

PENGARUH RAPAT ARUS PADA ANODISASI DENGAN PEWARNA TINTA PRINTER TERHADAP KUALITAS PEWARNAAN PERMUKAAN ALUMINIUM

1) Jurusan Teknik Mesin,
Politeknik Negeri Malang
Jl. Soekarno Hatta No. 09,
Jatimulyo, Kec.
Lowokwaru, Kota Malang,
Jawa Timur 65141

Correponding email^{1*}:
haris.puspito@polinema.ac.id

Received: 26-08-2020

Accepted: 15-12-2020

Published: 28-12-2020

©2020 Politala Press.
All Rights Reserved.

Eko Yudiyanto¹⁾, Muhammad Akhlis Rizza¹⁾, Sarjiyana¹⁾, Deny Dwi Arisandi¹⁾, dan Haris Puspito Buwono^{1*)}

Abstrak. Pewarnaan secara anodisasi memberikan hasil yang menjanjikan pada permukaan aluminium. Cara ini mampu meningkatkan estetika dan mampu mengubah sifat permukaan. Proses anodisasi ini diselenggarakan melalui pembersihan, anodisasi, pewarnaan, dan penyegelan. Proses pembersihan permukaan menggunakan larutan NaOH, HCl, campuran larutan HNO₃ dan H₃PO₄, dan air. Proses anodisasi dilangsungkan dalam larutan asam sulfat, dan proses pewarnaan menggunakan tinta printer komersial seperti biru, cyan, magenta, dan hitam, dan proses penyegelan menggunakan air panas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa permukaan aluminium dapat diwarnai dengan baik oleh pewarna biru dan magenta pada rapat arus 0,01 A/cm². Kemudian dipelajari pengaruh densitas arus yang meningkat dari 0,01 menjadi 0,03 A/cm². Pada penggunaan pewarna biru dan cyan, pada rapat arus yang lebih tinggi diperoleh kualitas dan distribusi warna yang lebih baik. Pada pewarna magenta dan hitam, kualitas warna dan distribusi yang baik diperoleh pada kerapatan arus yang rendah.
Kata Kunci: Anodisasi, Rapat arus, Tinta komersial, Pewarnaan, Konduktifitas.

Abstract. Anodizing of aluminum is one of the promising surface colorings. This method improves aesthetics and can change the surface properties. This anodizing process is carried out through cleaning, anodizing, staining, and sealing. The surface cleaning process uses a solution of NaOH, HCl, a mixture of HNO₃ and H₃PO₄ solutions, and water. The anodization process is carried out in a sulfuric acid solution, and the dyeing process uses commercial printer inks such as blue, cyan, magenta, and black, and the sealing process uses hot water. The results showed that the aluminum surface could be colored well by blue and magenta dyes at a current density of 0.01 A/cm². The increasing current density from 0.01 to 0.03 A/cm² is studied. The better color quality and distribution of blue and cyan dyes are observed on the higher current density. The better color quality and distribution of magenta and black dyes are observed on the low current density.

Keywords: Anodizing, Current Density, Commercial Dye, Conductivity, and Printer Inks.

To cite this article at <https://doi.org/10.34128/je.v7i2.136>

1. Pendahuluan

Proses anodisasi merupakan proses pembentukan pori-pori pada permukaan pada aluminium [1]. Proses ini didasarkan pada proses elektrolisis [2]–[4]. Proses elektrolisis ini melibatkan penggunaan listrik searah, kutub positif (anoda) dan kutub negatif (katoda) yang tercelup ke dalam larutan yang bersifat elektrolit. Proses anodisasi ini dipengaruhi oleh banyak faktor seperti kualitas pembersihan permukaan benda kerja dari pengotor-pengotor yang menempel secara fisika maupun secara kimiawi, aerasi udara, pengadukan, temperatur larutan,

jenis larutan elektrolit, dan durasi proses anodisasi [1,7-10,13,16] dan juga dipengaruhi oleh proses penutupan pori-pori yang disebut dengan *sealing* [12].

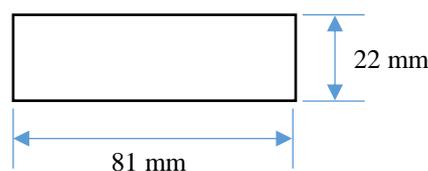
Proses pewarnaan sebagai langkah untuk meningkatkan aspek estetika permukaan aluminium oksida juga dipengaruhi oleh pembentukan pori-pori pada permukaan aluminium oksida. Pembentukan pori-pori aluminium oksida meningkat secara linier pada peningkatan durasi proses anodisasi [7] dan mencapai ketebalan 8-10 μm pada tegangan listrik 20-35 V [13]. Tegangan listrik (*voltage*) mempengaruhi massa jenis dan jarak pori-pori [9]. Tegangan listrik ini meningkat secara eksponensial terhadap peningkatan kuat arus [14], [15]. Pembentukan pori-pori aluminium oksida juga dipengaruhi oleh rapat arus yang menyatakan bahwa semakin tinggi rapat arus maka semakin tinggi laju pertumbuhan aluminium oksida [16]. Pewarnaan permukaan aluminium oksida setelah proses anodisasi menggunakan pewarna tinta *printer* warna biru telah dapat dilakukan.

Pewarnaan pori-pori aluminium oksida umumnya dilakukan menggunakan berbagai macam warna seperti merah, kuning, hijau, biru, hitam dan lain sebagainya. Pewarnaan permukaan aluminium oksida setelah proses anodisasi menggunakan tinta *printer* warna biru telah dilaporkan penggunaannya oleh Buwono dkk. [17]. Tinta *printer* warna biru yang tersedia secara komersial tersebut memberikan hasil pewarnaan yang stabil dan distribusi warna yang baik. Penggunaan warna lain tinta *printer* tersebut hingga saat ini belum pernah dilaporkan penggunaannya. Untuk itu perlu menelaah penggunaan warna tinta *printer* lain untuk pewarnaan permukaan aluminium oksida hasil anodisasi.

Pada penelitian ini dilakukan telaah penggunaan warna tinta *printer* yang tersedia secara komersial yang terdiri dari biru, *cyan*, *magenta*, dan hitam. Untuk memahami perilaku pewarnaan melalui jalur anodisasi dilakukan variasi rapat arus yang berbeda. Penelitian ini juga mempelajari sifat konduktifitas permukaan oksida aluminium yang diperoleh dari proses anodisasi.

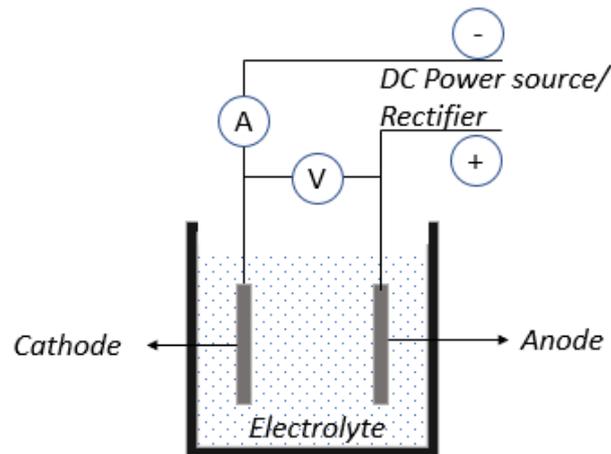
2. Metodologi

Proses anodisasi didasarkan pada proses yang dikembangkan oleh peneliti sebelumnya yang terdiri dari empat bagian yaitu pembersihan permukaan aluminium, anodisasi, pewarnaan, dan *sealing* [17]. Benda kerja proses anodisasi ini menggunakan aluminium tipe AA1100 yang berukuran 81 mm x 22 mm x 3 mm. Proses penyiapan aluminium dimulai dari pemotongan, pemberian tanda atau kode dengan cara *stamping* untuk mempermudah identifikasi, pembuatan lubang pengait kawat konduktor dengan cara pengeboran menggunakan mesin bor tangan. Kemudian benda kerja dibersihkan melalui tujuh tahap pembersihan secara kimiawi. Zat-zat pembersih mempunyai *grade* teknis yang digunakan tanpa perlakuan pemurnian tambahan. Secara berurutan, tahap pembersihan adalah pembersihan menggunakan sabun, larutan 10% NaOH (natrium hidroksida), 10% HCl (asam klorida), dan campuran 5% HNO₃ dan 80% H₃PO₄. Durasi waktu setiap proses pembersihan adalah 3 menit, kecuali pada pembersihan terakhir dengan durasi 15 menit. Setiap selesai satu langkah pembersihan, benda kerja dibilas menggunakan air bersih (*aquades*).



Gambar 1. Ukuran aluminium

Setelah proses pembersihan, selanjutnya dilakukan proses pembentukan pori-pori permukaan dimasukkan ke dalam larutan 15% H₂SO₄ (asam sulfat) dengan arus dan waktu sesuai dengan variabel yang telah ditentukan. Pada proses anodisasi hanya sebagian benda kerja yang dianodisasi atau yang dicelupkan ke dalam larutan asam sulfat. Ukuran aluminium yang tercelup adalah 6.1 mm x 21.7 mm x 3 mm. Skema peralatan anodisasi disajikan pada Gambar 2. Perbandingan katoda terhadap anoda adalah 1:1 dan jarak antar keduanya adalah 8 cm. Proses anodisasi dilangsungkan pada temperatur kamar (27⁰C) tanpa pengadukan dan aerasi.



Gambar 2. Skema peralatan anodisasi: kutub positif dinyatakan sebagai \oplus , kutub negatif sebagai \ominus , A menyatakan kuat arus, dan V menyatakan tegangan listrik.

Aluminium sebagai benda kerja diberikan muatan positif pada catu daya searah (DC). Pemberian kutub positif ini menyebabkan aluminium berperan sebagai anoda, dan sebagai kutub negatif dapat digunakan elektroda lain yang dalam penelitian ini menggunakan aluminium. Pada anoda terjadi reaksi oksidasi yang melepaskan ion aluminium ke dalam larutan yang mengakibatkan pembentukan rongga-rongga atau pori-pori pada permukaan aluminium. Pori-pori yang terbentuk itu nantinya diisi dengan pewarna yang selanjutnya dijebak melalui proses *sealing*. Pada katoda atau elektroda tandem terjadi proses reduksi. Proses ini tidak menyebabkan pelarutan elektroda tandem ke dalam larutan. Proses ini juga tidak menyebabkan pembentukan pori-pori pada permukaan logam.

Setelah proses anodisasi, benda kerja dibersihkan menggunakan air bersih kemudian dilakukan pewarnaan permukaan aluminium dengan menggunakan larutan pewarna tinta *printer* yang tersedia secara komersial pada temperatur 50 °C dengan durasi 5 menit. Selanjutnya benda kerja dibilas menggunakan air bersih (*aquades*) dan dilanjutkan *sealing* atau dimasukkan ke dalam air panas untuk penutupan pori-pori. Benda kerja lainnya diproses berdasarkan variabel yang telah ditetapkan sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Identitas benda kerja dan parameter.

Kode Benda*	Rapat Arus (A/cm ²)	Waktu (menit)
1T1001	0.01	90
2T1001	0.01	90
3T1001	0.01	90
4T1001	0.01	90
5T1003	0.03	90
6T1003	0.03	90
7T1003	0.03	90
8T1003	0.03	90

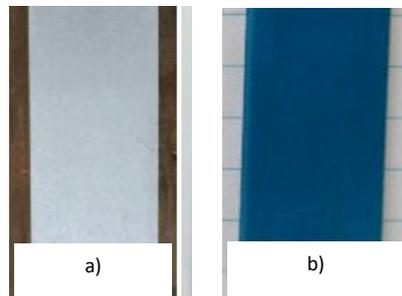
*Kode benda kerja terdiri dari huruf dan angka yang mempunyai arti sebagai berikut:

- huruf pertama menyatakan nomer benda kerja yaitu benda kerja ke-1, ke-2 dan seterusnya,
- huruf kedua menyatakan jenis konduktor yaitu T untuk tembaga,
- huruf ketiga menyatakan jumlah tahap yaitu 1 tahap. Semua aluminium pada penelitian ini menggunakan anodisasi satu tahap, dan
- tiga huruf terakhir menyatakan rapat arus yaitu 001 menyatakan rapat arus 0,01 A/cm² dan 003 menyatakan rapat arus 0,03 A/cm².

Identifikasi warna standar RGB dan HEX dilakukan menggunakan *software color identifier* yaitu *colorcodepicker.com* dengan menggunakan jenis warna yang paling dominan. Pengujian konduktivitas konduktor menggunakan pembacaan *ohm-meter*. Sifat isolator diperoleh dari tidak adanya perubahan jarum penunjuk skala, dan sebaliknya sifat konduktor diperoleh dari hasil pembacaan ada perubahan jarum penunjuk skala dari nilai 0 (nol) menjadi suatu nilai tertentu (tidak nol).

3. Hasil dan Pembahasan

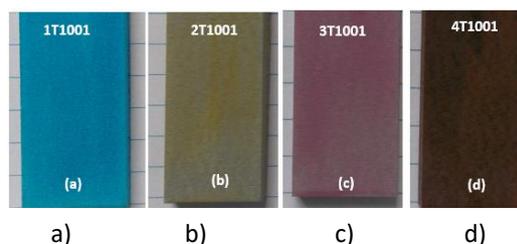
Pewarnaan melalui proses anodisasi menggunakan tinta *printer* yang tersedia secara komersial memberikan hasil yang baik [17]. Untuk memastikan bahwa proses anodisasi berlangsung dengan baik, telah dilakukan proses anodisasi dan pewarnaan menggunakan warna biru. Hasil pewarnaan dengan tinta *printer* warna biru disajikan pada Gambar 3. Gambar 3 memperlihatkan permukaan aluminium yang telah mengalami proses anodisasi sebelum pewarnaan, dan sesudah pewarnaan. Sebelum pewarnaan (3a) benda kerja mempunyai warna putih cenderung kusam seperti warna logam aluminium pada umumnya. Setelah mengalami pewarnaan dengan tinta *printer* warna biru, permukaan aluminium berwarna biru (Gambar 3b).



Gambar 3. Permukaan aluminium setelah proses anodisasi 1 tahap dalam larutan 15 % H_2SO_4 , rapat arus $0.01 A/cm^2$ selama 90 menit a) sebelum pewarnaan, dan b) setelah pewarnaan.

Kualitas Warna pada Permukaan Aluminium Setelah Anodisasi

Pewarnaan aluminium menggunakan tinta *printer* yang tersedia secara komersial memberikan hasil sebagaimana Gambar 4. Identitas warna ditampilkan pada Tabel 2. Empat jenis warna tinta *printer* telah digunakan yaitu warna biru, *cyan*, *magenta*, dan hitam. Dari empat jenis warna yang digunakan, permukaan aluminium oksida yang mampu menghasilkan warna seperti warna tinta asal adalah warna biru dan *magenta* (Gambar 4a dan 4b), dan menghasilkan distribusi warna yang merata. Namun warna *magenta* yang dihasilkan cenderung tipis.



Gambar 4. Benda kerja setelah proses anodisasi dalam larutan 15 % H_2SO_4 , rapat arus $0,01 A/cm^2$, waktu 90 menit menggunakan kawat konduktor tembaga dan tinta pewarna (a) biru, (b) *cyan*, (c) *magenta*, dan (d) hitam.

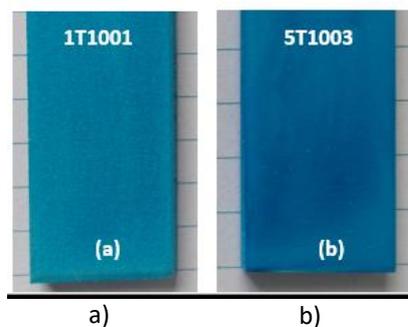
Sebaliknya permukaan aluminium oksida yang dimasukkan ke dalam larutan warna *cyan* dan hitam (Gambar 4c dan 4d) cenderung menghasilkan warna yang berbeda dengan warna tinta asal dan distribusi yang tidak merata. Gambar 4c secara jelas memperlihatkan bahwa warna *cyan* tidak dapat melekat dan Gambar 4d menyatakan warna permukaan aluminium oksida adalah kecoklat-coklatan. Hal ini menjelaskan bahwa terdapat kemampuan yang berbeda antara masing-masing zat warna dengan pori-pori aluminium oksida. Kemungkinan, perbedaan interaksi ini disebabkan oleh ukuran molekul, jenis bahan pewarna dalam tinta, dan interaksi antara pori-pori dan bahan pewarna tersebut.

Tabel 2. Warna lapisan aluminium oksida setelah proses anodisasi 1 tahap dan pewarnaan dalam larutan 15 % H₂SO₄ dengan rapat arus 0.01 A, dengan variasi waktu dan menggunakan kawat konduktor berupa aluminium dan tembaga.

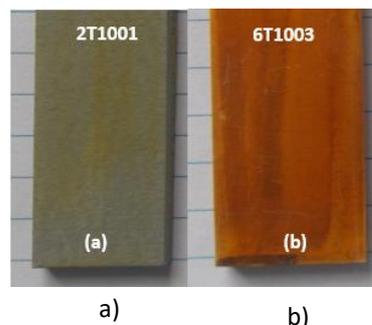
Kode Benda	Warna		Identitas Warna Permukaan Aluminium	
	Tinta	Permukaan Aluminium	RGB	HEX
1T1001	Biru	Biru	86, 109, 105	#566d69
2T1001	Cyan	-	103, 98, 76	#67624c
3T1001	Magenta	Magenta	108, 77, 87	#6c4d57
4T1001	Hitam	Kecoklat-coklatan	55, 39, 26	#37271a

Pengaruh Rapat Arus terhadap Kualitas Warna

Pengaruh rapat arus pada proses anodisasi dalam larutan 15 % H₂SO₄ selama 90 menit terhadap pewarnaan aluminium oksida disajikan pada Gambar 5-8. Pada kenaikan rapat arus dari 0,01 ke 0,03 A/cm², penggunaan pewarna biru menghasilkan warna permukaan aluminium oksida yang berwarna biru gelap dan merata (Gambar 5), dan penggunaan pewarna cyan menghasilkan warna permukaan aluminium oksida yang berwarna kuning kecoklatan (Gambar 6). Hal ini menyatakan bahwa penggunaan rapat arus 0,03 A/cm² mampu memperbaiki proses pembentukan pori-pori pada permukaan aluminium sehingga warna menjadi lebih gelap (Gambar 5b) dan warna cyan dapat menempel meski belum mempunyai distribusi yang baik (Gambar 6b). Pada kedua jenis warna ini, kenaikan rapat arus berpengaruh positif dalam arti kenaikan rapat arus dapat meningkatkan kualitas pewarnaan aluminium oksida. Kondisi tersebut juga memberitahukan secara jelas bahwa rapat arus yang diperlukan dalam proses pewarnaan untuk pewarna biru dan cyan berbeda. Pewarna biru dapat melekat pada permukaan aluminium oksida yang terbentuk minimal pada 0,01 – 0,03 A/cm² sedangkan warna cyan hanya dapat melekat pada penggunaan rapat arus 0,03 A/cm².



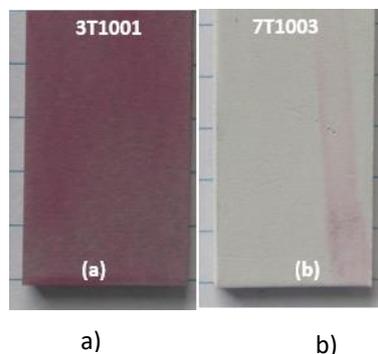
Gambar 5. Benda kerja setelah proses anodisasi dalam larutan 15 % H₂SO₄, rapat arus a) 0,01 A/cm², b) 0,03 A/cm², waktu 90 menit, dan pewarna tinta biru.



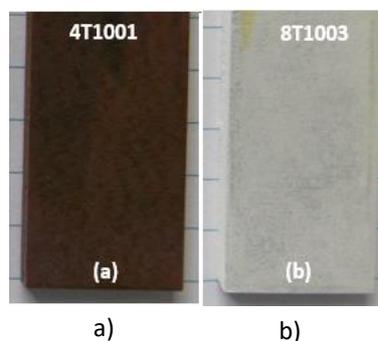
Gambar 6. Benda kerja setelah proses anodisasi dalam larutan 15 % H₂SO₄, rapat arus a) 0,01 A/cm², b) 0,03 A/cm² waktu 90 menit, dan pewarna tinta cyan.

Gambar 7 dan 8 secara berurutan menunjukkan pengaruh rapat arus pada proses anodisasi dalam larutan 15 % H₂SO₄ selama 90 menit terhadap penggunaan pewarna magenta dan hitam dalam pewarnaan aluminium

oksida. Kenaikan rapat arus dari 0,01 ke 0,03 A/cm² menyebabkan warna yang diperoleh pada permukaan aluminium oksida menjadi pudar atau warna-warna tersebut tidak dapat melekat (Gambar 7b dan 8b) dibandingkan pewarnaan pada rapat arus 0,01 A/cm² (Gambar 7a dan 8a). Pada kedua jenis warna ini, kenaikan rapat arus berpengaruh negatif dalam arti kenaikan rapat arus menurunkan kemampuan pori-pori permukaan aluminium oksida dalam pelekatan pewarna *magenta* dan hitam. Kondisi ini menyatakan bahwa pewarnaan permukaan aluminium oksida secara anodisasi untuk warna *magenta* dapat dilakukan pada rapat arus 0,01 A/cm² namun tidak dapat dilakukan pada rapat arus 0,03 A/cm². Sedangkan untuk pewarnaan permukaan dengan tinta warna hitam, pada rapat arus 0,01 A/cm² diperoleh warna kecoklat-coklatan, warna yang sangat berbeda dengan warna tinta asal dan proses pewarnaan tidak dapat dilangsungkan melalui proses anodisasi pada rapat arus 0,03 A/cm².



Gambar 7. Benda kerja setelah proses anodisasi dalam larutan 15 % H₂SO₄, rapat arus a) 0,01 A/cm², b) 0,03 A/cm², waktu 90 menit, dan pewarna tinta *magenta*.



Gambar 8. Benda kerja setelah proses anodisasi dalam larutan 15 % H₂SO₄, rapat arus a) 0,01 A/cm², b) 0,03 A/cm², waktu 90 menit, dan pewarna tinta hitam.

Konduktifitas Permukaan Aluminium Oksida

Tabel 3 menunjukkan konduktivitas aluminium oksida setelah proses anodisasi. Sifat konduktifitas permukaan aluminium oksida diukur menggunakan *ohm-meter*. Pengukuran dilakukan pada beberapa titik permukaan dan dilakukan secara acak. Penilaian konduktifitas permukaan dilakukan secara keseluruhan dalam hal bilamana dalam pengujian terdapat pembacaan yang bersifat konduktor, maka sifat permukaan dinilai sebagai konduktor. Penilaian konduktifitas bersifat isolator berarti pada semua titik uji menghasilkan pembacaan yang bersifat isolator.

Tabel 3. Sifat konduktifitas permukaan aluminium oksida.

Kode Benda	Rapat Arus (A/cm ²)	Konduktivitas
5T1003	0,03	Isolator
6T1003	0,03	Isolator
7T1003	0,03	Isolator
8T1003	0,03	Isolator

Hasil pengujian konduktivitas menggunakan *ohmmeter* menyatakan bahwa permukaan aluminium oksida sebelum proses anodisasi adalah konduktor dan hasil anodisasi menghasilkan sifat isolator. Hal ini mengindikasikan bahwa proses pembentukan pori-pori lapisan oksida terjadi secara merata di seluruh permukaan aluminium.

4. Kesimpulan

Proses pewarnaan permukaan aluminium oksida secara anodisasi untuk tinta *printer* warna biru, *cyan*, *magenta*, dan hitam telah dilakukan. hasilnya adalah Tinta *printer* warna biru dan *magenta* dapat melekat dan terdistribusi secara baik pada rapat arus $0,01 \text{ A/cm}^2$, dalam larutan 15% H_2SO_4 , dan waktu proses anodisasi 90 menit. Peningkatan rapat arus dari $0,01$ ke $0,03 \text{ A/cm}^2$ mampu memperbaiki pelekatan dan distribusi warna biru dan *cyan* namun malah menghilangkan kemampuan permukaan aluminium oksida untuk melekatkan warna *magenta* dan hitam. Kebutuhan rapat arus untuk melekatkan warna pada permukaan aluminium oksida berbeda-beda bergantung pada warna tinta *printer* komersial, yaitu: warna biru dapat menggunakan rapat arus $0,01 - 0,03 \text{ A/cm}^2$, warna *cyan* memerlukan rapat arus $0,03 \text{ A/cm}^2$, dan warna *magenta* memerlukan rapat arus $0,01 \text{ A/cm}^2$. Permukaan aluminium oksida yang dihasilkan dari proses anodisasi pada rapat arus $0,03 \text{ A/cm}^2$ dalam larutan 15% H_2SO_4 , dan waktu proses anodisasi 90 menit mampu bersifat isolator atau tidak menghantarkan arus listrik.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh UPT P2M Politeknik Negeri Malang DIPA Nomor: SP DIPA-042.01.2.401004/2019 Politeknik Negeri Malang dengan Surat Perjanjian Nomor 9439/PL2.1/HK/2019. Penulis menyampaikan terimakasih atas bantuan yang diberikan.

Daftar Pustaka

- [1] A. Yli-Pentti, 2014. "4.11 - Electroplating and Electroless Plating," S. Hashmi, G. F. Batalha, C. J. Van Tyne, and B. B. T.-C. M. P. Yilbas, Eds. Oxford: Elsevier, pp. 277–306.
- [2] R. A. C. S. and S. P. Fabiano A. Marinho, François S. M. Santana, André L. S. Vasconcelos, 2002. "Optimization of Operational Parameters and Bath Control for Electrodeposition of Ni-Mo-B Amorphous Alloys," *J. Braz. Chem. Soc.*, vol. 13, no. 4, pp. 522–528.
- [3] G. Patermarakis *et al.*, 2011. "Analysis of thickness and colour changes of medium carbon steel subjected to nickel electroplating," vol. 7, no. 18, pp. 522–528.
- [4] A. Hakimizad, K. Raeissi, and F. Ashra, 2012. "Surface & Coatings Technology Characterization of aluminum anodized layers modified in sulfuric and phosphoric acid baths and their effect on conventional electrolytic coloring," vol. 206, pp. 2438–2445.
- [5] O. Jessensky, 1998. "Self-Organized Formation of Hexagonal Pore Structures in Anodic Alumina," *J. Electrochem. Soc.*, vol. 145, no. 11, p. 3735.
- [6] D. Ma, S. Li, and C. Liang, 2009. "Electropolishing of high-purity aluminium in perchloric acid and ethanol solutions," *Corros. Sci.*, vol. 51, no. 4, pp. 713–718.
- [7] D. Veys-Renaux, N. Chahboun, and E. Rocca, 2016. "Anodizing of multiphase aluminium alloys in sulfuric acid: in-situ electrochemical behaviour and oxide properties," *Electrochim. Acta*, vol. 211, pp. 1056–1065.
- [8] I. S. Molchan, T. V. Molchan, N. V. Gaponenko, P. Skeldon, and G. E. Thompson, 2010. "Impurity-driven defect generation in porous anodic alumina," *Electrochem. commun.*, vol. 12, no. 5, pp. 693–696.
- [9] W. J. Stępniewski and Z. Bojar, 2011. "Synthesis of anodic aluminum oxide (AAO) at relatively high temperatures. Study of the influence of anodization conditions on the alumina structural features," *Surf. Coatings Technol.*, vol. 206, no. 2–3, pp. 265–272.
- [10] H. Asoh, K. Nishio, M. Nakao, T. Tamamura, and H. Masuda, 2001. "Conditions for Fabrication of Ideally Ordered Anodic Porous Alumina Using Pretextured Al," *J. Electrochem. Soc.*, vol. 148, no. 4, p. B152, 2001, doi: 10.1149/1.1355686.
- [11] D. Nakajima, T. Kikuchi, S. Natsui, and R. O. Suzuki, 2018. *Mirror-finished superhydrophobic aluminum surfaces modified by anodic alumina nanofibers and self-assembled monolayers*, vol. 440. Elsevier B.V.
- [12] N. Hu, X. Dong, X. He, J. F. Browning, and D. W. Schaefer, 2015. "Effect of sealing on the morphology of anodized aluminum oxide," *Corros. Sci.*, vol. 97, pp. 17–24.
- [13] D. A. L. Nicklen and D. R. Gabe, 1978. "No Title," vol. 7, pp. 353–359.
- [14] G. D. Sulka, 2008. *Highly Ordered Anodic Porous Alumina Formation by Self-Organized Anodizing*.
- [15] G. D. Sulka and K. G. Parkoła, 2007. "Temperature influence on well-ordered nanopore structures grown by anodization of aluminium in sulphuric acid," vol. 52, pp. 1880–1888.
- [16] I. C. Chung, C. K. Chung, and Y. K. Su, 2017. "Surface & Coatings Technology Effect of current density and concentration on microstructure and corrosion behavior of 6061 Al alloy in sulfuric acid," vol. 313, pp. 299–306.
- [17] H. P. Buwono, E. Yudiyanto, M. Muzaki, U. S. Amrullah, P. Udianto, and S. Hadi, 2019. "Tinta Printer Sebagai Pewarna Aluminium Oksida Yang Stabil Pada Proses Anodisasi Coloring," *J. Elem.*, vol. 5, no. 2, p. 62.