

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Data

4.1.1. Data Hasil Pengujian Piknometri

Dari pengujian piknometri didapatkan data berat spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi tegangan listrik (*volt*) yang berbeda, seperti ditunjukkan pada tabel 4.1 sampai dengan tabel 4.5.

Tabel 4.1 Data pengujian piknometri pada spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi tegangan listrik 6 volt

No spesimen	Beban (gr)	Berat kering (gr)	Berat beban di air (gr)	Berat spesimen di air (gr)
1.1	99,24	12,84	91,75	7,49
2.1	99,24	12,70	91,76	7,48
3.1	99,24	12,79	91,69	7,55
Jumlah		38,33	275,20	22,52
Rata-rata		12,78	91,73	7,54

*)Konsentrasi larutan H_2SO_4 adalah 15 % ; jarak elektroda 75 mm; waktu proses *anodizing* 20 menit

Tabel 4.2 Data pengujian piknometri pada spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi tegangan listrik 12 volt

No spesimen	Beban (gr)	Berat kering (gr)	Berat beban di air (gr)	Berat spesimen di air (gr)
1.2	99,24	12,83	91,54	7,70
2.2	99,24	12,47	91,66	7,58
3.2	99,24	12,35	91,59	7,65
Jumlah		37,65	274,79	22,93
Rata-rata		12,55	91,60	7,64

*)Konsentrasi larutan H_2SO_4 adalah 15 % ; jarak elektroda 75 mm; waktu proses *anodizing* 20 menit

Tabel 4.3 Data pengujian piknometri pada spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi tegangan listrik 15 volt

No spesimen	Beban (gr)	Berat kering (gr)	Berat beban di air (gr)	Berat spesimen di air (gr)
1.3	99,24	12,45	91,60	7,64
2.3	99,24	12,60	91,50	7,74
3.3	99,24	12,39	91,63	7,61
Jumlah		37,44	274,73	22,99
Rata-rata		12,48	91,58	7,66

*)Konsentrasi larutan H_2SO_4 adalah 15 % ; jarak elektroda 75 mm; waktu proses *anodizing* 20 menit

Tabel 4.4 Data pengujian piknometri pada spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi tegangan listrik 18 volt

No spesimen	Beban (gr)	Berat kering (gr)	Berat beban di air (gr)	Berat spesimen di air (gr)
1.4	99,24	12,41	91,55	7,69
2.4	99,24	12,57	91,45	7,79
3.4	99,24	12,37	91,52	7,72
Jumlah		37,35	274,52	23,20
Rata-rata		12,45	91,51	7,73

*)Konsentrasi larutan H_2SO_4 adalah 15 % ; jarak elektroda 75 mm; waktu proses *anodizing* 20 menit

Tabel 4.5 Data pengujian piknometri pada spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi tegangan listrik 25 volt

No spesimen	Beban (gr)	Berat kering (gr)	Berat beban di air (gr)	Berat spesimen di air (gr)
1.5	99,24	12,46	91,42	7,82
2.5	99,24	12,33	91,49	7,75
3.5	99,24	12,42	91,47	7,77
Jumlah		37,21	274,38	23,34
Rata-rata		12,40	91,46	7,78

*)Konsentrasi larutan H_2SO_4 adalah 15 % ; jarak elektroda 75 mm; waktu proses *anodizing* 20 menit

Pada tabel 4.6 sampai dengan 4.10 didapatkan juga data berat spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi waktu proses (*menit*) yang berbeda.

Tabel 4.6 Data pengujian piknometri pada spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi waktu proses 15 menit

No spesimen	Beban (gr)	Berat kering (gr)	Berat beban di air (gr)	Berat spesimen di air (gr)
1.1	99,24	12,73	91,25	7,99
2.1	99,24	12,83	91,18	8,06
3.1	99,24	12,77	91,26	7,98
Jumlah		38,33	273,69	24,03
Rata-rata		12,78	91,23	8,01

*)Konsentrasi larutan H_2SO_4 adalah 15 % ; jarak elektroda 75 mm; tegangan listrik 18 volt

Tabel 4.7 Data pengujian piknometri pada spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi waktu proses 20 menit

No spesimen	Beban (gr)	Berat kering (gr)	Berat beban di air (gr)	Berat spesimen di air (gr)
1.2	99,24	12,62	91,38	7,86
2.2	99,24	12,80	91,26	7,98
3.2	99,24	12,67	91,35	7,89
Jumlah		38,09	273,99	23,73
Rata-rata		12,70	91,33	7,91

*)Konsentrasi larutan H_2SO_4 adalah 15 % ; jarak elektroda 75 mm; tegangan listrik 18 volt

Tabel 4.8 Data pengujian piknometri pada spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi waktu proses 25 menit

No spesimen	Beban (gr)	Berat kering (gr)	Berat beban di air (gr)	Berat spesimen di air (gr)
1.3	99,24	12,85	91,38	7,86
2.3	99,24	12,40	91,64	7,60
3.3	99,24	12,53	91,59	7,65
Jumlah		37,78	274,61	23,11
Rata-rata		12,59	91,54	7,70

*)Konsentrasi larutan H_2SO_4 adalah 15 % ; jarak elektroda 75 mm; tegangan listrik 18 volt

Tabel 4.9 Data pengujian piknometri pada spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi waktu proses 30 menit

No spesimen	Beban (gr)	Berat kering (gr)	Berat beban di air (gr)	Berat spesimen di air (gr)
1.4	99,24	12,60	91,65	7,59
2.4	99,24	12,32	91,81	7,43
3.4	99,24	12,50	91,75	7,49
Jumlah		37,42	275,21	22,51
Rata-rata		12,47	91,74	7,50

*)Konsentrasi larutan H_2SO_4 adalah 15 % ; jarak elektroda 75 mm; tegangan listrik 18 volt

Tabel 4.10 Data pengujian piknometri pada spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi waktu proses 35 menit

No spesimen	Beban (gr)	Berat kering (gr)	Berat beban di air (gr)	Berat spesimen di air (gr)
1.5	99,24	12,44	91,84	7,40
2.5	99,24	12,73	91,66	7,58
3.5	99,24	12,64	91,71	7,53
Jumlah		37,81	275,21	22,51
Rata-rata		12,60	91,74	7,50

*)Konsentrasi larutan H_2SO_4 adalah 15 % ; jarak elektroda 75 mm; tegangan listrik 18 volt

4.1.2. Data Hasil Perhitungan Piknometri

Perhitungan yang dilakukan untuk menentukan *apparent density*, *true density*, dan tingkat porositas aluminium hasil anodizing. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan perumusan pada rumus 2-7 , 2-8 dan 2-9. Perhitungan *true density* dapat dilakukan menggunakan hasil uji komposisi aluminium paduan sebagai berikut.

Al : 97,6 %	V : 0,018 %	Cu : 0,181 %	P : 0,46 %
Cr : 0,039 %	Zn : 0,130 %	Ca : 0,30 %	Mn : 0,153%
Ga : 0,032 %	Sc : 0,017 %	Fe : 0,975 %	Y : 0,018 %
Ti : 0,034 %	Ni : 0,027 %	Os : 0,037 %	

Perhitungan *true density* aluminium paduan (rumus 2-7) :

$$\rho_{th} = \frac{100}{\left\{ \frac{\%Al}{\rho Al} + \frac{\%P}{\rho P} + \frac{\%Ca}{\rho Ca} + \frac{\%Sc}{\rho Sc} + \frac{\%Ti}{\rho Ti} + \frac{\%V}{\rho V} + \frac{\%Cr}{\rho Cr} + \frac{\%Mn}{\rho Mn} + \frac{\%Fe}{\rho Fe} + \frac{\%Ni}{\rho Ni} + \frac{\%Cu}{\rho Cu} + \frac{\%Zn}{\rho Zn} + \frac{\%Ga}{\rho Ga} + \frac{\%Y}{\rho Y} + \frac{\%Os}{\rho Os} \right\}} \cdot 100$$

$$= \frac{976}{270} + \frac{0,46}{1,82} + \frac{0,30}{1,55} + \frac{0,017}{3} + \frac{0,034}{4,51} + \frac{0,018}{6,10} + \frac{0,039}{7,19} + \frac{0,153}{7,43} + \frac{0,954}{7,86} + \frac{0,027}{8,9} + \frac{0,181}{8,96} + \frac{0,130}{7,14} + \frac{0,032}{5,91} + \frac{0,018}{4,47} + \frac{0,037}{226}$$

$$\rho_{th} = 2,716615373 \text{ gr/cm}^3$$

Dari data pengujian piknometri di atas, kemudian dilakukan perhitungan untuk mengetahui *apparent density* spesimen aluminium paduan hasil *anodizing* pada tiap variasi sebagai berikut :

Contoh perhitungan *apparent density* (rumus 2-8) ρ_w pada $27^\circ\text{C} = 0,9665$:

- Spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi tegangan listrik 6 volt

$$\rho_s = \rho_w \frac{w_s}{w_s - (w_{sb} - w_b)}$$

$$= 0,9965 \text{ gr/cm}^3 \cdot \frac{12,78 \text{ gr}}{12,78 \text{ gr} - 7,54 \text{ gr}}$$

$$= 2,431307766 \text{ gr/cm}^3$$

- Spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi tegangan listrik 25 volt

$$\rho_s = \rho_w \frac{w_s}{w_s - (w_{sb} - w_b)}$$

$$= 0,9965 \text{ gr/cm}^3 \cdot \frac{12,40 \text{ gr}}{12,40 \text{ gr} - 7,78 \text{ gr}}$$

$$= 2,673378875 \text{ gr/cm}^3$$

- Spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi waktu proses 15 menit

$$\rho_s = \rho_w \frac{w_s}{w_s - (w_{sb} - w_b)}$$

$$= 0,9965 \text{ gr/cm}^3 \cdot \frac{12,78 \text{ gr}}{12,78 \text{ gr} - 8,01 \text{ gr}}$$

$$= 2,671038112 \text{ gr/cm}^3$$

- Spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi waktu proses 35 menit

$$\rho_s = \rho_w \frac{w_s}{w_s - (w_{sb} - w_b)}$$

$$= 0,9965 \text{ gr/cm}^3 \cdot \frac{12,60 \text{ gr}}{12,60 \text{ gr} - 7,49 \text{ gr}}$$

$$= 2,45777332 \text{ gr/cm}^3$$

Dari contoh perhitungan diatas maka akan didapatkan data-data hasil perhitungan secara lengkap. Seperti pada tabel 4.11 untuk variasi tegangan listrik dan tabel 4.12 untuk variasi waktu proses.

Tabel 4.11 Data hasil perhitungan *Apparent Density* pada aluminium hasil *anodizing* dengan variasi tegangan listrik (*volt*)

Variasi Tegangan Listrik	<i>Apparent Density</i> (gr/cm ³)
6 Volt	2,431307766
12 Volt	2,492905316
15 Volt	2,581934948
18 Volt	2,630337456
25 Volt	2,673378875

Tabel 4.12 Data hasil perhitungan *Apparent Density* pada aluminium hasil *anodizing* dengan variasi waktu proses (*menit*)

Variasi Waktu Proses	<i>Apparent Density</i> (gr/cm ³)
15 menit	2,671038112
20 menit	2,6340517
25 menit	2,566310157
30 menit	2,500940979
35 menit	2,45777332

Setelah diketahui *true density* dan *apparent density* dari spesimen maka telah memenuhi syarat untuk kemudian dilakukan perhitungan tingkat porositas spesimen dengan variasi tegangan listrik sebagai berikut (rumus 2-9) :

1. Spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi tegangan listrik 6 volt

$$\begin{aligned}\% \text{Porositas} &= \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_{th}}\right) \cdot 100\% \\ &= \left(1 - \frac{2,431307766}{2,716615373}\right) \\ &= 10,50231881\%\end{aligned}$$

2. Spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi tegangan listrik 12 volt

$$\begin{aligned}\% \text{Porositas} &= \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_{th}}\right) \cdot 100\% \\ &= \left(1 - \frac{2,492905316}{2,716615373}\right) \\ &= 8,234881522\%\end{aligned}$$

3. Spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi tegangan listrik 15 volt

$$\% \text{Porositas} = \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_{th}} \right) \cdot 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{2,581934948}{2,716615373} \right)$$

$$= 4,957655259\%$$

4. Spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi tegangan listrik 18 volt

$$\% \text{Porositas} = \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_{th}} \right) \cdot 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{2,630337456}{2,716615373} \right)$$

$$= 3,175934217\%$$

5. Spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi tegangan listrik 25 volt

$$\% \text{Porositas} = \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_{th}} \right) \cdot 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{2,673378875}{2,716615373} \right)$$

$$= 1,591557574\%$$

Selain itu dapat dilakukan pula perhitungan tingkat porositas spesimen dengan variasi waktu proses sebagai berikut:

1. Spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi waktu proses 15 menit

$$\% \text{Porositas} = \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_{th}} \right) \cdot 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{2,671038112}{2,716615373} \right)$$

$$= 1,67772227\%$$

2. Spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi waktu proses 20 menit

$$\% \text{Porositas} = \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_{th}} \right) \cdot 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{2,6340517}{2,716615373} \right)$$

$$= 3,039210983\%$$

3. Spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi waktu proses 25 menit

$$\% \text{Porositas} = \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_{th}}\right) \cdot 100\% \\ = \left(1 - \frac{2,566310157}{2,716615373}\right) \\ = 5,532811811\%$$

4. Spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi waktu proses 30 menit

$$\% \text{Porositas} = \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_{th}}\right) \cdot 100\% \\ = \left(1 - \frac{2,500940979}{2,716615373}\right) \\ = 7,939084639\%$$

5. Spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi waktu proses 35 menit

$$\% \text{Porositas} = \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_{th}}\right) \cdot 100\% \\ = \left(1 - \frac{2,45777332}{2,716615373}\right) \\ = 9,528108222\%$$

Dari hasil perhitungan di atas didapatkan hasil yang dapat dimasukkan ke dalam tabel 4.13 untuk variasi tegangan listrik dan tabel 4.14 untuk variasi waktu proses.

Tabel 4.13 Data hasil perhitungan tingkat porositas pada variasi tegangan listrik

Variasi Tegangan Listrik	Tingkat Porositas (%)
6 Volt	10,50231881
12 Volt	8,234881522
15 Volt	4,957655259
18 Volt	3,175934217
25 Volt	1,591557574

Tabel 4.14 Data hasil perhitungan tingkat porositas pada variasi waktu proses

Variasi Waktu Proses	Tingkat Porositas (%)
15 menit	1,6777227
20 menit	3,039210983
25 menit	5,532811811
30 menit	7,939084639
35 menit	9,528108222

4.1.3. Data Hasil Pengujian Ketahanan Aus

Pengujian ketahanan aus dilakukan dengan berat pembebanan 5 kg, dan dilakukan selama 5 menit untuk setiap pengambilan data tiap spesimen. Karena data

yang didapatkan dalam satuan berat (gr), maka perlu dilakukan perhitungan konversi agar didapatkan data berupa volume total keausan (cm^3). Berikut adalah contoh perhitungannya :

- Berat jenis (ρ) = 2,716615573 gr/cm³
- Berat awal untuk spesimen 1.1 = 12,84 gr
- Berat akhir untuk spesimen 1.1 = 12,68 gr
- Berat total keausan spesimen 1.1 (m) = 0,16 gr
- Volume total keausan (V) :

$$\begin{aligned} V &= \frac{m}{\rho} \left[\frac{\text{gr}}{\text{gr/cm}^3} \right] \\ &= \frac{0,16}{2,716615573} \\ &= 0,058896818 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Dari pengujian ketahanan aus dan contoh perhitungan di atas didapatkan data-data berat spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi tegangan listrik (*volt*) dan total keausan yang berbeda. Seperti pada tabel 4.15 sampai dengan tabel 4.19.

Tabel 4.15 Data pengujian ketahanan aus pada spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi tegangan listrik 6 volt

No spesimen	Berat Awal (gr)	Berat I (gr)	Berat II (gr)	Berat III (gr)	Total Keausan (cm ³)
1.1	12,84	12,81	12,76	12,68	0,058896818
2.1	12,70	12,64	12,59	12,53	0,062577869
3.1	12,79	12,73	12,68	12,62	0,062577869
Jumlah	38,33	38,18	38,03	37,83	0,184052555
Rata-rata	12,77666667	12.72666667	12,67666667	12,61	0,061350852

*)Konsentrasi larutan H₂SO₄ adalah 15 % ; jarak elektroda 75 mm; waktu proses *anodizing* 20 menit

Tabel 4.16 Data pengujian ketahanan aus pada spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi tegangan listrik 12 volt

No spesimen	Berat Awal (gr)	Berat I (gr)	Berat II (gr)	Berat III (gr)	Total Keausan (cm ³)
1.2	12,43	12,37	12,32	12,28	0,055215766
2.2	12,77	12,75	12,68	12,62	0,055215766
3.2	12,35	12,30	12,25	12,20	0,051534715
Jumlah	37,55	37,42	37,25	37,10	0,161966248
Rata-rata	12,51666667	12,47333333	12,41666667	12,36666667	0,053988749

*)Konsentrasi larutan H₂SO₄ adalah 15 % ; jarak elektroda 75 mm; waktu proses *anodizing* 20 menit

Tabel 4.17 Data pengujian ketahanan aus pada spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi tegangan listrik 15 volt

No spesimen	Berat Awal (gr)	Berat I (gr)	Berat II (gr)	Berat III (gr)	Total Keausan (cm ³)
1.3	12,45	12,40	12,36	12,31	0,051534715
2.3	12,60	12,54	12,50	12,46	0,051534715
3.3	12,39	12,33	12,29	12,26	0,047853664
Jumlah	37,44	37,27	37,15	37,03	0,150923095
Rata-rata	12,48	12,42333333	12,38333333	12,34333333	0,050307698

*)Konsentrasi larutan H₂SO₄ adalah 15 % ; jarak elektroda 75 mm; waktu proses *anodizing* 20 menit

Tabel 4.18 Data pengujian ketahanan aus pada spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi tegangan listrik 18 volt

No spesimen	Berat Awal (gr)	Berat I (gr)	Berat II (gr)	Berat III (gr)	Total Keausan (cm ³)
1.4	12,41	12,37	12,32	12,29	0,044172613
2.4	12,57	12,52	12,48	12,44	0,047853664
3.4	12,37	12,33	12,29	12,25	0,044172613
Jumlah	37,35	37,22	37,09	36,98	0,136198891
Rata-rata	12,45	12,40666667	12,36333333	12,32666667	0,04539963

*)Konsentrasi larutan H₂SO₄ adalah 15 % ; jarak elektroda 75 mm; waktu proses *anodizing* 20 menit

Tabel 4.19 Data pengujian ketahanan aus pada spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi tegangan listrik 25 volt

No spesimen	Berat Awal (gr)	Berat I (gr)	Berat II (gr)	Berat III (gr)	Total Keausan (cm ³)
1.5	12,46	12,43	12,39	12,36	0,036810511
2.5	12,33	12,30	12,27	12,24	0,03312946
3.5	12,42	12,39	12,35	12,33	0,03312946
Jumlah	37,21	37,12	37,01	36,93	0,103069431
Rata-rata	12,40333333	12,37333333	12,33666667	12,31	0,034356477

*)Konsentrasi larutan H₂SO₄ adalah 15 % ; jarak elektroda 75 mm; waktu proses *anodizing* 20 menit

Pada tabel 4.20 sampai tabel 4.24 didapatkan juga data-data berat spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi waktu proses (*menit*) yang berbeda :

Tabel 4.20 Data pengujian ketahanan aus pada spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi waktu proses 15 menit

No spesimen	Berat Awal (gr)	Berat I (gr)	Berat II (gr)	Berat III (gr)	Total Keausan (cm ³)
1.1	12,73	12,70	12,67	12,64	0,03312946
2.1	12,83	12,80	12,77	12,75	0,029448409
3.1	12,77	12,73	12,70	12,67	0,036810511
Jumlah	38,33	38,23	38,14	38,06	0,09938838
Rata-rata	12,77666667	12,74333333	12,71333333	12,68666667	0,03312946

*)Konsentrasi larutan H₂SO₄ adalah 15 % ; jarak elektroda 75 mm; tegangan listrik 18 volt

Tabel 4.21 Data pengujian ketahanan aus pada spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi waktu proses 20 menit

No spesimen	Berat Awal (gr)	Berat I (gr)	Berat II (gr)	Berat III (gr)	Total Keausan (cm ³)
1.2	12,62	12,57	12,54	12,50	0,044172613
2.2	12,80	12,77	12,73	12,69	0,040491562
3.2	12,67	12,61	12,56	12,53	0,051534715
Jumlah	38,09	37,95	37,83	37,72	0,136198891
Rata-rata	12,69666667	12,65	12,61	12,57333333	0,04539963

*)Konsentrasi larutan H₂SO₄ adalah 15 % ; jarak elektroda 75 mm; tegangan listrik 18 volt

Tabel 4.22 Data pengujian ketahanan aus pada spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi waktu proses 25 menit

No spesimen	Berat Awal (gr)	Berat I (gr)	Berat II (gr)	Berat III (gr)	Total Keausan (cm ³)
1.3	12,85	12,80	12,74	12,7	0,055215766
2.3	12,40	12,35	12,3	12,25	0,055215766
3.3	12,53	12,49	12,46	12,41	0,044172613
Jumlah	37,78	37,64	37,50	37,36	0,154604146
Rata-rata	12,59333333	12,54666667	12,5	12,45333333	0,051534715

*)Konsentrasi larutan H₂SO₄ adalah 15 % ; jarak elektroda 75 mm; tegangan listrik 18 volt

Tabel 4.23 Data pengujian ketahanan aus pada spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi waktu proses 30 menit

No spesimen	Berat Awal (gr)	Berat I (gr)	Berat II (gr)	Berat III (gr)	Total Keausan (cm ³)
1.4	12,60	12,56	12,51	12,45	0,055215766
2.4	12,32	12,27	12,22	12,18	0,051534715
3.4	12,50	12,45	12,39	12,33	0,062577869
Jumlah	37,42	37,28	37,12	36,96	0,16932835
Rata-rata	12,47333333	12,42666667	12,37333333	12,32	0,056442783

*)Konsentrasi larutan H₂SO₄ adalah 15 % ; jarak elektroda 75 mm; tegangan listrik 18 volt

Tabel 4.24 Data pengujian ketahanan aus pada spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi waktu proses 35 menit

No spesimen	Berat Awal (gr)	Berat I (gr)	Berat II (gr)	Berat III (gr)	Total Keausan (cm ³)
1.5	12,44	12,38	12,32	12,27	0,062577869
2.5	12,73	12,67	12,61	12,56	0,062577869
3.5	12,64	12,58	12,53	12,46	0,06625892
Jumlah	37,81	37,63	37,46	37,29	0,191414657
Rata-rata	12,60333333	12,54333333	12,48666667	12,43	0,063804886

*)Konsentrasi larutan H₂SO₄ adalah 15 % ; jarak elektroda 75 mm; tegangan listrik 18 volt

4.1.4. Data Hasil Perhitungan Ketahanan Aus

Untuk menghitung ketahanan aus, maka digunakan perumusan keausan Archard yang merupakan sebuah rumusan dan pemodelan yang mudah untuk menjelaskan keausan secara umum. Untuk mencari ketahanan aus maka perhitungan awal adalah menentukan koefisien keausan masing masing spesimen.

$$K = \frac{QH}{WL} \quad (2-6)$$

Dimana :

Q adalah volume total keausan $\text{[cm}^3\text{]}$

W adalah besar pembebanan normal [gr]

L adalah panjang sliding atau bidang kontak [cm]

H adalah kekerasan ; kekerasan alumina (Al_2O_3) = 2000 VHN

K adalah koefisien keausan ; I/K adalah ketahanan aus

Contoh perhitungan koefisien keausan seperti tercantum pada rumus 2-6 :

- Spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi tegangan listrik 6 volt

$$\begin{aligned} K &= \frac{QH}{WL} \\ &= \frac{0,061350852 \times 2000}{5000 \times 1,1} \\ &= 0,022309401 \end{aligned}$$

- Spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi tegangan listrik 25 volt

$$\begin{aligned} K &= \frac{QH}{WL} \\ &= \frac{0,034356477 \times 2000}{5000 \times 0,8} \\ &= 0,017178238 \end{aligned}$$

- Spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi waktu proses 15 menit

$$\begin{aligned} K &= \frac{QH}{WL} \\ &= \frac{0,03312946 \times 2000}{5000 \times 0,8} \\ &= 0,01656473 \end{aligned}$$

4. Spesimen aluminium hasil *anodizing* dengan variasi waktu proses 35 menit

$$K = \frac{QH}{WL}$$

$$= \frac{0,063804886 \times 2000}{5000 \times 1,1}$$

$$= 0,023201777$$

Dari contoh perhitungan diatas maka didapatkan data-data hasil perhitungan koefisien keausan rata-rata setiap variasi seperti pada tabel 4.25 dan 4.26 berikut :

Tabel 4.25 Data hasil perhitungan koefisien keausan pada aluminium hasil *anodizing* dengan variasi tegangan listrik (volt)

Variasi Tegangan Listrik	Koefisien Keausan
6 Volt	0,022309401
12 Volt	0,0215955
15 Volt	0,021182189
18 Volt	0,020177613
25 Volt	0,017178238

Tabel 4.26 Data hasil perhitungan koefisien keausan pada aluminium hasil *anodizing* dengan variasi waktu proses (menit)

Variasi Waktu Proses	Koefisien Keausan
15 menit	0,01656473
20 menit	0,020177613
25 menit	0,021698828
30 menit	0,022577113
35 menit	0,023201777

Jika K adalah koefisien keausan dan 1/K adalah ketahanan aus, maka didapatkan tingkat ketahanan aus rata-rata untuk masing-masing variasi. Seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.27. dan tabel 4.28. Ketahanan aus dapat dinyatakan dalam bentuk persentase (%) seperti berikut :

Tabel 4.27 Data hasil perhitungan koefisien keausan pada aluminium hasil *anodizing* dengan variasi tegangan listrik (volt)

Variasi Tegangan Listrik	Ketahanan Aus (%)
6 Volt	44,82415365
12 Volt	46,30594386
15 Volt	47,20947447
18 Volt	49,55987505
25 Volt	58,21318656

Tabel 4.28 Data hasil perhitungan koefisien keausan pada aluminium hasil *anodizing* dengan variasi waktu proses (menit)

Variasi Waktu Proses	Ketahanan Aus (%)
15 menit	60,36923051
20 menit	49,55987505
25 menit	46,08543936
30 menit	44,29264195
35 menit	43,10014774

4.2. Analisa Statistik

4.2.1. Analisa Varian Satu Arah Tingkat Porositas

Tabel 4.29 Penulisan data tingkat porositas hasil pengujian piknometri dengan variasi tegangan listrik (volt)

Perlakuan \ Pengulangan	6 Volt	12 Volt	15 Volt	18 Volt	25 Volt	Jumlah
1	11,96398195	8,260062417	5,054710268	3,55517444	1,497055958	-
2	9,012253485	8,332569721	4,899363222	3,537940478	1,247807269	-
3	10,46591358	8,109801989	4,919258753	2,418858134	2,02443153	-
Rata-rata	10,50231881	8,234881522	4,957655259	3,175934217	1,591557574	28,46234738
					Rata-Rata	5,692469476

Dari data yang telah diperoleh pada tabel 4.29, kemudian dilakukan analisa varian satu arah. Dengan analisis varian satu arah akan diketahui ada tidaknya pengaruh variasi tegangan listrik pada aluminium hasil *anodizing* terhadap tingkat porositas. Harga variabel terikat dianggap sebagai $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \mu_5$ dan μ_6 sehingga hipotesis penelitian dapat dituliskan sebagai berikut:

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6$ (Tidak ada perbedaan atau pengaruh nyata dari variasi tegangan listrik pada aluminium hasil anodizing terhadap tingkat porositas)

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6$ (Ada perbedaan atau pengaruh nyata dari variasi tegangan listrik pada aluminium hasil anodizing terhadap tingkat porositas)

Untuk mengetahui apakah F_{hitung} lebih besar atau lebih kecil dari pada F_{tabel} maka perlu dilakukan perhitungan statistik ($\alpha = 0,05 ; n_i = 3 ; k = 5 ; n = 15$):

1. Jumlah kuadrat perlakuan (JK_P)

$$\begin{aligned}
 JK_P &= \sum_{j=1}^k n_i (\bar{Y}_i - \bar{Y}_{..})^2 \\
 &= 3(10,50231881 - 5,692469476)^2 + 3(8,234881522 - 5,692469476)^2 + \\
 &\quad 3(4,957655259 - 5,692469476)^2 + 3(3,175934217 - 5,692469476)^2 + \\
 &\quad 3(1,591557574 - 5,692469476)^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 69,40395177 + 19,39157704 + 1,619855801 + 18,99884913 + 50,4524353 \\
 &= 159,866669
 \end{aligned}$$

2. Jumlah kuadrat galat (JK_G)

$$\begin{aligned}
 JK_G &= \sum_{i=1}^k (n_i - 1) S_i^2 \\
 &= 2(2,179039581) + 2(0,012910976) + 2(0,007145964) + 2(0,424017938) + \\
 &\quad 2(0,157237345) \\
 &= 4,358079161 + 0,025821951 + 0,014291928 + 0,848035875 + 0,31447469 \\
 &= 5,560703605
 \end{aligned}$$

3. Kuadrat tengah perlakuan (KT_P)

$$\begin{aligned}
 KT_P &= \frac{JK_P}{k-1} \\
 &= \frac{159,866669}{4} \\
 &= 39,96666725
 \end{aligned}$$

4. Kuadrat tengah galat (KT_G)

$$\begin{aligned}
 KT_G &= \frac{JK_G}{n-k} \\
 &= \frac{5,560703605}{10} \\
 &= 0,55607036
 \end{aligned}$$

5. Nilai F_{hitung}

$$\begin{aligned}
 F_{hitung} &= \frac{KT_P}{KT_G} \\
 &= \frac{39,966667253}{0,55607036} \\
 &= 71,87339971
 \end{aligned}$$

Untuk melakukan uji analisa varian, dibuat tabel analisa varian satu arah seperti pada tabel 4.30:

Tabel 4.30 Tabel Analisa Varian Satu Arah

Sumber Varian	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Rata-rata	F_{hitung}	F_{tabel}
Perlakuan (kategori)	4	159,866669	39,966667253	71,87339971	$F(0,05; 10; 4) = 3,48$
Galat	10	5,560703605	0,55607036		

Berdasarkan tabel 4.30 dapat disimpulkan bahwa:

$F_{hitung} > F_{tabel}$ berarti H_0 ditolak dan H_1 diterima, artinya menyatakan bahwa ada perbedaan atau pengaruh yang nyata antara variasi tegangan listrik pada proses *anodizing* terhadap tingkat porositas permukaan aluminium.

Tabel 4.31 Penulisan data tingkat porositas hasil pengujian piknometri dengan variasi waktu proses (*menit*)

Perlakuan \ Pengulangan	15 menit	20 menit	25 menit	30 menit	35 menit	Jumlah
1	1,485714687	3,557764954	5,539175694	7,746687677	8,91815831	-
2	1,336293543	2,58808515	5,239008354	7,583184874	9,679359307	-
3	2,207728737	2,973525693	5,815291487	8,478856822	9,969638504	-
Rata-rata	1,67772227	3,039210983	5,532811811	7,939084639	9,528108222	27,71693793
					Rata-rata	5,543387585

Dari data yang telah diperoleh sesuai tabel 4.31 kemudian dilakukan analisa varian satu arah. Dengan analisis varian satu arah akan diketahui ada tidaknya pengaruh variasi waktu proses pada aluminium hasil *anodizing* terhadap tingkat porositas. Harga variabel terikat dianggap sebagai $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \mu_5$ dan μ_6 sehingga hipotesis penelitian dapat dituliskan sebagai berikut:

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6$ (Tidak ada perbedaan atau pengaruh nyata dari variasi waktu proses pada aluminium hasil anodizing terhadap tingkat porositas)

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6$ (Ada perbedaan atau pengaruh nyata dari variasi waktu proses pada aluminium hasil anodizing terhadap tingkat porositas)

Untuk mengetahui apakah F_{hitung} lebih besar atau lebih kecil dari pada F_{tabel} maka perlu dilakukan perhitungan statistik ($\alpha = 0,05 ; n_i = 3 ; k = 5 ; n = 15$) :

1. Jumlah kuadrat perlakuan (JK_P)

$$\begin{aligned}
 JK_P &= \sum_{j=1}^k n_i (\bar{Y}_{i\cdot} - \bar{Y}_{..})^2 \\
 &= 3(1,67772227 - 5,543387585)^2 + 3(3,039210983 - 5,543387585)^2 + \\
 &\quad 3(5,532811811 - 5,543387585)^2 + 3(7,939084639 - 5,543387585)^2 + \\
 &\quad 3(9,528108222 - 5,543387585)^2 \\
 &= 44,83010498 + 18,81270136 + 0,000335541 + 17,21809313 + 47,6339957 \\
 &= 128,4952307
 \end{aligned}$$

2. Jumlah kuadrat galat (JK_G)

$$JK_G = \sum_{i=1}^k (n_i - 1) S_i^2$$

$$\begin{aligned}
 &= 2(0,217173671) + 2(0,238363647) + 2(0,083077869) + 2(0,227517622) + \\
 &\quad 2(0,294932388) \\
 &= 0,434347343 + 0,476727295 + 0,166155738 + 0,455035244 + 0,589864776 \\
 &= 2,122130395
 \end{aligned}$$

3. Kuadrat tengah perlakuan (KT_p)

$$\begin{aligned}
 KT_p &= \frac{JK_p}{k-1} \\
 &= \frac{128,4952307}{4} \\
 &= 32,12380768
 \end{aligned}$$

4. Kuadrat tengah galat (KT_g)

$$\begin{aligned}
 KT_g &= \frac{JK_g}{n-k} \\
 &= \frac{2,122130395}{10} \\
 &= 0,212213039
 \end{aligned}$$

5. Nilai F_{hitung}

$$\begin{aligned}
 F_{hitung} &= \frac{KT_p}{KT_g} \\
 &= \frac{32,12380768}{0,212213039} \\
 &= 151,3752775
 \end{aligned}$$

Untuk melakukan uji analisa varian, dibuat tabel analisa varian satu arah seperti pada tabel 4.32:

Tabel 4.32 Tabel Analisa Varian Satu Arah

Sumber Varian	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Rata-rata	F_{hitung}	F_{tabel}
Perlakuan (kategori)	4	128,4952307	32,12380768	151,3752775	$F(0,05; 10; 4) = 3,48$
Galat	10	2,122130395	0,212213039		

Berdasarkan tabel 4.32 dapat disimpulkan bahwa:

$F_{hitung} > F_{tabel}$ berarti H_0 ditolak dan H_1 diterima, artinya menyatakan bahwa ada perbedaan atau pengaruh yang nyata antara variasi waktu proses pada proses *anodizing* terhadap tingkat porositas permukaan aluminium.

4.2.2. Analisa Varian Satu Arah Ketahanan Aus

Tabel 4.33 Penulisan data hasil pengujian ketahanan aus dengan variasi tegangan listrik (volt)

Perlakuan \ Pengulangan	6 Volt	12 Volt	15 Volt	18 Volt	25 Volt	Jumlah
1	46,69182672	45,27692288	46,08543936	50,93653824	54,33230746	-
2	43,94524868	45,27692288	46,08543936	47,01834299	60,36923051	-
3	43,94524868	45,27692288	49,63047316	50,93653824	60,36923051	-
Rata-rata	44,82415365	45,27692288	47,20947447	49,55987505	58,21318656	246,1126336
				Rata - Rata	49,22252672	

Dari data yang telah diperoleh pada tabel 4.33 kemudian dilakukan analisa varian satu arah. Dengan analisis varian satu arah akan diketahui ada tidaknya pengaruh variasi tegangan listrik pada aluminium hasil *anodizing* terhadap ketahanan aus. Harga variabel terikat dianggap sebagai $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \mu_5$ dan μ_6 sehingga hipotesis penelitian dapat dituliskan sebagai berikut:

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6$ (Tidak ada perbedaan atau pengaruh nyata dari variasi tegangan listrik pada aluminium hasil anodizing terhadap ketahanan aus)

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6$ (Ada perbedaan atau pengaruh nyata dari variasi tegangan listrik pada aluminium hasil anodizing terhadap ketahanan aus)

Untuk mengetahui apakah F_{hitung} lebih besar atau lebih kecil dari pada F_{tabel} maka perlu dilakukan perhitungan statistik ($\alpha = 0,05$; $n_i = 3$; $k = 5$; $n = 15$):

1. Jumlah kuadrat perlakuan (JK_P)

$$JK_P = \sum_{j=1}^k n_i (\bar{Y}_{i\cdot} - \bar{Y}_{..})^2 \\ = 338,5508667$$

2. Jumlah kuadrat galat (JK_G)

$$JK_G = \sum_{i=1}^k (n_i - 1) S_i^2 \\ = 55,00934856$$

3. Kuadrat tengah perlakuan (KT_P)

$$KT_P = \frac{JK_P}{k-1} \\ = \frac{338,5508667}{4} \\ = 84,63771668$$

4. Kuadrat tengah galat (KT_G)

$$\begin{aligned} KT_G &= \frac{JK_G}{n-k} \\ &= \frac{55,00934856}{10} \\ &= 5,500934856 \end{aligned}$$

5. Nilai F_{hitung}

$$\begin{aligned} F_{hitung} &= \frac{KT_P}{KT_G} \\ &= \frac{84,63771668}{5,500934856} \\ &= 15,38606053 \end{aligned}$$

Untuk melakukan uji analisa varian, dibuat tabel analisa varian satu arah seperti pada tabel 4.34:

Tabel 4.34 Tabel Analisa Varian Satu Arah

Sumber Varian	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Rata-rata	F_{hitung}	F_{tabel}
Perlakuan (kategori)	4	338,5508667	84,63771668	15,38606053	$F(0,05; 10; 4) = 3,48$
Galat	10	55,00934856	5,500934856		

Berdasarkan tabel 4.34 dapat disimpulkan bahwa:

$F_{hitung} > F_{tabel}$ berarti H_0 ditolak dan H_1 diterima, artinya menyatakan bahwa ada perbedaan atau pengaruh yang nyata antara variasi tegangan listrik pada proses *anodizing* terhadap ketahanan aus permukaan aluminium.

Tabel 4.35 Penulisan data hasil pengujian ketahanan aus dengan variasi waktu proses (menit)

Perlakuan \ Pengulangan	15 menit	20 menit	25 menit	30 menit	35 menit	Jumlah
1	60,36923051	50,93653824	43,01307674	45,27692288	43,94524868	-
2	67,91538432	55,56713263	43,01307674	48,5109888	43,94524868	-
3	54,33230746	43,65988992	53,76634592	39,95022607	41,50384598	-
Rata-rata	60,36923051	49,55987505	46,08543936	44,29264195	43,10014774	243,4073346
					Rata-rata	48,68146692

Dari data yang telah diperoleh sesuai tabel 4.35 kemudian dilakukan analisa varian satu arah. Dengan analisis varian satu arah akan diketahui ada tidaknya pengaruh variasi waktu proses pada aluminium hasil *anodizing* terhadap ketahanan aus. Harga

variabel terikat dianggap sebagai $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \mu_5$ dan μ_6 sehingga hipotesis penelitian dapat dituliskan sebagai berikut:

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6$ (Tidak ada perbedaan atau pengaruh nyata dari variasi waktu proses pada aluminium hasil anodizing terhadap ketahanan aus)

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6$ (Ada perbedaan atau pengaruh nyata dari variasi waktu proses pada aluminium hasil anodizing terhadap ketahanan aus)

Untuk mengetahui apakah F_{hitung} lebih besar atau lebih kecil dari pada F_{tabel} maka perlu dilakukan perhitungan statistik ($\alpha = 0,05$; $n_i = 3$; $k = 5$; $n = 15$) :

6. Jumlah kuadrat perlakuan (JK_P)

$$JK_P = \sum_{j=1}^k n_i (\bar{Y}_{i\cdot} - \bar{Y}_{..})^2 \\ = 583,5830581$$

7. Jumlah kuadrat galat (JK_G)

$$JK_G = \sum_{i=1}^k (n_i - 1) S_i^2 \\ = 285,6526021$$

8. Kuadrat tengah perlakuan (KT_P)

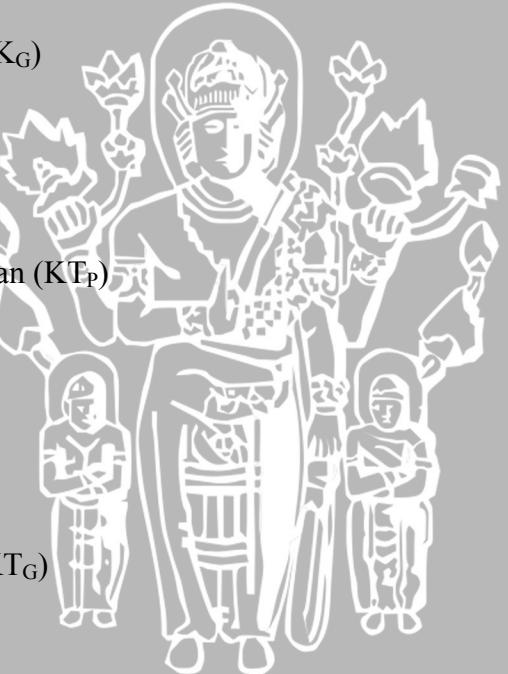
$$KT_P = \frac{JK_P}{k-1} \\ = \frac{583,5830581}{4} \\ = 145,8957645$$

9. Kuadrat tengah galat (KT_G)

$$KT_G = \frac{JK_G}{n-k} \\ = \frac{285,6526021}{10} \\ = 28,56526021$$

10. Nilai F_{hitung}

$$F_{\text{hitung}} = \frac{KT_P}{KT_G} \\ = \frac{145,8957645}{28,56526021} \\ = 5,107454419$$



Untuk melakukan uji analisa varian, dibuat tabel analisa varian satu arah seperti pada tabel 4.36 :

Tabel 4.36 Tabel Analisa Varian Satu Arah

Sumber Varian	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Rata-rata	F_{hitung}	F_{tabel}
Perlakuan (kategori)	4	583,5830581	145,8957645	5,107454419	$F(0,05; 10; 4) = 3,48$
Galat	10	285,6526021	28,56526021		

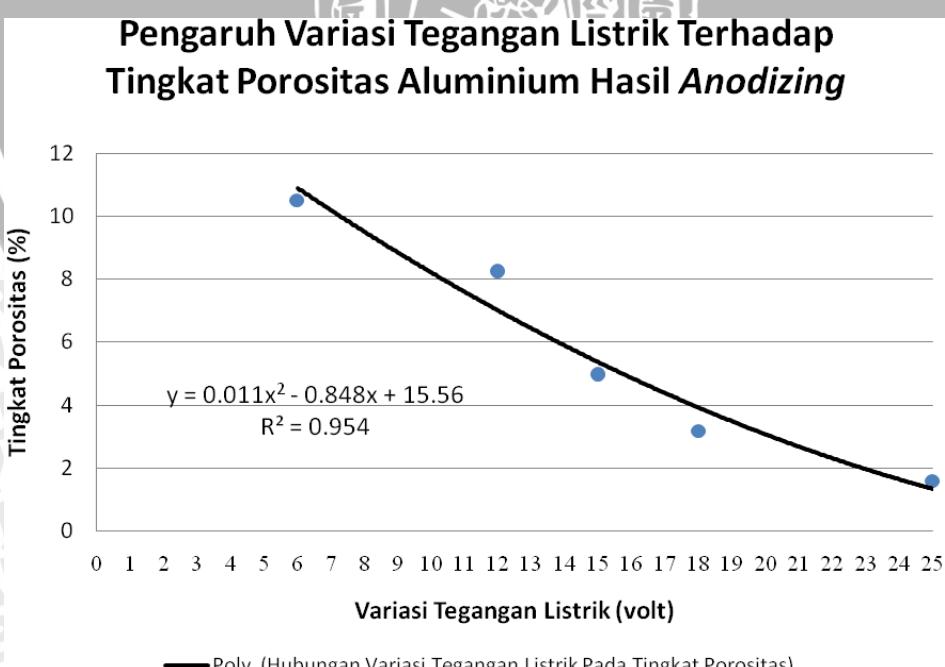
Berdasarkan tabel 4.36 dapat disimpulkan bahwa :

$F_{hitung} > F_{tabel}$ berarti H_0 ditolak dan H_1 diterima, artinya menyatakan bahwa ada perbedaan atau pengaruh yang nyata antara variasi waktu proses pada proses *anodizing* terhadap ketahanan aus permukaan aluminium.

4.3. Pembahasan Grafik

4.3.1. Pengaruh Variasi Tegangan Listrik Terhadap Tingkat Porositas Aluminium Hasil *Anodizing*

Dari hasil pengujian dan perhitungan data dengan variasi tegangan listrik, maka didapatkan besarnya tingkat porositas aluminium hasil *anodizing*. Untuk mempermudah menganalisa maka hasil perhitungan tersebut digambarkan dalam bentuk grafik. Grafik dibawah ini menunjukkan hubungan antara tingkat porositas dengan perubahan variasi tegangan listrik.



Gambar 4.1. Grafik pengaruh variasi tegangan listrik terhadap tingkat porositas aluminium hasil *anodizing*

Dengan menggunakan variasi tegangan listrik yang semakin meningkat pada proses anodizing antara 6V s/d 25 V, maka terlihat jelas tingkat porositas akan semakin menurun. Hal ini dapat dilihat pada grafik 4.1. Selain itu, pada analisa varian satu arah diatas $F_{hitung} > F_{tabel}$ berarti H_0 ditolak dan H_1 diterima, artinya menyatakan bahwa ada pengaruh yang nyata antara variasi tegangan listrik pada proses *anodizing* terhadap tingkat porositas permukaan aluminium.

Pada saat tegangan listrik dinaikkan menjadi dari 6 volt menjadi 12 volt, tingkat porositas rata-rata yang semula 10,50231881 % turun menjadi 8,234881522 %. Dan ketika tegangan listrik dinaikkan menjadi 15 volt, tingkat porositas juga mengalami penurunan menjadi 4,957655259 %. Begitu juga saat proses anodizing menggunakan tegangan listrik 18 volt dan 25 volt, kedua variasi ini juga menyebabkan terjadinya penurunan tingkat porositas menjadi 3,175934217 % dan 1,591557574 %.

Hal ini terjadi karena struktur film oksida sangat sensitif merespon setiap perubahan dalam aplikasi tegangan listrik selama proses *anodizing* aluminium. Karena perubahan pada struktur lapisan film oksida bisa terjadi, saat terjadi perubahan tegangan listrik yang diaplikasikan pada proses anodizing.

Jika aluminium di *anodizing* dengan menggunakan tegangan listrik 6 V, dan kemudian tegangan dinaikkan menjadi 12 V, 15 V, 18 V, dan 25 V, maka akan terjadi perubahan pada struktur dari lapisan film oksida secara berkesinambungan. Dengan kata lain, saat tegangan listrik rendah akan terbentuk *porous* dalam jumlah yang banyak, namun ketebalan dinding *porous layer* dan *barrier layer* relatif tipis. Sebaliknya, saat tegangan semakin tinggi jumlah *porous* menjadi semakin sedikit dan ketebalan dinding *porous layer* dan *barrier layer* relatif lebih tebal.

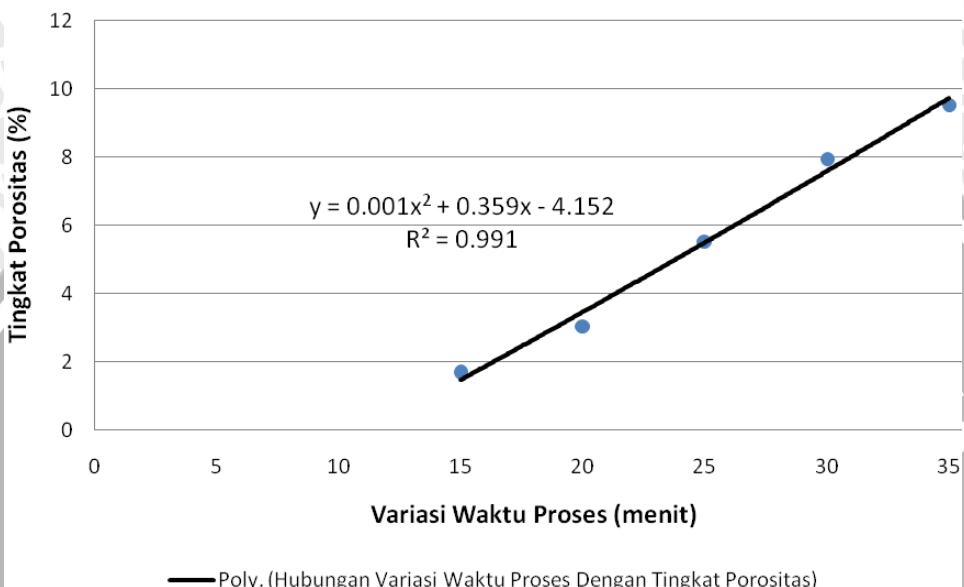
4.3.2. Pengaruh Variasi Waktu Proses Terhadap Tingkat Porositas Aluminium Hasil Anodizing

Dari hasil pengujian dan perhitungan data dengan variasi waktu proses, maka didapatkan besarnya tingkat porositas aluminium hasil *anodizing*. Untuk mempermudah menganalisa maka hasil perhitungan tersebut digambarkan dalam bentuk grafik. Grafik 4.2 menunjukkan hubungan antara tingkat porositas dengan perubahan pada variasi waktu proses.

Pada grafik tampak saat waktu proses berubah dari 15 menit menjadi 20 menit, tingkat porositas rata-rata yang semula 1,67772227 % naik menjadi 3,039210983 %. Dan ketika waktu proses diperlama menjadi 25 menit, tingkat porositas juga mengalami

kenaikan menjadi 5,532811811 %. Begitu juga saat proses anodizing menggunakan waktu proses 30 menit dan 35 menit, kedua variasi ini juga menyebabkan terjadinya peningkatan tingkat porositas menjadi 7,939084639 % dan 9,528108222 %.

Pengaruh Variasi Waktu Proses Terhadap Tingkat Porositas Aluminium Hasil *Anodizing*



Gambar 4.2. Grafik pengaruh variasi waktu proses terhadap tingkat porositas aluminium hasil *anodizing*

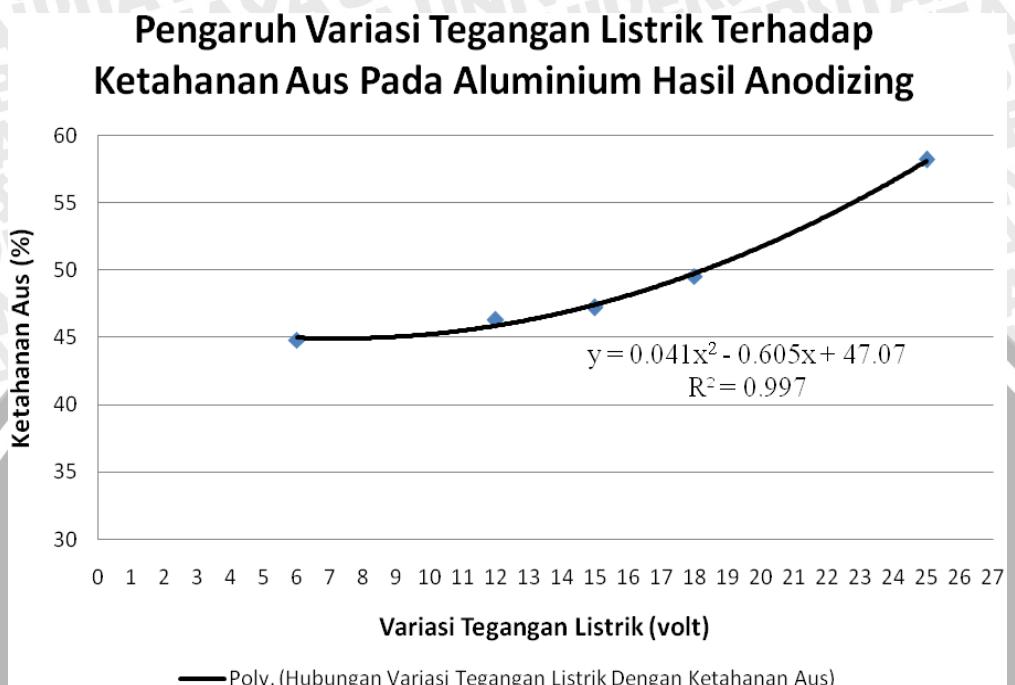
Dengan menggunakan berbagai variasi waktu (15 menit s/d 35 menit) yang digunakan selama proses anodizing akan mempengaruhi kualitas permukaan aluminium. Bila waktu proses diperlama, maka tingkat porositas akan semakin tinggi. Hal ini dapat dilihat pada grafik 4.2. Selain itu, pada analisa varian satu arah diatas $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ berarti H_0 ditolak dan H_1 diterima, artinya menyatakan bahwa ada pengaruh yang nyata antara variasi waktu proses pada proses *anodizing* terhadap tingkat porositas permukaan aluminium.

Meningkatnya tingkat porositas ini terjadi karena semakin lama waktu proses, menyebabkan semakin tipis dinding *pores* yang terbentuk, dan juga menyebabkan semakin banyak jumlah *pores*. Semakin tinggi tingkat porositas maka semakin baik untuk pewarnaan dan fungsi dekoratif.

4.3.3. Pengaruh Variasi Tegangan Listrik Terhadap Ketahanan Aus Aluminium Hasil *Anodizing*

Dari hasil pengujian dan perhitungan data dengan variasi tegangan listrik, maka didapatkan besarnya ketahanan aus aluminium hasil *anodizing*. Untuk mempermudah

menganalisa maka hasil perhitungan tersebut digambarkan dalam bentuk grafik. Grafik dibawah ini menunjukkan hubungan antara ketahanan aus dengan perubahan variasi waktu proses.



Gambar 4.3. Grafik pengaruh variasi tegangan listrik terhadap ketahanan aus pada aluminium hasil *anodizing*

Pada saat tegangan listrik dinaikkan menjadi dari 6 volt menjadi 12 volt, ketahanan aus rata-rata yang semula 44,82415365 % naik menjadi 46,30594386 %. Dan ketika tegangan listrik dinaikkan menjadi 15 volt, ketahanan aus juga mengalami peningkatan menjadi 47,20947447 %. Begitu juga saat proses anodizing menggunakan tegangan listrik 18 volt dan 25 volt, kedua variasi ini juga menyebabkan terjadinya peningkatan ketahanan aus menjadi 49,55987505 % dan 58,21318656 %.

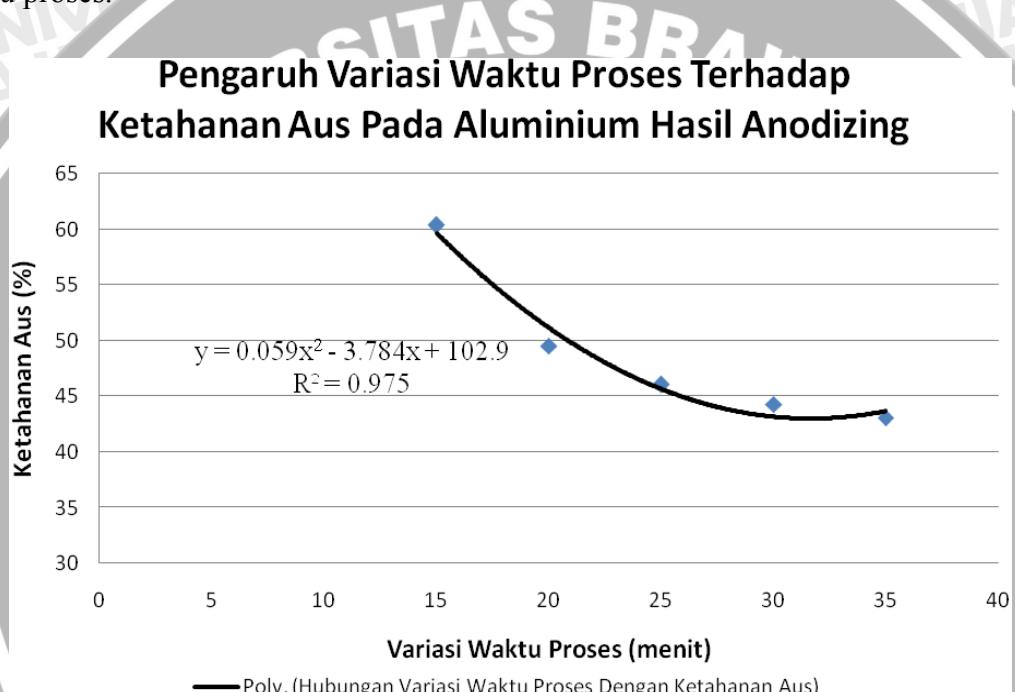
Dengan menggunakan variasi tegangan listrik yang semakin meningkat pada proses anodizing antara 6V s/d 25 V, maka terlihat jelas tingkat porositas akan semakin menurun. Hal ini dapat dilihat pada grafik 4.3. Selain itu, pada analisa varian satu arah diatas $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ berarti H_0 ditolak dan H_1 diterima, artinya menyatakan bahwa ada pengaruh yang nyata antara variasi tegangan listrik pada proses *anodizing* terhadap ketahanan aus permukaan aluminium.

Peningkatan ketahanan aus terjadi karena semakin meningkatnya tegangan listrik menyebabkan jumlah *pores* menjadi menurun maka ketebalan dinding *pores* akan semakin meningkat. Semakin tinggi tegangan listrik yang diberikan pada saat proses,

maka semakin tebal pula lapisan oksida yang terbentuk. Lapisan oksida yang tebal ini dapat meningkatkan ketahanan terhadap aus dan abrasi pada tingkat menengah.

4.3.4. Pengaruh Variasi Waktu Proses Terhadap Ketahanan Aus Aluminium Hasil *Anodizing*

Dari hasil pengujian dan perhitungan data dengan variasi waktu proses, maka didapatkan besarnya ketahanan aus aluminium hasil *anodizing*. Untuk mempermudah menganalisa maka hasil perhitungan tersebut digambarkan dalam bentuk grafik. Grafik dibawah ini menunjukkan hubungan antara ketahanan aus dengan perubahan variasi waktu proses.



Gambar 4.4. Grafik pengaruh variasi waktu proses terhadap ketahanan aus pada aluminium hasil *anodizing*

Dengan menggunakan berbagai variasi waktu (15 menit s/d 35 menit) yang digunakan selama proses anodizing akan mempengaruhi kualitas permukaan aluminium. Bila waktu proses diperlama, maka ketahanan aus akan semakin menurun. Hal ini dapat dilihat pada grafik 4.4. Selain itu, pada analisa varian satu arah diatas $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ berarti H_0 ditolak dan H_1 diterima, artinya menyatakan bahwa ada pengaruh yang nyata antara variasi waktu proses pada proses *anodizing* terhadap tingkat porositas permukaan aluminium.

Pada grafik tampak saat waktu proses berubah dari 15 menit menjadi 20 menit, ketahanan aus rata-rata yang semula 60,36923051 % turun menjadi 49,55987505 %. Dan ketika waktu proses diperlama menjadi 25 menit, tingkat porositas juga mengalami

penurunan menjadi 46,08543936 %. Begitu juga saat proses anodizing menggunakan waktu proses 30 menit dan 35 menit, kedua variasi ini juga menyebabkan terjadinya penurunan ketahanan aus menjadi 44,29264195 % dan 43,10014774%.

Hal ini terjadi karena, jika waktu *anodizing* diperlama maka jumlah pori akan meningkat, hal ini berarti bahwa tebal dari dinding pori akan menjadi tipis. Tipisnya dinding dapat pula dihubungkan dengan menurunnya densitas dari permukaan aluminium hasil *anodizing*. Menurunnya densitas berimbang pada menurunnya kualitas kekerasan permukaan, sehingga sifat ketahanan abrasi menjadi menurun. Akan tetapi untuk pewarnaan dan bertujuan dekoratif, hal ini akan sangat bagus.

