

Analisa Pengaruh Perubahan Rapat Arus terhadap Pembentukan *Passive Layer* Al₂O₃ pada Proses *Hard Anodizing* Material QQA-250/4, AMS 4037

Muhammad Alief Rizal Romadhoni¹, Agussalim² dan Doty Dewi Risanti¹

¹Departemen Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: d.d.risanti@gmail.com

²Indonesian Aerospace Company, Bandung,
e-mail: agussalim@indonesian-aerospace.com

Abstrak—*Hard anodizing* merupakan salah satu *surface treatment* yang diberikan pada logam aluminium dengan memanfaatkan prinsip elektrolisis untuk membentuk lapisan pasif di permukaan logam dasar. Pada penelitian ini digunakan aluminium alloy 2024 T3, dimana material ini memiliki sifat mekanik material lebih kuat jika dibandingkan dengan aluminium biasa namun memiliki ketahanan korosi yang buruk diakibatkan kandungan unsur tembaga (Cu) pada campuran ini. Salah satu variabel yang mempengaruhi proses ini adalah rapat arus yang digunakan. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan rapat arus, yaitu 2 A/dm², 4 A/dm², dan 6 A/dm². Dari hasil penelitian yang didapatkan nilai ketebalan, kekerasan, *coating weight*, dan ketahanan abrasi memiliki kecenderungan untuk naik. Untuk sifat elektrokimia nilai V_{corr} pada rapat arus 6 A/dm² yang memiliki sifat paling reaktif yaitu sebesar -0,465 V dikarenakan kualitas oksida yang terbentuk memiliki porositas yang paling rendah. Kemudian untuk nilai I_{corr} didapatkan nilai paling kecil adalah pada rapat arus 4 A/dm² dengan 7,82 x 10⁻⁹ A, hal tersebut mempengaruhi nilai laju korosi pada rapat arus ini menjadi yang paling rendah juga dengan nilai laju korosi sebesar 1,42 x 10⁻¹⁰ mm/yr. Berdasarkan penelitian ini, rapat arus 4 A/dm² merupakan rapat arus yang paling optimum.

Kata kunci—*hard anodizing*, rapat arus, sifat mekanik, sifat elektrokimia.

I. PENDAHULUAN

DALAM dunia industri pesawat terbang banyak digunakan *aluminium alloy* 2024 T3. Pada material ini, unsur yang paling dominan adalah unsur tembaga (Cu) yang mampu meningkatkan sifat mekaniknya, namun tidak dengan ketahanannya terhadap korosi [1]. Logam dengan campuran utama tembaga cenderung sulit untuk dilakukan proses *anodizing* hal tersebut disebabkan oleh fasa intermetalik (Al-Cu, Al-Cu-Fe, dan Al-Cu-Mg) yang membuat pertumbuhan oksidasi yang meningkat, timbulnya reaksi parasit anodik yang menurunkan efisiensi faradik, dan secara tidak langsung meningkatkan pertumbuhan porositas serta peningkatan cacat pada permukaan lapisan oksida [2].

Hard anodizing adalah perlakuan yang sangat penting dan berguna yang diberikan pada logam *non ferrous* (dalam hal ini *aluminium alloy*). *Hard Anodizing* merupakan sebuah metode elektrokimia yang bertujuan mengubah permukaan aluminium menjadi lapisan pasif dalam bentuk oksida (Al₂O₃) dengan menerapkan arus listrik kedalam larutan *anodizing*

yang merupakan asam sulfat (H₂SO₄) [3]. Proses tersebut membuat *aluminium alloy* memiliki peningkatan sifat mekanik seperti *hardness* dan ketahanan abrasi yang lebih baik dari logam yang dilapisi [4].

Cacat pada permukaan oksida *aluminium alloy* memiliki beberapa faktor, antara lain adalah tingginya arus listrik, rendahnya temperatur *anodizing*, perbedaan distribusi medan listrik, tegangan listrik yang tinggi. Hal tersebut dapat membuat permukaan oksida yang terbentuk menjadi tidak merata atau bahkan akan mengalami *burning* (tergerusnya *aluminium alloy*) [5].

Untuk mengurangi kecacatan pada permukaan oksida dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain mengurangi nilai kerapatan arus dan meningkatkan suhu *anodizing* [3]. Hal tersebut sangat efektif untuk mengurangi cacat permukaan oksida yang tidak merata, namun hal tersebut akan membuat kualitas oksida akan berkurang karena akan membuat struktur menjadi lebih lunak dan meningkatkan porositas yang membuat material tidak mampu bertahan dalam kondisi kritis [2].

Karena hal tersebut, perlu dilakukan sebuah penelitian untuk menguji bagaimana kondisi yang tepat dan benar agar lapisan oksida yang terbentuk dari proses *hard anodizing* sesuai standard yang diinginkan oleh produsen dan mengurangi cacat permukaan *anodizing* yang sering terjadi pada proses *hard anodizing*.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Eksperimen

Adapun beberapa kerja dalam eksperimen ini diawali dengan *spesimen preparation*, yaitu merupakan tahap persiapan material uji yang akan dilakukan *surface treatment* untuk menghilangkan sudut runcing yang ada pada spesimen agar tidak membuat spesimen mengalami *burning* dengan kikir dan pisau kait. Kemudian spesimen dilakukan tahap pembersihan dari kotoran berupa minyak, lemak, tinta, dan kotoran lainnya yang dapat dibersihkan dengan *manual cleaning*. Langkah pembersihan ini menggunakan larutan MEK (*Methyl Ethyl Keton*). Setelah itu spesimen dilakukan *racking* untuk menyusun spesimen pada *rack* spesimen. Spesimen diikat dengan kawat berdiameter 3 mm.

Setelah tahap persiapan, kemudian masuk pada proses *alkaline cleaning* yang merupakan proses pembersihan lemak, finger print, dan minyak pada permukaan spesimen yang

tidak hilang pada saat *manual cleaning* dengan menggunakan larutan basa Turco 4215 NCLT. Setelah proses alkaline cleaning, dilakukan proses *rinsing*, yaitu proses pembilasan spesimen yang telah melalui proses *alkaline cleaning* dengan menggunakan *deionized water* untuk menghilangkan larutan yang tertinggal pada spesimen dan tidak mengkontaminasi larutan yang lain. Setelah proses ini dilakukan *water film breaking test* yaitu pengamatan secara manual apakah masih ada noda atau kotoran yang belum dihilangkan pada proses *alkaline cleaning* dan dilakukan minimal selama 30 detik.

Proses selanjutnya adalah *Deoxidizing*, yaitu proses pembersihan permukaan aluminium dari oksida yang terbentuk sebelum terjadinya proses *anodizing*. Proses ini menggunakan larutan *deoxidizer* 6-16. Setelah proses tersebut, dilakukan proses *rinsing* yang bertujuan untuk membilas spesimen yang telah melalui proses *deoxidizing* dengan menggunakan *deionized water* untuk menghilangkan larutan yang tertinggal pada spesimen dan tidak mengkontaminasi larutan yang lain. Larutan yang digunakan berdasarkan ISO 10074:2010.

Kemudian masuk proses berikutnya dalam penelitian ini, yaitu *hard anodizing* yang merupakan proses utama pada *surface treatment* ini. Proses ini bertujuan membentuk lapisan oksida pada permukaan aluminium dengan larutan H_2SO_4 . Pada proses *hard anodizing* harus selalu dipantau setiap 1 menit, hal itu disebabkan spesimen *hard* oksida rentan mengalami *burning* dan kenaikan arus listrik harus perlahan setiap menitnya. Bak proses *hard anodizing* seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Kemudian spesimen dilakukan *rinsing* kembali untuk membilas spesimen yang telah melalui proses *hard anodizing* dengan menggunakan *deionized water* untuk menghilangkan larutan yang tertinggal pada spesimen dan tidak mengkontaminasi larutan yang lain.



Gambar 1. Proses *hard anodizing*.

Proses selanjutnya adalah *sealing*, yaitu merupakan proses pelapisan terakhir yang bertujuan untuk menutup pori-pori yang terbentuk pada lapisan *anodizing* dengan menggunakan natrium dikromat $Na_2Cr_2O_7$. Penggunaan *sealing* pada *hard anodizing* bertujuan untuk melindungi dari serangan korosi pada saat uji korosi, biasanya dilakukan hanya pada pengujian korosi dengan metode *salt-spray corrosion resistance test*. Setelah itu spesimen kembali dilakukan *rinsing* yang merupakan proses pembilasan spesimen yang telah melalui proses *sealing* dengan menggunakan *deionized water* untuk

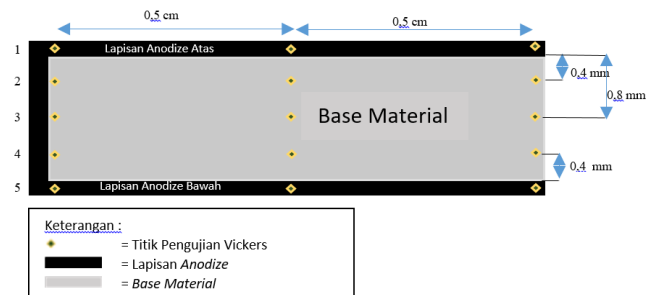
menghilangkan larutan yang tertinggal pada spesimen dan tidak mengkontaminasi larutan yang lain.

Tahap terakhir pada proses *hard anodizing* adalah *drying*, yaitu merupakan proses pengeringan spesimen yang telah mengalami proses *anodizing* yang telah dilakukan sealing maupun tidak dilakukan *sealing*. Tujuan *drying* adalah menghilangkan sisa-sisa *rinsing water* yang berasal dari proses *rinsing* yang masih tersisa pada permukaan spesimen. Proses ini menggunakan *compressor* yang memberi tekanan udara pada spesimen.

B. Pengujian

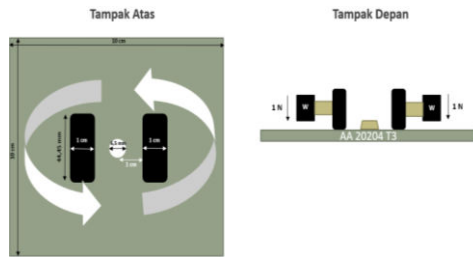
Pada penelitian ini dilakukan 7 pengujian yaitu ketebalan dengan menggunakan dermitron, kekerasan mikro dengan metode vickers, ketahanan abrasi dengan taber abraser, *coating weight* dengan metode *striping*, *corrosion resistance* dengan metode potensiodinamik, Metalografi, dan SEM.

1. Uji Ketebalan menggunakan alat ukur Dermitron 3000 dengan prinsip kerja *eddy current*. Pengukuran dilakukan pada 4 titik pada setiap permukaan pada 1 spesimen secara acak.
2. Pada penelitian ini pengujian kekerasan menggunakan metode vickers. Titik penekanan pada pengujian ini sesuai dengan Gambar 2. Setelah dilakukan penekanan, dilakukan pengamatan dan perhitungan nilai diagonal hasil penekanan dengan menggunakan mikroskop perbesaran 200 x dan dibantu dengan software Solution DT.



Gambar 2. Titik pengujian kekerasan.

3. Pengujian ketahanan abrasi pada penelitian ini menggunakan taber abraser-wheel CS 17. Spesimen yang digunakan dalam pengujian ini memiliki dimensi 100 x 100 mm. Spesimen ditimbang terlebih dahulu sebelum mengalami abrasi pada pengujian ini. Kemudian spesimen dipasang pada taber abraser dan dilakukan uji ketahanan abrasi dengan beban 2 kg pada 10.000 cycles serta pada kecepatan 70 rpm, dimana skema sesuai dengan Gambar 3. Setelah selesai pengujian, dilakukan penimbangan kedua untuk mencari berat yang hilang pada lapisan oksida.

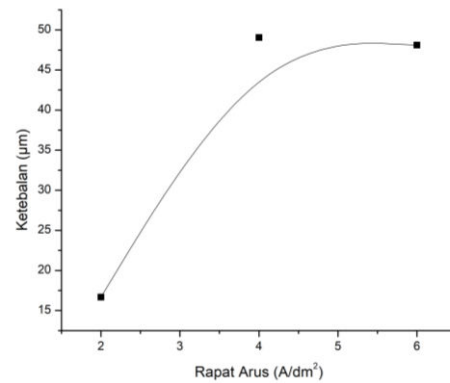


Gambar 3. Skema pengujian ketahanan abrasi.

4. Pengujian *coating weight* pada penelitian ini menggunakan metode *striping*, yaitu menggunakan larutan kimia dengan campuran H_3PO_4 dan CrO_3 untuk menghilangkan lapisan oksida pada permukaan *aluminium alloy*. Pengujian ini diawali dengan menimbang berat spesimen yang telah melalui proses *anodizing*. Setelah lapisan oksida terkikis semua pada saat proses *striping*, spesimen dikeringkan pada oven dengan suhu maksimum $60^\circ C$ sampai spesimen benar-benar kering kemudian dimasukkan ke desikator ± 15 menit untuk mendapatkan berat yang konstan dan kemudian ditimbang kembali.
5. *Scanning Electron Microscopy (SEM)* merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui struktur morfologi permukaan lapisan oksida. SEM yang digunakan adalah Zeiss EVO MA 10. Pengamatan dilakukan pada permukaan lapisan oksida, sehingga harus dilakukan coating pada permukaan yang akan diamati dengan Paladium. Perbesaran yang digunakan pada pengujian SEM adalah sebesar 60.000 x
6. Uji potensiodinamik merupakan pengujian elektrokimia untuk mengetahui laju korosi sebuah material. Pada penelitian ini, pengujian dilakukan dengan Potensiostat PGSTAT302N. Spesimen yang digunakan dalam pengujian ini memiliki dimensi 20 x 20 mm. Pengujian potensiodinamik pada penelitian kali ini menggunakan tiga elektroda, yaitu elektroda kerja merupakan spesimen uji, elektroda acuan berupa $AgCl$, dan elektroda bantu berupa platina. Ketiga elektroda kemudian dicelupkan pada larutan $NaCl$ 3,5%. Setelah dicelupkan, elektroda dialiri potensial dan diukur oleh elektroda kerja dan elektroda acuan. Secara bersamaan, elektroda kerja dan elektroda bantu mengukur arus korosi.
7. Metalografi merupakan pengujian yang dilakukan pada material dasar untuk melihat struktur mikro. Karena spesimen menggunakan *aluminium alloy*, proses etsa yang digunakan adalah dengan menggunakan larutan Keller's Reagent dengan komposisi larutan ditunjukkan pada Tabel 1. Setelah itu spesimen dietsa selama 3 menit dan diamati pada mikroskop untuk melihat struktur mikro pada *aluminium alloy*.

I. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Ketebalan



Gambar 4. Pengaruh rapat arus terhadap ketebalan.

Tabel 1.

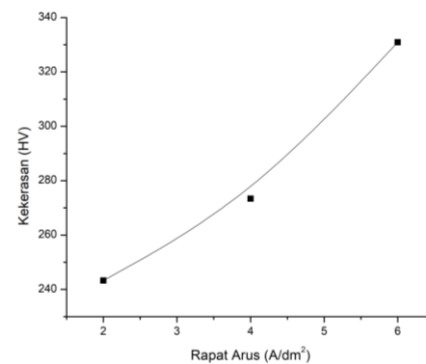
Komposisi larutan Keller's Reagent

Larutan	Volume (ml)
HF	2
HCl	3
HNO ₃	5
Aquades	190

Pada pengujian ketebalan dengan metode *Eddy Current* dengan alat Dermatron 3000 didapatkan data yang ditunjukkan pada Gambar 4. Dari data tersebut didapatkan nilai ketebalan paling tinggi pada rapat arus 4 A/dm^2 sebesar 49,05 μm dan paling rendah adalah rapat arus 2 A/dm^2 sebesar 16,67 μm . nilai rapat arus 6 A/dm^2 memiliki nilai yang sedikit lebih kecil jika dibandingkan rapat arus 4 A/dm^2 yaitu sebesar 48,11 μm .

B. Hasil Pengujian Kekerasan

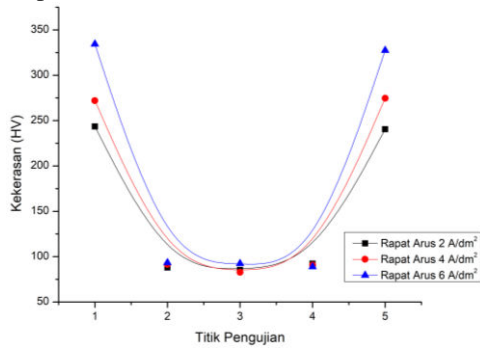
Hasil dari pengujian kekerasan dengan metode Vickers ditunjukkan oleh Gambar 5. Dari hasil pengujian didapatkan nilai kekerasan yang naik dari rapat arus terendah hingga tertinggi, secara berturut-turut dari rapat arus terkecil hingga terbesar sebesar 243,25 HV, 273,38 HV, dan 330,89 HV.



Gambar 5. Pengaruh rapat arus terhadap kekerasan.

Kemudian pengujian kekerasan dilanjutkan pada pada setiap titik dari ujung sisi yang memiliki lapisan oksida, ditengah, dan di dekat potongan spesimen untuk pengujian kekerasan yang harus dilakukan *mounting*. Setiap titik akan ditarik garis dari permukaan atas oksida ke permukaan bawah oksida sebanyak 5 titik dari lapisan oksida atas, titik dekat lapisan oksida atas pada material dasar, di tengah material

dasar, titik dekat lapisan oksida bawah pada material dasar, dan pada lapisan oksida bawah.

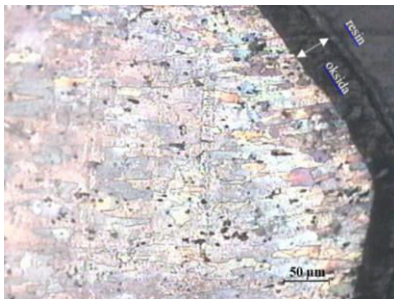


Gambar 6. Persebaran kekerasan pada setiap rapat arus

Berdasarkan data pengujian, didapatkan nilai kekerasan pada setiap titik berdasarkan nilai rapat arus. Nilai persebaran kekerasan pada Gambar 6. dengan nilai kekerasan dari ujung lapisan oksida hingga sisi potong dirata-rata karena nilai kekerasan saling mendekati.

C. Pengujian Metalografi dan SEM

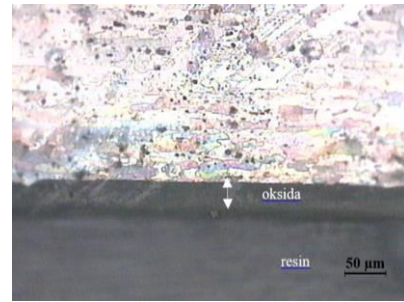
Pada penelitian ini dilakukan pengujian metalografi untuk mengetahui persebaran batas butir dan presipitat yang terbentuk pada material AA 2024 T3. Material yang diuji dilakukan pada 1 material dasar yang mewakili seluruh spesimen yang digunakan pada penelitian ini. Berikut ini hasil pengujian metalografi yang ditunjukkan oleh Gambar 7, Gambar 8, Gambar 9, dan Gambar 10.



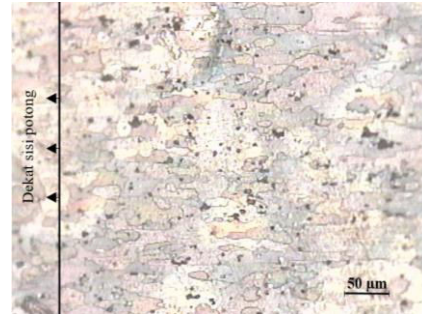
Gambar 7. Metalografi dekat ujung oksida.



Gambar 8. Metalografi pada tengah sisi atas specimen.

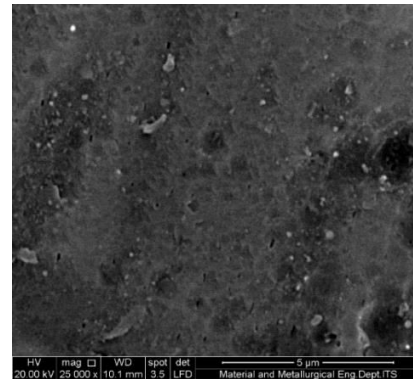


Gambar 9. Metalografi pada tengah sisi bawah oksida specimen.

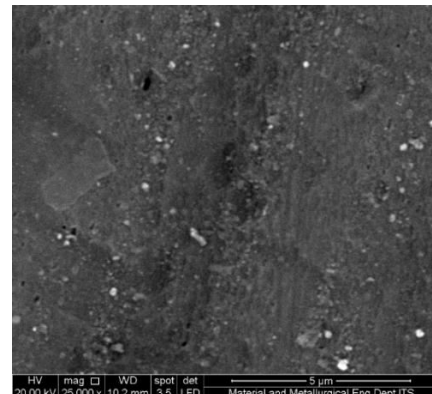


Gambar 10. Metalografi dekat sisi potong

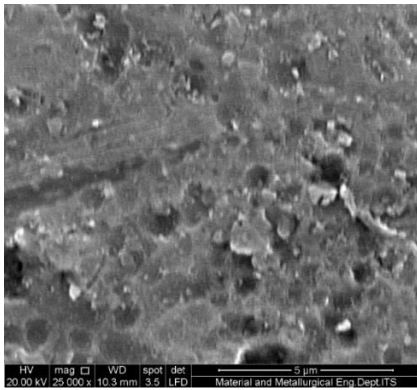
Berdasarkan pengujian metalografi yang didapatkan, dapat dilihat bahwa lapisan oksida yang terbentuk tidak menyebabkan struktur mikro dari material dasar berubah. Lapisan oksida hanya menempel saja pada sisi terluar material dasar.



Gambar 11. Permukaan lapisan oksida rapat arus 2 A/dm².



Gambar 12. Permukaan lapisan oksida rapat arus 4 A/dm².

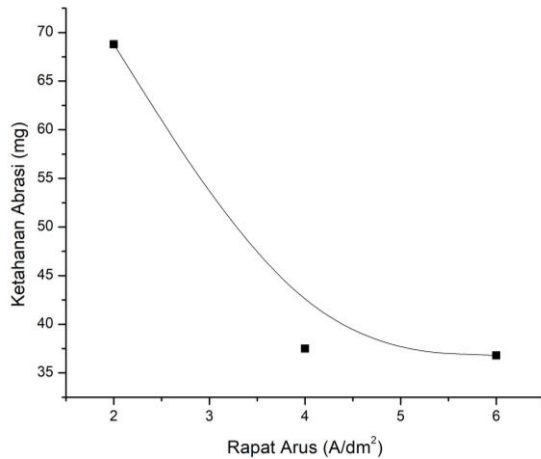


Gambar 13. Permukaan lapisan oksida rapat arus 6 A/dm².

Pada pengamatan dengan SEM yang ditunjukkan pada Gambar 11 hingga Gambar 12 dengan perbesaran 25.000 kali dapat dilihat permukaan oksida pada rapat arus 6 A/dm² cenderung kasar jika dibandingkan dengan kedua rapat arus yang lain. Hal itu merupakan sisa kikisan lapisan oksida akibat terjadinya disolusi pada pengaplikasian rapat arus yang sangat tinggi, yaitu 6 A/dm².

D. Hasil Pengujian Ketahanan Abrasi

Dari pengujian ketahanan abrasi yang telah dilakukan menggunakan metode *abrasive wheel* dan menggunakan alat Taber Abrasser Wheel CS 17 didapatkan data pengaruh rapat arus terhadap sifat ketahanan abrasi yang ditunjukkan pada Tabel 3.3 dan data diplot untuk menunjukkan pengaruh rapat arus terhadap sifat ketahanan abrasi yang ditunjukkan oleh Gambar 14.

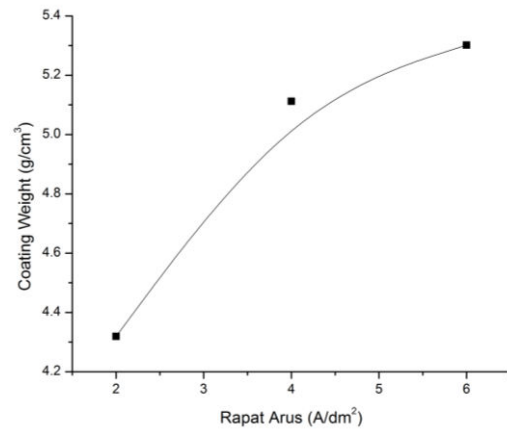


Gambar 14. Pengaruh rapat arus terhadap ketahanan abrasi.

Pada pengujian wear resistance yang dilakukan didapatkan nilai massa abrasi yang hilang cenderung makin kecil seiring meningkatnya nilai rapat arus. Nilai dari rapat arus terkecil hingga terbesar adalah 68,8 mg, 37,5 mg, dan 36,8 mg.

E. Hasil Pengujian Coating Weight

Dari pengujian *coating weight* dengan melakukan proses *stripping* pada lapisan oksida didapatkan data pengaruh rapat arus terhadap nilai *coating weight* yang ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Pengaruh rapat arus terhadap *coating weight*.

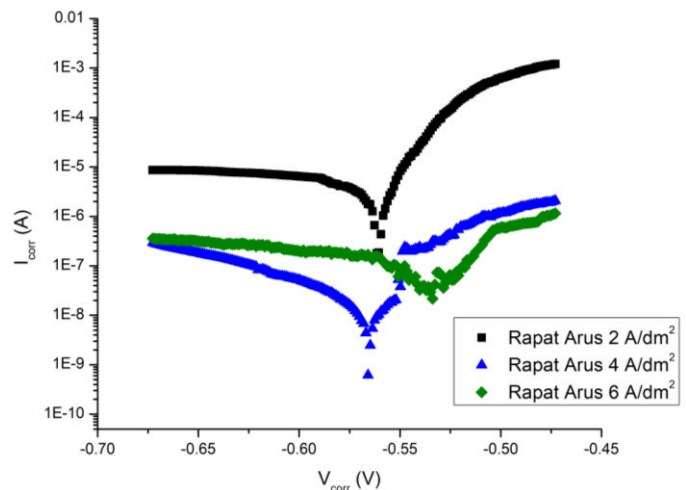
Dari hasil pengujian *coating weight* didapatkan nilai *coating weight* yang cenderung naik pada setiap peningkatan rapat arus. *Coating weight* yang didapatkan dari rapat arus terbesar hingga terkecil adalah 4,319 g/cm³, 5,112 g/cm³, dan 5,302 g/cm³.

F. Hasil Pengujian Potensiodinamik

Pada penelitian ini dilakukan pengujian potensiodinamik untuk mengetahui sifat elektrokimianya. Didapatkan data nilai V_{corr} dan I_{corr} beserta dengan nilai *corrosion rate* pada setiap pengaplikasian rapat arus *hard anodizing*. Pada Tabel 2 dan kemudian diolah untuk mendapatkan nilai I_{corr} dan *corrosion rate* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian potensiodinamik

Rapat Arus (A/dm ²)	β_a	β_b	R_p (Ω)	V_{corr} (V)
2	0,08322	0,01959	2537,5	-0,561
4	0,03756	0,00768	353920	-0,566
6	0,06485	0,02309	172420	-0,456



Gambar 16. Diagram tafel pengujian pada 3 jenis rapat arus.

Tabel 3. Hasil perhitungan uji potensiodinamik

Rapat Arus (A/dm ²)	I _{corr} (A/cm ²)	Laju Korosi (mm/yr)
2	$2,71 \times 10^{-6}$	$6,31 \times 10^{-8}$
4	$7,82 \times 10^{-9}$	$1,42 \times 10^{-10}$
6	$4,29 \times 10^{-8}$	$7,86 \times 10^{-10}$

Dari data yang didapatkan, kemudian dilakukan *ploting* untuk menunukan diagram Tafel yang dihasilkan oleh hasil pengujian potensiodinamik berdasarkan Gambar 16.

G. Interpretasi Data

Berdasarkan data pengujian sifat fisik, didapatkan nilai ketebalan dan kekerasan yang didapatkan memiliki kecenderungan semakin naik dari rapat arus 2 A/dm² hingga 6 A/dm². Pada peningkatan rapat arus dari 4 A/dm² menuju 6 A/dm² terjadi sedikit turun walaupun sebesar 0,94 µm, dari 49,05 µm menuju 48,11 µm. Terjadinya penurunan nilai ketebalan disebabkan oleh disolusi yang terjadi pada permukaan oksida karena nilai rapat arus yang terlampaui tinggi. Untuk pengujian kekerasan didapatkan nilai kekerasan yang cenderung naik dari rapat arus terendah hingga tertinggi. Kenaikan berhubungan dengan nilai coating weight yang cenderung naik juga dari setiap kenaikan rapat arus, dimana semakin tinggi nilai kerapatan antar partikel oksida, maka akan semakin keras lapisan oksida yang terbentuk. Untuk nilai ketahanan abrasi memiliki kecenderungan turun dari dari rapat arus 2 A/dm² menuju 6 A/dm² yaitu berturut-turut sebesar 68,8 mg, 37,5 mg, dan 36,8 mg. Lapisan yang tergerus pada rapat arus 2 A/dm² memiliki nilai yang sangat besar jika dibandingkan dengan rapat aru 4 A/dm² dan 6 A/dm² yang cenderung memiliki nilai yang hampir sama. Hal tersebut diakibatkan nilai rapat arus 2 A/dm² yang belum mencapai nilai ideal *hard anodizing* yang memiliki rapat arus optimum minimum sebesar 2,6 A/dm², sehingga nilainya sangat jauh jika dibandingkan dengan rapat arus 4 A/dm² dan 6 A/dm². Kecenderungan nilai ketahanan abrasi yang turun juga disebabkan nilai kekerasan yang cenderung naik, naik karena massa oksida yang terabrasi berbanding terbalik dengan kekerasan, dimana semakin besar kekerasan, maka akan semakin kecil massa yang hilang akibat terabrasi.

Pada proses *hard anodizing* ini tidak mempengaruhi secara spsesifik struktur mikro yang ada pada material dasar. Hal ini ditunjukkan oleh nilai hardness pada setiap titik tidak terjadi perubahan yang begitu spesifik dan dari hasil metalografi, batas butir yang terbentuk besarnya merata pada setiap sisi. Pada hasil metalografi juga menunjukkan bahwa lapisan oksida hanya menempel saja pada permukaan material dasar.

Dari data pengujian korosi didapatkan analisa bahwa nilai V_{corr} pada rapat arus 6 A/dm² memiliki kecenderungan lebih besar jika bandingkan dengan rapat arus 2 A/dm² dan 4 A/dm² yang cenderung hampir sama, hal ini menunjukkan bahwa oksida dengan rapat arus 6 A/dm² memiliki sifat yang cenderung lebih reaktif jika dibandingkan dengan rapat arus lain. Didapatkan juga nilai I_{corr} yang didapatkan dari setiap kenaikan rapat arus akan cenderung turun sangat jauh dari 2,71 x 10⁻⁶ A menuju 7,82 x 10⁻⁹ A dengan terjadi sedikit

kenaikan nilai I_{corr} pada rapat arus 4 A/dm² menuju 6 A/dm² menjadi 4,29 x 10⁻⁸ A. Hal itu disebabkan nilai ketebalan yang berbanding lurus dengan nilai resistansi polarisasi berpengaruh pada nilai I_{corr}, dimana ketebalan pada rapat arus 2 A/dm² terlampaui sangat tipis jika dibandingkan dengan rapat arus 4 A/dm² dan 6 A/dm², sehingga dapat dikatakan spesimen yang diberikan rapat arus 2 A/dm² jauh lebih reaktif jika dibandingkan dengan 2 rapat arus yang lain. Dari nilai I_{corr} akan mempengaruhi besarnya *corrosion rate*, dimana rapat arus 4 A/dm² memiliki *corrosion rate* paling rendah yaitu sebesar 1,42 x 10⁻¹⁰ mm/yr yang berbeda sedikit dengan rapat arus 6 A/dm² sebesar 7,86 x 10⁻¹⁰ mm/yr. Untuk nilai *corrosion rate* 2 A/dm² yang sebesar 6,31 x 10⁻⁸ mm/yr cenderung jauh lebih besar ketimbang nilai rapat arus yang lain dikarenakan nilai I_{corr} dan nilai coating weight yang jauh lebih kecil jika dibandingkan kedua rapat arus yang lain.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan, kesimpulan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Rapat arus 6 A/dm² menghasilkan sifat mekanik (kekerasan dan ketahanan abrasi) dan sifat fisik *coating weight* paling baik jika dibandingkan dengan rapat arus lain, yaitu sebesar 330,89 HV, 36,8 mg massa yang hilang akibat mengalami abrasi, dan 5,302 g/cm³ untuk nilai *coating weight*.
2. Rapat arus 2 A/dm² menghasilkan lapisan Al₂O₃ yang sangat tipis sehingga memiliki kecenderungan untuk mengalami korosi lebih besar jika dibandingkan dengan rapat arus lain. Sedangkan rapat arus 6 A/dm² menghasilkan lapisan yang berkualitas baik disebabkan permukaan lapisan Al₂O₃ yang terbentuk memiliki porositas rendah.
3. Lapisan Al₂O₃ dengan tebal 49,05 µm, kekerasan 273,38 HV, dan ketahanan abrasi 37,5 mg yang dihasilkan rapat arus 4 A/dm² menghasil ketahanan korosi yang paling baik dengan laju korosi paling rendah, yaitu sebesar 7,86 x 10⁻¹⁰ mm/yr.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. L. Rooy, ASM Handbook Volume 2 Properties and Selection : Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials, ASM International , 1990, pp. 90-115.
- [2] M. Bononi, R. Giovanardi, A. Bozza and P. Mattioli, "Pulsed Current Effect on Hard Anodizing Process of 2024-T3 Aluminium Alloy," *Surface&Coatings Technology*, 2016.
- [3] F. M. Stevenson, ASM Handbook Volume 5 Surface Engineering, ASM Handbook, 1990.
- [4] E. Febriyanti, "Optimasi Proses Pelapisan Anodisasi Keras pada Paduan Aluminium," *Majalah Metalurgi*, no. ISSN 0126-3188, pp. 109-116, 26 February 2011.
- [5] A. Bozza, R. Giovanardi, T. Manfredini and P. Mattioli, "Pulsed Current Effect on Hard Anodizing Process of 7075-T6," *Surface & Coatings Technology*, pp. 139-144, 4 March 2015.