

JURNAL Foundry

Media Informasi Teknologi Pengecoran Logam

Volume 4 Nomor 1, April 2014

ISSN Online : 2252 - 7717

ISSN Cetak : 2087 - 2259



ISSN 2087-2259



9 772087 225904

Diterbitkan Oleh : Politeknik Manufaktur Ceper (Polman Ceper)

DAFTAR ISI

PENGARUH RAPAT ARUS DAN WAKTU ANODIZING TERHADAP LAJU KEAUSAN PERMUKAAN PADA ALUMINIUM PADUAN AA 2024-T3

1 - 8

Fajar Nugraha

Jurusan Teknik Mesin

Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto Yogyakarta

PENGARUH *PREHEAT* DAN *STATIC – TRANSIENT THERMAL TENSIONING* TERHADAP LAJU PERAMBATAN RETAK FATIK PADA SAMBUNGAN LAS TIG AL 6061-T6

9 - 18

Yunaidi

Jurusan Teknik Mesin

Politeknik LPP, Yogyakarta

STUDI KEKUATAN IMPAK DAN STRUKTUR MIKRO BALL MILL DENGAN PERLAKUAN PANAS QUENCHING

19 - 24

Sumpena

Jurusan Teknik Mesin

Universitas Proklamasi 45 Yogyakarta

PERUBAHAN SIFAT MEKANIK MATERIAL KARENA PERBEDAAN KONSENTRASI LARUTAN GARAM NaCl PADA PROSES QUENCHING

25 - 28

Sutiyoko

Jurusan Teknik Pengecoran Logam

Politeknik Manufaktur Ceper

PENGGUNAAN METODE SPUTTERING UNTUK PERLINDUNGAN TERHADAP LOGAM

29 - 33

Sutrisno

Jurusan Teknik Mesin

Universitas Nadhatul Ulama Surakarta

Dewan Redaksi Jurnal Foundry: Pembina: Direktur Politeknik Manufaktur Ceper Klaten, **Penasehat :** Soejitno, **Ketua Redaksi:** Sutiyoko, S.T., M.Eng., **Sekretaris:** Arif Syamsudin, **Mitra Bestari/ Reviewer :** R.Widodo, S.T., M.Eng., (Jurusan Teknik Pengecoran Logam Politeknik Manufaktur Bandung) Agus Yulianto, S.T., M.T.(Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta) Yusuf Umardani, S.T., M.T. (Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang), **Editor :** Sumeru Yoso, S.T., M.Eng., Lutiyatmi, S.T. **ISSN hard file :** 2087-2259; **ISSN on line :** 2252-7117

PENGARUH RAPAT ARUS DAN WAKTU ANODIZING TERHADAP LAJU KEAUSAN PERMUKAAN PADA ALUMINIUM PADUAN AA 2024-T3

Fajar Nugroho

Jurusan Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto

Jl. Janti Blok - R Lanud Adisutjipto Yogyakarta.

e-mail : mas_noeg@yahoo.com

Abstrak

Aluminium paduan AA 2024-T3 banyak diaplikasikan secara luas pada industri pesawat terbang karena memiliki sifat mekanik yang baik seperti ; bobot yang ringan, kekuatan tarik relatif tinggi dan adanya ketahanan korosi. Namun demikian Aluminium paduan AA 2024-T3 memiliki ketahanan aus yang relatif rendah. Hal ini disebabkan karena lapisan aluminium oksida yang terbentuk secara alami relatif tipis. Salah satu cara untuk meningkatkan ketahanan aus material aluminium adalah dengan meningkatkan lapisan aluminium oksida melalui proses anodizing. Penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh rapat arus dan waktu anodizing terhadap laju keausan Aluminium paduan AA 2024-T3

Proses anodizing menggunakan larutan asam sulfat 10% dengan rapat arus antara $0,75 \text{ A/dm}^2$ sampai 3 A/dm^2 dengan waktu pencelupan 30, 40, 50 dan 60 menit. Selanjutnya laju keausan diuji dengan menggunakan metode pin on disk. Sebagai data pendukung dilakukan uji komposisi, uji struktur mikro, uji kekerasan Vickers dan uji tarik.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa laju keausan Aluminium Paduan AA 2024-T3 sebelum proses anodizing sebesar $1,66 \times 10^{-6} \text{ g/cm}$. Proses anodizing cenderung menurunkan laju keausan dan pada rapat arus $3,00 \text{ A/dm}^2$ dengan waktu 60 menit menunjukkan hasil yang optimum dengan laju keausan sebesar $9,21 \times 10^{-8} \text{ g/cm}$. Keausan pada Aluminium Paduan AA 2024-T3 meningkat dengan semakin tingginya lapisan aluminium oksida yang terbentuk. Anodizing mampu meningkatkan ketebalan lapisan aluminium oksida sehingga laju keausan menurun.

Kata kunci: Aluminium Paduan AA 2024-T3, Anodizing, Rapat Arus, Waktu, Keausan

1. Pendahuluan

Aluminium merupakan logam ringan, kekuatan tarik relatif tinggi dan tahan korosi. Ketahanan korosi ini disebabkan adanya lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan aluminium. Ketebalan lapisan oksida ini dapat ditingkatkan dengan proses anodizing. Anodizing merupakan proses pembentukan lapisan oksida dalam suatu sistem elektrolisa. Lapisan oksida yang dihasilkan memiliki ketahanan terhadap pengaruh perubahan cuaca. Ketebalan yang terbentuk pada proses anodizing dipengaruhi oleh konsentrasi larutan elektrolit, rapat arus, dan waktu pencelupan dalam larutan elektrolit.

Penelitian mengenai keausan pada aluminium AA 2024-T3 telah dilakukan oleh Leblanc (2009) yang menyebutkan bahwa proses anodizing pada material aluminium merupakan cara yang cukup efektif untuk meningkatkan ketahanan aus dan ketebalan lapisan aluminium oksida Al_2O_3 yang terbentuk secara alami. Selanjutnya Ameen (2011) juga menyebutkan bahwa aluminium paduan AA 2017 memiliki laju keausan besaran yang hampir sama yaitu berkisar pada harga $1,1 \times 10^{-7} - 3,6 \times 10^{-7} \text{ g/cm}$

dengan lama waktu pengujian keausan antara 5 menit sampai 20 menit.

Selanjutnya Shulgov dkk (2006) melakukan penelitian tentang hubungan kondisi pembentukan lapisan aluminium oksida dengan tegangan breakdown. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa besarnya tegangan breakdown tergantung pada larutan elektrolit pada saat proses anodizing.

Apachitei dkk (2006) meneliti pengaruh komposisi substrat, rapat arus, perubahan tegangan dan temperatur selama proses anodizing. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa temperatur elektrolit meningkat dengan meningkatnya rapat arus yang digunakan, sedang ketebalan lapisan yang dihasilkan lebih dipengaruhi oleh besarnya tegangan anodizing dan tidak tergantung pada substrat. Vrublevsky dkk. (2007) melakukan penelitian tentang mekanisme pertumbuhan lapisan oksida aluminium yang porous dengan larutan elektrolit asam sulfat (H_2SO_4). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa porositas yang dihasilkan dalam lapisan tidak dipengaruhi oleh besarnya tegangan anodizing tetapi lebih dipengaruhi oleh jenis material dari substrat.

Mukhurov dkk. (2008) menyelidiki pengaruh komposisi larutan elektrolit pada proses anodizing aluminium. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa ketebalan lapisan aluminium oksida yang dihasilkan sangat bervariasi tergantung pada jenis dan komposisi elektrolit yang digunakan. Dalam penelitian ini juga disebutkan bahwa ketebalan yang dihasilkan juga disebabkan oleh adanya perbedaan temperatur elektrolit.

Pooladi dkk. (2009) meneliti proses anodizing aluminium seri 1100 dengan variabel tegangan anodizing dan waktu anodizing. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa lapisan aluminium oksida yang dihasilkan tergantung pada temperatur elektrolit, rapat arus, dan proses polishing dari permukaan substrat. Selanjutnya

Berdasarkan tinjauan pustaka yang telah dilakukan, penelitian pengaruh rapat arus dan waktu anodizing terhadap laju keausan aluminium paduan AA 2024-T3 belum banyak dilakukan sehingga menjadi obyek dari penelitian ini.

2. Metode Penelitian

2.1. Karakterisasi Material

Material

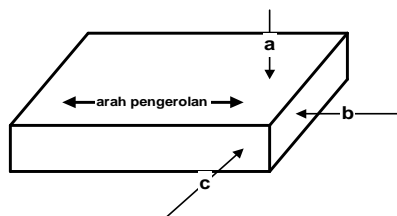
Uji komposisi material dilakukan dengan menggunakan spektrometer yang bertujuan untuk mengetahui jenis dan spesifikasi dari material yang digunakan.

Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan pada tiga bidang yaitu permukaan, melintang dan membeujur. Preparasi spesimen dengan cara dipoles dan dietsa dengan cairan kimia *Keller's reagent* selama 10-20 detik.

Pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui kekerasan awal dan kekerasan setelah spesimen mengalami proses anodizing. Peralatan yang digunakan untuk uji kekerasan Buehler Microhardness Tester dengan metode Vickers. Posisi pengujian ditunjukkan sebagaimana pada Gambar 1.



Gambar 1. Posisi pengujian kekerasan mikro

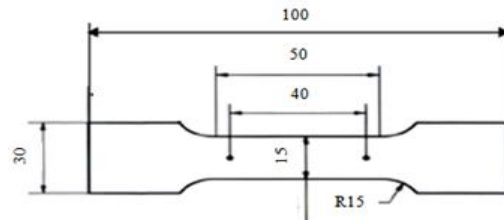
Nilai kekerasan mikro didapatkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$= \frac{2P \sin(\theta/2)}{d^2} = 1,854 \frac{P}{d^2} \left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right) \quad (1)$$

Dimana: VHN = Nilai kekerasan spesimen
 P = Beban terpasang (gram)
 d = diagonal bekas injakan penetrator (mm)

Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan material awal Aluminium paduan AA 2024-T3. Sehingga diperoleh sifat mekanis bahan uji seperti ; batas elastisitas, kekuatan luluh dan kekuatan tarik. Dalam uji tarik ini dilakukan sesuai dengan arah pengerolan material. Spesimen dibuat menurut standar JIS Z2201 material *non ferrous* nomor 6. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan uji tarik adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Spesimen Uji tarik Sesuai standar JIS Z2201 *non ferrous* metal no.6

$$\text{Engineering stress : } \sigma = \frac{F}{A_0} \quad (2)$$

$$\text{Engineering Strain : } \epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0} \quad (3)$$

Dimana :

σ : tegangan (kgf/mm^2)

F : beban (kgf)

A_0 : Luas penampang patah (mm^2)

ϵ : regangan (%)

ΔL : pertambahan panjang (mm)

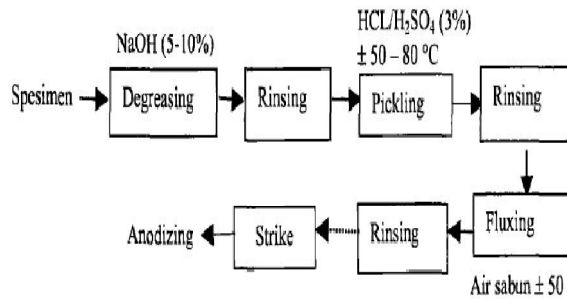
L_0 : panjang mula-mula (mm)

L : panjang benda uji setelah pengujian.

2.2. Anodizing.

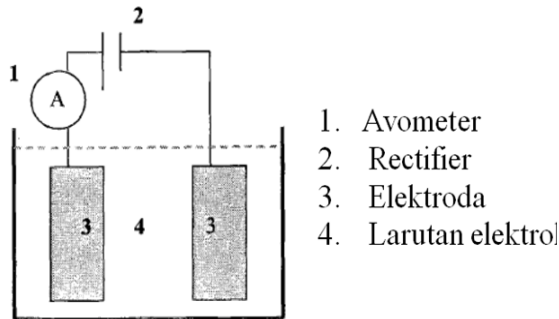
Spesimen uji adalah aluminium paduan AA 2024-T3 dengan dimensi 100 x 40 x 1,7 mm. Preparasi dilakukan adalah degreasing, pickling fluxing, strike, anodizing dan sealing. Pembersihan permukaan dilakukan dengan merendam spesimen uji dalam larutan NaOH kadar 5 -10% selama 10 - 20 menit.

Pembersihan spesimen uji dari scale (*pickling*) dilakukan dengan merendam dalam larutan H_2SO_4 (5 - 15 %). Pembersihan permukaan spesimen uji dari sisa-sisa asam sulfat sehabis proses *pickling*, dilakukan dengan merendam spesimen uji dalam larutan air sabun (*fluxing*) sehingga terjadi proses penetralan asam oleh sabun dengan temperatur air $\pm 50^\circ C$ (Gambar 3).



Gambar 3. Skema tahapan preparasi pada proses anodizing

Proses anodizing dilakukan dengan memasukkan 2 spesimen aluminium 2024-T3 ke dalam bak yang berisi larutan asam dengan variasi waktu anodizing pada asam sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi 10%. Selanjutnya aluminium ini berfungsi sebagai elektroda (anoda dan katoda) yang dihubungkan dengan rectifier, selama 30 menit, 40 menit, 50 menit dan 60 menit dengan variasi arus $0,75 A/dm^2$, $1,50 A/dm^2$, $2,25 A/dm^2$ dan $3,00 A/dm^2$ (Gambar 4)

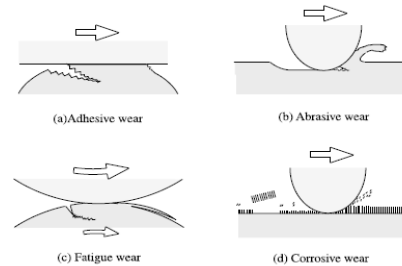


Gambar 4. Skema peralatan

2.3. Pengujian Keausan

Keausan merupakan fenomena hilangnya sebagian material dari permukaannya karena berinteraksi dengan permukaan pasangannya (Hutchings, 1992). Laju keausan suatu material sangat tergantung pada kondisi interaksi

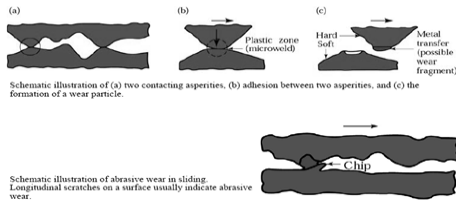
permukaan terhadap benda yang berkaitan dengan gesekan (*friction*) dari permukaan material. Semakin kecil gesekan dari permukaan material maka kemungkinan terjadinya keausan akan semakin kecil. Ada 4 jenis keausan (Hutchings, 1992) seperti ditunjukkan oleh Gambar 5. yaitu:



Gambar 5. Jenis-jenis keausan (Hutchings, 1992).

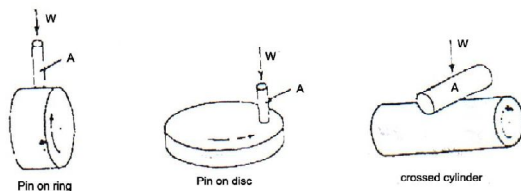
- Keausan *adhesive*
Keausan *adhesive* terjadi jika dua permukaan logam saling berkontak dan bergerak relatif satu sama lain serta mengalami pembebanan. Material yang hilang berbentuk partikel yang biasanya ditransfer kepermukaan lain tetapi juga bisa hilang terlepas.
- Keausan *abrasive*.
Keausan *abrasive* disebabkan adanya kontak permukaan logam dengan partikel abrasif yang kasar. Permukaan yang keras dan kasar yang meluncur pada material yang lunak, menusuk ke dalam menghasilkan alur-alur. Material yang hilang dalam bentuk fragmen atau material dapat membentuk sepaang timbunan sepanjang alur yang terjadi. Keausan *abrasive* meliputi partikel yang bergerak di atas permukaan (*two body abrasion*) dan partikel keras yang bergerak di atas dua permukaan yang bergerak (*three body abrasion*).
- Keausan *fretting* / keausan *fatigue*
Keausan ini terjadi jika dua permukaan logam yang berkontak tersebut saling bergerak bolak balik. Permukaan yang mengalami pembebanan berulang akan mengarah terjadinya pembentukan retak mikro dan pada akhirnya akan mengelupas.
- Keausan korosi.
Keausan korosi diawali dengan adanya perubahan kimia dipermukaan karena faktor lingkungan hingga membentuk lapisan yang berbeda dengan material induk. Akhirnya terjadi perpatahan *interface* antara lapisan

permukaan dengan material induk dan lapisan permukaan induk akan tercabut. Permukaan suatu material tidak ada yang memiliki kerataan permukaan yang sama persis, meskipun suatu permukaan memiliki ketelitian yang tinggi, namun tidak semua permukaannya halus secara keseluruhan. Permukaan material terdiri atas *asperities-asperitis*, dimana setiap *asperities* memiliki puncak dan lembah sendiri-sendiri. Puncak adalah bagian atas dari *asperities*, sedang bagian lembah terletak pada bagian yang menjorok permukaan dalam material. Pada puncak *asperities* antara dua material yang saling bersentuhan akan mengalami gesekan dimana selama terjadi gesekan akan mengakibatkan panas. Dengan adanya panas, ada kecenderungan antara dua *asperities* menyatu. Gesekan akan menyebabkan gaya tarik sehingga mengakibatkan material yang memiliki sifat mekanis yang lemah akan kehilangan partikel pada puncak *asperitis* dibanding material yang lebih kuat. Dengan demikian pada bagian yang lemah akan mengalami kehilangan puncak. Partikel yang lepas pada umumnya ditransfer kepermukaan lain atau juga bisa hilang terlepas. Proses ini terjadi secara berulang sampai puncak *asperities* pada permukaan yang saling bergesekan memiliki ketinggian yang relatif sama. Gambar 6 menunjukkan mekanisme keausan adhesive dan abrasive seperti pada proses di atas.



Gambar 6. Mekanisme keausan adhesive dan abrasive (Hutchings, 1992)

Metode pengujian laju keausan secara umum ada tiga jenis yaitu *pin on ring*, *pin on plate* dan *pin on disk* seperti gambar berikut ini :



Gambar 7. Metode pengujian keausan secara umum

Pengujian laju keausan dengan metode *pin on disk* dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$$W = \frac{\Delta W}{S} \quad (4)$$

Dengan S adalah jarak lintasan penggerusan :

$$S = 2 \pi r n t \quad (5)$$

Jadi besarnya keausan pada metode *pin on disk* adalah :

$$W = \frac{\Delta W}{2 \pi n r t} = \frac{W_1 - W_2}{2 \pi n r t} \quad (6)$$

dengan ;

w_1 = berat sebelum uji keausan (g)

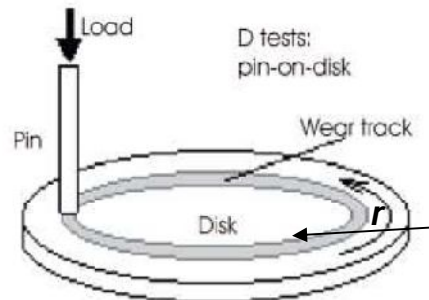
w_2 = berat setelah uji keausan (g)

r = jari jari lintasan *track* uji keausan (cm)

n = kecepatan putaran disk (rpm)

t = waktu penggerusan (menit)

S = Jarak tempuh



Gambar 8. Skema pengujian keausan.

3. Hasil dan Pembahasan.

3.1. Karakterisasi Material

Hasil uji komposisi dibandingkan dengan komposisi material standar. Dari hasil uji komposisi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa spesimen yang akan diteliti mempunyai komposisi yang masuk dalam batasan dari komposisi material standar aluminium paduan AA 2024-T3 (asm.matweb.com, 2011).

Hasil uji komposisi yang telah dilakukan adalah sebagaimana terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kimia

Komposisi Kimia	Standar (Wt %)	Spesimen (Wt %)
Si	≤0.5	0.5
Fe	≤0.5	0.5
Cu	3.8-4.9	3.9
Mn	0.3-0.9	0.6
Mg	1.2-1.8	1.5
Zn	≤0.25	0.25
Cr	≤0.1	0.1
Ti	≤0.15	0.15
Al	90.7-94.7	92.5

Hasil uji tarik terhadap material spesimen ternyata juga menunjukkan masih mempunyai tegangan tarik maksimal (σ_T), tegangan luluh (σ_y) dan *elongation* (ϵ) masih termasuk berada dalam batasan material standar aluminium paduan AA 2024-T3 (asm.matweb.com, 2011) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

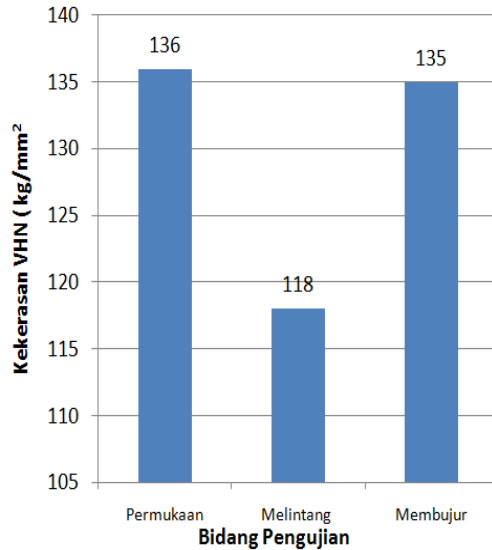
Tabel 2. Perbandingan kekuatan tarik dan elongation

Material	Stress (MPa)		Elongation
	σ_T	σ_y	(%)
Standar	482	345	18
Spesimen	463	360	17.8

Pengujian kekerasan Vickers pada aluminium paduan AA 2024-T3 dilakukan pada bidang permukaan, membujur dan melintang pelat. Hasil dari pengujian ini terlihat pada Tabel 3.

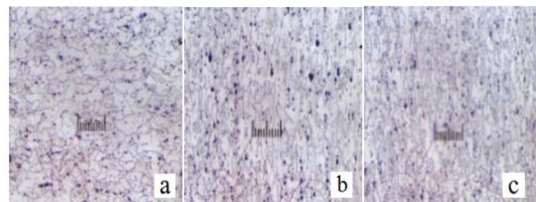
Tabel 3. Hasil Uji Kekerasan

Bidang Uji kekerasan	Kekerasan VHN (Kg/mm ²)
Permukaan	136
Melintang	118
Membujur	135



Gambar 9. Grafik Kekerasan AA 2024-T3 tanpa anodizing

Hasil uji struktur mikro pada aluminium paduan AA 2024-T3 seperti ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Struktur mikro aluminium paduan AA 2024-T3(a) permukaan, (b) membujur, dan (c) melintang

Foto struktur mikro menunjukkan bahwa bentuk butir untuk posisi yang berbeda juga memiliki bentuk yang berbeda. Hal kemungkinan disebabkan oleh adanya pengaruh gaya yang bekerja pada proses pengerolan pembentukan pelat aluminium paduan AA 2024-T3.

3.2. Pengaruh anodizing terhadap Laju Keausan

Aluminium paduan AA 2024-T3 yang telah diproses anodizing selanjutnya diuji keausan dengan menggunakan metode pin on disk. Laju keausan dihitung sebagai fungsi berat yang hilang per satuan jarak yang ditempuh. Hasil dari pengujian laju keausan aluminium paduan AA 2024-T3 yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.

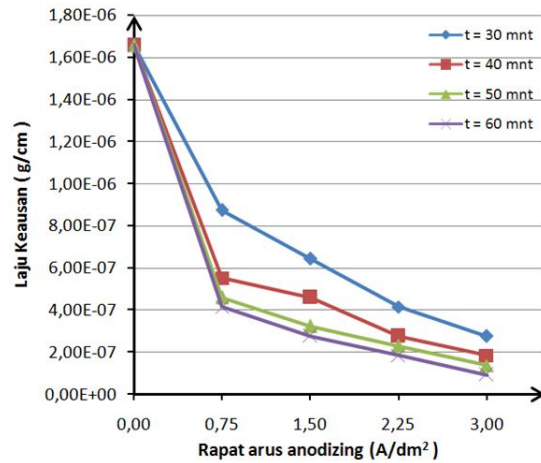
Pengujian keausan aluminium paduan AA 2024-T3 yang telah diproses anodizing dengan rapat arus 0,75 A/dm², 1,50 A/dm², 2,25 A/dm² dan 3,00 A/dm² dan waktu pencelupan selama 0, 30, 40, 50 dan 60 menit, memberikan data seperti dalam Tabel 4 berikut ini :

Tabel 4. Pengaruh rapat arus anodizing terhadap laju keausan AA 2024-T3

Rapat Arus Anodizing (A/dm ²)	Waktu Anodizing (menit)	Laju keausan (g/cm)
0,75	0	1,66 x 10 ⁻⁶
	30	8,75 x 10 ⁻⁷
	40	5,53 x 10 ⁻⁷
	50	4,60 x 10 ⁻⁷
	60	4,14 x 10 ⁻⁷
1,50	0	1,66 x 10 ⁻⁶
	30	6,45 x 10 ⁻⁷
	40	4,60 x 10 ⁻⁷
	50	3,22 x 10 ⁻⁷
	60	2,76 x 10 ⁻⁷
2,25	0	1,66 x 10 ⁻⁶
	30	4,14 x 10 ⁻⁷
	40	2,76 x 10 ⁻⁷
	50	2,30 x 10 ⁻⁷
	60	1,84 x 10 ⁻⁷
3,00	0	1,66 x 10 ⁻⁶
	30	2,76 x 10 ⁻⁷
	40	1,84 x 10 ⁻⁷
	50	1,38 x 10 ⁻⁷
	60	9,21 x 10 ⁻⁸

Tabel 4. menunjukkan hasil uji keausan pada aluminium paduan AA 2024-T3 setelah proses anodizing terhadap rapat arus yang digunakan. Hasil pengujian keausan memperlihatkan bahwa laju keausan pada aluminium paduan AA 2024-T3 mengalami penurunan yang cukup besar bila dibandingkan dengan *raw material* yang tidak mengalami proses anodizing. Rapat arus anodizing yang semakin besar memiliki kecenderungan untuk menurunkan laju keausan pada aluminium paduan AA 2024-T3.

Pengaruh rapat arus anodizing terhadap penurunan laju keausan pada pelat aluminium paduan AA 2024-T3 dapat dilihat pada Gambar 11. berikut ini.

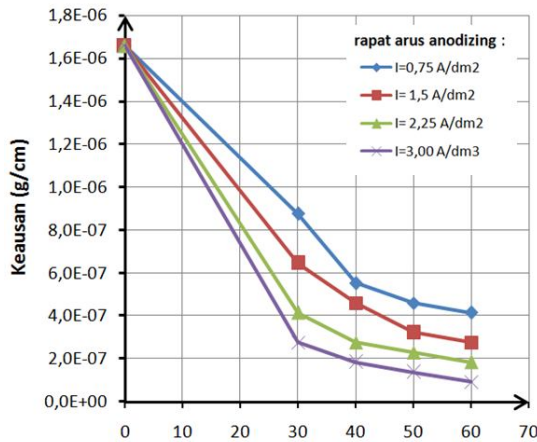


Gambar 11. Pengaruh rapat arus anodizing terhadap laju keausan

Pengaruh waktu anodizing terhadap laju keausan setelah proses anodizing diperlihatkan seperti pada Tabel 5. Hasil pengujian keausan memperlihatkan bahwa laju keausan pada aluminium paduan aluminium paduan AA 2024-T3 mengalami penurunan yang cukup besar bila dibandingkan dengan *raw material* yang tidak mengalami proses anodizing. Proses anodizing yang semakin lama akan menyebabkan laju keausan akan semakin kecil. Kecenderungan ini terlihat pada semua rapat arus yang digunakan pada proses anodizing. Pengaruh waktu pencelupan pada proses anodizing terhadap penurunan laju keausan pada pelat aluminium paduan AA 2024-T3 dapat dilihat pada Gambar 12. berikut.

Tabel 5. Pengaruh waktu anodizing terhadap laju keausan

Waktu Anodizing (menit)	Keausan			
	Rapat arus anodizing I=0,75A/dm ² (g/cm)	Rapat arus anodizing I=1,50 A/dm ² (g/cm)	Rapat arus anodizing I= 2,25 A/dm ² (g/cm)	Rapat arus anodizing I= 3,00A/dm ² (g/cm)
0	1,66E-06	1,66E-06	1,66E-06	1,66E-06
30	8,75E-07	6,45E-07	4,14E-07	2,76E-07
40	5,53E-07	4,60E-07	2,76E-07	1,84E-07
50	4,60E-07	3,22E-07	2,30E-07	1,38E-07
60	4,14E-07	2,76E-07	1,84E-07	9,21E-08



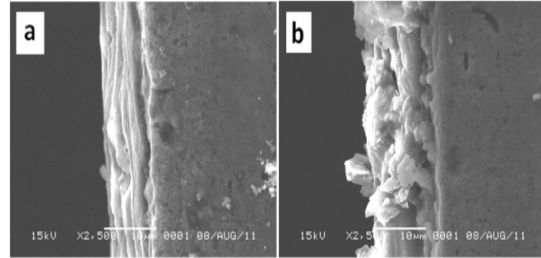
Gambar 12. Pengaruh waktu anodizing terhadap laju keausan

Gambar 12. menunjukkan pengaruh waktu anodizing aluminium paduan AA 2024-T3 terhadap laju keausan. Waktu anodizing ternyata sangat berpengaruh terhadap laju keausan, semakin lama waktu anodizing maka ketahanan aus akan semakin baik. Hal ini mungkin disebabkan oleh adanya lapisan aluminium oksida yang semakin tebal. Namun dari penelitian ini, laju keausan belum mencapai titik yang optimum. Dari grafik laju keausan (Gambar 12), laju keausan memiliki kecenderungan menurun untuk waktu anodizing yang semakin lama.

Hasil pengujian anodizing ini menunjukkan kecenderungan yang hampir sama untuk material aluminium seperti yang telah dilaporkan oleh Leblanc (2009) yang menyebutkan bahwa proses anodizing pada material aluminium merupakan cara yang cukup efektif untuk meningkatkan ketahanan aus dan ketebalan lapisan aluminium oksida yang terbentuk secara alami. Ameen (2011) juga menyebutkan bahwa aluminium paduan seri 2017 memiliki laju keausan besaran yang hampir sama yaitu berkisar pada harga $1,1 \times 10^{-7}$ - $3,6 \times 10^{-7}$ g/cm dengan lama waktu pengujian keausan antara 5 menit sampai 20 menit.

Aluminium paduan AA 2024-T3 tanpa anodizing tidak memiliki lapisan oksida yang tebal dan hanya memiliki sedikit lapisan oksida yang terbentuk secara alami. Namun dengan proses anodizing maka ketebalan lapisan oksida Al_2O_3 dapat ditingkatkan ketebalannya. Hal ini ditunjukkan dari hasil SEM seperti pada Gambar 13. Permukaan aluminium paduan AA 2024-T3 setelah proses anodizing memiliki lapisan oksida Al_2O_3 yang cukup tebal seperti ditunjukkan

Gambar 13. Peningkatan ketebalan lapisan oksida Al_2O_3 sebagai fungsi waktu dari proses anodizing yang menunjukkan adanya peningkatan ketebalan dari lapisan oksida yang cukup besar pada aluminium paduan AA 2024-T3.



Gambar 13. Foto SEM lapisan Al_2O_3 Anodizing dengan rapat arus $2,25 A/dm^2$ pada AA 2024-T3 (a) anodizing 30 menit (2500X) (b) anodizing 60 menit (2500X)

Lapisan oksida yang terbentuk pada rapat arus $2,25 A/dm^2$ dengan waktu anodizing 30 menit adalah sebesar $7-8 \mu m$. Lapisan oksida yang terbentuk akan meningkat dengan semakin lamanya waktu anodizing seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13 (b), lapisan oksida yang terbentuk pada proses anodizing dengan rapat arus $2,25 A/dm^2$ dengan waktu anodizing 60 menit adalah sebesar $10-12 \mu m$. Peningkatan lapisan aluminium oksida akan meningkatkan ketahanan aus dari permukaan aluminium paduan AA 2024-T3.

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dan pengamatan serta pembahasan terhadap parameter yang digunakan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Proses anodizing pada aluminium paduan AA 2024-T3 cukup efektif untuk meningkatkan ketahanan aus dan ketebalan lapisan aluminium oksida yang terbentuk secara alami.
2. Laju keausan pada aluminium paduan AA 2024-T3 dapat diturunkan dari $1,66 \times 10^{-6}$ g/cm menjadi $9,21 \times 10^{-8}$ g/cm dengan proses anodizing dengan rapat arus $3,00 A/dm^2$ dan waktu pencelupan selama 60 menit.
3. Rapat arus yang semakin tinggi dan waktu anodizing yang semakin lama menyebabkan ketebalan lapisan aluminium oksida meningkat dan dapat menurunkan keausan pada aluminium paduan AA 2024-T3.

Daftar Pustaka

- Apachitei, L.EF., Apachitei, I., Duszczyk, 2006, "Thermal Effects Associated with Hard Anodizing of Cast Aluminum Alloys", Journal of Applied Electrochemistry..
- Ameen, H.A., Hassan, K.A., Mubarak, E.M.M "Effect of Loads, Sliding Speeds and Times on the Wear Rate for Different Materials", American Journal of Scientific Industrial Research, 2011.
- Hutchings, I.M.,1992,"Tribology (Friction and Wear of Engineering Materials)", First Edition, A Arnold, Hodder Headline Group, London.
- <http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=MA2024T3>
- LeBlanc, R., "The Effect of Anodizing to Minimize Friction and Wear of Aluminum Surfaces", FWM Final Project, Rensselaer Polytechnic Institute, 2009.
- Mukhurov, N.I., Zhvayi, S.P., Terekhov, S.N., 2008, "Influence of Electrolyte Composition on Photoluminescent Properties of anodic Aluminum Oxide", Journal of Applied Spectroscopy.
- Pooladi, R., Rezai, H., Aezami, M., Sayyar, M.R., 2009, "Fabrication of Anodic Aluminum Oxide Nanotemplate and Investigation of Their Anodization Parameters", Transaction of Indian Institute of Metals, Vol. 62.
- Shulgov, V., Ignasheve, E., Gurskaja, E., 2007,"Correlation Between Formation Condition and Breakdown Voltage of Anodic Films on Aluminum", Michrochimica Acta, Springer-Verlag.
- Vrublevsky, I., Parkoun, V., Sokol, V., Schreckenbach, J., Goedel, W.A., 2007, "Dissolution Behaviour of Anodic Oxide Film Formed in Sulfanic Acid on Aluminum", Michrochimica Acta, Springer-Verlag, pp. 173-179.