keausan elektroda sebesar 0,02628 g/min.

Selanjutnya pada variasi waktu pemakanan (*on time*) 120  $\mu$ s dan parameter arus listrik 8 A mempunyai nilai keausan elektroda sebesar 0,00098 g/min. Kemudian pada parameter arus listrik 10 A mempunyai nilai keausan elektroda sebesar 0,00123 g/min. Sedangkan pada parameter arus listrik 12 A mempunyai nilai keausan elektroda sebesar 0,00215 g/min, lalu pada parameter arus listrik 14 A mempunyai nilai keausan elektroda sebesar 0,01488 g/min. Pada grafik di atas menunjukkan kecenderungan dari nilai keausan elektroda semakin meningkat seiring dengan semakin besarnya arus listrik yang digunakan saat proses EDM *sinking*.

Nilai keausan elektroda pada parameter arus listrik yang paling tinggi adalah dengan menggunakan parameter arus listrik 14 A sebesar 0,02843, 0,02628 dan 0,01488 g/min, nilai ini lebih tinggi dibandingkan menggunakan arus listrik 8, 10 dan 12 A. Hal ini dikarenakan pada arus listrik 14 A menghasilkan percikan bunga api listrik yang lebih besar dari pada arus listrik 8, 10 dan 12 A.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, diketahui bahwa penambahan arus listrik yang semakin besar akan menyebabkan percikan bunga api listrik (*spark*) semakin besar pula, mengakibatkan aliran elektron untuk mengikis bagian elektroda tembaga semakin besar. Terkikisnya elektroda disebabkan percikan bunga api listrik meningkat maka terjadi porositas yang tinggi pada elektroda tembaga, sehingga kekuatan ikatan antar molekul serbuk tembaga lemah yang menyebabkan lebih mudah tererosi akibat panas selama proses permesinan EDM *sinking* berlangsung. Sebaliknya dengan arus listrik yang lebih rendah nilai keausan elektroda akan menurun. Hal ini dikarenakan percikan bunga api listrik yang timbul kecil sehingga keausan dari elektroda tembaga menjadi rendah.

#### 4.4.2 Hubungan Waktu Pemakanan (*On Time*) Terhadap Keausan Elektroda Tembaga Dengan Variasi Arus Listrik



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Waktu Pemakanan (*On Time*) Terhadap Keausan Elektroda Tembaga Dengan Variasi Arus Listrik

Hubungan parameter waktu pemakanan (*on time*) terhadap nilai keausan elektroda tembaga dapat dilihat pada grafik parameter waktu pemakanan (*on time*) 80  $\mu\text{s}$  dan variasi arus listrik 8 A dan mempunyai nilai keausan elektroda sebesar 0,00153 g/min dengan waktu total permesinan 78,39 menit. Kemudian pada parameter waktu pemakanan (*on time*) 100  $\mu\text{s}$  mempunyai nilai keausan elektroda sebesar 0,00139 g/min dengan waktu total permesinan 72,13 menit, sedangkan pada pengujian dengan parameter waktu pemakanan (*on time*) 120  $\mu\text{s}$  mempunyai nilai keausan elektroda sebesar 0,00098 g/min dengan waktu total permesinan 61,19 menit.

Pada variasi arus listrik 10 A dan parameter waktu pemakanan (*on time*) 80  $\mu\text{s}$  mempunyai nilai keausan elektroda sebesar 0,00821 g/min dengan waktu total permesinan 24,35 menit. Kemudian pada parameter waktu pemakanan (*on time*) 100  $\mu\text{s}$  mempunyai nilai keausan elektroda sebesar 0,00684 g/min dengan waktu total permesinan 19,01 menit, sedangkan pada pengujian dengan parameter waktu pemakanan (*on time*) 120  $\mu\text{s}$  mempunyai nilai keausan elektroda sebesar 0,00122 g/min dengan waktu total permesinan 16,31 menit.

Pada variasi arus listrik 12 A dan parameter waktu pemakanan (*on time*) 80  $\mu\text{s}$  mempunyai nilai keausan elektroda sebesar 0,01075 g/min dengan waktu total permesinan

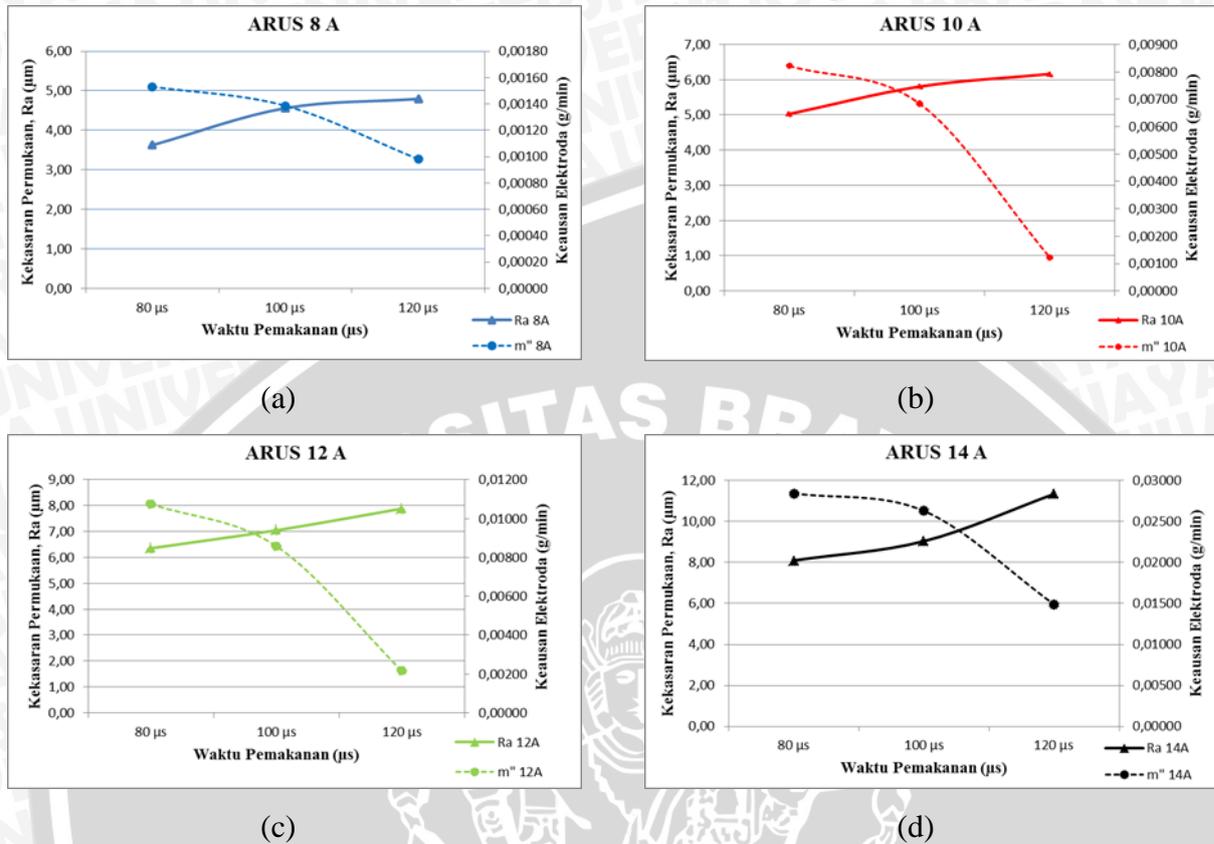
20,47 menit. Kemudian pada parameter waktu pemakanan (*on time*) 100  $\mu$ s mempunyai nilai keausan elektroda sebesar 0,00858 g/min dengan waktu total permesinan 10,49 menit, sedangkan pada pengujian dengan parameter waktu pemakanan (*on time*) 120  $\mu$ s mempunyai nilai keausan elektroda sebesar 0,00215 g/min dengan waktu total permesinan 9,29 menit.

Selanjutnya pada variasi arus listrik 14 A dan parameter waktu pemakanan (*on time*) 80  $\mu$ s mempunyai nilai keausan elektroda sebesar 0,02843 g/min dengan waktu total permesinan 14,07 menit. Kemudian pada parameter waktu pemakanan (*on time*) 100  $\mu$ s mempunyai nilai keausan elektroda sebesar 0,02628 g/min dengan waktu total permesinan 7,23 menit, sedangkan pada pengujian dengan parameter waktu pemakanan (*on time*) 120  $\mu$ s mempunyai nilai keausan elektroda sebesar 0,01488 g/min dengan waktu total permesinan 6,05 menit. Pada gambar 4.5 di atas menunjukkan kecenderungan dari nilai keausan elektroda semakin rendah seiring dengan semakin besarnya waktu pemakanan (*on time*) yang digunakan saat proses EDM *sinking*.

Nilai keausan elektroda pada parameter waktu pemakanan (*on time*) yang paling rendah adalah dengan menggunakan parameter waktu pemakanan (*on time*) 120  $\mu$ s sebesar 0,0098, 0,00123, 0,00215 dan 0,01488 g/min, nilai ini lebih rendah dibandingkan menggunakan *on time* 80 dan 100  $\mu$ s.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, diketahui bahwa penambahan waktu pemakanan (*on time*) menyebabkan frekuensi pemesinan menjadi kecil sehingga proses terjadinya penumbukan antara elektroda dan benda kerja semakin sedikit dan total waktu permesinannya menjadi lebih singkat, sehingga elektroda yang tererosi lebih sedikit membuat nilai keausan elektroda menjadi rendah. Sebaliknya dengan parameter waktu pemakanan (*on time*) yang lebih rendah berpengaruh terhadap frekuensi permesinan menjadi besar sehingga nilai keausan elektrodanya meningkat.

#### 4.5 Ringkasan Pembahasan Hubungan Waktu Pemakanan (*On Time*) Terhadap Kekasaran Permukaan Dan Keausan Elektroda Dengan Variasi Arus Listrik



Gambar 4.6 Grafik Hubungan Waktu Pemakanan (*On Time*) Terhadap Kekasaran Permukaan Dan Keausan Elektroda

(a) Arus 8 Ampere

(c) Arus 12 Ampere

(b) Arus 10 Ampere

(d) Arus 14 Ampere

Pada gambar 4.6 dapat terlihat bahwa semakin besar waktu pemakanan dengan variasi arus listrik yang berbeda terjadi terjadi kenaikan pada nilai kekasaran permukaan dan terjadi penurunan pada nilai keausan elektroda, sehingga terbentuk titik temu antara nilai kekasaran permukaan dan nilai keausan elektroda. Pada arus listrik 8 Ampere terjadi titik temu pada waktu pemakanan 100 μs. Sedangkan pada arus listrik 10 dan 12 Ampere terjadi titik temu pada waktu pemakanan 98 μs. Selanjutnya pada arus listrik 14 Ampere terjadi titik temu pada waktu pemakanan 105 μs.

Berdasarkan penjelasan pembahasan yang di paparkan diatas diambil suatu ringkasan sehingga terjadi titik temu antara kekasaran permukaan dengan keausan elektroda. Dimana dapat menjadi parameter pemesinan dengan arus listrik dan waktu pemakanan yang tepat sehingga menghasilkan kekasaran permukaan dan keausan elektroda yang optimal.