

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini dilakukan *pre-treatment annealing* terlebih dahulu pada spesimen yang akan diberi perlakuan *double hard anodizing* dan dalam proses perlakuan *double hard anodizing* tegangan listrik divariasikan dalam 15, 20, 25, dan 30 Volt. Kemudian dilakukan pengujian ketahanan aus dan terakhir dilakukan uji kekerasan dari spesimen hasil *treatment*. Berikut ini adalah tabel nilai keausan, contoh perhitungan nilai keausan, serta tabel nilai kekerasan spesimen setelah pengujian.

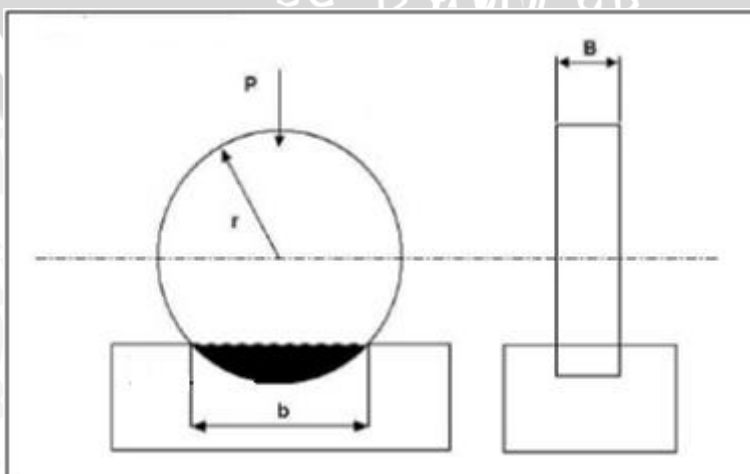
4.1 Tabel Lebar Jejak Uji Keausan

Tabel 4.1 menunjukkan lebar jejak proses pengujian ketahanan aus aluminium hasil *treatment*.

Tabel 4.1 Tabel lebar jejak uji keausan aluminium 6061 hasil *double hard anodizing*.

Lebar Jejak Spesimen (b_0) (mm)	Molaritas	Tegangan (V)			
		15	20	25	30
	1 Molar	1.94	1.84	1.52	1.21
	2 Molar	2.36	2.31	2.00	1.84
	3 Molar	2.63	2.57	2.31	2.21

4.2 Contoh Perhitungan



- Rumus Perhitungan
Sesuai dengan persamaan (2-3)

$$ws = \frac{B \cdot bo^3}{8 \cdot r \cdot Po \cdot lo}$$

Dimana :

Ws	= Keausan Spesifik (mm ² /kg)	
B	= Tebal <i>Revolving Disk</i>	= 3 mm
bo	= Lebar Celah yang Terbentuk	= 1,94 mm
r	= jari jari <i>Revolving disk</i>	= 13,5 mm
P _o	= Beban penekanan	= 2,12 kg
l _o	= Jarak tempuh proses pengausan	= 66,6 mm

- Perhitungan nilai keausan spesifik (Ws)

$$ws = \frac{B \cdot bo^3}{8 \cdot r \cdot Po \cdot lo}$$

$$ws = \frac{3 \cdot 1,94^3}{8 \cdot 13,5 \cdot 2,12 \cdot 66,6}$$

$$ws = 1,45 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{kg}$$

4.3 Tabel Nilai Keausan Spesifik

Tabel 4.2 merupakan tabel keausan spesifik dari aluminium hasil *treatment* yang diperoleh dari perhitungan data pada tabel 4.1

Tabel 4.2 Tabel keausan spesifik aluminium 6061 hasil *anodizing*.

Nilai Keausan spesifik (Ws) (mm ² /kg)	Molaritas	Tegangan (V)			
		15	20	25	30
	1 Molar	1.45E-06	1.22E-06	6.99E-07	3.48E-07
	2 Molar	2.61E-06	2.44E-06	1.57E-06	1.22E-06
	3 Molar	3.58E-06	3.37E-06	2.44E-06	2.12E-06

4.4 Tabel Jejak Uji Keausan dan Nilai Keausan Spesifik Spesimen Tanpa *Pre-Treatment Annealing*

Tabel 4.3 dan tabel 4.4 adalah tabel lebar jejak uji keausan dan tabel nilai keausan spesifik aluminium 6061 hasil *double hard anodizing* dengan molaritas larutan elektrolit sebesar 1 Mol, tanpa *pre-treatment annealing*.

Tabel 4.3 Tabel lebar jejak uji keausan aluminium 6061 tanpa *pre-treatment annealing*.

Lebar Jejak Spesimen (b ₀) (mm)	Perlakuan	Tegangan (V)			
		15	20	25	30
	1 Mol, tanpa Annealing	2.52	2.47	2.15	2.00

Tabel 4.4 Tabel nilai keausan spesifik aluminium 6061 tanpa *pre-treatment annealing*.

Nilai Keausan spesifik (Ws) (mm ² /kg)	Perlakuan	Tegangan (V)			
		15	20	25	30
	1 Mol, tanpa Annealing	3.17E-06	2.97E-06	1.97E-06	1.57E-06

4.5 Tabel Nilai Kekerasan Spesimen Hasil Pengujian

Tabel 4.5 menunjukkan besarnya nilai kekerasan aluminium hasil *double hard anodizing* dengan pengujian kekerasan *Micro Hardness Tester*.

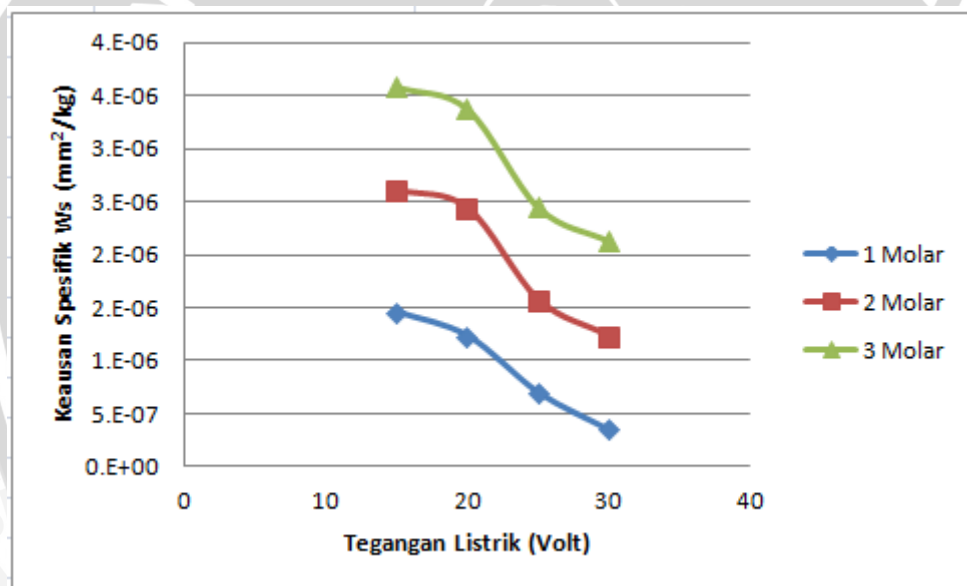
Tabel 4.5 Tabel Nilai Kekerasan Aluminium 6061 Hasil Single Hard Anodizing.

Nilai Kekerasan (VHN)	Molaritas	Tegangan (V)			
		15	20	25	30
1 Mol		60.70	72.15	85.78	96.75
2 Mol		58.09	64.63	72.21	76.54
3 Mol		57.2	55.42	60.49	65.06

Tabel 4.6 Tabel Nilai Kekerasan Aluminium 6061 Hasil Double Hard Anodizing.

Nilai Kekerasan (VHN)	Molaritas	Tegangan (V)			
		15	20	25	30
1 Mol		62.72	74.18	87.16	98.09
2 Mol		60.07	66.96	74.18	79.62
3 Mol		59.4	61.59	66.64	71.07

4.6 Analisa Grafik



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Tegangan Listrik dengan Keausan Spesifik

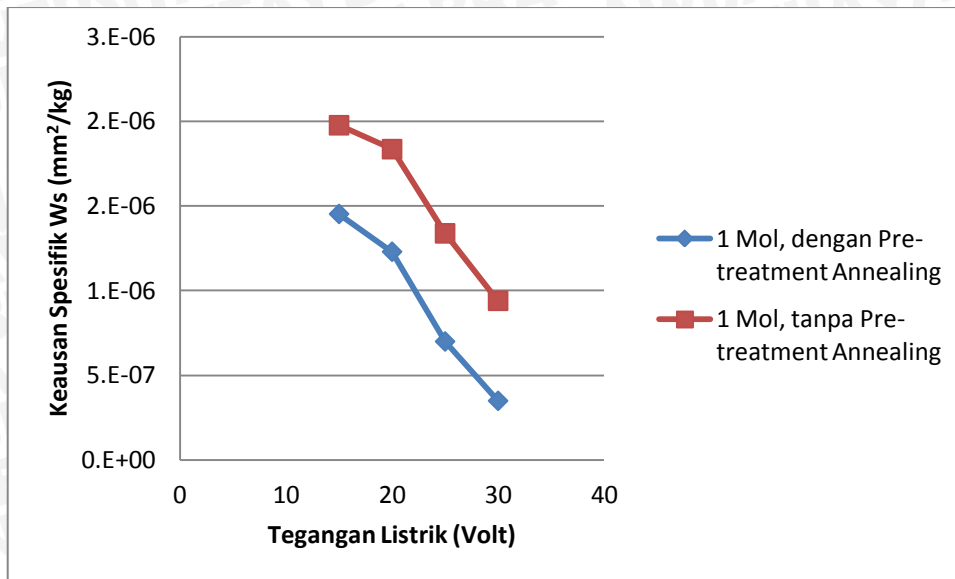
Dari grafik hubungan tegangan listrik dan nilai keausan spesifik di atas, dapat dilihat bahwa nilai keausan spesifik terus turun seiring meningkatnya tegangan listrik yang diberikan selama proses *double hard anodizing*. Namun nilai keausan spesifik meningkat seiring bertambahnya mol larutan elektrolit yang digunakan. Nilai keausan spesifik berbanding terbalik dengan nilai ketahanan aus spesimen, karena semakin besar nilai keausan spesifik maka semakin banyak pula material yang terkelupas saat pengujian Ogoshi.

Pada setiap mol larutan yang diuji, baik 1 mol, 2 mol maupun 3 mol, didapat nilai keausan spesifik tertinggi ada pada tegangan listrik 15 volt, sedangkan nilai keausan spesifik

terendah ada pada tegangan 30 Volt. Pada larutan 1 mol, nilai keausan spesifik terendah adalah $3.48988E-07 \text{ mm}^2/\text{kg}$ (pada tegangan 30 V) dan nilai keausan spesifik tertingginya adalah $1.45289E-06 \text{ mm}^2/\text{kg}$ (pada tegangan 15 V). Pada larutan 2 mol, nilai keausan spesifik terendahnya $1.22979E-06 \text{ mm}^2/\text{kg}$ (pada tegangan 30 V) dan nilai keausan spesifik tertingginya $2.61375E-06 \text{ mm}^2/\text{kg}$ (pada tegangan 15 V). Sedangkan pada larutan 3 mol, nilai keausan spesifik terendahnya adalah $2.12508E-06 \text{ mm}^2/\text{kg}$ (pada tegangan 30 V) dan nilai keausan spesifik tertingginya adalah $3.58539E-06 \text{ mm}^2/\text{kg}$ (pada tegangan 15 V).

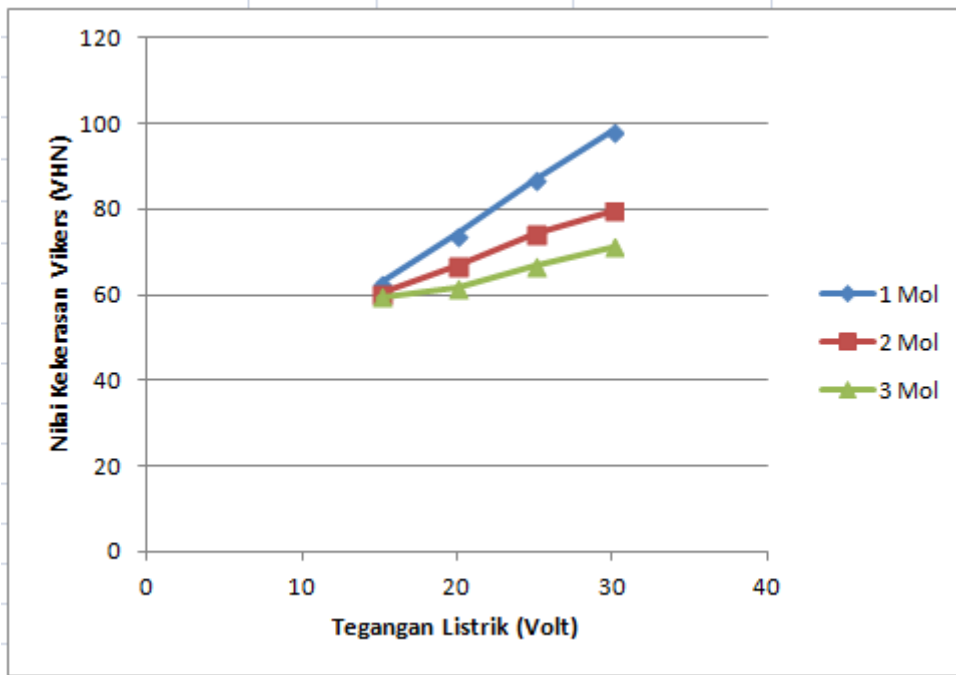
Semakin tinggi tegangan listrik yang diberikan pada proses anodizing maka nilai keausan spesifik akan mengalami penurunan. Semakin rendah nilai keausan spesifik maka semakin sedikit material yang terkelupas saat tergesek *revolving disk* dalam pengujian Ogoshi. Semakin sedikit material yang terkelupas menandakan material lebih tahan aus. Tegangan listrik yang semakin tinggi akan menyebabkan energi eksitasi atau energi perpindahan elektron dari titanium ke aluminium akan semakin besar, sehingga elektron dari titanium yang terdorong menuju aluminium akan semakin banyak pula. Lapisan TiO_2 yang terbentuk pada permukaan aluminium akan semakin tebal dan aluminium akan semakin tahan terhadap keausan.

Bertambahnya molaritas larutan elektrolit yang digunakan saat proses *double hard anodizing* juga berpengaruh terhadap kualitas lapisan TiO_2 yang terbentuk. Semakin tinggi mol larutan maka nilai keausan spesifik dari aluminium hasil *double hard anodizing* akan meningkat sehingga nilai ketahanan ausnya akan semakin rendah. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi mol larutan maka ion-ion yang terdapat di dalam larutan akan semakin banyak dan menyebabkan ion-ion Ti menjadi semakin sulit bergerak dan berpindah pada permukaan Al, sehingga ion yang menempel di permukaan aluminium menjadi sedikit dan lapisan yang terbentuk menjadi tipis.



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Tegangan Listrik dengan Keausan Spesifik Spesimen 1 Mol Dengan dan Tanpa *Pre-treatment Annealing*

Grafik di atas menunjukkan hubungan antara tegangan listrik dengan nilai keausan spesifik antara Al hasil *double hard anodizing* menggunakan larutan elektrolit 1 Mol dengan *pre-treatment annealing*, dan Al hasil *double hard anodizing* menggunakan larutan elektrolit 1 Mol tanpa *pre-treatment annealing*. Dapat dilihat bahwa nilai keausan spesifik Al tanpa *pre-treatment annealing* lebih tinggi, dibanding nilai keausan spesifik Al dengan *pre-treatment annealing*. Dengan demikian, diketahui bahwa penambahan *pre-treatment annealing* dapat meningkatkan ketahanan aus dari aluminium hasil proses *double hard anodizing*. Hal ini, terjadi karena selama proses *annealing*, ukuran butir Al akan semakin besar dan permukaan Al menjadi semakin kasar, sehingga menyebabkan luas permukaan Al yang dapat dilapisi oleh ion-ion Ti menjadi semakin luas dan lapisan yang terbentuk menjadi lebih tahan terhadap keausan (Poinern, 2011).

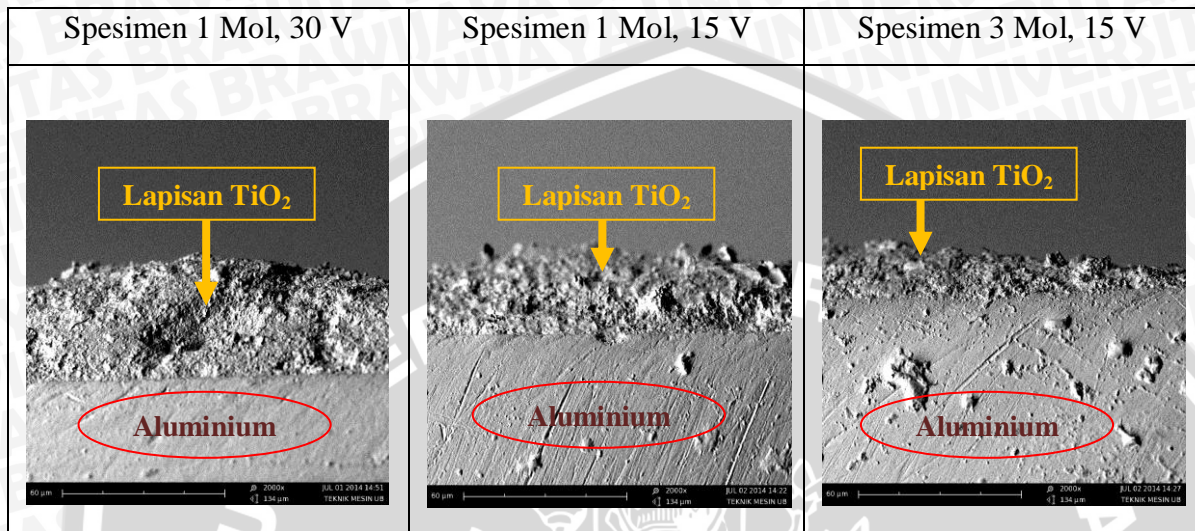


Gambar 4.3 Grafik Hubungan Tegangan Listrik dengan Nilai Kekerasan Vickers Spesimen Hasil Proses *Double Hard Anodizing*

Grafik di atas menunjukkan hubungan antara tegangan listrik dan nilai kekerasan Vickers Spesimen Hasil Proses *Double Hard Anodizing*. Dari grafik dapat dilihat bahwa, semakin tinggi tegangan listrik yang diberikan maka kekerasan lapisan hasil anodizing akan semakin bertambah. Tegangan listrik yang meningkat mengakibatkan energi eksitasi atau energi perpindahan elektron dari titanium ke aluminium akan semakin besar, sehingga elektron dari titanium yang terdorong menuju aluminium akan semakin banyak pula. Hal ini mengakibatkan lapisan yang terbentuk menjadi lebih tebal dan permukaan aluminium menjadi lebih keras. Dari grafik juga dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan elektrolit yang digunakan, maka kekerasan lapisan yang terbentuk saat proses pelapisan *double hard anodizing* akan semakin rendah. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi mol larutan maka ion-ion yang terdapat di dalam larutan akan semakin banyak dan menyebabkan ion-ion Ti menjadi semakin sulit bergerak dan berpindah pada permukaan Al, sehingga ion yang menempel di permukaan aluminium menjadi sedikit dan lapisan yang terbentuk menjadi tipis dan kekerasannya semakin rendah.

4.7 Hasil Foto SEM

Berikut diberikan foto penampang melintang hasil pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*) pada beberapa sampel spesimen hasil proses *double hard anodizing* dengan *pre-treatment annealing*



Gambar 4.3 Foto Penampang Melintang Hasil Pengujian SEM

Dari foto di atas dapat dilihat bahwa lapisan TiO_2 hasil proses *double hard anodizing* paling tebal terletak pada spesimen 1 Mol, 30 V. Jika spesimen dengan mol yang sama dan tegangan listrik berbeda dibandingkan, maka lapisan pada spesimen 1 Mol, 30 V lebih tebal daripada lapisan pada spesimen 1 mol, 15 V. Sedangkan pada perbandingan spesimen dengan molaritas berbeda dan tegangan listrik yang sama, dapat dilihat bahwa spesimen 1 M memiliki lapisan yang lebih tebal dibanding dengan spesimen 3M. Maka terbukti bahwa semakin tinggi tegangan listrik, maka lapisan TiO_2 yang terbentuk akan semakin tebal dan semakin tinggi mol larutan elektrolit maka lapisan TiO_2 yang terbentuk akan semakin tipis.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Tegangan listrik dan molaritas larutan elektrolit yang digunakan dalam proses double hard anodizing berpengaruh terhadap ketahanan aus aluminium 6061.
2. Nilai keausan spesifik berbanding terbalik dengan ketahanan aus. Jika tegangan listrik meningkat, maka nilai keausan spesifik menurun, sehingga ketahanan aus aluminium meningkat. Jika mol larutan ditingkatkan, maka nilai keausan spesifik meningkat dan ketahanan aus aluminium menurun.
3. Pemberian *pre-treatment annealing* dapat meningkatkan ketahanan aus aluminium hasil proses *double hard anodizing*.
4. Pada penelitian ini, nilai keausan spesifik terendah terdapat pada spesimen 1 Mol, 30 V, jadi spesimen 1 Mol, 30 V adalah spesimen yang paling tahan aus.

5.2 Saran

1. Dalam penelitian selanjutnya dapat divariasikan jenis material yang digunakan sebagai anoda dan katoda.
2. Selanjutnya diperlukan penelitian tentang pengaruh jenis larutan elektrolit yang digunakan, jarak antara anoda dan katoda.

