

PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP KETEBALAN LAPISAN OKSIDA DAN KECERAHAN WARNA ALUMINIUM 6061 DENGAN METODE ANODIZING

Mega Lazuardi Umar^{1*}, Rizki Maulana¹, Rochmad Eko Prasetyaning Utomo¹, Prabuditya Bhisma Wisnu Wardhana¹, Asmar Finali¹, Rizki Ilmal Yaqin²

¹ Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banyuwangi, Banyuwangi, Indonesia 68461

² Program Studi Permesinan Kapal, Politeknik Kelautan dan Perikanan Dumai, Kota Dumai, Indonesia 28826

* Correspondence: megalazuardiumar@poliwangi.ac.id

Abstrak

Anodizing pada aluminium bertujuan untuk membuat lapisan yang dekoratif, kekerasannya meningkat, dan tahan terhadap korosi. Aluminium 6061 adalah salah satu jenis paduan aluminium yang paling umum digunakan dalam berbagai aplikasi industri. Pada penelitian ini proses anodizing dilakukan dengan menggunakan Aluminium 6061, variasi arus 1, 2, dan 3 ampere dipilih untuk mengetahui karakteristik permukaan diantaranya adalah ketebalan lapisan oksida, pengamatan makro, dan kecerahan warna. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa ketebalan lapisan oksida meningkat seiring dengan bertambah besarnya arus. Adapun semakin besar arus yang digunakan pada proses anodizing menghasilkan warna yang semakin gelap.

Kata Kunci: Anodizing; Aluminium; Thickness; Aluminium oksida

Abstract

Anodizing on aluminum aims to change the metal surface into an oxide layer so that it becomes a decorative layer, increases its hardness mechanical properties, and is resistant to corrosion. Aluminum 6061 is one of the most common types of aluminum alloy used in various industrial applications. In this research, the anodizing process was carried out using Aluminum 6061, current variations of 1, 2, and 3 amperes were chosen to determine surface characteristics including the thickness of the oxide layer, microscope macro-observations, and color brightness. The results of the experiment show that the layer oxidation thickness increases with increasing current. The results shows that the greater the current used in the anodizing process, the darker the color will be.

Keywords: Anodizing; Aluminum; Thickness; Aluminum oxide

Received: 13 August 2024
Revised: 08 April 2025
Accepted: 08 April 2025
Published: 01 July 2025

DOI: 10.31884/jtt.v11i2.692

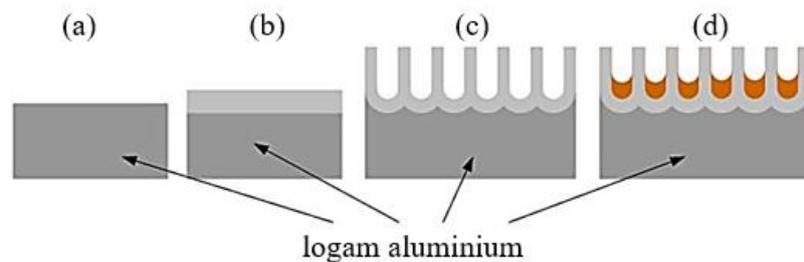


Copyright: © 2025 by JTT

1. PENDAHULUAN

Alumunium 6061 adalah salah satu jenis alumunium yang sering digunakan dalam dunia industri diantaranya: exterior (Mulyaningsih dkk, 2024), komponen pesawat (Cabral-Miramontes, 2020), dan transportasi (Kikuchi, 2015). Hal ini karena alumunium 6061 memiliki berbagai sifat yang unik, yaitu tahan terhadap korosi, ringan, mampu ditempa, dilas, dan dicor (Tsamroh dkk, 2020) dan (Kim dkk, 2020). Namun, menurut Muzaki dkk, (2022), Alumunium memiliki kelemahan salah satunya adalah kekerasan yang rendah dan warna yang kusam serta sulit untuk dilapisi cat. Untuk mengatasi hal tersebut, maka diperlukan satu metode dalam melapisi alumunium, salah satunya adalah metode anodizing (Boerstler dkk, 2020).

Anodizing pada alumunium adalah suatu proses elektrokimia yang berfungsi mengubah permukaan logam menjadi lapisan oksida, dapat digunakan sebagai fungsi dekoratif, serta mempertebal atau memperkuat lapisan protektif alami pada logam. Ilustrasi lapisan oksida yang terbentuk saat proses anodizing adalah sebagaimana yang ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses Anodizing.

Gambar 1(a) menunjukkan logam alumunium sebelum diberikan perlakuan anodizing, gambar 1(b) adalah tampak logam alumunium saat terlapsi oleh lapisan oksida. Gambar 1(c) menunjukkan bahwa seiring dengan pertambahan waktu anodizing, lapisan oksida membentuk pori-pori oksida. Pada gambar 1(d) menunjukkan pori-pori lapisan oksida yang sudah terisi oleh zat pewarna.

Beberapa penelitian terkait dengan anodizing telah dilakukan sebelumnya. Nugroho, (2015), melakukan penelitian tentang pengaruh variasi arus dan waktu anodizing terhadap ketebalan lapisan alumunium oksida pada AA 2024 T3. Variasi arus yang digunakan adalah 1.5, 3, dan 4.5A. Sedangkan waktu yang digunakan adalah 30, 40, 50, dan 60 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketebalan lapisan alumunium oksida akan meningkat dengan meningkatnya rapat arus dan lama waktu pencelupan dalam larutan elektrolit. Ketebalan lapisan alumunium oksida mencapai nilai optimum berkisar 10-15 μm . Fatkhurouf (2019), melakukan penelitian tentang menggunakan elektrolit asam sulfat (H_2SO_4) dengan waktu 10 menit dan arus sebesar 1 A. Hasil penelitian menghasilkan ketebalan lapisan oksida berdasarkan foto mikro penampang melintang adalah 30-51 μm .

Nugroho, F. (2015) melakukan penelitian ketebalan lapisan alumunium oksida yang dihasilkan selama proses *anodizing* dengan rapat arus 2,25 A dengan variasi waktu 30, 40, 50, dan 60 menit. Alumunium oksida yang terbentuk pada paduan 2024-T3 menghasilkan ketebalan 8-15 μm . Muslim dan Nugroho (2018) melakukan penelitian tentang pengaruh konsentrasi pewarna larutan kunyit pada proses *anodizing*, menyimpulkan kecerahan warna (RGB) tertinggi didapat pada variasi 10 gram/liter dengan nilai RGB adalah 215, 58, 0,67. Hasil penelitiannya menunjukkan semakin tinggi

konsentrasi larutan pewarna kunyit yang digunakan maka akan semakin gelap warna yang dihasilkan.

Hermawan H, dkk (2017) menganalisis pengaruh variasi kuat arus listrik pada proses anodizing terhadap kekerasan dan ketebalan lapisan oksida pada permukaan velg mobil merk BSA. Didapatkan hasil bahwa ketebalan lapisan oksida yang terbentuk pada kuat arus listrik 0.5 Ampere sebesar 14 μm , untuk kuat arus listrik 0.7 Ampere sebesar 17.2 μm , dan kuat arus listrik 0.9 Ampere sebesar 48.1 μm secara berurutan.

Menurut referensi ISO 10074:2021 *Anodizing of aluminium and its alloys — Specification for hard anodic oxidation coatings on aluminium and its alloys*, ketebalan lapisan oksida yang disarankan pada logam aluminium adalah 25 - 150 μm . Adapun standard penilaian terkait warna sifatnya adalah subjectivitas tergantung dari keinginan kostumer.

Berdasarkan referensi yang telah dibahas sebelumnya, didapatkan fakta bahwa pemilihan arus dapat mempengaruhi ketebalan lapisan oksida, kekerasan dan kecerahan warna. Namun, beberapa penelitian menunjukkan bahwa nilai ketebalan masih kurang memenuhi rekomendasi ISO 10074:2021, selain itu karakterisasi permukaan hasil anodizing pada logam Aluminium 6061 masih juga terbatas. Oleh karena itu, pada penelitian ini, pengaruh arus 1, 2, dan 3A diteliti untuk mengetahui ketebalan lapisan mana yang sesuai dengan standard ISO10074:2021 dan hubungan variasi arus tersebut dengan kecerahan warna akibat proses anodizing. Pengujian ketebalan dan pengamatan makro dilakukan menggunakan mikroskop optik. Pengujian kecerahan warna dilakukan dengan bantuan perangkat lunak image processing *ImageJ*

Dengan mempertimbangkan luasnya aplikasi Aluminium 6061, Diharapkan kedepannya hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi pelaku industri di bidang pelapisan logam aluminium.

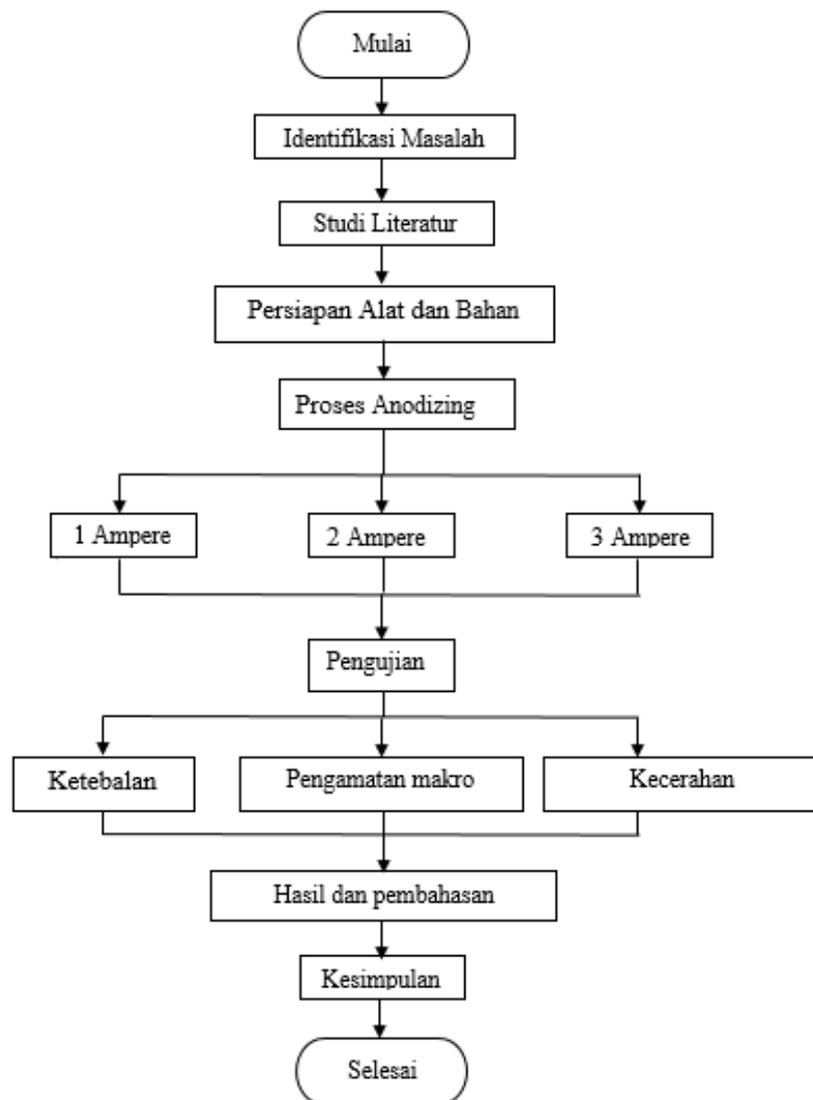
2. METODE

Bahan logam yang akan dianodize adalah Aluminium 6061 dengan dimensi setiap variasi adalah 100x20x6mm sebagaimana yang ditampilkan pada Gambar 2. Dilakukan tiga kali pengulangan untuk setiap pengujian guna memastikan hasil yang komprehensif



Gambar 2. Spesimen untuk anodizing.

Diagram alir penelitian ini sebagaimana yang ditampilkan pada Gambar 3, dimulai dari tahap identifikasi masalah, studi literatur, persiapan alat dan Bahan. Peralatan utama yang digunakan adalah DC Power Supply Kooocu 3005D, Adapun power supply tersebut kemudian di hubungkan dengan anoda aluminium dan katoda berupa logam timbal dan cairan elektrolit H_2SO_4 .



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian.

Proses anodizing yang dilakukan pada penelitian ini meliputi beberapa tahapan:

- 1) *Grinding*, penghalusan spesimen menggunakan kertas amplas mulai dari grade kasar ke grade halus yaitu: 200, 400, 600, 1000, 1500, dan 2000.
- 2) *Degreasing*, proses pembersihan kotoran yang menempel pada permukaan aluminium dengan menggunakan asam karbonat (Na_2CO_3) konsentrasi 50 gram/liter selama 5-10 menit.
- 3) *Etching*, proses pembersihan lapisan oksida pada proses sebelumnya dengan menggunakan soda api (NaOH) dengan suhu $40-60^\circ$ konsentrasi 60 gram/liter selama 1 menit.
- 4) *Desmut*, proses pembersihan bercak hitam dari hasil proses *etching* sebelumnya dengan menggunakan asam fosfat (H_3PO_4) dengan konsentrasi 200ml/liter selama 5 menit.
- 5) *Anodizing*, proses pencelupan logam aluminium ke dalam elektrolit asam sulfat (H_2SO_4) konsentrasi 200 gram/liter dengan waktu 30 menit. Variasi arus 1, 2, dan 3 Ampere. Tegangan yang digunakan 20 V.
- 6) *Colouring*, proses pewarnaan logam aluminium dengan menggunakan pewarna *anodize* konsentrasi 5 gram/liter selama 3 menit.

7) *Sealing*, proses melapisi hasil *colouring* agar warna tidak keluar dari pori pori dengan menggunakan air panas.

Fotografi saat dilakukannya eksperimen anodizing ditampilkan pada Gambar 4.

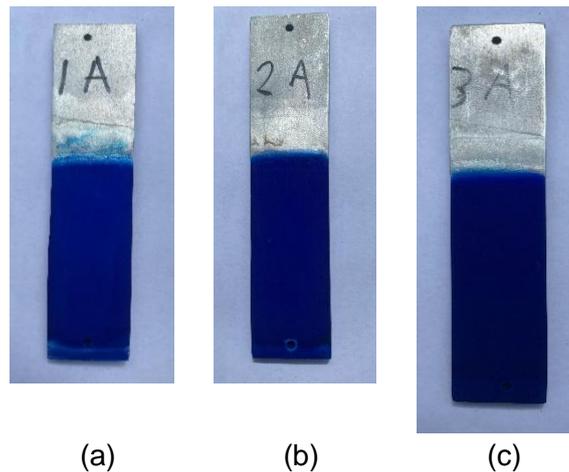


Gambar 4. Proses eksperimen Anodizing.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

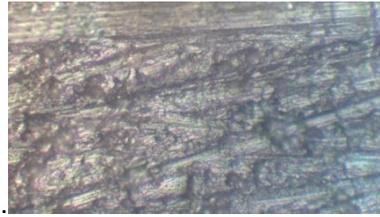
Pengamatan Makro

Hasil fotografi dari Anodizing logam aluminium 6061 ditampilkan pada Gambar 5, variasi arus yang digunakan yaitu: a) 1 Ampere; b) 2 Ampere; dan c) 3 Ampere. Terlihat dengan pengamatan visual, semakin tinggi variasi arus yang digunakan, semakin pekat warna yang didapatkan.

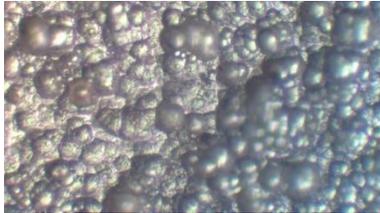


Gambar 5. Foto Hasil Anodizing variasi arus: a) 1 Ampere; b) 2 Ampere; c) 3 Ampere.

Untuk melihat apa yang terjadi pada hasil pelapisan dengan anodizing, maka ditampilkan permukaan lapisan logam aluminium dengan menggunakan mikroskop optik perbesaran 50x.



(a) Sebelum anodizing



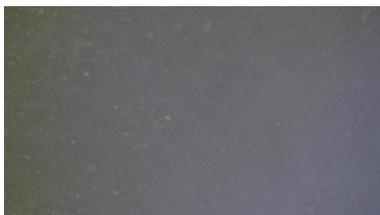
(b) Setelah anodizing (belum diberi warna)



(c) 1 Ampere



(d) 2 Ampere



(e) 3 Ampere

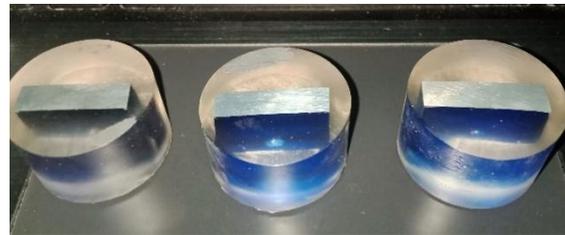
Gambar 6. Pengamatan Makro perbesaran 50x.

Gambar 6(a) Menunjukkan pengamatan struktur makro permukaan aluminium 6061 sebelum diproses *anodizing*, terlihat bekas goresan sisa proses grinding pada permukaan logam aluminium. Gambar 6(b) menunjukkan hasil anodizing sebelum diberikan pewarnaan, terlihat bahwa lapisan anodize telah terbentuk. Gambar 6(c) menunjukkan bahwa terdapat warna yang tidak mengisi keseluruhan permukaan logam aluminium, bercak-bercak warna putih terlihat menandakan warna belum mengisi permukaan logam sepenuhnya. Semakin tinggi arus yang digunakan, tidak terlihat lagi bercak-bercak putih dan warna dapat menutupi permukaan logam dengan baik sebagaimana yang ditunjukkan oleh Gambar 6(e). Namun perlu diingat bahwa proses anodizing membentuk pori-pori yang kelak akan terisi dengan zat pewarna, pengujian dengan mikroskop optik belum mampu untuk melihat fenomena tersebut, untuk

mengkonfirmasi hasil dari penelitian ini terkait zat pewarna apakah dapat masuk ke pori-pori lapisan oksida dengan benar/tidak perlu dilakukan verifikasi atau pengujian lanjutan dengan *Scanning Electron Mikroskop* (SEM).

Pengujian Ketebalan Lapisan Oksida

Spesimen hasil anodizing kemudian dipotong secara melintang, dan dimounting dengan resin untuk melihat ketebalan lapisan oksida sebagaimana yang ditunjukkan oleh Gambar 7.



Gambar 7. Potongan melintang specimen.

Tabel 1. Pengujian ketebalan lapisan oksida.

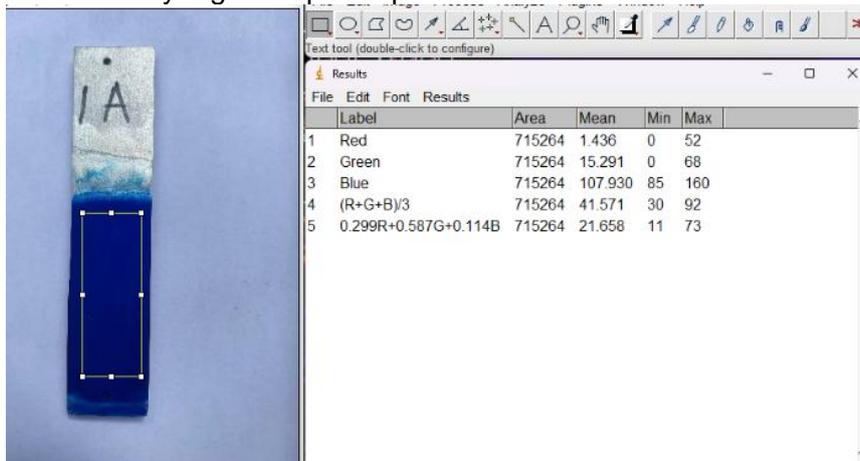
Variasi	Rata-rata (μm)
1 Ampere	
	28,61
Variasi	Rata-rata (μm)
2 Ampere	
	38,42
3 Ampere	
	55,43

Terlihat lapisan oksida terletak antara base metal aluminium dan resin sebagaimana yang ditampilkan pada Tabel 1. Hasil menunjukkan rata-rata ketebalan

lapisan pada variasi 1A, 2A, dan 3A secara berurutan adalah 28.61, 38.42, dan 55.43 μm . Semakin besar arus yang digunakan, semakin tebal lapisan oksida yang terbentuk. Nugroho (2015) juga menyatakan hasil yang sejalan dengan penelitian ini, bahwasannya semakin tinggi arus yang dihasilkan, ketebalan lapisan dari Anodizing akan semakin meningkat. Menurut Cabral-Miramontes (2020), proses elektrokimia pada anodizing Aluminium dapat meningkatkan ketebalan lapisan oksida hingga beberapa micron. Berdasarkan ISO 10074 tentang *Anodizing of aluminium and its alloys* ketebalan yang disarankan minimal yaitu 25 - 150 μm , sehingga variasi arus 1A, 2A, dan 3A menunjukkan ketebalan yang sesuai dengan standard.

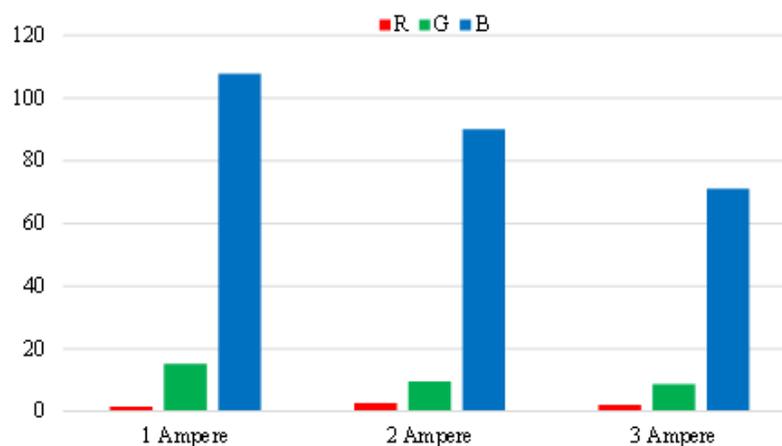
Pengujian Warna

Pengujian warna dilakukan dengan bantuan software ImageJ, hasil dari image J adalah warna Red (R), Green (G), dan Blue (B) dengan rentang nilai 0-255 sebagaimana contoh pada Variasi 1 yang ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Pembacaan nilai RGB dengan software ImageJ.

Hasil pengujian warna menunjukkan bahwa nilai RGB secara berturut pada arus 1A adalah, 1.4, 15.3, 107.9. nilai RGB secara berturut pada arus 2A adalah, 2.5, 9.6, 90.1. nilai RGB secara berturut pada arus 3A adalah, 2.1, 8.7, 71.1.



Gambar 9. Nilai RGB.

Semakin tinggi nilai RGB warna akan semakin cerah, sebaliknya semakin rendah nilai RGB, warna akan semakin gelap. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kecerahan

warna menurun seiring dengan peningkatan arus., hal ini dikuatkan dengan turunnya nilai warna B dari 107.9 ke 71.1.

Nilai kecerahan warna sangat tergantung dari ketebalan lapisan. dalam proses anodisasi, lapisan oksida yang lebih tebal menghasilkan warna yang lebih gelap, sedangkan lapisan yang lebih tipis menghasilkan warna yang lebih terang. Hal ini karena proses anodizing membentuk pori-pori pada permukaan Aluminium, adapun bentuk dan ketebalan pori-pori sangat mempengaruhi kualitas difusi larutan zat warna. (Suprpto dkk, 2020) dan (Taufiqurrahman dkk, 2020). Namun, perlu menjadi catatan bahwa hasil kecerahan warna sangat tergantung dengan kebutuhan kostumer.

4. PENUTUP

Kesimpulan

Penelitian tentang variasi arus terhadap ketebalan lapisan oksida dan kecerahan warna alumunium 6061 dengan metode anodizing telah dilakukan, hasil menunjukkan bahwa ketebalan lapisan oksida yang adalah 28,61 μm pada 1 Ampere, 38,42 μm pada 2 Ampere, dan 55,43 μm pada 3 Ampere. Adapun penggunaan arus 1 Ampere, 2 Ampere, dan 3 Ampere sudah sesuai dengan standard ketebalan lapisan oksida menurut ISO 10074 *Anodizing of aluminium and its alloys*. Hasil pengamatan makro dan uji kecerahan warna menggunakan software ImageJ menunjukkan bahwa dengan bertambahnya arus dari 1 ke 3 Ampere, warna yang dihasilkan akan semakin gelap. Hal ini terlihat dengan berkurangnya nilai kecerahan warna B dengan nilai 107.9 pada variasi arus 1 Ampere menjadi 71.1 pada variasi arus 3 A.

Variasi arus 1-3 Ampere dapat digunakan untuk melapisi permukaan logam alumunium 6061, semakin tinggi ampere yang digunakan, semakin tebal lapisan oksida yang dihasilkan, akan tetapi arus yang tinggi menyebabkan warna menjadi gelap. Diharapkan kedepannya hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi pelaku industri di bidang pelapisan logam aluminium.

Saran

Perlu dilakukan pengujian lanjutan dengan arus yang lebih tinggi. Selain itu, agar hasil menjadi lebih komprehensif, sebaiknya dilakukan pengujian karakterisasi lanjutan dengan menggunakan SEM

Daftar Pustaka

- Boerstler, J. T., Jokar, M., Frankel, G. S., 2020., "Corrosion of coated aluminium alloy 7075-T6 galvanic test assemblies, part I: Unscribed panels", *Corrosion Engineering, Science and Technology*, Vol. 55, No. 3, pp. 268-280.
- Cabral-Miramontes, J., Gaona-Tiburcio, C., Estupinán-López, F., Lara-Banda, M., Zambrano-Robledo, P., Nieves-Mendoza, D., Maldonado-Bandala, E., Chacón-Nava, J., & Almeraya-Calderón, F., 2020., "Corrosion Resistance of Hard Coat Anodized AA 6061 in Citric-Sulfuric Solutions". *Coatings*, Vol. 10, No. 6, pp. 1-14.
- Fatkhurouf, M., Mulyaningsih, N., Pramono, C., 2019., "Pengaruh Ekstrak Kulit Manggis Terhadap Pewarnaan Aluminium Hasil Anodizing." *Jurnal MER-C*, Vol. 2, No. 1.
- Hermawan, H., Mulyaningsih, N., Pramono, C., 2017., "Pengaruh Kuat Arus Pada Proses Anodizing Terhadap Karakteristik Velg Mobil Merk BSA". *Journal of Mechanical Engineering*, Vol. 1, No. 1, pp. 34-40

ISO 10074:2021 Anodizing of aluminium and its alloys — Specification for hard anodic oxidation coatings on aluminium and its alloys.

Kikuchi, T.; Nakajima, D.; Nishinaga, O.; Natsui, S.; Suzuki, R.O., 2015., "Porous aluminum oxide formed by anodizing in various electrolyte species", *Curr. Nanosci.* Vol. 11, pp. 560–571.

Kim, M., Choi, E., So, J., Shin, J.-S., Chung, C.-W., Maeng, S.-J., Yun, J.-Y., 2020., "Improvement of corrosion properties of plasma in an aluminum alloy 6061-T6 by phytic acid anodization temperature". *J. Mater. Res. Technol.* Vol. 11, pp. 219–226.

Mulyaningsih, N., Pramono, C., Dwi, E., Putra, E., Faishal, M. N., 2024., "Characterization of Aluminium Anodizing for Coffee Industry Exterior", *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 1356 012081

Muslim, A., & Nugroho, A. W., 2018., "Karakterisasi Permukaan Pada Aluminium Anodized-Dyed dengan Pewarna Alami Kunyit." *JMPM (Jurnal Material dan Proses Manufaktur)*, Vol.2, No. 1, pp. 17-26.

Muzaki, M., Mashudi, I., Fakhruddin, M., Anwar, A. M., Pranatan, R. A. N., Wiganata, G., 2022. "Analisis Pengaruh Variasi Beda Potensial dan Waktu Proses Anodizing terhadap Karakteristik Lapisan Oksida Aluminium 6061." *Jurnal Rekayasa Mesin.* Vol. 17, No. 1, pp. 59-66.

Nugroho, F. 2015. "Pengaruh Rapat Arus dan Waktu Anodizing Terhadap Ketebalan Lapisan Aluminium Oksida pada Aluminium Paduan AA 2024-T3". *FLYWHEEL: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, pp. 21-27.

Nugroho, F., 2015., "Pengaruh rapat arus anodizing terhadap nilai kekerasan pada plat aluminium paduan aa seri 2024-t3." *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, Vol. 7, No. 2, pp. 39-48.

Suprpto, A., Setyawan, P., Setiawan, A, Tsamroh, D., 2020., "the Effect of Anodizing Solution Type Against the Coating Thickness and Wear Rate of Aluminum 6061," *International Journal of Mechanical Engineering and Technology.* Vol. 10, No. 12, pp. 57–64..

Taufiqurrahman, M., Toifur, M., Ishafit, I., Khusnani, A., 2020., "Investigation on Effect of Solution Temperature on The Structure of Cu/Ni Layer in The Electroplating Assisted with Parallel Magnetic Field," *J. Aceh Phys. Soc.*, Vol. 9, no. 3, pp. 59 – 64.

Tsamroh, D. I., Suprpto., Agus., Setyawan, P. E., 2020. "Optimasi Parameter Anodizing pada Aluminium 6061 dengan Metode Taguchi." *Seminar Nasional Teknologi. Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang.*